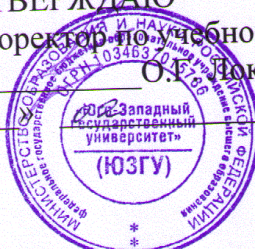


Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Локтионова Оксана Геннадьевна
Должность: проректор по учебной работе
Дата подписания: 07.02.2025 21:09:49
Уникальный программный ключ:
0b817ca911e6668abb13a5d426d39e5f1c11eabbf73e943df4a4851fda56d089

МИНОБРАЗОВАНИЯ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Юго-Западный государственный университет»
(ЮЗГУ)

Кафедра фундаментальной химии и химической технологии

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебной работе

«*Л*»  О.Г. Локтионова
2018 г.

Практические аспекты производства полимерных материалов
Методические указания к практической и самостоятельной работе
по курсу «Производство полимерных материалов» для студентов
направления подготовки
18.04.01 - Химическая технология

Курск 2018

УДК 678

Составитель: С.Д. Пожидаева

Рецензент

Кандидат химических наук, доцент *Н.А. Борщ*

Практические аспекты производства полимерных материалов: методические указания к практической и самостоятельной работе по курсу «Производство полимеров» для студентов направления подготовки 18.04.01 - Химическая технология/ Юго-Зап. гос. ун-т; сост.: С.Д. Пожидаева. Курск, 2018. 30 с. табл. 9. рис. 6

Приведены методические указания по выполнению практических работ, содержащие задачи и вопросы для самоподготовки для закрепления теоретических знаний по дисциплине, подготовка которых позволит приобрести теоретические знания в данной области химической практике.

Методические указания предназначены для магистров направления 18.04.01 - «Химическая технология».

Текст печатается в авторской редакции

Подписано в печать *14.02.18*. Формат 60х84 1/16.

Усл. печ. л. *14,8* Уч.-изд.л. *1,6* Тираж 35 экз. Заказ *616*. Бесплатно

Юго-Западный государственный университет.

305040, г. Курск, ул. 50 лет Октября, 94.

СОДЕРЖАНИЕ

	стр
Введение	4
1 Практическая работа №1. Расчет характеристики полимерных материалов	4
2 Практическая работа №2. Изучение и анализ схемы переработки отходов полиамидов и полиэтилентерефталата	7
3 Практическая работа №3. Расчет зоны загрузки	10
4 Практическая работа №4. Расчет зоны задержки плавления	12
5 Практическая работа №5. Расчет зоны плавления	14
6 Практическая работа №6. Расчет зоны дозирования	18
7 Практическая работа №7. Расчет течения расплава полимера в кабельной головке	20
8 Практическая работа № 8. Расчет площади заводских складов для приема, хранения и транспортирования ингредиентов	22
10 Библиографический список	27

Введение

Методические указания предназначены для рассмотрения аспектов технологии высокомолекулярных и полимерных материалов; изучения химического строения и свойств термопластов, реактопластов, органических и неорганических наполнителей; физико-химических процессов, протекающих при синтезе полимерных материалов, а также комплекса формул, позволяющих оптимизировать технологические процессы получения полимерных материалов и изделий; правила и приемы эксплуатации современного оборудования и приборов в технологии получения полимерных материалов и изделий.

Используемые в методических указаниях подходы действенны для формирования действительного моста между фундаментальными и технологическими дисциплинами в плане преемственности, подходов и использования достижений отдельных дисциплин при решении практических задач. В методических указаниях приводятся практические работы для закрепления теоретических знаний по дисциплине

Практическая работа №1.

Расчет характеристики полимерных материалов

Цель занятия: ознакомиться с методом расчета характеристик полимерных материалов

Задача 1. Рассчитать молекулярную массу полимера и степень полимеризации из эбуллиоскопических данных его раствора в растворителе по данным, представленным в таблице 14

Таблица 1 – Данные для расчета молекулярной массы полимера и степени полимеризации

№	Полимер	Растворитель	град.	с, г/100 мл	Кэ
1	ПВС	Вода	1,0	0,2	0,514
2	Перхлорвинил	Хлороформ	1,4	0,5	3,800
3	Полиэтилен	Тетрадин	2,5	0,1	5,780
4	Полиакролеин	Пиридин	4,0	0,8	2,888
5	Полиэтилентерефталат	Фенол	2,4	0,2	3,600
6	Поликапроамид	Муравьиная кислота	4,8	0,5	2,400
7	Хлорированный ПВХ	Метиленхлорид	2,0	0,2	2,600
8	ПВХ	Дихлорэтан	3,0	0,5	3,440
9	Полирганотитансилоксан	Бензол	3,4	0,005	2,600

Задача 2 . Рассчитать молекулярную массу полимера и степень полимеризации из криоскопических данных его раствора в растворителе (таблица 2) .

Таблица 2 – Данные для расчета молекулярной массы полимера и степени полимеризации

№	Полимер	Растворитель	град.	с, г/100 мл	Кк
1	ПАН	Этиленкарбонат	1,2	5,0	3,50
2	ПВА	Ацетон	7,8	9,0	2,40
3	Полиэтилентерефталат	о-Крезол	4,7	1,0	6,06
4	Поликапроамид	H ₂ SO ₄ (к)	1,2	3,0	5,00
5	Полипропилен	Толуол	3,6	8,0	5,90
6	Поливинилформиат	CH ₃ COOH	2,4	7,5	3,57
7	Этилцеллюлоза	Диоксан	2,3	1,0	4,70
8	Нитрат целлюлозы	Нитробензол	1,2	2,5	6,90
9	Полиэтилен	n-Ксилол	2,4	1,0	4,20

Задача 3 . Рассчитать молекулярную массу и степень полимеризации полимера по результатам измерения осмотического давления для его растворов в растворителе (таблица 3) .

Таблица 3 – Данные для расчета молекулярной массы полимера и степени полимеризации

№	Полимер	Растворитель	Наименования показателя	Измерения			
1	Полиокси-этилен	Вода	с, г/100 мл h, мл	0,1 2,7	0,2 6,0	0,3 10,0	0,4 14,0
2	ПВС	Вода	с, г/100 мл П, 10 ₅ атм	0,01 0,5	0,02 1,0	0,05 2,3	0,10 5,2
3	Диацетат целлюлозы	Диметил-сульфоксид	с, г/100 мл П/с, 10 ₃	0,01 0,23	0,02 0,38	0,05 0,58	0,10 0,71
4	ПАН	ДМФА	с, г/100 мл П, 10 ₄ атм	0,1 0,3	0,2 0,7	0,5 1,5	1,0 3,1
5	Хлорированный ПВХ	Ацетон	с, г/100 мл h, мл	0,1 8,0	0,2 20,0	0,3 36,0	0,4 60,0
6	Полипропилен	Тетралин	с, г/100 мл h, мл	0,1 5,4	0,2 12,0	0,3 20,0	0,4 28,0
8	Амилоза	Вода	с, г/100 мл П, атм	0,05 1,1	0,10 2,2	0,15 3,3	0,3 4,9
9	Нитрат целлюлозы	Метилацетат	с, г/100 мл h, мл	0,05 2,4	0,10 4,6	0,25 14,0	0,50 27,0
10	Полиакролеин	ДМФА	с, г/100 мл П/с, 10 ₂	0,1 1,0	0,2 1,15	0,3 1,27	0,4 1,33

Задача 4 . Рассчитать молекулярную массу полимера из диффузионных данных, если известен коэффициент диффузии D (см²/с) этого полимера в соответствующем растворителе при 20 °С (таблица 4).

Таблица 4 – Данные для расчета молекулярной массы полимера

№	Полимер	Растворитель	D , (см ² /с)
1	Полистирол	Четыреххлористый углерод	$1,4 \cdot 10^{-7}$
2	Полистирол	Дихлорэтан	$1,3 \cdot 10^{-7}$
3	Полистирол	Толуол	$1,5 \cdot 10^{-7}$
4	Полиметиметакрилат	Хлороформ	$1,6 \cdot 10^{-7}$
5	Полибутилметакрилат	Хлороформ	$1,8 \cdot 10^{-7}$
6	Полифенилметакрилат	Бутилацетат	$1,9 \cdot 10^{-7}$
7	Поли- -винилнафталин	Бензол	$1,5 \cdot 10^{-7}$
8	Полиакрилонитрил	Диметилформамид	$1,4 \cdot 10^{-7}$

Задача 5 . Рассчитать содержание элемента (групп) в полимере (таблица 5).

Таблица 5 – Данные для расчета

№	Полимер	Элемент (группа)	Примечание
1	Поликапроамид	O	100% выход
2	ПВС	O	100% выход
3	Полиакролеин	O	100% выход
4	Поливинилпирролидон	O	100% выход
5	Политетрафторэтилен	F	100% выход
6	Полиакриламид	N	100% выход
7	Полиакрилонитрил	N	100% выход
8	Поливинилметиламин	N	100% выход
9	ПВА	COON ₃ CH	100% выход
10	Полиакриламид	2 NH	100% выход
11	Сополимер акрилонитрила и винилацетата	N CON ₃ CH	72 вес% акрилонитрила
12	Сополимер метилакрилата и винилиденхлорида	ClN	35% винилиден-

Задача 6. Определить степень полимеризации и молекулярную массу полимера, если известна степень завершенности реакции P (таблица 6).

Вопросы к практической работе №1

1. Важнейшие свойства полимерных веществ, обусловленные большими размерами, цепным строением и гибкостью макромолекул.

2. Роль полимеров в живой природе и их значение как промышленных материалов (пластмассы, каучуки, волокна и пленки, покрытия, клеи).

3. Краткая характеристика и области применения важнейших представителей различных классов полимеров.

4. Неограниченное и ограниченное набухание.

5. Определение среднечисловой молекулярной массы из данных по осмотическому давлению растворов полимеров.

6. Зависимость растворимости от молекулярной массы. Физико-химические основы фракционирования полимеров.

7. Вискозиметрия как метод определения средневязкостной молекулярной массы.

8. Механизм разрушения полимеров.

9. Принципы формования полимеров, наполненные полимеры.

10. Деструкция полимеров.

Таблица 6 – Данные для расчета

№	Мономеры	P, %
1	Винилметиламин	92
2	Метакриловая кислота + метилметакрилат	91
3	Стирол + метилметакрилат	98
4	Пилимелиновая кислота + бутандиол – 1,4	99
5	Акрилонитрил	93
6	Акрилонитрил + винилацетат	97
7	Метилакрилат + винилиденхлорид	94
8	Винилхлорид + винилацетат	95
9	Акриламид	96

Практическая работа №2

Изучение и анализ схемы переработки отходов полиамидов и полиэтилентерефталата

Цель занятия: изучить схему переработки отходов полиамидов и полиэтилентерефталата

Задание:

1. Изучить схему переработки отходов полиамидов и полиэтилентерефталата

2. перенести в рабочую тетрадь основные направления переработки и использования отходов лавсана.

3. Перечислить основные группы переработки отходов полиамидов и полиэтилентерефталата

4. Изучить технологическую схему переработки отходов ПЭТФ
5. Привести краткую характеристику основных стадий
6. Сделать основные выводы по работе и подготовить устные ответы на контрольные вопросы.

Значительное место среди твердых полимерных отходов занимают полиамиды (ПА) и полиэтилентерефталаты (ПЭТФ), образующиеся в производстве волокон (капрон и лавсан). Многообразие сырья обусловлено спецификой производства их переработки, условиями эксплуатации и номенклатурой изделий. Это многообразие требует создания специальных методов переработки.

На рисунке 1 представлены основные направления переработки и использования отходов лавсана.

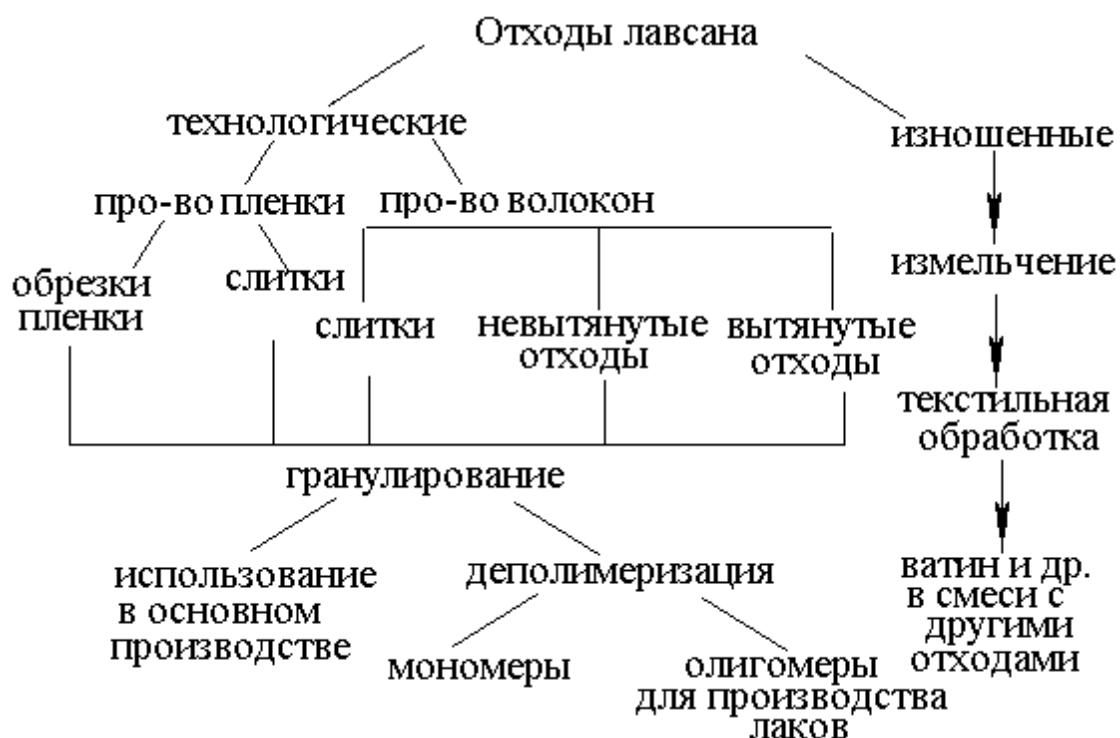


Рисунок 1 - Основные направления переработки и использования отходов лавсана

Способы переработки отходов относят к двум основным группам: механические, включающие в себя измельчение и различные приемы и методы для получения изделий с волокнистой структурой; физико-химические.

Механической переработке могут быть подвергнуты слитки, некондиционная лента, щетина, литьевые отходы. Повторное использование волокон изношенных изделий затруднено и нецелесообразно ввиду загрязненности, низкой прочности и т.д.

Измельчение позволяет получить порошкообразные материалы и крошку для литья под давлением. При измельчении физико-химические свойства практически не меняются. Отходы волокон и щетины используют для производства лесы, мочалок, сумок и т.д., но для этого требуются затраты ручного труда. Наиболее перспективным считается производство нетканых материалов, напольных покрытий и штапельных покрытий.

Физико-химические методы переработки классифицируют:

- а) деполимеризация отходов с целью получению мономеров, пригодных для производства волокна олигомеров для производства клеев, лаков и других продуктов; в) повторное плавление для получения гранулята;
- с) получение композиционных материалов.

Пример технологической схемы переработки отходов ПЭТФ представлен на рисунке 2. В процессе предварительной обработки ПЭТФ придается хрупкость для перевода его в порошкообразное состояние.

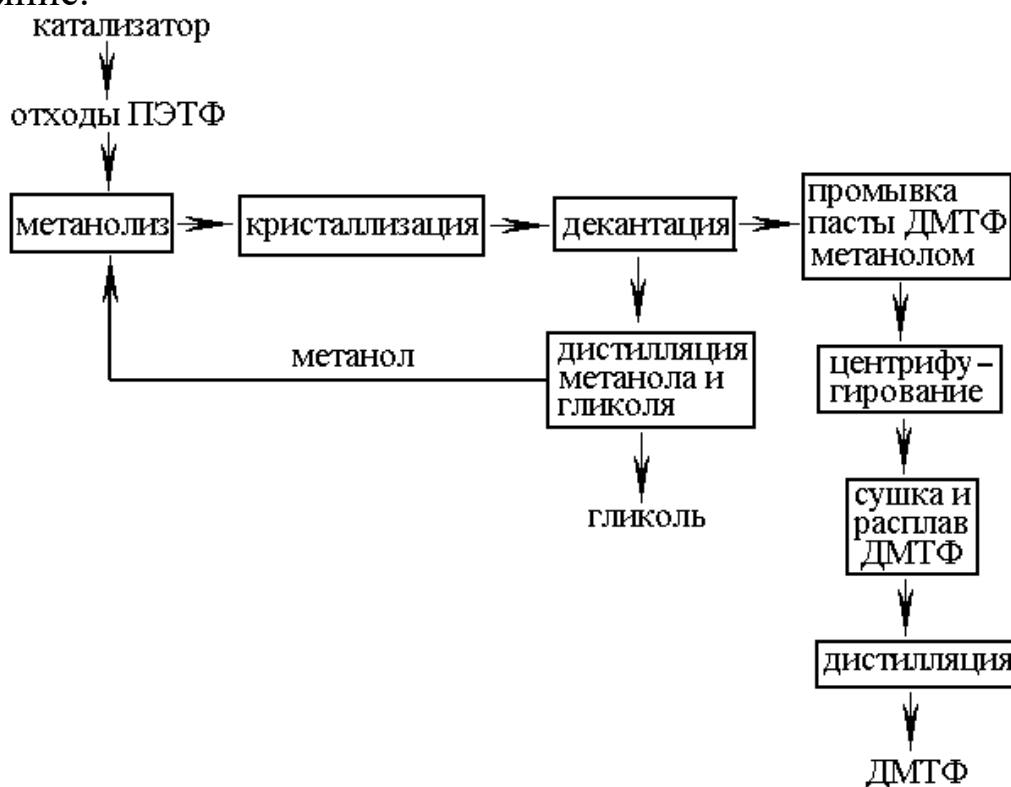


Рисунок 2 - Пример технологической схемы переработки отходов ПЭТФ

Технологические процессы переработки изношенных изделий включают в себя дополнительные стадии (разборку сырья, промывку, отжим и сушку).

Вопросы к практической работе №2

1. Классификация полимерных отходов.
2. Основные направления переработки и использования отходов лавсана.
3. Способы переработки полимерных отходов
4. Характеристика механических способов переработки полимерных отходов
5. Характеристика физико-химических способов переработки полимерных отходов
6. Технологическая схема переработки отходов ПЭТФ
7. Основные стадии переработки отходов ПЭТФ
8. Аппаратурное оформление основных стадий переработки отходов ПЭТФ.

Практическая работа №3.

Расчёт зоны загрузки

Цель занятия: рассчитать зону загрузки полимера

Задание: в соответствии с заданным вариантом задания выполнить следующие расчеты:

- для заданного номинального технологического режима разработать алгоритм и расчетную программу;
- определить угол транспортировки;
- определить длину зоны загрузки;
- рассчитать температурное поле по длине и ширине канала.

Большинство экструдеров, применяемых при переработке пластмасс, являются пластицирующими, где полимер, загружаемый в виде гранул, перемещается в загрузочной воронке под действием сил тяжести, заполняет канал червяка, в котором транспортируются за счет сил трения, затем плавятся или пластицируются за счет тепла, подаваемого извне, и выдавливаются под большим давлением через формующую головку. Таким образом, процесс экструзии включает в себя четыре элементарных стадии, разделенные по зонам: загрузки, задержки плавления, плавления и дозирования.

Рассмотрим зону загрузки. Твердый материал в канале зоны загрузки продвигается вдоль канала за счет сил трения, возникающих между полимером и цилиндрической поверхностью корпуса.

Материал, захваченный цилиндрической поверхностью, наталкивается на встречающийся толкающий гребень шнека и продвигается по винтовому каналу. Расчет процессов переноса в зоне загрузки заключается в определении поля температур, давления по длине зоны и длины зоны загрузки.

Введем следующие допущения: канал развернут на плоскость; используем принцип обращенного движения; процесс стационарный; свойства материала постоянны; диффузия в направлении оси движения пренебрежимо мала; процесс установившийся; влияние боковых стенок не учитывается.

Геометрические данные экструдеров и их режимы работы приведены в таблицах 7-8.

Таблица 7 –Свойства материала

№	λ_s Дж/м/с/ °C	ρ_s кг/ м ³	c_s Дж/кг/ °C	T_0/T_m °C	№	λ_s Дж/м/с/ °C	ρ_s кг/ м ³	c_s Дж/кг/ °C	T_0/T_m °C
1	0.28	884	2030	15/110	7	0.33	950	2120	19/110
2	0.22	921	2000	20/110	8	0.28	890	2200	21/110
3	0.28	1019	2060	25/110	9	0.32	850	2300	22/110
4	0.30	835	2070	16/110	10	0.30	900	2000	23/110
5	0.25	870	2040	17/110	11	0.24	960	2030	24/110
6	0.28	850	2080	18/110	12	0.27	820	1900	25/110

Вопросы к практической работе №3

1. Чем обусловлена сила трения?
2. Что обозначает коэффициент k ?
3. Что происходит с материалом в зоне загрузки?
4. В каких случаях расчет давления и температуры в зоне загрузки ведут совместно?
5. Поясните, как продвигается материал в канале зоны загрузки?

Таблица 8 - Геометрические и технологические характеристики экструдеров

Номер варианта	Диаметр шнека, D_b , м	Угол нарезки, θ , гр.	Шаг нарезки, L , м	Ширина гребня, м	Высота канала в з. з., H , м	Скорость вращения, об/мин n	Расход материала, Q , кг/с	Температура, T_b , °C
1	0.09	17.67	0.09	0.008	0.0144	55	0.0185	100-185
2	0.12	17.67	0.12	0.011	0.015	55	0.0457	100-185
3	0.15	17.95	0.15	0.015	0.015	60	0.07041	100-185
4	0.16	17.67	0.16	0.017	0.017	60	0.0786	100-180
5	0.09	17.67	0.09	0.009	0.015	60	0.01944	100-180
6	0.0381	17.67	0.04	0.00635	0.0061	60	0.002707	20-184
7	0.1	17.67	0.1	0.01	0.01325	60	0.02142	150-195

Практическая работа №4.

Расчёт зоны задержки плавления

Цель занятия: изучение процессов тепломассопереноса полимера в зоне задержки плавления червячного пресса, а также исследование влияния геометрических, технологических и физических факторов на изучаемый процесс.

Задание:

В соответствии со своим вариантом задания выполнить следующие расчеты .

1) Для заданного номинального технологического режима: разработать алгоритм и расчетную программу; с помощью метода конечных разностей рассчитывать поля скоростей; рассчитать значения градиентов давления для заданного расхода; рассчитать поле температур в сечении канала;

2) Исследовать влияние на процесс плавления полимера следующих факторов: температуры корпуса; частоты вращения шнека; расхода материала; физико-механических свойств материала; угла конусности винтовой нарезки червяка.

3) Провести анализ полученных закономерностей процессов тепломассопереноса полимера в зоне задержки плавления экструдера.

4) Построить графики полученных зависимостей.

Экструзия - это технологический процесс, сущность которого состоит в придании материалу нужной формы путем продавливания материала через профилирующий инструмент (кабельную головку). Процесс экструзии включает в себя четыре элементарных стадии, разделенные по зонам: загрузки, задержки плавления, плавления и дозирования. Зона задержки плавления начинается с участка длины шнека, где появляется температура, превышающая температуру плавления полимера. Здесь происходит замена сухого трения на трение течения и к уравнению энергии добавляются уравнения движения и уравнения неразрывности в интегральной форме (уравнение расхода). Зона задержки плавления заканчивается на длине, где толщина слоя расплава полимера достигает 2÷3 величин зазора между гребнем шнека и внутренней поверхностью цилиндрического корпуса.

Для решения данной задачи течения и теплообмена в зоне задержки плавления сделаем следующие допущения: процесс стационарный, установившийся; течение ламинарное; канал плоский; использован принцип обращенного движения; жидкость ньютоновская. Исходные данные приведены в таблицах 9 и 10.

Таблица 9 - Геометрические параметры экструдеров и их режимы работы

Номер варианта	Диаметр шнека, м	Угол нарезки, гр.	Шаг нарезки, м	Ширина гребня, м	Высота канала в з. з. п., м	Скорость вращения, об/мин	Расход материала, кг/с	Температура в з. з. п., °C
1	0.09	17.67	0.09	0.008	0.0055	55	0.0185	220
2	0.12	17.67	0.12	0.011	0.005	55	0.0457	220
3	0.15	17.95	0.15	0.015	0.0047	60	0.07041	220
4	0.16	17.67	0.16	0.017	0.0179	60	0.0786	220
5	0.09	17.67	0.09	0.009	0.015	60	0.01944	220
6	0.0381	17.67	0.04	0.00635	0.0061	60	0.002707	184
7	0.1	17.67	0.1	0.01	0.01325	60	0.02142	220

Таблица 10 - Теплофизические характеристики полимерных материалов

№	λ_m Дж/м/с/ °C	ρ_m кг/ м³	c_m Дж/кг/ °C	μ Па с	T_s/T_m °C	№	λ_m Дж/м/с/ °C	ρ_m кг/ м³	c_m Дж/кг/ °C	μ Па с	T_s/T_m °C
1	0.24	800	2000	10000	15/110	8	0.24	790	2100	9000	21/110
2	0.18	870	1940	11000	20/110	9	0.28	750	2150	10000	22/110
3	0.27	930	2010	12000	25/110	10	0.24	800	1900	11000	23/110
4	0.25	760	2000	5000	16/110	11	0.18	850	1950	12000	24/110
5	0.20	810	1990	6000	17/110	12	0.22	720	1800	12000	25/110
6	0.24	750	2020	7000	18/110	13	0.27	730	2030	6000	10/110
7	0.30	850	2040	8000	19/110	14	0.25	880	1940	7000	11/110

Вопросы к практической работе №4

1. Что такое экструзия?
2. Какие допущения для расчета зоны задержки плавления принимаются?
3. Каков механизм плавления полимера в червячном прессе?
4. В чем суть принципа обращенного движения?

Практическая работа №5.

Расчет зоны плавления

Цель занятия: изучение процессов тепломассопереноса полимера в зоне плавления червячного пресса, а также исследование влияния геометрических, технологических и физических факторов на изучаемый процесс с использованием метода математического моделирования

Задание: 1) для заданного номинального технологического режима разработать алгоритм и расчетную программу; рассчитать компоненты скоростей и относительную скорость; определить длину зоны плавления для канала постоянной глубины, для канала переменной глубины; определить Φ и Ψ – определить длину зоны плавления; рассчитать ширину твердой пробки в зависимости от длины зоны плавления или для канала постоянной или переменной глубины соответственно; определить распределение скорости плавления по длине; рассчитать распределение температуры по высоте канала в пяти различных сечениях в зоне плавления для жидкой и твердой фаз соответственно.

2) Исследовать влияние на процесс плавления полимера следующих факторов: температуры корпуса; начальной температуры материала; частоты вращения шнека; расхода материала; физико-механических свойств материала; угла конусности винтовой нарезки червяка.

3) Провести анализ полученных закономерностей процессов тепломассопереноса полимера в зоне плавления экструдера.

4) Построить графики полученных зависимостей.

5) Оформить отчет.

Экструзия - это технологический процесс, сущность которого состоит в придании материалу нужной формы путем продавливания материала через профилирующий инструмент (матрицу).

Процесс экструзии включает в себя четыре элементарных стадии, разделенные по зонам: загрузки, задержки плавления, плавления и дозирования.

В зоне плавления материал переходит из твердого состояния в жидкое под воздействием тепла, подводимого от стенок корпуса, и тепла, выделяющегося в результате вязкого трения. Многочисленные исследования показывают, что процессы, происходящие в зоне плавления, для всех пластифицирующих экструдеров примерно одинаковы.

Для математического описания процессов движения и плавления в канале пластицирующего экструдера можно использовать различные подходы, основанные на тех или иных упрощающих предположениях. Наиболее простой математической моделью процесса плавления является модель З.Тадмора, позволяющая в одномерной постановке определить зависимость длины зоны плавления от различных технологических, геометрических характеристик и свойств перерабатываемого материала.

Допущения модели Тадмора: кривизной канала пренебрегаем; процесс стационарный; расплав является ньютоновской жидкостью; в целом задача одномерная; характеристики материала постоянны; пробка гранул имеет прямоугольную форму; плавление происходит только у внутренней поверхности корпуса; температура пробки гранул изменяется только по высоте канала;

Представление процессов движения и теплообмена полимеров основывается на законах сохранения массы, количества движения и энергии. Главной задачей исследования является нахождение дли-

ны зоны плавления, которая определяется длиной канала, где ширина твердой фазы обращается в нуль.

Исходные данные представлены в таблицах 11,12. На рисунках 3-5 приведены характерные зависимости теплофизических характеристик полимеров от температуры

Таблица 11 – Свойства материала ($\lambda=130000$ Дж/кг)

№	λ_m / λ_s Дж/м/с/ °C	ρ_m / ρ_s кг/м ³	c_m / c_s Дж/кг/°C	μ Па с	T_s/T_m °C	№	λ_m / λ_s Дж/м/с/ °C	ρ_m / ρ_s кг/м ³	c_m / c_s Дж/кг/°C	μ Па с	T_s/T_m °C
1	0.24/0.28	800 / 884	2000 / 2030	10000	15/110	6	0.24/0.28	750 / 850	2020/2080	7000	18/110
2	0.18/0.22	870 / 921	1940 / 2000	11000	20/110	7	0.30/0.33	850 / 950	2040/2120	8000	19/110
3	0.27/0.28	930 / 1019	2010/ 2060	12000	25/110	8	0.24/0.28	790 / 890	2100/2200	9000	21/110
4	0.25/0.30	760 / 835	2000/ 2070	5000	16/110	9	0.28/0.32	750 / 850	2150/2300	10000	22/110
5	0.20/0.25	810 / 870	1990/2040	6000	17/110	10	0.24/0.30	800 / 900	1900/2000	11000	23/110

Таблица 12 – Геометрические и технологические характеристики экструдеров

Номер варианта	Диаметр шнека, D _b м	Угол нарезки, гр.	Шаг нарезки, м	Ширина гребня, м	Высота канала в з. п., м	Скорость вращения, об/мин	Расход мате- риала, кг/с	Темпе- ратура в з. п., °C
1	0.09	17.67	0.09	0.008	0.0055	55	0.0185	220- 250
2	0.12	17.67	0.12	0.011	0.005	55	0.0457	220- 250
3	0.15	17.95	0.15	0.015	0.0047	60	0.07041	220- 250
4	0.16	17.67	0.16	0.017	0.0179- 0.0033	60	0.0786	220- 250
5	0.09	17.67	0.09	0.009	0.015- 0.007	60	0.01944	220- 250
6	0.0381	17.67	0.04	0.00635	0.0061- 0.002	60	0.002707	184- 204
7	0.1	17.67	0.1	0.01	0.01325- 0.007	60	0.02142	220- 250

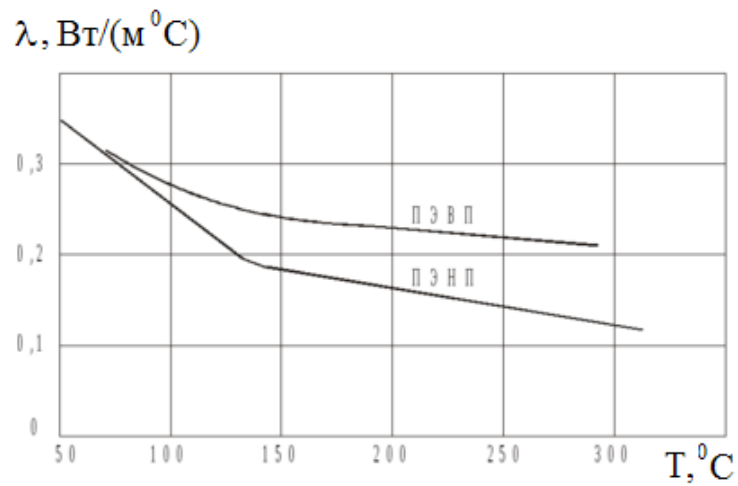


Рисунок 3 - Зависимость теплопроводности полимеров от температуры

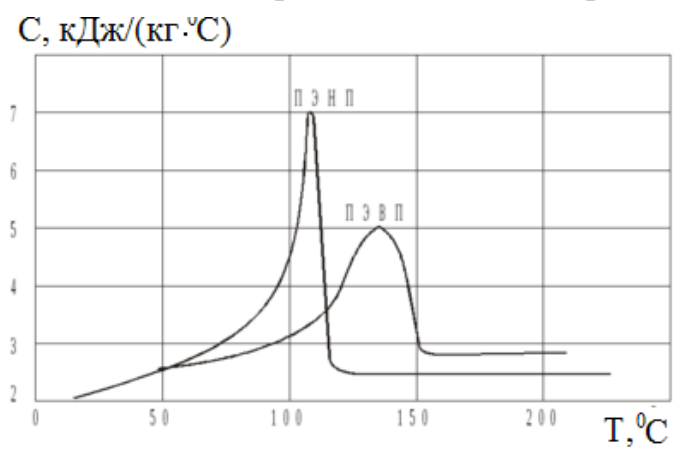


Рисунок 4 - Зависимость удельной теплоемкости полимеров от температуры

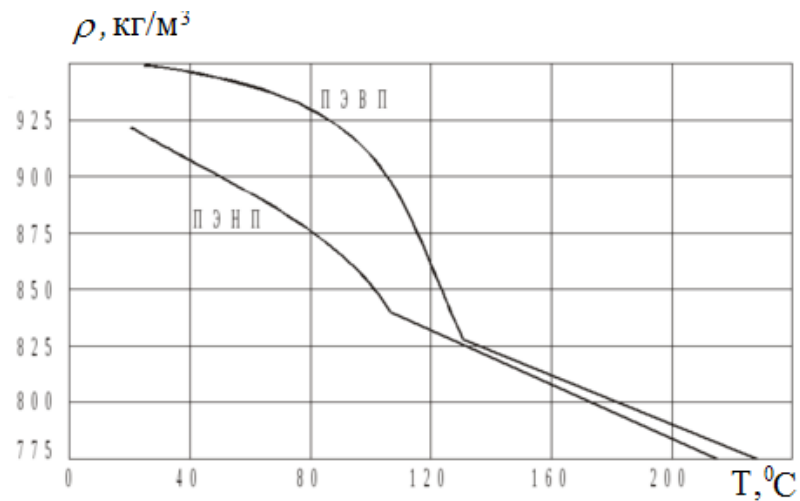


Рисунок 5 - Зависимость плотности полимеров от температуры

Вопросы к практической работе №5

1. Что такое экструзия?
2. Какие допущения для расчета по модели Тадмора принимаются?

3. Для чего вводят скорость V_j и каков ее смысл?
4. Каков механизм плавления полимера в червячном прессе?
5. В чем суть принципа обращенного движения?

Практическая работа №6.

Расчёт зоны дозирования

Цель занятия: изучение процессов тепломассоопереноса полимера в зоне дозирования экструдера при наложении изоляции и оболочек кабельных изделий; исследование влияния геометрических, технологических и физических факторов на изучаемый процесс с применением метода математического моделирования, позволяющего избегать проведения длительных и дорогостоящих экспериментов.

Задание: Для заданного номинального технологического режима: разработать алгоритм и расчетную программу; определить скорости V_{bx} и V_{bz} ; рассчитать поля скоростей и температур с помощью метода конечных разностей; определить длину зоны дозирования.

2) Исследовать влияние на процесс наращивания давления следующих факторов: температуры корпуса; частоты вращения шнека; расхода материала; теплофизических характеристик материала.

3) Провести анализ полученных закономерностей процессов тепломассоопереноса полимера в зоне дозирования экструдера и сделать выводы.

4) Построить графики полученных зависимостей.

5) Оформить отчет.

В основе действия червячных прессов лежит способность полимеров выдавливаться в расплавленном состоянии через каналы формирующих инструментов под большим давлением.

Зона дозирования находится между зоной плавления и кабельной головкой. Момент исчезновения полимерной пробки определяет окончание зоны плавления и начало зоны дозирования. В зоне дозирования происходит интенсивное наращивание давления и гомогенизация расплава.

Течение в канале зоны дозирования моделируется обобщенным течением Куэтта в режиме заданного расхода между двумя параллельными пластинами, одна из которых движется с постоянной

скоростью, равной значению окружной скорости вращения шнека.

Допущения: процесс стационарный, установившийся, неизотермический, среда ньютоновская, течение ламинарное.

Технологические и гометрические характеристики представлены в таблице 13, а теплофизические и реологические характеристики в таблице 14.

Таблица 13 - Технологические и гометрические характеристики

Номер варианта	Диаметр шнека, м	Угол нарезки, гр.	Шаг нарезки, м	Ширина гребня, м	Высота канала в з. д., м	Скорость вращения, об/мин	Расход материала, кг/с	Температура в з. д., °C
1	0.09	17.67	0.09	0.008	0.01	55	0.0185	250
2	0.12	17.67	0.12	0.011	0.01	55	0.0457	250
3	0.15	17.95	0.15	0.015	0.01	60	0.07041	250-270
4	0.16	17.67	0.16	0.017	0.0033	60	0.0786	250-270
5	0.09	17.67	0.09	0.009	0.007	60	0.01944	250-270
6	0.0381	17.67	0.04	0.00635	0.002	60	0.002707	204
7	0.1	17.67	0.1	0.01	0.007	60	0.02142	250

Таблица 14 - Теплофизические и реологические характеристики

№	λ_m Дж/м/с/ °C	μ_0 Па с	β 1/°C	№	λ_m Дж/м/с/ °C	μ_0 Па с	β 1/°C	№	λ_m Дж/м/с/ °C	μ_0 Па с	β 1/°C
1	0.24	10000	0.001	8	0.24	9000	0.005	15	0.20	8000	0.004
2	0.18	11000	0.002	9	0.28	10000	0.005	16	0.24	9000	0.004
3	0.27	12000	0.002	10	0.24	11000	0.001	17	0.30	9500	0.005
4	0.25	5000	0.003	11	0.18	12000	0.002	18	0.28	8500	0.005
5	0.20	6000	0.003	12	0.22	12000	0.002	19	0.34	7500	0.001
6	0.24	7000	0.004	13	0.27	6000	0.003	20	0.20	6500	0.002
7	0.30	8000	0.004	14	0.25	7000	0.003	21	0.25	5500	0.002

Вопросы к практической работе №6

1. Какие процессы происходят в зоне дозирования?
2. Какие виды течения вы знаете?
3. Какие допущения принимаются при расчете?
4. Какое течение называется течением Куэтта?
5. За счет чего происходит нагнетание давления в червячном прессе?

Практическая работа №7.

Расчёт течения расплава полимера в кабельной головке

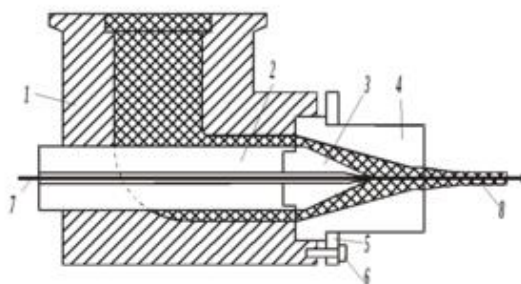
Цель занятия: изучение течения расплава полимера в кабельной головке при наложении изоляции и оболочек кабельных изделий с помощью математических моделей

Задание: Для заданного номинального технологического режима:

- разработать алгоритм и расчетную программу.
 - определить толщину изоляции для модели Мак-Келви,
- 2) Исследовать влияние на толщину изоляции следующих факторов: вязкости материала; градиента давления; начальной скорости; высоты канала;
 - 3) Провести анализ полученных закономерностей.
 - 4) Построить графики полученных зависимостей.
 - 5) Оформить отчет.

При экструзии полимерных материалов одним из наиболее важных узлов, отвечающих за качество готового изделия, с точки зрения обеспечения его геометрических размеров является кабельная головка.

Кабельные головки подразделяются на: трубные и напорные. Трубные кабельные головки отличаются от напорных тем, что в самой головке движущаяся заготовка не контактирует с расплавом полимера. В напорных же головках на достаточно большой длине такой контакт присутствует. С помощью трубных головок полимер экструдирован в виде тонкостенной трубы и примыкает к проводу за счет наличия разряжения на выходе. Трубные головки используются для изолирования тонких проводов или в случае очень вязкого расплава полимера. Схема напорной головки приведена на рисунке 6.



1 – корпус головки; 2 – дорн; 3 – наконечник дорна; 4 – матрица; 5 – кольцо крепления матрицы; 6 – болт крепления матрицы; 7 – изолируемый провод; 8 – изолированный провод.

Рисунок 6- Схема угловой напорной кабельной головки

Технологические, геометрические и реологические характеристики представлены в таблице 15.

Таблица 15 - Технологические, геометрические и реологические характеристики

№	V_0 , м/с	R_1 , м	R_2 , м	μ Па·с	dp/dz Па/м
1	0,035	0.002	0.0025	10000	10^7
2	0,045	0.003	0.004	11000	10^8
3	0,050	0.0015	0.003	12000	10^7
4	0,040	0.002	0.004	5000	10^8
5	0,050	0.0025	0.0045	6000	10^8
6	0,045	0.003	0.0045	7000	10^7
7	0,055	0.004	0.005	8000	10^8
8	0,035	0.002	0.003	9000	10^8
9	0,030	0.002	0.0035	10000	10^8
10	0,045	0.0025	0.0045	11000	10^8
11	0,050	0.004	0.005	12000	10^7
12	0,040	0.0035	0.0045	12000	10^8
13	0,050	0.0025	0.0035	6000	10^7

Вопросы к практической работе №7

1. Какие виды кабельных головок вы знаете?
2. Какие головки используют при наложении изоляции на тонкие провода?
3. В чем состоит отличие модели Мак-Келви от цилиндрической модели?
4. Какие допущения принимаются в цилиндрической модели?
5. Объясните распределение скоростей в канале кабельной головки при отрицательном градиенте давления.
6. Какая жидкость называется ньютоновской?

Практическая работа № 8.

Расчет площади заводских складов для приема, хранения и транспортирования ингредиентов

Цель занятия: ознакомиться с методом расчета площади заводских складов для приема, хранения и транспортирования ингредиентов

Для хранения разных групп материалов обычно устанавливаются следующие склады: каучуков, химикатов, технического углерода, текстильных материалов, вязких и жидких материалов, готовой продукции. Расчет площади заводских складов для сырья, материалов и готовой продукции проводится согласно нижеприведенным формулам.

Размеры и оборудование складов рассчитываются с учетом норм запаса материала, принятых по данным завода. Общий запас материала M (т) определяется по формуле:

$$M = P \cdot H, (1)$$

где P – суточный расход материала, т; H – норма запаса материала, дн.

Расчет норм запаса материалов на складе необходимо привести в виде таблицы 16.

Потребное количество стеллажей n (шт.) рассчитывается по формуле:

$$n = \frac{M}{A}$$

где A – загрузка стеллажа, т.

Потребное количество штабелей c (шт.) находится по формуле:

$$c = \frac{n}{b}$$

где b – количество стеллажей в штабеле, шт.

Таблица 16 -Расчет норм запаса материалов на складе

Наименование материалов	Суточный расход материала, т	Норма запаса материала, дн	Общий запас материала, т
	P	H	M

Полезная площадь S (м²) для хранения каучуков и химикатов определяется по следующей формуле:

$$S = a \cdot c, (4)$$

где a – площадь одного штабеля, м².

Расчет данных для площади хранения каучуков и химикатов необходимо свести в таблице 17.

Таблица 17-Расчет площади для хранения каучуков и химикатов

Наименование компонентов	Общий запас материала, т	Способ хранения	Загрузка стеллажа, т	Потребное количество стеллажей, шт.	Количество стеллажей в штабеле, шт.	Потребное количество штабелей, шт.	Площадь одного штабеля, м ²	Полезная площадь, м ²
	M		A	n	b	c	a	S

Примечания: 1. Для текстильных материалов предварительно рассчитывается количество рулонов по формуле (2), где M – общий запас ткани, м; A – количество ткани в рулоне, м.

2. Для вентиляей и проволоки расчет ведется на количество ящиков (в ящике находится 100 шт. вентиляей) и на количество бухт.

3. Для готовой продукции расчет ведется с учетом норм запаса.

Объем технического углерода V (м³) определяется по формуле:

$$V = \frac{M}{\rho_H}$$

где M – общий запас технического углерода, т; ρ_H – насыпная масса, т/м³.

Рабочий объем бункера V_p (м³) для технического углерода рассчитывается по формуле:

$$V_p = K \cdot V_n,$$

где K – коэффициент заполнения бункера, K = 0,6–0,7; V_n – полный объем бункера, м³ (берется по каталогу).

Расчетное потребное количество бункеров n_p (шт.) для технического углерода определяется по формуле:

$$n_p = \frac{V}{V_p}$$

Полезная площадь S (м²) для хранения наполнителей находится по следующей формуле:

$$S = a \cdot n,$$

где a – площадь одного бункера, м²; n – принятое количество бункеров, шт.

Расчет бункерного склада наполнителей необходимо свести в таблицу 18.

Таблица 18 -Расчет бункерного склада наполнителей

Тип технического углерода	Общий запас технического углерода, т	Насыпная масса, т/м ³	Объем технического углерода, м ³	Объем бункера, м ³		Потребное количество бункеров, шт.		Площадь одного бункера, м ²	Полезная площадь, м ²
				полный	рабочий	расчетное	принятое		
	М	ρ_n	V	V_n	V_p	n_p	n	a	S

Примечание. 80% от общего количества технического углерода принято хранить в бункерах, а остальные 20% – в таре.

Объем мягчителей V (м³) определяется по формуле:

$$V = \frac{M}{j}$$

где M – общий запас мягчителей, т; j – плотность, кг/м³.

Рабочий объем резервуара V_p (м³) для хранения вязких и жидких материалов рассчитывается по формуле:

$$V_p = K \cdot V_n,$$

где K – коэффициент заполнения резервуара; V_n – полный объем резервуара, м³.

Расчетное потребное количество резервуаров n_p (шт.) для вязких и жидких материалов определяется по формуле:

$$n_p = \frac{V}{V_p}$$

Полезная площадь S (м²) для хранения мягчителей находится по следующей формуле:

$$S = a \cdot n,$$

где a – площадь одного резервуара, м^2 ; n – принятое количество резервуаров, шт.

Расчет площадей для хранения вязких и жидких материалов необходимо свести в таблицу 19.

Таблица 19- Расчет площадей для хранения вязких и жидких материалов

Наименование материала	Общий запас мягчителей, т	Плотность, $\text{кг}/\text{м}^3$	Объем мягчителей, м^3	Объем бункера, м^3		Потребное количество бункеров, шт.		Площадь одного резервуара, м^2	Полезная площадь, м^2
				полный	рабочий	расчетное	принятое		
	M	j	V	$V_{\text{п}}$	$V_{\text{р}}$	$n_{\text{р}}$	n	a	S

Площадь складов с учетом проходов S_1 (м^2) рассчитывается по формуле:

$$S_1 = 2 \cdot S,$$

где S – полезная площадь, м^2 .

Расчетные данные площади склада готовой продукции сводятся в таблицу 20.

Таблица 20- Расчет площади склада готовой продукции

Наименование изделий	Запас, дн.	Количество готовой продукции, шт.	Способ хранения	Площадь под единицу продукции, м^2	Потребная площадь, м^2

Для оборотного фонда принимается 10% от общей площади S_2 (м^2):

$$S_2 = \frac{(S_2 - S) \cdot 10}{100}$$

Сводные данные по расчету складских помещений необходимо привести в виде таблицы 21.

Таблица 21 - Сводная таблица складских помещений

Наименование складов	Полезная площадь, м^2	Площадь склада с учетом проходов, м^2	Для оборотного фонда принимается 10% от общей площади	Общая площадь, м^2	
				по расчету	по чертежу
	S	S_1	S_2		

Бункер для технического углерода (таблица 22) предназначен для создания в зоне резиносмесителя технологического запаса технического углерода и промежуточного хранения его перед подачей питателем к дозирующему устройству. В бункере устанавливаются реле верхнего и нижнего уровней материала; для предотвращения сводообразования применяются различные устройства: пульсаторы-сводоразрушители, вибраторы, пневмопушки.

Таблица 22 - Технические характеристики бункеров для технического углерода

Наименование показателя	Значение показателя	
	БТУ-4,5	БТУ-8
Объем бункера полный, м ³	4,5	8,0
Давление сжатого воздуха в пневмосистеме, МПа	0,4	0,6
Расход сжатого воздуха, м ³ /ч, не более	0,38	
Тип вибратора	пневматический	
Габаритные размеры, мм, не более		
– длина	1522	2068
– ширина	1522	1918
– высота	4207	4214
Масса, кг, не более	900	1240

Для промежуточного хранения порошкообразных ингредиентов и создания технологического запаса сыпучих химикатов применяются различные по конструкции и техническим характеристикам бункера (таблицы 23 и 24).

Таблица 23 - Технические характеристики бункера для серы

Наименование показателя	Значение показателя
Объем бункера полный, м ³	2,0
Расход сжатого воздуха, м ³ /ч, не более	0,17
Тип вибратора	пневматический
Габаритные размеры, мм, не более	
– длина	1618
– ширина	1250
– высота	2290
Масса, кг, не более	380

Жидкие материалы (масла, дибутилфталат и др.) подаются из железнодорожных цистерн по трубопроводу через фильтр в резервуары-хранилища, имеющие, при необходимости, змеевики или паровые рубашки для подогрева материала. Затем они по трубопроводам перекачиваются в промежуточные расходные емкости, где происходит подогрев, плавление, фильтрация, а затем передача мягчителей на весовой дозатор в подготовительных производствах (таблица 25).

Таблица 24 - Технические характеристики бункера для сыпучих химикатов

Наименование показателя	Значение показателя
Объем бункера полный, м ³	2,0
Расход сжатого воздуха, м ³ /ч, не более	0,4–0,6
Тип вибратора	пневматический
Габаритные размеры, мм, не более	
– длина	1280
– ширина	1070
– высота	3135
Масса, кг, не более	350

Таблица 25 - Технические характеристики емкости с обогревом

Наименование показателя	Значение показателя
Полный объем, л	330±7
Рабочий объем, л	300±9
Рабочая температура внутри емкости, °С	80–90
Давление пара в рубашке, МПа	0,15–0,20
Температура пара, °С	115±5
Расход пара на обогрев, кг/ч, не более	81
Тип реле уровня	вибрационное
Частота вращения мешалки, об/мин, не более	50
Габаритные размеры, мм, не более	
– длина	1160
– ширина	1160
– высота	2010
Масса, кг, не более	620

Провести расчеты по заданию преподавателя

Вопросы к практической работе №8

1. Определение общего запаса материала
2. Определение потребного количества стеллажей
3. Определение полезной площади для хранения каучуков и химикатов
4. Определение рабочего объема бункера
5. Определение расчетного потребного количества бункеров
6. Определение рабочего объема резервуара
7. Определение расчетного потребного количества резервуаров
8. Определение площади складов с учетом проходов
9. Определение объема мягчителей
10. Методика расчета

Библиографический список

1. Рагулин В.В. Техника шинного производства. – М.: «Высшая школа». - 1977,- 216 с.
2. <http://to-biz.ru/pererabotka-shin/>
3. Ильясов Р.С., Дорожкин В.П., Власов Г.Я., Мухутдинов А.А. Шины. Некоторые проблемы эксплуатации и производства. - Казань. Изд-во Казанского государственного технологического университета, - 2000. - 576 с.
4. Андрашников Б.И. Интенсификация процессов приготовления и переработки резиновых смесей. – М.: Химия, 1986. 224 с.
5. <https://studfiles.net/preview/2652299/>