

Учреждение образования
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ»

**Кафедра технологии нефтехимического синтеза и переработки
полимерных материалов**

**ОБОРУДОВАНИЕ
И ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ
ПРЕДПРИЯТИЙ
РЕЗИНОВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

**Методические указания к курсовому проектированию
по одноименной дисциплине для студентов
специальности 1-48 01 02 «Химическая технология
органических веществ, материалов и изделий»
специализации 1-48 01 02 05
«Технология переработки эластомеров»**

МИНСК 2009

УДК678.02(075.8)

ББК 35.728я7

О-22

Рассмотрены и рекомендованы к изданию редакционно-издательским советом университета.

Составители:

П.К.Липлянин, В.В.Мозгалёв

Научный редактор профессор, доктор химических наук,
член-корреспондент НАН Беларуси *Н.Р.Прокопчук*

Рецензент

Профессор кафедры химической переработки древесины,
доктор технических наук *Т.В. Соловьёва*

ОБОРУДОВАНИЕ И ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПРЕДПРИЯТИЙ РЕЗИНОВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Составители: **Липлянин Пётр Константинович**
Мозгалёв Владимир Валерьевич

Издание 3-е переработанное, дополненное и
подготовленное к использованию на электронных носителях

Учреждение образования
«Белорусский государственный технологический университет»
220050, Минск, Свердлова, 13а.

Минск 2009

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие.....	3
1. Организация курсового проектирования	3
2. Тематика курсового проектирования	4
3. Содержание задания по курсовому проектированию	4
4. Содержание пояснительной записки и графической части проекта.....	5
5. Расчет прямых потоков в производстве. Пример – расчет потока между подготовительным цехом и цехом каландров.....	8
6. Расчет материального баланса производства.....	9
6.1. Расчеты материального баланса, количества изделий, расхода резиновых смесей, каучуков и ингредиентов	9
6.2. Расчет нормы расхода обрезаемого корда	11
6.3. Расчет расхода металлического корда и резиновой смеси на его обрезинивание	11
6.4. Расчет расхода плетенки и проволоки для бортовых колец и резиновой смеси для их обкладки.....	13
7. Инженерно-технологические расчеты оборудования.....	14
7.1. Расчет резиносмесителя периодического действия.....	14
7.2. Расчеты валковых машин.....	15
7.3. Расчеты червячных машин	16
7.4. Производительность продольно-резательной машины.....	20
7.5. Расчет производительности каландра.....	20
7.6. Расчет производительности и числа протекторных агрегатов.....	21
7.7. Расчет производительности, количества форматоров - вулканизаторов и пресс-форм.....	22
7.8. Производительность автокамерного агрегата и стыковочных станков.....	22
7.9. Расчеты для автоклавов и котлов.....	23
7.10. Расчет гидравлического вулканизационного пресса.....	24
7.11. Расчет фундаментов оборудования	29
8. Расчет потребного количества основного и вспомогательного оборудования.....	30
8.1. Расчёт потребного количества основного оборудования.....	30
8.2. Выбор и расчёт количества резиносмесителей, расходных бункеров и весовых дозаторов.....	31
9. Литература.....	32

ПРЕДИСЛОВИЕ

Изучение студентами дисциплины «Оборудование и основы проектирования заводов резиновой промышленности» сопровождается, согласно учебному плану, выполнением курсового проекта. Его тематика предусматривает обоснование и выбор оборудования для осуществления одного из процессов производства резиновых изделий (шин, резино-технических изделий или резиновой обуви).

Цели курсового проекта - закрепление, систематизация и расширение теоретических знаний и практических навыков, полученных на лекционных и практических занятиях, при выполнении учебных заданий и курсовых работ, в период прохождения инженерной (учебной) и технологической практик; приобретение умения пользоваться нормативно-справочными материалами, стандартами и другой технической литературой по специальности; приобретение инженерных навыков рационального выбора оборудования для осуществления конкретного производственного процесса с учетом достижений отечественной и зарубежной теории и практики, проведения необходимых инженерных расчетов.

В ходе выполнения курсового проекта студенты используют лекционные материалы, учебные пособия, рекомендованные в процессе изучения дисциплины, информацию, собранную в период прохождения производственных практик, а также научно-техническую литературу и имеющуюся в интернете.

1. ОРГАНИЗАЦИЯ КУРСОВОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Задание по курсовому проектированию студенты получают перед выездом на технологическую практику. Тематика проекта обязательно увязывается с местом практики студента, возможным трудоустройством и накоплением материала для выполнения конкретного, желательно с элементами исследований дипломного проекта. Все возникающие вопросы студент может выяснить у руководителя проекта перед выездом на практику, в период ее прохождения - у руководителей практики от университета и от предприятия, а также путем консультаций у ведущих специалистов предприятия. В этот период студенты обязаны собрать необходимые для проекта материалы путем изучения соответствующей заводской документации (технологические карты, регламенты на изготовление изделия, паспорта на оборудование, графики планово-предупредительного ремонта, отчеты отраслевых НИИ) и рекомендованной руководителем проекта нормативно-справочной и научно-технической литературы. В течение учебного семестра выполнение проекта осуществляется в соответствии с указанным в задании календарным графиком. Выполнение данного графика является обязательным. За принятые в проекте решения по проведению процесса и выбору оборудования, за правильность всех приданных и расчётов отвечает студент автор курсового проекта.

2. ТЕМАТИКА КУРСОВОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Тематика данного проекта предусматривает выбор и расчет оборудования для проведения конкретного производственного процесса. С учетом места технологической практики студента это может быть один из следующих процессов:

- изготовление резиновых смесей;
- изготовление протекторных заготовок;
- изготовление автокамерных заготовок;
- изготовление бортовых колец и крыльев;
- обработка текстильного корда или металлокорда;
- раскрой и сквиджевание обрешиненного корда;
- промазка и раскрой бортовых тканей;
- сборка автопокрышек и/или вулканизация автопокрышек;
- стыковка и вулканизация автокамер;
- изготовление сердечников транспортных лент;
- обкладка сердечников и вулканизация транспортёрных лент;
- изготовление рукавов;
- изготовление неформовых изделий;
- изготовление формовых РТИ методом компрессионного формования и/или методом литья под давлением.

3. СОДЕРЖАНИЕ ЗАДАНИЯ ПО КУРСОВОМУ ПРОЕКТИРОВАНИЮ

Задание по курсовому проектированию содержит тему курсового проекта и исходные данные к проекту:

- ассортимент выпускаемых по проектируемому процессу изделий или полуфабрикатов;
- годовую программу выпуска изделий или полуфабрикатов;
- перечень заводской документации, которую необходимо изучить в период сбора материала для курсового проекта (технологическая карта или регламент на изделие, виды брака; паспорта на оборудование, используемое на предприятии; график планово-предупредительного ремонта оборудования; приборы и оборудование, применяемые для управления технологическим процессом; использование микропроцессорной техники и ЭВМ);
- содержание пояснительной записки;
- перечень графического материала;
- календарный график выполнения курсового проекта;
- дату выдачи задания;
- срок сдачи готового проекта.

15. Андрашников, Б. И. Справочник по автоматизации и механизации производства шин и РТИ / Б. И. Андрашников. - М.: Химия, 1981. - 296 с.

16. Машины и аппараты резинового производства / под ред. Д. М. Барскова. - М.: Химия, 1975. - 600 с.

17. Весы и дозаторы / С. П. Орлов [и др.]. - М: Машиностроение, 1972.-272 с.

18. Самойлов, А. В. Тепловые расчеты червячных и валковых машин / А. В. Самойлов. - М.: Машиностроение, 1978. - 152 с.

19. Клинков, А. С. Основы проектирования и расчета червячных машин для переработки полимерных материалов / А. С. Клинков, В. И. Кочетов, О. Г. Малитков- — Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 1992. - 94 с.

20. Основы проектирования и расчета литьевого и прессового оборудования для переработки полимерных материалов / А. С. Клинков и др. – Изд-во Тамб.гос.техн.ун-та,1999.-162с.

21. Иванова, В. Н. Технология резиновых технических изделий / В. Н; Иванова, Л. А. Алеушина. -Л: Химия, 1980. – 264 с.

22. Карпов, В. Н. Оборудование предприятий резиновой промышленности / В. Н. Карпов. - М.: Химия, 1979. – 480 с.

ЛИТЕРАТУРА

1. Красовский, В. Н. Сборник примеров и задач по технологии переработки полимеров / В. Н. Красовский, А. М. Воскресенский. - Минск: Выш. школа, 1975. - 318 с.
2. Оборудование и основы проектирования заводов резиновой промышленности / Н. Г. Бекин [и др.]; под общ. ред. Н. Д. Захарова. - М.: Химия, 1985. - 504 с.
3. Басов, Н. И. Расчет и конструирование оборудования для производства и переработки полимерных материалов / Н. И. Басов, Ю. В. Казанков, В. А. Любартович. - М.: Химия, 1986. - 487 с.
4. Красовский, В. Н. Примеры и задачи по технологии переработки эластеров / В. Н. Красовский, А. М. Воскресенский, В. М. Харчевников. - Л.: Химия, 1984. - 240 с.
5. Лукач, Ю. Е. Валковые машины для переработки пластмасс и резиновых смесей / Ю. Е. Лукач, Д. Д. Рябинин, Б. Н. Метлов. - М.: Машиностроение, 1967. - 292 с.
6. Машины и аппараты химической промышленности / И. И. Чернобыльский [и др.]. - М.; Киев: Машиностроение, 1962. - 520 с.
7. Примеры и задачи по курсу «Оборудование заводов химической промышленности» / И. А. Козулин [и др.]. - М.; Л.: Машиностроение, 1966. - 491 с.
8. Бекин, Н. Г. Оборудование заводов резиновой промышленности / Н. Г. Бекин, Н. П. Шанин. - Л.: Химия, 1978. - 395 с.
9. Рябинин, Д. Д. Червячные машины для переработки пластических масс и резиновых смесей / Д. Д. Рябинин, Ю. Е. Лукач. - М.: Машиностроение, 1965. - 363 с.
10. Рябинин, Д. Д. Смесительные машины для пластмасс и резиновых смесей / Д. Д. Рябинин, Ю. Е. Лукач. - М.: Машиностроение, 1972.-271 с.-- .
11. Цыганок, И. П. Вулканизационное оборудование шинных заводов / И. П. Цыганок. - М.: Машиностроение, 1967. - 324 с.
12. Бекин, Н. Г. Оборудование для изготовления пневматических шин / Н. Г. Бекин, Б. М. Петров. - Л.: Химия, 1982. - 263 с.
13. Шеин, В. С. Основные процессы резинового производства / В. С. Шеин, Ю. Ф. Шутилин, А. П. Гриб. - Л.: Химия, 1988. - 160 с.
14. Андрашников, Б. И. Интенсификация процессов приготовления и переработки резиновых смесей / Б. И. Андрашников. - М.: Химия, 1986.-222 с.

4. СОДЕРЖАНИЕ ПОЯСНИТЕЛЬНОЙ ЗАПИСКИ И ГРАФИЧЕСКОЙ ЧАСТИ ПРОЕКТА

Пояснительная записка и графическая часть проекта должны быть оформлены в соответствии с требованиями стандарта СТП БГТУ 002-2007.

В состав пояснительной записки входят следующие материалы:

1. **Введение.** Во введении дается характеристика современного состояния данной отрасли резиновой промышленности, указываются перспективы ее развития. Формулируются конкретные задачи, которые необходимо решить при разработке проекта, особенности их постановки и решения применительно к конкретным производственным условиям.

2. **Аналитический обзор.** В данном разделе излагаются сведения из научно-технической литературы о перспективах совершенствования проектируемого процесса. В сравнении с существующим на базовом предприятии, приводятся данные о новых видах и методах модернизации применяемого оборудования, базирующейся на использовании источников высоких энергий для возможности создания инновационных технологий. Возможности, с использованием существующих современных средств применения микропроцессорной техники для контроля параметров и управления технологическими процессами с целью повышения качества производимой продукции, роста её технического уровня и конкурентоспособности за счет организации материало- и энергосберегающих технологий. использования новых, экологически чистых транспортных средств, для реализации проектируемого процесса.

3. **Выбор и характеристика оборудования для проектируемого процесса.** В этом разделе дается краткая характеристика существующего на базовом предприятии технологического процесса и применяемого оборудования, с описание их основных недостатков. На основании данных аналитического обзора приводится подробное описание проектируемого технологического процесса и выбор с обоснованием, по возможности базирующегося на использовании источников высоких энергий (ИВЭ) оборудования. Дается описание его устройства и работы с указанием основных характеристик. Выбранное оборудование, оснащенное современным управляемым приводом, должно обеспечивать: создание материало- и энергосберегающих технологий; высокое качество выпускаемой продукции; высокий уровень механизации и автоматизации процесса; хорошие условия труда рабочих.

4. **Выбор и характеристика межоперационного транспорта с учетом расположения выбранного оборудования.** В этом разделе приводится описание выбора наиболее рациональных видов транспортных средств, указываются их достоинства и недостатки с учетом возможности наиболее полной автоматизации и контроля проведения всех операций, исключая возможность не адекватного влияния человеческого фактора, и при необходимости обеспечения поточности производства. Приводится описание устройств и работы выбранных транспортных средств с указанием их характеристик, соответствующих данному технологическому процессу и выбранному оборудованию.

5. Инженерно-технологические расчеты.

5.1. Материальный баланс сырья и полуфабрикатов.

Подробный расчет материального баланса производится только при проектировании процесса приготовления резиновых смесей и сводится к расчету расхода резиновых смесей, каучуков и ингредиентов на заданную программу выпуска изделий с учетом потерь при производстве. Исходными данными (собираются в период технологической практики) являются:

- процент отбора изделий на испытания;
- годовой режимный фонд времени работы предприятия;
- нормы расхода резиновых смесей на единицу изделия;
- проценты потерь и отходов резиновых смесей, а также входящих в их состав каучуков и ингредиентов при хранении и переработке;
- массовый процент каучуков и ингредиентов по рецептам резиновых смесей.

Для остальных технологических процессов производится расчет выпуска изделий и потерь при их производстве.

5.2. Инженерный расчет оборудования. По указанию руководителя проекта производится инженерный расчет одного из видов основного оборудования, входящего в состав технологической линии проектируемого процесса. Таким оборудованием могут быть вальцы, каландр, червячная машина, резиносмеситель периодического действия, станок для сборки автопокрышек, вулканизационное оборудование (вулканизационный пресс, вулканизационный котел, форматор-вулканизатор, линии непрерывной вулканизации и др.). В зависимости от выбранного оборудования выполняются следующие расчеты:

- вальцы – расчет производительности; определение распорных усилий и полезной мощности и удельных энергозатрат; допустимого зазора при роспуске смеси с максимальной жесткостью (минимальной пластичностью); тепловой баланс;
- каландр - расчеты производительности, распорных усилий, параметров настройки механизма компенсации прогиба валков; тепловой баланс;
- червячная машина - расчеты производительности, скорости шприцевания, на прочность червяка и цилиндра, тепловой баланс; - резиносмеситель периодического действия (РСПД) – расчеты производительности, потребляемой мощности при смешении, сдвиговых характеристик в резиносмесителе, на прочность смесительной камеры и роторов; тепловой расчет;
- станок для сборки автопокрышек - расчеты производительности, механизма разжатия барабана станка, на прочность, скорости вращения вала сборочного барабана;

8.2. Выбор и расчёт количества резиносмесителей, расходных бункеров и весовых дозаторов проводится с заполнением таблиц 5-7.

Таблица 5

Распределение резиновых смесей по резиносмесителям и расчёт их количества

Номер резиносмесителя	Обозначение резиносмесителя	Шифр резиновой смеси	Расчетное количество резиносмесителей			Применяемое к установке количество резиносмесителей		
			I стадия	II стадия	III стадия	I стадия	II стадия	III стадия

Таблица 6

Характеристика и расчёт количества бункеров для оснащения резиносмесителей №/ № и централизованного участка развески _____

Наименование ингредиентов	Часовой расход ингредиента, кг/ч	Время хранения ингредиента в бункере, ч	Масса запаса, кг	Насыпная плотность ингредиента, кг/м ³	Объём запаса, м ³	Рабочий объём бункера, м ³	Количество бункеров, шт.	
							по расчёту	принятое к установке
	A	t	$P = At$	a	$V_3 = \frac{P}{a}$	V_6	$n_p = \frac{V_3}{V_6}$	n_y

Примечания: 1. При изготовлении в одном резиносмесителе смесей по нескольким рецептам A принимают по наибольшему часовому расходу ингредиента для одного из рецептов. 2.т. a , V_6 определяют из данных завода, по каталогу или справочнику. Таблица 7

Выбор и характеристика весов и весовых дозаторов для оснащения резиносмесителей №/ № и централизованного участка развески

Шифр резиновой смеси и ее назначение	Наименование ингредиентов	Навеска ингредиента по рецепту, кг	Тип весов и дозаторов

Примечания: 1. Выбор весов производят по каталогу или справочникам. 2. При изготовлении в одном резиносмесителе смесей по нескольким рецептам в третьей графе указывают наибольшую навеску ингредиента для одного из рецептов смесей.

8. РАСЧЕТ ПОТРЕБНОГО КОЛИЧЕСТВА ОСНОВНОГО И ВСПОМОГАТЕЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Расчет потребного оборудования (поточных линий для сборки покрышек, станков для стыковки камер и т. д.) согласно технологическому процессу производится по описанным методикам в соответствии с требованиями таблицы 4.

Таблица 4

8.1. Расчет потребного количества основного оборудования

Годовая программа выпуска изделий или полуфабрикатов, ед.	Наименование оборудования	Производительность оборудования, ед./ч	Потребное количество машино-часов в год	Годовой эффективный фонд времени работы оборудования, ч	Расчетное количество оборудования, шт.	Принятое к установке количество оборудования, шт.	Коэффициент использования оборудования
P		Q	$N = \frac{P}{Q}$	$I_{эф}$	$n_p = \frac{N}{I_{эф}}$	n_y	$K = \frac{n_p}{n_y}$

Эффективное, время работы оборудования $T_{эф}$ рассчитывается по нормам завода:

$$T_{эф} = T - (T_{ппр} + T_{н.пр})$$

где T - режимный фонд времени работы оборудования, рассчитывается исходя из режимного времени работы предприятия в году и количества часов работы оборудования в сутки, при этом необходимо учитывать, что суточный фонд времени работы технологического оборудования составляет 23 ч, за исключением вулканизационного оборудования, для которого суточный фонд времени составляет 24 ч;

$T_{ппр}$ - затраты времени на планово-предупредительный ремонт;

$T_{н.пр}$ - время неизбежных технологических простоев (чистка, разогрев, заправка, перезарядка и т. д.);

$T_{ппр}$ и $T_{н.пр}$ – принимаются по данным предприятия.

- вулканизационное оборудование – расчеты производительности, прочностной расчет цилиндра, рамы, колон, плит обогрева; тепловой расчет.

Все необходимые для расчета исходные данные и константы выбираются студентом из справочной литературы самостоятельно, исходя из типа перерабатываемого материала, технологического режима переработки, паспортных данных на оборудование.

5.3. Расчет потребного количества оборудования. В соответствии с выбранной схемой проектируемого процесса проводится расчет потребного количества оборудования, обеспечивающего выполнение заданной программы выпуска изделий или полуфабрикатов. Производительность оборудования выбирается из справочной литературы, опыта работы предприятий или рассчитывается самостоятельно.

При проектировании процесса приготовления резиновых смесей по современным режимам сухого или бережного изготовления, обосновывается:

I. - выбор технологических линий на базе РСПД:

- тангенциального типа или внешнего смешения, обеспечивающего оптимальные сдвиговые напряжения преимущественно в зазорах между гребнями роторов и стенками полукамер, а также в зазорах между гребнями роторов;
- внутреннего смешения или с взаимозацепляемыми роторами, обеспечивающих оптимальные сдвиговые напряжения преимущественно в зазорах между выступами и впадинами гребней роторов и стенками полукамер;

II. – выбор технологических схем 2-х или 3-х стадийного смешения с использованием дорабатывающих машин – диспергаторов-пластикаторов или транспортных червячных машин с гранулирующими или листующими головками; индивидуальных вальцов или агрегатов из 2-х, 3-х вальцов; охлаждаемых и изолирующих установок; промежуточных транспортных и других механизмов и устройств, обеспечивающих оптимальную вылежку при хранении, и подачу на последующую переработку.

Рассчитывается потребное количество резиносмесителей отдельно для каждой стадии процесса. Потребность в остальном оборудовании, входящем в каждую линию и схему приготовления резиновых смесей, определяется исходя из принятого к установке количества технологических линий.

Например, в агрегате с РСПД 1-й и 2-й промежуточной стадии изготовления маточных смесей могут устанавливаться:

- пластикатор-диспергатор типа «трансфермикс»; - стрейнер–гранулятор или гранулятор с устройствами для охлаждения и изоляции гранул маточной смеси, а также их сушки и пневмотранспорта в бункера хранения и подачи на развеску;
- червячные машины с листующими головками или вальцы, оснащённые охлаждаемыми установками фестонного типа (УФТ) и системой ленточных транспортеров для передачи на второй уровень для укладки в эполеты хранения и подачи на развеску для последующей стадии.

В агрегате с РСПД 2-й или 3-ей заключительной стадии изготовления готовых

смесей могут устанавливаться:

– червячные машины, оснащённые гранулирующей головкой с системами изоляции, охлаждения, сушки и пневмотранспорта в ёмкости для хранения и подачи потребителям – линиям на базе червячных машин;

- с листующей головкой или вальцы, оснащённые УФТ с укладкой на поддоны для передачи на хранения в высотные склады или непосредственно на производство.

Кроме того, при проектировании этого процесса необходимо:

- провести распределение смесей по резиносмесителям с учетом возможности использования одной машины для приготовления смесей разных шифров;

- для оснащения резиносмесителей подобрать и рассчитать потребное количество расходных бункеров и автоматических весов (наполнителей и большого объёма и весом 5 и более кг) для изготовления навесок и их ввода через промежуточную, сборную ёмкость непосредственно в загрузочную воронку, под приподнятый верхний затвор резиносмесителя;

- подобрать упаковочно-развесочные агрегаты для оснащения участка централизованной развески компонентов (как правило, до 2-х, а отдельных до 5-ти кг), обеспечивающих изготовление навесок в пакетах из ПЭВА (полиэтиленвинилацетата) с температурой плавления $76^{\circ} - 82^{\circ}\text{C}$.

6.ТРЕБОВАНИЯ ОХРАНЫ ТРУДА ПРИ РАБОТЕ НА ОБОРУДОВАНИИ.

Подробно излагают основные правила обслуживания и технические мероприятия, обеспечивающие безопасность работы на оборудовании и предотвращающие поломки машин при неверных действиях обслуживающего персонала. Описывают устройство и принцип действия: предохранительных и аварийных устройств, установленных на оборудовании (ограждение подвижных частей, заземление токонесущих машин, устройства для аварийной остановки и т. д.).

7. ЗАКЛЮЧЕНИЕ. В заключении дается общая оценка выполненного проекта, подчеркиваются его особенности, приводится сравнительная оценка проектируемого процесса и оборудования.

8.СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ. Источники в списке располагаются в последовательности появления ссылок на них в тексте. Ссылки на заводскую документацию, отчеты исследовательских организаций не допускаются. Библиографический список оформляется в соответствии с ГОСТ 7. 1 —76

9.ГРАФИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ ПРОЕКТА. Она выполняется на листах формата А1 и включает: 1 лист принципиальной схемы проектируемого процесса; 1-2 листа чертежей одного из видов основного оборудования с разрезом основных узлов и используемой оснастки.

7.11. Расчет фундаментов оборудования

Для расчёта фундаментов используется формула расчета допустимого давления на грунт:

$$P = \frac{G_m + G_\phi}{S_\phi} \leq [\sigma]$$

где P - давление на грунт;

G_m - вес машины;

G_ϕ – вес фундамента;

S_ϕ - площадь подошвы фундамента;

$[\sigma]$ -допускаемое давление на грунт.

Для каменистого грунта $[\sigma]$ составляет 0,9-1,5 МПа;

для плотного гравия - 0,6-0,8МПа;

для песчаного - 0,25-0,5 МПа;

для глинистого грунта - 0,15-0,3 МПа.

Объём фундамента V_ϕ в м^3 зависит от веса машины G_m в тоннах и коэффициента динамичности ее работы:

$$V_\phi = G_m k$$

где k -коэффициент динамичности - характеристика динамических нагрузок на фундамент в момент пуска, останова и работы машины.

Для вальцов, каландров, червячных машин $k = 2$;

для прессов и литьевых агрегатов $k = 1,2$.

Нагрузка на фундамент передается от машины через фундаментную плиту, изготовленную из металла или армированного бетона.

Давление фундаментной плиты на фундамент не должно превышать 1-2 МПа.

Средняя плита - кассета пресс-формы

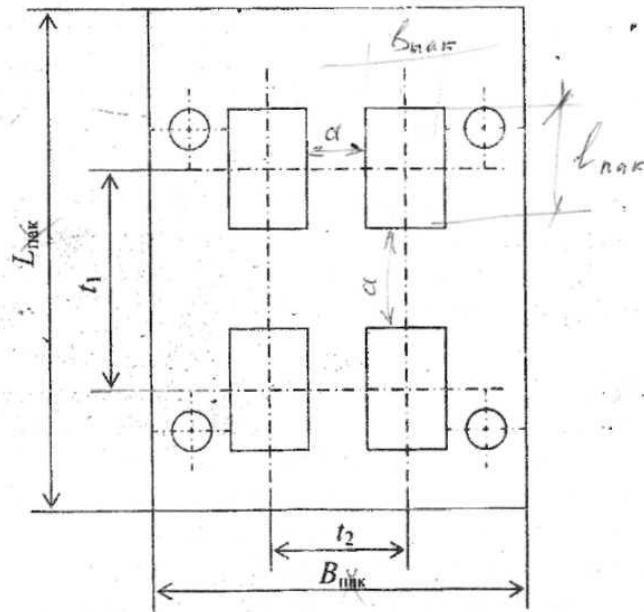


Рисунок 1.

Всего отверстий в кассете:

$$n = 2 \cdot 2 = 4 \text{ гнезда.}$$

Необходимое рабочее усилие $F_{\text{раб.}}$ прессования рассчитывается

по формуле:

$$F_{\text{раб.}} = P_y S n = F_{\text{пр}} n$$

где P_y - удельное давление прессования, МН; S - площадь прессования детали, м^2 ; n - количество деталей, в примере $n=4$;

Требуемое минимальное давление гидравлики $P_{\text{гид. р.}}$ (устанавливается на контактном манометре) рассчитывается по формуле:

$$P_{\text{гид. р.}} = F_{\text{раб.}} / S_{\text{пл}}$$

где $S_{\text{пл}}$ - площадь плунжера пресса, м^2 .

5. РАСЧЕТ ПРЯМЫХ ПОТОКОВ В ПРОИЗВОДСТВЕ ИЗДЕЛИЙ

В основе расчета прямого потока лежит одинаковая производительность оборудования в потоке.

При прямых потоках на участке смешения часовая производительность одного или двух резиносмесителей должна быть равна расходу резиновых смесей на машинах-потребителях (экструдеры, каландры, вальцы), т. е.

$$G_{\text{р.с}} = G_{\text{экс. кал., вал.}}$$

где $G_{\text{р.с}}$ - суммарная производительность резиносмесителей, кг/ч;

$G_{\text{экс., кал., вал.}}$ - суммарная производительность соответственно экструдера, каландра, вальцов, кг/ч.

В свою очередь для обеспечения оптимальной вылежки маточных и готовых смесей, для контроля допустимого, промежуточного времени хранения полуфабрикатов, необходимо обеспечить сменную или суточную производительность (объем производства) с учетом суммарной

$$G_{\text{кал.}} = G_{\text{д.р.м.}} = G_{\text{л.ск.}} = G_{\text{бр.ст.}} \text{ и т. д.}$$

6. РАСЧЕТ МАТЕРИАЛЬНОГО БАЛАНСА ПРОИЗВОДСТВА

6.1. Расчеты материального баланса, количества изделий и расхода резиновых смесей, каучуков и ингредиентов

Расчет материального баланса сводится к расчету суточного и годового количества изделий или полуфабрикатов (с учетом отбора на проведение испытаний), суточного и годового расхода резиновых смесей, суточного и годового расхода каучуков, ингредиентов и материалов (табл. 1-3).

Таблица 1

Расчет суточного и годового выпуска изделий

Наименование изделий	Выпуск продукции, шт.		Отбор изделий на испытания, шт.		Производственная программа с учётом отбора изделий на испытания, шт.		
	в год	в сутки	%	в год	в сутки	в год	в сутки

Примечания: 1. Процент отбора изделий на испытания принимается исходя из заводских данных или ГОСТ. 2. Расчет суточной производственной программы осуществляется исходя из режимного фонда времени работы предприятия в году.

Таблица 2

Расчёт суточной и годовой потребности в резиновых смесях

Наименование резиновых смесей	Расход на 1000 шт. изделий, кг	Процент потерь и отходов резиновых смесей, %	Расход на 1000 шт. изделий с учётом потерь и отходов, кг	Потребность в резиновых смесях на программу с учётом потерь и отходов,	
				в сутки, кг	в год, т

Примечание. При расчете расхода резиновых смесей необходимо привести данные не менее чем для 5 наименований резиновых смесей на основе различных каучуков для РТИ или для основных деталей заданной шины.

В основу расчета материального баланса кладутся заводские нормы расхода полуфабрикатов на принятую расчетную единицу изделий (1000 штук покрышек, 1000 пар обуви и т. д.) и нормы потерь на различных стадиях технологического процесса (смешения, вальцевания, стрейнирования, экструзии, каландрования, раскроя, сборки, вулканизации и т. д.).

Нормы расхода и нормы потерь могут корректироваться исходя из предлагаемых мероприятий по усовершенствованию технологического процесса. Расчеты проводятся на основании заданного объема выпуска изделий или полуфабрикатов, режимного фонда времени работы

Таблица 3

Расчёт суточного и годового расхода каучуков и ингредиентов

Наименование компонентов	Массовый процент по рецепту	Расход каучуков и ингредиентов		Процент безвозвратных потерь каучуков и ингредиентов	Расход каучуков и ингредиентов с учётом потерь	
		в сутки, кг	в год, т		в сутки, кг	в год, т

Требуемое $F_{пр}$ усилие прессования для формования одного изделия определяют:

$$F_{пр} = S P_y,$$

где S - площадь прессования (площадь проекции одного изделия и выпрессовочных каналов, приходящихся на горизонтальную плоскость разъема пресс-формы), m^2 ;

P_y - удельное давление прессования (минимальное давление, обеспечивающее формирование изделия без не допрессовки), МПа.

Определяют расчетное допустимое количество гнезд.

При этом руководствуются требуемым усилием прессования для формования одного изделия:

$$N = F_3 / F_{тр}$$

Из расчета гнездности видно, что выбранного пресса с максимальным усилием 2,5 МН достаточно для отпрессовки N изделий на одной плите.

Реальное количество гнезд $n \leq N$ определяют графически - путем прочерчивания сетки расположения гнезд, исходя из линейных размеров п/ф- $L_{пак}$, $B_{пак}$ (рисунок 1) и l , b - изделия или пакета-обоймы. Определяют шаг t_1 , t_2 - расстояние между осями отверстий средней кассеты под обойму пакета (см. рисунок):

$$t_1 = l + 0,2 + a$$

$$t_2 = b + 0,2 + a$$

где 0,2 мм - зазор между отверстием в кассете и наружным размером обоймы; a - величина перемычки между отверстиями средней кассеты. Уточняют количество гнезд, с учетом расположения центрующих деталей, из соотношений:

$$L_{пак} = l n_1 + 2\beta$$

$$B_{пак} = b n_2 + 2\beta$$

где l - длина изделия, мм; b - ширина изделия, мм; β - толщина стенки обоймы, мм, расчет которой проводится в зависимости от ее высоты (площади сечения) и принятой стали; n_2 - соответственно, принятое число гнезд по вертикали и горизонтали.

В вычерченном в плане (рисунок 1) средней плиты - кассеты, с принятыми габаритами L и B , с гнездами предназначенными для пакет - обойм или непосредственно вулканизуемых изделий, получилось 2 ряда по горизонтали и 2 ряда по вертикали.

Т.е. $n_1 = 2$ и $n_2 = 2$.

Требуемое усилие прессования - это усилие, необходимое для получения на заданном прессе из выбранной резиновой смеси с заданным $P_{y.d.}$ качественного изделия на данных проектируемых пресс-формах, Определяют **площадь прессования одного изделия**:

$$S = l b \text{ или для круглого сечения } S = \pi(D^2 - d^2) / 4,$$

где l - длина камеры, м; b - ширина камеры, м; D, d - соответственно наружный и внутренний диаметры, м.

Номинальное усилие пресса $F_{ном}$, МН вычисляют следующим образом:

$$F_{ном} = P_{гид.} \pi d^2 / 4,$$

где $P_{гид.}$ - максимальное рабочее давление гидравлики пресса, 20-32МПа; d - диаметр плунжера пресса, м.

Эффективное усилие $F_{эф.}$ МН, действующее на смесь, меньше номинального и для прессов рассчитывается по формуле:

$$F_{эф.} = \eta F_{н.},$$

где $\eta = 0,85-0,9$ - условный КПД прессов.

В качестве вулканизационного оборудования приводится [16] гидравлический пресс «Пресс 250-600Э2 ГОСТ 11997-71» с характеристиками:

- размер нагревательных плит 600x600 мм;
- количество этажей 2;
- расстояние между плитами 160 мм;
- давление на плиту 4,45 МПа;
- максимальное усилие пресса 2,5 МН(в обозначении 250т);
- рабочая температура плит 250°C;
- давление в гидросистеме - низкое 5 МПа, высокое 32 МПа;
- диаметр плунжера – 320мм;
- мощность электродвигателя гидроустановки 5,5 кВт;
- мощность электронагревательных элементов 9 кВт;
- продолжительность смыкания плит 14 с;
- продолжительность размыкания плит 8 с;
- габаритные размеры: длина 2110 мм, ширина 1050 мм, высота 2230 мм;
- масса 3,41 т.

6.2. Расчет нормы расхода обрезаемого корда

Норма расхода обрезаемого корда q_n , м², на 1000 покрышек определяется по формуле:

$$q_n = 1000 K_{омх} [b_1(L_1 + l_1) + b_2(L_2 + l_2) + \dots + b_n(L_n + l_n)],$$

где $K_{омх.}$ - коэффициент, учитывающий отходы обрезаемого корда, при отходах (уточняется для каждого типа) 1,4 % - $K_{отх} = 1,014$; b_1, b_2, b_n - ширина корда по спецификации, м; L_1, L_2, L_n - длина корда по спецификации, м; l_1, l_2, l_n - допуск по длине на ширину стыков полос, м.

Норма расхода корда-суровья q'_n , м, на

$$q'_n = q_n / K_{и.п.},$$

где $K_{и.п.}$ - коэффициент использования площади корда (принимается из заводских данных в пределах 0,95-0,98).

Расход обрезаемого корда $q_{об.к.}$, м², или суровья $q_{сур.}$, м², для выпуска заданного числа покрышек определяется по формулам:

$$q_{об.к.} = q_n N ; \quad q_{сур.} = q'_n N ,$$

где N — число покрышек, выпускаемых в сутки, тыс. шт.

6.3. Расчет расхода металлического корда и резиновой смеси на его обрезаемое

Расчет потребности металлокорда $m_{мк.}$, кг, на заданную площадь определяется по формуле:

$$m_{мк.} = m_n n S,$$

где m_n - масса 1 м нити металлокорда, кг;

n - число нитей на 1 м² полотна обрезаемого металлокорда, определяемое по формуле:

$$n = 1000 / H,$$

где H - шаг нитей, мм; S - площадь обрезаемого металлокорда, м².

Объем нитей металлокорда $V_{\text{МК}}, \text{см}^3$, в 1 м^2 обрешиненного металлокорда рассчитывают (без учета прессовки, т.е. заполнение межпроволочного пространства) следующим образом:

$$V_{\text{МК}} = 100^2 n^1 \pi (D^2 + 2D_0^2) / 4,$$

где n^1 - число нитей на 1 см ширины корда;

D – диаметр нити металлокорда без обвивочной проволоки, см;

D_0 - диаметр обвивочной проволоки, см;

2 – коэффициент, равный отношению длины обвивочной проволоки к длине нити металлического корда.

Поскольку при обрешинивании металлокорда коэффициенты использования площади и прессовки равны единице, то фактический расход (по объему) *для обкладки резиновой смесью* $V_{\text{ф.с}}, \text{см}^3$, на 1 м^2 составит:

$$V_{\text{ф.с}} = 100^2 h - 100^2 n^1 \pi (D^2 + 2D_0^2) / 4$$

где h - толщина обрешиненного металлокорда, см.

Расход (по массе) резиновой смеси для обрешинивания 1 м^2 металлокорда $q_{\text{ф.см}}, \text{кг}$, определяют по формуле:

$$q_{\text{ф.см}} = V_{\text{ф.см}} \rho 10^{-3}$$

где ρ - плотность резиновой смеси, $\text{кг}/\text{м}^3$.

Расчёт межпроволочного объёма в металлокордной нитке или расхода резиновой смеси на прессовку, в зависимости от структуры кордной нити, количества и диаметра отдельных проволок, числа их сложения и характера кручения, наличия обвивочной проволоки и других особенностей, рассчитывается индивидуально для каждого типа, с уточнением длины отдельных проволок при наличии образца.

ДОРАБАТЫВАЕТСЯ САМОСТОЯТЕЛЬНО ДЛЯ КАЖДОГО ВИДА КОРДА С УЧЁТОМ ЕГО СТРУКТУРЫ

Потери теплоты в окружающую среду Q_4 , кДж, определяются следующей суммой:

$$Q_4 = Q_5 + Q_л Q_л$$

Потери теплоты конвекцией Q_5 , кВт, определяют по формуле:

$$Q_5 = \alpha F \Delta T_k,$$

где α - коэффициент теплоотдачи, $\text{кВт}/\text{м}^2$; F - поверхность теплоотдачи, м^2 ; ΔT_k - разность между температурами поверхности теплоотдачи и охлаждающего воздуха, $^\circ\text{C}$.

Потери теплоты лучеиспусканием $Q_л$, кВт, рассчитывают следующим образом:

$$Q_л = FK \left[\left(\frac{T_n}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_0}{100} \right)^4 \right],$$

где F - поверхность теплоотдачи, м^2 ; K - коэффициент излучения, $\text{кВт}/\text{м}^2$; T_n , T_0 - температуры излучающей поверхности и окружающей среды, $^\circ\text{C}$.

Мощность нагревателей W , кВт, равна:

$$W = Q_l / t_{ц}$$

где $t_{ц}$ - время цикла, мин.

Время необходимое на разогрев пресса рассчитать самостоятельно.

Расчёт гнздности и требуемого давления высокой гидравлики пресса.

Расчет требуемого давления высокой гидравлики начинается с определения площади прессования, требуемого рабочего усилия прессования.

Площадью прессования в пресс-формах закрытого типа с наличием загрузочной камеры будет площадь горизонтальной проекции загрузочной камеры, без наличия загрузочной камеры - сумма проекции площади деталей и выпрессовочных каналов на плиту.

Удельное давление прессования ($P_{уд}$) - это требуемое удельное давление резиновой смеси внутри формообразующей полости, необходимое для формования резинового изделия. Оно зависит в первую очередь от жесткости резиновых смесей и составляет: для мягких смесей **2-5,0 МПа4**; для смесей средней жесткости - **5,0-7,0 МПа**; для жестких - **7-10 МПа**; **особо жёстких – 10-15** более.

7.10. Расчет гидравлического вулканизационного пресса

Производительность вулканизационного пресса G , шт./ч, рассчитывают по формуле:

$$G = 60 n m I a / t$$

где m — число этажей пресса, шт.; n - число пресс-форм на одном этаже, шт.; i - число гнезд в пресс-форме, шт.; $a = 0,8-0,9$ - коэффициент использования машинного времени; $t_{ц}$ - продолжительность цикла работы пресса, мин.

Уравнение теплового баланса работающего пресса следующее:

$$Q_1 = Q_2 + Q_3 + Q_4,$$

где Q_1, Q_2, Q_3 - количества теплоты, необходимые для нагрева соответственно: плит, пресс-форм и изделий, кДж; Q_4 - потери теплоты в окружающую среду, кДж.

Количество теплоты Q_1 , кДж, необходимое для нагрева плит, рассчитывают следующим образом:

$$Q_1 = G_n c_n \Delta T_n$$

где G_n - масса плиты, кг; c_n - удельная теплоемкость материала плиты (нержавеющая сталь), кДж/(кг·град), $c_n = 0,5$; ΔT_n - изменение температуры плиты за время цикла перезарядки (более интенсивное охлаждение), °С.

Количество теплоты Q_2 , кДж, необходимое для нагрева пресс-форм определяют по формуле:

$$Q_2 = G_{\phi} c_{\phi} \Delta T_{\phi}$$

где G_{ϕ} - масса пресс-формы, кг; c_{ϕ} - удельная теплоемкость материала пресс-формы (нержавеющая сталь), кДж/(кг·град); ΔT_{ϕ} - изменение температуры пресс-формы, °С - за время цикла перезарядки, то определяется экспериментально (в зависимости от длительности процесса - 10÷30 с).

Количество теплоты Q_3 , кДж, необходимое для нагрева изделий, вычисляют по уравнению:

$$Q_3 = G_i c_i \Delta T_i$$

где G_i - масса изделия, кг; c_i - удельная теплоемкость резины, кДж/(кг·град); ΔT_i - изменение температуры от заготовки до изделия за время цикла вулканизации, °С.

6.4. Расчет расхода пленки и проволоки для бортовых колец и резиновой смеси для их обкладки

Длину L , м, пленки или проволочной ленты, состоящей из четырех-восьми проволок, в одном бортовом кольце определяют по формуле:

$$L = \pi(D_0 + nh + h) + 0,65$$

где D_0 - диаметр оправки шаблона кольцеделательного станка, м; n - число витков пленки или проволочной ленты в кольце; h - толщина обрезиненной пленки или проволочной ленты, м; 0,65 - длина стыка пленки или проволочной ленты в кольце, м.

Расход пленки (проволоки) на 1000 покрышек $Q_{пл}$, кг, определяют по формуле:

$$Q_{пл} = 1000 m_{пл} L n_k K_{отх}$$

где $m_{пл}$, - масса г м пленки или проволочной ленты, кг;

n_k -число бортовых колец в покрышке, шт.;

$K_{отх}$ коэффициент, учитывающий отходы пленки или проволоки (при отходах 2,0% - $K_{отх} = 1,02$).

Расход резиновой смеси на изоляцию пленки или проволоки на 1000 покрышек вычисляют следующим образом:

$$Q_{пл} = 1000 m_{норм} L n_k K_{отх}$$

где $m_{норм}$ - норма расхода резиновой смеси на 1 м пленки или проволочной ленты, полученная эмпирически, кг;

$K_{отх}$ - коэффициент, учитывающий суммарные отходы пленки (проволоки) и резиновой смеси.

7. ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РАСЧЕТЫ ОБОРУДОВАНИЯ

7.1. Расчет производительности резиносмесителя периодического действия

Производительность G , кг/ч, резиносмесителя (РС) равна:

$$G = 60Vkr\alpha/\tau$$

где V - свободный объем камеры смешения, м³; k - коэффициент заполнения камеры смешения ($k = 0,54-0,65$); ρ - плотность резиновой смеси, кг/м³; α - коэффициент использования машинного времени, 0,8-0,9; τ - продолжительность цикла смешения, мин (в среднем 3 - 4 мин).

Тепловой баланс работы машины сводится к расчету количества выделяющегося тепла и расхода охлаждающей воды. Потери тепла в окружающую среду не учитываются.

Тепло Q , кДж, выделяющееся в камере смешения определяют по формуле:

$$Q = 3600N\eta$$

где N - мощность, потребляемая двигателем смесителя, кВт; η - коэффициент полезного действия привода и подшипников, $\eta \sim 0,8$.

Тепло Q_1 кДж/ч, расходуемое на нагрев смеси, равно:

$$Q_1 = Gc(t_k - t_n)$$

где G - производительность смесителя, кг/ч; c - удельная теплоемкость резиновой смеси, 1,6-1,7, кДж/(кг·град); t_k , t_n - температура смеси при выгрузке и загрузке соответственно, °С.

Часовой расход охлаждающей воды W определяется по формуле:

$$W = Q - Q_1 / c_{\Delta} \Delta t$$

где c_{Δ} - теплоемкость воды, 4,19 кДж/(кг·град); Δt - перепад температур воды на входе в резиносмеситель РСВД и выходе из него, (3-5)°С.

При использовании для охлаждения Р/С контура с принудительной циркуляцией воды с температурой 35⁰С, расход W_1 охлаждающей воды, используемой для компенсации перепада температуры 0,5⁰С воды при выходе и входе в контур резиносмесителя составит:

$$W = Q - Q_1 / c_{\Delta} \Delta t$$

где Δt - перепад температуры воды в контуре и используемой для охлаждения, (20÷25)^{ΔΔ}С.

Производительность стыковочных станков $G_{ст}$, шт./ч, рассчитывают из соотношения:

$$G_{ст} = 60 \eta / t$$

где η - коэффициент использования машинного времени, учитывающий затраты времени на подготовку и наладку станка (0,9-0,95); t - продолжительность стыковки одного рукава с учетом закладки и снятия стыкованной камеры, мин.

7.9. Расчеты для автоклавов

Производительность G , кг/ч, вулканизационного автоклава рассчитывают следующим образом:

$$G = \frac{60ng}{t}$$

где n - число заготовок, одновременно загружаемых в автоклав или котел; g - масса одной заготовки (детали), кг; t - продолжительность цикла вулканизации, мин.

Продолжительность t , мин, цикла вулканизации определяют по формуле:

$$t = t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_5$$

где соответственно, продолжительность в мин: t_1 - ввода в автоклав вагонеток и закрывания крышек; t_2 —подъема температуры; t_3 —вулканизации; t_4 -снятия давления; t_5 -отрывания крышки и вывода вагонеток.

Тепловой баланс автоклава можно описать уравнением:

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4,$$

где Q - количество тепла, подведенного теплоносителем автоклаву, кДж;
 Q_1 - количество тепла, необходимое для нагрева корпуса автоклава, кДж;
 Q_2 - количество тепла, необходимое для нагрева вагонеток и пресс-форм, кДж;
 Q_3 - количество тепла, необходимое для нагрева вулканизуемых изделий, кДж;
 Q_4 - количество тепла, теряемое автоклавом в окружающую среду за время вулканизации, кДж.

(Расчёты выполняются по аналогии с приведенными ранее)

7.7. Расчет производительности, количества форматоров-вулканизаторов и пресс-форм

Производительность форматоров-вулканизаторов G_{ϕ} , шт/ч (число покрышек в 1 ч), определяют по формуле:

$$G_{\phi} = 60 n \eta K_n / t,$$

где n - число пресс-форм (гнезд) в форматоре-вулканизаторе; K_n - коэффициент, учитывающий затраты времени на смену пресс-форм для отправки их на чистку ($K_n = 0,98-0,99$); η - коэффициент использования машинного времени оборудования, ($\eta = 0,95$); t - продолжительность вулканизации покрышки с учетом загрузки-выгрузки, мин.

При расчете потребности форматоров-вулканизаторов продолжительность работы оборудования принимают равной 24 ч.

Число форматоров-вулканизаторов и, определяют по формуле:

$$n_1 = \frac{N}{24G_{\phi}} 1,07,$$

где N - число покрышек, выпускаемых в сутки; 1,07 - коэффициент учитывающий затраты времени на планово-предупредительный ремонт.

Число пресс-форм n'_1 для вулканизации покрышек заданного размера в определенном форматоре-вулканизаторе рассчитывают следующим образом:

$$n'_1 = \frac{n_1 n}{\eta},$$

7.8. Производительность автокамерного агрегата и стыковочных станков

Производительность автокамерного агрегата $G_{\text{агр}}$ (число рукавов в 1 ч) определяется по формуле:

$$G_{\text{агр}} = \frac{v \eta K_{\text{отх}}}{l},$$

где v - максимальная рабочая скорость шприцевания, м/ч; l - длина рукава, снимаемого с агрегата, м; η - коэффициент использования машинного времени; $K_{\text{отх}}$ - коэффициент, учитывающий возвратные отходы рукавов, % (при возврате в размере 15%, $K_{\text{отх}} = 0,85$).

7.2 Расчеты валковых машин

Валковые машины по режиму работы разделяются на аппараты периодического и непрерывного действия.

Расчет производительности валковой машины G , кг/ч, периодического действия - смесительных, подогревательных выполняют по формуле:

$$G = 60 V \rho \alpha / t$$

где V - объем единовременной загрузки смеси, м³; ρ - плотность резиновой смеси, кг/м³; $\alpha = 0,8-0,9$ - коэффициент использования машинного времени; t - продолжительность цикла работы вальцов, мин.

$$V = D L K$$

где D и L - диаметр и длина рабочей части вальца, м.; $K = 65 \div 85 / 16$.

Расчет производительности валковой машины G_n , кг/ч, непрерывного действия (питающих, рафинирующих и др.) осуществляют по уравнению:

$$G_n = 60 v h_k b \rho \alpha,$$

где v - скорость вращения заднего вальца, м/мин, $v = \pi D n$,
где D - диаметр вальца, м; n - скорость заднего вальца, мин⁻¹;
 h_k - толщина, b - ширина ленты материала, выходящего из зазора между вальцами, м;
 b - ширина ленты материала, снимаемого с вальца, м.

Расчёт производительности для дробильных и размалывающих вальцов с рифленной поверхностью вальцов определяют по уравнению:

$$G = 60 \pi D_2 \cdot n_2 \cdot b \cdot \rho \cdot \alpha (h_0 + k \beta F / l),$$

где D_2 - диаметр, м и n_2 - скорость, мин⁻¹ быстроходного вальца; h_0 - зазор, м;
 $k = 1$ или 2 - количество рифленных вальцов; $\beta = 0,75$ - коэффициент заполнения сечения; F - площадь сечения канавки, м²; l - шаг рифления, м.

Расчет теплового баланса вальцов сводится к определению расхода воды на охлаждение машины во время ее работы .

Тепловой баланс вальцов:

$$Q_N = Q_{p.c} + Q_v + Q_n$$

где Q_N - количество тепловой энергии, полученной за счет превращения механической энергии в тепловую, кДж/ч;

$$Q_N = N \eta$$

где N - суммарная технологическая мощность вальцов, кВт; $\eta = 0,8 \div 0,95$ - КПД привода.

$Q_{p.c}$ - количество тепла расходуемого на нагрев резиновой смеси, кДж; $Q_{p.c} = G c_p (t_k - t_H)$

где G - количество резиновой смеси, поступающей на переработку, кг/ч; c_p - теплоемкость резины, кДж/кг град; $(t_k - t_H)$ - разность температуры, град; Q_v - количество выделившегося тепла, уносимое охлаждающей водой рассчитывают следующим образом:

$$Q_v = W_B c_v (t_{вк} - t_{вн}) = Q_N - Q_{p.c} - Q_n$$

где W_B - расход охлаждающей воды, кг/ч; c_v - удельная теплоемкость воды, Дж/(кг•град); $t_{вн}, t_{вк}$ - температура воды на входе в валки и на выходе из них, °C;

Q_n - тепловые потери, в окружающую среду, составляют около 10% от количества тепловой энергии, полученной за счет превращения механической энергии в тепловую, т. е. $Q_n = 0,1 Q_N$

Расход W_B охлаждающей воды:

$$W_B = \frac{Q_v}{c_v(t_k - t_H)}$$

7.3. Расчеты червячных машин

Производительность G , кг/ч, червячной машины рассчитывают по формуле:

$$G = 60Vni\beta\rho_n i \beta \rho \eta$$

где V - объем свободного пространства нарезки одного витка червяка, м³ (по паспортным данным машины); n - частота вращения червяка, мин⁻¹, должна быть в пределах $(10-30)/\sqrt{D}$, где D - диаметр червяка, м; i - число заходов червяка; $\beta^* = 0,25 \div 0,35$ - коэффициент производительности; ρ - плотность смеси, кг/м³; η - коэффициент использования машинного времени.

* Определяется только экспериментально, зависит от соотношения h/D (относительной глубины нарезки); от коэффициентов трения резиновой смеси f_1 - о поверхность шнека и f_2 - о

поверхность цилиндра, $f_1 < f_2$ - условие работоспособности червячных машин; от противодавления (сопротивления формующей оснастки) для резиновых смесей.

7.6. Расчет производительности, числа протекторных агрегатов и потребности в резиновой смеси

Производительность протекторного агрегата G_{agr} , шт./ч, определяют по формуле:

$$G_{agr} = 60 v n \eta K_l / l$$

где v - максимальная рабочая скорость шприцевания, м/мин; n - число ручьев, выпускаемых одновременно; η - коэффициент использования машинного времени с учетом смены планок, $\eta \approx 0,95$; K_l - коэффициент, учитывающий количество возврата протекторов (при возврате 10% протекторов $K_l \approx 0,90$); l - длина заготовки протектора.

Необходимое число протекторных агрегатов n_{agr} рассчитывают по уравнению:

$$n_{agr} = N / G_{agr} \eta T$$

где N - выпуск протекторов за сутки, шт.; η - коэффициент, учитывающий ППР; T - время работы протекторного агрегата в сутки, ч.

Потребность в резиновой смеси M_{pc} (часовую) определяют по формуле:

$$M_{p,c} = m G_{agr}$$

где m - масса протектора определенного размера, кг; G_{agr} - производительность агрегата, шт/ч

Массу протектора m рассчитывают по формуле:

$$m = \rho S l$$

где ρ - плотность резиновой смеси, кг/м³; S - площадь поперечного сечения протектора, м²; l - длина протектора, м.

4. Производительность продольно-резательной машины

Производительность продольно-резательной машины $G_{\text{пр.м}}$, м/ч, при раскраивании ткани, поступающей после ДРМ, определяют по формуле:

$$G = v \eta,$$

где v - максимальная рабочая скорость машины, м/ч; η - коэффициент использования машинного времени (равен 0,95).

Производительность $G_{\text{пр.м}}$, м/ч продольно-резательной машины при раскросе обрезаемой ткани, поступающей с каландра в большой каретке или рулоне, рассчитывают следующим образом:

$$G_{\text{пр.м}} = v \eta b_t / b_k$$

где b_t - ширина полос ткани, поступающей с диагонально-резательного агрегата на продольно-резательную машину, м; b_k - ширина после раскроя, м.

7.5. Расчет производительности каландра

Производительность G , м/ч, каландра при промазке и обкладке:

$$G = v a,$$

где v - окружная скорость выпускающего валка, м/мин; a - коэффициент использования машинного времени (0,9).

Производительность G , кг/ч, каландра при листовании:

$$G = 60\pi D n b h \rho \alpha k,$$

где D - диаметр валков, м; n - скорость выходного валка, мин⁻¹; b - ширина каландрованного полотна, м; h - толщина полотна материала, м; ρ - плотность материала, кг/м³; k - коэффициент опережения ($k = 1,05-1,1$).

Мощность потребляемая каландром N , кВт, в одном зазоре может быть рассчитана /11/:

$$N = k \omega^{1,22} D^{1,92} n^{-0,32} f^{0,55} L,$$

где k - коэффициент, зависящий от свойств перерабатываемого материала, $k =$ для: НК - 9,34; СКН - 11,55; смеси НК с СКБ - 7,58; ω - угловая скорость

вращения валков, с⁻¹; D - диаметр валков, м; h - зазор, м; f - фрикция; L - длина рабочей части валков, м.

Определение V - свободного объема нарезки одного витка червяка:

$$V = \pi(D^2 - d^2) / 4 * t_{\text{ср}} - l / \cos \varphi_{\text{ср}},$$

где D - наружный диаметр червяка, м; d - внутренний диаметр червяка, м; $t_{\text{ср}}$ - средний шаг нарезки, равный полуразности шага нарезки на загрузке и у головки червяка, м; l - толщина витка, м; $\varphi_{\text{ср}}$ - средний угол подъема винтовой линии червяка, град, определяемый по формуле:

$$\varphi_{\text{ср}} = z t_{\text{ср}} / \pi D,$$

где z - число заходов.

Производительность червячной машины для приближенных расчетов можно определить из соотношений /16/:

для $G_{\text{ср}}$, кг/ч - средней интенсивности работы:

$$G_{\text{ср}} = 0,68 D^{2,5},$$

для $G_{\text{инт}}$, кг/ч интенсивной работы:

$$G_{\text{инт}} = 0,9 D^{2,5},$$

где D - диаметр червяка, см.

Скорость выдавливания (шприцевания) v , м/мин, рассчитывают по уравнению:

$$v = G / 60 g n,$$

где g - масса одного метра профиля (рукава), кг; n - число параллельных ручьев в головке.

Скорость шприцевания малонаполненных смесей обычно составляет 3-7 м/мин, высоконаполненных - 16-20 м/мин, ее можно рассчитать по формуле:

$$v = G / 60 F \rho,$$

где F - площадь поперечного сечения заготовки, см²; ρ - плотность смеси, кг/м³.

Мощность двигателя привода N , кВт, для одночервячной машины определяют приблизительно:

$$N = 35,3 D^2 n k,$$

где D - диаметр червяка, м; n - частота вращения червяка, мин^{-1} ; k - коэффициент запаса, зависящий от размеров машины и способа ее питания ($k = 1,1 \div 1,25$).

Перепад давления ΔP , МПа, в головке червячной машины рассчитывают из уравнения:

$$\Delta P = 10^3 Q \mu_{\text{эф}} / K,$$

где Q - объемный расход, $\text{см}^3/\text{с}$;

$\mu_{\text{эф}}$ - динамическая вязкость МПа•с;

K - коэффициент, учитывающий геометрическую форму головки, см^3 .

K - коэффициент определяемый по формулам, приведенным в таблицах для расчета реологических характеристик каналов различной формы:

- для щели:

$$K = b h^2 / 12 l,$$

где b - ширина щели, см; h - высота щели, см; l - длина канала, см;

- для круглого канала:

$$K = \pi d^4 / 12 l,$$

где d - диаметр канала, см;

- для сужающегося прямоугольного канала:

$$K = (h_1 * h_2)^2 \tan \alpha / 3(h_1^2 - h_2^2)$$

где h_1, h_2 - высота в начале и в конце канала, см;

$\tan \alpha$ - уклон канала, град.

Расчет усилия воспринимаемого упорным подшипником

Усилие P , в N , воспринимаемое упорным подшипником червячной машины:

$$P = 955\,000 N / n r \operatorname{tg}(\alpha + p),$$

где N - мощность, передаваемая приводом на червяк, кВт; n - частота вращения червяка, мин^{-1} ; r - средний радиус витка червяка, см; α - угол подъема винтовой

линии нарезки червяка, град (α из паспортных данных машин); p - угол трения резиновой смеси о металл, град ($p = 26-30^\circ$).

Тепловой баланс работы червячной машины можно описать уравнением:

$$Q_1 + Q_2 + Q_3 = Q_4 + Q_5 + Q_6,$$

где Q_1 - тепловыделения в рабочем цилиндре машины, пропорциональные работе двигателя привода, кДж;

$$Q_1 = 3600 N_{\text{ср}} \eta,$$

где $N_{\text{ср}}$ - электрическая мощность, потребляемая двигателем из сети, кВт;

η - коэффициент полезного действия привода, ($\eta = 0,8-0,85$);

Q_2 - тепло, передаваемое цилиндру машины от теплоносителя или материала, кДж;

Q_3 - тепло, подводимое к головке машины, кДж;

Q_4 - тепло, уносимое обработанным материалом, кДж;

$$Q_4 = G c_{\text{см}} (t_{\text{к}} - t_{\text{н}}),$$

где G - производительность машины, кг/ч; $c_{\text{см}}$ - удельная теплоемкость смеси, кДж/(кг•град); $t_{\text{к}}, t_{\text{н}}$ - температура смеси на выходе из машины и при входе ее в машину, град;

Q_5 - тепло, отводимое охлаждающей водой или подводимое теплоносителем (горячей водой), обогревателем, кДж;

$$Q_5 = W c_{\text{в}} (t_{\text{к}} - t_{\text{н}}),$$

где W - расход охлаждающей воды или теплоносителя, кг/ч; $c_{\text{в}}$ - удельная теплоемкость воды, кДж/(кг•град); $t_{\text{к}}, t_{\text{н}}$ - температура воды на выходе из машины и на входе в нее, град;

$Q_6 = Q_{\text{к}} + Q_{\text{л}}$ - тепло, отдаваемое в окружающую среду цилиндром и головкой машины, кДж, за счёт соответственно лучистого и конвективного теплообмена.

Расход $W_{\text{в}}$, кг/ч, охлаждающей воды определяют по формуле:

$$W_{\text{в}} = Q_5 / c_{\text{в}} (t_{\text{к}} - t_{\text{н}}),$$

где $Q_5 = Q_1 + Q_2 + Q_3 - Q_4 - Q_6$, кДж.