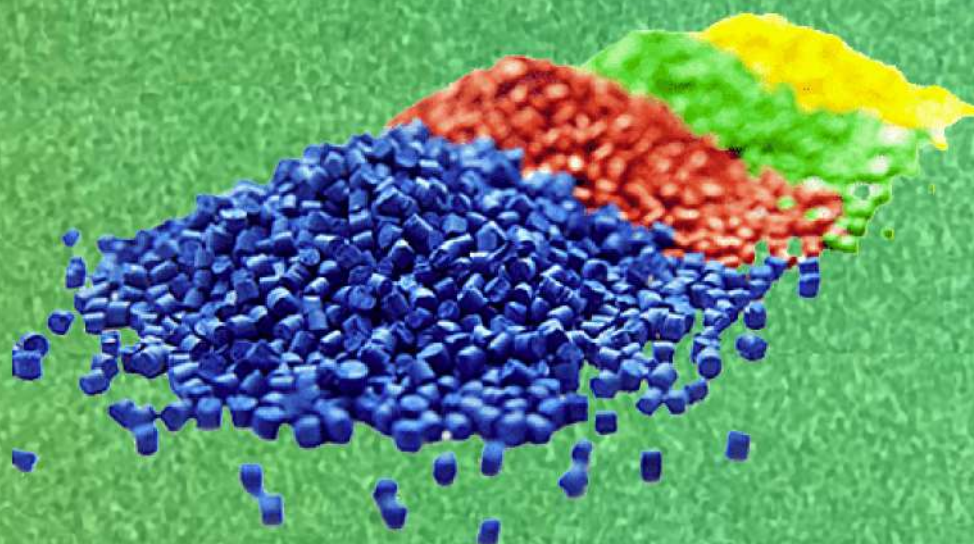


**Л.И. ТОЛСТОВА
Л.М. СУГРАЛИНА
Г.М. КАКОЛИНА**



Специальность
**«Технология полимерного
производства»**
Квалификация
«Техник - технолог»



Министерство образования и науки Республики Казахстан
Некоммерческое акционерное общество «Talar»

ТОЛСТОВА Л.И., СУГРАЛИНА Л.М., КАКОЛИНА Г.М.

Учебное пособие

**Специальность «Технология полимерного производства»
Квалификация «Техник - технолог»**

Разработано по актуализированным типовым учебным планам и программам для системы технического и профессионального, послесреднего образования по специальности 0814000 Технология полимерного производства

УДК 678 (075.32)
ББК 35.71 я 722
Т 53

Рецензенты:

КГКП "Саранский гуманитарно-технический колледж имени Абая
Кунанбаева" - УМО по профилю «Химическое производство»;
Учреждение «Профессиональная академия «Туран-Профи»

Рекомендовано
Республиканским научно-практическим центром «Учебник»

Т 53 Специальность «Технология полимерного производства»,
квалификация «Техник-технолог»: Учебное пособие/Толстова
Л.И., Сугралина Л.М., Каколина Г.М. /Нур-Султан:
Некоммерческое акционерное общество «Talar», 2020 г.- 310 с.

ISBN 978-601-350-136-9

Данное учебное пособие разработано в соответствии с актуализированным типовым учебным планом и программой по специальности 0814000 «Технология полимерного производства» для квалификации «Техник-технолог».

Пособие включает в себя теоретические материалы по темам и разделам дисциплин, определяющих модуль, в них отражены современные технологии переработки пластмасс, правила эксплуатации и технического обслуживания технологического оборудования, автоматизация и управление технологическим процессом; менеджмент качества продукции; основы методов разработки новых изделий. Рассмотрены вопросы экономики и организации производства, а также техники безопасности и защиты окружающей среды.

По разделам и темам выборочно предложены темы лабораторно-практических работ. Приведены вопросы для самоконтроля и глоссарий.

Все материалы пособия ориентированы на планируемые результаты обучения и критерии оценки результатов обучения.

Учебное пособие предназначено для обучающихся в организациях технического и профессионального образования, а также преподавателей специальных дисциплин и мастеров производственного обучения для организации теоретических и практических занятий.

УДК 678 (075.32)
ББК 35.71 я 722

ISBN 978-601-350-136-9

© НАО «Talar», 2020

ОГЛАВЛЕНИЕ

| | |
|---|----|
| ПРЕДИСЛОВИЕ | 9 |
| ГЛАВА 1 ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СОВРЕМЕННЫХ МЕТОДОВ ПЕРЕРАБОТКИ ПЛАСТМАСС | 11 |
| Введение | 11 |
| 1.1 Современные методы переработки полимерных материалов | 11 |
| 1.1.1 Виды сырья и материалов | 11 |
| 1.1.2 Технологические режимы переработки полимерных материалов | 15 |
| 1.1.3 Направления интенсификации процессов переработки полимерных материалов | 20 |
| Вопросы для самостоятельного контроля | 23 |
| 1.2 Выполнение технологических расчётов | 24 |
| 1.2.1 Расчёт технологических параметров и характеристик используемого оборудования | 24 |
| 1.2.1.1 Расчёт материального и теплового баланса оборудования | 27 |
| 1.2.1.2 Расчёт рецепта полимерной композиции | 29 |
| 1.2.1.3 Материальный расчёт сырья для производства | 30 |
| 1.2.1.4 Расчёт производительности оборудования | 31 |
| 1.2.1.5 Расчёт мощности подразделения производства | 34 |
| 1.2.1.6 Определение расходных норм | 36 |
| 1.2.1.7 Расчёт производительности линии | 45 |
| Вопросы для самостоятельного контроля | 47 |
| Задание для самостоятельной работы | 47 |
| 1.3. Интенсификация технологических процессов | 48 |
| 1.3.1 Классификация резервов роста производительности труда | 48 |
| 1.3.2 Повышение производительности производства совершенствованием технологических факторов | 51 |
| 1.3.3 Повышение эффективности технологического процесса модернизацией оборудования | 55 |
| Вопросы для самостоятельного контроля | 58 |
| Задания для самостоятельной работы | 58 |
| Краткие выводы | 59 |
| Список использованных источников | 59 |
| ГЛАВА 2 ОБСЛУЖИВАНИЕ И ЭКСПЛУАТАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ | 61 |
| Введение | 61 |
| 2.1 Оборудование для изготовления изделий из армированных полимерных материалов | 61 |
| 2.1.1 Оборудование для контактного формования | 63 |
| 2.1.2 Оборудование для напыления | 64 |
| 2.1.3 Оборудование для вакуумной инфузии | 67 |
| 2.1.4 Оборудование для намотки | 68 |
| 2.1.5 Оборудование для пултрузии | 71 |

| | |
|---|-----|
| Вопросы для самостоятельного контроля | 75 |
| Лабораторная работа 2.1 Конструкция основных узлов гидравлических прессов прямого прессования | 76 |
| Лабораторная работа 2.2 Изучение конструкции и принципа действия гидропривода | 76 |
| Лабораторная работа 2.3 Конструкция и принцип действия литьевой машины для переработки термопластов | 77 |
| Лабораторная работа 2.4 Знакомство с назначением и конструкцией основных узлов литьевой машины | 78 |
| 2.2 Роль технологической оснастки в переработке полимерных материалов | 79 |
| 2.2.1 Назначение и виды формообразующей оснастки | 79 |
| 2.2.2 Порядок контроля состояния технологической оснастки | 85 |
| 2.2.3 Расчёт установленного ресурса оснастки | 86 |
| Вопросы для самостоятельного контроля | 88 |
| Задание для самостоятельной работы | 88 |
| 2.3 Промышленные роботы в технологии переработки пластмасс | 88 |
| 2.3.1 Технические возможности промышленных роботов | 88 |
| 2.3.2 Применение промышленных роботов в производстве изделий из пластмасс | 89 |
| Вопросы для самостоятельного контроля | 96 |
| Задание для самостоятельной работы | 96 |
| Краткие выводы | 97 |
| Список использованных источников | 97 |
| ГЛАВА 3 КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА ГОТОВОЙ ПРОДУКЦИИ | 99 |
| Введение | 99 |
| 3.1 Принципы оценки качества продукции | 99 |
| 3.1.1 Инфраструктура контроля качества в Казахстане | 99 |
| 3.1.2 Объекты контроля | 100 |
| 3.1.3 Характер контролируемых свойств и параметров продукции | 102 |
| 3.1.4 Функции и содержание контроля качества | 105 |
| 3.1.5 Нормативно-техническая документация по контролю качества продукции | 106 |
| 3.2 Выполнение визуального и органолептического анализа | 108 |
| 3.2.1 Ассортимент пластмассовых изделий | 108 |
| 3.2.2 Органолептический метод анализа качества изделий | 109 |
| 3.2.3 Визуальный и измерительный метод | 109 |
| 3.2.4 Контроль внешневидовых дефектов путём визуального осмотра выпускаемой продукции | 110 |
| 3.2.5 Неразрушающий контроль полимерных композиционных материалов | 112 |
| Краткие выводы | 120 |
| Вопросы для самостоятельного контроля | 120 |
| 3.3 Лабораторный практикум по спецтехнологии | 121 |

| | |
|---|-----|
| 3.3.1 Содержание лабораторного практикума | 121 |
| 3.3.2 Примерный перечень лабораторных работ по спецтехнологии | 121 |
| 3.3.3 Физико-механические свойства изделий из пластмасс | 122 |
| 3.3.4 Лабораторные работы (выборочно, в учебных целях) | 123 |
| Лабораторная работа 3.1 Определение условной прочности и удлинения при растяжении полимерной плёнки | 123 |
| Лабораторная работа 3.2 Получение изделий из расплавов полимеров методом литья под давлением | 127 |
| Лабораторная работа 3.3 Изучение процесса плёнообразования из растворов полимеров | 128 |
| Лабораторная работа 3.4 Визуальный и измерительный контроль труб и деталей из полиэтилена | 130 |
| Вопросы для самостоятельного контроля | 131 |
| Список использованных источников | 132 |
| ГЛАВА 4 УПРАВЛЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ ПРОЦЕССОМ | 133 |
| Введение | 133 |
| 4.1 Принципы управления производственным процессом | 134 |
| 4.1.1 Структура автоматической системы управления рабочими процессами | 134 |
| 4.1.2 Приборы и средства автоматизации технологических процессов | 137 |
| 4.1.3 Визуализация технологических процессов | 141 |
| 4.1.4 Программирование систем визуализации | 142 |
| 4.1.5 Принципы работы монитора | 143 |
| 4.1.6 Тенденции развития автоматизации производства | 145 |
| Краткие выводы | 152 |
| Вопросы для самостоятельного контроля | 152 |
| 4.2 Управление технологическими процессами в области переработки пластмасс | 152 |
| 4.2.1 Применение термопластавтоматов в полимерном производстве | 152 |
| 4.2.2 Устройства управления для станков с ЧПУ | 153 |
| 4.2.3 Описание системы управления | 155 |
| 4.2.4 Пульт управления | 156 |
| 4.2.5 Автоматизация процесса утилизации пластиковых (ПЭТФ) бутылок | 158 |
| Краткие выводы | 161 |
| Вопросы для самостоятельного контроля | 161 |
| Лабораторная работа 4.1 Автоматизация и регулирование температуры | 161 |
| Лабораторная работа 4.2 Автоматическое двухпозиционное регулирование давления | 162 |
| Лабораторная работа 4.3 Визуализация и контроль технологического процесса экструзии | 163 |
| Список использованных источников | 166 |

| | |
|--|-----|
| ГЛАВА 5 ПЛАНИРОВАНИЕ И ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОТЫ ПОДРАЗДЕЛЕНИЯ | 167 |
| Введение | 167 |
| 5.1 Организация работы коллектива | 168 |
| 5.1.1 Функции управления | 168 |
| 5.1.2 Стимулирование персонала. Мотивация поведения в процессе трудовой деятельности | 169 |
| 5.1.3 Методы управления | 171 |
| 5.1.4 Стили руководства | 173 |
| 5.1.5 Многомерные стили управления | 175 |
| Краткие выводы | 177 |
| Вопросы для самостоятельного контроля | 178 |
| Практические задания | 178 |
| 5.2 Предприятие в условиях рыночной экономики | 183 |
| 5.2.1 Повышение производительности труда | 183 |
| 5.2.2 Эффективность хозяйственной деятельности организации (предприятия) | 185 |
| Примерный перечень рекомендуемых практических работ | 187 |
| Практическая работа 5.1 Трудовые ресурсы | 187 |
| Практическая работа 5.2 Определение эффективности использования основных производственных фондов. | 190 |
| Краткие выводы | 195 |
| Примерная тематика курсовых работ | 195 |
| Список использованных источников | 195 |
| Приложение 5.1 Задача с решением на определение более выгодного метода перехода на новое изделие. | 197 |
| ГЛАВА 6 ПРОВЕДЕНИЕ ИССЛЕДОВАНИЙ И УЧАСТИЕ В РАЗРАБОТКЕ НОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ | 200 |
| Введение | 200 |
| 6.1 Научные основы создания полимеров | 200 |
| 6.1.1 Инновации в разработке химической технологии органических веществ | 200 |
| 6.1.1.1 Наноструктурные материалы и нанотехнологии | 200 |
| 6.1.1.2 «Интеллектуальные» полимерные композиты | 206 |
| 6.1.1.3 Биоразлагаемые полимеры | 210 |
| 6.1.2 Связь между структурой и составом мономера и свойствами полимера | 213 |
| Лабораторная работа 6.1 Определение молекулярной массы полимера вискозиметрическим методом | 221 |
| 6.1.3 Основные методы синтеза органических полимеров | 226 |
| Лабораторная работа 6.2 Моделирование процесса получения полистирола полимеризацией стирола в эмульсии | 230 |

| | |
|---|-----|
| Лабораторная работа 6.3 Получение полимеров методом блочной полимеризации | 231 |
| 6.1.4 Создание полимерных дисперсно-наполненных и армированных композиционных материалов | 232 |
| Лабораторная работа 6.4 Свойства и структура однонаправленных композиционных материалов на основе термопластичных полимеров | 238 |
| Вопросы для самостоятельного контроля | 241 |
| 6.2 Экспериментальные исследования полимеров | 241 |
| 6.2.1 Методы исследования структуры полимеров | 243 |
| 6.2.2 Качественный и количественный анализ органических полимеров | 245 |
| 6.2.3 Определение физико-механических свойств органического соединения | 249 |
| 6.2.4 Проведение стандартных испытаний композиционных материалов | 251 |
| Вопросы для самостоятельного контроля | 255 |
| 6.3 Создание инновационных проектов | 256 |
| 6.3.1 Принципы выбора полимерных материалов для изготовления изделий | 256 |
| Краткие выводы | 259 |
| Список использованных источников | 260 |
| ГЛАВА 7 ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ ПРИ ПЕРЕРАБОТКЕ ПЛАСТМАСС | 263 |
| Введение | 263 |
| 7.1 Обеспечение безопасных условий труда на производстве | 263 |
| 7.1.1 Нормативные акты по обеспечению безопасных условий труда на производстве | 263 |
| 7.1.2 Обязанности должностных лиц по соблюдению законодательства об охране труда | 266 |
| 7.1.3 Ответственность должностных лиц за нарушение законодательства об охране труда | 267 |
| 7.1.4 Методы оценки профессионального риска | 268 |
| 7.1.5 Назначение документирования в сфере охраны труда | 270 |
| Краткие выводы | 272 |
| Вопросы для самостоятельного контроля | 272 |
| 7.2 Контроль безопасных приемов работы персонала | 272 |
| 7.2.1 Содержание инструкций по охране труда и безопасному выполнению работ персоналом | 272 |
| 7.2.2 Применение средств индивидуальной защиты | 274 |
| 7.2.3 Применение коллективных средств защиты персонала | 275 |
| 7.2.4 Порядок расследования и регистрации несчастных случаев | 277 |
| 7.3 Меры защиты атмосферы, почвы и воды от промышленных загрязнений | 280 |
| 7.3.1 Проблемы экологической безопасности Республики Казахстан | 280 |
| 7.3.1.1 Новый Экологический кодекс РК | 281 |
| 7.3.2 Вредные производственные факторы производства и переработки | |

| | |
|---|-----|
| пластмасс | 283 |
| 7.3.2.1 Полимеризационные пластмассы | 283 |
| 7.3.2.2 Полимеры на основе стирола | 284 |
| 7.3.2.3 Поливинилхлорид | 284 |
| 7.3.2.4 Акриловые полимеры | 285 |
| 7.3.2.5 Фенолформальдегидные смолы и пластмассы | 286 |
| Краткие выводы | 287 |
| Вопросы для самостоятельного контроля | 287 |
| 7.3.3 Методы определения количественных и качественных характеристик загрязнения окружающей среды | 288 |
| 7.3.3.1 Предельно допустимые концентрации вредных веществ | 288 |
| 7.3.3.2 Методы определения ПДК вредных веществ | 289 |
| Вопросы для самостоятельного контроля | 291 |
| Практическая работа 7.1 Анализ фактической концентрации веществ путём сравнения их с ПДК | 291 |
| Лабораторная работа 7.1 Определение запылённости воздуха помещения | 292 |
| 7.4 Пути совершенствования процессов производства и переработки пластмасс | 294 |
| 7.4.1 Безотходные и малоотходные технологии | 294 |
| 7.4.2 Применение биоразлагаемых материалов | 295 |
| 7.4.3 Применение вторичного пластика | 297 |
| Краткие выводы | 299 |
| Вопросы для самостоятельного контроля | 299 |
| Список использованных источников | 300 |
| ГЛАВА 8 ПРЕДДИПЛОМНАЯ ПРАКТИКА | 301 |
| Введение | 301 |
| 8.1 Структура предприятия, связь между цехами | 302 |
| 8.2 Основные службы предприятий | 304 |
| 8.3 Оформление отчетной документации | 304 |
| Список использованных источников | 305 |
| Глоссарий | 305 |

ПРЕДИСЛОВИЕ

Цель данного учебного пособия – ознакомление будущих техников – технологов с особенностями специальных способов переработки пластмасс и их разнообразием, задачами оснащения производства современным технологическим оборудованием для производства продукции и контроля его качества; методами разработки изделий улучшенных эксплуатационных и технологических характеристик с использованием вычислительной техники.

Переработка пластмасс – это совокупность технологических процессов, обеспечивающих получение изделий – деталей с заданными конфигурацией и определенными эксплуатационными свойствами. Высокое качество изделия будет достигнуто, если выбранные материал и технологический процесс будут удовлетворять заданным эксплуатационным требованиям изделия. Технические возможности перерабатывающего оборудования должны обеспечивать высокую производительность и реализацию передовых технологий. Обеспечение высокого качества продукции и его конкурентоспособности на рынке является основной профессиональной функцией техника-технолога.

В первой главе пособия даны краткие сведения о современных подходах к переработке полимерных материалов. Рассмотрены виды сырья и материалов, технологические режимы их переработки, приведены методы интенсификации технологического процесса. Даны формулы и приведены примеры технологических расчетов оборудования, материального и теплового баланса; определения расходных норм и мощности производства.

Во второй главе приведена характеристика основного и вспомогательного оборудования по переработке армированных полимерных материалов, наиболее востребованных в химической промышленности в данный момент, а также рассмотрены технические возможности внедрения промышленных роботов. Приведены методы выбора и расчета технологической оснастки для переработки пластмасс.

В третьей главе учебного пособия отражены принципы оценки качества исходного сырья и изделий из пластмасс. Рассмотрена инфраструктура контроля качества в Республике Казахстан. Изложены визуальные методы исследования материалов и готовой продукции и дан обзор инструментальных методов неразрушающего контроля полимерных композиционных материалов. Приведен примерный перечень лабораторных работ по спецтехнологии.

Четвертая глава пособия посвящена вопросам автоматизации и управления технологическим процессом и применению информационных технологий в профессиональной деятельности специалиста среднего звена. Рассмотрены принципы управления и структура автоматической системы управления рабочими процессами посредством программирования систем визуализации технологического процесса.

В пятой главе пособия рассмотрены основы планирования и организации работы подразделения предприятия по производству изделий из пластмасс с использованием принципов и методов производственного менеджмента, а также приведен пошаговый анализ эффективности деятельности предприятия и путей повышения производительности труда, дополненные примерами и задачами. Приведена примерная тематика курсовых работ по экономике отрасли.

В шестой главе пособия рассмотрены научные основы создания наноструктурированных, интеллектуальных и биоразлагаемых полимеров; методы исследования структуры полимера, методы разработки (совершенствования) конструкции изделия, поиск и обработка научно - технической информации, постановка и проведения экспериментальных работ, создание инновационных проектов.

Седьмая глава пособия посвящена охране окружающей среды при переработке пластмасс. В ней рассмотрены вредные производственные факторы производства и переработки пластмасс, нормативные акты по обеспечению безопасных условий труда на производстве, обязанности и ответственность должностных лиц по соблюдению законодательства об охране труда, а также пути совершенствования процессов производства и переработки пластмасс и переход на безотходные и малоотходные технологии.

Заключительная восьмая глава пособия знакомит обучающихся со структурой предприятий полимерного производства, связью между цехами, основными службами предприятия.

После восьмой главы приведен глоссарий.

Практически к каждой главе пособия приведены лабораторно-практические работы, задания для самостоятельного выполнения, вопросы для самоконтроля, составленные таким образом, чтобы в процессе теоретического и практического обучения углублялись полученные знания, усваивались способы и приемы выполнения лабораторных и практических опытов, написания реферативных и курсовых работ. С целью более углубленного изучения изложенных вопросов в конце каждой главы пособия представлен библиографический список использованных источников.

Использование материалов, приведенных в данном учебном пособии, будет способствовать формированию профессиональных компетенций будущих специалистов среднего звена, позволит современному технику-технологу применять на практике полученные знания при самостоятельном анализе и решении профессиональных задач.

Все пожелания и предложения по улучшению пособия авторы примут с благодарностью.

ГЛАВА 1 ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СОВРЕМЕННЫХ МЕТОДОВ ПЕРЕРАБОТКИ ПЛАСТМАСС

Введение

Цель данной главы пособия - формирование углубленных знаний в области совершенствования технологии переработки полимерных материалов и методов интенсификации технологического процесса.

Переработка пластмасс в изделия – комплексный набор производственных операций, которые обеспечивают добывание промежуточных продуктов или полноценных изделий из пластика при использовании специализированного оборудования.

Проектирование основной конструкции изделия; проектирование формирующих деталей; выбор технологии переработки и самого режима; формирование рецептуры и композиции для выбранной методики переработки и предстоящего качества изготовленной продукции - эти задачи на производстве решает специалист среднего звена-техник-технолог.

Основой для освоения материалов главы являются знания, полученные обучающимися при изучении дисциплин «Органическая химия», «Основы физики и химии полимеров», «Теоретические основы химической технологии», «Технология переработки полимерных материалов».

Изложенный в настоящей главе материал призван формировать

- умения анализировать исходные данные, выбирать и обосновывать методы решения при выполнении профессиональных задач;
- навыки использования нормативных документов и современных технических средств при решении профессиональных задач и оформлении результатов;
- навыки выполнения технологических и технических расчётов процессов производства изделий из полимерных материалов.

Модуль «Использование современных методов переработки пластмасс» имеет продолжение в модуле «Проведение исследований и участие в разработке новых технологий», так как для проведения научных исследований, проектно-конструкторских и опытно-экспериментальных работ по созданию и доводке образцов новой продукции до массового производства необходимо владеть инновационными технологиями полимерного производства.

1.1 Современные методы переработки полимерных материалов

1.1.1 Виды сырья и материалов

Пластмассы являются высокоэффективными в технологическом, потребительском и, в конечном счёте, экономическом плане материалами.

Технологичность пластмасс определяется двумя основными особенностями.

Первая состоит в том, что при производстве изделий из полимерных материалов практически полностью исключаются малопроизводительные и дорогостоящие операции механической обработки. Это качество наглядно проявляется при изготовлении штучных изделий. Используемый метод формования позволяет получать детали весьма сложной геометрической формы, не требующие дополнительных операций сборки, отделки и др. Время цикла таких процессов измеряется секундами.

Второе достоинство пластиков состоит в минимальной энергоёмкости при переработке. Температура плавления большинства крупнотоннажных термопластов не превышает 250°C, что в 4-6 раз ниже, чем у конструкционных неорганических материалов, их сплавов и смесей. Длительность процесса перевода полимера из твёрдого в размягчённое или жидкое состояние невелика, что позволяет использовать высокопроизводительные методы переработки [1].

Современная техника требует все более и более сложных конфигураций изделий и конструкционных материалов. Использование полимерных материалов позволяет решить многие проблемы в этом направлении.

Варьируя оснастку, на термопластавтоматах можно получать изделия массой от долей грамма до нескольких десятков килограмм, а экструзией – от капилляров для кардиохирургии до шлангов, труб и профилей технического, строительного и хозяйственного назначения.

В последнее время композиционные материалы получают все более широкое распространение за счет своих улучшенных технологических свойств, таких, как пониженная усадка, механическая прочность в сочетании с легкостью, а также комплекса специальных свойств.

По сравнению с другими конструкционными материалами свойства пластмасс могут варьироваться в гораздо более широких пределах. Специфические свойства практически любого базового полимера можно изменить самым коренным образом путем введения в него простых или армирующих наполнителей, модификаторов и других добавок.

Под армированными полимерными материалами (АПМ) понимаются композиционные пластики, которые состоят из двух основных компонентов, а именно полимерного связующего и волокнистого наполнителя, составляющих в материале непрерывные фазы.

В объёме настоящего пособия будем рассматривать промышленные пластики и армированные полимерные материалы.

Современную авиацию, ракетно-космическую технику, судостроение, машиностроение вряд ли можно сейчас представить без полимерных композитов (Рис. 1.1).



Рисунок 1.1 – Композиционные материалы в самолете МС-21

Хорошее качество пластмассовых изделий может быть гарантировано лишь благодаря процессу оптимизации, который учитывает все влияющие факторы. Выбор полимерного материала является самым важным этапом проектирования и производства изделий из пластмасс.

Нет плохих полимерных материалов, а есть материалы, не соответствующие конкретному применению. Важно досконально знать свойства конкурирующих материалов и тщательно проверять, как эти свойства влияют на технологию изготовления изделий из этих материалов.

Термопласты – разновидность пластиков, основным отличием которых является линейное строение, обуславливающее возможность повторного расплавления полимера (Рис. 1.2). Термопластичные полимерные материалы используются очень широко. Аморфно-кристаллические термопластичные материалы, как правило, используются для изготовления деталей, которые подвергаются высоким механическим нагрузкам, в то время как аморфные термопласты чаще используют для изготовления корпусных изделий в связи с тем, что они в меньшей степени склонны к короблению.



Рисунок 1.2 – Классификация пластмасс

Термореактивные полимеры (реактопласты) при нагревании выше определенных, характерных для данного типа полимера температур, становятся неплавкими и практически нерастворимыми (Рис.1.2).

К реактопластам относят материалы, переработка которых сопровождается образованием сетчатых полимеров. Такое преобразование происходит под действием тепла, отвердителей, катализаторов или инициаторов химических реакций.

При изготовлении полимерных материалов *конструкционного назначения* основной целью наполнения является получение усиленного полимерного материала, т.е. материала с улучшенным комплексом физико-механических свойств. Достигается это как введением волокнистых армирующих наполнителей, так и тонкодисперсных наполнителей, рубленого стекловолокна, аэросила и др.

Для сравнения физико-механические характеристики стеклопластика с аналогичными показателями других материалов приведены в таблице 1.1.

Таблица 1.1 - Физико-механические характеристики пластмасс

| Физико-механические характеристики | Ед. изм. | Стеклопластик | Поливинилхлорид | Сталь | Алюминий |
|--|-------------------------|---------------|-----------------|---------|----------|
| Плотность | кг/м ³ | 1600-2000 | 1400 | 7800 | 2700 |
| Разрушающее напряжение при сжатии (растяжении) | МПа | 410 | 41-48 | 410-480 | 80-430 |
| Разрушающее напряжение при изгибе | МПа | 690-1240 | 80-110 | 400 | 275 |
| Модуль упругости при растяжении | ГПа | 21-41 | 2,8 | 210 | 70 |
| Модуль упругости при изгибе | ГПа | 27-41 | 2,8 | 210 | 70 |
| Коэффициент линейного расширения | 10 ⁻⁶ м/град | 5-14 | 57-75 | 11-14 | 140-190 |
| Коэффициент теплопроводности | Вт/м·К | 0,3-0,5 | 0,15-0,16 | 46 | 140-190 |

Технологическое и аппаратное оформление процесса изготовления деталей из армированных полимерных материалов определяется особенностями используемых материалов, формой, размерами и назначением изделий.

Различные армирующие наполнители по-разному влияют на физико-механические свойства пластмасс. Например, модуль эластичности растет при введении стекловолокна, минеральных наполнителей, арамидного волокна и падает при добавлении эластомеров, УФ-стабилизаторов,

органических и неорганических антипиренов и антистатиков. Деформация и ударная прочность, наоборот, при введении эластомеров растут.

Армирующие волокна несут основную механическую нагрузку и именно они определяют прочность и жёсткость (модуль упругости) материала. Стеклопластики – наиболее дешёвые композиты, однако их главные недостатки – сравнительно большая плотность и низкий модуль упругости. Этих недостатков лишены углепластики.

Далее в учебном пособии будут более подробно рассмотрены виды сырья и материалы для производства термопластов, термореактопластов и стеклопластика.

Высокие прочностные свойства, долговечность, технологичность и широкий ассортимент позволяют выбрать композиционный материал, удовлетворяющий современным техническим требованиям практически для любой области.

1.1.2 Технологические режимы переработки полимерных материалов

Большинство термопластов перерабатывается экструзией при соблюдении одного условия: время пребывания расплава полимера в экструдере при данной температуре должно быть меньше времени термостабильности полимера при той же температуре. При оценке технологичности решающее значение имеет величина высокоэластической составляющей расплава.

Качество получаемых изделий из пластмасс и производительность процесса зависят от технологических параметров процесса, к числу которых относятся:

- температура заготовки,
- скорость экструдирования заготовки,
- температура формы,
- скорость смыкания формы,
- давление воздуха, подаваемого для раздува заготовки,
- скорость раздува заготовки, время охлаждения изделия.

Температура заготовки – важнейший параметр процесса. Она определяет разнотолщинность и номинальную толщину стенок, вес, прочность сварного шва, величину усадки, качество поверхности изделия и производительность процесса [2].

Температурный режим экструзии устанавливается в зависимости от вида и марки перерабатываемого сырья, а также от типа изготавливаемых изделий. Низкая вязкость расплава при высокой температуре обычно приводит к хорошему качеству поверхности и высокой прочности выдувных изделий.

Однако, если температура слишком высока, то заготовка имеет тенденцию к удлинению на выходе из головки. При этом заготовка получается более тонкой у головки и более толстой на конце (образуется «шейка»). Такие заготовки не пригодны для формования, так как при этом получаются разнотолщинные изделия.

При очень высокой температуре расплава увеличивается общая продолжительность операции формования в силу того, что удлиняется процесс охлаждения, а также увеличивается усадка изделий. К тому же при высокой температуре имеется опасность термодеструкции не термостабильных материалов (например, непластифицированный поливинилхлорид).

При невысокой температуре расплава перечисленные недостатки отсутствуют, однако если температуры очень низки, то изделия получаются с плохой наружной поверхностью и отличаются малой прочностью сварного шва. Поэтому при производстве изделий из полиэтилена высокой плотности температурный режим: 180°C – 200°C, а при производстве изделий из полиэтилена низкой плотности – 130°C ...160 °C.

Скорость экструдирования заготовки определяет вес и толщину стенки изделия, чистоту внутренней поверхности, разнотолщинность по высоте и производительность процесса. Увеличение скорости приводит к увеличению толщины стенки заготовки, уменьшению разнотолщинности по высоте изделия и увеличению производительности процесса. При очень высокой скорости экструдирования поверхность заготовки становится шероховатой и ухудшается качество внутренней поверхности изделия.

Температура формы влияет на прочность сварного шва, величину усадки, качество поверхности изделия, производительность агрегата. При этом увеличение температуры формы улучшает качество поверхности изделия, увеличивает прочность сварного шва и уменьшает усадку изделия. Однако при этом резко увеличивается время охлаждения изделия, а, следовательно, уменьшается производительность агрегата.

Поэтому для увеличения производительности температура формы должна быть минимально возможной и такой, чтобы обеспечивала получение качественного изделия. В зависимости от типа изготавливаемых изделий температура формы поддерживается в интервале 20°C – 60°C.

Скорость смыкания формы определяет прочность сварного шва и производительность процесса. При этом увеличение скорости ведёт к резкому местному утонению стенок изделия именно вдоль линии сварного шва, происходит ослабление прочности изделия.

В таком случае целесообразно в момент смыкания при сдавливании заготовки скорость движения полуформ замедлять. Увеличение скорости раздува заготовки препятствует охлаждению расплава полимера и при этом улучшается качество поверхности изделия.

Давление воздуха. При выдувке изделий из полиэтилена низкой плотности сжатый воздух подаётся под давлением $1,5 - 2 \text{ кгс/см}^2$, а при раздуве заготовок из полиэтилена высокой плотности – $2...5 \text{ кгс/см}^2$.

Время охлаждения изделия зависит от температуры и толщины заготовки, температуры формы, вида полимера, типа и размеров изделия. Увеличение времени охлаждения изделия уменьшает усадку изделия, но при этом уменьшается производительность агрегата. Поэтому можно увеличивать время охлаждения изделия, но чтобы это не сказывалось заметно на производительности.

При *производстве профильных изделий на основе поливинилхлорида* методом экструзии наиболее оптимальным режимом является следующий: температура в зоне загрузки – 30°C , в корпусе экструдера – 110°C , в головке – $140^\circ\text{C}...160^\circ\text{C}$. Из головки экструдера выходит профиль со скоростью $0,2 - 0,4 \text{ м/мин}$. Этот профиль подается в ванну с водой, где охлаждается до температуры $30^\circ\text{C} - 40^\circ\text{C}$ и приобретает необходимую прочность. Профильные изделия производят также из полиэтилена, полипропилена, полистирола.

Технологический процесс изготовления ПВХ профилей включает следующие этапы: дозирование и смешение компонентов; пластификация и гранулирование ПВХ композиции; экструзия через формующую головку; охлаждение отформованного профиля; резка.

Полиэтиленовые плёнки формируются экструзионным методом, преимущественно рукавным способом (Рис. 1.3). Температурный режим экструзии устанавливают в зависимости от показателя текучести расплава полимера. Если показатель текучести расплава находится в пределах $1,8...3,0 \text{ г/10 мин}$, то температура цилиндра экструдера поддерживается в пределах $100^\circ\text{C}...160^\circ\text{C}$, а головки $130^\circ\text{C}...160^\circ\text{C}$.



Рисунок 1.3 - Производство полиэтиленовых плёнок

Полипропиленовые плёнки могут быть получены на том же технологическом оборудовании, что и полиэтиленовые. В промышленности предпочтителен не рукавный метод, а плоскощелевой. При этом полипропиленовые плёнки экструдировать при температуре 260°C...280 °C, температура охлаждающего барабана 30°C...50°C.

Полистирольные плёнки производят экструзией с неперменной вытяжкой в двух взаимно перпендикулярных направлениях. Это объясняется тем, что неориентированная плёнка очень хрупкая и очень жёсткая. Наиболее прогрессивный метод формования полистирольной плёнки – экструзия через щелевую головку с последующей двухсторонней ориентационной вытяжкой на машинах. Экструзия осуществляется через кольцевой зазор прямооточной головки с последующим натяжением плёночного рукава на специальную распорную раму параболической формы. Температура цилиндра экструдера поддерживается 160°C...185°C, формирующей головки – 180°C...185°C.

Экструзионно-раздувным способом получают полые изделия. Технологический процесс их получения включает следующие операции: получение трубчатой заготовки; смыкание формы; раздув заготовки сжатым воздухом; охлаждение изделия; размыкание форм и извлечение готового изделия. Трубчатую заготовку получают при экструдировании расплава полимера через головку с кольцевым зазором.

При производстве плёнок применяются экструзионные установки с длинными шнеками для устранения пульсации расплава. Применяются экструдеры с $L/D = 20 - 25$, с D от 20 до 90 мм (иногда 120 мм). Плёнки получают после вытяжки и раздува толщиной от 10 до 300 мкм с колебанием толщина 10 %.

Плоские плёнки и листы получают на экструдерах с типичным отношением с $L/D = 25/35$, а листов – 10/25.

Для труб, шлангов и профилей, получаемых с использованием в схеме калибрующих устройств, применяют экструзионные установки с $L/D = 20/25$, т.е. короткошнековые агрегаты. Это связано с тем, что некоторая доля пульсация расплава не будет влиять на ухудшение качества изделий, так как калибровка полуфабриката устранит этот дефект [3, 4].

На производстве параметры и режимы ведения технологического процесса по операциям указывается в технологической или маршрутной карте (в зависимости от специфики производства). Технологическая карта процесса производства труб из полиэтилена приведена в таблице 1.2.

В технологической карте указаны требования к характеристике сырья и готового изделия, указаны характеристики технологического оборудования и параметры ведения технологического процесса профилирования труб из полиэтилена [4, 5, 6].

В технологической карте с учетом особенности операции также указываются нормы расхода сырья на композицию (рецепт) и характеристики свойств компонентов.

Таблица 1.2 - Технологическая карта процесса производства трубы 110х6,2С

| Наименование | Марка | ГОСТ | Плотность, кг/м ³ | Показатель текучести расплава | | Летучие вещества, % | Зольность, % |
|------------------------------|-----------|----------|------------------------------|-------------------------------|-----------------------|---------------------|--------------|
| | | | | Предельные значения, г/10 мин | Допустимый разброс, % | | |
| Полиэтилен высокой плотности | 20306-003 | 16338-70 | 940 | 0,3 – 0,6 | ±0,15 | 0,1 | 0,025 |

Характеристика готового изделия

| Типоразмер | ГОСТ | Наружный диаметр, мм | | Толщина стенки, мм | | Предел текучести при растяжении, МПа | Относительное удлинение при разрыве, % | Длина отрезков, м | Диаметр бухты, м | | Масса, кг | |
|------------|----------|----------------------|-----------------------|--------------------|-----------------------|--------------------------------------|--|-------------------|------------------|------------|-----------------|--------------|
| | | номинальный | допустимое отклонение | номинальная | допустимое отклонение | | | | наружный | внутренний | 1 погонный метр | пачки, бухты |
| 110х6,2 С | 18599-73 | 110 | +1,8 | 6,2 | +0,8 | 21 | 210 | 6 | – | – | 2,04 | 80 |

Характеристика оборудования

| Тип агрегата | Шнек | | | | Формующая головка | | | Калибрующий инструмент | | | Охлаждающие ванны | | Тянувшее устройство | | Отрезное устройство | | |
|--------------|---------------|-----------------|----------------|-------------------------------------|-------------------|-----------------------|-----------------------------|------------------------|---------------------|-------------------|-------------------|----------------|---------------------|------------------------|---------------------|---------|-------------------------------------|
| | Диаметр D, мм | Соотношение D/L | Степень сжатия | Частота вращения, мин ⁻¹ | Диаметр дорна, мм | Диаметр мундштука, мм | Длина формующего зазора, мм | Способ | Диаметр насадки, мм | Длина насадки, мм | Число ванн | Длина ванны, м | Тип | Скорость отвода, м/мин | Диаметр | Толщина | Частота вращения, мин ⁻¹ |
| АТ 110/315 | 152 | 1/20 | 3 | 71 | 88,5 | 102 | 140 | Сжатым воздухом | 113,6 | 370 | 2 | 7 | Гусенично-роликовый | 0,14 – 0,15 | 820 | 6,6 | 1420 |

Параметры технологического процесса

| Показатель текучести рас- плава, г/10 мин | Температура подсушки, °С | Частота вращения червяка, мин ⁻¹ | Темпера- тура охлаж- дающей воды, °С | | Температура по зонам, °С | | | | | | | | | | Калибро- вание | | Темпера- тура охла- ждающей воды в ванне, °С | | Скорость отвода м/мин |
|--|-----------------------------|--|--|---------|--------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-------------------|-----------------------------------|--|-----------|-----------------------|
| | | | Червяк | Цилиндр | Цилиндр | | | | | Головка | | | | | Давление, МПа | Температура Отходящей воды, °С | входящей | отходящей | |
| | | | | | I | II | III | IV | V | I | II | III | IV | V | | | | | |
| 0,3 – 0,4 | 60 – 80 | 30 – 45 | – | – | 160 – 170 | 165 – 175 | 170 – 180 | 175 – 185 | 180 – 190 | 165 – 175 | 160 – 170 | 150 – 160 | 150 – 160 | 150 – 160 | До 0,15 | 16 – 22 | 9 – 16 | 14 – 20 | 1,8 – 2,2 |
| 0,4 – 0,6 | 60 – 80 | 30 – 45 | – | – | 155 – 165 | 160 – 170 | 165 – 175 | 170 – 185 | 175 – 180 | 155 – 165 | 150 – 160 | 145 – 155 | 145 – 150 | 145 – 150 | До 0,15 | 16 – 22 | 9 – 16 | 14 – 20 | 1,8 – 2,2 |

1.1.3 Направления интенсификации процессов переработки полимерных материалов

Интенсификация процессов переработки полимерных материалов:

- генерирует максимальное количество рабочих мест;
- создает конечный экономический эффект от применения;
- работает, как мощный драйвер развития машиностроения, строительства, электротехники, упаковки и др.

Развитие производства отрасли переработки полимерных материалов в направлении создания инженерных композиционных полимерных материалов (композитов) позволяет:

- увеличивать наукоёмкость производства и компетенции специалистов;
- активизировать потребительский рынок товаров специального назначения и народного потребления.

Оптимизация технологии процесса переработки полимерных материалов на производстве регламентируется разработанными мероприятиями по повышению конкурентоспособности производства и качества выпускаемой продукции.

Некоторые аспекты совершенствования технологии:

- создание математических моделей технологических процессов переработки пластических масс;
- разработка методов оптимизации основных технологических операций действующего технологического процесса изготовления полуфабрикатов и готовых изделий на основе полимерных материалов;
- расширение ассортиментного предложения изделий на основе пластических масс за счет изменения состава и разработки новых технологий переработки, разработки эффективных технологий вторичной переработки полимерных материалов, повышения экономической эффективности и экологической чистоты существующих производств;
- внедрение автоматических линий и агрегатов для крупнотоннажных, массовых изделий.

Основные параметры процессов переработки: температура, давление и время – требуют постоянного внимания технологов.

Параметры процесса переработки пластмасс выбираются с учетом протекающих в материале физических и химических процессов. Оптимальные параметры рассчитывают или выбирают по результатам анализа технологических свойств полуфабрикатов и изделий, физической модели формования с учетом накопленного статистического опыта.

Для создания высокоэффективного производства необходимо использовать высокоскоростные машины. Машины должны обеспечивать более точное и автоматизированное регулирование параметров экструзионных технологических процессов, полную механизацию и

автоматизацию основных и вспомогательных операций, объединенных общей программой и системой дистанционного управления.

Экструзия – технологический процесс получения изделий из полимерных материалов (резиновых смесей, пластмасс, крахмалсодержащих и белоксодержащих смесей) путём продавливания расплава материала через формующий инструмент.

Производительность экструзионных установок зависит от вязкостных свойств полимеров. Вязкость в принципе можно регулировать температурным режимом, но существуют ограничения по термостабильности полимера.

Вместе с тем известно, что при сложном напряжённом состоянии расплавов полимера вязкость их также может уменьшаться. При этом сложный сдвиг в перерабатываемом полимере можно создать либо вращением, либо продольными, либо поперечными колебаниями элементов формующего инструмента. Интенсивное вибрационное воздействие на расплавы полимеров позволяет резко уменьшить вязкостные характеристики.

Армирование пластмасс высокопрочными волокнами позволяет существенно улучшить их прочностные и деформационные свойства и повысить их теплостойкость. Наибольшее распространение получили армированные материалы на основе стекловолокна, называемые стеклопластиками.

Одним из важнейших преимуществ технологии производства изделий из армированных полимерных материалов является короткий цикл освоения и подготовки их производства, который составляет от двух недель до месяца. Технология производства позволяет производить изделия практически любой сложности. Основной ассортимент изделий из армированных полимерных материалов вполне доступен к освоению предприятиями малого и среднего бизнеса. Примеры организации производств и ассортимент изделий (Рис 1.4).



а)



б)



в)

Рисунок 1.4 - Термопластавтомат для переработки пластмасс (а); вакуумное формование изделий из стеклопластика (б); пултрузионные профили (в)

Армированные пластики находят все более широкое применение в конструкциях автомобилей, морских судов, самолетов, ракет, различного

рода аппаратуры, хранилищ и трубопроводов в химической промышленности.

При создании новых материалов главной задачей технологов является улучшение комплекса их физико-механических свойств. При этом основным показателем свойств – сопротивление материала разрушению. Во многих случаях наряду с повышением прочности при создании композитов ставят задачу повышения модуля упругости, характеризующего жесткость материала, повышения теплостойкости, стойкости к удару, химической, масло-, бензостойкости, улучшения перерабатываемости, внешнего вида или размерной стабильности и т.д. В ряде случаев армированные полимерные материалы создают с целью расширения ассортимента доступных материалов или расширения сырьевой базы. Все более важной становится роль армированных полимерных материалов при переработке промышленных и бытовых отходов пластмасс.

Стеклопластики относятся к категории композиционных материалов универсального применения и состоят из стеклянного наполнителя и синтетического полимерного связующего [1, 7].

Наполнителем служат стекловолокна в виде нитей и жгутов из непрерывных волокон, штапельные волокна, тканевые материалы, стеклосетки и нетканые материалы - холсты или маты.

В качестве связующего для стеклопластиков используют полиэфирные и эпоксидные смолы. Именно на их основе получают материалы для контактного формования. Применяют также феноло-формальдегидные, кремнийорганические, карбамидные, фурановые и другие смолы. Переработка стеклопластиков на их основе требует высоких температур (более 170°C) и давления (25-100 кг/см²). Связующими стеклопластиков служат также и термопластичные материалы (полиамид, поликарбонат, полиэтилен, полипропилен).

Стекловолоконистые наполнители и связующие для стеклопластиков подбираются с учетом эксплуатационных условий:

- для стеклопластиков конструкционного назначения применяются стекловолоконистые наполнители из бесщелочного алюмоборосиликатного стекла;

- для материалов и изделий, работающих в условиях высоких механических нагрузок, применяют армирующие волокнистые наполнители из высокопрочных и высокомодульных стеклонитей на основе магнезиально-алюмосиликатного стекла, имеющие прочность на 25-50%, а модуль упругости на 25-30% выше, чем обычные стеклонити;

- устойчивые в кислых средах стеклопластики изготавливают из химостойкого боросиликатного стекла, для этой цели используют также базальтовые армирующие волокнистые наполнители;

- крупногабаритные изделия изготавливают из тканей на основе дешевого щелочного алюмоборосиликатного стекла;

- термостойкие изделия, работающие при температуре 300°C и выше, изготавливают из кремнеземных и кварцевых нитей;

- для композитов электротехнического назначения используют армирующие волокнистые наполнители из боросиликатного стекла, имеющие диэлектрическую проницаемость на 30-40% ниже, чем у других видов стекол.

Если большинство изделий из пластмасс являются элементами различных конструкций, т.е. деталями, то обязательно следует учитывать последующую сборку этих деталей. Также важно изучить возможность объединения в одной детали нескольких функций, что позволит сэкономить на дорогостоящих сборочных операциях.

Себестоимость изготовления детали включает не только цену сырья. Следует учитывать, что материалы, обладающие большей жесткостью, позволяют уменьшать толщину стенок изделия, а это даёт возможность сократить время цикла изготовления изделия. Поэтому необходимо составить перечень всех критериев, учитываемых при выборе материала, и провести их последовательную детальную оценку.

Алгоритм выбора полимерного материала для проектируемого изделия должен включать изучение прототипов этого изделия, методов его испытания, технических требований к изделию и материалу, составление перечня необходимых свойств, проведение технико-экономического анализа, позволяющего правильно выбрать полимерный материал.

Правильный выбор полимерного материала еще не обеспечит изготовления высококачественного пластмассового изделия. Необходимо правильно спроектировать форму изделия и правильно выбрать его размеры и определить возможные отклонения от размеров.

Важнейшим требованием, предъявляемым к изделиям из пластмасс абсолютно любого назначения, является обеспечение их прочности.

Из-за сложной структуры полимерных материалов оценка прочности пластмассового изделия может быть выполнена с помощью статистических методов.

? Вопросы для самостоятельного контроля

1. Назовите перспективные свойства полимерных материалов.
2. В чем заключается алгоритм выбора полимерного материала при конструировании изделия?
3. Опишите структурные элементы технологической карты производства труб на основе полиэтилена.
4. Дайте характеристику трубы из полиэтилена высокой плотности типоразмера 110х6,2С по ГОСТ 18599-2001 [6].
5. Приведите аспекты совершенствования технологии переработки полимерных материалов.

1.2 Выполнение технологических расчётов

1.2.1 Расчёт технологических параметров и характеристик используемого оборудования

Все технологические параметры процесса переработки полимерных материалов (температура, давление, время и др.) тесно взаимосвязаны между собой и, кроме того, зависят от технологических свойств перерабатываемого материала. Технологические параметры выбирают по материалам производственных практик (технических регламентов, технологических карт), справочным данным или рассчитывают с учетом свойств материалов, геометрии изделий, конструкции формующего инструмента [1, 2, 8, 9, 10].

Технологические расчёты включают расчёты производительности машин, параметров технологического процесса, норм выработки и другие.

Для расчёта технологических параметров *процесса экструзии* необходимо знать конструкцию формующей головки (её чертеж) и червяка, а также характеристику перерабатываемого материала.

Путем расчёта рекомендуется определить технологические параметры:

- скорость отвода трубы, профиля, листа, пленки или сетки с учетом их охлаждения до определенной температуры;
- скорость вращения червяка, глубину канала червяка и другие его характеристики;
- температуру по зонам цилиндра и головки;
- коэффициент сопротивления экструзионной головки, изменение давления вдоль нарезки червяка и в канале формующей головки, давление перед профилирующей головкой, давление воздуха для калибровки труб и раздува рукавной заготовки, которые принимают на основании опытных данных;
- производительность экструдера.

При расчете процесса получения *выдувных изделий* определяется время цикла, скорость выдавливания трубчатой заготовки, давление, необходимое для раздува заготовки, и параметры процесса выдувания, а также производительность экструдера.

Для расчёта параметров технологического режима изготовления изделий *литьем под давлением* необходимо иметь сведения о конструкции детали (ее чертеж) и литевой формы (чертеж формы) и о свойствах перерабатываемого материала. При расчёте процесса переработки термопластов литьем под давлением определяют следующие основные параметры:

- время инъекции, время выдержки под давлением, время охлаждения изделия в форме, время закрытия и раскрытия формы, время цикла работы литевой машины, производительность термопластавтомата и т. п.;

- термический коэффициент полезного действия материального цилиндра, температуру расплава и формы;
- удельное давление литья, усилие впрыска, потери давления в форсунках литьевых машин и потери давления в форме.

Расчет процесса *вакуум-формования* заключается в установлении времени нагрева заготовки, времени охлаждения изделия, времени цикла формования, производительности машины, утонения листов и т. п.

При расчёте технологического *процесса прессования* на основании сведений о конструкции формуемого изделия (его чертеж) и свойств перерабатываемого материала рекомендуется определить следующие параметры:

- оптимальные размеры таблеток, удельную работу таблетирования, производительность машин для таблетирования, норму времени на изготовление таблеток;
- температуру предварительного нагрева и время нагрева таблетированного материала в поле токов высокой частоты;
- температуру пресс-формы (выбирают по справочным данным в зависимости от температуры прессования) [11];
- усилие прессования (в случае литьевого прессования в пресс-формах с нижней загрузочной камерой рассчитывают усилие смыкания формы), манометрическое давление рабочей жидкости и удельное давление прессования (выбирают по справочникам);
- время выдержки при прессовании изделий, время цикла прессования, производительность прессы, норму времени на 1000 шт. изделий. Результаты расчётов сводят в таблицу 1.3.

Таблица 1.3 - Трудоемкость годовой программы

| Материал | Наименование изделия | Годовая программа, тыс. шт | Мощность оборудования | Гнёздность пресс-форм | Трудоёмкость изготовления 1000 шт изделий | Трудоёмкость программы, ч | Примечание |
|----------|----------------------|----------------------------|-----------------------|-----------------------|---|---------------------------|------------|
| ПЭВП | Изделие 1, литьё | 400 | 80 шт/ч | 10 | 12,5 ч | 5000 | ПЭВП |

При расчёте технологических процессов с применением *прессовых установок*, работающих по принципу выносной пресс-формы, а также прессов-автоматов и роторных линий, находят их производительность.

При расчёте *литья под давлением термореактивных пластмасс* определяют время выдержки, температуру и давление.

Выбор и расчёт количества основного и вспомогательного оборудования. Выбор оборудования для реализации намеченного

технологического процесса производят, пользуясь учебной и справочной литературой, каталогами и прейскурантами [1, 9, 12].

Для расчёта количества литьевого оборудования для проектируемого участка рекомендуется методика, приведенная ниже. Количество оборудования вычисляется из соотношения:

$$n = \frac{T_{\text{ГП}}}{T_{\text{эф}}}, \quad (1.1)$$

где $T_{\text{ГП}}$ – трудоемкость изготовления годовой программы принятых изделий на данном виде оборудования (если в производстве экструзионных полуфабрикатов трудоемкость годовой программы ранее не была определена, то ее выявляют, исходя из производительности оборудования и годовой производственной программы), ч;

$T_{\text{эф}}$ – эффективное время работы оборудования, ч.

При этом эффективное время работы оборудования рассчитывается по следующей формуле:

$$T_{\text{эф}} = K \times (T - T_p), \quad (1.2)$$

где K – коэффициент использования оборудования, учитывающий остановки при разработке технологических режимов, при перестановке пресс-форм, при запуске новых партий материалов и др.;

T – режимный фонд времени работы оборудования, ч;

T_p – время, необходимое на ремонт, ч.

Принимая пятидневную рабочую неделю и трехсменную работу при восьмичасовой смене для литьевых и прессовых цехов, имеем 104 выходных и праздничных дней в среднем за год.

Таким образом, режимный фонд времени (T) в этом случае составит 261 день или 6264 ч (календарный годовой фонд времени 365 дней).

В производстве полуфабрикатов и изделий из пластмасс методом экструзии принимается непрерывная рабочая неделя при трехсменном режиме работы с продолжительностью одной смены 8 ч.

Режимный фонд времени при этом составит 8568 ч.

Продолжительность простоев оборудования на ремонте в год, межремонтные ресурсы и категории сложности основного технологического оборудования производств по переработке пластмасс приведены в справочной литературе и графиках планово-предупредительного ремонта оборудования предприятия.

1.2.1.1 Расчёт материального и теплового баланса оборудования

Промышленные экструдеры предназначены для переработки различных видов пластмасс, характеризующихся значительным разнообразием значений температуры и вязкости расплава. Задача технологического расчёта сводится в установлении основных технологических параметров, которые обеспечили бы максимальную производительность выбранного экструдера и его длительную эксплуатацию применительно к заданному полимерному материалу и изделию.

Технологический расчёт

Определение параметров технологического режима применяемого экструдера заключается в подборе скорости вращения червяка и мощности привода, при которых обеспечивается производительность экструзионного агрегата. При этом для обогрева цилиндра и для вращения червяка мощность не должна превышать по величине паспортных данных.

Скорость вращения червяка вычисляется по требуемым производительности, геометрическим характеристикам червяка и реологическим параметрам расплава перерабатываемого полимера [1].

Для червяка, дозирующая зона которого имеет нарезку с постоянными размерами, оптимальная *скорость вращения* определяется по формуле:

$$\omega_{\text{ч}} = Q_{\text{т}} \times \frac{K + \beta + \gamma}{\alpha \times K}, \quad (1.3)$$

где $Q_{\text{т}}$ – заданная (требуемая) объёмная производительность, см³/с;

K , α , β и γ — коэффициенты, характеризующие геометрию червяка.

$$Q_{\text{т}} = \frac{Q}{3,6\rho}, \quad (1.4)$$

где Q – требуемая производительность кг/ч;

ρ – плотность полимерного материала, г/см³.

Оптимальная скорость вращения червяка, максимальное усилие, которое может развить червяк, определяют по методике [1].

Мощность, необходимая для привода червяка, может быть определена из эмпирического уравнения, составленного на основе энергетического баланса экструдера:

$$N = 32 \cdot 10^5 \times Q \times (T_p - T_0), \text{ кВт}, \quad (1.5)$$

где Q – производительность экструдера, кг/ч;

T_p – температура расплава, град;

T_o – температура загруженного полимерного материала, град.

Тепловой расчёт состоит в определении необходимой мощности нагревателей материального цилиндра червячного пресса, работающего в расчетном режиме, и сопоставлении ее с табличной мощностью обогревателей выбранной серийной машины. В результате должно быть соблюдено соотношение

$$N_{номр} \leq N_{табл}$$

Расчет ведут по уравнению теплового баланса [1]:

$$Q_N + Q_H = Q_G + Q_{II} + \sum Q_{охл} \quad (1.6)$$

Решаем относительно Q_H , получаем:

$$Q_H = Q_G + Q_{II} + \sum Q_{охл} - Q_N, \quad (1.7)$$

где Q_G – тепловая мощность, расходуемая на нагрев полимерного материала.

$$Q_G = Q_{II} \times c_{II} \times (t_2 - t_1) \times \frac{1}{3600} \text{ Вт}, \quad (1.8)$$

где c_n – теплоемкость полимера, Дж/(кг·град);

t_1 и t_2 – температура полимера в зоне загрузки и на выходе из зоны дозирования.

Q_{II} – тепловая мощность, расходуемая на потери через боковую поверхность цилиндра экструдера:

$$Q_{II} = F \times \alpha \times (t_K - t_o), \quad (1.9)$$

где F – площадь наружной поверхности в зоне материального цилиндра, м²

t_K и t_o – температура наружной теплоотдающей поверхности (50-80)°С и окружающей среды;

α – коэффициент теплоотдачи (Вт/м²·град), оцениваемый по эмпирической зависимости:

$$\alpha = 9,74 + 0,07\Delta t, \text{ Вт/(м}^2\text{·град)}; \quad (1.10)$$

где $\Delta t = t_K - t_o$.

$Q_{охл}$ – тепловая мощность, расходуемая на охлаждение червяка и зоны загрузки материального цилиндра:

$$Q_{охл} = G_B \times c_B \times \Delta t_B, \text{ Вт} \quad (1.11)$$

где c_B – удельная теплоемкость воды, Дж/(кг·град);
 Δt_B – перепад температуры воды на входе и выходе из зоны охлаждения (для приближенных расчетов можно принять $\Delta t = 5^\circ\text{C} - 10^\circ\text{C}$);
 G_B – количество протекающей воды, кг/с.

$$G_B = f \times \rho \times v, \quad (1.12)$$

где f – площадь пересечения подводющих трубок, м^2 ;
 ρ – плотность воды, кг/м^3 ;
 v – скорость течения воды, м/с; (принимается 0,1-0,8 м/с).
 Q_N – тепловая мощность, выделяемая при потреблении механической мощности:

$$Q_N = N_{м.пр} \times \eta_{мех}, \quad (1.13)$$

где $N_{м.пр}$ – мощность двигателя, вращающего червяк;
 $\eta_{мех}$ – коэффициент полезного действия механической передачи вращения.

1.2.1.2 Расчёт рецепта полимерной композиции

Расчёт производственного рецепта полимерной композиции основывается на расчете общей массы навески и массы каждого компонента.

Приготовление композиции.

Масса каждого компонента m_k , входящего в состав полимерной композиции, рассчитывается по формуле:

$$m_k = \frac{P_k \times (M_{ком} + M_{ок})}{100} \text{ г}, \quad (1.14)$$

где P_k – рецептурное количество компонента, %;

$M_{ком}$ – масса полимерной композиции, г;

$M_{ок}$ – масса безвозвратных отходов при приготовлении композиции, г.

$$M_{ок} = \frac{M_{ком} + K_k}{100} \text{ г}, \quad (1.15)$$

где K_k – безвозвратные потери при приготовлении композиции, %.

В качестве примера выполним расчёт композиции из таблицы 1.4 для изготовления изделия «подставка» литьем под давлением в форме с шестью гнездами [13].

Исходные данные:

- масса изделия – 12г,
- масса литника – 17,33г, (19,4 % массы материала в форме),
- число гнёзд в форме - 6,
- допускаемый уровень брака – 1%;
- безвозвратные потери при изготовлении композиции $K_k = 0,2$;
- масса безвозвратных нормируемых последовательных начислений технологических потерь на 1000 ед. изделия составляет 14558,4 г.

Таблица 1. 4 - Рецепт композиции для изделия «подставка»

| Наименование компонентов | Содержание, % |
|------------------------------|---------------|
| Полиэтилен высокой плотности | 81,62 |
| Суперконцентрат СКГП | 1,63 |
| Вторичное сырье (дроблёнка) | 16,7 |

Массу безвозвратных отходов при приготовлении композиции определяем по формуле 1.15:

$$M_{OK} = \frac{14558,54 \cdot 0,2}{100} = 29,12 \text{ г}$$

Массу каждого компонента в композиции находим по формуле 1.14:

$$m_{пэв} = \frac{81,62 \cdot (14558,54 + 29,12)}{100} = 11906,45 \text{ г}$$

$$m_{СКГП} = \frac{1,63 \cdot (14558,54 + 29,12)}{100} = 237,78 \text{ г}$$

$$m_{дробл.} = \frac{16,75 \cdot (14558,54 + 29,12)}{100} = 2443,43 \text{ г}$$

Таким образом, получен расход компонентов на 1000 ед. изделия.

1.2.1.3 Материальный расчёт сырья для производства

Материальный расчёт потребности сырья для производства выполняется на основании нормативных [4, 11, 14] и практических данных действующих производств.

Норму расхода сырья H (кг) на производство продукции рассчитывают по формуле:

$$H = k \times m, \quad (1.16)$$

где k – расходный коэффициент (значение отраслевого норматива или в источнике [4]);

m – чистая масса единицы продукции, кг.

Все данные расчета сырья, как правило, сводятся в таблицу 1.5.

Таблица 1.5 - Материальный расчёт сырья

| Материал | Наименование изделий | Годовая программа, тыс. шт (кг) | Чистая масса изделия, кг | Коэффициент расхода материала | Норма расхода материала, кг | Годовая потребность в материале по чистой массе, кг | Возвратные отходы материала, кг | Потребность количества материала на выполнение годовой программы, кг |
|----------|----------------------|---------------------------------|--------------------------|-------------------------------|-----------------------------|---|---------------------------------|--|
| ПВХ | профиль для мебели | 460000 кг | 0,46 кг 1 пог.м. | 1,017 | 1088 | 460000 | 4,07 | 500500 |

1.2.1.4 Расчёт производительности оборудования

Производительность одношнекового экструдера.

Обычно экструдер входит в состав агрегата для изготовления конкретного изделия (пленки, листов, труб и т. д).

В каждом конкретном случае к экструзионным машинам могут предъявляться особые требования. Однако общим является получение качественной продукции при минимальных затратах.

Поэтому большое внимание уделяется определению их производительности и потребляемой мощности в зависимости от конкретных параметров переработки. При выборе и расчёте количества оборудования для изготовления изделий необходимо знать практическую и проектную производительности. Подготовка полимерного материала к формованию, его нагрев, пластикация и гомогенизация осуществляются с помощью вращающегося шнека в цилиндре экструдера.

Шнек характеризуется следующими основными геометрическими параметрами (Рис.1.5): диаметр (D); длина (L); шаг винтовой нарезки (t); глубина нарезки (h); ширина гребня витка (e); величина зазора между гребнем шнека и внутренней стенкой цилиндра (δ); угол подъёма винтовой линии нарезки шнека (φ) [3, 8].



Рисунок 1.5 - Шнек экструдера

Различают в основном два типа шнеков с переменной глубиной спирального канала и с переменным шагом. Они входят в состав наиболее распространенных экструдеров, технические характеристики которых приведены в [3, приложении 1].

Для одношнекового экструдера с переменной глубиной нарезки спирального канала расчёт объёмной производительности основан на законе течения Ньютона для идеальных жидкостей, и с помощью уравнения Навье—Стокса путем математических преобразований и внесением параметров шнека получены формулы для расчета объёмной производительности экструдера (в см³/с):

$$Q = A_n - B \times \frac{P}{\eta_3} - C \times \frac{P}{\eta_3}, \quad (1.17)$$

где A_n — коэффициент, характеризующий прямой поток расплава в спиральном канале шнека, см³;

B — характеристика обратного потока, реально не существующего, см³;

$$A_n = Q = \frac{\pi^2 \times D^2 \times h \times \sin \varphi \times \cos \varphi}{2}, \quad (1.18)$$

$$A_n = Q = \frac{\pi \times D \times h^2 \times \sin^2 \varphi}{12L} \times \frac{P}{\eta_k}, \quad (1.19)$$

где η_k — эффективная вязкость расплава в спиральном канале шнека, Па·с;

C — характеристика обратного потока утечки, см³;

$$C = \frac{\pi^2 \times D^2 \times \delta^3 \times \operatorname{tg} \varphi}{10 \times L}, \quad (1.20)$$

где η_3 — эффективная вязкость расплава в зазоре между гребнем шнека и внутренней стенкой цилиндра, Па·с;

D — диаметр шнека, см;

P — давление в конце шнека (у входа в головку), Па;

h — глубина нарезки, см;

φ — угол подъема винтовой линии, град;

L — длина шнека, см;

n — частота вращения шнека, об/с.

Если принять во внимание, что обратный поток утечки очень мал (особенно для новых экструдеров), то формулу (1.18) для расчета производительности можно записать так:

$$Q = \frac{\pi^2 \times D^2 \times h \times \sin \varphi \times \cos \varphi}{2} \times n - \frac{\pi \times D \times k \times \sin^2 \varphi}{12 \times L} \times \frac{P}{\eta_k}, \quad (1.21)$$

Формула (1.18) позволяет рассчитать производительность экструдера, у которого шаг и глубина нарезки постоянные. При этом производительность будет зависеть от частоты вращения шнека, давления в конце шнека и эффективной вязкости расплава.

Эти параметры и следует считать основными в технологическом процессе экструзии. Сюда следует добавить также температуры по зонам цилиндра и головки, от которых зависит вязкость расплава. Эти температуры выбираются на основе температур фазовых переходов, получаемых из термомеханических кривых.

Формулы (1.17) и (1.21) можно использовать для предварительного определения производительности экструдера без учета коэффициента головки K .

В этом случае вместо значения h нужно применять среднее его значение h_{cp} , а величину L заменить на L_H .

Выполним расчёт по прилагаемому примеру.

Пример. Определить примерную объёмную производительность одношнекового экструдера с $D = 9$ см, $h_{cp} = 0,7$ см, $\varphi = 17,5^\circ$, $n = 50$ об/мин, $L_H = 10D$, $P = 15$ МПа, $\eta_k = 3,5 \cdot 10^{-4}$ МПа·с, $\rho_p = 775$ кг/м³.

Решение. Определяем Q по формуле (1.21):

$$Q = \frac{3,14^2 \times 9^2 \times 0,7 \times \sin 17,5 \times \cos 17,5}{2} \times 50 - \frac{3,14 \times 9 \times 0,73 \times \sin^2 17,5}{12 \times 10 \times 9} \times \frac{15 \times 60}{3,5 \cdot 10^{-4}}$$

$$Q = 1924 \text{ см}^3/\text{мин}.$$

Проектный расчёт экструдера проводится по заданной производительности определенного вида изделия из конкретного материала.

В основу расчёта принимают рекомендации по средней скорости деформации материалов и геометрическим соотношениям основных размеров шнека, проверенным реальными режимами переработки различных термопластов на промышленных экструдерах, и номограмме предварительного определения диаметра шнека. Принимается для шнека с $L/D = 20$ с шагом $t = D$ [4].

Производительность Q одношнекового экструдера рассчитывается также по формуле:

$$Q = \alpha k_a n - \beta k_\beta \frac{\Delta p}{\eta_{cp}} - \gamma k_\gamma \frac{\Delta p}{\eta_{cp}} \quad (1.22)$$

где Δp — гидравлическое сопротивление формующей головки;

α , β и γ — коэффициенты, характеризующие геометрию шнека;

k_α , k_β и k_γ — соответственно коэффициенты формы прямого, обратного потоков и потока утечек (при переработке термопластичных материалов принимают $k_\alpha = k_\beta = k_\gamma = 1$);

n — частота вращения шнека;

η_{cp} — средняя по длине шнека вязкость перерабатываемого материала.

Первое слагаемое в формуле (1.22) характеризует производительность прямого потока, второе — обратного потока и третье — производительность потока утечек.

1.2.1.5 Расчёт мощности подразделения производства

Производственной мощностью производства (цеха) называют максимально достижимый выпуск продукции в установленной номенклатуре и количественном соотношении, который возможен на предприятии (в цехе) при полном использовании в соответствии с установленным режимом работы производственного оборудования и площадей (Рис. 1.6).



Рисунок 1.6 – Производственная линия термопластавтоматов цеха по производству изделий формованием

Проектная мощность – установленная в проекте строительства и реконструкции предприятия величина производственной мощности, которая должна быть достигнута предприятием при условии обеспечения его принятыми в проекте средствами производства, кадрами и организацией производства. Производственная мощность действующего предприятия не является постоянной величиной и может изменяться по мере совершенствования производства в техническом и организационном плане.

В зависимости от ассортимента изделий, их серийности, уровня механизации и других условий, при организации специализированных производств изделий из пластмасс, полученных литьем под давлением, прессованием, выдуванием, термоформованием, размер оптимальных мощностей может колебаться в широких пределах и достигать следующих значений (тыс. т/год) производство изделий: прессованных 2-6; литьевых 5-10; выдувных 3-5; термоформованных 2-5.

У производства полуфабрикатов из пластмасс размеры оптимальных мощностей значительно выше, что обусловлено высокой единичной мощностью экструзионных агрегатов, узким и многотоннажным ассортиментом готовой продукции.

В производствах полиэтиленовых пленок, а также труб из термопластов оптимальные мощности могут достигать 30-50 тыс. т/год.

Производственная мощность предприятия выражается в тех единицах, в каких учитывается производство промышленной продукции.

Материальный расчёт составляют на основании ассортимента выпускаемой продукции, стандартов на нее и технологических регламентов производства.

Для выполнения материального расчета и выбора оборудования необходимо знать годовую мощность проектируемого производства (G), выраженную в тоннах, в погонных метрах или квадратных метрах выпускаемой продукции.

По годовой мощности производства (цеха) рассчитывают часовую мощность производства и часовой расход сырья[2, 3, 4, 13].

Часовую мощность производства определяется по формуле:

$$Gч = \frac{G \times 10^3}{t_d}, \quad (1.23)$$

где t_d – действительный годовой фонд времени непрерывной работы оборудования, ч/год.

Действительный годовой фонд времени работы оборудования принимают по данным предприятия или рассчитывают по нормативным коэффициентам следующим образом:

$$t_{\text{Д}} = t_{\text{Н}} \times K_{\text{Н}}, \quad (1.24)$$

где $t_{\text{Н}}$ - номинальный фонд времени, ч/год, равный

$$t_{\text{Н}} = (d_{\text{к}} - d_{\text{П}}) \times t_{\text{сут}}, \quad (1.25)$$

где $d_{\text{к}}$ – количество календарных дней в году;

$d_{\text{П}}$ – количество дней режимных простоев: это количество включают выходные дни (104- при двух выходных, 52 – при одном выходном в неделю) и праздничные дни;

$t_{\text{сут}}$ – длительность работы оборудования за сутки, ч.

$K_{\text{Н}}$ – коэффициент использования оборудования во времени:

$$K_{\text{Н}} = 1 - K_{\text{рм}} - K_{\text{Т}} \quad (1.26)$$

Здесь $K_{\text{рм}}$, $K_{\text{Т}}$ – коэффициенты, учитывающие потери времени на ремонт оборудования и технологические переналадки соответственно. Их принимают по справочным данным. В таблице 1.6 приведены некоторые их значения по типам производства.

Таблица 1.6 – Коэффициенты, учитывающие потери времени

| Производство | $K_{\text{рм}}$ | $K_{\text{Т}}$ |
|-----------------|-----------------|----------------|
| Трубы | 0,051 | 0,086 |
| Пленка раздувом | 0,058 | 0,084 |
| Листы | 0,103 | 0,064 |

Часовой расход сырья ($G_{\text{с}}$, кг/ч) определяют по формуле:

$$G_{\text{с}} = G_{\text{ч}} \times H_{\text{р}}, \quad (1.27)$$

где $H_{\text{р}}$ – норма расхода сырья на единицу продукции (на один килограмм, погонный метр и т.п.).

Норма расхода сырья рассчитывается в зависимости от конкретной продукции по приведенным в следующем подпункте настоящей главы пособия методикам.

1.2.1.6 Определение расходных норм

Нормы расхода должны быть прогрессивными, технически и экономически обоснованными, разрабатываться на основе учета и обобщения передовых методов труда, способствовать максимальному использованию

внутренних резервов производства, оперативно корректироваться на основе фактически достигнутых результатов.

Нормы расхода сырья должны быть ориентированы на внедрение новой техники, прогрессивной технологии, повышение уровня организации производства, и отражать конструктивные, технологические и организационные мероприятия по экономии сырьевых ресурсов, тем самым способствуя достижению наибольших результатов при наименьших материальных затратах.

Норма расхода пластмассы и ее нормообразующие элементы.

Норма расхода пластических материалов – это максимально допустимое их количество, необходимое для производства единицы продукции установленного качества с учетом планируемого уровня техники, технологии и организации производства.

В общем случае норма расхода пластмассы в исходном состоянии (до переработки) на единицу продукции определяется по формуле:

$$H_p = P_0 + P_{mv} + P_{mbv} \quad (1.28)$$

где H_p – норма расхода пластического материала в исходном состоянии (до переработки в изделие);

P_0 , P_{mv} , P_{mbv} – составные элементы нормы, в том числе P_0 – масса изготовленной единицы продукции (без учета массы арматуры);

P_{mv} – возвратные технологические отходы пластического материала в исходном состоянии,

P_{mbv} – безвозвратные технологические потери и отходы пластического материала в исходном состоянии [3, 4, 11, 15].

Возвратные технологические отходы P_{mv} (литники, первые отливки при выходе на технологический режим или на размер по форме - дублёру, отходы при переходе обработки пластмассы одного цвета на другой, отходы при очистке оборудования и т.д.) представляют собой материал, годный для дальнейшего использования на данном или других предприятиях.

Безвозвратные технологические потери пластического материала (угар, усушка, улетучивание при таблетировании, подготовке к использованию возвратных отходов, механообработке и др.) и безвозвратные технологические отходы (облой, первые отливки и запрессовки, слитки при переходе с одного цвета на другой и с одного материала на другой) представляют собой потери или отходы материалов, которые не могут быть полезно использованы для производства продукции на данном или других предприятиях.

При переработке пластических масс в изделие необходимо предусматривать их экономное расходование. Нормы расхода должны совершенствоваться по мере развития технологического прогресса и

отражать планируемый уровень снижения материальных затрат на продукцию при соблюдении требований к ее качеству и эксплуатационной надежности.

Важнейшие мероприятия экономии:

- сокращение технологических отходов и потерь материалов в процессе их переработки (в том числе брака);
- усовершенствование оснастки;
- выбор оптимального метода, режима переработки и оборудования;
- максимальное использование возвратных отходов.

В норму расхода пластических материалов на единицу продукции серийного и массового выпуска не должны включаться:

- потери при транспортировке и хранении;
- затраты, обусловленные применением некачественного материала, брак продукции;
- затраты на испытание образцов;
- затраты на ремонт и изготовление оборудования, оснастки, средств механизации.

Определение величины составных элементов нормы. Масса изготовленной единицы продукции (чистая масса) определяется на основе теоретических расчётов по чертежу или путем взвешивания не менее 25 годных единиц продукции и последующим определением средней величины их массы с точностью: при массе до 100 г – до 0,002 г, при массе до 1000 г – до 0,02 г, при массе свыше 1000 г – до 0,1 г [11].

При получении после прессования заготовок, а не готовых изделий по чертежу, за массу единицы продукции при расчете нормы принимается масса заготовки, определяемая взвешиванием.

Возвратные технологические отходы пластического материала в исходном состоянии P_{mv} определяются по формуле:

$$P_{mv} = P_0 \times K_{воз}. \quad (1.29)$$

где P_0 – масса единицы продукции,

$K_{воз}$ – коэффициент возвратных отходов, характеризующий отношение количества возвратных отходов к массе (чистая масса) единицы продукции (детали, изделия).

Безвозвратные технологические потери и отходы пластического материала в исходном состоянии $P_{mбв}$ определяются по формуле:

$$P_{mбв} = P_0 \times (K_{бн.} + K_{бв}) \quad (1.30)$$

где P_0 – масса единицы продукции, $K_{бн.}$ – коэффициент безвозвратных потерь, $K_{бв}$ – коэффициент безвозвратных отходов.

Расчет нормы расхода пластмассы. Норма расхода пластического материала в исходном его состоянии (до переработки) на единицу изготавливаемой продукции рассчитывается по формулам:

Без использования возвратных отходов:

$$H_p = P_0 \times K_p, \quad (1.31)$$

С учетом использования возвратных отходов:

$$H_p = P_0 \times K_{pв} \quad (1.32)$$

где H_p – норма расхода материала в исходном состоянии, г/ед. продукции;

P_0 – масса изготовленной единицы продукции, г;

K_p – расходный коэффициент без учета использования возвратных отходов;

$K_{pв}$ – расходный коэффициент с учетом использования возвратных отходов.

Нормы расчёта материалов при производстве труб из пластмасс.

Расходные нормы на 1000 погонных метров труб из полиэтилена по ГОСТ 18599-2001 и на трубы из пластифицированного поливинилхлорида (ПВХ) по ТУ 6-05-1646-73 установлены в зависимости от типа, серии и наружного диаметра [6, 16]. При расчёте норм расхода на трубы из полиэтилена и поливинилхлорида использовались расходные коэффициенты (K_p), соответственно равные 1,052 и 1,063, величина элементов которых приводится в таблице 1.7.

Таблица 1.7 – Нормы потерь и расходный коэффициент

| Материал | Технологические безвозвратные потери, % | | | | | Возвратные отходы, $K_{воз}$ | Расходный коэффициент, K_p |
|------------|---|-------------------------------|---|--|----------------|------------------------------|------------------------------|
| | Угар, летучие $K_{бy}$ | Подготовка материала $K_{бm}$ | Резка труб и зачистка заусенец $K_{бm}$ | Потери при работе на верхнем поле допуска $K_{бo}$ | Всего $K_{бn}$ | | |
| Полиэтилен | 0,0015 | - | 0,001 | 0,0095 | 0,012 | 0,040 | 1,052 |
| ПВХ | 0,004 | 0,009 | 0,001 | 0,012 | 0,026 | 0,037 | 1,063 |

Расходный коэффициент может быть принят или рассчитан по данным действующего производства, или рассчитано его нормативное значение. В таблицах 1.8 и 1.9 приведены отдельные примеры из указанных норм.

Таблица 1.8 – Норма расхода полиэтилена на производство 1 тонны пленки

| Толщина пленки по ГОСТ 10354-82, мм [17] | Норма расхода на 1 тонну плёнки, кг/т |
|---|--|
| 0,015 | 1030 |
| 0,020 | 1020 |
| 0,030/0,35 | 1010/1009 |
| 0,040/0,050 | 1008/1007 |
| 0,060; 0,070; 0,080; 0,10; 0,12; 0,15; 0,20; 0,25; 0,30; 0,40; 0,50 | 1006 |

Таблица 1.9 – Норма расхода полиэтилена на 1000 погонных метров труб (кг)

| Сред ний на ружный диа метр, мм | Полиэтилен высокой плотности (ПЭНД, ПЭСД) | | | | Полиэтилен низкой плотности (ПЭВД) | | | |
|--|--|--------------------------|----------------|----------------|---------------------------------------|--------------------------|----------------|----------------|
| | Типы | | | | | | | |
| | Легкая (Л) | Средне легкая (СЛ) | Средняя (С) | Тяжелая (Т) | Легкая (Л) | Средне легкая (СЛ) | Средняя (С) | Тяжелая (Т) |
| 25 | - | - | 158,9 | 178,8 | - | 153,6 | 199,9 | 284,0 |
| 32 | - | - | 207,2 | 296,7 | 200,9 | 234,6 | 325,1 | 463,9 |
| 63 | 422,6 | 515,6 | 729,6 | 1115,1 | 595,4 | 897,4 | 1241,4 | 1767,4 |
| 200 | 3229,6 | 4965,4 | 7164,1 | 10940,8 | - | - | - | - |
| 500 | 19777,6 | 30718,4 | - | - | - | - | - | - |

Нормы расхода сырья в производстве труб. Структура технологических отходов и потерь пластмасс в производстве труб складывается из потери сырья в виде летучих продуктов при подготовке композиции, экструзии и переработке полученных технологических отходов и в виде пылевидных фракций при резке труб, переработке отходов. К отходам относятся и бракованные полимерные трубы. Используемые технологические отходы составляют в среднем от 4% до 6% от количества перерабатываемого материала.

Норма расходов сырья для производства труб рассчитывается по формуле 1.31. Нормативный расходный коэффициент при производстве труб учитывает безвозвратные потери и возвратные отходы и может быть рассчитан по формуле:

$$K_p = 1 + K_1 + K_2 + K_3 + K_4 + K_5 + K_6., \quad (1.33)$$

где K_1 – коэффициент, характеризующий безвозвратные потери при транспортировке, расфасовке и загрузке сырья; его нормативное значение принимают по таблице 1.6;

K_2 – коэффициент, характеризующий безвозвратные потери при экструзии (угар, летучие компоненты) (таблица 1.7);

K_3 – коэффициент, учитывающий возвратные потери при условии, что они не используются в том же технологическом процессе получения труб (таблица 1.7);

K_4 – коэффициент, учитывающий безвозвратные потери при механической обработке труб (резка труб, зачистка заусенец); нормативное значение $K_4 = 0,004$;

K_5 – коэффициент, учитывающий безвозвратные потери при подготовке возвратных отходов к вторичной переработке;

Нормативное значение $K_5 = 0,001$,

- в том числе при резке труб 0,2 K_5 ,
- дробление отходов 0,5 K_5 ,
- грануляция крошки 0,1 K_5 ,
- смешение гранул со свежим сырьем 0,2 K_5 ,
- при экструзии вторичной смеси гранул 0,2 K_5 ;

K_6 – коэффициент, учитывающий безвозвратные потери при контроле качества продукции (таблица 1.10) [14].

Таблица 1.10 – Предельно допустимые нормативные коэффициенты в производстве труб

| Перерабатываемое сырьё | Безвозвратные потери | | | K_3 |
|------------------------|----------------------|--------|--------|-------|
| | K_1 | K_2 | K_6 | |
| Полиэтилен (ПЭ) | 0,001 | 0,0015 | 0,0075 | 0,040 |
| Поливинилхлорид (ПВХ) | 0,008 | 0,0040 | 0,0120 | 0,037 |

Если возвратные отходы после соответствующей подготовки повторно используются в процессе получения труб, то расходный коэффициент должен быть уточнён по формуле:

$$K'_p = K_p - \frac{\alpha K_3}{100}, \quad (1.34)$$

где α – доля возвратных отходов, используемых в технологическом процессе, %.

Уточнённая норма расхода:

$$H'_p = K'_p \times m_0 = \left(K_p - \frac{\alpha K_3}{100} \right) \times m_0 \quad (1.35)$$

Количество безвозвратных потерь и возвратных отходов определяют последовательным произведением массы готовой продукции (G) на коэффициенты установленных потерь. Выполним расчёт на примере.

Пример. Рассчитать потребность в сырье на производство 3000 т/год трубы с наружным диаметром 40 мм из поливинилхлорида. Режим работы цеха – непрерывный с остановками в праздничные дни. Использование возвратных отходов в этом же процессе – 100%.

Решение.

1. Рассчитываем действительный годовой фонд времени непрерывной работы оборудования по формулам 1.24, 1.25, 1.26 и таблице 1.6:

$$t_{\text{д}} = t_{\text{н}} \times K_{\text{н}} = (1 - K_{\text{рм}} - K_{\text{т}})(d_{\text{к}} - d_{\text{п}}) \times t_{\text{сут}} = (1 - 0,051 \times 0,86)(365 - 14) \times 24 = 7270 \text{ ч}$$

2. Определяем часовую мощность производства по формуле 1.23:

$$G_{\text{ч}} = \frac{G \cdot 10^3}{t_{\text{д}}} = \frac{3000 \times 10^3}{7270} = 412,7 \text{ кг/ч.}$$

3. Рассчитываем расходный коэффициент по формуле 1.33 и данным таблицы 1.7 для ПВХ:

$$\begin{aligned} K_{\text{р}} &= 1 + K_1 + K_2 + K_3 + K_4 + K_5 + K_6 = \\ &= 1 + 0,08 + 0,004 + 0,037 + 0,001 + 0,001 + 0,012 = 1,063 \end{aligned}$$

Так как возвратные отходы после соответствующей подготовки повторно используются в процессе получения труб, то определяем уточнённый расходный коэффициент по формуле 1.34:

$$K'_{\text{р}} = K_{\text{р}} - \frac{\alpha K_3}{100} = 1,063 - \frac{100 \times 0,037}{100} = 1,026$$

Норма расхода: $H'_{\text{р}} = 1,026 \times 1 = 1,026 \text{ кг/кг.}$

4. Находим часовой расход сырья по формуле 1.27:

$$G_{\text{с}} = G_{\text{ч}} \times H_{\text{р}} = 412,7 \times 1,026 = 423,4 \text{ кг/ч.}$$

5. Расход сырья в год:

$$G_{\text{г}} = G_{\text{с}} \times t_{\text{д}} = 423,4 \times 7270 \times 10^{-3} = 3078,1 \text{ т/год.}$$

6. Расчёт количества безвозвратных потерь при транспортировке, расфасовке и загрузке сырья:

$$G_{\text{отп}} = G \times K_1 = 412,7 \times 0,008 = 3,30 \text{ кг/ч};$$

безвозвратные потери при экструзии:

$$G_{\text{BO}} = G_q \times K_2 = 412,7 \times 10,004 = 1,65 \text{ кг/ч}.$$

потери при механической обработке:

$$G_4 = G_q \times K_6 = 412,7 \times 0,012 = 4,95 \text{ кг/ч}.$$

потери при контроле качества:

$$G_6 = G_q \times K_6 = 412,7 \times 0,012 = 4,95 \text{ кг/ч}.$$

7. Расчёт количества возвратных отходов
всего получается возвратных отходов:

$$G_5 = G_q \times K_5 = 412,7 \times 0,001 = 0,41 \text{ кг/ч}.$$

Потери при подготовке возвратных отходов:

всего потерь:

при резке труб:

$$G_{\text{ТР}} = 0,2 \times K_5 \times G_q = 0,2 \times 0,001 \times 412,7 = 0,08 \text{ кг/ч};$$

при дроблении отходов:

$$G_{\text{ДД}} = 0,5 \times K_5 \times G_q = 0,5 \times 0,001 \times 412,7 = 0,21 \text{ кг/ч};$$

при гранулировании крошки:

$$G_{\text{ТГ}} = 0,1 \times K_5 \times G_q = 0,1 \times 0,001 \times 412,7 = 0,04 \text{ кг/ч};$$

при смешении гранул со свежим сырьём:

$$G_{\text{ТС}} = 0,2 \times K_5 \times G_q = 0,2 \times 0,001 \times 412,7 = 0,08 \text{ кг/ч}.$$

Используется возвратных отходов в этом же производстве:

$$G_{\text{ИО}}^{\text{II}} = G_{\text{BO}} - G_{\text{ТР}} - G_{\text{ДД}} - G_{\text{ТГ}} = 15,68 - 0,08 - 0,21 - 0,04 = 15,35 \text{ кг/ч}.$$

Таким образом, на операцию смешения со свежим сырьём поступает 15,35 кг/ч возвратных отходов. Соотношение свежего сырья и возвратных отходов принимаем 70:30. Тогда свежего сырья требуется:

$$G_{CB} = 15,35 \times \frac{70}{30} = 35,82 \text{ кг/ч.}$$

Всего после смешения получается вторичного сырья:

$$G_{BT-C} = G_{BO}^{II} + G_{CB} - G_{TC} = 15,35 + 35,82 - 0,08 = 51,09 \text{ кг/ч.}$$

Расчёт энергетических затрат (электроэнергия, пар, вода, сжатый воздух) производят по тепловому расчёту основного оборудования.

Годовой расход электроэнергии $Q_{год}$, кВт/ч, определяют по формуле:

$$Q_{год} = \eta_1 \times T_{эф} \times N / \eta_2 \quad (1.36)$$

где η_1 – коэффициент загрузки электродвигателей (0,7...0,8);

$T_{эф}$ – эффективный фонд времени работы оборудования, ч (по расчёту);

N – общая установленная мощность нагревателей и электродвигателей, кВт;

η_2 – коэффициент полезного действия электродвигателей - 0,85.

Результаты сводят в таблицу 1.11.

Таблица 1.11 – Годовой расход электроэнергии на технологические нужды

| Оборудование | Кол-во | Суммарная мощность, кВт | | Эффективный фонд времени работы оборудования, ч | Годовой расход электроэнергии, кВт/ч |
|--------------|--------|-------------------------|--------------------|---|--------------------------------------|
| | | нагревателей | электро двигателей | | |
| ЧП 160х20 | 1 | 30 | 125 | 5011,2 | 776736 |
| Всего | | | | | |

Расход воды определяют на основании результатов теплового расчёта оборудования и расходных норм, принятых на предприятии. При этом следует различать расход технической и оборотной воды.

Расход сжатого воздуха для работы пневмотранспорта и на технологические нужды осуществляет по соответствующим расчётам в сравнении с нормами предприятия (отраслевыми нормами). Результаты сводятся в аналогичные таблицы [4, 10].

1.2.1.7 Расчёт производительности линии

Выбор и расчёт количества основного оборудования. Основным оборудованием для производства пленки, труб, листов профилей, трубок и шлангов являются линии на базе шнековых экструдеров. Модель линии выбирают в зависимости от перерабатываемого сырья, размеров изделий и производительности.

Ассортимент экструзионных линий зарубежных производителей достаточно обширный. Подробную информацию о предлагаемых линиях можно получить на сайтах производителей и поставщиков. Технические характеристики экструзионных линий наиболее известных производителей приведены в учебниках и учебных пособиях на оборудование по переработке пластических масс.

Количество технологических линий по производству плёнки, листов, труб и т. д. определяют по расчетной производительности линий и проектной мощности производства, если известна конкретная номенклатура выпускаемой продукции [3, 4].

Расчётную производительность линий ($G'_л$, кг/ч) определяют по формулам:

1) для рукавной плёнки

$$G'_л = 60 \times b \times m_1 \times v \text{ или } G'_л = 120 \times b \times \delta \times \rho \times v \quad (1.37)$$

2) для листов и плоских плёнок

$$G'_л = 60 \times b \times m_1 \times v \text{ или } G'_л = 60 \times b \times \delta \times \rho \times v \quad (1.38)$$

3) для труб

$$G'_л = 60 \times m_{пг} \times v \text{ или } G'_л = 188,4 \times \delta \times (D_B + \delta) \times \rho \times v \quad (1.39)$$

4) для трубок и шлангов

$$G'_л = 60 \times m_{пг} \times v \text{ или } G'_л = 180,4 \times \delta \times (D_H - \delta) \times \rho \times v \quad (1.40)$$

5) для профилей

$$G'_л = 60 \times m_{пг} \times v \text{ или } G'_л = 60 \times F \times \rho \times v \quad (1.41)$$

где b – ширина изделия, м;

m_1 – масса одного квадратного метра плёнки или листа, кг/м²;

$m_{пг}$ – масса одного погонного метра трубы, трубки, шланга, профиля, кг/м;

δ – толщина изделия, м;

D_n, D_v – наружный и внутренний диаметр изделия, м;

F – площадь поперечного сечения профиля, м²;

ρ – плотность материала, кг/м³;

v – рекомендуемая (или расчётная) скорость отвода изделия, м/мин.

Количество технологических линий рассчитывают для каждого конкретного вида изделия по формулам:

$$m' = \frac{G_q}{G'_{\text{л}}} \quad \text{или} \quad m' = \frac{G_q}{G_{\text{л}}} \quad (1.42)$$

где G_q – часовая мощность производства, кг/ч;

$G'_{\text{л}}$ – расчётная производительность линии, кг/ч;

$G_{\text{л}}$ – проектная производительность линии [3].

Полученный результат округляют до ближайшего большего числа.

Количество технологических линий можно рассчитать также по затратам машино-часов на выпуск продукции следующим образом.

Рассчитать производительность линии (или взять проектную величину технической характеристики оборудования) $G'_{\text{л}}$, кг/ч.

Рассчитать затраты машино-часов на выполнение годовой программы ($\Pi_{\text{Г}}$, кг/год) по формуле:

$$T_{\text{зат}} = \frac{\Pi_{\text{Г}}}{G'_{\text{л}}}, \text{ ч} \quad (1.43)$$

Рассчитать действительный годовой фонд времени работы экструзионной установки $t_{\text{д}}$.

Расчётное количество оборудования будет равно (округлить):

$$m' = \frac{T_{\text{зат}}}{t_{\text{д}}} . \quad (1.44)$$

Каждая операция, как известно из теории непрерывных процессов, может стать «узким» местом, которое может в целом определять производительность всей установки.

Поэтому при разработке процесса экструзии необходимо, базируясь на закономерностях процесса на каждом участке, выбирать такие параметры процесса, которые были бы оптимальными для всех участков при равной производительности.

Поскольку при определении мощности установки за основу берётся мощность экструдера, то пользуются следующей эмпирической формулой:

$$Q = 60\alpha NV\gamma \quad (1.45)$$

где Q – мощность, кг/ч;

α – коэффициент заполнения шнека материалом;

N – число оборотов шнека, об/мин;

V – объём одного витка нарезки шнека в зоне загрузки;

γ – насыпная плотность загружаемого материала, кг/дм³.

Производительность одного и того же экструдера для различных материалов неодинакова.

Если принять за единицу производительность экструдера при переработке пластифицированного поливинилхлорида, то для других материалов можно установить следующие относительные величины производительности: полиэтилен высокого давления – 0,8; полиэтилен низкого давления – 0,6; винипласт – 0,5.

К вспомогательному оборудованию относятся: сушилка для предварительной сушки сырья (если она предусмотрена технологией переработки сырья), машины для переработки возвратных отходов (измельчители, грануляторы, смесители), транспортные средства для подачи сырья в цеховые ёмкости и к рабочим местам, для вывоза продукции.

? Вопросы для самостоятельного контроля

1. Какие технологические параметры процесса экструзии применяют в расчётах?
2. Каким дополнительным оборудованием могут комплектоваться агрегатные линии производства плёнок и листов?
3. Какие технологические параметры определяют при получении выдувных изделий?
4. Какие технологические параметры определяют при формовании изделий литьём под давлением?
5. Приведите пример расчёта потребного количества литьевого оборудования для проектируемого участка.
6. На основании чего составляется материальный расчёт производства?
7. Какие виды потерь не должны включаться в норму расхода на изделия из пластмасс?
8. Назовите нормообразующие элементы норм расхода пластмасс на единицу продукции.
9. Приведите формулу расчёта производительности линии для профилей.

Задания для самостоятельной работы

Пример 1.1

Провести расчёт экструдера для переработки полиэтилена низкой плотности (ПЭНП), изготавливающего плёнку с производительностью 40

см³/с. Рекомендации по выполнению расчёта: использовать материал в [3, раздел 7].

Пример 1.2

Рассчитать потребность в сырье на производство 4000 т/год труб с наружным диаметром 63(Л) мм из полиэтилена высокой плотности низкого давления. Режим работы цеха – непрерывный с остановками в праздничные дни. Использование возвратных отходов в этом же процессе – 50%.

1.3 Интенсификация технологических процессов

1.3.1 Классификация резервов роста производительности труда

Важнейшей задачей предприятия является постоянный поиск и реализация резервов роста производительности труда, которые можно классифицировать материально-техническими факторами, указанными ниже (Рис.1.7).



Рисунок 1.7 – Классификация резервов роста производительности труда

Отметим важный материально-технический фактор — повышение качества продукции, удовлетворение общественных потребностей меньшими затратами средств и труда, потому что изделия лучшего качества заменяют большее количество изделий низкого качества. Повышение долговечности изделий равнозначно дополнительному увеличению их выпуска. Это - первоочередные задачи инженерно-технического персонала производства. Материально-технические факторы — важнейшие, они обеспечивают экономию не только труда, но и сырья, материалов, оборудования, энергии и др. Для повышения производительности труда необходимо использовать все факторы роста производительности труда, под которыми понимаются причины, обуславливающие изменение ее уровня.

Производительность труда – важнейший экономический показатель, характеризующий эффективность затрат труда в материальном производстве, как отдельного работника, так и коллектива предприятия в целом.

В производстве любого продукта участвует живой труд, т.е. труд затрачиваемый работниками непосредственно в процессе производства продукта, и труд прошлый, затраченный другими работниками, и овеществленный в орудиях труда, зданиях сооружениях, сырье, материалах, топливе, энергии. Соответственно различают производительность индивидуального (живого) и общественного труда.

Основными показателями производительности труда на уровне предприятия являются выработка и трудоёмкость [18].

Выработка (В) определяется отношением количества произведенной продукции в месяц, квартал, год (Q) к затратам рабочего времени на производство этой продукции (Т) или среднесписочной численности работников либо рабочих (Ч):

$$B = \frac{Q}{T} \quad \text{или} \quad B = \frac{Q}{Ч} \quad (1.46)$$

Соответственно получается выработка месячная, квартальная и годовая.

Аналогично определяется часовая ($B_{ч}$) и дневная ($B_{дн}$) выработка на одного рабочего:

$$B_{ч} = Q_{мес} : T_{час} ; \quad B_{дн} = Q_{мес} : T_{дн} \quad (1.47)$$

где $Q_{мес}$ – объём продукции за месяц (квартал, год);

$T_{час}$; $T_{дн}$ – количество человеко-часов, человеко-дней (рабочего времени), отработанных всеми рабочими за месяц (квартал, год).

Трудоёмкость (T_p) – это величина, обратная выработке, которая означает сумму всех затрат живого труда на производство единицы продукции и определяется по формуле:

$$T_p = \frac{T}{Q} \quad (1.48)$$

где T – время, затраченное на производство всей продукции, нормо-ч, человеко-ч;

Q — объем произведённой продукции в натуральном выражении. продукции (работ, услуг).

Технологическая трудоёмкость ($T_{техн}$) отражает затраты труда основных производственных рабочих-сдельщиков ($T_{сд}$) и рабочих-повременщиков ($T_{пов}$):

$$T_{техн} = T_{сд} + T_{пов} \quad (1.49)$$

Трудоёмкость обслуживания производства представляет собой совокупность затрат вспомогательных рабочих цехов основного производства ($T_{вспом}$) и всех рабочих вспомогательных цехов и служб ($T_{всп}$):

$$T_{обсл} = T_{вспом} + T_{всп} \quad (1.50)$$

Производительная трудоёмкость ($T_{пр}$) включает затраты труда всех рабочих как основных, так и вспомогательных:

$$T_{пр} = T_{техн} + T_{обсл} \quad (1.51)$$

Трудоёмкость управления производством (T_y) представляет собой затраты труда служащих, занятых как в основных и вспомогательных цехах ($T_{сл.пр}$), так и в общезаводских службах предприятия ($T_{сл.зав}$):

$$T_y = T_{сл.пр} + T_{сл.зав} \quad (1.52)$$

В составе *полной трудоёмкости* ($T_{полн}$) отражаются затраты труда всех категорий промышленно-производственного персонала предприятия:

$$(T_{полн}) = T_{техн} + T_{обсл} + T_y \quad (1.53)$$

Выработка продукции является наиболее распространённым и универсальным показателем производительности труда.

Разработка мероприятий по устранению потерь рабочего времени ведется на основе сопоставления фактического и нормативного балансов рабочего времени.

Максимально возможное повышение производительности труда при устранении всех потерь и лишних затрат рабочего времени $\Pi_{\text{ПТ}}$ рассчитывается по формуле:

$$\Pi_{\text{ПТ}} = [T_{\text{оп.н}} - T_{\text{оп.ф}} \times T_{\text{оп.ф}}] \times 100\% \quad (1.54)$$

где $T_{\text{оп.н}}$ – нормативное оперативное время,

$T_{\text{оп.ф}}$ – фактическое оперативное время.

Увеличение производительности труда не может быть безграничным. Экономически рациональные границы роста производительности труда диктуются обстоятельством повышения массы потребительских цен и роста качества продукта.

Повышение производительности труда связано с изменением расходов на производительность, поэтому нужно управлять этими процессами, осуществлять их планирование и координирование.

1.3.2 Повышение производительности производства совершенствованием технологических факторов

В обычной практике технолог постоянно отслеживает расходование сырья и материалов при ведении технологического процесса изготовления изделий. Возможные и имеющие место дефекты изделий, разброс характеристик исходного сырья по отдельным показателям являются показаниями для оперативного принятия мер по стабилизации параметров технологии и качества продукции.

Анализ использования сырья и материалов в производстве осуществляется на основе следующих показателей:

- выход продукции (полуфабриката);
- коэффициента использования продукта;
- среднее снижение норм расхода;
- коэффициент извлечения продукта из исходного сырья;
- уровень отходов;
- коэффициент раскроя;
- коэффициент замены;
- материальный индекс.

Приведём характеристику отдельных показателей.

Выход продукта (полуфабриката) – показатель, характеризующий отношение количества произведённого продукта (полуфабриката) к количеству сырья, материалов, расходуемых на его производство.

В тех случаях, когда вещество не участвует в химической реакции, а имеет место смешение веществ, выход продукта V определяется по формуле:

$$B = \frac{\Pi_r}{C}, \quad (1.55)$$

где Π_r – масса готового продукта;

C – суммарная масса всех компонентов.

Коэффициент использования – показатель, характеризующий степень полезного использования сырья, материалов. Коэффициент отражает технический уровень и организацию производства.

Когда в процессе не происходит химической реакции, но вещество входит в состав конечного продукта (композиции), коэффициент использования рассчитывается делением количества вещества, содержащегося в единице массы конечного продукта, на норму расхода этого вещества - плановую, фактическую:

$$K_{\text{пл}} = \frac{M_k}{H_n}, \quad K_{\text{ф}} = \frac{M_k}{H_{\text{ф}}}, \quad (1.56)$$

где $K_{\text{пл}}$, $K_{\text{ф}}$ – коэффициент использования плановый и фактический соответственно;

M_k – количество вещества в массе конечного продукта;

H_n , $H_{\text{ф}}$ – норма расхода плановая и фактическая [19].

Среднее снижение норм расхода – показатель, характеризующий работу по экономии сырьевых ресурсов. Среднее снижение норм расхода определяется как частное от деления экономии на норму расхода, установленную на текущий год:

$$C = \frac{H_{\text{п}} - H_{\text{т}}}{H_{\text{т}}} \times 100\% \quad \text{или} \quad C = \frac{\text{Э}}{H_{\text{т}}} \times 100\% \quad (1.57)$$

где C – показатель среднего снижения нормы расхода;

Э – экономия сырья, материала в производстве единицы продукции;

$H_{\text{т}}$ – норма расхода до пересмотра;

$H_{\text{п}}$ – норма расхода после пересмотра.

Результаты со знаком «-» указывают на снижение норм расхода в плановом периоде, со знаком «+» - на увеличение норм расхода.

Коэффициент замены – показатель, характеризующий степень замены одного материала другим. Коэффициент замены определяется отношением нормы расхода заменяемого сырья, материала к норме расхода знаменателя

$$K_z = \frac{H_1}{H_2}, \quad (1.58)$$

где K_z – коэффициент замены;

H_1 – норма расхода заменяемого сырья, материала;

H_2 – норма расхода заменителя.

На период введения новых мощностей и новой технологии; на период освоения мощностей после капитального ремонта на предприятии могут применяться временные максимальные надбавки к нормам расхода сырья и материалов.

Нормирование и нормотворчество в производстве важное направление в достижении высокого качества технологического процесса и выпускаемой продукции. Технолог ведёт постоянный контроль расходования сырья и материалов и анализирует отчётные материалы, вносит предложения по совершенствованию норм расхода основных сырья и материалов. Рекомендует меры по повышению качества выпускаемой продукции.

Повышение эффективности производства за счет внедрения технологической инноваций на практике специалистами осуществляется внедрением перспективных видов и марок сырья, повышением надежности параметров ведения технологического процесса.

Выработанные инновационные меры и полученные результаты в ходе эксперимента, технолог подвергает расчёту и обоснованию.

Один из методов основан на выборе наиболее эффективного технологического процесса по приведенным затратам.

Выбор лучшего варианта осуществляется по приведенному эффекту по формуле:

$$\mathcal{E} = q \times [Z - s + E_H \times K_v] \rightarrow \max \quad (1.59)$$

где \mathcal{E} – годовой приведенный экономический эффект по варианту;

q – ежегодный объем производства продукции в натуральном выражении;

Z – цена реализации единицы продукции;

s – себестоимость производства единицы продукции по варианту;

E_H – норматив эффективности капиталовложений;

K_v – удельные капитальные вложения по варианту.

Удельные капитальные вложения определяются по формуле:

$$K_v = \frac{K}{q} \quad (1.60)$$

где K – капиталовложения по варианту.

Выполним расчёт по материалам разработанных пяти вариантов технологического процесса изготовления колпачка, которые характеризуются различной производительностью, но обеспечивают выпуск продукции в соответствии с действующими нормативно – техническими документами по продукту. Исходные данные приведены в таблице 1.12.

Таблица 1.12 – Затраты по предложенным вариантам новшества

| Показатели | Варианты технологического процесса | | | | |
|---|------------------------------------|-------|-------|-------|-------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Ежегодный объём производства колпачков, млн. шт | q_1 | q_2 | q_3 | q_4 | q_5 |
| Себестоимость изготовления, тенге/тыс. шт. S | 256 | 259,3 | 257,4 | 255,2 | 252,7 |
| Капиталовложения, тыс. тенге | 530 | 680 | 720 | 773 | 810 |

Сведения об объёме производства колпачка и нормативе эффективности капиталовложений приводятся в таблице 1.13.

Таблица 1.13 – Результаты по заданиям с учетом объёма производства

| Номер задания | Показатели | | | | | |
|---------------|------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | q_1 | q_2 | q_3 | q_4 | q_5 | E_n |
| 1 | 83 | 85 | 90 | 94 | 98 | 0,4 |
| 2 | 82,5 | 87,5 | 92 | 91,5 | 96,5 | 0,425 |
| 3 | 84,5 | 86,5 | 92,5 | 93 | 96 | 0,47 |
| 4 | 85,5 | 83,5 | 91,5 | 93,5 | 97,5 | 0,495 |
| 5 | 81 | 89 | 91 | 91 | 96 | 0,52 |
| 6 | 87 | 83,5 | 93 | 92,5 | 94,5 | 0,55 |

Цена реализации одного колпачка составляет 0,285тенге. Определить, какой из вариантов технологического процесса экономически выгоднее, если норматив эффективности, принятый фирмой, составляет E_n .

Согласно полученным и принятым исходным данным альтернативные варианты отличаются объёмом производства колпачка. Поэтому для выбора лучшего варианта технологического процесса применять формулу приведённых затрат не следует.

Решение такой задачи возможно только путём применения формулы приведённого эффекта. Принимаем для расчета задание № 6 замены технологии производства изделия.

В процессе расчетов необходимо выдерживать размерность показателей.

Вариант 1

$$\mathcal{E}_1 = 87000000 \times \left[0,285 - \left(0,256 + 0,55 \times \frac{530000}{87000000} \right) \right] = 2231500$$

Вариант 2

$$\mathcal{E}_1 = 83500000 \times \left[0,285 - \left(0,2593 + 0,55 \times \frac{680000}{83500000} \right) \right] = 1771953$$

Вариант 3

$$\mathcal{E}_1 = 93000000 \times \left[0,285 - \left(0,2574 + 0,55 \times \frac{720000}{93000000} \right) \right] = 2170806$$

Вариант 4

$$\mathcal{E}_1 = 92500000 \times \left[0,285 - \left(0,2552 + 0,55 \times \frac{773000}{92500000} \right) \right] = 2331361$$

Вариант 5

$$\mathcal{E}_1 = 83500000 \times \left[0,285 - \left(0,2527 + 0,55 \times \frac{680000}{83500000} \right) \right] = 2323805$$

Таким образом, самым выгодным из всех является вариант четыре, поскольку приведённый эффект наиболее значителен.

Эффективность внедрения новой марки сырья, корректировки отдельных параметров технологических операций на первом этапе технолог сравнивает планируемые нормативы затрат с фактическими.

1.3.3 Повышение эффективности технологического процесса модернизацией оборудования

Рассмотрим метод оценки возможных предложений повышения эффективности технологического процесса по производству изделий из полимерных материалов модернизацией оборудования на участке. Исходные данные базируются на технико-экономических показателях нового вида оборудования и данных действующего производства. Выполняются расчеты с учетом различных возможных моделей и типов нового оборудования для сравнения и принятия наиболее эффективного варианта [2, 7, 18, 19].

Методика показана для различных полимерных изделий и различных оценок эффективности модернизации оборудования.

Выбор наиболее эффективного технологического процесса по коэффициенту эффективности дополнительных капиталовложений.

Выбор лучшего варианта осуществляется одним из методов: первый – по коэффициенту эффективности дополнительных капиталовложений, второй – путём расчета приведённых затрат.

Коэффициент эффективности определяется по формуле:

$$E = \frac{S_2 - S_1}{K_1 - K_2}, \quad (1.61)$$

где S_1 и S_2 – себестоимость годового объёма производства продукции по двум сравнительным вариантам;

K_1 и K_2 – капиталовложения по двум сравнительным вариантам.

При $E > E_n$ внедряется более капиталоемкий вариант, при $E < E_n$ – менее капиталоемкий.

Приведённые затраты определяются по формуле:

$$\Pi = S + E_n \cdot K - \min \quad (1.62)$$

где S – себестоимость годового объёма производимой продукции по варианту;

E_n – нормативный коэффициент эффективности дополнительных капиталовложений;

K – капиталовложения по варианту.

Внедряется тот вариант затраты, которого окажутся наименьшими.

Расчеты.

Разработаны четыре варианта технологического процесса изготовления пластины полимерной армированной, обеспечивающего качество выпускаемой продукции в соответствии с действующими стандартом и требованиями чертежа изделия. Основные показатели использования различных вариантов технологического процесса приводятся в таблице 1.14.

Таблица 1.14 – Показатели затрат по расчётам вариантов корректировки технологического процесса

| Но мер зад ани я | Норм а эффе ктивн ости кап. вложе ний | Вариант 1 | | | Вариант 2 | | | Вариант 3 | | | Вариант 4 | | |
|------------------------------|--|-----------|------|------|-----------|------|------|-----------|------|------|-----------|------|------|
| | | d | S | K | d | S | K | d | S | K | d | S | K |
| 1 | 0,200 | 3,0 | 76,5 | 115 | 3,0 | 78,0 | 110 | 3,0 | 71,0 | 116 | 3,0 | 85,0 | 86,0 |
| 2 | 0,225 | 2,5 | 43,7 | 94,3 | 2,5 | 57,8 | 61,3 | 2,5 | 24,6 | 126 | 2,5 | 38,2 | 98,7 |
| 3 | 0,270 | 2,2 | 126 | 67,2 | 2,2 | 105 | 71,3 | 2,2 | 97,3 | 98,2 | 2,2 | 75,4 | 117 |
| 4 | 0,295 | 2,3 | 14,5 | 156 | 2,3 | 22,7 | 103 | 2,3 | 45,7 | 67,9 | 2,3 | 67,2 | 23,4 |
| 5 | 0,315 | 2,6 | 97,5 | 24,8 | 2,6 | 77,4 | 45,2 | 2,6 | 65,2 | 60,6 | 2,6 | 34,9 | 97,2 |
| 6 | 0,335 | 2,0 | 86,5 | 90,3 | 2,0 | 95,5 | 58,4 | 2,0 | 84,3 | 10,5 | 2,0 | 82,8 | 15,3 |

С учетом заданных условий равенства производственной программы и уровня качества продукции по сравнительным вариантам выбор лучшего

варианта целесообразно выполнить расчет коэффициента эффективности дополнительных капитальных вложений или расчет приведённых затрат.

Значения показателя «Норма эффективности» привести к единице измерения себестоимости (S). Сравнить результаты расчётов с учетом решения поставленной задачи.

Внести в таблицу 1.15 результаты задания № 6.

Таблица 1.15 – Показатели расчёта эффективности внедрения

| Наименование показателя | Вариант | | | |
|--|---------|--------|--------|--------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 |
| Ежегодный объем производства, тыс. м ² , <i>d</i> | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 |
| Себестоимость изготовления, тенге/м ² , <i>S</i> | 86 500 | 95 150 | 84 300 | 82 800 |
| Капиталовложения в оборудование, тыс. тенге, <i>K</i> | 90 300 | 58 400 | 10 560 | 15 250 |
| Нормативный коэффициент эффективности, <i>E_н</i> | 0,335 | 0,335 | 0,335 | 0,335 |

Сравним между собой первые два варианта:

$$E = \frac{2000 \cdot (95150 - 86500)}{1000 \cdot (90300 - 58400)} = 0,542$$

При $E > E_n$ к внедрению принимается более капиталоемкий вариант 1. Вариант 2 для дальнейшего анализа исключается.

Сравним варианты 3 и 4:

$$E = \frac{2000 \cdot (84300 - 82800)}{1000 \cdot (15250 - 10560)} = 0,639$$

При $E > E_n$ к внедрению принимается более капиталоемкий четвертый вариант, который является наиболее эффективным из всех альтернативных вариантов. Выполняем проверочный расчёт приведенных затрат:

$$\Pi_1 = S_1 + E_n \cdot K_1 = 86500 + 0,335 \cdot 90300 = 1167505 \text{ тенге}$$

$$\Pi_1 = S_2 + E_n \cdot K_2 = 95150 + 0,335 \cdot 58400 = 114714 \text{ тенге}$$

$$\Pi_1 = S_3 + E_n \cdot K_3 = 84300 + 0,335 \cdot 10560 = 878376 \text{ тенге}$$

$$\Pi_1 = S_1 + E_n \cdot K_1 = 86500 + 0,335 \cdot 90300 = 1167505 \text{ тенге}$$

$$П_1 = S_4 + E_H \cdot K_4 = 82800 + 0,335 \cdot 15250 = 87908,75 \text{ тенге}$$

Таким образом, расчёт приведенных затрат по вариантам подтвердил, что лучшим является четвертый вариант, поскольку затраты в этом варианте оказались наименьшими.

Выбор наиболее эффективного технологического процесса по приведенным затратам с модернизацией оборудования выполняется аналогично по формулам (1.63 и 1.64).

На основании глубокого изучения и анализа работы оборудования и его конструкции необходимо дать рекомендации по усовершенствованию оборудования, внедрению автоматизированного и роботизированного оборудования (линий). Все предложения, которые приводятся в проекте, сопровождаются схемами, эскизами, стыковочными чертежами и др. При необходимости предложения подкрепляются расчётами и обоснованиями полученных результатов.

? Вопросы для самостоятельного контроля

1. Классифицируйте резервы роста производительности труда.
2. Дайте характеристику основным факторам повышения технического уровня производства.
3. Как определить плановый и фактический коэффициент использования вещества?
4. В чём заключается условие выбора оптимального варианта оптимизации технологического процесса по приведенному эффекту?
5. Каким методом оценивают эффективность модернизации технологического оборудования?

Задания для самостоятельной работы

Задача 1.1

Определите снижение трудоёмкости, высвобождение рабочих и рост производительности труда за счёт организационно-технических мероприятий, используя следующие данные: годовой выпуск изделий составляет 52 тыс. ед., трудоёмкость одного изделия уменьшилась с 1 января на 5 мин и составила 50 мин, полезный годовой фонд времени одного рабочего составляет 1840 ч.

Задача 1.2

Запланировано в цехе увеличить выпуск продукции по сравнению с прошлым годом на 10%, а численность работающих - на 2%.

Определите планируемый рост производительности труда и увеличение выпуска продукции за счет повышения производительности труда.

Задача 1.3

Норма расхода сырья на 1000 погонных метров труб до пересмотра составляла 153,6 кг. После пересмотра норма расхода сырья на 1000 погонных метров труб составила 153,1 кг.

Определите экономию сырья при производстве 500000 погонных метров полиэтиленовых труб после пересмотра нормы.

Краткие выводы

1. Современная отрасль переработки пластмасс располагает широким набором методов переработки и парком оборудования. Индивидуальные полимеры все больше заменяются полимерными композициями и смесями полимеров. Все это в совокупности дает возможность получать материалы с широким разнообразием свойств, обеспечивающих их применение для изготовления изделий в диапазоне от предметов ширпотреба до наиболее ответственных деталей военной и космической техники.

2. Нормы расхода сырья и материалов должны быть ориентированы на внедрение новой техники, прогрессивной технологии, повышение уровня организации производства и отражать конструктивные, технологические и организационные мероприятия по экономии сырьевых ресурсов, тем самым способствуя достижению наибольших результатов при наименьших материальных затратах.

3. Производительность труда зависит от мотивации и организационных условий производства, компетенции персонала, инновационной направленности стратегии предприятия. С целью повышения эффективности производства добиваются уменьшения чистой массы изделия при сохранении его эксплуатационных свойств на основе совершенствования конструкции изделия и оснастки и других конструкторско-технологических решений.

4. Ознакомление с методами технологических и механических расчётов способствует усвоению теоретических основ курса и приобретению практических навыков в выборе материалов, технологических режимов и оборудования.

Список использованных источников

1. Крыжановский В.К., Кербер М.Л., Бурлов В.В., Пониматченко А.Д. Производство изделий из полимерных материалов.— СПб.: Профессия, 2004.— 464 с.

2. Галыгин В.Е., Баронин Г.С., Таров В.П., Завражин Д.О. Современные технологии получения и переработки полимерных материалов.—Тамбов. Издательство ФГБОУ ВПО «ТГПУ», 2012. – 180 с.

3. Литвинец Ю.И., Бурындин В.Г., Пономарев А.П. Технологическое оборудование для переработки пластмасс методом экструзии: учебное

пособие. – Магнитогорск: Издательство Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова, 2015. – 85с.

4. Кудрявцева З.А., Ермолаева Е.В. Проектирование производств по переработке пластмасс методом экструзии: Учебное пособие к выполнению курсовых и дипломных проектов. - Владимир: Владимирский государственный университет, 2003.– 96с.

5. ГОСТ 16338-85 Полиэтилен низкого давления. Технические условия.

6. ГОСТ 18599-2001 Трубы напорные из полиэтилена. Технические условия.

7. Шерышев М.А. Основы технологии переработки полимерных материалов: конструирование изделий из пластмасс. М.: Издательство Юрайт, 2019. - 119с.

8. Торнер Р.В., Акутин М.С. Оборудование заводов по переработке пластмасс – М.: Химия, 1986. – 400с.

9. Ким В.С. Теория и практика экструзии полимеров.– М.: Издательство «Химия», «КолосС», 2005. – 568с.

10. Шерышев М.А., Лясникова Н.Н. Механические расчеты оборудования для переработки пластмасс. – СПб: Издательство «Научные основы и технологии», 2014. – 400с.

11. Пискарев А.А. Нормирование расхода пластмасс в производствах их переработки. – М.: Химия, 1989.– 96с.

12. Петрюк, И. П. Материаловедение. Полимерные материалы и композиты. В 2 ч.: учебное пособие – Волгоград: ИУНЛ ВолгГТУ, 2011 – Ч. 1. – 68 с.

13. Чувагин Н.Ф. Проектирование участков и цехов для производства пластмассовых изделий. – Нижний Новгород: НГТУ, 2016. – 31с.

14. Переработка пластмасс: справочное пособие/ под ред. Брагинского В.А. – Л.: «Химия», 1985. – 296 с.

15. Сутягин В.М., Ляпков А.А. Основы проектирования и оборудование производств полимеров: учебное пособие. Томск: Издательство ТПУ, 2005. – 443с.

16. ТУ 6-005-1646-73 Труба винипластовая. Технические условия.

17. ГОСТ 10354-82 Пленка полиэтиленовая. Технические условия.

18. Грибов В.Д., Грузинов В.П., Кузьменко В.А. Экономика организации (предприятия): учебник.– М.: – КНОРОС, 2016.– 416с.

19. Тимонова Г.М., Дорофеев В.И., Кривоногова В.А. РДМУ 64-110-90 Методические указания. Нормирование расхода сырьевых ресурсов в производстве, – 1991. – 8с.

ГЛАВА 2 ОБСЛУЖИВАНИЕ И ЭКСПЛУАТАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Введение

Цель настоящей главы пособия - дать основные сведения о современных типах и возможностях оборудования и технологической оснастки в области переработки полимерных материалов, познакомить с современными подходами к применению робототехнических устройств; с перспективными конструкциями и техническими решениями технологических линий.

Основой для изучения материалов главы являются знания, полученные при изучении дисциплин «Черчение», «Основы технической механики и конструкционные материалы», «Процессы и аппараты химической технологии», «Технология переработки полимерных материалов», «Оборудование предприятий по переработке полимерных материалов».

Материал данной главы учебного пособия даёт возможность обновления теоретических знаний и формирование современного подхода в подготовке технически и технологически ориентированных специалистов в отраслях производства пластмассовых изделий и изделий из армированных полимерных материалов и будет способствовать освоению модуля «Обслуживание и эксплуатация технологического оборудования» на должном уровне.

Модуль «Обслуживание и эксплуатация технологического оборудования» имеет продолжение в модуле «Управление технологическим процессом» и в Преддипломной практике, так как для руководства техническим обслуживанием и несложным ремонтом оборудования необходимо знать принципы работы и конструкция основного оборудования и технологической оснастки; правила технической эксплуатации оборудования.

2.1 Оборудование для изготовления изделий из армированных полимерных материалов

К основному технологическому оборудованию и вспомогательным техническим средствам, задействованным при изготовлении армированных полимерных материалов, в данном случае изделий из стеклопластика на основе термореактивных связующих, предъявляются два основных требования:

- обеспечение равномерной подачи стекловолокнистого наполнителя или качественной укладки армирующих стекловолокон на поверхность шаблона-матрицы;
- обеспечение полноценной пропитки наполнителя связующим термореактивным составом.

К вспомогательным процессам относятся: производство стекловолокнистых рулонных материалов (холсты, ленты и ткани) и объемных заготовок изделий, также производство прессовочных композитов и предварительно пропитанных рулонных материалов. К основным процессам относятся методы формования самих изделий.

Технологическое и аппаратурное оформление изготовления изделий из армированных полимерных материалов определяется особенностями используемых изделий.

Условно все используемые методы могут быть разделены на две группы – *открытые и закрытые*.

Открытыми методами получают изделия, одна из поверхностей которых оформляется жесткой поверхностью формы, вторая - может оставаться либо совершенно свободной, либо формируется при весьма небольших давлениях (в пределах 0,1-0,6 МПа). Из открытых методов наиболее распространены намотка, контактное формование (укладка), центробежное формование, формование с помощью эластичной диафрагмы и ряд других.

Закрытые методы предполагают формование, при котором все поверхности изделия контактируют с жесткими или эластичными поверхностями формы. К этим методам принадлежат пултрузия погонажных изделия, прессование штучных изделий, в том числе эластичным пуансоном, пропитка под давлением и др.

Изделия обеих групп получают *по мокрой и сухой технологии*.

В первом случае наполнитель пропитывается связующим непосредственно перед нанесением на поверхность формы, во втором – наполнитель пропитывается раствором связующего и сушится, превращаясь, в полуфабрикат, называемый препрегом.

Для каждой методики изготовления изделий из стеклопластика предлагаются различные модели технологического оборудования от ведущих производителей в сфере производства композитных полимеров.

Переработка армированных термопластов производится, как правило, традиционными методами, применяемыми в отрасли пластмасс для неармированных полимеров. В настоящее время наиболее часто изделия из армированных термопластов изготавливают литьём под давлением на модифицированном для этой цели оборудовании. Основные изменения касаются конструкции пластификатора, который должен обеспечивать плавление композиции без дробления стекловолокна, так как уменьшение его длины снижает прочность изделия.

В настоящее время развиваются также методы экструзии труб из стеклонаполненных термопластов.

В настоящей главе рассмотрим оборудование для *ручного контактного формования, напыления, вакуумной формовки и намотки стеклопластиков, а также пултрузии*.

2.1.1 Оборудование для контактного формования

Аппаратурное оформление контактного метода очень просто. Для его реализации необходимо располагать формой и прикаточным роликом. Метод контактного формования стеклопластика заключается в послойной укладке армирующего материала (ткани, мата) в матрицу, на поверхность которой предварительно нанесены антиадгезионное покрытие и декоративно-защитный слой гелькоут [1,2,3]. Далее армирующий материал пропитывается связующим и прикатывается жестким валиком или шпателем для удаления из связующего воздушных включений. Связующее наносят при помощи кисти или распылительного пистолета (Рис. 2.1).

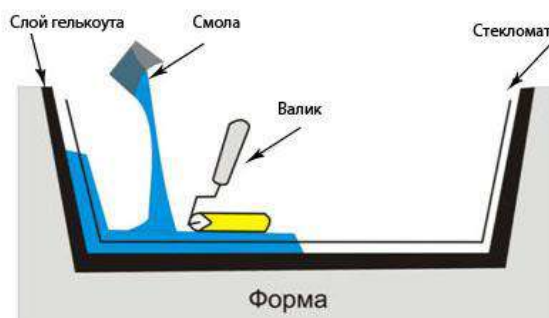


Рисунок 2.1 – Схема установки ручной контактной формовки

В настоящее время для реализации метода контактного формования широко применяются средства малой механизации. К ним относятся *установки для приготовления и дозированной подачи связующего* через гибкий шланг и телескопическую штангу к валику, посредством которого производится нанесение связующего на армирующий материал и одновременная его прикатка и уплотнение (Рис. 2.2). Для выполнения этих операций используются также специальные металлические, резиновые и ворсистые валики разной длины (Рис. 2.2).



Рисунок 2.2 – Укладка с применением установки приготовления и дозированной подачи связующего



Рисунок 2.3 – Процесс изготовления корпуса судна с помощью укладочных машин

При формировании больших поверхностей широко применяются *пропиточно-укладочные машины*. Эти машины работают с тканями, матами, а также другими ткаными материалами рулонного типа, обеспечивают их пропитку заданным количеством связующего и укладку на плоскую или криволинейную поверхность. Они смонтированы на специальных направляющих, благодаря чему машина может перемещаться вдоль и поперек матрицы (пуансона), и оборудуется системой поворота, что позволяет производить укладку армирующего материала в любом заданном направлении (Рис. 2.3).

2.1.2 Оборудования для напыления

Способ напыления довольно простой (рубленое волокно пропитывают отверждающейся смолой, и затем эту смесь равномерным слоем с помощью распылительного устройства наносят на форму, где и происходит отверждение), но требует точного соблюдения определенных условий. Прежде всего, необходим *строгий контроль над качеством смешения смолы, загустителя и инициатора*. Хорошее качество смеси получается при использовании *высокопроизводительных, плавно работающих насосов, дозаторов и смесителей*, при этом необходимы *постоянные температуры смешиваемых компонентов, массовая доля стекловолокна (обычно ~20 %) и одинаковая длина волокон*. Многообразие получаемых при напылении деталей вызывает необходимость не только в автоматической подаче материала, но и в системах распознавания оснастки (головки распылителя, захватов, вставных деталей) [1,3,4].

Мобильные комплексы (Рис. 2.4) предназначены для подачи в заданном соотношении компонентов в устройство их гомогенного перемешивания и насыщения рубленым стекловолокном с последующим нанесением на форму или объект.

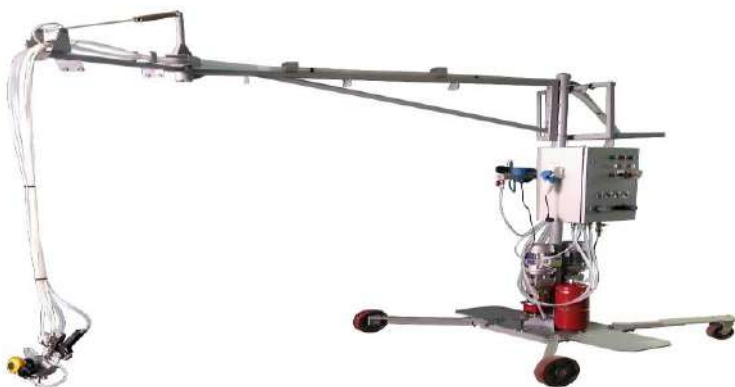


Рисунок 2.4 - Мобильный комплекс для напыления

Мобильные комплексы бывают двух модификаций: для напыления гелькоута и полиэфирной смолы с армированием стекловолокном и для напыления гелькоута и эпоксидной смолы с армированием стекловолокном.

Задача мобильного комплекса заключается в том, чтобы подать смолу и отвердитель из емкости до пистолета распылителя под необходимым давлением в соотношении, которое требует технология переработки используемых материалов.

Мобильный комплекс состоит из колесной опоры, на которой установлена центральная стойка. На стойке закреплены все узлы и агрегаты мобильного комплекса. Внизу устанавливается блок подачи промывочной жидкости, соединенный с пневмоэлектрическим пультом управления на кронштейне. Также на стойке закрепляется насосный агрегат подачи смолы и насосный агрегат подачи отвердителя, выполненный на одном кронштейне с пневматическим гасителем пульсаций. Все насосные агрегаты подключаются к общему пульту управления, через который осуществляется контроль и регулирование соотношения смолы и отвердителя.

Для напыления стекловолокна пистолет (Рис. 2.5) представляет собой систему двух агрегатов: *пневматического пистолета-распылителя и узла рубки стекловолокна*, жестко закрепленного на корпусе пистолета-распылителя.



вид справа



вид слева

Рисунок 2.5 – Пистолет типа ПФП-02 для напыления стеклопластика

Важным отличием и преимуществом является возможность управления подачей компонентов и рубкой стекловолокна единым рычагом.

Для установки стеклонити в фибропистолет ее необходимо подать через канал, подвести к прижимному ролику под прижимную пластину и, прокручивая прижимной ролик от руки, подвести стеклонить под ножи ролика, после чего фибропистолет готов к работе. При необходимости можно завести две или даже три нити.

Стеклонить рубится на отрезки мерной длины (9 мм или 13 мм). Для удобства и точности попадания фибры в факел распыляемых компонентов пистолет снабжен лотком, угол наклона которого можно регулировать.

На выходе пистолета осуществляется гомогенное перемешивание (внешнее или наружное смешивание) всех трех компонентов (смола, отвердитель, фибра), после чего аэрозольный поток наносится на поверхность формы (матрицы) (Рис. 2.6).



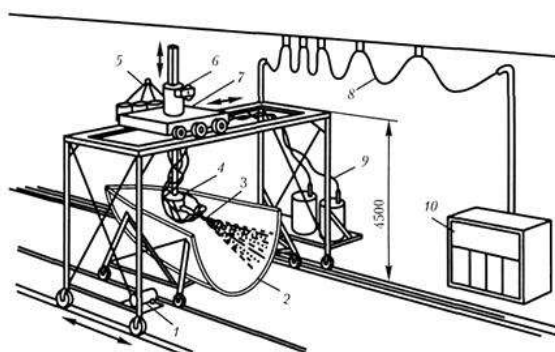
Рисунок 2.6 – Пистолет – распылитель в работе

Современным видом оборудования для напыления служат *передвижные установки* нижеприведенных конструкций (Рис. 2.7).



Рисунок 2.7 – Установки передвижные для напыления

В массовом производстве методами формования ручной укладкой и напылением таким изделий, как корпуса лодок и катеров, раковины, ванны и прочие изделия, применяют *роботы* (Рис. 2.8).



1 — привод продольного перемещения; 2 — форма; 3 — распылительное сопло; 4 — поворотная головка; 5 — подача стекловолокна; 6 — привод вертикального перемещения; 7 — привод поперечного перемещения; 8 — кабель; 9 — подача смолы; 10 — блок управления с программ носителем.

Рисунок 2.8 - Трёхкоординатный роботизированный автомат для напыления

Преимущество автоматизированного устройства заключается в возможности строгого выполнения технологических требований и сведении функций оператора только к контролю процесса, замене форм и обеспечению сырьем.

После отверждения композита производят обрезку и зачистку кромок. При правильном подборе отвердителя в конце стадии отверждения присутствует короткий отрезок времени, когда слоистый пластик становится твердым, нелипким, кожеподобным. Именно в этот временной интервал можно ножевым устройством обрезать кромки по шаблону.

Оборудование для стеклопластика напылением автоматически осуществляет жёсткое дозирование полиэфирной смолы и отвердителя, рубку ровинга на части заданных размеров.

При таком производстве стеклопластика отсутствуют отходы полиэфирной смолы, характерные для приготовления смеси полиэфирная смола - отвердитель вручную. После рубки части стекловолокна попадают в струю полиэфирной смолы из распылительного пистолета и пропитываются ею во время переноса на матрицу.

Оборудование для стеклопластика значительно облегчает работу. На долю ручного труда остаётся уплотнение стеклопластика в матрице прикаточным валиком. Доля ровинга в ламинате должна составлять (30-45)% наполнителя (полиэфирной смолы с отвердителем). На рынке присутствует оборудование американских фирм Graco и MVP (Magnum Venus Products). Из российских производителей качественную аппаратуру для напыления производят компания «СКБ-077» и НПФ «Новые Строительные Технологии».

2.1.3 Оборудование для вакуумной инфузии

Технология производства композита методом вакуумной инфузии, аналогична контактному формованию, но дополняется применением вспомогательных материалов (жертвенная ткань, вакуумная пленка) и источника остаточного давления (вакуумный насос) (Рис. 2.9 и Рис. 2.10) [2, 5].



Рисунок 2.9 – Заготовка изделия в сборе

После пропитки армирующих материалов связующим на них укладываются вспомогательные материалы и покрываются вакуумной пленкой. В дальнейшем внутри вакуумного мешка создается остаточное давление, которое способствует удалению излишков смолы и воздуха. *Изделия, произведенные по этой технологии, отличаются высоким качеством (отсутствие воздушных пузырей), малой массой и высокой прочностью.*

Установки вакуумной инфузии производят и поставляют многие производители из разных стран. Модельный ряд включает различные сочетания насосов производительностью от 8 до 60 м³/мин и вакуумных камер объемом от 7 до 128 л. Широкий модельный ряд позволяет подобрать установку под любой тип и размер изделия, получаемого методом вакуумной инфузии.

Расположение установки бывает трех видов: настольное; напольное в два этажа; напольное на одном уровне (Рис. 2.11).



Рисунок 2.10 – Процесс сборки макета изделия



Рисунок 2.11 – Станция вакуумная напольная

К преимуществам оборудования для вакуумной инфузии относят: возможность создания искусственной течи в системе откачки для контроля остаточного давления; закрытый тип конструкции; ввод трубок непосредственно в вакуумную камеру, что предотвращает контакт смолы и элементов откачной системы; легкий доступ к насосу. Установки легко транспортируются и удобны при эксплуатации.

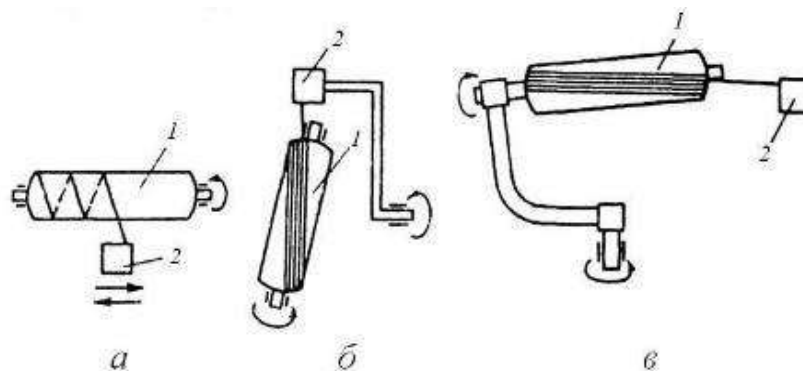
Приоритеты среди производителей систем вакуумной формовки те же, что и для напыления – американские Graco и MVP (Magnum Venus Products).

2.1.4 Оборудование для намотки

Для формования стеклопластиков используются намоточные станки различных конструкций. [1, 2, 6]. Среди различных типов машин для намотки оболочек выделяют три основные группы, различающиеся по характеру движения раскладчика и оправки (Рис. 2.12).

Наиболее простую конструкцию имеют станки с вращающейся оправкой и возвратно-поступательно движущимся раскладчиком, с которого наполнитель поступает на оправку.

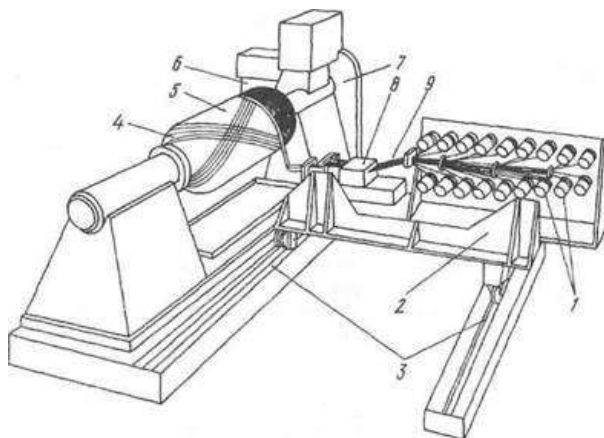
В станках планетарного типа раскладчик вращается в плоскости, почти совпадающей с осью оправки, при этом оправка вращается с очень малой скоростью. В станках для формирования небольших изделий, оправка вращается в двух плоскостях, при этом раскладчик остаётся неподвижным.



а – станок с вращающейся оправкой и возвратно-поступательным движением каретки раскладчика; *б* – станок с планетарным движением шпулярника; *в* – станок с планетарным движением оправки; 1 – оправка; 2 – раскладчик.

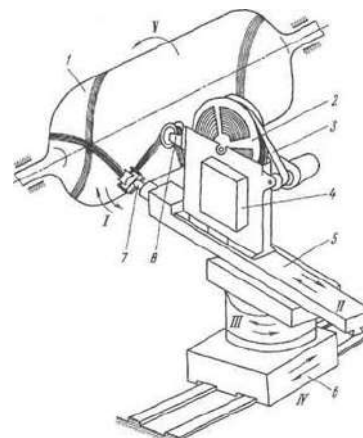
Рисунок 2.12 – Схемы намоточных станков

Применяя метод намотки, можно *применять как сухое, так и мокрое формование*. Схемы станков мокрой и сухой намотки показаны на рисунках 2.13 и 2.14.



1 – шпули с нитями; 2 – шпулярник;
3 – направляющие; 4 – спиральные слои;
5 – оправка; 6 – окружные слои; 7 – привод вращения; 8 – ванночка со связующим;
9 – сформированная пряжа.

Рисунок 2. 13 – Схема станка «мокрой» намотки изделия



1 – оправка; 2 – бобина с препрегом;
3 – разделительная планка;
4 – нагреватель; 5 – суппорт;
6 – каретка; 7 – головка;
8 – устройство натяжения.

Рисунок 2.14 – Схема станка «сухой» намотки изделия препрегом

В настоящее время получили распространение высокопроизводительные *станки с числовым программным управлением*

(ЧПУ) для намотки стеклопластиковых труб, металлокомпозитных и полимерных баллонов высокого давления, станки рядной намотки однонаправленной лентой и препрегом модели. Станки-полуавтоматы оснащены системами автоматизации установки оправок и лейнеров, имеют от 2-х до 6-ти управляемых ЧПУ числовым программным управлением осей.

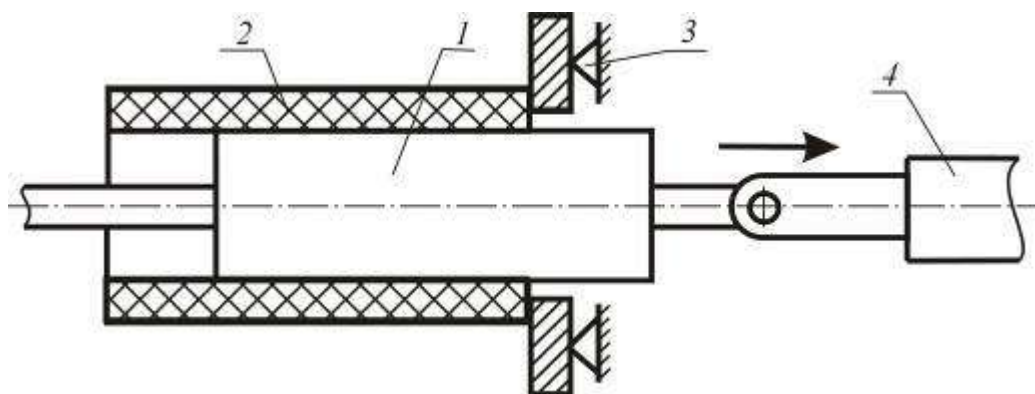
Станки оснащены системой автоматического регулирования температуры связующего в ванне, ручной плавной регулировкой наноса связующего, натяжения сформированной ленты. На станках обеспечивается регистрация параметров электронными носителями. Имеются варианты станков с дополнительным подогревом тракта регулируемыми инфракрасными нагревателями.

Для намотки труб станки оснащаются устройством косослойной продольно-поперечной намотки (вертлюг). Устройство косослойной продольно-поперечной намотки позволяет за один проход набрать слой стеклопластика толщиной до 5 мм с программно заданным углом продольного армирования. Угол задается в системе числового программного управления и поддерживается станком автоматически в следящем режиме.

Станки имеют программно-математическое обеспечение для генерации управляющих программ (ПМО УП) на рабочем месте технолога под ОС Windows (98, XP, Vista, 7, 8, 10).

САПР программиста-технолога имеет привязку к геометрическим характеристикам станка и обеспечивает, путем диалога, создание управляющей программы для намотки трубы, баллона, шара, емкости и изделий сложной формы.

Неразборные удаляемые оправки изготавливаются, как правило, из одной заготовки материала (чаще металла) с вмонтированной трубчатой осью. Оправки такого вида используются для изготовления цилиндрических и конических деталей средних размеров. Для демонтажа деталей с этих оправок применяются специальные устройства - кабестаны (Рис. 2.15).



1 - оправка; 2 - намотанное изделие; 3 - упор; 4 – гидроцилиндр.

Рисунок 2.15 - Схема устройства для снятия намотанного изделия с оправки

Изготовление стеклопластиковых труб (Рис. 2.16) или ёмкостей методом намотки осуществляется на предприятиях технологическими линиями, включающими следующее оборудование:

- намоточные станки;
- станки для пропитки и подачи сырья;
- системы поддержки и центровки трубной оснастки;
- системы регулирования скорости вращения.

При производстве *стеклопластиковых труб* метод *формования намоткой* позволяет *полностью механизировать* технологический процесс и сделать его непрерывным. Такие трубы имеют гладкую внутреннюю поверхность и характеризуются высокими прочностными показателями.



Рисунок 2.16 – Процесс изготовления труб методом намотки

На вертикальных машинах *отсутствует возможность прогиба оправки* под действием пластмассы, они занимают меньшую производственную площадь, более удобны в обслуживании. Метод дает возможность получать трубы диаметром 50-150 мм и длиной 6м. Установка монтируется в зданиях башенного типа высотой до 22 м.

2.1.5 Оборудование для пултрузии

Формование изделий из *ориентированного в продольном направлении стекловолокна* протяжкой пучка волокон через фильеру с плавно уменьшающимся сечением осуществляется в пултрузионных агрегатах (линиях) (Рис. 2.17) [2, 6, 7].



Рисунок 2.17 – Агрегат для формования методом пултрузии

Трубы и различные профильные изделия для конструкционных целей изготавливают на машинах горизонтального типа.

Установка работает следующим образом. Жгуты стекловолокна сматываются с бобин (Рис. 2.18), подогреваются в камере до температуры 150°C, затем собирается в пучок, проходя через отверстия в дисках. Далее пучок жгутов в ванне пропитывается смолой, после чего проходит через профилирующее устройство и поступает в формовочный механизм. Здесь он освобождается от избыточной смолы и формуется в изделие требуемого профиля. Пучок жгутов распределяется по профилю изделия последовательно установленными направляющими с фильерами. Число жгутов в пучке подбирается в зависимости от размера и профиля изделия.



Рисунок 2.18 – Шпулярник полочного типа с системой предварительного натяжения продольной арматуры



Рисунок 2.19 – Возвратно-поступательный механизм протягивания продольной арматуры

Формующая матрица (Рис. 2.20) в свою очередь состоит из распределительной плиты 1, попадая в отверстия которой пропитанные волокна 2 равномерно распределяются по контуру будущего изделия. Одновременно с них снимается избыточное количество связующего. Затем волокна попадают в охлаждаемые губки матрицы, образованные охлаждаемой формующей матрицей 3 и дорном 4. В губках профилирующей щели окончательно отжимается всё лишнее связующее, после чего отформованное изделие поступает в горячую часть матрицы 5, отделённую от охлаждаемых губок термоизоляционной прокладкой 7 и обогреваемую пластинчатым нагревателем 8 с термопарой 6.

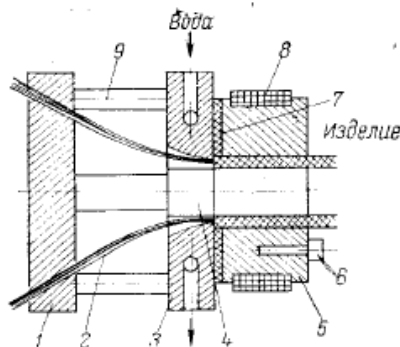


Рисунок 2.20 – Формующая матрица агрегата для пултрузии труб.

Крепление распределительной плиты к корпусу матрицы осуществляется посредством четырёх стальных колонн 9. Длина обогреваемой части матрицы выбирается такой, чтобы за время её прохождения основная часть связующего успела заполимеризоваться и на выходе из матрицы было фактически сформировано готовое изделие. Окончательное отверждение изделия происходит в камере термообработки, откуда оно поступает в камеру водяного охлаждения. Изделие протягивается тянущим устройством (Рис. 2.19). Отрезается механизмом резки и поступает на стеллажи.

Протяжка волокон и готового изделия через распределительную плиту, формующую матрицу и камеры отверждения и охлаждения осуществляется при помощи гусеничного тянущего механизма с регулируемой скоростью. Производительность таких установок может составлять от 0,4 до 1,2 м/мин.

Схема классического процесса пултрुзии показана на рисунке 2.21.



Рисунок 2.21 – Схема процесса пултрузии

Технологическая линия производства ООО «Экспериментальный завод композитных материалов» (Россия) представляет собой пултрузионное оборудование, производящее композитную арматуру на основе стеклянного, базальтового, углеродного или арамидного ровинга, связанного термореактивным полимером. Оборудование позволяет производить композитную арматуру и гибкие связи периодического профиля в песчаной обсыпке (с песчаным покрытием) либо в мелкозернистой каменной крошке.

Основные технологические характеристики линии приведены ниже в таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Параметры пултрузионной линии по производству арматуры из композиционных материалов

| Наименование параметра | Значение |
|---|-------------------------|
| Максимальная температура нагрева печи, °С | 450 |
| Время прогрева до 300 °С, мин | 45 |
| Диаметр арматуры, мм | от 4 до 16 |
| Количество ручьев арматуры | 1 |
| Средняя скорость протяжки, м/мин | 8 (Ø 4 мм); 2 (Ø 16 мм) |

Использование *высокочастотного* нагрева даёт возможность изготавливать методом пултрузии толстостенные изделия с высокой производительностью, *достигающей 6 м/мин*. Высокую производительность можно достигнуть на установках с *большой рабочей зоной*, в этом случае одновременно протягивается несколько профилей.

Производятся пултрузионные машины с размерами рабочей зоны от (305x100) мм с усилием протяжки 5,5 тонн до (1270x305) мм с усилием протяжки 18 тонн.

Пултрузионное оборудование современных установок обладает высокой производительностью и *допускает полную автоматизацию процесса*.

Существует несколько способов сборки пултрузионных линий. Большинство из них горизонтальные, хотя для устранения колебаний концентричности при производстве полых профилей применяется вертикальная компоновка.

Метод пултрузии с использованием *термопластичных* полимеров в качестве матрицы осуществляется на линиях, включающих *следующее оборудование*: шпулярник для бобин с ровингом; ровинг; экструдер; пропиточное устройство; стренги (ровинг, пропитанный полимером); профилирующее устройство; тянущее устройство; отрезное устройство.

Производительность подобных линий в *настоящее время уступает* по производительности пултрузионному оборудованию, предполагающему использование *термореактивных смол* в качестве матрицы.

В пултрузионных линиях тянущие устройства представляют собой простые механизмы трех типов: ременные или гусеничные со сменными траками под каждый типоразмер; непрерывные возвратно-поступательные; прерывистые возвратно-поступательные. Наиболее эффективны для проведения непрерывного вытягивания заготовок механизмы первого типа.

Отметим, что в пултрузионных установках применяют *три способа отверждения заготовок*: в туннельных термокамерах; внешним нагревателем; в формующей фильере в электромагнитном поле СВЧ.

При отверждении внешним нагревом требуется прерывать движение заготовки для проведения процесса полимеризации. *Наиболее эффективным является третий способ, при котором полное отверждение композита происходит при непрерывном движении материала в формующей фильере длиной около 500 мм.*

Последнее техническое решение в мире будет представлено на JEC World 2020. Ведущий производитель пултрузионного оборудования Thomas Technik & Innovation (TTI) откроет новую страницу в истории, представив pullCUBE, *самую короткую пултрузионную машину в мире* (Рис. 2.22).

Длина пултрузионной линии составляет *всего 3,5 метра, это на 75% короче*, чем у существующего на рынке пултрузионного оборудования, что обеспечивает производителей компактным и мобильным производственным решением [8].

Как ведущий новатор, производитель и эксперт по технологиям на рынке пултрузионного оборудования, TTI разработала pullCUBE, чтобы *сделать пултрузию более доступной* для производителей композитных материалов и обеспечить гибкое, мобильное, быстро устанавливаемое производственное оборудование для изготовления композитных профилей.

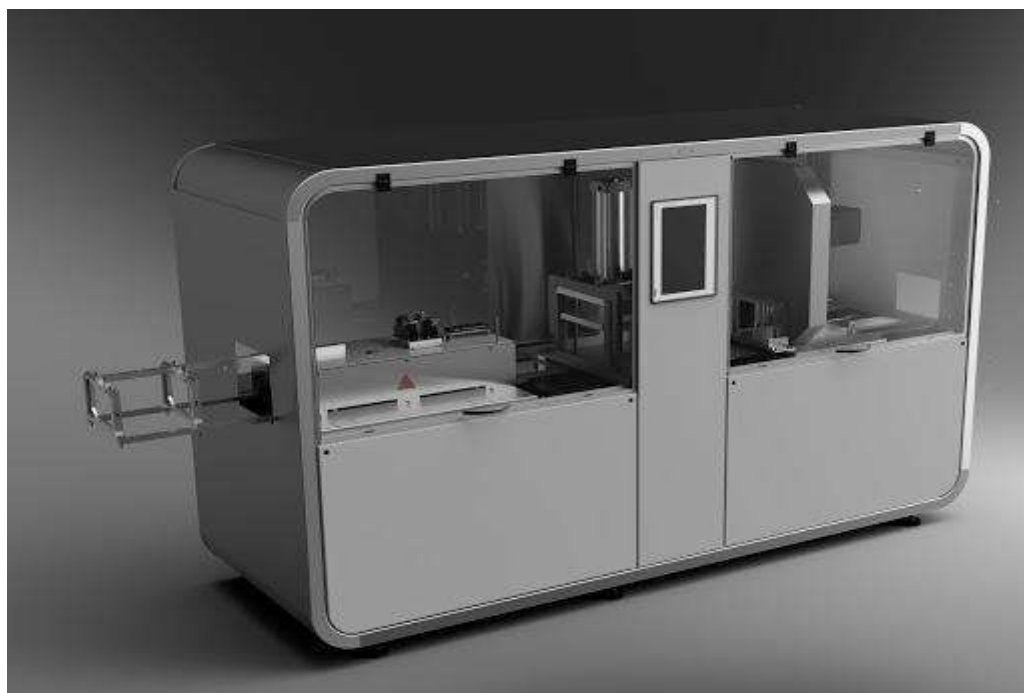


Рисунок 2.22 – Пултрузионная линия pullCUBE

Линии pullCUBE длиной всего 3,5 м позволяют производителям устанавливать их на уже существующих производственных площадках без необходимости строительства новых цехов.

? Вопросы для самостоятельного контроля

1. В чем сущность классификации методов открытого и закрытого формования стеклопластиковых изделий?
2. Назовите признак отличия методов сухого и мокрого формования.
3. Приведите примеры оборудования для мокрого способа производства изделий намоткой.
4. Каковы преимущества в аппаратном оформлении метода напыления перед контактным методом?
5. Описать схему процесса пултрузии термопластов.
6. Принцип подбора длины обогреваемой матрицы пултрузионной линии.
7. Как осуществляется механизация производства труб из стеклопластика?
8. Преимущества оборудования для метода вакуумной инфузии.

9. Каковы тенденции механизации и автоматизации процесса производства изделий из стеклопластика методом намотки?

Лабораторная работа 2.1

Тема. Конструкции основных узлов гидравлических прессов прямого прессования

Цель работы. Изучение конструкции и принципа действия основных узлов прессов, гидроцилиндров, станины, подвижных и неподвижных поперечин, их отдельных деталей.

Оборудование: прессы гидравлические усилием 630 кН и 250 кН.

Предварительная подготовка

1. Ознакомиться с описанием узлов пресса, их работой, конструкцией и расчётом.

Порядок выполнения работы

1. На рабочем месте ознакомиться с конструкциями основных узлов прессов: станиной, гидроцилиндром и принципами их работы.

2. Изучить и составить эскизы станины.

Отчёт по работе

1. Описать подготовку по рекомендуемой литературе.

2. В виде эскизов предложить конструктивное решение узлов и деталей гидроцилиндров, конструкций подвижных и неподвижных уплотнений крышки гидроцилиндра, поршня, штока.

3. Составить эскизы с размерами сечений рамы.

4. Выводы.

Лабораторная работа 2.2

Тема. Изучение конструкции и принципа действия гидропривода

Цель работы. Изучение конструкции и принципа действия основных узлов гидропривода пресса-насоса, распределителей, регулировочных и предохранительных клапанов, фильтров, измерительных приборов; получение навыков и умений регулирования основных параметров привода; составление принципиальных схем гидроприводов прессов, эскизов узлов и быстроизнашивающихся деталей.

Оборудование: гидропривод пресса, блок-распределители, насосы, фильтры и др.

Предварительная подготовка

Ознакомиться с назначением, устройством, конструкцией, принципом действия узлов гидропривода; изучить схемы и принцип работы индивидуального и группового насосно-аккумуляторного приводов.

Порядок проведения работы

1. На рабочем месте изучить конструкции распределителей, принцип их работы, составить схему движения рабочей жидкости в блоке

золотниковых распределителей.

2. Ознакомиться с конструкцией насосов и нарисовать эскиз основных деталей.

3. Составить принципиальную схему электроконтактного манометра и получить опыт регулирования усилий прессования с помощью указанного прибора.

4. Изучить принцип действия подпорного клапана, двухклапанного золотникового распределителя.

Работа схемы гидропривода

Перед включением пресса студенты по описанию и действующему гидроприводу должны изучить расположение и назначение основных узлов, последовательность включения распределителей схемы гидравлического привода пресса.

Отчёт по работе

1. Краткие сведения о назначении индивидуальных и групповых гидравлических приводов.

2. Эскизы основных деталей распределителей и насосов.

3. Принципиальная схема гидропривода.

4. Вывод.

Лабораторная работа 2.3

Тема. Конструкция и принцип действия литьевых машин для переработки термопластов.

Цель работы. Ознакомление с конструкцией и принципом действия литьевых машин для переработки термопластов, составление технической характеристики литьевой машины.

Оборудование: пресс вертикальный литьевой [1].

Предварительная подготовка

Ознакомиться с процессом литья под давлением термопластов, конструкциями литьевых машин; изучить методики расчёта основных параметров литьевых машин.

Порядок выполнения работы

1. В лаборатории на рабочем месте ознакомиться с конструкцией литьевого пресса и составить его принципиальную схему.

2. По соответствующим зависимостям определить основные параметры литьевых машин.

3. Составить техническую характеристику литьевой машины.

Составление технической характеристики литьевой машины

Рассчитав необходимые параметры и сделав соответствующие замеры, обучающиеся составляют техническую характеристику литьевой машины, включающую в себя следующие позиции:

1. Объём отливки;

2. Диаметр червяка;

3. Частота вращения червяка;
4. Инжекционное давление;
5. Расстояние между колоннами;
6. Высота формы;
7. Усилие запираания формы;
8. Мощность обогревателей; электродвигателей;
9. Габаритные размеры;
10. Масса машины.

Содержание отчёта

1. Краткие сведения о классе и типе изучаемой литейной машины.
2. Принципиальная схема литейной машины.
3. Техническая характеристика литейной машины.

Лабораторная работа 2.4

Тема. Знакомство с назначением и конструкцией основных узлов литейной машины

Цель работы. Ознакомление с назначением и конструкцией основных узлов литейной машины; составление эскизов.

Оборудование: машина литейная [1].

Предварительная подготовка

Ознакомиться с назначением, конструкцией и методиками расчёта основных узлов и деталей литейных машин

Порядок проведения работы

1. В лаборатории на рабочем месте ознакомиться с конструкцией основных узлов и деталей литейной машины.
2. Составить эскизы деталей (по назначению преподавателя).

Содержание отчёта по работе

1. Краткое описание назначения и принципа действия основных узлов литейной машины.
2. Эскизы назначенных преподавателем узлов и деталей.
3. Вывод.

? Контрольные вопросы к лабораторным работам

1. Перечислите основные операции процесса прессования.
2. Каким образом осуществляется разборка и сборка пресс-форм?
3. Как производится выбор технологического режима прессования на используемый при изготовлении изделий материал?
4. Для какой цели производится операция – подпрессовка?
5. Какие меры принимаются для уменьшения износа пресс-форм?

2.2 Роль технологической оснастки в переработке полимерных материалов

2.2.1 Назначение и виды формообразующей оснастки

При производстве изделий из полимерных материалов важную роль выполняет формообразующая оснастка, которая может представлять собой замкнутую или открытую форму, полуформу, профилирующий инструмент и т. п. в зависимости от принятого способа переработки. Назначение оснастки состоит в придании изделию заданной формы и размеров с оптимальными техническими свойствами.

Формующие инструменты - основные рабочие органы машин, перерабатывающих пластические массы в изделия, причем эти органы автономны, их проектируют отдельно от технологической машины, но обязательно ориентируясь на ее технические параметры и предельные возможности. Именно в рабочих органах проходят последовательно все стадии формования изделий, завершаясь образованием требуемого их качества [2,9,10,11,12].

Формообразующая оснастка при всех рассмотренных выше способах формования изделий является *сменной*. Она проектируется и изготавливается в соответствии с чертежами будущего изделия. Для установки на оборудование и сопряжения с ним оснастка должна иметь соответствующие данному оборудованию узлы, т. е. оснастка проектируется под конкретные изделия и оборудование.

Особенности конструирования технологической оснастки для формования изделий из полимеров определяются реологическими и теплофизическими свойствами перерабатываемого полимера: его вязкостью, теплопроводностью, усадкой и другими свойствами, а также принятой технологией формования.

Важнейшим элементом формообразующей оснастки является *оформляющая поверхность*, благодаря которой полимерная масса принимает заданную форму и внешний вид. В литейной форме большую роль играют *литниковые каналы*, обеспечивающие подвод и распределение расплава полимера в форме до того, как он начнет отверждаться. С целью предотвращения отверждения расплава сложные литниковые каналы делают обогреваемыми. Это позволяет равномерно и полно заполнить оформляющую полость расплавом полимера. Отверждение полимера и принятие им заданной формы происходит при определенной температуре. Съём отформованных изделий с формообразующей оснастки происходит в холодном (термопласты) или горячем (реактопласты, резины) состоянии. С целью поддержания необходимого теплового режима формообразующая оснастка имеет полости и каналы для подачи теплоносителей или встраивания электронагревательных элементов.

Проектирование и изготовление формообразующей оснастки довольно сложное дело, требующее специальных знаний и опыта. Современные технологии позволяют проектировать формы и профилирующий инструмент в автоматическом режиме с использованием соответствующего программного обеспечения.

Производство изделий из армированных композиционных материалов характеризуется разнообразием технологических возможностей. Выбор технологии производства – очень важная стадия при разработке и конструировании изделий, от которой зависят не только свойства готовой продукции, но и ее себестоимость.

Материал формующего инструмента должен быть по возможности дешевым, технологичным, достаточно прочным, жестким, теплостойким, коррозионностойким. Эти требования важно потому, что в основном область применения армированных полимерных материалов – крупногабаритные изделия, для формования которых не всегда целесообразно изготавливать дорогостоящую оснастку.

Поэтому для опытного и мелкосерийного производства формующий инструмент следует изготавливать из дерева, фанеры, цемента, гипса, железобетона, некоторых полимерных композиций (в том числе стеклопластика), металлических сплавов, реже – изготавливают из металла, применение которого обосновано лишь в массовом производстве. В редких случаях для изготовления отдельных элементов формующего инструмента используются композиции из воска, парафина и канифоли с введением тонкодисперсного алюминиевого порошка для уменьшения усадки композиции.

Оснастка из дерева имеет ограниченное применение, обусловленное значительным влиянием температуры и влажности воздуха на форму и размеры формующих элементов. Влажность деревянной оснастки должна быть в пределах (12-16) %. На одной деревянной форме можно изготовить не более десяти изделий.

Формы из гипса пригодны для методов формования при низком давлении. Рабочую поверхность гипсовых форм вследствие сильно развитой пористости покрывают восковыми композициями. Влага в гипсе замедляет процесс отверждения полимерного материала, такие формы рекомендуется тщательно просушивать. Гипсовые формы разборные применяются крайне редко. Срок службы форм из гипса до десяти малогабаритных изделий или одно изделие средних габаритов размерами в пределах (2-3) м.

При повышенных требованиях к качеству поверхности изделий формующие поверхности деревянной, фанерной и гипсовой оснастки зашпаклевывают нитрошпатлевкой, зачищают под окраску и покрывают эмалевой краской. Такая обработка производится повторно в указанной последовательности.

Оснастка из бетона используется для изготовления, например, крупногабаритных станин станков.

Оснастка из стеклопластиков изготавливается на основе различных полиэфирных и эпоксидных смол с наполнителями из стеклотканей, стеклохолстов, стекложгутов. В эпоксидные смолы добавляются минеральные порошкообразные наполнители (кварц, каолин, асбестовая мука), органические наполнители (деревянные опилки, очёсы, джутовое и льняное волокно), металлические наполнители в виде железного, медного или алюминиевого порошка, тонкой проволоки.

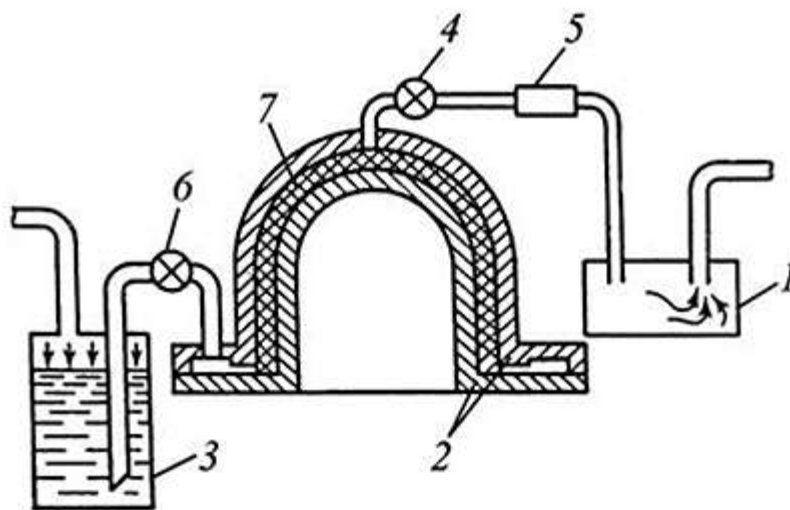
Оснастка из стеклопластиков применяется в основном для изготовления крупногабаритных стеклопластиковых изделий методами формования без давления. Примеры рекомендуемых композиций:

- смола ЭД-16 35,0 %, дибутилфталат 3,5 %, полиэтиленполиамин 3,5 %, железный порошок 58,0 %;

- смола ЭД-16 40,0 %, дибутилфталат 4,0 %, полиэтиленполиамин 4,0 %, маршаллит 52,0 %;

- смола ЭД-20 40,0 %; %, полиэтиленполиамин 4,0 %, железный порошок 56,0 %.

В последние годы широко используется формование армированных пластиков по RTM - процессу (Рис. 2.23). По этой технологии используют закрытые формы, состоящие из двух частей.



1 - водный фильтр; 2 - форма; 3 - емкость со связующим; 4 - кран вакуумной линии; 5 - вакуумный насос; 6 - кран линии подачи связующего; 7 - армирующий наполнитель.

Рисунок 2.23 – Схема формования изделий по RTM - технологии

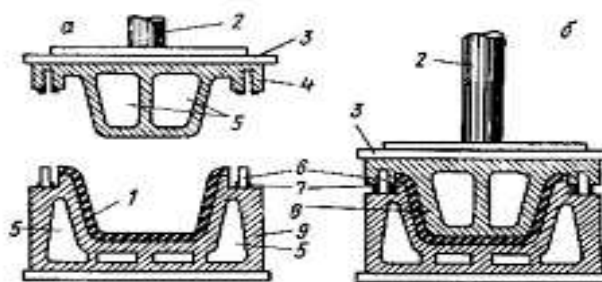
Форма для данного метода должна иметь достаточную жесткость, чтобы ее внутреннее пространство не изменилось ни под давлением вакуума, ни при подаче смолы под давлением. Изменение геометрии формы приводит к появлению искажений в изделии. Стабильность внутреннего пространства формы при формовании изделия достигается на ее наружной поверхности ребер жесткости. *Поскольку формование производится при низком давлении, форма может быть сделана из стеклопластика, бетона и других недорогих материалов.*

Для изготовления длинномерных стеклопластиковых изделий с внутренней полостью (трубы, профили) используются специальные оправки – *дорны*. Дорны изготавливают из *стальных, алюминиевых и неметаллических материалов*. Для прямолинейных участков могут быть применены стальные или алюминиевые трубы, покрываемые разделительным слоем из парафина толщиной 1,5-2,0 мм. Съём готового изделия с дорна облегчается благодаря пропусканию через него пара или горячей воды.

Криволинейные внутренние участки оформляется с помощью *дорнов из воска и гипса*. Эти дорны удаляются из полости готового изделия выплавлением или разрушением. Для этих целей применяют резиновые шланги, заполненные мягкой алюминиевой проволокой. Для съема изделия из армированных полимерных материалов из шланга извлекают проволоку, а через него пропускают пар или горячую воду до расплавления разделительного парафинового слоя толщиной 2,0-2,5 мм, который предварительно наносят на шланг. После этого шланг свободно извлекают из изделия.

Оснастка из резины используется в основном только для изготовления изделий из армированных полимерных материалов методом формования с помощью эластичной диафрагмы, а также для получения резиновых чехлов и мешков. Одними из основных требований к резинам относятся теплостойкость и химическая стойкость к связующему композиция. Такими свойствами обладают термостойкие резины на основе неопренового, силиконового и бутилкаучука. Элементы оснастки выклеивают на болванке последовательно из трех-четырех слоев невулканизированной резины толщиной 0,8-1,0 мм. Стыки соседних слоев резины не должны совпадать. Резину усиливают тканью, подклеиваемой изнутри чехла или мешка в местах перехода его на фланец, размер которого увеличивают до 8-10 мм. Ткань помещают также в тех местах, где она не мешает растяжению резины при эксплуатации оснастки. После выклеивания оснастку вулканизируют в автоклаве по режиму, установленному для данной марки резины.

Оснастка из металлических сплавов и металлов обладает наилучшими прочностными показателями по сравнению с другими материалами, обеспечивая при этом высокое качество формирующих поверхностей. Однако технологический процесс изготовления металлических форм является весьма трудоемким и дорогостоящим. Такие формы целесообразно применять только при достаточно высоких давлениях формования (Рис.2.24).



а - форма открыта; *б* - форма закрыта; 1 - стекловолоконный материал, пропитанный связующим; 2 - плунжер пресса; 3 - опорная плита; 4 – пуансон; 5 – нагреватели; 6 - направляющие колонки; 7 – ограничитель; 8 - формируемое изделие; 9 – матрица.

Рисунок 2.24 – Пресс-форма для формования под давлением

Также экономически выгодно использование форм из металла при формировании изделий низким давлением большими сериями.

Пустотелые изделия в форме оболочки изготавливаются путем *намотки на оправку*, которая может быть: неразборной; разборной; выплавляемой; разрушаемой; выжигаемой; надувной; комбинированной. Неразборная оправка используется при изготовлении изделий открытых хотя бы с одного торца и позволяющих извлечение оправки. Выемка отформованного изделия, как правило, затруднена, что ограничивает применение данного типа оправки. При невозможности осевого извлечения оправки из готового изделия сложной формы ее делают разборной. Разборные оправки имеют высокое качество поверхности, легко извлекаются из готового изделия, используются многократно, но стоят довольно дорого. Разрушаемые оправки имеют одноразовое применение и изготавливаются, как правило, из гипса. Оправки из выжигаемых и выплавляемых материалов удобно использовать при изготовлении изделий со сложной поверхностью, с полостями и каналами. Применение надувных оправок для производства оболочковых конструкций из полимерных композитов, ограничивается возможностями получения изделий с точными размерами и рядом других технологических причин.

Независимо от типа материала, используемого при изготовлении оснастки для изделий из армированных полимерных материалов, ее формирующие поверхности обязательно *покрывают разделительным слоем*, облегчающим снятие изделия с формы. Для получения разделительных покрытий применяют растворы, эмульсии, смазки. Плоские и цилиндрические поверхности форм могут быть изолированы пленкой из целлофана, полиэтилена, поливинилового спирта и других материалов. Деревянные и гипсовые формы обычно покрывают раствором ацетата целлюлозы. Растворы поливинилового спирта и полиизобутилена применяются для покрытия стеклопластиковых и металлических форм. Восковые и парафиновые эмульсии используются для обработки пористых неметаллических поверхностей с последующим нанесением поливинилового спирта. Кремнийорганические покрытия и особенно покрытия, образующие

после термообработки твердую пленку, могут обеспечить многократный сьем стеклопластиковых изделий.

При пултрузии стекловолокно протягивается через фильеру (Рис. 2.25) при помощи тянущего устройства. Фильеры предназначены для установки на пултрузионную линию. Это прочные пресс-формы, через которые протягиваются непрерывные стекловолоконные нити. Фильеры задают определенную конфигурацию стеклопластиковым профилям. Для пултрузионных фильер характерна высокая точность геометрических параметров, что позволяет изготавливать стеклопластиковые профили с минимальными отклонениями от заданных размеров. Длина фильеры для пултрузии зависит от размера протягиваемого профиля, типа связующего вещества, скорости процесса и обычно варьируется в пределах 300-1500 мм.

От технических характеристик *фильер для пултрузии*, а именно: вида материала изготовления, внутреннего покрытия, длины, конструкции и размещения нагревательных элементов, зависит качество готового продукта.



Рисунок 2.25- Фильеры для пултрузионной линии

Фильеры для пултрузии должны обладать достаточной механической прочностью, чтобы стенки формующей фильеры и каналы не деформировались в процессе длительной эксплуатации. Отверстия фильеры должны быть правильной геометрической формы с закругленными краями, во избежание излома волокон. Равномерный нагрев фильеры обеспечивается при помощи плоских электронагревателей, контролирующих температуру на всех этапах формования. Формующие фильеры удобны в обслуживании и чистке, их установка на линию пултрузии занимает несколько минут. Срок эксплуатации фильер зависит от наличия внешних механических повреждений, нанесенных в процессе работы: прогибом стенки фильеры при превышении давления на формовании, засором каналов. Чтобы фильеры служили дольше, необходимы более щадящие условия обработки изделий после формования и соблюдение установленных технических рекомендаций в процессе работы пултрузионной линии.

2.2.2 Порядок контроля технического состояния оснастки и оборудования

На каждом предприятии устанавливается единый порядок проведения проверок состояния технологической оснастки и оборудования на технологическую точность и эксплуатационную пригодность [10].

Данные меры обеспечивают системный подход, повышение технологической готовности предприятий, производительности, стабильности и гибкости производственных процессов изготовления изделий.

Одним из показателей, влияющих на *качество выпускаемой продукции*, является *точность технологических приспособлений и оборудования*, на котором изготавливается изделие. Для устранения негативного влияния этого показателя на качество выпускаемой продукции, осуществляется периодический контроль.

На *технологическую точность проверяется оснастка*, которая эксплуатируется *производственными участками или вновь изготовленная* – это пресс-форма, профилирующий инструмент, шаблон, штамп, приспособление и т.п. Проверяются детали, изготовленные на данной оснастке, на соответствие конструкторской и технологической документации, устанавливают причины несоответствий и определяют способы их устранения.

Задачей контроля оборудования является *определение соответствия измеряемых параметров точности оборудования параметрам, указанным в технологическом регламенте производства продукции и технологической операционной карте*. Технолог принимает участие в подготовке оборудования к проведению планово – предупредительного ремонта. Согласовывает перечень работ с учетом ведения технологического процесса. Участвует при приемке оборудования из ремонта, контролирует при необходимости точность параметров выполнения операций и качество образцов изделия.

Порядок поддержания технологичности и пригодности технологической оснастки *включает*: планово-предупредительный ремонт технологической оснастки согласно графику; технический осмотр технологической оснастки; проверку вновь изготовленных и отремонтированных приспособлений. Для учёта оснастки по производственному участку *технолог составляет ведомость технологической оснастки*.

Показатели пригодности технологической оснастки при проведении планово-периодической проверки устанавливаются для каждого конкретного вида оснастки и регламентируются инструкцией установленного образца. Результаты планово-периодической проверки оснастки записываются в графике. Делается отметка о состоянии проверенной оснастки. Проверку на технологическую точность крупногабаритной оснастки в случае ее сложного

демонтажа, допускается производить путем выборочных проверок деталей, изготовленных на этой формующей оснастке. Технологическая оснастка и приспособления, не прошедшие проверку из производственного обращения изымаются.

Технологическая оснастка, точность которой при проверке оказалась ниже допустимой, подлежит ремонту или бракуется и исключается из производственного обращения. Забракованная оснастка складывается в специально отведенном месте. Решение об утилизации забракованной оснастки принимается в установленном порядке.

Технологическая служба производства контролирует соблюдение персоналом правил обращения с формующей оснасткой, инструментом, приспособлениями, мастер-моделями и другими видами технологической оснастки. Не допускается применение вспомогательных инструментов и приспособлений, не предусмотренных технологическим регламентом.

2.2.3 Расчёт установленного ресурса оснастки

Расчёт установленного срока эксплуатации технологической оснастки рассмотрим на примере пресс-формы для производства изделия из полимерного материала (резины).

Ресурс пресс-форм (прессосъём) определяется числом отпрессовок до полного износа формующих элементов пресс-формы, то есть до получения изделия, соответствующего техническим условиям и/или требованиям чертежа. Стойкость пресс-форм существенно влияет на стоимость прессуемых изделий и зависит от целого ряда факторов, к числу которых следует отнести:

- сложность конструкции и конфигурации прессуемых деталей;
- их точность;
- характер прессуемого материала;
- тип и конструкцию пресс-формы;
- материал и термообработку формующих деталей пресс-формы;
- качество изготовления пресс-формы;
- состояние пресса.

Сложность конструкции и конфигурации изделий значительно понижает стойкость пресс-форм. Наличие в изделии пазов небольшого сечения или глубоких отверстий, образуемых элементами пресс-формы, склонными к поломке, небольшая толщина стенок изделия при относительно большой высоте, что вызывает необходимость приложения большого давления прессования и другое - все это вызывает преждевременный выход пресс-формы из строя. Неправильный выбор марки материала (хрупкость, малая износостойкость и т. д.) является причиной поломки или быстрого износа формующих элементов. Плохая термическая обработка, некачественная полировка, увеличенные зазоры в подвижных соединениях, отсутствие точного сопряжения сборных элементов и т. д. значительно сокращают продолжительность эксплуатации пресс-форм.

Комплекс факторов, влияющих на стойкость пресс-форм, весьма велик, что создает трудности при определении сроков их эксплуатации. Гамма-процентная наработка до отказа и гамма-процентный ресурс пресс-формы определяются по формулам:

$$T_{\gamma} = H_{\gamma} \cdot K_{\Gamma} \cdot K_B \cdot K_K \cdot K_M \cdot K_T \cdot K_a \cdot K_o \cdot K_p \cdot n, \text{ шт} \quad (2.1)$$

$$T_p = 3 \cdot T_{\gamma}, \text{ шт} \quad (2.2)$$

где H_{γ} - процентная наработка до отказа пресс-формы с одной формообразующей плоскостью, шт.;

K_{Γ} - коэффициент, учитывающий гнездность пресс-формы;

K_B - коэффициент, учитывающий высоту резинового изделия;

K_K - коэффициент, учитывающий качество точности формуемого изделия;

K_M - коэффициент, учитывающий материал формообразующей детали;

K_T - коэффициент, учитывающий твердость формообразующих поверхностей пресс-формы;

K_a - коэффициент, учитывающий глубину азотирования формующих поверхностей пресс-формы;

K_o - коэффициент, учитывающий конструктивные особенности пресс-формы;

K_p - коэффициент, учитывающий тип каучука;

n - число гнезд в пресс-форме.

$H_{\gamma} = 4200$ шт.; $K_{\Gamma} = 0,98$; $K_B = 0,95$; $K_K = 0,5$; $K_M = 0,7$; $K_T = 1,25$; $K_a = 1,00$; $K_o = 1,1$ и $K_p = 1,00$ по [13]; $n = 25$ шт. по конструкции пресс-формы.

$T_{\gamma} = 4200 \times 0,98 \times 0,95 \times 0,5 \times 0,7 \times 1,25 \times 1,00 \times 1,1 \times 1,00 \times 25 = 47044$ шт.

$T_p = 3 \times 47044 = 141133$ шт.

Таким образом, данная пресс-форма должна выдержать число циклов N_u равное:

$$N_u = \frac{T_p}{n} \quad (2.3)$$

$$N_u = \frac{141133}{25} = 5645 \text{ циклов}$$

Исходя из расчетов, данная пресс-форма должна выдержать 5645 циклов прессования.

Ориентируясь на срок эксплуатации формующей оснастки, технолог заблаговременно подает заявку на пополнение парка оснастки для конкретного изделия.

? Вопросы для самостоятельного контроля

1. Какие требования предъявляются к материалам оснастки для производства изделий из полимерных материалов?
2. Какое требование обязательно при изготовлении оснастки из дерева и фанеры?
3. Для формования каких изделий применяют оснастку из стеклопластика?
4. В каких случаях целесообразно применение металлических форм?
5. Из какого материала изготавливают формы для вакуумного формования?
6. При каком методе формования используются разборные оправки?
7. Опишите материалы, применяемые для изготовления оправок формования намоткой.
8. От чего зависит длина фильеры в процессе пултрузии?
9. Каким показателем определяется ресурс пресс-формы?

Задание для самостоятельной работы

Пример 2.1 Определить количество циклов прессования при $N_{\gamma} = 5500$ шт., число гнезд в пресс-форме – 20.

Руководствоваться материалами, изложенными выше в подпункте 2.2.3.

2.3 Промышленные роботы в технологии переработки пластмасс

2.3.1 Технические возможности промышленных роботов

Разнообразие предъявляемых к промышленным роботам требований привело к созданию сотен моделей с разными грузоподъемностью, быстродействием, точностью, объемом памяти, степенью универсальности, атмосферозащищенностью, стоимостью и другими параметрами [14, 15].

Грузоподъемность роботов изменяется в очень широких пределах: от 0,2 до 150 кг и более. Большинство роботов имеет среднюю грузоподъемность от 2 до 25 кг.

Быстродействие манипуляторов при одновременном взаимном перемещении нескольких звеньев руки зависит от кинематической схемы и скоростей перемещения каждого из ее звеньев. Линейные скорости подвижных звеньев составляют 500-1400 мм/с.

Скорости угловых перемещений при использовании гидро- или пневмопривода – 90-180 град/с, а электропривода – не более 50 град/с. Мягкость и точность остановки схвата в заданных позициях достигается плавным уменьшением скорости его движения на небольшом конечном участке траектории.

Точность воспроизведения траектории или позиционирования манипулятора зависит от его габаритов, жесткости, собственной инерционной массы и массы перемещения груза, чувствительности измерительных устройств информационной системы.

Число степеней подвижности складывается из отдельных погрешностей каждой поступательной или вращательной пары. У большинства роботов средних габаритов отклонение от центра схвата от программируемых координат составляет 0,03-1,00 мм.

Объемы зон обслуживания, в пределах которых перемещается схват руки, различаются по габаритам и форме, определяются числом степеней подвижности и характером взаимодействия звеньев руки в ее сочленениях, а также значениями относительных линейных и угловых перемещений этих звеньев.

Средние размеры зон обслуживания у большинства роботов составляет 1,5-5,0 м.

Объем оперативной памяти у роботов с позиционной системой управления характеризуется числом точек останова, которое обычно не превышает 200. Фактически число рабочих точек, или время функционирования робота, может быть увеличено за счет периодического обновления содержимого оперативной памяти путем обращения к внешнему программ носителю. Время «перезарядки» памяти, как правило, не превышает нескольких секунд.

На промышленные роботы действует ГОСТ 25686 [16], определяющий, что «это стационарные или передвижные автоматические машины, состоящие из исполнительного устройства программного управления для выполнения в производственных процессах двигательных и управляющих функций».

2.3.2 Применение промышленных роботов в производстве изделий из пластмасс

В переработке пластмасс промышленные роботы в основном применяются при производстве штучных изделий, т.е. преимущественно в литье под давлением, а также при прессовании, термоформовании и выдувном формовании.

Промышленные роботы выполняют локальные транспортные операции, которым могут сопутствовать дополнительные технологические действия (удаление литников и кромок, нанесение на изделия товарных знаков, простейшие операции сборки и т.п.).

Отличительной особенностью изготовления изделий из термопластов на современных литьевых машинах является предельная автоматизированность технологического процесса литья под давлением. Вместе с тем имеется целый ряд технологических ситуаций, оправдывающих как технически, так и экономически применение робототехники [1, 2, 14].

В процессах литья под давлением применение промышленных роботов позволяет:

- извлекать изделия из формы при более высоких температурах;
- сокращать длительность производственного цикла на 8—12%;
- повышать сохранность конфигурации изделия;
- обеспечивать реализацию параметров автоматизированного технологического процесса;
- уменьшать количество персонала с низкой квалификацией (грузчики, стропальщики, уборщики и т.д.) [2].

Устройство программного управления, в том числе интегрированными (встроенными в термопластавтомат), роботами обеспечивает:

- управление циклом и технологическими параметрами литья, а также переналадку режима;
- перепрограммирование последовательных элементов цикла, скоростных параметров, координат перемещения робота, временных параметров;
- получение информации о текущем состоянии комплекса на дисплее;
- получение информации об аварийных ситуациях комплекса на дисплее.

Существует большое число вспомогательных операций, связанных с выполнением относительно сложных пространственных перемещений и ориентирующих движений, которые требуют внешних обслуживающих действий: установка арматуры в гнезда пресс-форм, укладка таблеток и заготовок, выгрузка и складирование готовых изделий, проверка готовности пресс-формы и др.

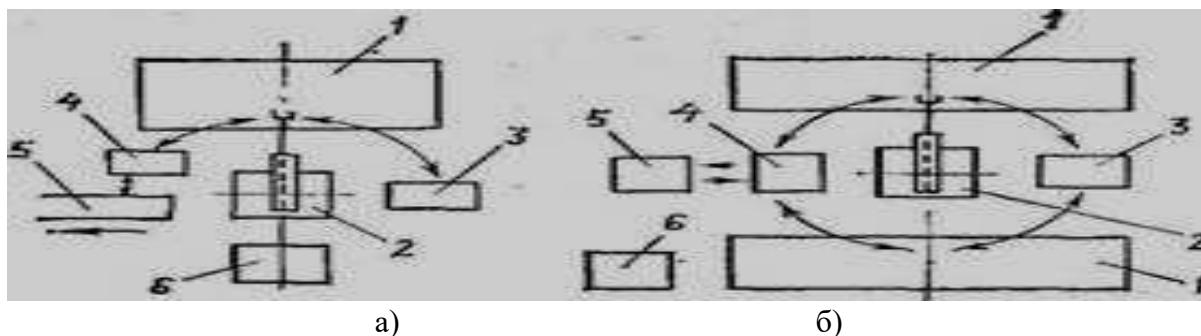
Так, *специальный робот монтируется на передней плите термопластавтомата и обеспечивает:* удаление деталей из пресс-формы; передачу деталей в зону отрезки литников; передачу деталей в зону штабелирования; укладку деталей в стопы по заданной программе [14].

Роботы (Рис. 2.26) способны обслуживать комплексы оборудования, в состав которых входят установки для удаления облоя и обрезания литников, приборы контроля качества или размеров изделий и другие технологические устройства, обеспечивающие замкнутый цикл получения готовых изделий. Роботы могут выполнять и сборочные операции.



Рисунок 2.26 – Быстро перенастраиваемый робототехнический комплекс обработки изделий из пластика и стеклопластика

Количество единиц основного и вспомогательного оборудования, расположенного в пределах одного роботизированного комплекса, определяется производительностью этого оборудования и зависит от технологических свойств перерабатываемых материалов и размеров изделий. Типовые схемы компоновки оборудования для литья и прессования полимеров показаны на Рисунке 2.27.



а) - на участке прессования изделий (1 - гидравлический пресс; 2 - манипулятор; 3 - устройство подачи материала; 4 - устройство для удаления облоя; 5 - транспортер; 6 - стойка управления манипулятором); б) - на участке литья под давлением (1 - литьевая машина; 2 - манипулятор; 3 - устройство подачи арматуры; 4 - устройство для обрезания литников; 5 - бункер для готовых изделий; 6 - стойка управления манипулятором).

Рисунок 2.27 - Типовые схемы компоновки оборудования

Выбор типа робота для обслуживания подобного оборудования зависит от разнообразия, уровня сложности и точности требуемых движений. Наиболее *тонкие операции* - установка миниатюрных элементов арматуры, фиксация арматуры в относительно труднодоступных местах, извлечение готовых изделий из пресс-формы с выполнением качательных, вращательных и других непрямолинейных движений - *требуют* применения *роботов с повышенной точностью движений, числом степеней подвижности не менее пяти и системы управления с достаточно емкой памятью*. Для этих целей наиболее подходят позиционные роботы типа ТУР-10, обучаемые вручную с помощью выносного кнопочного пульта или методом автоматического программирования.

Во всех остальных случаях для совместной работы с литьевыми машинами и прессами обычно применяют позиционно - цикловые роботы с пневмоприводами. Они в несколько раз дешевле, проще в эксплуатации, имеют меньшие габариты и отличаются высокой надежностью.

Эти же роботы используют и для обслуживания пневмо - и вакуум-формовочных машин. Такие машины работают на листовых заготовках и на них выпускают изделия с плавными обводами. Для перемещения изделий и заготовок манипуляторы позиционно-цикловых роботов оснащают захватами в виде дистанционно-управляемых вакуумных присосков.

В процессах термоформования промышленные роботы наиболее эффективно используются для раскроя заготовок, их загрузки в зажимные устройства и для извлечения изделий из формы с последующей

упорядоченной укладкой; для установки изделий в вырубные устройства, а также манипуляций с оставшимися после вырубки отходами.

Одна из важных областей применения промышленных роботов - это автоматизация операций *формования изделий из премиксов, а также нанесения защитных покрытий.* Указанные операции осуществляют с помощью дистанционно-управляемых распылителей - технологических устройств, создающих направленный поток частиц или отдельных компонентов полимерного материала, которые осаждаются на поверхности формы в виде сплошного слоя заданной толщины.

Использование здесь промышленных роботов позволяет, *с одной стороны,* увеличить точность поддержания толщины формируемого слоя полимера и уменьшить расход применяемых материалов, *а с другой стороны,* избавить человека от необходимости находиться длительное время в зоне повышенного содержания в воздухе токсичных растворителей и мономеров или мелких частиц стекловолокна.

На предприятиях отрасли применяют *трёхкоординатный роботизированный автомат для напыления.*

Структура автоматизированных производственных участков для изготовления изделий методом напыления зависит от номенклатуры, программы выпуска и геометрической формы изделий.

Одна из наиболее распространенных задач - автоматизация серийного процесса изготовления изделий с небольшой кривизной поверхности. Такие производственные участки обычно оснащают горизонтальным конвейером и устройством для возвратно-поступательного перемещения одного или нескольких распылителей в вертикальной плоскости. В качестве этого устройства можно использовать любой робот, в программу управления которого достаточно включить всего лишь две опорные точки, расположенные за пределами напыляемой зоны.

Минимальные значения вертикальной скорости перемещения руки манипулятора с распылителем и *скорости горизонтального движения конвейера* выбираются с учетом производительности распылителей, а также значения толщины и допустимой разнотолщинности наносимого слоя полимера.

Для предотвращения непроизводительных потерь материала и уменьшения степени загрязнения воздуха в рабочем помещении *применяют пневмолокаторы, фотоэлектронные датчики или телевизионные следящие системы,* которые включают распылители в работу только тогда, когда покрываемый участок формы попадает в зону действия факела распыляемого материала.

При формовании методом напыления *объёмных изделий* применяют *роботы типа «Контур-002М» или ТУР-10 с контурной системой управления.*

Движение распылителя относительно поверхности формы осуществляется здесь по сложной траектории, расчёт которой в большинстве

случаев является достаточно трудоёмким. Это приводит к необходимости обучать робот вручную, заставляя его запоминать и копировать действия оператора.

Благодаря возможности взаимного перемещения форм и манипуляторов по рельсовым путям автоматизированная технология изготовления изделий методом напыления практически не накладывает ограничений на их габариты. В качестве примера можно сослаться на освоенный промышленностью процесс формования стеклопластиковых корпусов лодок и катеров.

Фирма Manoel Bouchet S.A. установила на одном из своих заводов промышленные роботы с шестью степенями подвижности модели RR-625 фирмы Reis CmbH and Co. На предприятии площадью 1800 м.кв. располагается 50 литейных машин.

Одновременно один промышленный робот обслуживает две литейные машины, изготавливающие подошвы для лыжных ботинок. Промышленный робот в данном случае не только извлекает готовые отливки из раскрытых форм, но и закладывает в них металлическую арматуру. Срок окупаемости роботизированной системы – около 7 месяцев.

Промышленные роботы Volkswagenwerk AG обслуживают автоматическую линию по выпуску бензобаков емкостью 65 л.

Шесть попарно установленных инжекционно-выдувных машин обслуживаются тремя роботами, снимающими изделия и транспортирующими их на станцию удаления грата.

После снятия грата другой робот переносит еще горячее изделие в охлаждающее устройство и затем на конвейер, транспортирующий его на узел доработки. Этот же робот отбраковывает изделия при несоответствии их массы заданной величине перед охлаждением или сбрасывает их в приёмник после охлаждения в случае остановки конвейера.

Третий робот снимает изделия с конвейера, переворачивает их и ставит на четырехпозиционный стол, где производится сверление отверстий, затем поворачивает изделия горловиной к отсасывающему устройству. В бак подается ионизированный воздух для нейтрализации статических зарядов. Далее изделие поступает на станцию сварки.



Рисунок 2.28 – Роботизированный комплекс компании KUKA

Роботы-манипуляторы компании *KUKA* выполняют операции шлифовки и финишной обработки фрезерованных формовочных инструментов, например, штампов для кузовных деталей, форм для деталей из композитных материалов и форм для литья пластиковых деталей под давлением (Рис. 2.28).

Показанный на рисунке 2.28 робототехнический комплекс по обработке компонентов автобуса из полимерных композитов и пластика эксплуатируется на ПАО «Павловский автобусный завод» в России.

Изготовление мастер - модели из дерева процесс трудоемкий и длительный, для уменьшения времени изготовления матрицы и повышения точности небольшими компаниями используются фрезерные роботизированные комплексы на линейных блоках.

С линейными блоками *KUKA* добавляют роботу дополнительную степень свободы, тем самым значительно расширяя его рабочую зону. Линейные блоки управляются тем же контроллером, что и сам робот, и могут быть легко интегрированы в производственный процесс.

На одном линейном устройстве может работать до четырех роботов. Линейные блоки *KUKA* доступны в различных размерах и категориях полезной нагрузки, в зависимости от серии установленных на них роботов. Модели блоков KL 100, KL 250, KL 1000, KL 3000, KL 4000 имеют нагрузочную способность в 100, 250, 1000, 3000 и 4000 кг соответственно (рис. 2.29) [14].



Рисунок 2.29 – Фрезерный роботизированный комплекс *KUKA*

Отметим, что российские производители также разрабатывают современные фрезерные станки с числовым программным управлением (ЧПУ) для производства армированных пластиков (компания *Sagrit*).

В производстве используется большой пяти-осевой станок с числовым программным управлением (7800x2500x1300мм), позволяющий обрабатывать крупные 3D-формы.

Подготовка и передача данных на станок осуществляется CAD/CAM системой. Этот станок может обрабатывать пластики, дерево, модельные плиты и алюминий и применяется для изготовления мастер - моделей и пресс-форм.

Станок показан на рисунке 2.30.



Рисунок 2.30 – Пятикоординатный фрезерный станок с ЧПУ

Модель 3-осевого станка с ЧПУ (2500x2500x1000 мм.) используется для обрезки заготовок и доведения готовых деталей до заданной формы.

По данным Международной Федерации Робототехники (IFR) общее среднее число промышленных роботов на 10000 работников промышленного сектора выросло с 66 роботов в 2015 году до 74 роботов в 2016 году и до 85 в 2017 году, что соответствует 15 % росту. Что заметно больше, чем прирост в 5 % в период с 2014 по 2015 годы.

Диаграмма отражает общемировое число промышленных роботов на 10 000 работников по данным 2017 года (Рис.2.31).

Figure 1: Robots Per 10,000 Manufacturing Workers, 2017⁷

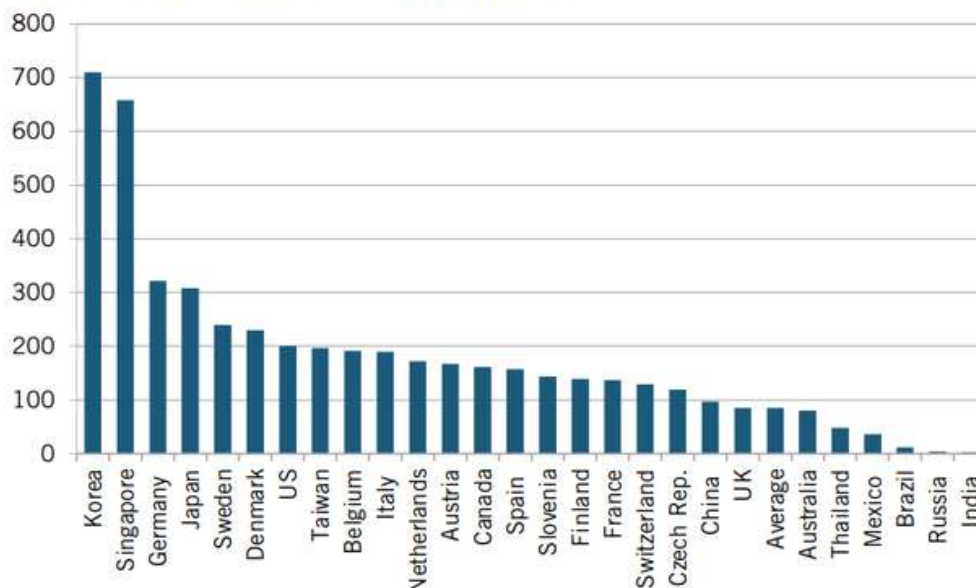


Рисунок 2.31 – Мировое потребление роботов.

Япония занимает ведущее место в мире среди экспортеров промышленных роботов.

Технологические возможности промышленных роботов применительно к процессам переработки полимеров в принципе не исчерпываются теми процессами, о которых говорилось в данной главе. Высокие темпы развития теоретических основ и разработки прикладных задач робототехники позволяют осуществлять дальнейшую планомерную замену человека роботами при обслуживании существующих технологических машин и агрегатов, а также ожидать создания принципиально новых процессов, не связанных с ограничениями, накладываемыми непосредственным участием в них человека.

? Вопросы для самостоятельного контроля

1. Каково назначение промышленных роботов?
2. Каковы основные признаки технических возможностей промышленных роботов?
3. Из каких параметров складывается схема компоновки оборудования с применением одного робототехнического комплекса?
4. Каково современное состояние в области производства и применения промышленных роботов в мире?
5. Каким стандартом регламентируются термины и определения промышленных роботов?

Задание для самостоятельной работы

1. Изобразите кинематическую схему робота манипулятора «РМ-01».
2. Зарисуйте схему и объясните ее назначение [17, 18] (Рис. 2.32).

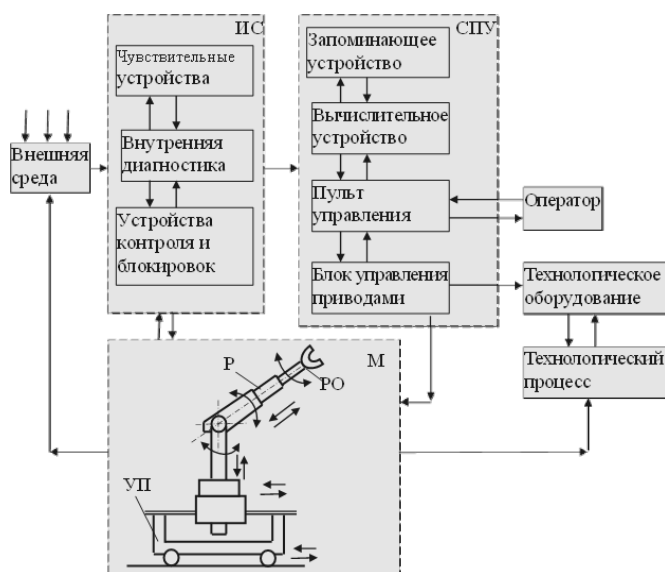


Рисунок 2.32 – Функциональная схема промышленного робота

Краткие выводы

1. Современные отрасли переработки располагают многочисленным и разнообразным парком машин, предназначенных для изготовления изделий самого различного назначения. Многие из этих машин представляют собой сложные полуавтоматические и автоматические агрегаты, при создании которых широко используются современные достижения в области гидравлики, электроники и микропроцессорной техники.

2. Основное требование к оборудованию – обеспечивать реализацию передовых технологий, иметь блочную конструкцию и быть гибким с точки зрения производства разнообразной номенклатуры из различных полимерных материалов. Технические возможности оборудования должны наиболее полно удовлетворять ожидания потребителей.

3. Конструктивные особенности оснастки зависят от выбранного метода изготовления изделий из полимерных материалов. Общие требования, предъявляемые к материалу оснастки, определяются: объемами производства; технологией формования; параметрами точности и чистоты поверхности изделия, его формы и размеров; экономической целесообразностью.

4. Разнообразие технологических возможностей определяется характеристиками технологической оснастки и оборудования в оснащении технологического процесса. Технологическая оснастка при соблюдении регламентного технологического процесса должна обеспечивать получение изделий, соответствующих технической документации на них.

5. Современное производство невозможно представить без систем автоматизации вообще и роботов в частности. Они способствуют повышению производительности и уменьшению накладных расходов, делая продукцию доступнее и качественнее.

6. Промышленные роботы способны заменить человека на производстве при работе с вредными веществами. Это позволяет наряду с технико-экономическими аспектами применения промышленных роботов рассматривать и особо подчеркивать социальный аспект их применения. Робот не утомляется, он практически нечувствителен к условиям труда. Как следствие этого, сокращается процент бракованной продукции.

Список использованных источников

1. Торнер Р.В., Акутин М.С. Оборудование заводов по переработке пластмасс.- М.: Химия, 1986. - 400 с.

2. Крыжановский В.К., Кербер М.Л., Бурлов В.В., Пониматченко А.Д. Производство изделий из полимерных материалов: Учебное пособие. – СПб.: Профессия, 2004. – 464 с.

3. Галыгин В.Е., Баронин Г.С., Таров В.П., Завражин Д.О. Современные технологии получения и переработки полимерных материалов: учебное пособие. – Тамбов: Издательство ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2012. - 180 с.

4. Гиберов З.Г. Механическое оборудование заводов пластических масс. – М.: Машиностроение, 1987. - 239 с.

5. Галыгин В.Е., Беляев П.С., Клинков А.С., Чайников Н.А., Павлов Н.В., Маликов О.Г., Хабаров С.Н. Технология переработки полимерных материалов: Лабораторный практикум. – Тамбов: Издательство Тамбовского государственного технического университета, 2001. - 132 с.

6. Под редакцией Кулезнева В.Н. и Гусева В.К. Основы технологии переработки пластмасс: Учебник для вузов. - М.: Мир, 2006. - 600 с.

7. Ставров В.П. Формообразование изделий из композиционных материалов: учебное пособие. – Минск: БГТУ, 2006. - 482 с.

8. Роботы-манипуляторы. Применение. [Электронный ресурс] 2019/08/16/, <https://basalt/today/ru/> (дата обращения 16.05.2020).

9. Пантелеев А.П., Шевцов Ю.М., Горячев И.А. Справочник по проектированию оснастки для переработки пластмасс. – М.: Машиностроение, 1986. - 400 с.

10. Ермолаев В.В. Технологическая оснастка. – М.: Академия, 2015. – 256 с.

11. Корнев А.М., Буканов А.М., Шевердяев О.М. - Технология эластомерных материалов – М.: Химия, 2010. - 288 с.

12. Шерышев М.А., Лясникова Н.Н. Механические расчёты оборудования для переработки пластмасс.– СПб: Издательство «Научные основы и технологии», 2014.– 400с.

13. ГОСТ 19901-93 Пресс-формы для изготовления резинотехнических изделий. Общие технические условия. – 16 с.

14. Раскин Е.Б. Предпосылки развития робототехники. Полимерные материалы. 2005.- №5. – С. 71, №6.- С. 72, №7.- С. 73.

15. Промышленные роботы. [Электронный ресурс] 2020/02/11/, <https://www.kuka.com> (дата обращения 15.05.2020).

16. ГОСТ 25686-85 Манипуляторы, автооператоры и промышленные роботы. Термины и определения.

17. Василенко Н.В., Никитин К.Д. Пономарев В.П., Смолин Ф.Ю. Основы робототехники. - Томск: МГП «Раско», 1993. – 230 с.

18. ГОСТ 30097-93 Роботы промышленные. Системы координат и направления движений.

Электронные ресурсы

<https://sagrit.ru/oborudovanie/stanki-s-chpu/>

<https://uksim-oz.ru/metod-vakuumnoj-unfuzii>

<https://msd.com.ua/mexanichskoe-oborudovanie-dlja-proizvodstva-stroitelnyx-materialov>

<https://top-technologies.ru/ru/article/view>

<https://www.kuka.com>.

ГЛАВА 3 КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА ГОТОВОЙ ПРОДУКЦИИ

Введение

Целью данной главы является формирование знаний, умений и навыков по установлению качества готовой продукции и определению его соответствия нормативно-технической документации, приобретение навыков практического применению полученных теоретических знаний; знакомство с различными показателями качества полимерной продукции, от которых зависят эксплуатационные и технологические характеристики изделия и процесса его изготовления.

При изучении модуля обучающиеся должны освоить: зависимость качества готовых изделий от качества сырья; выбирать методы определения качества изделий, полученных прессованием; методы определения качества изделий, полученных экструзией; методы определения качества труб и профилей; методы определения качества пленок; методы определения качества напыления пластмасс.

К основным задачам модуля относится использование в работе государственных стандартов и технических условий на сырье и готовую продукцию; применение в работе методических указаний для проведения физико-механических исследований свойств сырья и готовой продукции, и в конечном итоге, определение соответствия изделия своему назначению.

Данный модуль «Контроль качества готовой продукции» опирается на модуль «Использование современных методов переработки пластмасс» и, в свою очередь, имеет продолжение в модуле «Проведение исследований и участие в разработке новых технологий», так как для проведения научных исследований, проектно-конструкторских и опытно-экспериментальных работ по созданию и доводке образцов новой продукции необходимо владеть методами контроля качества изделий.

3.1 Принципы оценки качества продукции

3.1.1 Инфраструктура контроля качества в Казахстане

Действующая в Казахстане система инфраструктуры качества состоит из 4-х основных направлений:

- техническое регулирование и стандартизация;
- метрология;
- аккредитация и оценка соответствия;
- государственный контроль.

Основными целями системы технического регулирования является обеспечение безопасности продукции и связанных с ней процессов для жизни и здоровья людей, окружающей среды, имущества, обеспечение

конкурентоспособности отечественных товаров и защиты внутреннего рынка.

В рамках ЕврАзЭС правовым полем создано единое техническое регулирование, представляющее собой комплексную систему взаимосвязанных элементов.

Механизмы технического госрегулирования устраняют технические барьеры в торговле между странами Союза и позволяют создать единый рынок безопасной продукции.

Сформирована система стандартизации, метрологии, оценки соответствия и аккредитации, которые также призваны обеспечивать конкурентоспособность и безопасность отечественных товаров и направлены на защиту внутреннего рынка.

Установлены единые обязательные требования в 46 технических регламентах Союза, которые регулируют около 85% от всей обрабатываемой продукции. Это технические регламенты в отношении пищевой продукции, железнодорожного транспорта, автомобилей и других товаров (из них вступили в действие 37 технических регламентов).

В Казахстане действует около 7 тысяч национальных стандартов (СТРК), 70 % из которых гармонизировано с международными стандартами. 25 тысячи межгосударственных стандартов (ГОСТ).

Итого нормативная база – это свыше 70 тысячи стандартов.

Казахстан является членом авторитетных международных организаций по стандартизации, метрологии, аккредитации, участвует в 108 технических комитетах и подкомитетах Международной организации по стандартизации (ISO).

Более того, в августе 2017 года Генеральной Ассамблеей ISO Казахстан был избран в число 20-ти стран-членов Совета ISO, принимающих решение по политическим, административным и финансовым вопросам деятельности ISO.

3.1.2 Объекты контроля

Контролю подвергают различные количественные показатели качества, от которых зависят эксплуатационные и технологические характеристики самого изделия из пластмасс и процесса его изготовления.

Операциям контроля уделяется большое внимание, поэтому его структура входит в основные подразделения предприятия и включает как внутренний цеховой контроль, так и контрольные операции отдела технического контроля. [1]

Качество полимерных изделий является производной от качества полимерного материала. Нельзя изготовить качественное изделие из полимерного сырья невысокого качества.

Выходной полимерный материал обязательно контролируют на любом производстве в соответствии техническим условиям, без которых

полимерные материалы вообще не производятся.

Каждые технические условия на полимерный материал содержит перечень показателей качества и методы их определения. Показатели качества определяют также технологические параметры процессов переработки, например, меньшее значение индекса расплава требует большие значения давления и больших температур переработки.

К основным условиям обеспечения высокого качества продукции, которая является полимерными изделиями широкого ассортимента, можно отнести, прежде всего, качество полимерных материалов, затем тщательное соблюдение оптимальных технологических параметров, автоматизацию и механизацию производства.

Контроль качества полимерных изделий состоит из нескольких основных стадий, а именно:

- контроль качества сырья;
- технологический контроль изделий из этого полимерного материала в процессе их изготовления;
- заключительные контрольные операции отделом технического контроля (ОТК) полученной продукции. [1]

К функциям ОТК относится не только оценка пригодности того или иного изделия к эксплуатации, но и контроль организации технологического процесса изготовления изделия с наилучшим качеством.

Контроль полимерных материалов осуществляют в начале процесса изготовления изделий (операции предприятия) или в течение самого технологического процесса, чтобы отбраковать изделия, не отвечающие требованиям, еще до последних процессов их механической обработки.

В последние годы распространился комплексно-статистический метод оценки качества полимерных изделий и материалов для их изготовления. Он заключается в длительном наблюдении одновременно как качества полимерного материала и параметров технологического процесса, так и качества полимерного изделия.

Накопленные данные обрабатываются на ЭВМ и устанавливаются оптимальные показатели качества исходного материала и технологических параметров, дающих лучшее качество изделий.

Полимерными материалами могут быть пластики, на основе которых изготавливают пластмассовые изделия, или каучуки, которые являются основой изделий из эластомеров, то есть резиновых изделий. Поддаются контролю также полимерные композиции, то есть смеси пластиков или каучуков с различными добавками, которые обеспечивают модификацию свойств полимеров и изделий из них. [1]

Пластмассы и каучуки имеют общую полимерную природу, потому как являются высокомолекулярными соединениями, что определяет особенности их поведения в процессах переработки и эксплуатации (переход в вязкотекучее состояние, высокая вязкость расплавов, стеклование и кристаллизация, релаксация, гистерезис и другие показатели). Но при этом

они различаются по температурам фазовых и физических переходов, молекулярной массой, гибкостью полимерных цепей, поведением в растяжении).

Поэтому оценку качества этих полимерных материалов необходимо проводить только по утвержденным методикам на специальных приборах, предусмотренных техническими условиями на конкретный полимерный материал.

3.1.3 Характер контролируемых свойств и параметров продукции

Изделия из пластмасс изготавливают в соответствии с нормативной документацией на изделие или группу изделий.

Обязательными являются требования безопасности изделий, которые заключаются в том, чтобы полимеры и добавки, вводимые в материалы, были разрешены к применению как внутри страны, так и в странах Таможенного союза. Изделия, контактирующие с питьевой водой и пищей, игрушки для детей должны соответствовать требованиям соответствующих технических регламентов Таможенного союза: ТР ТС 005/2011 «О безопасности упаковки» и ТР ТС 007/2011 «О безопасности продукции, предназначенной для детей и подростков».

Для ряда детских товаров из пластмасс, например сосок молочных, сосок-пустышек из латекса, резины или силиконовых, посуды, столовых приборов для детей до трех лет (чашки, блюда, поильники, тарелки, миски, ложки, вилки, бутылочки и другие аналогичные изделия для пищевых продуктов), требуется обязательное подтверждение соответствия в форме государственной регистрации.

Материалы, изделия, оборудование, контактирующие с пищевой продукцией из пластмасс (группа 39 ТН ВЭД ТС), подлежат санитарно-эпидемиологическому надзору (контролю). Применение производственных отходов из пластмасс для изготовления изделий детского ассортимента *не допускается*. [2]

По своей конструкции изделие должно обеспечивать удобство использования, отвечать эстетическим требованиям потребителей.

В конструкции изделий не должно быть *резких переходов в толщинах* во избежание возникновения внутренних напряжений в материале при его охлаждении после формования.

Прочность изделий должна быть обеспечена за счет внесения в конструкцию усиливающих элементов: кромок, ребер жесткости, бортиков и т. д. Изделия не должны иметь острых (режущих, колющих) краев. Не допускается выступание литника над опорной поверхностью изделия.

Нормативы для показателей качества пластмассовых изделий конкретного целевого назначения приведены в НД, ТД, а их определение проводится при постановке продукции на производство, приемно-сдаточных, периодических

и сертификационных испытаниях, при государственной регистрации продукции.

Таблица 3.1 - Номенклатура показателей качества полимеров и изделий из них

| Групповые показатели | Показатели качества полимеров (сырья) | Показатели качества изделий | |
|----------------------|---|--|--|
| | | Пленка ПЭ (ГОСТ 10354-82) | Посуда из полимеров (ГОСТ Р. 50962-96) |
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| Физические | Плотность | Толщина | Сопряжение деталей |
| Физико-механические | Разрушающее напряжение при растяжении, изгибе, сжатии, ударная вязкость, удлинение при разрыве, твердость | Прочность при растяжении в продольном и поперечном направлениях, усадка, стойкость к надрыву | Коробление, стойкость рисунка |
| Физико-химические | Кислотостойкость, водостойкость, водопоглощение, жиростойкость | Не нормируются | Миграция красителя, химическая стойкость (к воздействию кислотных и мыльных растворов) |
| Термическое | Температура размягчения, плавления, теплостойкость, стойкость к термоокислительному старению, показатель текучести расплава | Горючесть (кислородный индекс) | Стойкость к горячей воде |
| Электрические | Удельное поверхностное электрическое сопротивление, тангенс угла диэлектрических потерь, диэлектрическая проницаемость, электрическая прочность | Удельное поверхностное электрическое сопротивление | Не нормируются |
| Гигиенические | Запах и привкус водной вытяжки | | |
| | Запах, количество миграции вредных веществ | Стойкость к загрязнению, изменение цвета и прозрачности модельной вытяжки, количество миграции вредных веществ | |

Определяющим фактором качества изделий из полимеров является вид полимера. В таблице 3.1 приведена общая классификация показателей качества полимеров, которые затем проявляются в свойствах изделий в зависимости от их назначения. При этом не все естественные свойства полимеров оцениваются в готовых изделиях. Для примера в таблице 3.2 приведены показатели качества полиэтиленовой пленки и посуды из полимеров. [2]

Спектр нормируемых показателей качества двух видов готовых изделий различается, что определяется областью их применения.

Только гигиенические показатели остаются нормируемыми как для исходного сырья, так и для изделий, потому что оба изделия контактируют с пищевыми продуктами.

Общая группировка потребительских свойств изделий из пластмасс приведена в таблице 3.2. В зависимости от назначения изделия, его фасона, наличия окрашивания и отделки определяется перечень оцениваемых показателей конкретного изделия.

Таблица 3.2 - Общая группировка потребительских свойств изделий из пластмасс

| Групповые свойства | Единичные показатели |
|----------------------|---|
| 1. Функциональные | Стойкость к горячей воде, химическая стойкость, сопряжение деталей, коробление, прочность крепления ручек, перемещение ящиков, дверок, полок, надежность запирающих замков, толщина стенок тазов в углах, стойкость мешков с ручками к нагрузке, прочность сварного шва при разрыве, герметичность сварного шва, разрывное усилие сварного шва при разрыве, герметичность сварного шва, разрывное усилие сварного шва для ручек, деформация крючка вешалки, жесткость подноса, герметичность крышек, бутылей, канистр, плотность закрывания крышек, прочность канистр, бутылей, деформация детской ванночки по ширине и др. |
| 2. Гигиенические | Стойкость к загрязнению, запах и привкус водной вытяжки, количество миграции вредных веществ в модельные среды, миграция красителя |
| 3. Эстетические | Внешний вид (наличие дефектов, цвет), стойкость рисунков к трению и к моющим средствам, оригинальность формы, конструкции, эргономическая приспособленность |
| 4. Эргономические | Удобство пользования и ухода за изделием |

Таким образом, качество изделий из пластмасс зависит от целого ряда факторов, связанных как со свойствами используемых для их изготовления материалов, так и от правильности выбора конструкции изделий и соблюдения технологического режима их формования. В связи с этим к качеству изделий из пластмасс предъявляются требования, касающиеся состава композиции, используемой для формования, конструкции изделия,

его внешнего вида и соответствия свойств изделия требованиям нормативных документов.

Окраска пластмасс должна быть равномерной и прочной. Физико-механические показатели ряда изделий из пластмасс должны соответствовать требованиям ГОСТ Р. 50962-96 (например, прочность крепления ручек на ведрах). Детали изделий должны свободно сопрягаться по месту разъема, крышки — плотно закрываться и открываться. [2]

3.1.4 Функции и содержание контроля качества

Контроль качества продукции подразделяют на три вида: входной, межоперационный и выходной (приемочный).

Свойства полимерного сырья регламентируются соответствующими стандартами или техническими условиями. Каждую партию производитель сопровождает сертификатом, где указаны основные показатели полимерных материалов. Входной контроль производится не всегда, но в ряде случаев возникает необходимость в его проведении. К таким случаям относится, например, возникновение технологических проблем в процессе производства изделий и их неудовлетворительное качество. [2]

Поступающие на переработку полимерные материалы подвергают входному контролю в соответствии с требованиями соответствующих ГОСТов, ТУ и т. д.

Наиболее часто возникает необходимость в проверке на соответствие стандартам таких характеристик, как показатель текучести расплава (ПТР), влагосодержание и объемные показатели. В зависимости от специфики получаемых изделий проверке могут подвергнуться и другие показатели.

Операционный контроль проводится в процессе обработки изделий с целью проверки качества выполнения операций, своевременного выявления и изъятия брака, устранения дефектов. [2]

Операционный контроль возможен после каждой операции либо после группы операций в зависимости от требуемого качества изделий и характера технологического процесса. Этот контроль осуществляет исполнитель операции (рабочий, бригадир, испытатель) контролер, мастер ОТК (БЦК). В некоторых случаях операционный контроль может выполнять представитель заказчика.

Приемочный контроль выполняется по окончании процесса изготовления изделий, деталей, сборочных единиц с целью определения соответствия качества требованиям, установленным в нормативно-технической документации. Контролируются также упаковка, комплектность и др.

Этому контролю подвергается вся продукция, законченная обработкой в данном цехе перед поступлением ее в следующий цех или непосредственно на склад. Приемочный контроль предупреждает отправку недоброкачественной продукции потребителю. Он выполняется

контролером, мастером ОТК, а в некоторых случаях – представителем заказчика. В зависимости от вида продукции при этом контроле возможно проведение соответствующих испытаний. [2]

3.1.5 Нормативно-техническая документация по контролю качества продукции

В последние годы распространился комплексно-статистический метод оценки качества полимерных изделий и материалов для них. Он заключается в длительном наблюдении одновременно как качества полимерного материала и параметров технологического процесса, так и качества полимерного изделия (таблица 3.3).

Таблица 3.3 - Испытания полимеров и пластмасс

| Сырье/ Метод | Полиэтилен | Полипропилен | Поливинилхлорид | Полиамиды | Полиэфиры |
|---|--|---|--------------------------|--------------------------------|-----------|
| Структурные и оптические свойства Экспрессный входной контроль, компонентный состав, оценка структуры и характеристик сополимеров | ASTM D2238 ASTM D3124 ASTM D6248 ASTM D5576 | ГОСТ 26996-86 ASTM D3900 ASTM D5576 | ASTM D5576 ASTM D2124 | ASTM D5594 | |
| Теплофизические свойства Определение удельной теплоемкости, определение коэффициента линейного теплового расширения и температуры стеклования/плавления | | ГОСТ Р. 56754-2015 (ИСО 11357-4:2005) ГОСТ Р. 56722-2015, ГОСТ Р. 56721-2015 ГОСТ Р 55134-2012 (ИСО 11357-1:2009) | | ГОСТ 29127-91 ГОСТ 21553-76 | |
| Механические свойства Испытания на растяжение и изгиб | | ГОСТ 11262, ГОСТ ISO 37-2013, ГОСТ 270-75, ГОСТ 4648-71, ISO 527:2012, ISO 37-2013, ISO 34-1:2010, ISO 178:2010 | | ASTM D638-99 | |
| Реологические свойства Вязкость, текучесть, скорость изменения объема | ГОСТ Р 54552-2011, ГОСТ 11645-73, ISO 11443:2005, ASTM D4440-15, ASTM D1646-2007 | | | | |

Накопленные данные обрабатываются с использованием компьютерных технологий и устанавливаются оптимальные показатели качества исходного материала и технологических параметров, дающих лучшее качество изделий.

Поддаются контролю также полимерные композиции, то есть смеси пластиков или каучуков с различными добавками, которые обеспечивают модификацию свойств полимеров и изделий из них. [3]

Пластмассы и каучуки имеют общую полимерную природу, потому являются высокомолекулярными соединениями, что определяет особенности их поведения в процессах переработки и эксплуатации (переход в вязко текучее состояние, высокая вязкость расплавов, стеклование и кристаллизация, релаксация, гистерезис и др.).

Но при этом они различаются по температурам фазовых и физических переходов, молекулярной массой, гибкости полимерных цепей, поведением в растяжении и др.

Поэтому оценку качества этих полимерных материалов необходимо проводить только по утвержденным методикам, на специальных приборах и на условиях, предусмотренных техническими условиями на конкретный полимерный материал (таблица 3.4).

Таблица 3.4 - Оценка готовой продукции

| Изделия | Полимерная пленка | Формованные изделия (полимерная тара, материалы поливинилхлоридные) | Волокна, текстиль | Трубы |
|--|---|---|---|--|
| Структурные, оптические и теплофизические свойства | Послойная идентификация и анализ включений ASTM D5477-11; определение мутности/цветности ASTM D1003-13, ASTM D6290, ASTM E1347, ASTM E308 | | Идентификация ГОСТ Р. 56561-2015 | ГОСТ Р 56723-2015 ГОСТ Р. 56722-2015 ГОСТ Р 56721-2015 ГОСТ 32618.2-2014 |
| Механические свойства | Прочность при растяжении, относительное удлинение при разрыве ГОСТ 10354-82 ГОСТ 14236-81 | Контроль прочности на сжатие ГОСТ 33756-2016 ГОСТ 11529-2016 ГОСТ Р. 51760-2011 | Прочность на разрыв. Ткани — прочность на раздир ГОСТ ISO 2062-2014 ГОСТ 25716-94 ГОСТ 10213.2-73 ГОСТ 6611.2-73 ГОСТ 6611.2-73 ГОСТ 3813-72 ISO 5079:1995 ISO 5081:1977 ISO 5082:1982 ISO 2062:2009 ISO 6939:1998 | Оценка механических свойств: испытание на растяжение, относительное удлинение при разрыве, ГОСТ Р. 52779-2007 ГОСТ Р. 52134-2003 ГОСТ 18599-2001 ГОСТ Р. 51613-2003 |

3.2 Выполнение визуального и органолептического анализа

3.2.1 Ассортимент пластмассовых изделий

Товары из пластмасс классифицируют по виду пластмасс, способу производства, виду декорирования, назначению и другим признакам.

Классификация хозяйственных товаров из пластмасс по назначению является основой для формирования ассортимента (Рис.3.1).



Рисунок 3.1 - Классификация хозяйственных изделий из пластмасс

Изделия из пластмасс получают все более широкое распространение благодаря красивому внешнему виду и относительно невысокой стоимости. Пластмассы находят применение не только в производстве товаров хозяйственного и культурно-бытового назначения, но широко используются и в производстве одежды, обуви и других товаров. [4]

Классификация промышленных и хозяйственных товаров различаются по назначению (Рис.3.2).



Рисунок 3.2 - Классификация промышленных товаров из пластмасс

3.2.2 Органолептический метод анализа качества изделий

Метод основан на получении информации об объекте контроля посредством рецепторов человека-оператора. Визуальный контроль, в силу своего широкого распространения, выделен из органолептического в самостоятельный вид контроля.

Органолептический метод исследования означает определение качества изделий при помощи органов чувств – зрительных, вкусовых, обонятельных, осязательных, слуховых. [4]

Органолептический метод прост, всегда используется первым, часто исключает необходимость использования измерительного метода, как более дорогого, требует малых затрат времени. Кроме доступности и простоты этот метод незаменим при оценке показателей качеств.

Проводя анализ полимеров, в первую очередь необходимо произвести визуальный органолептический анализ, установив цвет, запах, наличие шероховатостей, неровностей. [4]

1. Определить цвет и прозрачность. Цвет рассматривают в отраженном свете, а прозрачность в проходящем.

2. Проверяют физическое состояние пластмассы пробой на изгиб (Жесткая, гибкая, мягкая).

3. Определяют, какой звук издает пластмасса при ударе. Для этого необходимо поставить на стол изделие и постучать по его краю (звук глухой, звонкий).

4. Используемый образец зажимают тигельными щипцами и вносят сбоку в пламя горелки. Отмечают изменения пластмассы под действием нагревания и характер горения.

В простейшем случае изделие просвечивают обычной лампой накаливания, при этом дефекты (расслоения, зоны с пониженным содержанием связующего в стеклопластиках, пузыри в термопластах и др.) выявляются на более светлом фоне в виде темных пятен. [4]

3.2.3 Визуальный и измерительный метод

Визуальный и измерительный метод обнаружения и анализа внешних дефектов изделий, возникающих на различных этапах производства, осуществляется с использованием эталонных образцов, конструкторских чертежей, фотографий, операционных карточек технологического процесса.

Методом выявляют, в основном, поверхностные дефекты материала (трещины, расслоения, забоины, включения, раковины и пр.), а также отклонения геометрических размеров.

При определении дефектов материала (трещин, расслоений, забоин, включений, раковин и пр.), а также отклонений геометрических размеров заготовок от изначальных, пользуются эталонными образцами,

конструкторскими чертежами, фотографиями, операционными картами технологического процесса. [4]

Используют:

- угольники;
- калибры;
- эндоскопы;
- угломеры с нониусом;
- щупы измерительные;
- штангенциркули;
- толщиномеры;
- микрометры;
- поверочные плиты (Рис.3.3).



Рис.3.3 Универсальный комплект для визуального и измерительного метода контроля, применяемый для измерений на всех этапах производства пластмассовых изделий.

Допускается применение других средств визуального и измерительного контроля при условии наличия методик их применения и соответствующих инструкций.

Вместо визуальной оценки качества изделия иногда применяют систему с фотоэлементами, фиксирующими интенсивность света, прошедшего через изделие в каждом контролируемом сечении, что дает возможность автоматизировать процесс контроля. [4]

3.2.4 Контроль внешневидовых дефектов путём визуального осмотра выпускаемой продукции

Наиболее простым и одновременно с тем достаточно информативным способом неразрушающего контроля считается визуально измерительный контроль качества.

Этот метод обычно осуществляется без применения оборудования. Иногда для его проведения используются несложные измерительные средства. [4]

Возникающие в процессе формования изделий из пластмасс дефекты могут иметь различное происхождение. Это могут быть дефекты, связанные с неудачно подобранным составом пластмассы (дефекты состава); дефекты, обусловленные нарушением технологического режима формования и его неправильным выбором (дефекты формования); а также дефекты, связанные с недостаточно тщательно проведенными операциями механической обработки или декорирования уже отформованных изделий (дефекты отделки). [4]

Визуальными методами выявляют дефекты прозрачных и полупрозрачных пластмасс (полиметилметакрилата, неокрашенных поликарбонатных смол и т.д.)

Изделия и образцы пластмасс рассматривают.

Отмечают для пластмассы:

- цвет (яркий, размытый, светлый, темный, черный);
- прозрачность (прозрачная, непрозрачная);
- состояние поверхности и ее ощущение при помощи пальцев (гладкая, блестящая, ворсистая, маслянистая, ровная, волнообразная и т.д.);
- физическое состояние (твердая, мягкая, эластичная);

Для изделия из пластмассы определяют:

- вид, назначение изделия – деталь (корпус, крышка, прокладка, втулка и т.д.), игрушка, посуда (тарелка, чашка, стакан, бутылка и т.д.), бытовое изделие и др.
- отличительные особенности (цельное, составное);
- технология изготовления (прессование, вырубка, литье, каландрование, выдувание, склеивание, сварка, комбинированный способ);
- вид отделки (окраска в массе, напыление, живописные рисунки);
- вид излома (хрупкий, вязкий).

Требования к внешнему виду

Изделия не должны иметь острых (режущих, колющих) кромок, если это не определено функциональным назначением изделия.

Внешний вид наружной поверхности изделия в зависимости от метода его изготовления должен удовлетворять следующим требованиям:

- при изготовлении изделий методом литья под давлением не допускаются дефекты, портящие внешний вид: (раковины, вздутия, трещины, грат, следы течения, линии холодного стыка, царапины, сколы);
- инородные включения в количествах, более допустимых по нормативному или техническому документу на материал, из которого изготовлено изделие;
- при изготовлении изделий методом формования из листа не допускаются царапины, следы от выталкивателей глубиной более 0,3 мм, сколы;
- при изготовлении изделий методом выдувного формования не допускаются риски, царапины, следы по месту смыкания формы высотой более 0,3 мм, грат высотой более 1 мм;

- при изготовлении изделий методом экструзии не допускаются подтеки, наличие нерасправляющихся (запрессованных) складок, проколов, трещин. [4]

Внешний вид внутренней поверхности изделия в зависимости от метода изготовления должен удовлетворять следующим требованиям:

- при изготовлении изделий методом литья под давлением высота или глубина следов от формующего инструмента должна быть не более 0,5 мм;
- при изготовлении изделий методом формования из листа и методом выдувного формования не допускается грат высотой более 1 мм.

Следы от формующего инструмента не должны иметь острых (режущих, колющих) краев. Не допускается выступание литника над опорной поверхностью.

Покрытие, нанесенное на изделие, должно быть ровным, без вздутий, пузырей и отслаивания.

Рельеф должен быть четким, без смещений. Рисунок, нанесенный различными методами (печатью, тиснением и деколем и др.), должен быть четким, без искажений и пропусков. При декорировании изделий цветной пленкой допускается наличие следа пленки, не ухудшающего внешний вид изделия. Не допускается смещение составных частей рисунка относительно друг друга более чем на 1 мм. [4]

3.2.5 Неразрушающий контроль полимерных композиционных материалов

Методы неразрушающего контроля

В настоящее время все более широкое применение в промышленности находят композиционные материалы на основе пластмасс. Стремительное развитие техники заставляет конструкторов предъявлять все более жесткие требования к материалам, предназначенным для использования в самолетостроении, ракетостроении, судостроении.

Основные требования, предъявляемые к конструкционным материалам, используемым в этих областях: повышенная механическая прочность, устойчивость к воздействию низких и высоких температур, негорючесть, химическая инертность, теплоизолирующая способность материалов. [5]

Традиционно в этих отраслях промышленности использовались титановые и нержавеющие сплавы. Однако прогресс не стоит на месте, и более перспективными для этих областей промышленности являются полимерные композиционные материалы.

Методы неразрушающего контроля (НК) основываются на наблюдении, регистрации и анализе результатов взаимодействия физических полей (излучений) или веществ с объектом контроля, причем характер этого взаимодействия зависит от химического состава, строения, состояния структуры контролируемого объекта и т.п.

Все методы неразрушающего контроля являются косвенными методами. Настройка и калибровка должны осуществляться по контрольным образцам, имитирующим измеряемый физический параметр. Универсального метода неразрушающего контроля, способного обнаружить самые разнообразные по характеру дефекты, нет. [5]

Каждый отдельно взятый метод НК решает ограниченный круг задач. Система средств неразрушающего контроля обычно состоит из прибора, преобразователя и контрольного образца.

Дефекты, выявляемые методами НК, а также общее описание методов приведены в таблице 3.5

Таблица 3.5 – Применение методов НК

| Дефект | Акустическая эмиссия | Компьютерная томография | Течеискание | Радиография Радиоскопия | Шерография | Измерение деформации | Термография | Ультразвуковой контроль | Визуально- измерительный контроль |
|---------------------------------------|-------------------------|----------------------------|-------------|----------------------------|------------|-------------------------|-------------|----------------------------|---|
| Загрязнение | | + | | + | | | | + | + |
| Повреждение нитей | + | + | | + | | | | | |
| Расслоение | + | + | | | + | | + | + | + |
| Изменение плотности | | + | | + | | | + | + | |
| Деформация под нагрузкой | | | | | + | + | | | |
| Нарушение связей | | + | | | + | | + | + | + |
| Нарушение связей между волокнами | + | + | | | | | + | + | |
| Нарушение соосности волокна | | + | | + | | | + | | |
| Разрывы | + | + | | + | | | + | + | + |
| Включения | | + | | + | | | + | + | + |
| Утечки | + | | + | | | | | + | |
| Незакрепленные или подвижные части | + | | | | | | | | |
| Микротрещины | + | + | | + | + | | | + | |
| Влага | | + | | + | | | + | | |
| Пористость | + | + | | + | | | + | + | |
| Изменение толщины | | + | | | + | | + | + | |
| Недоотверждение | | | | | | | | + | |
| Объемные включения | | + | | | | | | | |
| Пустоты | + | + | + | + | | | + | + | |

Достоинства методов неразрушающего контроля (МНК):

- сравнительно большая скорость контроля,
 - высокая надежность (достоверность) контроля,
 - возможность механизации и автоматизации процессов контроля,-
- возможность применения МНК в пооперационном контроле изделий сложной формы,
- возможность применения МНК в условиях эксплуатации без разборки машин и сооружений и демонтажа их агрегатов,
 - сравнительная дешевизна контроля и др.

В основе методов неразрушающего контроля лежат физические явления (параметры). [5]

Акустический метод

Данный метод неразрушающего контроля основан на регистрации параметров упругих колебаний, возбуждаемых и (или) возникающих в контролируемом объекте (под объектом контроля подразумеваются материалы, полуфабрикаты и готовые изделия).

При акустическом методе неразрушающего контроля чаще всего применяют звуковые и ультразвуковые частоты, то-есть используют диапазон частот приблизительно от 0,5 кГц до 30 МГц (Рис.3.4). В случае, когда при контроле используют частоты свыше 20 кГц, используют термин «ультразвуковой» вместо «акустический».



Рисунок 3.4 – Использование акустических устройств



Рисунок 3.5 - Ультразвуковая диагностика композиционных поверхностей

Акустические методы НК применяются для обнаружения поверхностных и внутренних дефектов (нарушений сплошности, неоднородности структуры, межкристаллитной коррозии, дефектов склейки, пайки, сварки и т. д.) в заготовках и изделиях, изготовленных из различных материалов. Они позволяют измерять геометрические параметры при одностороннем доступе к изделию, а также физико-механические свойства металлов и металлоизделий без их разрушения. [5]

К акустическим методам относятся методы звукового (импедансный, свободных колебаний и др.) и ультразвукового (эхо-импульсный, резонансный, теневой, эмиссионный, велосиметрический и др.) диапазонов (Рис.3.5).

Рентгеновская компьютерная томография.

С ее помощью можно различать волокна и полимеры в готовом изделии и даже контролировать отдельные волокна в жгуте. Комплекс задач, решаемых данным методом:

- создание подробных структурных моделей;
- определение ориентации волокон в пространстве и относительно друг друга;
- контроль матричной пропитки;
- поиск дефектов в конечном изделии (поры, трещины, расслоения, разрывы волокон, плотные включения);
- математическое исследование свойств материала и численное моделирование;
- усредненные характеристики материала в заданной единице объема;
- контроль опытных образцов в процессе испытаний;
- исследование отдельных и сплетенных волокон;
- контроль образцов препрегов.

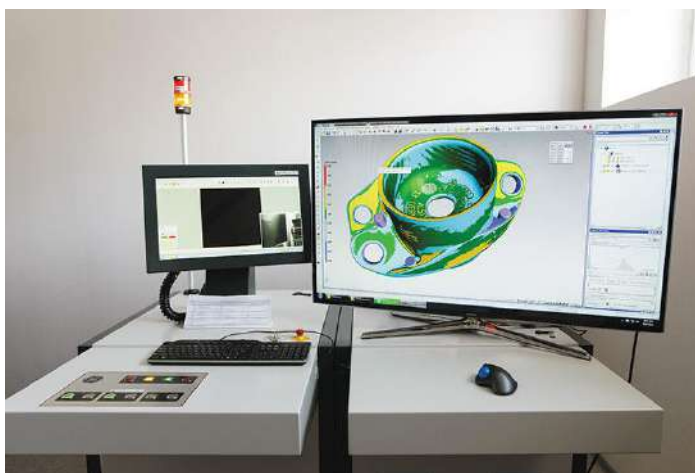


Рисунок 3.6 - Применение компьютерной томографии в промышленности

Контроль композитных материалов посредством компьютерной томографии применяется на всех этапах производства, в том числе на этапах отработки технологии, приёмки и обнаружения эксплуатационных дефектов. (Рис.3.6). Одним из ключевых преимуществ контроля композитов методом компьютерной томографии является высокая чувствительность, значительно превышающая традиционные рентгеноскопические исследования. [5].

Таким образом, контроль композитных материалов с применением микрофокусной компьютерной томографии является практически универсальным методом, позволяющим определять дефекты различных материалов с точностью до нескольких микрон (Рис.3.7 и Рис.3.8).

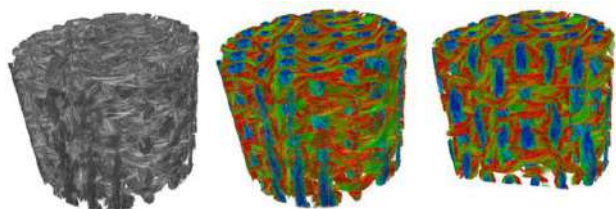


Рисунок 3.7 - Ориентация направления волокон в пространстве на рентгенограмме

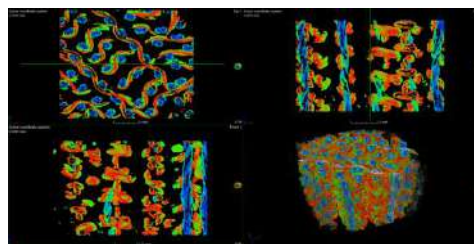


Рисунок 3.8 - Анализ изменений в каждом жгуте и качества плетения отдельных слоев

Течеискание

Это вид испытаний на герметичность основан на регистрации веществ, проникающих через течи (ГОСТ 26790 85).

Течеискание относится к неразрушающему контролю проникающими веществами. В зависимости от применяемой оснастки различают камерный и бескамерный способы контроля герметичности. [5]

При бескамерном способе внутри изделия создают избыточное давление или вакуум, а вне изделия давление равно атмосферному (Рис.3.9).



Рисунок 3.9 – Капиллярное бескамерное течеискание



Рисунок 3.10 – Проверка герметичности больших объемов

При камерном способе изделие помещается в специальную камеру. Контроль герметичности может быть 100%-ный, выборочный групповой и выборочный единичный. Основные иницирующие функции выполняет пробное вещество, проникновение которого через течь обнаруживается в процессе контроля (Рис.3.10).

В качестве пробных веществ, как правило, применяются газы с малым молекулярной массой, инертные газы, не взаимодействующие с материалом объекта и веществом внутри него.

Шерография – это разновидность интерферометрических методов неразрушающего контроля (методов дефектоскопии), с помощью которого внутренние разрушения или дефекты компонентов могут быть выявлены посредством измерения и анализа поверхностных деформаций (Рис.3.11).

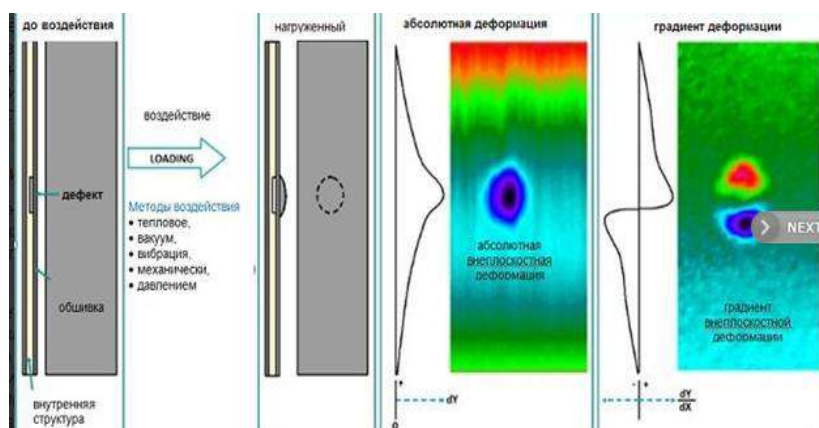


Рисунок 3.11 - Результаты шерографии



Рисунок 3.12 - Шерограф Flaw Explorer

Деформации образуются как ответная реакция внутренней структуры на некоторую внешнюю незначительную нагрузку. Совмещая полученные изображения объекта в ненагруженном состоянии с изображением, взятым в нагруженном состоянии, можно определить изменение любой заданной точки изображения. [6]

Поверхность объекта испытания засвечивается лазерным излучением и отражается на CCD-камеру, оснащённую, так называемой, «сдвигающей оптикой» (Рис.3.11). Эта «сдвигающая оптика» проецирует изображение объекта на матрицу камеры дважды и каждая точка объекта, таким образом, является дважды отображаемой на CDD-чипе (CDD-матрице).

Измерение деформации.

Известно много методов определения деформации образцов и деталей, но они ведут к разрушению исследуемых объектов. К современным неразрушающим методам относится Vic-3D бесконтактное измерение деформации.

Корреляция цифровых изображений (Digital Image Correlation – DIC) – это бесконтактный оптический метод измерения деформации объекта. Суть методики заключается в отслеживании изменений состояния (изменении уровня насыщенности серого цвета) небольшого участка (subset) черно-белой текстуры в процессе нагружения. [6]

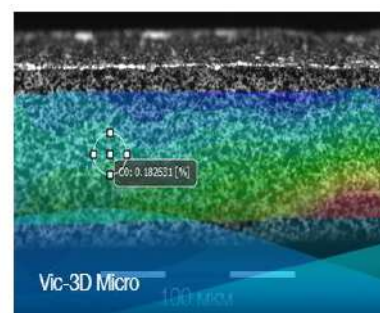
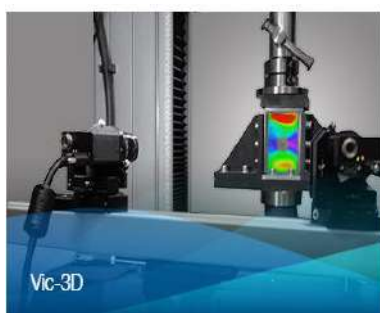


Рисунок 3.13 – Метод Vic-3D HS обнаружения деформации

Анализ такой элементарной ячейки позволяет вычислить пространственное перемещение и деформацию на заданном участке. Для получения полной картины, поверхность образца, программным образом, делится на элементарные ячейки, анализ которых и позволяет вычислить поле распределения деформации по всей поверхности.

Vic-3D – это бесконтактная система измерения деформации, работающая на методике корреляции цифровых изображений (DIC – Digital Image Correlation).

Данная система является универсальным инструментом для любых типов статических и динамических испытаний (Рис.3.13).

Высокоскоростные системы анализа деформации Vic-3D HS вобрали в себя всю мощь усовершенствованной методики корреляции цифровых Vic-3D, добавив безграничные возможности по скорости съемки. Vic-3D HS поддерживает работу со всеми высокоскоростными камерами от ведущих мировых производителей (Рис. 3.14 и 3.15) [6].

Метод позволяет проводить высокоскоростные испытания с регистрацией процесса со скоростями от нескольких тысяч до 5 миллионов кадров в секунду, что подходит для исследования любых быстропротекающих процессов: разрушения, ударные воздействия, взрывы, баллистические испытания, попадание посторонних предметов, вибрационный анализ и много другое.

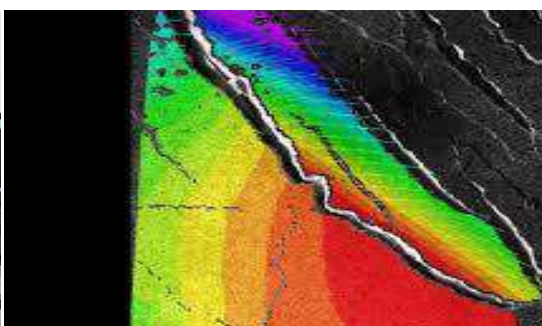


Рисунок 3.14 – Бесконтактная трехмерная система VIC-3D 8 для измерения деформации в полевых условиях

Рисунок 3.15 – Результаты Vic-3D HS контроля

Vic-3D HS – это полностью готовое решение, включающее в себя, помимо высокоскоростных камер и программного обеспечения для анализа, все необходимые элементы для работы: интегрированный модуль ПО для сбора и сохранения данных с камер, специализированную подсветку, элементы коммутации и синхронизации работы камер, специализированные штативы, объективы, калибровочные ячейки и пр. [6]

Система Vic-3D EDU с легкостью позволяет наглядно продемонстрировать законы деформирования твердого тела в готовых изделиях, а также обеспечит основу научных исследований. Деформация при растяжении, сжатии, кручении и изгибе, сдвиговые деформации,

распределение полей деформации при испытаниях металлов, композитов, полимеров, строительных материалов и многое другое.

Термография.

Встроенный источник тепла (галогеновая лампа) создает в объекте контроля тепловое возбуждение. [6]

Прохождение тепловой энергии через изделие сопровождается изменением температуры его поверхности. Картина изменения температуры поверхности записывается в течение определенного периода времени с помощью инфракрасной камеры (Рис.3.16).

После обработки данных результаты отображаются в виде изображения, на котором пользователь может увидеть информацию о внутренней структуре материала или о возможных дефектах в нем.

Метод измерений подходит для большинства композитных материалов:

- возможность эффективного (с точки зрения времени и затрат) сканирования больших площадей;
- простота в использовании;
- высокая вероятность обнаружения дефектов;
- способность осуществлять полевой контроль на месте эксплуатации без масштабного демонтажа;
- легко анализируемые результаты (меньше зависимости от «человеческого фактора»);

- простотой формат архивирования результатов для обеспечения отслеживаемости (изображений) (Рис.3.17).



Рисунок 3.16 - Снятие термограммы

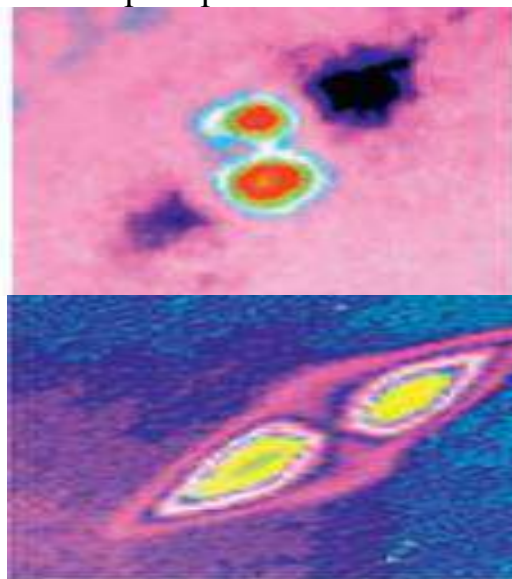


Рисунок 3.17 - Термограммы зон с ударным повреждением углепластикового композита

Визуальный и измерительный контроль (ВИК).

Это один из разновидностей методов неразрушающего контроля, в первую очередь основан на возможностях зрения, объект при этом контроле исследуется в видимом излучении. [2]

Метод проводится с использованием простейших измерительных средств таких как: лупа, рулетка, УШС, штангенциркуль и т. д. С его

помощью можно обнаружить: коррозионные поражения, трещины, изъяны материала и обработки поверхности и пр. Также его проводят при помощи оптических приборов, что позволяет значительно расширить пределы естественных возможностей глаза.

Световые образы распознаются человеческим глазом в качестве линий, пятен, граней, теней, цветовых тонов, направлений и/или точек отсчета в пределах поля зрения. Затем визуальное наблюдение по памяти сравнивают с ранее сделанными наблюдениями, и определяются отличия по форме, структуре и цвету. [2]

Визуальный и измерительный контроль, например полимерных и композитных материалов, сварных соединений, сооружений и технический устройств, проводят с требованиями специально разработанной документации, примером может являться РД 03-606-03.

Область применения:

- На стадии входного контроля для выявления поверхностных дефектов материала (трещин, расслоений, забоин, шлаковых включений, раковин и пр.), а также отклонений геометрических размеров заготовок от изначальных
- При подготовке деталей под сборку и сварку.
- После окончания сварки, либо на определённых её этапах — для выявления в сварном соединении поверхностных дефектов и несплошностей (раковин, пор, свищей, подрезов, прожогов, наплывов и пр.), а также при отклонении сварного шва от требований, установленных стандартами.
- На стадии технического диагностирования.

Краткие выводы

1. Среди методов дефектоскопии особое место занимают неразрушающие методы контроля, которые позволяют определить качество изделия без нарушения его эксплуатационных свойств.
2. Ценность неразрушающих методов контроля заключается в том, что они позволяют обнаружить как явные, так и скрытые дефекты в материалах, предотвращая появление брака в процессе производства.
3. Неразрушающие методы контроля способствуют совершенствованию технологических процессов и развитию малоотходных и безотходных технологий.

? Вопросы для самостоятельного контроля

1. В каких случаях необходимо применение неразрушающих методов контроля?
2. Какие требования применяются к неразрушающим методам контроля?

3. Какие виды неразрушающих методов контроля позволяют обнаружить подповерхностные дефекты?
4. Какими видами неразрушающих методов контроля возможно обнаружение объемных дефектов?
5. Преимущества и недостатки визуально-оптического метода контроля?
6. Какие дефекты обнаруживаются в первую очередь?
7. В чем заключается принцип определения дефектов с помощью лазерного дефектоскопа?
8. Какие вещества применяют в качестве проявителя в методе капиллярного неразрушающего контроля?
9. Что собой представляет система радиационного контроля?
10. Какие источники излучения применяют при радиометрии?

3.3 Лабораторный практикум по спецтехнологии

3.3.1 Содержание лабораторного практикума

Целью данного лабораторного практикума является ознакомление обучающихся с основными технологическими закономерностями переработки полимеров и их композиций через расплавы, растворы и дисперсии, а также способами их физической и химической модификации.

Лабораторные работы выполняются с использованием полупромышленного оборудования на базе лаборатории «Технический контроль и качество полимерных материалов» с соблюдением правил технической эксплуатации и требований техники безопасности при работе на нем.

В процессе выполнения практикума обучающиеся получают знания о назначении компонентов полимерных композиций, требованиях к их качеству, осваивают принципы составления и расчета рецептуры полимерных композиций. Обучающиеся должны уметь самостоятельно выполнить подготовительные операции, контролировать технологические параметры на различных этапах переработки полимеров и получении опытных образцов, анализировать полученные результаты.

3.3.2 Примерный перечень лабораторных работ по спецтехнологии

Выбор технологических режимов переработки реактопластов по измерению их технологических характеристик

Визуальный и измерительный контроль труб и деталей из полиэтилена

Идентификация полимеров с помощью ИК-спектроскопии

Контроль оптических характеристик полимеров (цвет, мутность, прозрачность) ИК-спектроскопией

Контроль качества сварных швов

Контроль качества клеевого шва
Метод пенетрации. Определение дефектов поверхности
Неразрушающие испытания полимеров и пластмасс
Определение цветового соответствия
Определение озоностойкости пластмасс
Определение газопроницаемости пластмасс
Определение морозостойкости полимеров
Определение таблетированности пластмасс
Определение теплостойкости полимеров
Определение скорости отверждения реактопластов
Определение клейкости и липкости резиновых смесей
Определение вулканизационных характеристик резиновых смесей
Определение гомогенности микроструктуры резиновых смесей
методом световой микроскопии
Определение условной прочности и удлинения при растяжении
полимерной пленки
Определение прочности сварных швов полиэтиленовых пакетов
Определения твердости по Бринеллю, Виккерсу и Роквеллу
Топографический анализ поверхностного слоя методом
профилографирования

3.3.3 Физико-механические свойства изделий из пластмасс

Механические свойства характеризуют способность материалов сопротивляться действию внешних сил. К основным механическим свойствам относятся прочность, твердость, ударная вязкость, упругость. [8]

Прочность — это способность материала сопротивляться разрушающему воздействию внешних сил.

Твердость — это способность материала сопротивляться внедрению в него другого, более твердого тела под действием нагрузки.

Вязкостью называется свойство материала сопротивляться разрушению под действием динамических нагрузок.

Упругость — это свойство материалов восстанавливать свои размеры и форму после прекращения действия нагрузки.

Пластичностью называется способность материалов изменять свои размеры и форму под действием внешних сил, не разрушаясь при этом.

Хрупкость — это свойство материалов разрушаться под действием внешних сил без остаточных деформаций.

Деформация характеризует изменение размеров образца под действием нагрузки.

Деформация может быть упругой (исчезающей после снятия нагрузки) и *пластической* (остающейся после снятия нагрузки).

При испытаниях строится диаграмма растяжения, представляющая собой зависимость напряжения от деформации. После проведения испытаний определяются следующие характеристики механических свойств.

Предел прочности — сопротивление-напряжение, отвечающее максимальной нагрузке, которую выдерживает образец при испытании.

Относительное удлинение после разрыва — отношение приращения длины образца при растяжении к начальной длине, %.

Относительным сужением после разрыва называется уменьшение площади поперечного сечения образца, отнесенное к начальному сечению образца, %.

Относительное удлинение и относительное сужение характеризуют пластичность материала.

Твердость металлов измеряется путем вдавливания в испытуемый образец твердого наконечника различной формы.

Метод Бринелля основан на вдавливании в поверхность металла стального закаленного шарика под действием определенной нагрузки. После снятия нагрузки в образце остается отпечаток. Число твердости по Бринеллю HB определяется отношением нагрузки, действующей на шарик, к площади поверхности полученного отпечатка.

Метод Роквелла основан на вдавливании в испытуемый образец закаленного стального шарика диаметром 1,588 мм (шкала В) или алмазного конуса с углом при вершине 120° (шкалы А и С). Вдавливание производится под действием двух нагрузок — предварительной, равной 100Н и окончательной, равной 600, 1000, 1500 Н для шкал А, В и С соответственно. Число твердости по Роквеллу HRA, HRB и HRC определяется по разности глубин вдавливания.

В методе Виккерса применяют вдавливание алмазной четырехгранной пирамиды с углом при вершине 136°. Число твердости по Виккерсу HV определяется отношением приложенной нагрузки к площади поверхности отпечатка.

Ударная вязкость определяется работой A , затраченной на разрушение образца, отнесенной к площади его поперечного сечения F ; Дж/м²: Испытания проводятся ударом специального маятникового копра. Для испытания применяется стандартный надрезанный образец, устанавливаемый на опорах копра. [8]

3.3.4 Лабораторные работы (выборочно, в учебных целях)

Лабораторная работа 3.1

Тема: Определение условной прочности и удлинения при растяжении полимерной плёнки

Цель: Сформировать практические навыки определения условной прочности и удлинения при растяжении полимерной пленки

Оборудование и материалы

Машина разрывная РМИ-50

Ножницы

Линейка

Толщиномер (погрешность измерения 0,01 мм, мерительное давление 8-20 кПа)

Картон листовой

Краска для меток

Полимерная пленка прямоугольной формы шириной 10-25 мм

Подготовка к работе. Соблюдая правила техники безопасности, проверяют исправность разрывной машины. Для испытания применяют образцы в форме прямоугольника шириной от 10 до 25 мм, длиной не менее 150 мм. Предельные отклонения по ширине образца должны быть $\pm 0,2$ мм. За толщину образца принимают толщину испытуемого материала. [9]

Перед испытанием на центральную часть образца наносят метки, ограничивающие расчетную длину l_0 , которая должна быть не менее 50 мм для образцов прямоугольной формы.

Нанесение меток на образцы не должно приводить к изменениям свойств образцов и к разрушению образцов по меткам. Толщину и ширину образцов измеряют в трех местах, в середине образца и на расстоянии 5 мм до краев меток.



Рисунок 1 – Разрывная машина РМИ-50

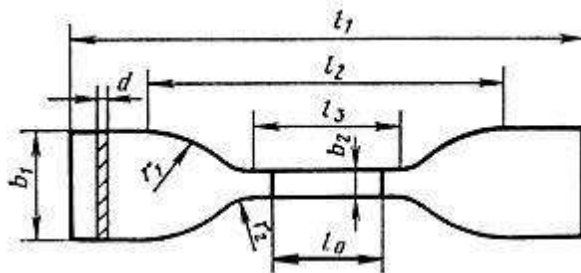


Рисунок 2 - Образец для испытаний материалов на растяжение

Для испытаний пригодны образцы, толщина которых отличается от среднего арифметического значения толщины образца не более чем на 10 %.

Из полученных данных вычисляют средние арифметические, по которым вычисляют начальное поперечное сечение A_0 , данные записывают в таблицу 1.

Таблица 1 - Результаты анализа

| № образца | Толщина, мм | | | |
|-----------|-------------|--------------|---------------|------------------------|
| | I измерение | II измерение | III измерение | среднее арифметическое |
| | | | | |

Годные образцы кондиционируют при $(24 \pm 2)^\circ\text{C}$ не менее 1 ч.

Проведение работы. Образцы закрепляют в зажимы разрывной машины. Их равномерно затягивают, чтобы не происходило скольжения образца при испытании, но при этом не разрушался образец в месте закрепления. Испытания проводят при температуре $(23 \pm 2)^{\circ}\text{C}$ и относительной влажности $(50 \pm 5)\%$.

Таблица 2 - Допускаемые погрешности скорости

| Скорость, мм/мин | Допускаемая погрешность, мм/мин |
|------------------|---------------------------------|
| 1 | $\pm 0,5$ |
| 2 (2,5) | $\pm 0,4$ |
| 5 | $\pm 1,0$ |
| 10 | $\pm 1,0$ |
| 20(25) | $\pm 2,0$ |
| 50 | $\pm 5,0$ |
| 100 | $\pm 10,0$ |
| 200(250) | $\pm 20,0$ |
| 500 | $\pm 50,0$ |

Испытание проводят при скорости раздвижения зажимов разрывной машины, предусмотренной в нормативно-технической документации на конкретный материал, которая должна соответствовать одной из указанных в таблице 2.

При испытании постоянно измеряют нагрузку и удлинение образца. При записи «нагрузка-удлинение» определяют показатели испытания на растяжение. Допускается вычисление значения удлинения образца по измерению расстояния между зажимами.

Образцы, разрушающиеся при испытании за пределами расчетной длины, или у которых в процессе испытания обнаружены дефекты материала, в расчет не принимают.

Обработка результатов.

Прочность (δ) в МПа (Н/мм^2) вычисляют по формулам:

прочность при растяжении (δ_z)

$$\delta_z = \frac{F_{\max}}{A_0}; \quad (3.1)$$

прочность при разрыве (δ_r)

$$\delta_r = \frac{F\gamma}{A_0}; \quad (3.2)$$

предел текучести (δ_s)

$$\delta_s = \frac{F_s}{A_0}; \quad (3.3)$$

условный предел текучести (δ_{sx})

$$\delta_s = \frac{F_{sx}}{A_0}; \quad (3.4)$$

где F_{max} – максимальная растягивающая нагрузка при испытании на растяжение, Н;

F_r – растягивающая нагрузка в момент разрыва, Н;

F_s – растягивающая нагрузка в момент достижения предела текучести, Н;

F_{sx} – растягивающая нагрузка в момент достижения условного предела текучести, Н;

A_0 – начальное поперечное сечение образца, мм².

За результат испытания принимают среднее арифметическое не менее пяти определений, вычисленное до третьей значащей цифры.

Относительное удлинение (ε_z) в процентах вычисляют по формулам:

относительное удлинение при максимальной нагрузке (ε_z)

$$\varepsilon_z = \frac{\Delta l_{oz}}{l_0} \cdot 100; \quad (3.5)$$

относительное удлинение при разрыве (ε_r)

$$\varepsilon_r = \frac{\Delta l_{or}}{l_0} \cdot 100; \quad (3.6)$$

относительное удлинение при пределе текучести (ε_s)

$$\varepsilon_s = \frac{\Delta l_{os}}{l_0} \cdot 100; \quad (3.7)$$

где l_0 – начальная расчетная длина образцов, мм;

l_{oz} – изменение расчетной длины образца в момент достижения максимальной нагрузки, мм;

l_{or} – изменение расчетной длины образца в момент разрыва, мм;

l_{os} – изменение расчетной длины образца в момент достижения текучести, мм.

За результат испытания принимают среднее арифметическое не менее пяти определений, вычисленное до второй значащей цифры.

Результаты испытаний записывают в протокол, который должен содержать следующие данные:

- наименование материала, обозначение нормативно-технического документа на материал;

- метод изготовления, место вырезки образцов;
- условия кондиционирования;
- тип использованных образцов с указанием ширины и толщины в пределах расчетной длины l_0 ;
- атмосферные условия в помещении испытания;
- число испытываемых образцов;
- тип испытательной машины и вид измерения удлинения;
- скорость испытания, расчетная длина и начальное расстояние между зажимами;
- отдельное значение определяемых показателей каждого образца и среднее арифметическое;
- стандартное отклонение (если предусмотрено в нормативно-технической документации на материал) [8].

Лабораторная работа 3.2

Тема: Получение изделий из расплавов полимеров методом литья под давлением

Цель работы: изучение процесса получения штучных изделий из расплава полимера методом литья под давлением.

Материалы, инструменты, оборудование.

Полимер (ПЭ, ПП, ПС, ПВХ – по заданию), разновесы, термошкаф, термopapa.

Литьевая машина.

Порядок выполнения работы.

1. Ознакомиться с правилами техники безопасности при выполнении работы.
2. Для выполнения работы берут навеску полимера согласно заданию.
3. Устанавливают на литьевой машине температуры переработки полимера, исходя из его температуры текучести (T_t). При этом температуры в рабочей зоне должны быть на 10-30°C выше T_t , в зоне впрыска – на 20-40°C выше температуры в рабочей зоне. [9]

Полимер в виде гранул или порошка загружается в воронку литьевой машины «Monomat», где он расплавляется и за счет вращательно-поступательного движения червяка перемещается в полость пресс-формы. После расстыковки формы и частей агрегата изделие извлекается из пресс-формы и охлаждается. С целью лучшего извлечения изделий из пресс-формы форма охлаждается с помощью подачи холодной воды по каналам литьевой формы.

4. Обучающиеся определяют температуры переработки полимера на литьевой машине, согласуют результаты с преподавателем, проводят наблюдение за технологическим процессом переработки полимеров на литьевой машине, фиксируют его основные параметры и результаты наблюдений заносят в таблицу 1.

Таблица 1 – Результаты анализа

| Наименование параметров | Единицы измерения | Наименование полимера | Фактические данные |
|---|-------------------|-----------------------|--------------------|
| 1. Температура текучести полимера | °C | | |
| 2. Время цикла | сек | | |
| 3. Время впрыска | сек | | |
| 4. Скорость течения расплавленного полимера | г/сек | | |
| 5. Температурный режим переработки (по зонам литьевой машины) | °C | | |
| 6. Масса навески и готового изделия | г | | |
| 7. Объем готового изделия | см ³ | | |
| 8. Усадка изделия | % | | |

5. В процессе выполнения работы обучающиеся знакомятся с проявлением эффекта Барруса и определяют степень разбухания струи расплава (C_p). Для этого следует измерить диаметр прутка (d_n), полученного при выходе из сопла литьевой машины, и сравнить его с диаметром сопла (d) по формуле:

$$C_p = \frac{d_n - d}{d} \cdot 100\% \quad (3.8)$$

6. Определить величину потерь и усадку готового изделия по формуле:

$$y = \frac{L - L_1}{L} \cdot 100\% \quad (3.9)$$

где L – размер формующей полости (пресс-формы, рамки и т.п.), мм, L_1 – размер изделия, мм. Данные занести в таблицу 1.

По окончании работы привести в порядок рабочее место.

7. По результатам работы сделать выводы, оформить отчёт. [7]

Лабораторная работа 3.3

Тема: Изучение процесса пленкообразования из растворов полимеров

Цель работы: Провести визуальное наблюдение процесса разделения раствора на фазы под действием осадителей при пленкообразовании. Получить пористые пленки. Получить монолитные пленки путем испарения растворителя.

Материалы, инструменты, оборудование:

Полимер (ПВХ, ПА, ПММА – по заданию), растворители (диметилформамид, этанол, вода).

Колба объемом 250мл с обратным холодильником и мешалкой, водяная баня, термометр со шкалой до 150°C, стекло для отлива пленок, ракля, термостат, кювета (осадительная ванна), толщиномер. [9]

Порядок выполнения работы:

1. Ознакомиться с правилами техники безопасности при проведении работы.
2. Приготовить 100мл раствора полимера (по заданию) согласно режимам и рецепту, указанным в таблице 2.

Таблица 2 - Условия растворения полимеров и применяемые осадители

| Полимер | Растворитель | Концентрация раствора, % | Температура растворения, °C | Осадитель |
|---------------------|-----------------|--------------------------|-----------------------------|-----------|
| Поливинилхлорид | Дифенилформамид | 10 | 90-95 | Вода |
| Полиамид 6/66-3 | Этанол 70% | 20 | 80-85 | Вода |
| Полиметилметакрилат | Этилацетат | 20 | 50-60 | Вода |

Растворение полимера проводят в колбе с обратным холодильником при помешивании. Для ускорения процесса растворения навеску полимера заливают небольшим количеством растворителя так, чтобы полимер был покрыт растворителем, и дают полимеру набухнуть (30мин). Затем добавляют остальное количество растворителя, нагревают и перемешивают. Полноту растворения контролируют по отсутствию набухших частиц полимера на стенках колбы при ее наклоне. После растворения полимера содержимое колбы хорошо перемешивают и прекращают нагревание. Раствору дают отстояться, чтобы исчезли пузырьки воздуха.

3. Из приготовленных растворов нужно получить пленку двумя способами:

- с использованием осадителя,
- путем испарения растворителя.

3.1. По первому способу часть полученного раствора выливают на стекло, ближе к одному из его краев. С помощью металлической ракля, нагретой до температуры раствора, получают на стекле слой раствора заданной толщины (1 мм).

Стекло оставляют на столе при комнатной температуре в строго горизонтальном положении на 30-45 с. и затем осторожно опускают его в ванну (кювету) с осадителем. При погружении не должны образовываться обрывки формирующейся пленки. Поверхность слоя раствора должна быть ровной, без пузырьков. В осадительной ванне слой раствора постепенно мутнеет, а затем переходит в белую непрозрачную пленку. Образование пленки под действием осадителей происходит в течение 10-35 мин. После этого пленку вынимают из осадительной ванны, промывают и сушат в термостате при температуре 70-100°C.

3.2. Получение пленок из растворов полимеров путем испарения растворителя сводится к нанесению на стекло слоя раствора толщиной 0,2–

0,25 мм и последующему испарению летучих растворителей при температуре 70-110°C. После охлаждения пленку снимают со стекла.

4. По окончании работы привести в порядок рабочее место.

5. Провести визуальную оценку качества полученных пленок, отметить отличия пленок в зависимости от способа получения. Сделать выводы по работе, оформить отчет. [3]

Лабораторная работа 3.4

Тема: Визуальный и измерительный контроль труб и деталей из полиэтилена

Цель: Выполнение контроля качества труб

Оборудование:

- линейки измерительные металлические;
- штангенциркули, штангенрейсмасы и штангенглубиномеры;
- стенкомеры и толщиномеры индикаторные;
- нутромеры микрометрические и индикаторные;
- штриховые меры длины (стальные измерительные линейки и рулетки)

Примечание. Допускается применение других средства ВИК при условии наличия соответствующих инструкций и методик их применения.

Погрешность измерений не должна превышать установленных величин.

Подготовка к контролю.

Очистка контролируемой поверхности -промывка, протирка (при необходимости) способом, указанным в соответствующем нормативном документе.

Порядок проведения входного контроля.

Для выполнения визуального контроля должен быть достаточный обзор для глаз специалиста. Подлежащая контролю поверхность должна рассматриваться под углом более 30° к плоскости объекта контроля и с расстояния до 600 мм (Рис.1. и Рис.2).

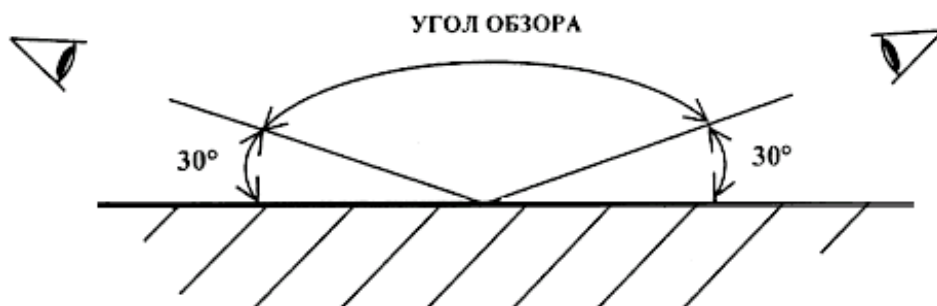


Рисунок 1 – Условия визуального контроля

Выполнение контроля поверхности снаружи и изнутри.



Рисунок 2 - Измерение толщины стенки

Результаты измерений занести в таблицу 1.

Таблица 1 – Результаты замеров

| Контролируемый параметр | Вид контроля | Требования к контролю |
|---|---------------|--|
| 1. Наружный диаметр (Dн) | Измерительный | Измерение Dн с обоих концов трубы |
| 2. Толщина стенки трубы (e) | То же | Измерение с обоих концов трубы |
| 3. Овальность трубы | То же | Измерение овальности с обоих концов трубы |
| 4. Длина трубы (L) | То же | Измерение не менее трех образцов |
| 5. Трещины, царапины, раковины, поры, посторонние включения | Визуальный | Осмотр поверхностей невооруженным глазом и с помощью оптических приборов |

Сравнить полученные результаты с показателями качества, предусмотренными нормативно-технической документацией. [7]
Сделать выводы.

? Вопросы для самостоятельного контроля

1. По каким внешним признакам можно отличить пластмассы?
2. Как определить удлинение при растяжении образца полимера?
3. Как рассчитать относительное удлинение образца при разрыве?
4. Что такое деструкция пластмасс (полимеров)?
5. Что такое эффект Барруса?
6. Как определить усадку готового пластмассового изделия?
7. Как получить пленку из раствора полимера?
8. Почему контролировать размеры пластиковой детали можно только после ее охлаждения при комнатной температуре?
9. Назовите видимые дефекты изделий из пластмасс.
10. Как измерять толщину стенки пластмассовой трубы?

Список использованных источников

1. Каневский И.Н., Сальникова Е.Н. Неразрушающие методы контроля. - Владивосток.: Изд-во ДВГТУ, 2007.-243с.
 2. Тюленев Л.Н., Шушерин В.В., Кузнецов А.Ю. Методы и средства измерений, испытаний и контроля: конспект лекций. Екатеринбург: ГОУ ВПО УГТУ УПИ, 2005. Ч.3.- 80 с.
 3. Зудин В.Л., Жуков Ю.П., Маланов А.Г. Датчики. Измерение перемещений, деформаций и усилий. Москва: Юрайт, 2020.
 4. Шах В. Справочное руководство по испытаниям пластмасс и анализу причин их разрушения. Пер. с англ. под ред. Малкина А.Я. — СПб.: Научные основы и технологии, 2009. — 732 с., ил.
 5. Троицкий В.А., Карманов М.Н., Троицкая Н.В. Неразрушающий контроль качества композиционных материалов. // Техническая диагностика и неразрушающий контроль. 2014. №3. с 29-33.
 6. Методы исследования современных полимерных материалов. Учебно-методическое пособие. ННГУ. Нижний Новгород, 2012г.
 7. Мамаев Н.М., Данюшин Л.М., Игнатенко Н.Л. Анализ высокомолекулярных соединений и изделий из пластмасс. Экспресс-методы. Лабораторный практикум. Новочеркасск, ЮРГТУ, 2010
 8. Дунин-Барковский И.В., Карташова А.Н. Измерение и анализ шероховатости, волнистости и некруглости поверхности. - М.: Машиностроение, 1978.
 9. Воскресенский П.И. Техника лабораторных работ. Издательство: М.: Химия Год издания: 1973.-717 с.
- Электронные ресурсы
- http://www.techeiscatel.ru/media/books/tyulenev_l_n_i_dr_metody_i_sredstva_izmereniy_ispytaniy_i_ko.pdf
- <https://foodindustry.kz/v-kazahstane-sovershenstvuetsya-sistema-infrastruktury-kachestva/>

ГЛАВА 4 УПРАВЛЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ ПРОЦЕССОМ

Введение

Целью модуля является формирование принципов построения систем автоматического контроля и управления производством на базе современных технических средств автоматизации.

Управлять производственными объектами невозможно без современных средств автоматизации и вычислительной техники, без высокоэффективных автоматизированных систем управления технологическими процессами - АСУТП.

АСУТП относятся к классу сложных систем, которым присущи следующие черты: наличие у всех элементов общей цели; системный характер реализуемых алгоритмов обмена и обработки информации; большое число входящих в систему функциональных подсистем.

При изучении данного модуля обучаемые должны освоить:

- методы автоматизации технологических процессов;
- пути повышения эффективности производственного процесса и его безопасности;
- знания методов решения комплексных технических задач, включающих автоматизацию технологических процессов на базе разработки и внедрения, как локальных систем управления, так и автоматизированных систем;
- современные средства и новейшие методы автоматизации;
- необходимость обеспечения высокой эффективности труда операторов и машинистов;
- важность фиксации хода технологического процесса и получения информации об аварийных ситуациях.

После освоения модуля, обучающиеся должны: выполнять контроль и регулирование параметров процесса на разных стадиях процесса; выполнять централизованное автоматическое регулирование параметров единого технологического процесса.

Данный модуль «Управление технологическим процессом» опирается на дисциплины «Автоматизация технологических процессов», «Оборудование предприятий по переработке полимерных материалов», «Информационные технологии в профессиональной деятельности» и «Электротехника с основами электроники», и является одним из основополагающих для формирования профессиональных компетенций техника-технолога в ходе технологической (преддипломной) практики.

4.1 Принципы управления производственным процессом

4.1.1 Структура автоматической системы управления рабочими процессами

Автоматизация является одним из главных направлений научно-технического прогресса и важным средством повышения эффективности общественного производства. [1]

Современное промышленное производство характеризуется большими масштабами и усложнением технологических процессов, увеличением единичной мощности отдельных агрегатов и установок, применением интенсивных, высокоскоростных режимов, повышением требований к качеству продукции, безопасности персонала, сохранности оборудования и окружающей среды.

Экономичное надежное и безопасное функционирование сложных промышленных объектов может быть обеспечено с помощью лишь самых совершенных принципов и технических средств управления.

Современными тенденциями в автоматизации производства являются: широкое применение ЭВМ для управления, создание машин и оборудования со встроенными микропроцессорными средствами, переход на централизованные структуры управления процессом с применением микро ЭВМ, использование высоконадежных технических средств и автоматизированное проектирование систем управления. (Рис.4.1)

Одной из важнейших задач является широкое внедрение автоматизированных и автоматических систем управления технологическими процессами в химической промышленности.

Функции автоматизированной производственной системы можно разделить на *производственные* и *информационные*. [1]

Производственные функции заключаются в реализации в автоматизированном режиме технологических процессов выпуска продукции.



Рисунок 4.1 – Современное автоматизированное производство

Информационные функции связаны с реализацией процессов сбора, обработки, хранения и выдачи информации о состоянии производственной системы и результатах производства оперативному персоналу и автоматическим системам для целей управления и учета.

Автоматизированная производственная система является совокупностью технологического оборудования и автоматизированных систем различного назначения.

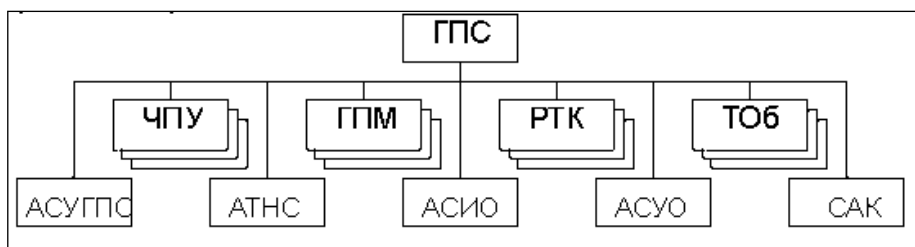


Рисунок 4.2 - Состав ГПС

Операции технологического процесса реализуются с помощью оборудования с ЧПУ, гибких производственных модулей ГПМ, роботизированных технологических комплексов РТК и другого автоматического технологического оборудования.

Автоматическая работа и переналадка технологического оборудования обеспечиваются системами обеспечения:

- АСУ ГПС - автоматизированная система управления ГПС;
- АТНС - автоматизированная транспортно-накопительная система;
- АСИО - автоматизированная система инструментального обеспечения;
- АСУО - автоматизированная система удаления технологических отходов;
- САК - система автоматизированного контроля. [1]

В составе ГПС можно выделить гибкие производственные модули ГПМ, автоматизированную складскую систему АСС (автоматизированный склад), автоматизированную транспортную систему АТС и автоматизированную систему управления АСУ ГПС. При небольших масштабах ГПС АСС и АТС могут рассматриваться в виде единой транспортнонакопительной системы. (Рис.4.2)

Общее управление в ГПС осуществляет АСУ ГПС, которая является двухуровневой иерархической системой (может быть и большее число уровней). Объектами управления для АСУ ГПС являются: оборудование, системы и технологические процессы ГПС. Нижний уровень иерархии образуют локальные системы управления СУ конкретным оборудованием, обеспечивающие управление рабочим циклом этого оборудования. Верхний уровень АСУ ГПС осуществляет управление производственным циклом ГПС в целом. Обмен информацией между локальными СУ и верхним уровнем в процессе управления производится с использованием информационной магистрали АСУ ГПС, которая может иметь разную реализацию. Соединение локальных СУ с магистралью АСУ ГПС производится с использованием устройств сопряжения с объектом УСО.

- В рамках рассмотренной структуры реализуются функциональные автоматизированные системы ГПС:

- автоматизированная технологическая система,
- автоматизированная система снабжения заготовками,
- автоматизированная система инструментального обеспечения (АСИО),
- автоматизированная система удаления отходов техпроцесса (АСУО),
- система автоматического контроля (САК),
- автоматизированная система технологической подготовки производства (АСТПП),
- система автоматизированного проектирования (САПР),
- автоматизированная система научных исследований (АСНИ),
- другие автоматизированные системы, обеспечивающие наиболее полную автоматизацию функционирования ГПС. [1]

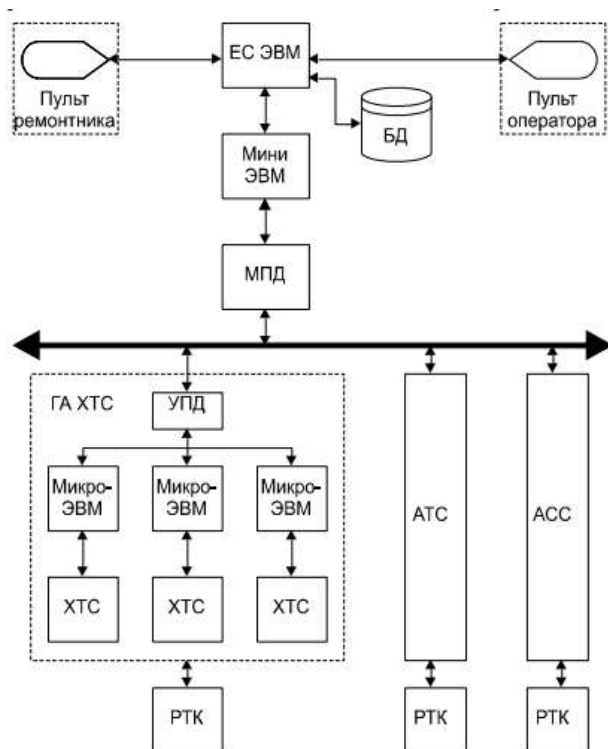


Рисунок 4.3 – Гибкая химико-технологическая схема

В химической промышленности наряду с крупнотоннажным (массовым) производством стабильных химических продуктов (серная кислота, минеральные удобрения и др.) существуют и малотоннажные производства, выпускающие продукты разнообразной номенклатуры, обычно часто изменяющейся (Рис.4.3).

Для таких производств эффективны ГПС. Структурная схема гибкой автоматизированной химико-технологической системы ГА ХТС приведена на рисунке 4.3, где приняты

следующие обозначения:

- ХТС - химико-технологическая система,
- МПД - мультиплексор передачи данных,
- УПД - устройство последовательного доступа,
- АТС - автоматизированная транспортная система,
- АСС - автоматизированная система складов,
- РТК - роботизированный технологический комплекс,
- БД - база данных.

ГА ХТС обеспечивает многономенклатурное производство продуктов и обладает возможностью автоматизированной перенастройки при переходе к выпуску новой продукции. Все основные процессы этой системы управляются программно, и смена управляющих программ обеспечивает

изменение рабочего процесса.

При реализации ГА ХТС некоторые процессы остаются ручными, что определяет степень автоматизации производственной системы. [2]

Для ГА ХТС характерны те же основные черты и те же компоненты, что и для ГПС. Соответственно имеются общие задачи управления, предполагающие типовые средства для их решения.

При проектировании автоматизированных производственных систем различного назначения используются общие системные принципы:

- модульность построения;
- системная совместимость компонентов;
- распределено - централизованное управление;
- адаптация к изменениям в производственном процессе;
- совместимость с другими производственными автоматизированными системами;
- поэтапное внедрение.

Принцип модульности заключается в создании производственных систем различной конфигурации и различного назначения из ограниченного, функционально полного набора типовых унифицированных модулей.

Принцип системной совместимости требует наличия технологической, информационной, конструктивной, эксплуатационной и энергетической совместимости между компонентами производственной системы.

Принцип распределено - централизованного управления предполагает обработку информации и решение задач управления в иерархической многоуровневой системе, обеспечивающей гибкость, повышение быстродействия и надежности.

Соблюдение принципа адаптации обеспечивает возможность продолжения функционирования производственной системы при непредвиденных изменениях номенклатуры и объема выпуска, при дефиците трудовых и сырьевых ресурсов и пр.

Совместимость автоматизированной производственной системы с другими автоматизированными системами предполагает возможность ее интеграции с автоматизированными системами САПР, АСНИ, АСТПП, АСУП путем объединения баз данных. [2]

Принцип поэтапного внедрения заключается в поэтапном наращивании степени автоматизации производственного процесса и последовательном внедрении от нижних иерархических уровней производственной системы к ее верхним иерархическим уровням.

4.1.2 Приборы и средства автоматизации технологических процессов

Приборы для автоматизации производства различают по функциональному признаку. Известно, что автоматизация производства предполагает передачу контрольных, защитных и управляющих функций

(которые до внедрения АСУ ТП выполнял персонал) отдельным приборам или комплексу аппаратов. В свою очередь, надежность приборов для автоматизации производства определяет безотказность, долговечность и функциональность всей автоматизированной системы.

Как правило, заводы-изготовители приборов, оборудования и компонентов АСУ ТП учитывают строгие требования к промышленной эксплуатации приборов и средств автоматизации, обеспечивая совместимость и взаимозаменяемость элементов системы. Такой стандарт (ГОСТ 24.104-85) необходим для того, чтобы при реконструкции производства АСУ ТП была приспособлена к модернизации, совершенствованию, наращиванию, а, при необходимости, возможно, было провести замену и ремонт устаревших элементов. [2]

Группы приборов по функциональному назначению согласно ГСП:

- для получения информации о технологическом процессе: преобразователи физико-химических, тепловых, механических величин и др.;
- для ввода информации: ручные, автоматические и комбинированные датчики;
- для обработки информации о технологическом процессе: аналого-цифровые преобразователи, преобразователи сигналов и др.;
- для анализа, хранения, переработки данных и выдачи управляющих сигналов: регуляторы, логического устройства, средства сбора информации и др.;
- для представления информации: регистрирующие и измерительные приборы;
- для воздействия на управляемый объект: усилители мощности, исполнительные механизмы и др.;
- комплексные устройства контроля, сбора, анализа, управления, переработки, выработки управляющих сигналов.
- вспомогательные устройства: устройства питания, переключатели.

Нередко для того, чтобы снизить общую стоимость АСУ ТП используют аппаратно-программные средства разных производителей.



Рисунок 4.4 – Измерительные устройства

Например, взамен одного дорогостоящего прибора выбирают устройство с аналогичными функциональными характеристиками по более доступной цене. Основные группы приборов и средств автоматизации перечислены в ГОСТ 13033-84: приборы регулирования, управления, сигнализации защиты и контроля (Рис.4.4). Государственная система промышленных приборов (ГСП) – это техническая основа для построения АСУ ТП. В базе ГСП приводится подробный перечень приборов автоматизации.

Принцип действия приборов для автоматизации производства

Рассмотрим назначение и принцип действия приборов автоматики. В состав программно-технического комплекса АСУ ТП, систем телемеханики и управления входят программируемые логические контроллеры (ПЛК). ПЛК обеспечивают реализацию определенного алгоритма логического управления объектом (например, поддержание температурных показателей на заданном уровне), а также сбор данных с датчиков (например, показатели напряжения, температуры и другие физические параметры объекта) и передачу информации на верхний уровень. Программирование контроллеров представляет собой ввод данных в память прикладной программы для обработки конкретных событий. [3]

Также при построении систем автоматического контроля и управления технологическими процессами широко используются датчики.

Датчики (преобразователи), как элемент системы автоматики, преобразуют контролируемую физическую величину (давление, скорость, напряжение, температура и др.) в измеряемый сигнал для дальнейшей обработки в автоматическом устройстве: анализа, сравнения, хранения, передачи, регистрации. После определенной обработки вырабатывается исполнительный сигнал, который служит для воздействия на управляемый процесс (например, включение электросилового механизма и др.).

Состав системы автоматики:

1. Подсистема автоматической сигнализации.
2. Подсистема автоматического контроля.
3. Подсистема блокировки и защиты.
4. Подсистема автоматического пуска и остановки.
5. Подсистема автоматического управления.

На современных производственных предприятиях необходимо контролировать и измерять ряд неэлектрических величин, таких как: давление, деформация, уровень, вибрация, расход, температура, химический состав и др. Кроме этого, немалую часть составляют оптические и электрические измерения. Для этих целей используют специальные измерительные приборы автоматического действия: пирометры, термометры, омметры, амперметры, ваттметры, вольтметры, ваттметры. Как правило, такие приборы имеют в составе датчик и измерительное устройство. АСУ ТП

предоставляет возможность выполнять дистанционные измерения и контролировать показатели с пульта управления.

В состав автоматизированной системы управления технологическими процессами включают такие технические средства автоматизации, как:

- датчики давления;
- температурные датчики;
- фотоэлектрические датчики;
- контроллеры;
- теплосчетчики;
- счетчики импульсов;
- термопары;
- реле;
- таймеры;
- источники питания;
- модули удаленного ввода/вывода;
- приборы учета расхода жидкостей;
- преобразователи давления;
- цифровые индикаторы;
- расходомеры;
- блоки питания;
- измерители;
- регистраторы, а также аксессуары: кабели, клеммники, кнопки и др. [3]

Приборы и устройства автоматической защиты и блокировки предназначены для остановки оборудования, узлов, установок при предаварийных ситуациях.

Система блокировки и защиты позволяет исключить отказы, аварии, сбой при опасных изменениях контролируемых показателей.

Приборы автоматического управления могут включать резервное оборудование во время перегрузки системы, управлять работой машин и механизмов, регулировать последовательность включения агрегатов.

Приборы автоматического регулирования способны регистрировать контролируемые параметры (температуру, уровень жидкости, давление и др.) и поддерживать их в заданных пределах.

Устройства автоматической сигнализации необходимы для предупреждения персонала об опасной ситуации с помощью световых или звуковых сигналов.

Автоматическая сигнализация делится на 3 группы: *предупредительная, аварийная и исполнительная*. [4]

Приборы автоматического контроля предназначены для регистрации и контроля данных о состоянии оборудования и работе машин.

4.1.3 Визуализация технологических процессов

Наглядность изображения технологического процесса, его визуальное отображение, необходимо не только конструкторам, но и технологам, чтобы разобраться в этапах процесса и контролировать технологический процесс. Компьютерная графика, как инструмент 3D - визуализации, это технология создания и обработки графических изображений, создаваемых с помощью компьютера, в основе которой лежит технология полигонального моделирования. [5]

Объекты, созданные по такой технологии, имеют в виртуальном мире длину, ширину и высоту. С помощью повсеместного внедрения 3D- графики в инженерно-проектные работы производители экономят значительную часть человеческого труда, делая возможным сократить время от появления изобретения, либо его усовершенствования, до начала непосредственного производства новой продукции, а значит, и повысить конкурентоспособность своей продукции.

Системы 3D-моделирования максимально автоматизируют работу проектантов, избавляя их от необходимости многократной прорисовки различных проекций конструкций в двухмерном пространстве. Сокращается число чертежей, схем, иллюстраций, повсеместно используемых в отображении технологических процессов в разных отраслях производства.

Наглядность получаемых трехмерных моделей намного реалистичнее множества описаний и схем, позволяет увидеть реальный объект или техпроцесс с разных проекций, устанавливать необходимую степень детализации. Можно акцентировать внимание на важных деталях, посмотреть объект в разрезе в интересующей плоскости сечения, разобраться в деталях. Ранее для описания техпроцессов создавался пакет документации объемом около 1000 листов. 3D - моделирование предполагает большую подготовительную работу с созданием реалистичной поверхности материала, его светоотражающих свойств, бликов, теней, цвета и текстуры. [5]

Кроме того, созданный однажды, объект или процесс может быть рассмотрен как в самостоятельном виде, так и включенным в большой объект. Таким образом, разработчики всегда смогут определить недочеты и некоторые несовпадения параметров изделия еще до воплощения в жизнь пробного образца, в чем есть огромный плюс.

Также можно отметить более простое внесение изменений. Если изменить какие-либо свойства детали – размер, цвет или материал, то изменение можно автоматически получить на всех проекциях и во всех видеороликах, содержащих сам объект или видимые его части.

Для эффективно работающей 3D - модели необходимо иметь четкое описание техпроцесса, все подробные чертежи для визуализации. Но иногда для создания хорошей модели достаточно схематического изображения самого объекта или процесса.

При выборе программного комплекса стоит обращать внимание на его совместимость с другими программами в данной отрасли производства.

4.1.4 Программирование систем визуализации

В ходе разработки систем автоматизации НМІ системы (человеко-машинный интерфейс) проектируются либо на базе панелей оператора либо на базе компьютера. Панели оператора применяются в основном для решения задач оперативного контроля и управления процессом. При необходимости ведения архивов, при большом количестве переменных и экранов удобнее применять SCADA систему WinCC, хотя некоторые операции архивирования данных доступны на современных панелях фирмы Siemens серии Comfort. [5]

Среди основных функций систем визуализации стоит выделить:

- отображение показаний датчиков;
- отображение состояния технологического оборудования;
- функции управления оборудованием - включение/выключение, задание;
- журнал аварийных сообщений;
- создание, хранение и использование рецептов;
- архивирование информации (значений параметров, сообщений);
- представление информации в виде графиков, таблиц; • анимация технологического процесса, цветовая индикация;
- обмен данными с контроллерами и другими SCADA системами и прочими приложениями на ПК.

Для пользователя система визуализации является «лицом» АСУ. Вся информация предоставляется и все управление осуществляется через SCADA систему. Основными моментами, которые учитываются при разработке таких систем, являются:

- понятный интерфейс (для работы персонала различной квалификации, минимальное время обучения операторов);
- простота выполнения операций (минимальное количество действий для управления);
- данные должны представляться в удобном виде (оператор должен тратить минимум времени на поиск связанных между собой данных);
- представление данных о технологическом процессе подаваться в удобной форме (на дисплей, принтер, через удаленный доступ);
- хранение данных о ходе технологического процесса в течение требуемого промежутка времени.

В любом случае после сдачи объекта в эксплуатацию необходимо обучение персонала в соответствии с руководством по эксплуатации, в котором подробно описаны все функции системы визуализации.

Среди операторских панелей Siemens представлены бюджетные продукты, которые по цене являются адекватной альтернативой элементам

управления в виде кнопок и индикаторов и при этом обладают гораздо более широким функционалом - упрощается диагностика система (аварийные сообщения), можно легко вывести все необходимые параметры на экран, система получается более гибкая и легко изменяемая.

Для решения многих задач используется АРМ на базе программного пакета WinCC. АРМ может представлять собой как обычный ПК, так и промышленные компьютеры в различных исполнениях (например, компьютер и монитор с сенсорным дисплеем в одном корпусе). Для связи с контроллерами Siemens Simatic используется либо обычная сетевая карта Ethernet, либо коммуникационный процессор от фирмы Siemens с интерфейсом Profibus. [6]

Иногда в одной системе управления используется и операторская и панель и АРМ на базе WinCC. Панель, например, может быть установлена вблизи объекта автоматизации, а АРМ удаленно в диспетчерской. Также в одной системе может применяться несколько панелей оператора и несколько АРМ с клиент-серверной архитектурой.

4.1.5 Принципы работы монитора

Монитор — это устройство оперативной визуальной связи пользователя с управляющим устройством и отображением данных, передаваемых с клавиатуры, мыши или центрального процессора. Принципиальное отличие от телевизора заключается в отсутствии встроенного тюнера, предназначенного для приёма высокочастотных сигналов эфирного (наземного) телевидения и декодера сигналов изображения. Кроме того, в большинстве мониторов отсутствует звуковоспроизводящий тракт и громкоговорители. [5]

Современный монитор состоит из экрана (дисплея), блока питания, плат управления и корпуса. Информация для отображения на мониторе поступает с электронного устройства, формирующего видеосигнал.

В качестве мониторов могут применяться также и телевизоры, большинство моделей которых уже с 1920-х годов оснащаются низкочастотными входами: сначала - сигналов LGBT, позже - VGA, а последнее поколение – HDMI (мониторы с сенсорной панелью). Все ранние домашние и некоторые профессиональные компьютеры были рассчитаны именно на использование телевизора в качестве монитора.

Существуют мониторы, основанные на разных физических принципах. Уже устаревшими являются мониторы на основе электронно-лучевой трубки - ЭЛТ мониторы. На экране такого монитора пиксель образуется люминесцирующим (светящимся) веществом, которое светится под воздействием луча, испускаемого электронной трубкой (Рис.4.5).

Такой луч пробегает по порядку (сканирует) все строки сетки пикселей. При этом он модулируется на точках, которые должны светиться, падает, а на темных точках прерывается.



Рисунок 4.5 – Устройство черно-белого кинескопа на основе ЭЛТ

Работа ЖК-дисплея (ЖКД) основана на явлении поляризации светового потока. Известно, что так называемые кристаллы-поляроиды способны пропускать только ту составляющую света, вектор электромагнитной индукции которой лежит в плоскости, параллельной оптической плоскости поляроида (Рис.4.6). Для оставшейся части светового потока поляроид будет непрозрачным. Этот эффект называется поляризацией света.

Жидкокристаллические мониторы, предназначенные для эксплуатации в составе систем охранного видеонаблюдения, информационных видеостен и на диспетчерских пунктах, отличаются от бытовых моделей образцовым качеством отображения, увеличенным сроком службы и способностью работать в режиме 24/7 без выключений.

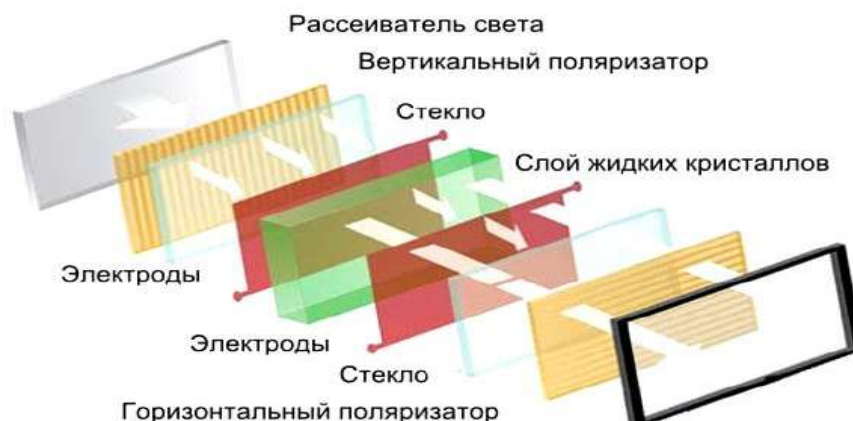


Рисунок 4.6 - Устройство жидкокристаллического дисплея

Индустриальные LCD (LED) мониторы находят широчайшее применение в различных сферах промышленности и производства для задач отображения информации, а также организации систем мониторинга и управления.

Разница мониторов: в LCD экранах подсветку осуществляют флуоресцентные или люминесцентные лампы, а в LED экраны подсвечиваются светодиодами.

Современные LCD-мониторы имеют малое время отклика матрицы,

множество интерфейсов для взаимодействия с различными источниками видео - и аудиосигналов и выводят на экран четкую картинку с точной цветопередачей и без искажений даже при высокой скорости смены кадров.

В зависимости от характера решаемых задач, можно выбрать профессиональные LCD-панели с диагональю от 17 до 55 дюймов и разрешением WXGA, SXGA, Full HD или 4K UHD. Кроме того, многие ЖК мониторы для видеонаблюдения имеют прочный металлический корпус и закаленное стекло, защищающее экран. [5]

Разнообразие и изменчивость

Номенклатура современных решений для промышленных систем отображения расширена TFT- и OLED - модулями, но ЖК с пассивной матрицей, занимающие почти непоколебимые позиции в сфере массовых продуктов, чувствительных к цене, но не требующих выдающихся характеристик, стали уже вневременной категорией — и вряд ли их ожидает закат в ближайшие годы. Инновации в этих продуктах хоть и случаются, но заметны совсем уж очень узким специалистам.

И, тем не менее, стремительное продвижение в промышленную электронику современных средств отображения и рост требований к качеству визуализации данных приведет к дальнейшему расширению промышленных линеек продукции ведущих производителей за счет дисплеев с очень высокими оптическими характеристиками. [5]

4.1.6 Тенденции развития автоматизации производства



Уровень автоматизации промышленности даже в развитых странах пока редко превышает 20% от общего числа предприятий. Набор технологических решений остается прежним. Меняются лишь акценты, возникают новые форматы и комбинации цифровизации производственных процессов.

Гиперавтоматизация

Аналитики компании Gartner продолжают сочинять новые термины, а специалисты на производстве потом ломают голову, как воплотить эти идеи в жизнь, чтобы не отстать от передовых трендов. Среди понятий, которые

будут актуальны для формирования стратегии автоматизации предприятий в 2020 году, на первом месте стоит *гиперавтоматизация*.

В теории это означает комбинацию инструментов машинного обучения, автоматизации и специального софта для достижения максимальной эффективности.

Гиперавтоматизация означает не только количественное увеличение самих составляющих данного процесса, но и вывод на новый уровень всех этапов от анализа до мониторинга, улучшенное понимание того, как они координируются между собой.

Импульсом гиперавтоматизации становится технология Robotic Process Automation, по-русски — *запуск и настройка программных роботов*. Хотя единственно массовым внедрением RPA это явление не ограничивается. Самой технологии порядка восьми лет, по сути, те же чат - боты — ее частный случай. Сегодня она крепко привязана к развитию систем искусственного интеллекта.

Серьезные проблемы возникают при этом с интеграцией для старых и перегруженных информационных систем.

Более-менее понятно, но, прежде чем переходить на гиперуровень автоматизации, нужно разобраться, что происходит с уже привычным пониманием этого процесса без каких-либо приставок.



Рисунок 4.7 – Промышленные роботы в работе

Продолжает нарастать скорость внедрения роботов, так как дальнейшие инновации, совместные роботы, более низкие цены, упрощенное программирование и признание пользователей продолжают увеличивать их популярность (Рис.4.7).

В частности, очевиден рост числа совместных роботов, поскольку эти роботы работают совместно с людьми, интегрированными системами видения и инновационными захватами.

Крупнейшим направлением в области роботизации оборудования является создание станков с числовым программным управлением (ЧПУ). Такие станки предназначены для обработки металлов, листовых заготовок, обработки материалов давлением, реже – для обработки дерева и пластмасс.

Системой числового программного управления часто оснащается современное профилеггибочное оборудование (Рис.4.8).

Такая система появилась в середине прошлого века, но широкое применение ЧПУ получило лишь недавно с активным внедрением микропроцессоров.

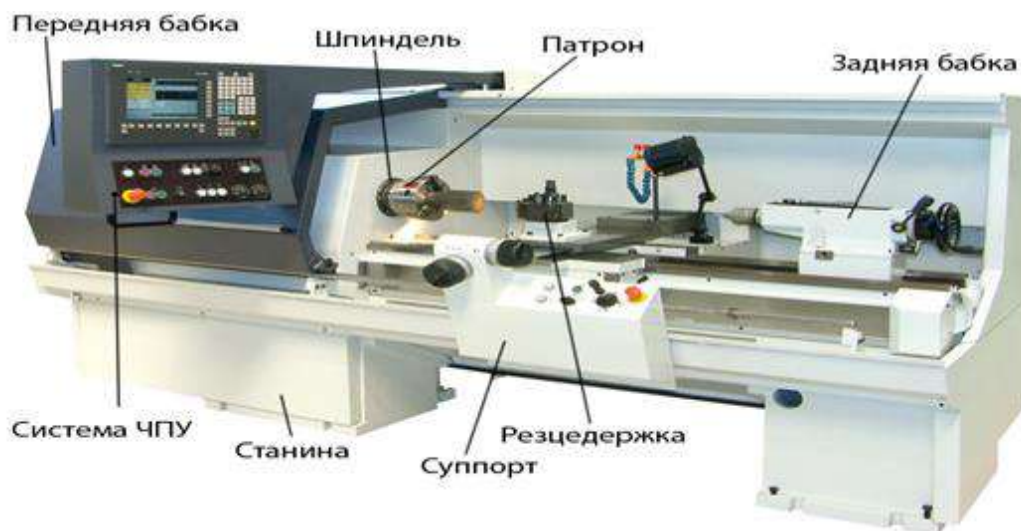


Рисунок 4.8 - Современный универсальный станок с ЧПУ

Уровень внедрения роботов ускоряется во всем мире, особенно в Китае, поскольку эта страна в настоящее время является крупнейшим покупателем роботов в мире.

Уровень автоматизации промышленного производства

Согласно исследованию института Cargemini Research, проведенному в конце 2018 года, внедрение на производстве инструментов автоматизации поможет сэкономить компаниям по всему миру до 165 млрд. долларов к 2022 году. Уровень автоматизации в ключевых секторах экономики по странам выглядит следующим образом:

- США — 26 %;
- Франция — 21 %;
- Германия — 17 %;
- Великобритания — 16 %;
- Индия — 15 %;
- Россия—15%.

Казахстан занимает промежуточное положение между государствами.

Несмотря на то, что автоматизация изначально ассоциируется именно с промышленным производством, по уровню внедрения цифровых технологий оно далеко не на первых позициях. Лидирует финансовый сектор, где, по подсчетам McKinsey, можно полностью автоматизировать 42% функционала организации, еще 19% процессов — автоматизировать частично.

Предприятие Systems Absorb Floor Computing

Тесная интеграция операционных технологий (ОТ) и информационных технологий (ИТ) продолжает ускоряться. В нескольких отраслях бизнес-системы теперь могут обрабатывать транзакции в реальном времени, чтобы быть более отзывчивыми во всех функциях, включая функции Manufacturing Execution Systems (MES). Это обусловлено экономичным производством, которое оптимизирует весь процесс, включая цепочку поставок, производство, доставку, генеалогию и обслуживание клиентов.

Корпоративные системы (ERP и т. Д.) помогли обеспечить обработку транзакций в режиме реального времени, что приводит к вытеснению традиционного HMI и другого промежуточного программного обеспечения.

Кроме того, эти усилия удовлетворяют требованиям для выполнения синхронизированных производственных операций в реальном времени. Инновационные поставщики промышленной автоматизации уже производят контроллеры автоматизации, предназначенные для использования в бизнес-сети и находящиеся в прямой связи с бизнес-системами предприятия.

Архитектура и промышленность 4.0

Движущей силой развития «Индустрии 4.0» является осознание того, что преследование низких ставок труда больше не является выигрышной стратегией. Организационная конкурентоспособность и гибкость могут быть достигнуты только за счет использования передовых технологий, основанных на автоматизации, для обеспечения успешного перехода. Немецкая инициатива «Индустрия 4.0» вызвала совместные усилия во всем мире, в частности в Китае, Японии и Индии.

Это усилие, основанное на применении концепций Industry 4.0 для улучшения автоматизации процессов, осуществляется NAMUR и VDI / VDE в сотрудничестве с несколькими выдающимися лидерами отрасли, в том числе: ABB, BASF, Bayer Technology Services, Bilfinger Maintenance, Endress + Hauser, Evonik, Festo, Krohne, Lanxess, Siemens и Fraunhofer ICT. Концепции изложены в дорожной карте NAMUR Process Sensor 4.0, в которой датчики с интеллектуальными сетями описываются, как основополагающая часть архитектуры процесса Industry 4.0. Эти датчики будут связываться с органами управления и системами автоматизации и одновременно и напрямую с бизнес-системами.

Монитор цифрового преобразования

Пятнадцать национальных инициатив по «оцифровке» промышленности были запущены в Европе в последние годы. Поскольку цепочки создания стоимости все больше распределяются по всей Европе, дальнейшая оцифровка промышленности создает проблемы, которые могут быть решены только посредством скоординированных усилий в рамках ЕС. Еще семь инициатив находятся в стадии подготовки. Развитие этих национальных инициатив является важным элементом Европейской платформы национальных инициатив по оцифровке промышленности. Первый предварительный анализ сопоставляет национальные меры с

направлениями деятельности стратегии DEI, основываясь на результатах Цифрового монитора трансформации (DTM) и Индекса цифровой экономики и общества (DESI).

Открытый форум по автоматизации процессов

Открытый форум по автоматизации процессов Open Group, официально открытый в ноябре 2016 года, посвящен разработке многоуровневой, открытой, безопасной и совместимой архитектуры управления процессами на основе стандартов. Open Group имеет успех в этой области со стандартом FASE. Этот стандарт привел к развертыванию более функционального программного обеспечения, предназначенного для снижения стоимости жизненного цикла. Индустрия оборонной авионики является одним из ярких примеров отрасли, которая перешла от проприетарных решений к полностью открытой системной архитектуре.

Достижения в области Ethernet и сетей

Ethernet, как проводной, так и беспроводной, стал предпочтительной рабочей лошадкой на всем протяжении производства. Ethernet используется для всех коммуникаций, включая сети передачи данных, аудио, видео и промышленного управления, используя общую инфраструктуру. Скорость и производительность продолжают расти, благодаря Gigabit Ethernet (GbE или 1 GigE) и ускоренному использованию оптоволоконных сетей.

Расширенный физический уровень (APL)

Рабочая группа IEEE P802.3cg с пропускной способностью 10 Мбит/с и единой парой Ethernet, именуемая «Расширенный физический уровень», основана на стандарте IEEE 802.3 и ориентирована на использование однопарного кабеля, работающего на скорости 10 Мбит/с подачей питания. Это может включать в себя соответствие требованиям для использования в опасных местах, вплоть до Зоны 0, Раздел 1.2.1 5G Wireless. Основное внимание уделяется замене устаревших двухточечных и многоточечных соединений, включая 4-20 мА, HART-модем, RS-232, RS-485, CAN (сеть контроллеров) и FlexRay. Ожидается новый стандарт.

Группа FieldComm, ODVA и PI (Profibus & Profinet International) совместно работают над продвижением разработок для промышленного Ethernet, чтобы расширить использование EtherNet/IP™, HART-IP™ и PROFINET™ в опасных зонах в обрабатывающей промышленности. Это предназначено для использования работы, проводимой в настоящее время в Целевой группе IEEE 802.3cg.

5G Wireless

Существует ряд промышленных предприятий, которые внедрили беспроводную сеть 5G на своем объекте, которая обеспечивает высокоскоростную детерминированную связь. Beckhoff и Huawei продемонстрировали на Ганноверской ярмарке 2018 чрезвычайно впечатляющую концептуальную концепцию, используя установленные Huawei 5G и X-Ethernet для демонстрации детерминированного

высокоскоростного скоординированного движения по проводной и беспроводной связи 5G.

5G - пятое поколение сотовой мобильной связи, предназначенное для использования в системах 4G (LTE/WiMax), 3G (UMTS) и 2G (GSM). Производительность 5G нацелена на высокую скорость передачи данных, сниженную задержку, экономию энергии, более высокую емкость системы и широкое подключение устройств. Спецификация IMT-2020 Международного союза электросвязи (МСЭ) требует скорости до 20 гигабит в секунду.

Первый этап спецификаций 5G в Выпуске-15 готов в марте 2019 года, чтобы обеспечить раннее коммерческое развертывание. Второй этап в Выпуске-16 завершен к марту 2020 года для представления в Международный союз электросвязи (МСЭ) в качестве кандидата технологии IMT-2020.

Появление открытых систем из новых источников

В области промышленной автоматизации постоянно появляются новые варианты открытых систем, как от нетрадиционных поставщиков, так и от групп по стандартизации. Эти параметры могут обеспечить совместимость с несколькими поставщиками на всех уровнях архитектуры системы, одновременно упрощая интеграцию, расширяя число вариантов, доступных для приложений, и делая приложения легко переносимыми на платформы поставщиков.

На сегодняшний день существует слишком много действующих поставщиков промышленной автоматизации с высокотехнологичными партнерскими программами автоматизации. Выбранные на основе защитных коммерческих критериев, только эти сторонние партнеры технически и юридически могут работать с уникальными тесно связанными закрытыми архитектурами поставщика. Достаточно сказать, что в открытых экосистемах препятствий для инноваций значительно меньше.

Появляется несколько интересных платформ с открытыми исходными кодами Industry 4.0/Smart Manufacturing, в которых используются знания и технологии в области общих вычислений и IoT-индустрии: Eclipse Foundation, EdgeX Foundry.

Встроенная кибербезопасность

Кибербезопасность обеспечивает защиту в основных корневых точках входа для злоумышленников. В индустрии программного обеспечения используются мощные системы на кристалле (SoC), встроенные в периферийные устройства, включая промышленные контроллеры, контроллеры процессов, интеллектуальные измерительные приборы и другие устройства.

Это особенно важно, поскольку поверхность атаки кибербезопасности продолжает расширяться. Эти уязвимости растут с распространением современных компьютерных устройств с растущим числом приложений Интернета вещей (IoT), включая потребительские, муниципальные, промышленные, подключенные транспортные средства, подключенное

здравоохранение, интеллектуальное фермерство и интеллектуальную цепочку поставок.

Любая точка входа в систему является основной причиной проблем кибербезопасности. Системы на чипе (SoC) и другие высокоинтегрированные решения обеспечивают управление, мониторинг и аналитику на грани, обеспечивая функции, которые в прошлом выполнялись в контроллере PLC или DCS.

Ключевые строительные блоки этих усилий включают в себя функции кибербезопасности, встроенные в системы на чипе (SoC), которые включают в себя микропроцессоры, средства связи, кибер-шифрование, службы облачной безопасности, службы безопасного обновления и другие функции.

Конечная цель состоит в том, чтобы внедрить это новое поколение процессоров кибербезопасности в устройства IoT и внедрить больше систем кибербезопасности во всех компонентах промышленной автоматизации и автоматизации процессов.

Меры промышленной безопасности все чаще рассматриваются как инвестиции, которые в конечном итоге экономят деньги в долгосрочной перспективе за счет сокращения заработной платы по инвалидности, повышения производительности и увеличения времени безотказной работы. Тем не менее, сегодня многие компании проявляют заметную тенденцию к тому, чтобы тратить как можно меньше средств на безопасность, пока это не продиктовано законами и крупными бедствиями. Надеемся, что сегодняшние производители достаточно повзрослели, чтобы извлечь уроки из нашей истории безопасности и принять меры кибербезопасности, пожиная сопутствующие выгоды.

Новые аппаратные платформы автоматизации

Мощные открытые платформы начинают разворачиваться в качестве контроллеров автоматизации и процессов, и объемы внедрения этих устройств продолжает расти. Эти устройства могут нарушить работу существующих контроллеров PLC и DCS и их поставщиков с высокой производительностью обработки и низкой стоимостью.

Эти платформы поставляются различными поставщиками, включая Dell, Advantech, Beckhoff, B & R, NEXCOM, OPTO 22, Hilscher, Harting и Logic Supply.

И все же многие традиционные контроллеры промышленной автоматизации остаются закрытыми проприетарными компьютерами, что подчеркивает аналогичную связь с устаревшей компьютерной эрой и миникомпьютером.

Краткие выводы

1. Развитие современных систем автоматического управления не останавливается, а наоборот, наращивает обороты.
2. Модульность, гибкость, программируемость и связанность – будущее автоматизации.
3. Современным специалистам уже недостаточно знать только профильные предметы (электронику, механику, электротехнику), им необходимо учить и программирование.

? Вопросы для самостоятельного контроля

1. Какие критерии характеризуют процесс управления?
2. Какой вид технологического процесса характеризуется периодическим режимом работы и определенной последовательностью выполнения операций?
3. Какие требования предъявляют к технологическому процессу при его автоматизации?
4. Что называется управлением технологическим процессом?
5. В чем сущность роботизации процессов управления производством?
6. Каковы особенности проектирования технологических процессов в условиях автоматизированного производства?
7. Перечислите технические средства системы автоматизированного проектирования.
8. Программное обеспечение автоматизированных систем управления?
9. Тенденции развития АСУ ТП на базе Ethernet?
10. Каковы тенденции дальнейшего развития АСУ ТП?

4.2 Управление технологическими процессами в области переработки пластмасс

4.2.1 Применение термопластавтоматов в полимерном производстве

Одним из наиболее доступных и распространенных материалов в промышленном производстве является пластик. В работе с этим видом используется множество различного функционального оборудования, и одним из наиболее распространенных является *термопластавтомат* (Рис.4.9).

Это станок, основное предназначение которого заключается в «выливании» различных деталей из горячего пластика.

Данное оборудование для работы с пластиком бывает двух классов. Первый вид – горизонтальный, в котором подача горячего материала поддается в соответствующей плоскости.

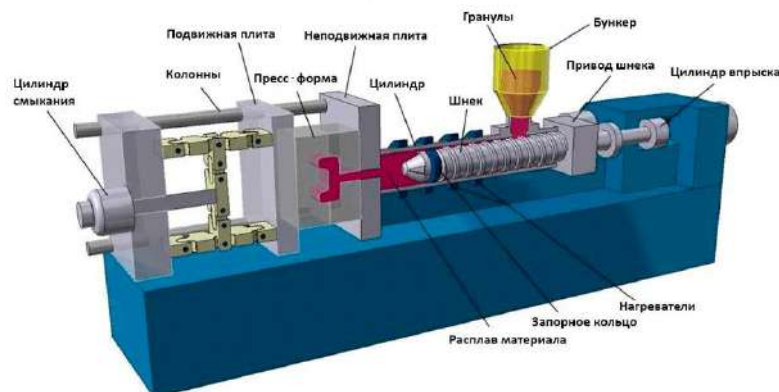


Рисунок 4.9 – Термопластавтомат

Второй тип – вертикальный. В этом случае подача пластика также осуществляется в соответствии с названием автомата.

Стоит отметить, что одним из главных поставщиков термопластавтоматов является Китай.

Вопреки распространенному стереотипу, касающегося низкого качества продукции, оборудование отличается высокой функциональностью и долговечностью.

Процесс изготовления конкретных деталей с помощью термопластавтомата отличается определенной последовательностью. Вот особенности литья элементов, с которыми стоит ознакомиться:

- изготовление пресс-формы для работы станка;
- проверка подготовленной детали;
- загрузка полимеров в материальный цилиндр.

Стоит обратить внимание на то, что автомат работает только с сырьем, измельченным в мелкие гранулы. После переработки полимеров на выходе получается продукция необходимой формы и оттенка.

4.2.2 Устройства управления для станков с ЧПУ

Устройство управления (далее K535) предназначено для управления термопластавтоматами, осуществляющими процесс штамповки изделий путем впрыска термопластов, термореактивных пластмасс и эластомеров. [7]

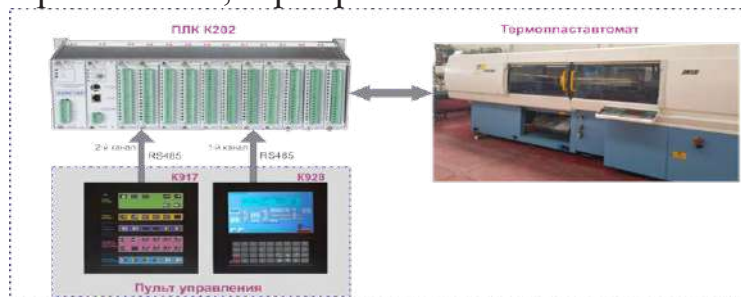


Рисунок 4.10 – Схема управления K535

Применяется для модернизации ТПА с морально и физически устаревшей плохо ремонтпригодной системой управления.

К 535 (Рис.4.10) состоит из следующих блоков:

-контроллера программируемого К202, укомплектованного соответствующими модулями ввода-вывода;

-панели оператора К928;

-панели ввода информации К917

комплекта кнопок прямого воздействия на электроавтоматику.

Связь между ПЛК К202 и панелью оператора К928 осуществляется по интерфейсу Ethernet (протокол MODBUS TCP).

Связь между ПЛК К202 и панелью ввода информации К917 осуществляется по интерфейсу RS485 (протокол MODBUS RTU). [7]

Таблица 4.1 - Технические характеристики

| Характеристика | | Количество | Назначение |
|---|------------------------------------|--|--|
| Входных сигналов | | | |
| Дискретные | 24В | до 48 | Сигналы от исполнительных механизмов |
| Аналоговые | 0 - 10В | 4 | Датчики линейного перемещения механизмов |
| | | 1 | Датчик скорости вращения шнека |
| | 0-80мВ | 1 | Датчик давления впрыска |
| | термопара | 5 | Температура 5 зон нагрева материального цилиндра |
| | | 1 | Температура масла |
| Выходных сигналов | | | |
| Дискретные | 24В | до 64 | Сигналы управления исполнительными механизмами |
| Аналоговые (ЦАП) | 0-10В | 2 | Управление значением давления механизмов гидросистемы |
| | | 1 | Управление значением расхода механизмов гидросистемы |
| | -10В...+10В | 1 | |
| Последовательный канал 1 | RS485 Протокол | 1 | Для подключения графической панели K928 |
| Последовательный канал 2 | Modbus RTU | 1 | Для подключения панели ввода информации K917 |
| Последовательный канал 3 | Ethernet Протокол Modbus TCP | 1 | Для подключения устройства K535 к локальной сети предприятия |
| Дополнительные входные-выходные каналы | | | |
| Входные-выходные - дискретные, аналоговые, фотоимпульсные и др. | | Номенклатура и количество, необходимое для адаптации устройства для управления другими ТПА | |

4.2.3 Описание системы управления:

Основные параметры:

- режимы работы - наладочный, ручной, полуавтоматический, автоматический;
- специальные режимы: интрузия, дегазация, декомпрессия;
- управление дополнительным оборудованием: системой смазки, пневмосдувом.
- выдача на дисплей информации по работе ТПА:
 - наименований: текущей операции и текущего режима работы;
 - координат: подвижной плиты, тележки впрыска, выталкивателя;
 - значений: текущего расхода и давления масла при операциях с плитой и материальным цилиндром; доз; таймеров циклов и подциклов;
 - количества текущих циклов;
 - возможность блокировки неправильных действий оператора с выводом на индикатор причин блокировки. При сбое (остановке, отказе) на индикатор выводится причина сбоя (остановки, отказа) и проводится фиксация причин сбоев, остановок и отказов до вмешательства оператора;
- энергонезависимая память настроек технологических параметров позволяет хранить несколько вариантов настроек машины (для разных форм, материалов, режимов литья), осуществляется хранение количества отработанных впрысков (циклов);
- программируемая скорость расхода масла и давления на всех этапах технологического процесса;
- наличие удобного меню ввода параметров (каждая операция на отдельной странице);
- наличие пяти каналов терморегулирования (одного канала для сопла и четырёх зон материального цилиндра);
- проводится контроль: «защиты формы», времени технологического цикла и отдельных его этапов с фиксацией максимального и минимального времени;
- проводится тестирование системы (входы, выходы). Постоянно анализируется информация о состоянии процесса от чувствительных элементов, конечных выключателей и датчиков ТПА. Выдаются сигналы управления на исполнительные органы ТПА;
- возможность подключения дополнительных устройств и модулей;
- группа смыкания предохраняется защитными воротами (передние и задние), которые исключают доступ к зоне литья во время работы подвижной плиты, выталкивателей и узла впрыска, а после открытия ворот - срабатывает система безопасности;
- возможность контроля центральной смазки;
- возможность поддержания оптимальной температуры жидкости в гидродинамической системе;

- предусмотрено управление пневматической системой, которая обеспечивает: включение автоматических защитных ворот (установленных со стороны оператора), системы выдува; пневматических цилиндров;
- предусмотрена работа по аварийной кнопке СТОП с прекращением подачи электроэнергии на двигатель.

При этом работа K535 не прерывается, снимаются сигналы управления, и происходит переход в Ручной режим. После деблокировки этой кнопки оператором K535 продолжает работу.

Программируемый логический контроллер (ПЛК) является универсальным техническим средством для создания на его базе устройств управления различным технологическим оборудованием любой сложности. ПЛК имеет широкую номенклатуру модулей ввода-вывода, которые позволяют принимать и формировать практически любые сигналы. Для тяжелых промышленных условий эксплуатации поставляются модули ПЛК с дополнительным защитным покрытием от пыли и влаги. [8]

4.2.4.Пульт управления

Это конструктив, объединяющий панель оператора K928 и панель ввода информации K917с кнопками прямого воздействия на ТПА. Пульт управления может как встраиваться на место устаревшего пульта, так и выполняться в отдельном конструктиве (Рис.4.11).



Рисунок 4.11 - Пульт управления

Панель оператора K 928 обеспечивает визуализацию процесса рабочего цикла формования изделия, коррекцию и ввод технологических установок.

На графическом экране панели оператора K 928 обеспечивается отображение:

- циклов технологического процесса;
- сигналов датчиков о состоянии оборудования;
- состояния сигналов управления (параметры нагрева зон материального цилиндра; времени включения и т.д.);

Мнемокадры управления (Рис. 4.12):
На панели K917 имеется ряд кнопок управления, которые объединены по функциональному назначению:

Общие функции (зеленые мнемознаки):

- действия, необходимые для проведения режимов: автоматического непрерывного, автоматического одnorазового и ручного;

Группа впрыска (желтые мнемознаки):

- действия, необходимые для управления гидравлическими цилиндрами, которые управляют тележкой впрыска и шнеком материального цилиндра;

Группа смыкания (фиолетовые мнемознаки):-

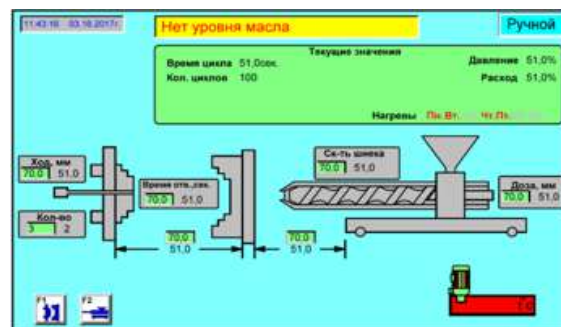
- действия, необходимые для управления гидравлическими цилиндрами, которые управляют подвижной плитой для смыкания/размыкания формы и для настройки глубины формы;

Вспомогательное оборудование (красные мнемознаки):- управление вспомогательным оборудованием;

Дополнительно пульт управления имеет:

- двухпозиционный ключевой селектор EJECTOR (0 - пауза; 1 - разрешение работы выталкивателя при открытом защитном ограждении);

- две кнопки: START (светящаяся кнопка пуска гидростанции) и STOP (кнопка механического удерживания общей блокировки). [8].



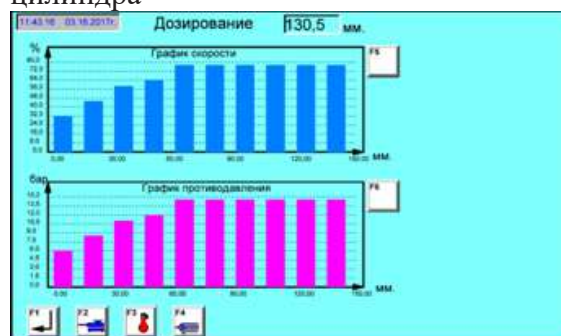
Мнемокадр 1. Главный кадр



Мнемокадр 2. Открытие / Закрытие формы



Мнемокадр 3. Нагревы материального цилиндра



Мнемокадр 4. Графики параметров дозирования

Рисунок 4.12 Типовые мнемокадры

4.2.5 Автоматизация процесса утилизации пластиковых (ПЭТФ) бутылок

Рост количества и разнообразия продуктов питания, как правило, упакованных в материал одноразового использования, породил экологическую проблему XXI века. Утилизация полиэтилентерефталатной (ПЭТФ) тары является серьёзной проблемой практически во всём мире. Сегодня ПЭТФ – наиболее распространённый пластик в пищевой и упаковочной промышленности, основное его использование – в качестве тары для розлива напитков (Рис.4.13). Пустые пластиковые бутылки занимают на свалке слишком много места (при довольно небольшом удельном весе они составляют 25% всех отходов по объёму), сжигать их нельзя (продукты горения токсичны), а в естественных условиях пластики разлагаются порядка 100 лет. По оценкам специалистов потребление пластмасс удваивается каждые 10 лет.

Действующие законы в развитых странах обязывают юридические и частные лица сортировать отходы по соответствующим мусорным контейнерам (для светлой, бурой и зелёной стеклотары - пластиковых бутылок, бумажной упаковки и пищевых отходов) с целью последующей их утилизации. Что касается пластиковых отходов, то на повестку дня ставится не столько задача их утилизации, сколько возможность их использования для повторного производства.



Рисунок 4.13 – Общая схема производственного цикла

Созданная Российской компанией ООО «ТРЕЙД ИНВЕСТ» линия по переработке ПЭТФ бутылок во вторичное сырьё представляет собой сложную механическую систему по сортировке, подготовке, промывке, дроблению и выполнению других операций. С целью экономии средств и создания непрерывного цикла технологического процесса в компании ООО «ТРЕЙД ИНВЕСТ» было принято решение – автоматизировать один из этапов переработки (Рис.4.14).

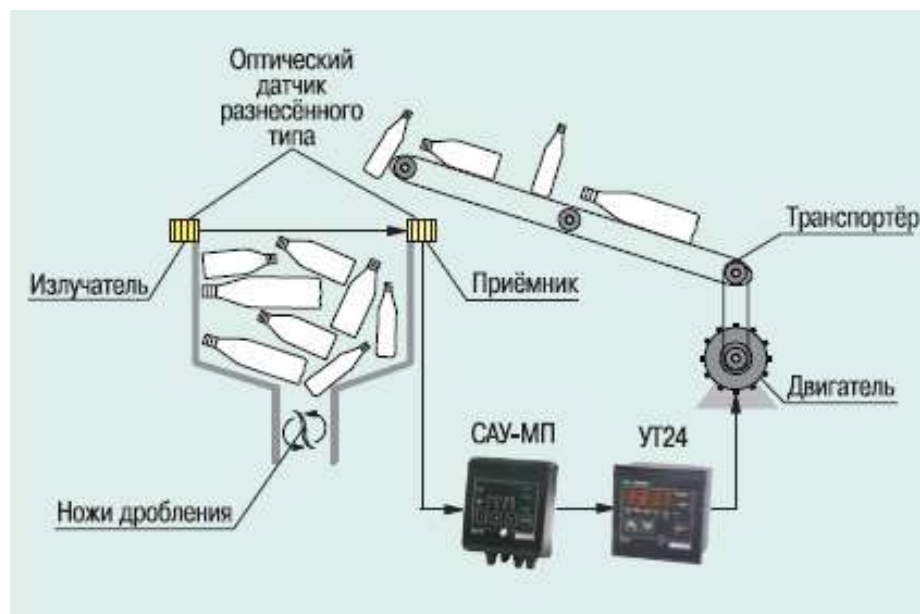


Рисунок 4.14 - Схема технологического процесса переработки пластиковых бутылок

Принцип работы этого участка заключается в загрузке бутылок по ленте транспортера в бак, где они проходят предварительную очистку. При этом нужно уловить момент, когда бак заполнится полностью, чтобы вовремя остановить транспортёр и не допустить его переполнения. Далее бутылки постепенно дробятся ножами, расположенными в нижней горловине резервуара, и бак спустя некоторое время освобождается. После этого в пустой резервуар подаётся новая порция сырья. Чтобы провести автоматизацию этого участка, необходимо было решить ряд задач переработки сырья.

Задача 1 – отследить момент заполнения резервуара. Сложность этой оценки заключается в том, что пустые пластиковые бутылки хаотично заполняют бак, образуя между собой воздушные пространства. Поэтому по рекомендации специалистов ОВЕН в качестве элемента, срабатывающего на заполнение, был использован оптический бесконтактный датчик разнесённого типа (ОПД-18М. ЕМТ.1В – излучатель, ОПД-18М.RCV.NSB – приёмник).

Задача 2 – исключение срабатывания датчика на пролетающие бутылки в рабочей зоне, когда резервуар ещё не заполнен. В этом случае возникла необходимость установки задержки срабатывания датчика. Такой возможностью обладает логический контроллер ОВЕН САУ-МП. За основу был взят прибор модификации САУ-МП.06, который позволяет управлять загрузкой. Задержка срабатывания логического устройства была установлена в соответствии с нормативными требованиями.

Задача 3 – сигнализация об окончании процесса дробления. Конструкция бака не позволяла установить датчик, который определял бы освобождение ёмкости. Поэтому пришлось прогнозировать разгрузку по времени. Причём время, за которое заполненный резервуар полностью

освобождается и когда все бутылки раздроблены, изменяется в течение рабочего дня из-за затупления дробящих ножей. В этой связи необходимо неоднократно задавать время, которое отводится на эту операцию, что реализуется при помощи микропроцессорного реле времени ОВЕН УТ24.

Схема подключения показана на рисунке 4.15.

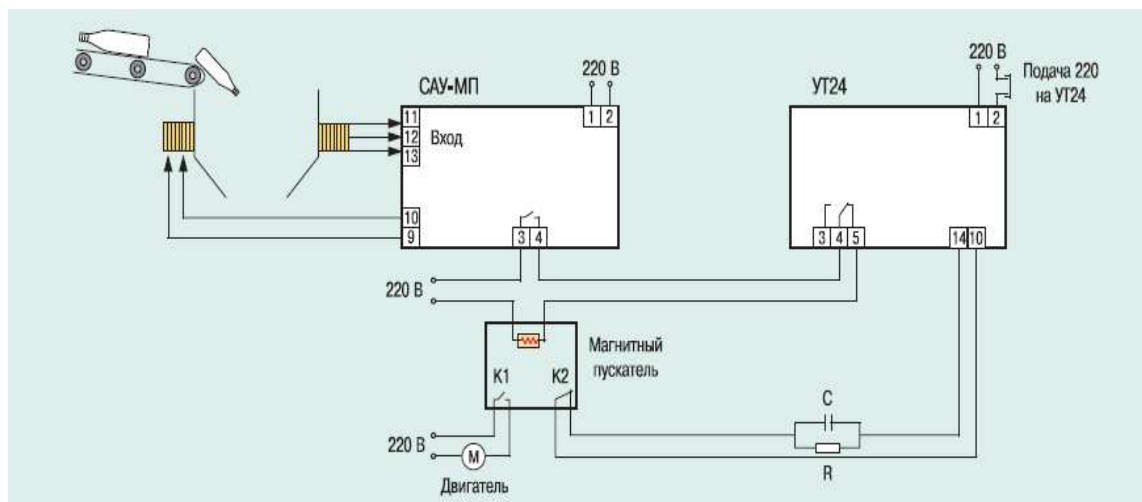


Рисунок 4.15 – Функциональная схема участка переработки бутылок

Описание работы системы управления

Оптический датчик (о котором шла речь в задаче 1) формирует сигнал, по которому определяется степень загруженности бака бутылками (низкий уровень – мало бутылок, высокий – бак заполнен). В момент запуска системы бак пуст и оптический датчик выдаёт сигнал низкого уровня. В этом случае реле 1 контроллера САУ-МП находится в замкнутом состоянии. В соответствии со схемой подключения через нормально замкнутые контакты 1-го реле таймера УТ24 и замкнутые контакты САУ-МП (реле 1) напряжение (220 В) подаётся на обмотку магнитного пускателя (МП).

При этом контакты К1 пускателя замыкаются, двигатель (М) приводит в движение ленту транспортера, и бак постепенно заполняется бутылками. В момент, соответствующий максимальной загрузке бака, оптический датчик выдаёт сигнал высокого уровня, и САУ-МП, в соответствии со своей рабочей логикой, размыкает контакты реле 1 и, соответственно, цепь подачи напряжения (220 В) на обмотку пускателя (МП) разрывается.

При этом контакты К1 магнитного пускателя размыкаются, двигатель (М) останавливается, и подача бутылок прекращается на время, которое задаёт оператор при помощи таймера. В момент останова двигателя таймер запускается с помощью нормально замкнутых контактов К2 магнитного пускателя, которые при работе двигателя находятся в разомкнутом состоянии.

В соответствии с программой таймера УТ24 контакты (4-5) 1-го реле (Рис.3) будут разомкнуты заданное время. Цепь подачи напряжения (220 В) на обмотку пускателя (МП), а также на двигатель (М) будет также разомкнута. При снижении уровня бутылок в баке САУ-МП снова замкнёт

своё реле 1, но подача бутылок возобновится только по завершении работы программы таймера УТ24 (при замыкании контактов реле 4-5).

Краткие выводы

1. Автоматизация производства позволяет увеличить производительность труда в несколько раз.
2. В настоящее время существует большой выбор программно-технических комплексов для осуществления автоматизации технологических процессов производства.
3. В ближайшие годы интеллектуальные АСУ ТП займут достойное место и их вклад в управление производством будет оптимальным.

? Вопросы для самостоятельного контроля

1. В каких системах управления используется центральный пульт управления?
2. Какие действия относятся к внутренним функциям АСУ ТП?
3. Каковы этапы проектирования АСУ ТП?
4. Какими могут быть операторские панели?
5. Преимущества мониторов промышленного применения?
6. Устройство жидкокристаллических дисплеев?
7. Какие функции выполняет контроллер?
8. Контроллеры отечественного производства, их преимущества и недостатки в сравнении с зарубежными?
9. Функции датчиков в автоматических сетях?
10. Функции типового обеспечения АСУ ТП?

Лабораторная работа 4.1

Тема: Автоматическое регулирование температуры процесса

Цель работы: изучение правил регулирования температуры на примере лабораторного оборудования

Оборудование и материалы: лабораторная муфельная печь, сушильный шкаф, мультиметр типа МР-64-02.

Теоретические сведения:

Принцип измерения температуры мультиметром в комплекте с термоэлектрическим термометром основан на измерении термоэлектродвижущей силы, возникающей в термоэлектрическом термометре при наличии разности температур между рабочим концом термоэлектрического термометра, спаем из двух разнородных проводников, помещенных в измеряемую среду, и его свободными концами. Двухпозиционное контактное устройство работает по принципу «вкл - выкл.».

Описание лабораторной установки [9].

Принципиальная схема установки приведена на рисунке 1. Объектом регулирования является муфельная печь 1. Сушильный шкаф имеет нагревательный элемент 4, мощность которого регулируется реостатом 2. Напряжение и сила тока в цепи нагревательного элемента измеряется с помощью вольтметра 5 и амперметра 6. Температура в сушильном шкафу измеряется термопарой 3. Регулирование температуры осуществляется с помощью регулятора температуры 7, в качестве которого используется милливольтметр типа МР-64-02.

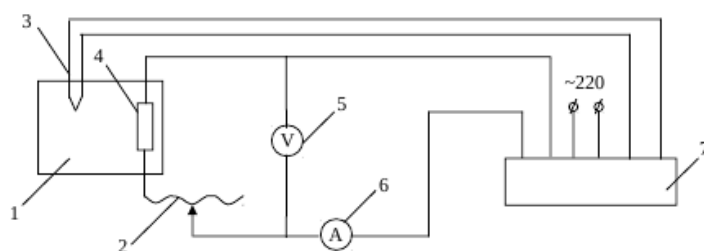


Рисунок 1 – Лабораторная установка

Задание

- Оформить задание в лабораторной тетради. Записать: название, цель.
- Перечертить принципиальную схему установки с обозначением всех элементов;
- Запустить установку, снять показания;
- Заполнить таблицу.

| Показания температуры | | Погрешность | | Разность температур |
|-----------------------------------|----------------------------------|----------------------------|----------------|--|
| $t_{\text{откл}}, ^\circ\text{C}$ | $t_{\text{вкл}}, ^\circ\text{C}$ | $\Delta t, ^\circ\text{C}$ | $\Delta t, \%$ | $D = t_{\text{откл}} - t_{\text{вкл}}, ^\circ\text{C}$ |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |

Ответить на контрольные вопросы:

1. В чем заключается двухпозиционное регулирование?
2. Устройство и принцип действия милливольтметра.
3. Дать определение понятию «термозффект».

Сделать выводы по лабораторной работе

Лабораторная работа 4.2

Тема: Автоматическое двухпозиционное регулирование давления

Цель работы: изучение принципов регулирования давления

Оборудование и материалы: ресивер, насос, электроконтактный манометр.

Теоретические сведения:

В оборудовании предприятий для регулирования давления широкое применение нашли электроконтактные манометры. Кроме основного

назначения – регулирования давления - электроконтактные манометры применяются для косвенного регулирования в котлах теплового режима в пароводяной рубашке. Электроконтактный манометр с одновитковой трубчатой пружиной предназначен для измерения, сигнализации или двухпозиционного регулирования давления нейтральных, взрывобезопасных жидкостей и газов.

Описание лабораторной установки [10]

Принципиальная схема установки приведена на рисунке 1.

Объектом регулирования является ресивер 1, куда подается воздух с помощью насоса 2. Регулирование давления осуществляется электроконтактным манометром 3. Показания электроконтактного манометра сверяются с показаниями контрольного манометра 4. Вентиль 5 служит для сообщения системы с атмосферой.

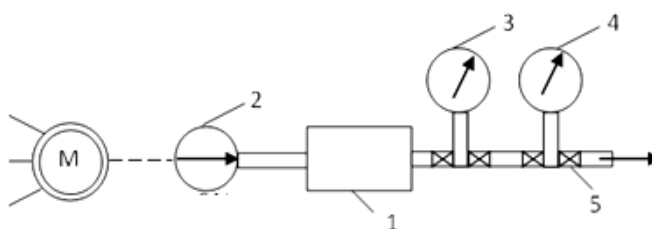


Рисунок 1 – Лабораторная установка

Задание

- Оформить задание в лабораторной тетради. Записать: название, цель работы.
- Перечертить принципиальную схему установки, с обозначением всех элементов.
- Запустить установку, выполнить замеры.

Ответить на контрольные вопросы:

1. Назначение электроконтактного манометра.
 2. Принцип действия и устройство электроконтактного манометра.
 3. Чем отличается электроконтактный манометр от электроконтактного термометра?
 4. Принцип действия и устройство грузопоршневых манометров.
 5. Классы точности грузопоршневых манометров.
- Сделать выводы по лабораторной работе.

Лабораторная работа 4.3

Тема: Визуализация и контроль технологического процесса экструзии

Цель работы: изучение метода контроля параметров технологического процесса экструдирования путем визуализации оперативных данных.

Оборудование и материалы: лабораторный измерительный экструдер серии X-trude, полимерные материалы, нанотехнологические присадки.

Теоретические сведения:

Недостатками известных способов контроля технологического процесса при помощи контрольно-измерительных приборов является низкая точность наблюдения температуры и давления в процессе движения и нагрева материала, обусловленная измерением усредненных значений температуры и давления в ограниченном количестве точек.

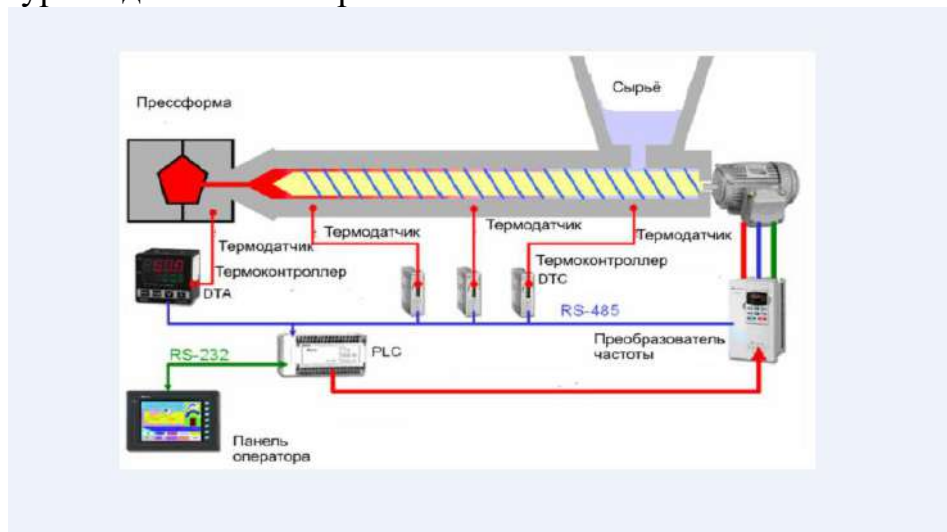


Рисунок 1 - Схема процесса экструзии

При этом выполняется измерение температуры не самого материала, а поверхности канала. Вследствие инерционности процессов теплопередачи в движущемся потоке материала измеряемая температура отличается от действительной температуры материала на несколько градусов.

Из известных технических решений наиболее близким по достигаемому результату к предлагаемому является способ визуализации работы экструдера, при котором измеряют скорость и крутящий момент привода шнека, значения температуры в зонах нагрева и экструзии, давление в зоне экструзии; преобразуют измеренные сигналы в цифровые коды, передают их по каналу связи на пульт оператора и отображают измеренные значения на операторской панели

При реализации метода визуализации повышается точность контроля параметров технологического процесса. Это обеспечивается использованием для визуализации работы экструдера информации об основных доступных переменных: температуры, давления, угловой скорости шнека, крутящего момента. Указанная информация в цифровой форме имеется в системе управления экструдером и с помощью средств передачи данных передается на пульт оператора, где с помощью средств моделирования используется для восстановления пространственной картины процессов в канале экструдера и синтеза с помощью средств компьютерной графики картины движения материала. При этом обеспечивается визуализация пространственного распределения температуры, давления и скоростей.

Использование предлагаемого технического решения на экструдерах позволит повысить производительность оборудования и качество продукции.

Лабораторный измерительный экструдер серии X-trude

Лабораторные экструдеры применяются для технологической подготовки и моделирования процессов производства полимерных материалов в лабораторных условиях. С помощью лабораторного измерительного экструдера оценивают влияние различных добавок (стабилизаторов, наполнителей, модификаторов, красителей) на технологические свойства (перерабатываемость) полимерных композиций.



Рисунок 2 - Лабораторный измерительный экструдер серии X-trude

Модульные установки сочетают в себе собственно экструдер серии X-trude, измерительные устройства для определения характеристик расплава и продукта, а также аппаратуру для формирования и оценки качества пленок. Такие системы позволяют проводить непрерывные измерения параметров полимера в процессе экструзии в режиме реального времени и сохранять результаты в памяти компьютера.

Особенности конструкции:

- модульная конфигурация, позволяющая собрать систему, укомплектованную необходимыми измерительными и/или формующими устройствами;
- непрерывные измерения всех параметров в процессе экструзии;
- различные одно - и двухшнековые системы цилиндров и шнеков;
- прецизионные измерители температуры и давления расплава;
- система передачи и обработки данных, построенная по стандарту CAN-bus;
- управление и визуализация процесса с помощью специального ПО ROSWin.
- многозонные системы нагрева и охлаждения.

Порядок выполнения работы:

1. Изучить устройство и принцип работы лабораторного экструдера.
2. Установить заданные параметры работы экструдера и произвести запуск оборудования.

3. Произвести контроль и управление процессом экструзии методом визуализации.

4. Выполнить документирование и распечатку параметров технологического процесса.

Список использованных источников

1. Федотов А.В. Автоматизация управления в производственных системах. Учебное пособие. Омск: Изд-во ОмГТУ, 2001. – 354 с.

2. Учебное пособие для студентов специальности 220301 «Автоматизация технологических процессов и производств» (по отраслям) Санкт-Петербург 2006-153с.

4. Шувалов В. В. Автоматизация производственных процессов в химической промышленности: учебник / В. В. Шувалов, Г. А. Огаджанов, В. А. Голубятников. - Москва: Химия, 1991.

5. Федотов А.В. Ф 34 Автоматизация управления в производственных системах: Учеб. пособие. Омск: Изд-во ОмГТУ, 2001. – 354 с.

6. Сергей Кольцов. 3D визуализация технологических процессов.//КомпьюАрт,2008.

7. Шишов О.В.Элементы систем автоматизации. Контроллеры, операторные панели, модули удаленного доступа: Лабораторный практикум/О.В.Шишов. - М.-Берлин: Директ-Медиа, 2015.-185с.

8. Шидловский С.В.Автоматизация технологических процессов и производств. Учебное пособие. Томск: Издательство НТЛ, 2005.-100с.

9. Ягубов, З.Х. Руководство к лабораторным работам по автоматике и автоматизации производственных процессов [Текст]: в 2 ч.; ч.1 / З.Х. Ягубов, Е.Н. Тетенькин, Л.Ф. Тетенькина. Ухта: УГТУ, 2006.-60 с.

10. Лабораторный практикум по дисциплине *"Системы управления химико-технологическими процессами"*. Составители Новоселова Е.Б., Новоселов Е.М. Для студентов направлений: 151000.62 Технологические машины и оборудование, 240100.62 Химическая технология. Невинномысск, 2012.-57с.

ГЛАВА 5 ПЛАНИРОВАНИЕ И ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОТЫ ПОДРАЗДЕЛЕНИЯ

Введение

Глава «Планирование и организация работы подразделения» знакомит будущих специалистов среднего звена с основами технологии управления персоналом (найма, отбора, приема и расстановки персонала; организацией труда персонала, высвобождения персонала) и направлен на формирование у будущих специалистов среднего звена навыков управленческой деятельности в соответствии со стратегией предприятия.

При изучении данного модуля обучающиеся должны освоить: представление о современных технологиях социализации, профориентации и трудовой адаптации персонала; изучить функционал сотрудников и подразделений разного уровня (карты компетенций, должностные инструкции).

После освоения модуля обучающиеся должны: уметь организовывать работу коллектива исполнителей; разрабатывать оценочные (производственные) задания и нормативно-технологическую документацию; принимать организационные и маркетинговые решения на основе анализа рынка; оформлять документацию на различные операции с сырьём, полуфабрикатами и готовой продукцией; участвовать в планировании основных показателей производства; планировать выполнение работ исполнителями; вести утверждённую учётно-отчетную документацию

Задачами модуля является формирование у обучающихся навыков:

- организации работы коллектива и поддержания профессиональных отношений со смежными подразделениями.
- обеспечения выполнения производственного задания по объёму производства и качеству продукции.
- повышения производительности труда, снижения трудоемкости продукции на основе оптимального использования трудовых ресурсов и технических возможностей оборудования.

Основные базовые дисциплины модуля – «Экономика отрасли» и «Менеджмент». Изложенные в модуле подразделы и темы опираются на знание обучающимися специальных дисциплин: «Технология переработки полимерных материалов», «Оборудование предприятий по переработке полимерных материалов», «Информационные технологии в профессиональной деятельности». В данном модуле предусмотрена так же курсовая работа по дисциплине «Экономика отрасли».

Техник-технолог должен знать функции руководителя подразделения, стили руководства, технику, средств и модели руководства, методы мотивации организационного поведения и организационной культуры; обеспечивать выполнение производственного задания по объёму производства и качеству продукции.

5.1 Организация работы коллектива

5.1.1 Функции управления

Управление персоналом — область знаний и практической деятельности, направленная на обеспечение организации «качественным» персоналом (способным выполнять возложенные на него трудовые функции) и оптимальное его использование. [1]

Управление персоналом осуществляется в процессе выполнения определенных целенаправленных действий и предполагает:

- определение целей и основных направлений работы с персоналом;
- определение средств, форм и методов осуществления поставленных целей;
- организацию работы по выполнению принятых решений;
- координацию и контроль за выполнением намеченных мероприятий;
- постоянное совершенствование системы работы с персоналом

Основные функции управления персоналом:

- подбор, наем и формирование персонала организации для наилучшего достижения целей производства;
- оценку персонала;
- развитие организационной структуры и морального климата предприятия, способствующих проявлению творческой активности каждого работника;
- наилучшее использование потенциала работников и его вознаграждение;
- обеспечение гарантий социальной ответственности организаций перед каждым работником.
- анализ имеющегося кадрового потенциала и планирование его развития с учетом перспективы;
- мотивация персонала,
- оценка и обучение кадров,
- содействие адаптации работников к нововведениям,
- создание социально комфортных условий в коллективе,
- решение частных вопросов психологической совместимости сотрудников и др. (Рис.5.1)

Функции управления персоналом очень тесно связаны между собой и образуют в совокупности определенную систему работы с персоналом, где изменения, происходящие в составе каждой из функций, вызывают необходимость корректировки всех других сопряженных функциональных задач и обязанностей. Так, например, широкое распространение в мировой практике контрактной формы найма персонала привело к заметному изменению функциональных обязанностей. [1]

При таких условиях найма, естественно, повышается значение функциональных обязанностей, связанных с обеспечением трудовых

отношений, решения социальных вопросов, расширяется круг обязанностей в рамках функций найма, трудоустройства, материального вознаграждения.

5.1.2 Стимулирование персонала. Мотивация поведения в процессе трудовой деятельности

Человека побуждает к активным действиям, в том числе и к труду, необходимость удовлетворения различных *потребностей* (под потребностью понимается нехватка чего-то, что вызывает состояние дискомфорта).

Потребности могут быть *естественными* (в пище, воде и т.п.) и *социальными* (в признании, славе); *врожденными* (в общении) и *приобретенными* (в обучении); *первичными* (в факторах, обеспечивающих выживаемость) и *вторичными* (в условиях развития личности); *материальными* и *нематериальными*. [2]

Однако интересы могут повлиять на поведение людей, стать его *мотивами* только в случае реальной возможности их осуществить. Мотивы, формирующиеся у человека под воздействием множества обстоятельств, «включаются» под влиянием *стимулов*. Стимулы могут быть внутренними (отношение к делу, моральные обязательства и проч.) и внешними (действия других людей, предоставляющиеся возможности).

На основе внутренней мотивации люди действуют спокойнее, быстрее, добросовестнее, тратят меньше сил, лучше усваивают задания и знания. Но внутреннее побуждение к действию является результатом взаимодействия сложной совокупности потребностей, которые постепенно меняются, и, чтобы мотивировать, руководитель должен определить эти потребности и найти способ их удовлетворения.

Концепция стимулирования основывается на том, что любые действия подчиненного должны иметь для него положительные, отрицательные или нейтральные последствия в зависимости от того, как он выполняет порученную работу. [2]

Положительные последствия увеличивают вероятность желательного поведения; отрицательные — уменьшают; нейтральные — ведут к медленному затуханию такого поведения. Но нужно иметь в виду, что на одинаковые стимулы разные люди реагируют неодинаково и с различной степенью интенсивности, а одни и те же результаты могут быть получены и за счет вознаграждения, и за счет наказания.

В соответствии с теорией иерархии потребностей американского социолога А. Маслоу люди постоянно испытывают различные потребности, которые можно объединить в группы, находящиеся в иерархическом отношении друг к другу.



Рисунок 5.1 - Иерархия потребностей Маслоу

Маслоу выделил пять таких групп и расположил их в виде пирамиды. Модель Маслоу имеет такую форму, поскольку, чем более высокое место занимают потребности в иерархии, тем для меньшего числа людей они становятся реальными мотиваторами поведения (Рис. 5.1).

Неудовлетворенные потребности, по мнению Маслоу, побуждают людей к активным действиям, а удовлетворенные перестают воздействовать, и их место занимают другие неудовлетворенные потребности. При этом потребности, находящиеся ближе к основанию пирамиды, требуют первостепенного удовлетворения, и лишь после того, как оно будет в основном достигнуто, начинают действовать потребности следующего уровня, удовлетворить которые можно гораздо более разнообразными способами. [2]

К первому уровню потребностей Маслоу отнес физиологические (в пище, жилье, отдыхе и проч.), удовлетворение которых обеспечивает человеку элементарное выживание, для чего необходим минимальный уровень заработной платы и сносные условия труда.

Ко второму уровню были причислены потребности в безопасности и уверенности в будущем, удовлетворяемые с помощью заработной платы, превышающей минимальный уровень (она позволяет приобретать страховой полис, делать взносы в пенсионный фонд), и работы в надежной организации, предоставляющей сотрудникам определенные социальные гарантии.

На третий уровень Маслоу поместил социальные потребности в поддержке со стороны окружающих, признании заслуг человека, принадлежности к той или иной общности. Для их удовлетворения необходимы участие в групповой работе, коллективном творчестве, внимание со стороны руководителя, уважение товарищей.

Четвертый уровень образуют потребности в самоутверждении, признании со стороны окружающих. Они удовлетворяются путем приобретения компетентности, завоевания авторитета, лидерства, известности, получения публичного признания. Управление обладателями этих потребностей облегчает присвоение им титулов, званий, вручение наград и проч.

Наконец, на пятую ступень иерархии Маслоу поставил потребности в самовыражении и реализации своих потенциальных возможностей, причем

относительно независимо от внешнего признания. Для удовлетворения таких потребностей человек должен иметь максимальную свободу творчества, выбора средств и методов решения, стоящих перед ним задач.

Способы мотивации:

-экономические: высокая зарплата, материальное поощрение, премии, бонусы и т.д.

К неэкономическим способам мотивации относятся организационные и морально-психологические.

Организационные включают в себя, прежде всего, привлечение работников к участию в делах организации, которое предполагает, что им предоставляется право голоса при решении ряда проблем, как правило, социального характера.

5.1.3 Методы управления

Методы управления персоналом – конкретные приемы и способы воздействия администрации на персонал для достижения определенных целей. Методы управления разнообразны, но их воздействие на персонал предприятия в целом и на каждого отдельного работника опосредовано мотивацией. Совокупность потребностей, на достижение которых направлена деятельность людей, определяет мотивационную направленность методов управления – экономических, административных и социально-психологических. [2]

Эффективная работа с персоналом подразделения приводит к выполнению производственных задач с минимальными затратами материальных и человеческих ресурсов.

Управление трудовым коллективом осуществляется следующими методами: экономическими, организационно-распорядительными и социально-психологическими (Рис.5.2)

Экономические методы представляют собой взаимосвязанный комплекс экономических рычагов (контрактная система, цены, материальное стимулирование, бригадный подряд, коэффициент трудового участия и т. д.), создающих условия для хорошей работы предприятия в целом, участка и каждого рабочего в отдельности.

Наиболее распространенными формами прямого экономического воздействия на персонал являются: хозяйственный расчет, материальное стимулирование и участие в прибылях через приобретение ценных бумаг (акций, облигаций) организации.

Организационно-распорядительные (административные) методы основываются на правах и полномочиях руководителя, его ответственности, законе о дисциплине.

Административные методы – это совокупность способов принудительно-распорядительного воздействия на персонал.

Решения, принимаемые административным методом, должны быть:

- обоснованными (анализ производственной деятельности, сопоставление нескольких вариантов);
- подчинены главной задаче;
- правомочны в пределах тех прав, которыми наделен руководитель (руководитель не должен перекладывать принятие решений на работников рангом выше или ниже в системе управления, касаться текущих, часто повторяющихся производственных вопросов, решаемых подчиненными в ранее установленном порядке, вмешиваться в функции подчиненных);
- направленными (иметь точный адрес и быть предельно понятными исполнителю);
- краткими; конкретными во времени; оперативными (в момент, когда требует производственная обстановка);
- выполнимыми; подконтрольными.



Рисунок 5.2 – Схема методов управления

Социально-психологические методы управления связаны с изучением и воздействием на социальный состав, социальные условия производства целых коллективов и на индивидуальные особенности работников. Это находит выражение в создании производственных коллективов (подбор коллектива, воспитание в нем атмосферы дружбы и товарищества), планировании социального развития производственного коллектива в постоянном совершенствовании стиля руководства и морального стимулирования производства.

5.1.4 Стили руководства

В 1938 году экономист К. Левин сформулировал теорию лидерства, согласно которой различаются *авторитарный (директивный)*, *демократический* и *нейтральный (пассивный, либеральный)* стили руководства (Рис.5.3). Стили различаются объемом используемой руководителем власти, а отсюда, соответственно, степенью свободы подчиненных в определении своего поведения в сфере производственной деятельности. [5]

Главным атрибутом авторитарного режима руководства является ориентация исключительно на результат. Лидер требует дисциплины и беспрекословного подчинения, контролирует выполнение, а социально-психологические факторы игнорирует.

Представитель *директивного стиля* руководства жестко регламентирует деятельность подчиненных, не советуется с ними, не терпит возражений и обсуждения своих решений, держится строго официально, подчеркивая дистанцию между собой и коллективом. Основными методами являются административные (приказы, распоряжения).



Рисунок 5.3 - Стили руководства

Руководитель авторитарного стиля руководства подавляет инициативу исполнителей. Он конкретизирует способ выполнения поставленной задачи: «Делай так, как я сказал!» Именно по этой причине такой метод страдает низкой эффективностью. [5]

Проблемы авторитарного стиля руководства выражаются необходимостью тотального контроля, лежащего тяжким грузом на самом управленце. Он никому не доверяет и должен сам постоянно вникать во все тонкости дела: без этого он не сможет давать подробные инструкции. Работники функционируют как роботы, боясь отступить хоть на шаг от указанного направления (Рис.5.4). К элементам имиджа руководителя, придерживающегося авторитарного стиля, относятся: командный голос; строгий вид; манера одеваться, подчеркивающая статус.

К его достоинствам относятся следующие специфические черты:

- Высокая эффективность в кризисной ситуации. Руководство, вынужденное идти на непопулярные меры, не может себе позволить их публичного обсуждения.

- Жесткие условия, поставленные работникам (планы, дедлайны), эффективно стимулируют выполнение указаний точно и в срок.

- Относительно низкие требования к персоналу. К специалистам высокой квалификации диктаторские методы, как правило, применять трудно.

На этом месте достоинства плавно переходят в недостатки. К тому же, например, Генри Форду работники высокого класса нанимались неохотно, даже, несмотря на хорошую зарплату. Они знали, что на заводах их ждут жесткие ограничения и штрафы за малейшую провинность. Увольнение грозило даже за приобретение любого предмета обихода (не говоря уже об автомобиле), если аналог выпускался предприятиями Ford. [5]

У авторитарной системы руководства есть и другие комплексные пороки:

- Взаимное недоверие – явление, сопутствующее любому диктаторскому сообществу.

- Интриги подхалимов, преследующих собственные корыстные цели в ущерб экономическим интересам предприятия.

- Несовершенная кадровая политика. Эти факторы усиливаются невозможностью одного человека разбираться во всем и чрезмерной нагрузкой на его психику.

Для демократического стиля руководства характерно коллегиальное принятие решений. Кроме желаемых результатов, обсуждаются пути их достижения (Рис.5.5).

Руководитель демократического стиля информирует коллектив о планах, советуется с ним, принимая решения, считается с его мнением. Применяет в основном экономические и социально-



Рисунок 5.4 - Авторитарный стиль руководства



Рисунок 5.5 – Признаки демократического стиля руководства



Рисунок 5.6 – Либеральный стиль руководства



Рисунок 5.7 – Многомерный стиль руководства

психологические методы руководства, но когда необходимо, использует и приказ. [4]

Управленец-демократ беседует с подчиненными дружески, скорее убеждая в целесообразности хорошей работы, чем приказывая.

Очевидно, что руководитель демократического стиля руководства успешен в управлении коллективом, костяк которого составляют сотрудники, склонные к самоуправлению и проявлению полезной инициативы.

Плюсы и минусы демократического стиля управления обусловлены его коллективной природой. К достоинствам можно отнести:

- здоровый микроклимат;
- наличие эффективных обратных связей.

Отрицательные черты:

- Долгое принятие коллегиальных решений. Причина – необходимость достижения консенсуса.

- Высокая ответственность руководителя – подчиненным делегируются полномочия, а за промахи наказывают начальника.

- Проблемы, возникающие, когда в коллектив попадает сотрудник, неготовый к демократическим отношениям.

Безответственность, к сожалению, заразительна.

Руководитель *пассивного стиля* характеризуется нерешительностью, колеблется в принятии решений, стремится передать вопросы своей компетенции подчиненным, не замечает нарушений, чтобы не портить отношения с коллективом, а будучи вынужденным, наказать подчиненных, ссылаясь на приказ вышестоящего начальника (Рис.5.6).

Избирая тот или иной стиль руководства, нужно всегда учитывать особенности коллективов и складывающиеся в его жизнедеятельности ситуации. Руководитель может допустить большую самостоятельность подчиненных, если они цели и задачи предприятия принимают как свои личные, проявляют интерес к работе, имеют достаточную квалификацию и опыт. В то же время будет оправданным энергичное применение административных методов в сочетании с *социально-психологическими* по отношению к подчиненным, не проявляющим интереса к работе, не обладающим достаточной квалификацией и ответственностью. [3]

Стиль руководства специалиста проявляется во взаимоотношениях с рабочими, с которыми он находится в непосредственном и постоянном общении. В его работе переплетаются все вышеперечисленные методы руководства (Рис. 5.7).

5.1.5 Многомерные стили управления

Практически одновременно с Левиным над систематизацией знаний об управлении работал доктор философии Дуглас Мак-Грегор. В работе «Человеческая сторона предприятия» он изложил две концепции менеджмента, условно назвав их теориями «Х» и «Y». Они основаны на

противоположных постулатах, определяющих отношение индивидуума к труду. [4]

Теория «Х». В основе теории «Икс» лежит предположение о врожденной лени человека, стремящегося получить максимум благ при затрате минимума усилий. В отношениях с исполнителями этого типа наиболее ярко проявляются достоинства авторитарного стиля руководства. При наличии эффективного механизма принуждения (можно одного, но желательно нескольких) управленец добивается нужного результата. [5]

Характеристика среднего человека уничижительна: трудиться он не любит, честолюбия лишен начисто, ответственности избегает, мечтает о «строгом, но справедливом» шефе, который будет все решать за него. Примером может служить конвейерная система на заводах Генри Форда начального периода. Эксплуатация персонала была организована таким образом, чтобы от нанятого человека зависело как можно меньше. Все рабочие операции предполагали минимальную квалификацию, а, следовательно, исполнителя можно было заменить в любой момент на другого без ущерба для результата.

При этом требовалось лишь буквальное следование инструкции. Исполнителю, загнанному в узкий коридор служебных обязанностей, оставалось лишь делать, что ему сказано. С одной стороны его ограничивал страх увольнения, с другой – щедрая оплата и горделивое чувство причастности к мощному предприятию. [4]

Теория «Y». Вторая концепция Мак-Грегора базировалась на противоположном допущении: каждый человек работать любит. Важно найти ту точку приложения способностей, которая заинтересует индивидуума и раскроет его таланты. В этом случае исполнитель не только принесет максимум пользы предприятию, но и проявит другие похвальные склонности: к самоорганизации, добровольной дисциплине, творчеству, за что будет вознагражден. Классики марксизма-ленинизма также предполагали, что свободный труд будет более эффективным по сравнению с результатами принуждения (неважно какого – административного или экономического). [4]

Теория «Z». Мак-Грегор умер в 1964 году, так и не завершив свои исследования. В поздний период научной деятельности он разрабатывал следующую теорию, получившую буквенное обозначение «Z», которая замышлялась как обобщение двух предыдущих концепций. Последователем стал другой ученый, У. Оучи, а также Р. Блейк и Дж. Мутон.

Суть этих изысканий вкратце можно описать как решение извечного вопроса: «Есть ли универсальный способ принуждения человека к добровольному труду?» Его внутреннее противоречие очевидно для каждого внимательного читателя. Блейк и Мутон ввели понятие «силового поля», возникающего между нанимателем и исполнителем во время трудовых

отношений. Это явление описывается управленческой матрицей («решеткой»), представленной на рисунке 5.9.

| | | | | | | | | | | | |
|--|--------------------|----------|-----|---|---|---|-----|---|---|---|---------|
| Незначительная → Забота о персонале ← Значительная | высокая | max 9 | 1.9 | | | | | | | | 9.9 |
| | Забота о персонале | 8 | | | | | | | | | |
| | | 7 | | | | | | | | | |
| | | 6 | | | | | | | | | |
| | | 5 | | | | | 5.5 | | | | |
| | | 4 | | | | | | | | | • |
| | | 3 | | | | | | | | | |
| | | 2 | | | | | | | | | • |
| | низкая | min 1 | 1.1 | | | | | | | | 9.1 |
| | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| | | низкая | | | | | | | | | высокая |
| Незначительная → Забота о персонале ← Значительная | | | | | | | | | | | |

Рисунок 5.9- Решетка стилей руководства (Р. Блейк, Д. Моутон)

Например, соответствие методов управления ячейке 9,9 означает, что на фирме сформировался демократический стиль руководства, то есть самый эффективный режим, при котором учитываются интересы работника и нанимателя.

Ценность данной таблицы состоит в том, что по ней можно описать каждый из стилей управления по 81-балльной системе. Точкой 9,1 отмечен наиболее жесткий автократичный стиль управления. 1,9 – полное потакание персоналу и игнорирование требований к экономическому результату. Ячейка 5,5 не означает «золотой середины», хотя и находится в самом центре матрицы. [4]

Руководитель, отвечающий этой позиции, склонен к компромиссу. Эффективность его управленческой деятельности будет посредственной, а вероятность высоких достижений невелика. Но и этот тип приемлем, если выдвигается требование бесконфликтного функционирования предприятия, работающего «по накатанному».

Краткие выводы

1. В реальной жизни граничные виды демократического и авторитарного управления встречаются крайне редко. В большинстве случаев имеют место промежуточные формы, выраженные разной степенью

коллегиальности процесса принятия решений, отношением к персоналу и другими важнейшими критериями.

2. В реальной практике бывают оправданными жесткие административные меры, характерные для авторитарного типа управления.

3. Выбор наиболее эффективной модели обусловлен конкретной экономической ситуацией, сложившейся на предприятии.

4. Возможно одновременное сочетание нескольких методов управления.

? Вопросы для самостоятельного контроля

1. Определите понятие «управление персоналом».
2. Перечислите этапы и функции процесса управления персоналом.
3. Перечислите классические методы управления персоналом.
4. Современные интерпретации стилей руководства?
5. Какой стиль руководства самый эффективный?
6. Сущность многомерного стиля руководства?

Практические задания

Деловая игра

Тема: Стили руководства и факторы их формирования.

Цель: Оценка деловых качеств, необходимых руководителю, воспитание организаторских способностей, умения сконцентрироваться в условиях высокой конкурентной борьбы на рынке, способности принятия ответственности за принимаемые решения.

В процессе игры студенты закрепляют знания о видах стиля управления, о необходимости применять тот стиль руководства, который является более необходимым в данной производственной ситуации.

Оборудование: комплект дидактических материалов, фломастеры, ватман.

Анализ производственной ситуации

В 2001 году начался кризис в химической промышленности. Вы являетесь руководителем производственно-технического отдела завода по переработке пластмасс. У вашего предприятия появились трудности с поставками сырья и реализацией готовой продукции. Вам предстоит, как и всем руководителям подразделений принимать решения по выходу из сложившейся ситуации. Решения могут быть различными: от сокращения части работников до изменения технологического процесса. Соответственно перед вами стоит проблема, как вести себя в этих условиях и как не наделать ошибок, то есть о вашем стиле управления.

Задание 1. Дать характеристику основных стилей управления.

Задание 2. Раскрыть сущность теорий для определения стиля управления.

Задание 3. Дать характеристику руководителя, умеющего влиять на людей.

Блиц-опрос: (студенты отвечают с места)

- - Менеджмент;
- - Потребность;
- - Власть;
- - Руководитель;
- - Влияние;
- - Формы влияния;
- - Виды власти.

Просмотрите краткую характеристику стилей руководства (характеристики представлены в раздаточном материале)

Ответьте на вопросы:

- Кому предпочтительнее авторитарный стиль?
- Кому предпочтительнее демократический стиль?
- Кому предпочтительнее либеральный стиль?

Делим студентов на три группы:

Автократы - 1-я группа.

Демократы - 2-я группа.

Либералы - 3-я группа.

Сомневающиеся - 4-я группа.

Задача каждой группы убедить, что ее стиль лучше. Если представители сомневающихся перейдут на сторону какой-то группы, то она - победитель.

Задание №1. Внимательно изучить представленную характеристику стиля, выбрать:

Методы влияния на подчиненных

Вид власти, который руководитель использует

Записать пять основных личностных характеристик этого руководства.

Сомневающиеся изучают и пишут пять характеристик руководителя, важных для них. Время выполнения - 5-6 минут.

Представьте свои характеристики. Сомневающиеся - сравнивайте.

Задание №2. Выберите, из предложенных вам вариантов действий руководителя. Используя жесты, мимику, пантомиму, изобразите, как руководитель вашего стиля отдает распоряжение. Время 7 минут

Задание №3. На основе своих характеристик и раздаточного материала нарисовать портрет-шарж руководителя своего стиля. Какие черты руководителя вашего стиля управления вам нравятся, а какие бы черты вы хотели бы изменить?

Время выполнения 7 минут. Сомневающиеся рисуют своего руководителя. Представьте свои портреты и озвучьте достоинства и недостатки.

Сомневающиеся всё это время сравнивали, думали, анализировали. Предоставляют решение. Какой из представленных стилей Вам более близок? К какой группе Вам бы хотелось примкнуть? Переходите в эту группу.

Сколько человек в А. стиль? Аргумент. Сколько человек в Д. стиль? Аргумент. Сколько человек в Л. стиль? Аргумент.

Критерии:

1. Полнота и правильность ответа;
2. Степень осознанности, понимания изученного;
3. Творческий подход, умение работать в команде.

Подведем итоги деловой игры.

Решение ситуационных задач

Задача 1. Описать систему управления деятельностью «Реализация продукции предприятия» с помощью управленческих функций.

2. Составить организационную структуру управления предприятием из заданных элементов.

3. Перечислить службы, которые чаще всего подчиняются заместителю директора по коммерческим вопросам крупного предприятия. Раскрыть их функции.

4. Проанализировать материалы экспертной оценки деятельности главного технолога предприятия.

5. Разработать производственную ситуацию по постановке задачи подчиненным с использованием мотивационных социально-психологических методов управления (третий уровень «пирамиды Маслоу»).

6. Дать определение понятия «лидерство» в коллективе. Объяснить, как следует учитывать наличие в коллективе неформальных лидеров.

Задача 2. Проанализируйте предлагаемую управленческую ситуацию и дайте обоснованные ответы на предложенные вопросы.

На предприятии, не отличавшемся высокой эффективностью производства, одним из слабых звеньев управления была невысокая исполнительская дисциплина. Руководство предприятия приняло решение о реорганизации системы управления и введении более эффективной системы контроля исполнения.

Какая система контроля исполнения может быть наиболее эффективной? Какова технология контроля исполнения, которую стоило бы внедрить на предприятии?

Задача 3. В коллективе отдела одного НИИ газовой промышленности за годы совместной работы сложились хорошие отношения между всеми членами коллектива. Отдел успешно справлялся с порученными заданиями.

В связи с переводом на другую работу старого начальника отдела на его должность был назначен молодой ученый, известный своими новаторскими разработками. Свою деятельность новый руководитель начал с укрепления трудовой дисциплины: была установлена регистрация времени прихода на работу и ухода с работы, внутренних командировок, установлено время приемов по личным вопросам. Он значительно расширил тематику научных исследований отдела, заключив договоры с производственными организациями в соответствии со своей научной специализацией. Задания подчиненным старался давать как можно более подробно, считая, что

сотрудники недостаточно компетентны в данных вопросах и что они строго должны придерживаться инструкций.

Через некоторое время заказчики отметили ухудшение качества научных разработок отдела. В коллективе ухудшились взаимоотношения, повысилась раздражительность, начались конфликты.

Решив, что нужно оздоровить коллектив, начальник отдела предложил уйти на пенсию нескольким сотрудникам, взяв на их место молодых специалистов. Однако положение не улучшилось.

Ваше мнение относительно возникшей ситуации и направлений ее исправления?

Определите:

1. Тип конфликта;
2. Состав конфликтующих сторон;
3. Поводы и истинные причины возникновения конфликтной ситуации;
4. Методы и конкретные пути разрешения конфликта.

Задача 4. Допустим, у Вас в подчинении работает человек, который несколько перерос свою должность. Однако из-за различных, чаще всего объективных причин карьерный рост невозможен, а доход достаточно высок, есть также комиссионные. Найдите пути дополнительной мотивации такого сотрудника.

Задача 5. Молодая женщина работает под руководством одного и того же начальника уже 11 лет. Однажды ее давняя подруга за чаем спросила, насколько ей хорошо работать со своим начальником? Прозвучал приблизительно такой ответ: «Вообще-то ничего. Он мне не досажает. Я делаю свою работу». Тогда подруга поинтересовалась: «Но ты же работаешь на одном месте 11 лет. Как ты работаешь? Тебя когда-нибудь повысят? Пожалуйста, не обижайся, но мне совершенно не понятно, какое отношение имеет то, что ты делаешь, к работе фирмы».

Женщина задумалась: «Я действительно не знаю, хорошо ли я работаю... Мой начальник никогда со мной об этом не говорит. Правда, я всегда считала, что отсутствие новостей – уже хорошая новость. Что касается содержания и важности моей работы, то при приеме на фирму мне что-то не очень внятно пояснили - и больше об этом речи не было. Мы с руководителем не особенно общаемся».

Вопросы для анализа ситуации:

1. Какие цели и условия эффективности коммуникаций между руководителем и подчиненным отсутствуют?
2. Как можно определить уровень вертикальных коммуникаций?
3. Существуют ли возможности для восходящих коммуникаций в данной ситуации?
4. Каким образом можно более эффективно построить обратную связь?

Решение расчетных задач по производственному менеджменту

(В решении задач 1 и 2 ориентироваться на ПРИЛОЖЕНИЕ 1)

Задача 1. Компания анализирует целесообразность применения прерывно - последовательного или непрерывно – последовательного метода перехода на новое изделие S-2 (вместо старого изделия S-1).

Достигнутый компанией выпуск продукции S-1–400 штук/мес., проектный выпуск продукции S-2-500 штук/в месяц. Реализация клиенту изделия S-2 приносит компании прибыль 200 тенге, а изделия S-1 обеспечивает компании прибыль 250 тенге.

| Показатели | Методы | |
|---|-------------------------------|-----------------------------|
| | Непрерывно – последовательный | Прерывно – последовательный |
| Интенсивность нарастания объемов производства продукции S-2, штук/в месяц | 50 | 60 |
| Интенсивность свертывания производства продукции S-1 штук/в месяц | 40 | 30 |
| Длительность простоя, месяцев | - | 2 |

а) Построить график свертывания производства изделия S-1 и освоения изделия S-2;

б) Оценить целесообразность методов перехода на новую продукцию.

Задача 2. Проанализировать экономическую целесообразность применения параллельного либо параллельно - последовательного метода при освоении производства изделия Р-4 вместо снимаемого с производства изделия Р-3. Достигнутый предприятием выпуск продукции Р-3 – 400 штук/мес., проектный выпуск продукции Р-4 - 480 штук/в месяц. Возможность применения резервных участков позволяет начать выпуск продукции Р-4 одновременно с сокращением производства продукции Р-3, кроме того свести время кратковременной остановки сборочной линии до 0,5 месяцев

Исходные данные по предлагаемым методам перехода:

| Показатели | Параллельный | Параллельно - последовательный |
|--|--------------|--------------------------------|
| Интенсивность свертывания производства продукции Р-3, штук/в месяц | 25 | 10 |
| Длительность производства продукции Р-4 на резервных участках, месяцев | - | 4 |
| Интенсивность нарастания объемов производства продукции Р-4 на резервных участках, штук/в месяц | - | 15 |
| Интенсивность нарастания объемов производства продукции Р-4 в основном производстве, штук/в месяц | 30 | 60 |
| Длительность времени совместного изделий Р-3 и Р-4, месяцев | 6 | - |
| Дополнительные текущие издержек предприятия, связанные с созданием резервных участков, Сдоп., тыс. тг. | - | 1510 |

Постановка клиенту единицы изделия Р-3 приносит за воду прибыль в размере 1800 тенге, изделия Р-4 - 2050 тег. Применение одного изделия Р-4 вместо изделия Р-3 обеспечивает клиенту экономию текущих издержек Ауд. = 4 тыс. тг./год.

Требуется

- построить график перехода на производство изделий Р-4 при параллельном и параллельно - последовательном методах;
- рассчитать длительность периода освоения производства изделия Р-4;
- определить эффективный для предприятия метод перехода на выпуск изделия Р-4 и величину ожидаемого экономического эффекта предприятия от ускорения освоения нового изделия;
- рассчитать экономический эффект у потребителя при ускорении освоения нового изделия Р-4.

5.2 Предприятие в условиях рыночной экономики

5.2.1 Повышение производительности труда

***Производительность труда** – это показатель эффективности работы сотрудников предприятия, продуктивность их производственной деятельности. [6]*



Рисунок 5.9 - Виды производительности труда

- *Фактическая* – равна отношению фактического выпуска продукта к трудовым затратам, которые были необходимы для его изготовления;
- *наличная* – показывает количество продукта, который можно произвести при исключении таких потерь как ожидания и простои;
- *потенциальная* – расчетная величина выработки, которая возможна в случае устранения всех остальных факторов потерь в процессах организации производственных операций, а также при совершенствовании, как материалов, так и оборудования (Рис.5.9).

Какими путями достичь повышения производительности труда?

Повышение производительности труда на предприятии достигается следующими методами:

Замена труда капиталом. Реализация данного метода осуществляется путем технического переоснащения производства, внедрения нового эффективного оборудования и технологий. [6]

Интенсификация труда. Этот метод реализуется посредством применения на предприятии ряда административных мер, которые нацелены на ускорение выполнения сотрудниками предприятия их работы.

Повышение эффективности организации труда. Данный метод предполагает выявление и устранение всех факторов, приводящих к производственным потерям, определение наиболее рациональных способов увеличения эффективности работы, а также развитие на предприятии оптимальных приемов организации производственных процессов. [7]

На предприятиях повышение производительности труда определяется в виде:

- увеличения количества продукта, создаваемого за единицу времени при неизменном его качестве;
- повышения качества продукта при неизменном его количестве, создаваемого за единицу времени;
- уменьшения трудовых затрат на единицу производимого продукта;
- уменьшения доли трудовых затрат в себестоимости продукта;
- уменьшения времени производства и обращения продукта;
- увеличения нормы и массы прибыли. [7]

Факторы роста и резервы повышения производительности труда

Факторы, оказывающее влияние на рост производительности труда, можно объединить в 3 группы:

1. Материально-технические. Они связаны с применением новой техники, использованием новых технологий, материалов и видов сырья.
2. Организационно-экономические. Данные факторы определяются уровнем организации управления, производства и труда.
3. Социально-психологические. Эти факторы подразумевают социально-демографический состав коллектива, его уровень подготовки, морально-психологический климат в коллективе, трудовую дисциплину и т.д. Общественные и естественные условия протекания труда. [8]

Все вышеуказанные факторы оказывают воздействие на повышение или наоборот снижение производительности труда. Определение влияния каждого из них является необходимым условием для планирования мероприятий и путей, направленных на увеличение производства предприятия.

Резервы повышения производительности труда – это *незадействованные возможности экономии трудовых затрат.*



Рисунок 5.10 - Реализация политики повышения производительности труда

Уровень производительности труда может быть выражен показателем реализованной продукции на одного работающего и показателем трудоемкости единицы продукции. Об эффективности использования труда в отраслях материального производства судят по таким показателям, как:

- темп роста производительности труда;
- доля прироста продукции за счет повышения производительности труда;
- относительная экономия живого труда (работников в расчете на год) в сравнении с условиями базисного года.

Пути повышения производительности труда достигаются различными методами. Но однозначно предварительное проведение финансового анализа предприятия с последующей разработкой и реализацией проекта (Рис.5.10).

На конкретном предприятии работа, направленная на увеличение производительности труда, может вестись за счет:

- резервов уменьшения трудоемкости, то есть модернизации и автоматизации производства, внедрения новых технологий работы и т.д.;
- резервов оптимизации использования рабочего времени – управления производством и организации труда, совершенствования структуры предприятия;
- совершенствования структуры кадров и самих кадров – изменения соотношения управленческого и производственного персонала, повышения квалификации работников и т.д. [8]

5.2.2 Эффективность хозяйственной деятельности организации (предприятия)

Пошаговая оценка эффективности деятельности предприятия:

Шаг №1. Оценка эффективности деятельности компании берет свое начало с проведения сравнительной оценки и расчета показателей рентабельности, которые отражают эффективность функционирования производства, а конкретно это:

1. Норма прибыли, которая определяется отношением чистой прибыли к выручке.

2. Рентабельность продаж — отношение прибыли от продаж к выручке.

3. Рентабельность продукции, реализованной на рынке, — это отношение прибыли от продаж к полной себестоимости (расходы по управлению и коммерческие, себестоимость продаж). [9]

Шаг №2. Производится сравнительное оценивание и расчет критериев рентабельности, которые отражают эффективность использования задействованных в производстве ресурсов. Наиболее важные из них это:

1. Рентабельность оборотных активов — отношение прибыли от продаж к усредненной сумме оборотных активов.

2. Рентабельность собственного капитала — отношение чистой прибыли к усредненной сумме собственного капитала.

3. Рентабельность внеоборотных активов — отношение чистой прибыли к средней сумме внеоборотных активов.

4. Рентабельность активов — отношение чистой прибыли к усредненной сумме валюты баланса.

5. Рентабельность инвестированного капитала — отношение чистой прибыли к усредненной сумме собственного капитала и долгосрочных обязательств.

6. Рентабельность заемного капитала — отношение чистой прибыли к усредненной сумме заемного капитала.

Все перечисленные показатели отражают эффективность применения собственного и инвестированного капитала, оборотных и внеоборотных активов. [9]

Шаг №3. Завершающий этап — это факторный анализ всех значений рентабельности, с помощью которого определяются причины отклонения от показателей, с которыми они сравниваются (плановые данные, значения прошлых периодов, сведения о результатах деятельности похожих предприятий и так далее).

Приемы и способы анализа.

На практике выбраны основные методы анализа финансовой отчетности:

- горизонтальный анализ,
- вертикальный анализ,
- трендовый,
- метод финансовых коэффициентов,
- сравнительный анализ,
- факторный анализ.

Какие критерии оценки эффективной деятельности предприятия необходимы для анализа?

Показатели, отражающие совокупную эффективность деятельности организации, определяются с помощью сопоставления объема всех принадлежащих предприятию средств и обобщающего результата его функционирования.

К таким показателям можно отнести:

- затраты на единицу продукции, реализованной на рынке.
- рентабельность всех активов компании.
- рентабельность производственного процесса.
- оборачиваемость всех активов компании.

Рентабельность всех активов в наибольшей степени является обобщающим показателем, отражающим прибыль компании на 1 тенге средств (все возможные виды имеющихся у предприятия ресурсов в денежном выражении из любого источника). Рентабельность часто заменяют синонимом «окупаемость средств». [9]

Примерный перечень рекомендуемых практических работ

Расчет площади участка, стоимости оборудования и амортизационных отчислений.

Расчет численности рабочих.

Расчет фонда заработной платы основных, вспомогательных рабочих и АУП участка.

Расчет энергозатрат и расчет приспособлений целевого назначения.

Расчет потребности в материалах.

Расчет сметы расходов на содержание и эксплуатацию оборудования.

Расчет сметы цеховых расходов.

Расчет калькуляции себестоимости продукции.

Расчет технико – экономических показателей проектного участка.

Практическая работа 5.1

Тема: Трудовые ресурсы

Цель: Выполнить расчет среднесписочной численности рабочих и показателей эффективного их использования

Содержание занятия: Изучение теоретических основ, работа с тестами, решение задач.

Теоретические основы

А) Структура персонала

По классификации состав рабочей силы подразделяется на две группы:

Работники преимущественно умственного труда

В эту группу входят:

А) специалисты;

Б) управляющие администраторы;

В) конторские служащие;

Г) торговые работники.

Работники преимущественно физического труда:

А) Рабочие могут быть квалифицированными, полуквалифицированными и неквалифицированными;

- Б) Работники обслуживания;
- В) Сельскохозяйственные работники.

По характеру и сложности выполняемых работ кадры делятся по профессиям, специальностям и квалификации.

Профессия – это род трудовой деятельности человека, владеющего комплексом специальных знаний и практических навыков, позволяющий выполнять определенный вид работ.

Специальность характеризует комплекс приобретенных знаний, умений, необходимых для определенного вида деятельности в рамках той или иной профессии (например, слесарь-сборщик, слесарь-ремонтник).

Квалификация характеризует степень и уровень профессиональной подготовленности к определенному виду работ.

По квалификации различают:

А) рабочих квалифицированных и неквалифицированных;

Б) руководителей и специалистов, имеющих среднее специальное образование или высшее образование (высокой квалификации), ученую степень или ученое звание (высшей квалификации). Состав работников по категориям образует структуру кадров.

К руководителям относятся работники управляющие производством: директора предприятий и их заместители, главные специалисты, начальники цехов и отделов и их заместители, старшие мастера.

К специалистам относятся работники, занятые инженерно-техническими, экономическими и другими работами: инженеры, механики, нормировщики, бухгалтера, социологи, техники, экономисты.

Другие работники, относящиеся к служащим – это работники, занятые подготовкой и оформлением документации, учетом и контролем, хозяйственным обслуживанием, делопроизводителями, архивариусы, кассиры, коменданты, контролеры (не относимые к рабочим) секретари, табельщики.

Для характеристики движения рабочей силы рассчитывают коэффициент оборота по приему, коэффициент оборота по выбытию, - коэффициент текучести кадров, коэффициент постоянства персонала.

Решение типовой задачи

Задача 1: Определить изменение в структуре персонала предприятия

| Категория персонала | Структура персонала | | | | | |
|---------------------|---------------------|-----------|----------|------------|------------|------------|
| | За предыд. год | | По плану | | Фактически | |
| | Кол. | Уд.Вес, % | Кол. | Уд. вес, % | Кол. | Уд. вес, % |
| ППП, всего | 2340 | 100 | 2200 | 100 | 2311 | 100 |
| Рабочие | 1780 | 76 | 1650 | 75 | 1810 | 78,3 |
| Руководители | 165 | 7,05 | 130 | 5,9 | 145 | 6,3 |
| Специалисты | 395 | 16,9 | 420 | 19,1 | 356 | 15,4 |

Решение. Например: $(395/2340) \times 100\% = 16,9$ (уд. вес)

Сделать выводы об изменении структуры персонала.

Задачи для самостоятельной работы

Задача 1: Определить коэффициент оборота по приему и выбытию и коэффициент текучести кадров

| Показатель | Количество за пред. год | Количество фактически |
|-----------------------------|-------------------------|-----------------------|
| Принято на предприятие | 785 | 815 |
| Выбыло | 975 | 930 |
| В том числе: На учебу | 36 | 37 |
| В вооруженные силы | 131 | 120 |
| На пенсию | 68 | 87 |
| По собственному желанию | 659 | 625 |
| За нарушение дисциплины | 81 | 61 |
| Среднесписочная численность | 8910 | 8795 |

Задача 2: Определить списочное и явочное количество рабочих на участке. Годовой выпуск изделий составляет 1400 штук. Трудоемкость всех фрезерных работ 20 чел/час, токарных 40 чел/час, сверлильных 10 чел/час. Средний коэффициент выполнения норм рабочими 1,2. Номинальный фонд времени одного рабочего 2072 часов.

Задача 3: Определить обеспеченность предприятия трудовыми ресурсами.

| Категория персонала | Количество по плану | Количество фактически | Количество за пред. год | Фактически в % | |
|--------------------------------|---------------------|-----------------------|-------------------------|----------------|--------------|
| | | | | К плану | К пред. году |
| Всего | 1235 | 1320 | 1210 | 106,9 | 109,09 |
| В т. ч. ППП | 1155 | 1265 | 1115 | 109,5 | 113,5 |
| Рабочих | 924 | 840 | 1005 | 90,9 | 83,6 |
| Служащих в т. ч. | 231 | 425 | 110 | 183,9 | 386,4 |
| Руководители | 86 | 94 | 68 | 109,3 | 138,2 |
| Специалисты | 145 | 331 | 42 | 228,2 | 788 |
| В т.ч. непромышленный персонал | 80 | 55 | 95 | 68,8 | 57,9 |

Примечание: расчеты выполняются по формулам:

- 1) $(\text{Кол. фактически} / \text{кол. по плану}) \times 100$;
- 2) $(\text{Кол. фактически} / \text{кол. за пред. год}) \times 100$.

Б) Производительность труда в промышленности

Теоретические основы

Производительность труда (выработка) – показатель плодотворности, эффективности трудовой деятельности людей, измеряемый количеством продукции или работы, производимой или выполняемой работающим в единицу времени (час, смену, сутки, месяц, квартал, год).

В зависимости от принятых показателей выработка может выражаться в натуральных, условно-натуральных, стоимостных и трудовых показателях.

Натуральные показатели производительности труда применяются в том случае, если изготавливается один вид изделий.

Решение типовой задачи

Определить уровень годовой производительности труда одного работающего на предприятии по продукции. Предприятие выпускает в год изделий А в количестве 32000 штук по цене 350 тенге за каждое и изделий Б – 55000 штук по цене 450 тенге. Затраты на материалы составляют 60% от стоимости изделий, а затраты на амортизацию 10% по изделию А и 8% по изделию Б. Среднесписочное количество ППП 3200 человек.

Решение: $Пмг = [32000 \times (350 - 350 \times 60\% - 350 \times 10\%) + 55000 \times (450 - 450 \times 60\% - 450 \times 8\%)] / 3200 = 3525$ (тенге/год)/чел.

Задачи для самостоятельного решения:

Задача 1: Для выполнения производственной программы планового года равной по трудоемкости плану базового года, количество работающих в плановом году установлено 5600 человек. Определить, на сколько процентов запланирован рост производительности труда по сравнению с базовым годом, если количество работающих в базовом году 5780 человек.

Задача 2: Определить процент выполнения плана по производительности труда в расчете на одного работающего и на одного рабочего. Определить на сколько процентов повысилась производительность труда работающего и рабочего в отчетном году по сравнению с базовым годом. Процент выполнения плана по производительности должно быть не менее 100%.

| Показатель | Базовый год | Отчетный год | |
|------------------------------|-------------|--------------|-------|
| | | План | Факт |
| Объем продукции, млн. тенге | 215,6 | 243,7 | 252,4 |
| Численность работающих, чел. | 21300 | 22700 | 22800 |
| Численность рабочих, чел. | 18100 | 18600 | 19700 |

Контрольные вопросы:

1. Виды производительности труда?
2. Перечислите методы повышения производительности труда?
3. Какие показатели отражают эффективность применения капитала?
4. Дайте определение рентабельности.
5. Классификация персонала предприятия?
6. Какие работники относятся к руководителям?
7. Какие показатели относятся к качественным показателям оценки кадров?
8. Перечислите показатели производительности труда.

Практическая работа 5.2

Тема: Определение эффективности использования основных производственных фондов

Цель: Научиться определять эффективность работы предприятия

Задачи:

1. Определить эффективность использования основных производственных фондов.
2. Дать характеристику показателей эффективности использования ОПФ.
3. Высказать общее суждение о возможности экстенсивного и эффективного использования ОПФ.

Расчет показателей эффективности использования основных фондов

Экономическая эффективность капитальных вложений – это результат внедрения соответствующего мероприятия, который может быть выражен экономией от снижения себестоимости продукции, ростом или приростом прибыли, приростом национального дохода.

| Содержание заданий | Руководство по выполнению |
|---|--|
| <p><i>Задание 1.</i> Изучите теоретический материал. Произведите расчет показателей эффективности использования основных производственных фондов.</p> | <p><u>Решение типовой задачи</u> Определить фондоотдачу, фондоемкость, общую и техническую фондовооруженность на предприятии, если выручка от реализации продукции в отчетном году составила 32100 тыс. тенге, среднегодовая стоимость основных производственных фондов 14400 тыс. тенге, (в том числе их активной части – 2250 тыс. тенге.), среднесписочная численность рабочих 126 человек.</p> <p><u>Решение:</u> 1. Фондоотдача ($\Phi_{отд}$) определяется по формуле $\Phi_{отд} = 32100 : 14400,0 = 2,23 \text{ тг}$ 2. Фондоемкость $\Phi_{Е}$ – величина, обратная фондоотдаче: $\Phi_{Е} = 14400 : 32100,0 = 0,45 \text{ тг}$ Фондовооруженность общая (техническая) рассчитывается отношением среднегодовой стоимости основных производственных фондов (активной части основных фондов – $\Phi_{акт}$) к среднесписочной численности рабочих ($\text{Ч}_р$). Исходя из этого, общая фондовооруженность $\Phi_p = 14400 : 126 = 114,3 \text{ тыс. тенге/чел.}$ Техническая фондовооруженность составит: $\Phi_p = \Phi_{акт} / \text{Ч}_р = 2250 : 126 = 17,85 \text{ тыс. тенге/чел.}$ Таким образом, на предприятии в отчетном году фондоотдача составила 2,23тг, фондоемкость–0,45тг, общая фондовооруженность–114,3 тыс. тенге/чел, техническая фондовооруженность–17,86 тыс.</p> |

| | |
|--|---|
| | <p>тенге/чел.</p> <p><u>Задачи для самостоятельного решения</u></p> <p>1.Стоимость основных производственных фондов на начало года 84 млн. тенге. В июне предусматривается ввод в эксплуатацию нового оборудования на сумму 8,2 млн. тенге, а с сентября – выбытие оборудования на сумму 1,8 млн. тенге. Объем товарной продукции в планируемом году составит 352 млн. тенге. Среднесписочная численность промышленно-производственного персонала 516 человека. Определить показатели эффективности использования основных производственных фондов.</p> <p>2.Намечен выпуск продукции:</p> <p>Изделие А 3650 шт. по оптовой цене 610 тенге за шт. Изделие В 5420 шт. по оптовой цене 940 тенге за шт. Планируется капитальный ремонт оборудования на сумму 28 400 тыс. тенге. Планируются работы на сторону на сумму 15 600 тыс. тенге. Стоимость основных фондов на начало года 65 млн. тенге. В феврале вводятся основные фонды на сумму 8 000 тыс. тенге. В июле выбывают основные фонды на сумму 15 000 тыс. тенге. Определить фондоотдачу и фондоемкость</p> |
|--|---|

Различают абсолютную и сравнительную экономическую эффективность капитальных вложений, которые рассчитываются по-разному.

Задачи для самостоятельного решения

*Задача 1.*Основные производственные фонды предприятия на начало 2005 года составляли 3000 тыс. тенге. В течение года было введено основных фондов на сумму 125 тыс. тенге, а ликвидировано – на сумму 25 тыс. тенге. Рассчитать стоимость основных фондов на конец года.

*Задача 2.*На предприятии в течение года было введено основных производственных фондов на сумму 150 тыс. тенге, так что стоимость основных фондов на конец года составила 3000 тыс. тенге. Рассчитать коэффициент обновления основных фондов.

*Задача 3.*Основные производственные фонды предприятия на начало 2005 года составляли 3000 тыс. тенге. В течение года было ликвидировано основных фондов на сумму 300 тыс. тенге. Рассчитать коэффициент выбытия основных фондов.

Расчет показателей эффективности использования оборотных средств

| Содержание заданий | Руководство по выполнению |
|---|--|
| Задание Изучите теоретический материал, произведите на основании данных расчет показателей эффективности использования оборотных средств, проанализируйте соответствующие расчеты. | <p><u>Задачи для самостоятельного решения</u></p> <p><i>Задача 1.</i> Себестоимость реализованной за год продукции предприятия равна 3,5 млн. тенге, валовая прибыль 1,5 млн тенге. Средний остаток, или норматив оборотных средств, 0,5 млн. тенге. Оценить оборачиваемость оборотных средств.</p> <p><i>Задача 2.</i> Стоимость реализованной продукции предприятия в базисном году 5 млн. тенге, доля прибыли равна 20 %. Величина оборотных средств в базисном году составила 40 тыс. тенге. В отчетном году объем реализованной продукции, равно как и прибыль, возрастет на 12 %. Рассчитать абсолютную величину сокращения длительности одного оборота.</p> <p><i>Задача 3.</i> Объем продаж продукции в планируемом году составит 325 000 тыс. тенге. Среднегодовые остатки нормируемых оборотных средств – 52 400 тыс. тенге. Определить: Коэффициент оборачиваемости Длительность одного оборота в днях Коэффициент загрузки оборотных фондов.</p> |

Определение общей экономической эффективности капитальных вложений в единицу продукции

Задача 1.

Капитальные вложения на единицу продукции составляют 80 тенге, а себестоимость единицы продукции – 160 тенге. Предприятие установило оптовую цену величиной 200 тенге. Годовой объем производства продукции 100000 ед. Уровень рентабельности предприятия равен 0,2. Определить общую экономическую эффективность капитальных вложений для строительства нового цеха.

Технология решения задачи:

Данную задачу можно решить двумя методами.

В основе первого метода лежит расчет коэффициента рентабельности как отношения прибыли от реализации к капитальным вложениям:

$$R_p = \frac{\Pi_p}{K}, \quad (5.1)$$

где R_p – коэффициент рентабельности;

K – капитальные вложения на строительство;

Π_p – прибыль от реализации.

С учетом того, что годовой объем производства продукции равен 100000 ед., капитальные вложения в данной задаче будут равны:

$$K = 80 \times 100000 = 8\,000 \text{ тыс. тенге.}$$

Чтобы определить прибыль от реализации, нужно из выручки от реализации отнять себестоимость годового объема продукции. Выручка от реализации будет рассчитана как произведение этого объема на оптовую цену предприятия: $B_{\text{реал}} = 200 \times 100\,000 = 20\,000 \text{ тыс. тенге.}$

Себестоимость годового объема продукции в этой задаче составит: $S = 160 \times 100000 = 16\,000 \text{ тыс. тенге.}$

Таким образом, прибыль от реализации будет равна

$$\Pi_p = 20000 - 16000 = 4000 \text{ тыс. тенге}$$

Воспользуемся формулой (1) для расчета коэффициента рентабельности

$$R_p = \frac{4000}{8000} = 0,5$$

Так как полученное значение ($R_p = 0,5$) больше нормативного ($R_n = 0,2$), – проект признаем эффективным.

Второй метод построен на оценке соотношения прибыли от реализации единицы продукции и объема капитальных вложений в единицу продукции:

$$R_p = \frac{200 - 160}{80} = 0,5$$

Расчетный коэффициент эффективности также получился больше нормативного, следовательно, – проект эффективен.

Ответ: эффективность капитальных вложений для строительства нового цеха может быть достигнута при расчетном коэффициенте, равном 0,5.

Задачи для самостоятельного решения

Задача 1. Предприятие работает в одну смену. Программа выпуска составляет 120 штук. Чему равен такт?

1) 6 мин/шт. 2) 2 мин/шт. 3) 4 мин/шт.

Ответ 6-3

Задача 2. Определите программу выпуска предприятия, работающего в 2 смены, если такт равен 6 мин/шт. 1) 200 шт. 2) 180 шт. 3) 160 шт.

Ответ 7-3

Задача 3. Норма времени выполнения первой операции составляет 8 минут. Так составляет 7 минут/шт. Определить количество рабочих мест для первой операции (принятое).

1) 1; 2) 2; 3) 3; *Ответ 8-2*

Задача 4. Определить коэффициент загрузки по операции, если расчетное количество рабочих мест 2,3.

1). 77% 2). 83% 3). 68%; *Ответ 9-1*

Краткие выводы

1. Детальное планирование позволит успешно решать задачи по повышению производительности труда.

2. Управление административно-хозяйственной деятельностью предусматривает, что все, кто задействован в исполнении и контроле процесса, должны быть ознакомлены с теоретическим обоснованием при его выполнении.

3. Грамотное руководство позволяет улучшать эффективность производственного процесса.

Примерная тематика курсовых работ

1. Расчет себестоимости полимерной нити с годовым заданием 90 тонн;

2. Расчет себестоимости полиэтиленовых пакетов «100x100» с годовым заданием 6 млн. штук;

3. Расчет себестоимости кабеля малопарного телефонного с пластмассовой изоляцией МКППЦ 3x2x0,4 с годовым заданием 2000км;

4. Расчет себестоимости шнура уплотнительного \varnothing 10 мм ГОСТ 6467-76 с годовым заданием 200км;

5. Расчет себестоимости пластиковых труб \varnothing 50 мм с годовым заданием 400км;

6. Расчет себестоимости полиэтиленовой трубы \varnothing 400 мм для строительства сетей водопровода с годовым заданием 350км;

7. Расчет себестоимости ленты сигнальной «Связь» с годовым заданием 150 км;

8. Расчет себестоимости резиновой смеси марки 0545 с годовым заданием 600 тонн;

9. Расчет себестоимости провода телефонного распределительного ТРП 2x0,4 с годовым заданием 250 км;

10. Расчет себестоимости пластиковых труб \varnothing 80 мм с годовым заданием 400 км;

11. Расчет себестоимости модульного коврика «Акватрек» с годовым заданием 9000 км;

12. Расчет себестоимости формовой детали 8ТН-370-289 с годовым заданием 800 тыс. штук;

13. Расчет себестоимости муфты соединительной eks-6СКаТ с годовым заданием 600 тыс. штук;

14. Расчет себестоимости шевронной манжеты с годовым заданием 500 тыс. штук;

15. Расчет себестоимости модульного коврика «Прима» с годовым заданием 9500 км.

Список использованных источников

1. Басовский «Менеджмент», Москва, ИНФРА-М, 2002 г-214с
2. Бельгибаев А. К., «Менеджмент», Алматы, 2005г
3. Леонтьева И. А. «Основы маркетинга и менеджмента», Астана издательство «Фолиант», 2007г
4. Владимиров А. Н. «Лучшие рефераты по менеджменту», Ростов на Дону, 2002г
5. Сафронов Н.А. Экономика организации (предприятия). Учебник для Ссузов. Экономист, 2007.
6. Шевчук Д.А. Экономика организации. Учебное пособие для Ссузов. Феникс, 2007.
7. Чечевицына Л.Н. Экономика предприятия. Учебное пособие для Ссузов. Феникс, 2007.
8. Экономика предприятия (фирмы): Учебник. Рек. МО РФ РЭА им. Г.В.Плеханова. Под ред. О.И.Волкова и О.В.Девяткина.- 3-е издание. М.: Инфра-М, 2007

Дополнительная литература

1. Жиделева В.В., Каптейн Ю.Н. Экономика предприятия. Учебное пособие; 3-е изд., перераб. и доп. М.: Инфра - М., 2005
 2. Экономика предприятия: Учебник для вузов. 4-е изд. / Под ред. В.М. Семенова – СПб.: Питер, 2007
 3. Экономика предприятия. Тесты, задачи, ситуации. Изд-во: Юнити-Дана, 2005
 4. Зайцев Н.Л. Экономика, организация и управление предприятием. Изд-во: Инфра-М, 2007.
 5. Сергеев И.В., Веретенникова И.И. Экономика организаций (предприятий). Изд-во: ТК Велби, Проспект, 2007. – 560 с.
 6. Экономика фирмы: Словарь-справочник. М., 2000.
 7. Сурин А.В. Инновационный менеджмент: учебник для вузов/А.В.Сурин, О.П.Молчанова; Московский государственный университет им. М.В.Ломоносова (МГУ), Факультет государственного управления - М.: Инфра - М, 2008-308с.: ил.
 8. Скибицкий Э.Г. Основы делового общения, Новосибирск: НГСАУ, 2008.
 9. Веснин, В. Р. Менеджмент в вопросах и ответах [Текст] : учеб. пособие / В. Р. Веснин. – Москва: ТК Велби, изд-во Проспект, 2004.
 10. Журавлев, П. В. Менеджмент персонала [Текст]: учеб. пособие / П. В. Журавлев. - Москва: Экзамен, 2004. - 448 с.
- Электронные ресурсы
(<https://delen.ru/nyuansy-biznesa/demokraticeskij-i-avtoritarnyj-stili-upravlenija-kompaniej.html>)

<https://textbooks.studio/menedjment-upravlenie-personalom/odnomernyie-mnogomernyie-stili-rukovodstva-26834.html>
<https://studfile.net/preview/2932243/page:37/>
<https://www.goodstudents.ru/management-tests/928-proizvodstvenny-management-tests.html>
<https://sales-generator.ru/blog/povyshenie-proizvoditelnosti-truda/file:///C:/Users/Admin/Downloads/%D0%92%D0%A0.pdf.pdf>
<https://www.docsity.com/ru/ocenka-riskov-v-deyatelnosti-predpriyatiya-ooo-zavod-po-pererabotke-plastmass-plarus/4625788/>
<https://elib.pnzgu.ru/files/eb/doc/oJ9KZI31FtYM.pdf>
<https://blog.iteam.ru/otsenka-effektivnosti-deyatelnosti-predpriyatiya/>
<https://businessman.ru/administrativno-hozyaystvennaya-deyatelnost---eto-chto-takoe.html>

ПРИЛОЖЕНИЕ 5.1

Задача с решением на определение более выгодного метода перехода на новое изделие.

При планировании освоения нового изделия рассматривают два возможных варианта перехода на выпуск новых изделий В: непрерывно - последовательный и параллельный.

Достигнутый месячный объем выпуска снимаемых с производства изделий Б - 1600 шт./мес, проектный выпуск изделий В - 2000 шт./мес.

Изготовление единицы изделия В приносит предприятию прибыль 354 тг., изделия Б - 415 тг.

а) Построить график перехода для каждого метода.

б) Определить экономически выгодный для предприятия метод перехода на новую продукцию.

| Показатели | Методы | |
|---|-----------------------------|--------------|
| | Непрерывно-последовательный | Параллельный |
| Интенсивность снятия с производства изделий Б, шт./мес. | 400 | 200 |
| Интенсивность нарастания объемов производства изделий В, шт./мес. | 250 | 200 |
| Продолжительность времени совместного выпуска изделия Б и В, шт./мес. | - | 3 |

Решение задачи:

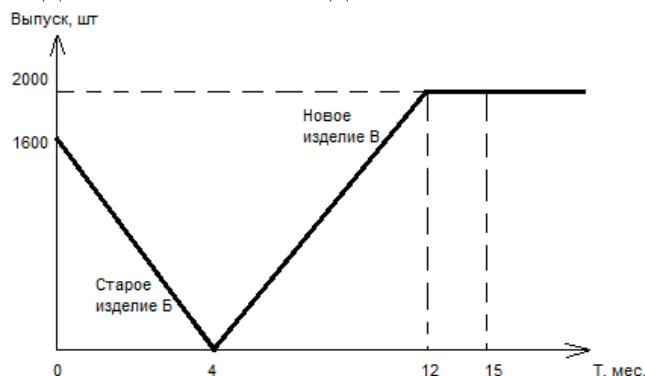
Рассчитаем период снятия с производства старого изделия при непрерывно-последовательном методе.

$T_{\text{снятия с производства}} = 1600 : 400 = 4 \text{ (мес.)}$

Рассчитаем период нарастания производства нового изделия при непрерывно-последовательном методе.

$T_{\text{нарастания производства}} = 2000 : 250 = 8 (\text{мес.})$

Построим график перехода на новое изделие при непрерывно-последовательном методе.



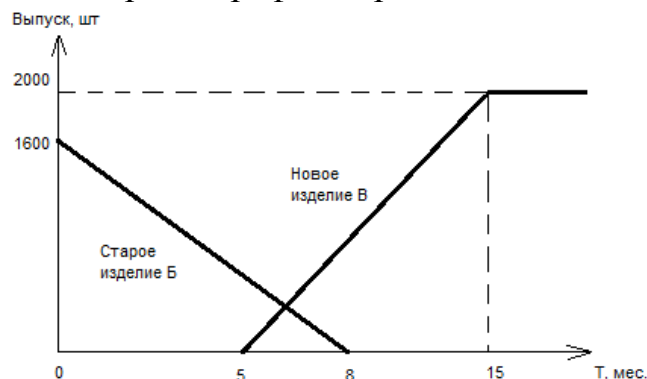
Рассчитаем период снятия с производства старого изделия при параллельном методе.

$T_{\text{снятия с производства}} = 1600 : 200 = 8 (\text{мес.})$

Рассчитаем период нарастания производства нового изделия при параллельном методе.

$T_{\text{нарастания производства}} = 2000 : 200 = 10 (\text{мес.})$

Построим график перехода на новое изделие при параллельном методе.



Итак, мы построили графики перехода на новое изделие при параллельном и непрерывно-последовательном методе. Теперь определим экономически выгодный метод перехода на новое изделие, для этого сравним прибыль при непрерывно-последовательном и параллельном методах. Следует учесть, что прибыль надо сравнивать за одинаковый период.

Дольше переход на новое изделие осуществляется при параллельном методе (как видно по графику за 15 месяцев), поэтому прибыль будем рассчитывать за 15 месяцев для обоих методов, также значение 15 месяцев обозначим и на графике непрерывно-последовательного метода перехода на новое изделие.

Для того чтобы найти прибыль, в начале рассчитаем выпуск старого и нового изделия для параллельного и непрерывно-последовательного метода.

Непрерывно-последовательный метод:

Выпуск старого изделия = $(1600 : 2) \times 4 = 3200$ (шт.).

Выпуск нового изделия = $(2000 : 2) \times 8 + 2000 \times 3 = 14000$ (шт.).

Прибыль рассчитывается как прибыль единицы старого изделия, умноженную на количество произведенных старых (снимаемых с производства) изделий + прибыль единицы нового изделия, умноженную на количество произведенных новых (осваиваемых) изделий.

Прибыль при непрерывно-последовательном методе = $3200 \times 354 + 14000 \times 415 = 6942800$ (тг.).

Параллельный метод:

Выпуск старого изделия = $(1600:2) \times 8 = 6400$ (шт).

Выпуск нового изделия = $(2000:2) \times 10 = 10000$ (шт).

Прибыль рассчитывается как прибыль единицы старого изделия, умноженное на количество произведенных старых (снимаемых с производства) изделий + прибыль единицы нового изделия, умноженное на количество произведенных новых (осваиваемых) изделий.

Прибыль при параллельном методе = $6400 \times 354 + 10000 \times 415 = 6415600$ (тг.).

Следовательно, для предприятия более выгодным является непрерывно-последовательный метод перехода на новое изделие.

ГЛАВА 6 ПРОВЕДЕНИЕ ИССЛЕДОВАНИЙ И УЧАСТИЕ В РАЗРАБОТКЕ НОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Введение

Цель настоящей главы пособия - формирование углубленных знаний характеристик важнейших промышленных полимеров, совершенствования технологии переработки полимерных и композиционных материалов, основных методов исследования полимеров и полимерных композиционных материалов, формирование навыков осмысления инновационных технологий.

Основой для изучения материалов главы являются знания, полученные обучающимися при изучении дисциплин «Материаловедение», «Основы физики и химии полимеров», «Технология полимерного производства» «Информационные

Для успешного усвоения материалов по полимерным и конструкционным материалам необходимы знания по математике, общей неорганической химии и органической химии.

Изложенный в настоящей главе материал будет способствовать формированию у будущих специалистов навыков и умений ориентироваться в перспективных направлениях получения качественных изделий по инновационным технологиям из полимеров нового поколения:

- производство современных биополимеров,
- производство композитных полимерных материалов на основе волокон и наноматериалов,
- внедрение «интеллектуальных» полимерных композитов.

6.1 Научные основы создания полимеров

6.1.1 Инновации в развитии химической технологии органических веществ

6.1.1.1 Наноструктурные материалы и нанотехнологии

Это одни из самых перспективных быстроразвивающихся направлений современной науки. Наноматериалы, основные физические характеристики которых определяются свойствами содержащихся в них нанообъектов, представляют собой кристаллические или аморфные системы с размером частиц или кристаллов менее 100 нм [1, 2].

Наночастицу, которую иногда называют нанообъектом, принято рассматривать как конгломерат или агрегатную частицу, состоящую примерно из тысячи атомов и являющуюся частью объемного материала. Наночастицы могут быть различной формы (например, пластины, трубки, сфероиды), но, по крайней мере, в одном измерении они должны быть от 1 до 50 нм.

Нанонаполнителями полимеров являются следующие материалы:

- слоистые алюмосиликаты (глины) – слоистые природные неорганические структуры, такие как монтмориillonит, гекторит, вермикулит, каолин, сапонин и др., где размеры неорганических слоев составляют порядка сотен нанометров в длину и 1 нм в ширину;
- углеродные нанотрубки и нановолокна – протяженные цилиндрические структуры диаметром от одного до нескольких десятков нанометров и длиной до нескольких сантиметров, состоящие из одной или нескольких свернутых в трубку гексагональных графитовых плоскостей (графенов) и заканчивающиеся обычно полусферической головкой;
- фуллерены – молекулярные соединения, принадлежащие к классу аллотропных форм углерода и представляющих собой выпуклые замкнутые многогранники, составленные из чёткого числа трёх координированных атомов углерода;
- неорганические нанотрубки – структуры, в качестве составных элементов которых задействована вся периодическая система элементов (металлы, оксиды переходных металлов, галогениды металлов, бор, кремний);
- другие наполнители.

Полимерные нанокомпозиты принадлежат к категории мультифазных систем, производство которых требует контролируемого смешения, стабилизации полученного распределения наночастиц, ориентации дискретных частиц (Рис. 6.1).

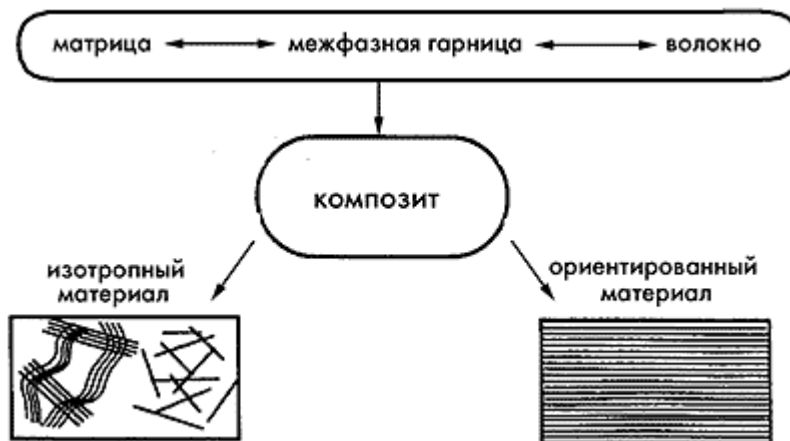


Рисунок 6.1 – Композиционные материалы: изотропные и ориентированные

Композиционные материалы различаются типом матрицы (органическая, неорганическая), ее перерабатываемостью (термопласт), типом усиливающих элементов, их ориентацией (изотропная, одноосно ориентированная) и непрерывностью.

Полимерные композитные материалы - это полимер и десятки процентов армируемого элемента.

Полимерные нанокомпозитные материалы - это полимер и десятые или сотые доли, единицы процентов нанонаполнителя (значительно меньшее количество).

Примеры отличий в характеристике полимерных нанокомпозитов:

- бактерицидный материал при концентрации наночастиц серебра – несколько десятичных долей процента проявляет необычайно сильное бактерицидное действие;

- сверхпрочный пенопласт при содержании в полимерной пене всего 5% наночастиц глины по прочностным показателям не отличается от конструкционных полимерных композиционных материалов, используемых для создания деталей корпусов автомобилей и самолетов;

- нанокомпозиты при содержании 2-х % объемных минеральных наночастиц обладают характеристиками на 10 % - 15 % выше характеристик ненаполненных аналогов, температура их деструкции повышается от 65 °С до 150 °С.

Способы получения полимерных нанокомпозитов.

Смешение. Выбор метода определяется: агрегатным состоянием полимера (жидкий или твёрдый); типом полимера (порошкообразный, волокнистый, слоистый).

Особенности технологии получения полимерного нанокомпозита с органоглиной.

Получение композитов в процессе синтеза самого полимера (полимеризация in-situ). Процесс протекает в несколько стадий.

На I стадии полимер окружает агломераты органоглины (образуются тактоиды).

На II стадии полимер проникает в межслойное пространство органоглины и раздвигает слои до 2-3 нм.

На III стадии происходит частичное расслоение и дезориентация слоев органоглины и образуется микрокомпозит.

На IV стадии образуются полимерные нанокомпозиты с интеркалированной или расслоенной (расшелушенной) структурой. Расшелушенная структура, в которой полимер раздвигает слои глины на 8-10 нм и более, является результатом очень высокой степени распределения органоглины. Она достигается при перемешивании сырья.

Виды нанокомпозитов: нанокомпозиты из керамики и полимеров; материалы с сетчатой структурой; слоистые нанокомпозиты; полимерные нанокомпозиты, содержащие металлы и полупроводники; нанокомпозиты на основе полимерной матрицы и углеродных соединений; композиты на основе терморезистивных полимеров; композиты на основе термопластичных полимеров; композиты на основе эластомеров.

Нанокомпозиты на основе керамики и полимеров.

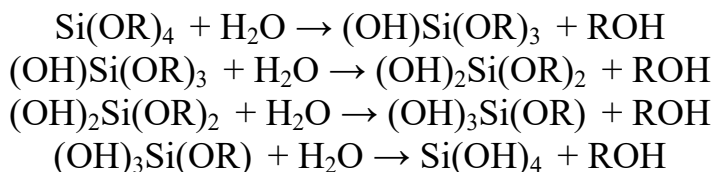
Нанокомпозиты на основе полимеров и керамик сочетают в себе качества составляющих компонентов: гибкость, упругость, перерабатываемость полимеров и характерные для стекол твердость,

устойчивость к износу, высокий показатель светопреломления, огнестойкость, химическую стойкость. Благодаря такому сочетанию улучшаются многие свойства материала по сравнению с исходными компонентами.

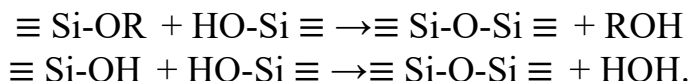
Область применения: твердые защитные покрытия для неорганических и полимерных материалов, световоды и оптические волокна; адгезивы; адсорбенты; новые конструкционные материалы.

Основная проблема нанокомпозита на основе керамики и полимеров - несовместимость неорганических наночастиц и полимеров. Эта проблема может быть решена путем модификации глины органическим олигомером.

Нанокомпозиты из керамики и золь-гель технология. Наибольшие успехи в получении нанокомпозитов сетчатой конструкции были достигнуты золь-гель технологией, в которой исходными компонентами служат алкоголяты некоторых химических элементов и органические олигомеры. Сначала алкоголяты кремния (титана, циркония, алюминия или бора) подвергают гидролизу.



А затем проводят реакцию поликонденсации гидроксидов.



В результате образуется керамика из неорганической трехмерной сетки. Если гидролиз и конденсацию проводить в набухшей полимерной матрице, то образуется взаимопроникающее органическая и керамическая сетка. Что придает уникальные механические свойства конечному материалу.

В качестве органического компонента используют многие соединения (полистирол, полиимид, полиамид, полибутадие и полиметилметакрилат) и в зависимости от условий реакции и содержания компонентов получают материалы с разной надмолекулярной организацией.

Слоистые нанокомпозиты. Их тоже создают на основе керамики и полимеров, но с использованием природных слоистых неорганических структур, таких как монтмориллонит или вермикулит, которые встречаются, например, в глинах. Длина неорганических слоев - ~ 200 нм, ширина - ~ 1 нм. Слои глины располагаются параллельно друг другу, формируя кристаллиты (тактоиды). Полное разделение тактоидов слоистого силиката на отдельные слои («отшелушивание») называют эксфолиация.

Введение наночастиц слоистых силикатов в полимерные матрицы осуществляют путем реакционного наполнения (мономер и силикат),

механического смешения (полимер и силикат) в растворе или в расплаве (Рис. 6.2). Например, полиолефины, сополимеры стирола с акрилонитрилом, полиизобутилен, полианилин, полистирол, эпоксидные смолы и др.

Наноккомпозиты из керамики и полимеров находят применение в упаковочной индустрии (улучшение барьерных свойств газо-паропроницаемости на 38 %).

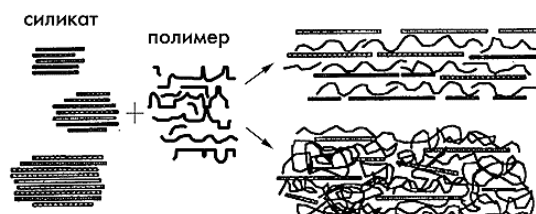


Рисунок 6.2 - Слоистые наноккомпозиты на основе полимера и силиката монтмориллонита с низким его содержанием (справа сверху) и высоким

Большая часть полимерных наноккомпозитов на основе керамики и полимеров - модифицированный монтмориллонит и промышленные полимеры полиамид, полипропилен, полиэтилен, полистирол, полиэтилентерефталат.

Полимерные наноккомпозиты, содержащие металлы и проводники.

Свойства - нанопорошковые металлы имеют высокую дисперсность, обладают избыточной энергией (порошки в неравновесном состоянии), адсорбируют значительное количество газов, подвержены медленному окислению.

Применение наноккомпозитов – изготовление деталей оптических, магнитных, электронных приборов и средств связи; получение катализатора; получение полупроводников; огнезащитных и сверхпрочных материалов. Введение двух массовых процентов силиката в полиамид снижает влагопроницаемость наноккомпозита на 60%, коэффициент термического расширения на 25 %, проницаемость для жидкостей и газов. Используется в медицине и пищевой промышленности.

Способы внесения металлических (полупроводниковых) наноккластеров в полимер: испарение или расплавление металлов, восстановление их солей.

Смешение предварительно полученных полимеров, сополимеров или их смесей с наночастицами. Полимерные металлсодержащие наноккомпозиты получают перспективным способом осаждения паров металла с последующей его полимеризацией (Рис. 6.3).

Такой способ позволяет получать тонкие пленки, содержащие атомы разных металлов и других веществ (например, фуллерен), легко варьировать концентрацию компонентов; создавать наноккомпозиты высокой чистоты.

Свойства определяются концентрацией частиц металла:

- при низкой - электросопротивление максимально ($\sim 10^{12}$ Ом);
- при высокой - электросопротивление минимальное (~ 100 Ом).

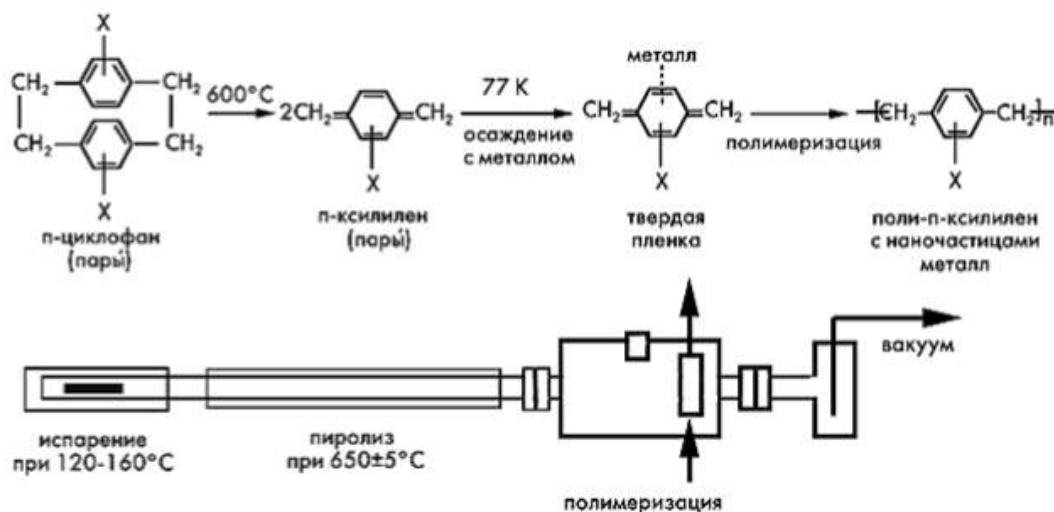


Рисунок 6.3 – Получение нанокомпозиционных пленок и установка для проведения этого процесса (X - разные заместители)

Нанокомпози́ты на основе полимерной матрицы и углеродных соединений. Фуллерены и углеродные нанотрубки - твёрдые формы углерода, наиболее известными соединениями которого являются – уголь и сажа, а с кристаллической решеткой – алмаз и графит.

Свойства: высокая прочность, твердость, химическая стойкость, упругость, теплопроводность, электропроводность. Под действием механических напряжений, превышающих критические, нанотрубки не «рвутся» и не «ломаются», а перестраиваются в зависимости от схемы сворачивания графитовой плоскости, нанотрубки могут быть проводниками или полупроводниками. К примеру, введение от 0,01 % до 3,6 % фуллерена увеличивает прочностные и адгезионные характеристики тонких пленок в 2-4 раза по сравнению с исходными образцами фенольной смолы бутадиен-стирольного сополимера.

Условия получения полимерных нанокомпози́тов. Первое необходимое условие – однородное распределение частиц наполнителя углеродных нанотрубок в матрице. Высокая поверхностная энергия углеродных нанотрубок приводит к их агрегации, препятствует равномерному распределению и образованию стойких дисперсий в полимерных связующих. Вторым необходимым условием является усиление межфазного взаимодействия, обеспечивающего эффективный перенос металлических напряжений от полимера к углеродным нанотрубкам.

Способ получения. Введение наночастиц в *расплав полимера*. Смешение в расплаве полимера (просто в исполнении). Недостаток - дает плохое качество дисперсий; возможно разрушение наполнителя в процессе смешения. Смешение дисперсий углеродных нанотрубок и *растворов полимера*. Достоинством настоящего способа является более однородное смешение с полимером. Недостаток способа - требуется удаление растворителя.

Полимеризация in-situ. Способ получения позволяет одновременно решать задачи синтеза полимеров, функционализации углеродных нанотрубок макромолекулами и создания композита. Приводит к ковалентному связыванию углеродных нанотрубок с полимером.

Полимерные матрицы. Важное влияние на свойства полимерных нанокомпозитов (объемную плотность, температуру стеклования и электропроводность) оказывает содержание нанотрубок, тип органической матрицы. В качестве матрицы используют термопласты, реактопласты и эластомеры.

6.1.1.2 «Интеллектуальные» полимерные композиты

Одной из главных особенностей современного наукоемкого производства является стремление создавать и использовать новые материалы, обладающие, помимо уникальных сочетаний механических, электрофизических, оптических и других свойств, способностями выполнять какие - либо функции (функциональные материалы) и/ или активно реагировать на изменения внешних условий или внешние воздействия (интеллектуальные материалы) [3, 4, 5].

Подобные уникальные сочетания характеристик и свойств материалов часто достигаются за счет наличия у вещества естественно или искусственно упорядоченной или неупорядоченной системы базовых элементов нанометровых характерных размеров – его наноструктурирования.

Основной особенностью интеллектуальных материалов является их способность преобразовать один вид энергии в другой. Это дает возможность использовать их для выполнения сложных функций датчиков и исполнительных устройств – а иногда и нескольких функций одновременно в приборе, по существу состоящем из одного объема определенного вещества.

Напомним, что свойства армированных полимерных материалов зависят от их состава, структуры и технологии получения. Знание этих зависимостей позволяет конструировать материалы и изделия с требуемым уровнем свойств.

Возможность встраивания в структуру такого композита элементов, способных реагировать на изменение окружающей среды, позволяет пойти дальше и создать «интеллектуальные» материалы. Такие материалы способны адаптироваться к изменяющимся условиям с целью самосохранения, поддержания возможности исполнять свои функциональные свойства и обеспечения работоспособности всей конструкции в изменившихся условиях.

«Умными» разнородные материалы этой группы делает проявление взаимозависимых, но различных по своей природе свойств (механических, электрических, магнитных и пр.), что позволяет использовать их как сенсоры, чувствительные к какому-либо внешнему воздействию, либо в качестве датчиков, вызывающих искусственно совершаемое действие при

подаче контролирующего сигнала. И в том, и в другом случаях функция отклика на воздействие, как правило, является нелинейной. К «умным» материалам можно отнести полимерные гели, способные в сотни раз изменять свой объем (коллапс геля) при небольшом изменении внешних условий (температуры, состава растворителя, водородного показателя среды - pH). Различные полимерные покрытия, значительно изменяющие свои электропроводящие, оптические и другие свойства при сорбции определенных веществ, применяются в сенсорах приборов для мониторинга окружающей среды, в частности, для определения концентрации токсичных веществ.

В результате создания «интеллектуальных» материалов в материаловедении появились понятия «обучаемости» материалов и «ощущения» ими предельных ситуаций. Для «интеллектуального» поведения материал должен иметь нелинейно изменяющиеся свойства. «Интеллектуальность» материалов основывается на: контроле основных функций; оптимизации свойств путем обучения; наличии в них датчиков, контролирующих изменение факторов окружающей среды; способности материалов анализировать ситуацию, возникшую в результате изменения окружающей среды; способности реагировать на результаты собственного анализа окружающей среды.

«Интеллектуальные» способности композиционным материалам обеспечивают входящие в состав компоненты с памятью формы, сплавы с магнитными свойствами, волоконно-оптические датчики, пьезоэлектрические датчики, электрореологические жидкости и другие элементы, обладающие несколькими нелинейно изменяющимися характеристиками.

Технологии производства «интеллектуальных» материалов основаны на *встраивании* перечисленных выше компонентов в полимерную матрицу. Наиболее разработанной является технология создания «интеллектуальных» материалов путем встраивания в их структуру волоконно-оптических датчиков. Такие датчики позволяют контролировать процессы, протекающие во время формования изделий из «интеллектуальных» материалов, а также следить за их состоянием во время эксплуатации и адекватно реагировать на происходящие в них изменения вследствие воздействия окружающей среды

Наличие волоконно-оптических датчиков позволяет в режиме реального времени получать информацию о поведении изделия из «интеллектуального» материала и уже на начальной стадии обнаружить изменения его структуры задолго до появления необратимых деформаций

Полимерные материалы, *армированные волоконно-оптическими датчиками*, относятся к «интеллектуальным» материалам *первого поколения*. Они способны реагировать на воздействие внешней среды путем выработки сигнала. Решение же по результатам анализа этого сигнала принимает человек с помощью ЭВМ, т.е. собственного «интеллекта» материалам

первого поколения еще недостаточно для того, чтобы адекватно отреагировать на вызовы окружающей среды.

Пример использования «интеллектуальных» полимерных материалов в строительстве моста (России). С использованием *информкомпози́та* марки ВКУ-51И – углепластика с интегрированными в него оптоволоконными элементами с чувствительными брегговскими решетками по технологии вакуумной инфузии были изготовлены арочные элементы быстровозводимых мостовых сооружений (Рис. 6.4) [4].

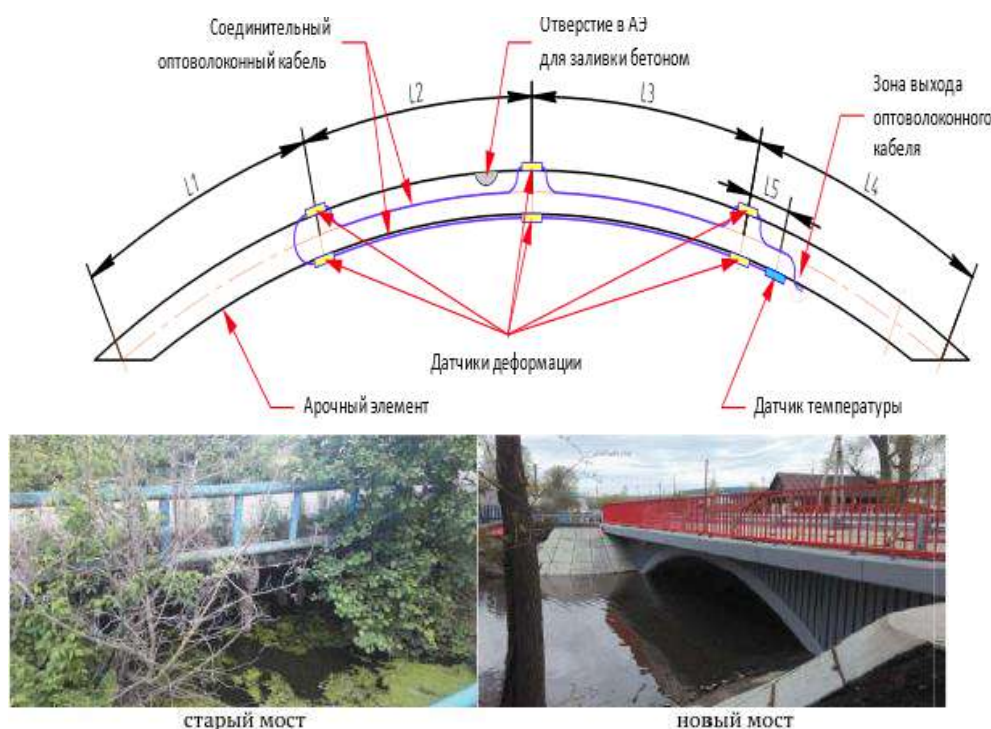


Рисунок 6.4 – Схема расположения датчиков арочного элемента возведенного нового моста

Современные «интеллектуальные» материалы не только способны анализировать уровень воздействия на них окружающей среды, но и адаптироваться к ее изменению. При создании таких материалов в их структуру встраиваются не только датчики, но и актуаторы, которые вносят в структуру материала изменения на основе сигналов, полученных от датчиков. Такое поведение «интеллектуальных» материалов достигается, например, использованием в их составе металлических волокон или лент с памятью формы, способных к обратимому изменению первоначальной формы и размеров за счет термоупругого мартенситного превращения.

Реакцией таких сплавов на изменение температуры является изменение формы при нагревании: криволинейное волокно может выпрямляться, а при охлаждении вновь принимать первоначальную форму. Будучи встроенным в структуру полимерного композита, оно «заставляет» и его принимать соответствующую форму и размеры. Внутри металлов «с памятью» формы при ее изменении возникают огромные напряжения, достигающие более 100 МПа.

Кроме металлов «с памятью» формы, применяются и полимеры, способные «запоминать» свою конфигурацию и изменять объём при изменении напряженного состояния.

Ещё один способ создавать «интеллектуальные» материалы заключается во встраивании в их структуру капсул размером около 1 мкм с магнито - и электрореологической жидкостью, в которой содержатся сегнетоэлектрические и электретные частицы.

Использование в структуре «интеллектуального» материала керамических волокон с пьезоэлектрическими свойствами позволяет создавать материалы с виброгасящими свойствами.

Перспективными направления в области материаловедения является разработка интеллектуальных материалов, способных адаптироваться к изменяющимся условиям внешних воздействий с целью самосохранения, поддержания возможности исполнять свои функциональные свойства и обеспечения работоспособности всей конструкции.

Создание «интеллектуальных материалов» на базе полимеров открывает принципиально новые возможности разработки современной техники. Их использование позволяет эксплуатировать эту технику при критических нагрузках в условиях, когда никакие другие способы контроля состояния материала и корректирующего воздействия на него не могут быть использованы по конструктивным или технологическим причинам.

В настоящее время «интеллектуальные» армированные полимерные композиты используются, главным образом, в конструкциях летательных аппаратов и другой техники, от жизнеспособности которой зависят возможности выполнения стратегических задач. Применение таких материалов позволяет создать самолёты с аэроактивными крыльями, способными изменить свою форму согласно условиям полёта.

По экспертным оценкам, среди важнейших инновационных продуктов и инженерных технологий, которые появятся в ближайшие 15-20 лет, могут быть выделены следующие:

- разработка интеллектуальных полимерных композиционных материалов на основе полимерных матриц и армирующих наполнителей различной природы с функцией беспроводного мониторинга напряженно-деформированного состояния и адаптации к внешним воздействиям с встроенными сенсорами;
- разработка интеллектуальных полимерных композиционных материалов с изменяемой геометрией, адаптирующихся к внешним воздействиям за счет введения актуаторных элементов;
- разработка интеллектуальных материалов и технологий изготовления самовосстанавливающихся, самоадаптирующихся конструкций бионического и нейронного типов на основе нано-биотехнологий.

6.1.1.3 Биоразлагаемые полимеры

В последние годы в связи с нестабильностью цен на нефть и интенсивном загрязнении окружающей среды на смену традиционным синтетическим полимерам на основе пластмасс приходят так называемые компостируемые пластики (биоразлагающиеся пластмассы). Создаётся возможность полимерным материалам разлагаться в природных условиях под действием вне и внутриклеточных ферментов микроорганизмов до практически безвредных соединений без ущерба для окружающей природной среды [6].

По структурно-технологическим признакам биополимерные материалы можно условно разделить на три класса:

- биоразлагаемые пластики на основе природных полимеров;
- химически и микробиологически синтезируемые высокомолекулярные соединения, структура которых подобна биополимерам;
- композиционные материалы.

Существует два основных класса биоразлагаемых полимеров:

- *природные* (высокомолекулярные углеводы, крахмал, целлюлоза, хитин, белки, натуральный каучук, полигидроксиалканоаты);
- *синтетические*, причем данный класс биополимерных материалов может быть двух типов - полимеризационные (полиэтилен, полипропилен, полистирол, поливинилхлорид) и поликонденсационные (полилактиды, полиэферы и полиэфирамиды).

Большинство синтетических полимеров не являются биоразлагаемыми. Так, например, полиэтилен и полипропилен могут существовать в окружающей среде несколько десятилетий.

Попыткам создать что-то менее вредное для окружающей среды, более дружелюбное, чем традиционные пластики, уже более 30 лет. Существующие пластики оценивают по требованиям европейского стандарта EN 13432 (или стандарта России ГОСТ Р 54530-2011) подразумевающие разложение упаковки в компосте не более чем за шесть месяцев [7]. Используется маркировка «100 % *biodegradable*» на множестве видов пластиковой упаковки [8, 9].

Биополимеры классифицируют по направлениям их разработки:

- производство биоразлагаемых полиэфиров на основе гидроксикарбоновых кислот;
- придание биоразлагаемости промышленным полимерам;
- производство пластических масс на основе воспроизводимых природных компонентов.

Технология производства материалов из биополимеров аналогична способам переработки обычных полимеров. Применяются методы экструзии, литья, ламинирования и т.д. с сохранением способности биополимеров к разложению.

В качестве сырьевой основы для производства современных биополимеров могут служить воспроизводимые природные полимеры, компоненты сельскохозяйственных или дикорастущих растений (крахмал, целлюлоза, лигнин), продукты нефтехимии, или комбинированные технологии.

В настоящее время биопластики составляют примерно 1 % от пластиков, производимых ежегодно.

Выпуск биопластиков увеличится до приблизительно 2,62 млн. тонн в 2023 году. Семейство полимеров РНА некоторое время находилось в разработке и сейчас выходит на рынок в коммерческом масштабе.

В число биоразлагаемых полимеров входят: крахмальные смеси, PLA - полимолочная кислота, PBAT - полибутилен адипат/терефталат, PBS – полибутиленсукцинат, РНА - полигидроксиалканоаты. Основное внимание сегодня уделяется первым и последним в списке биополимерам (Рис. 6.5).

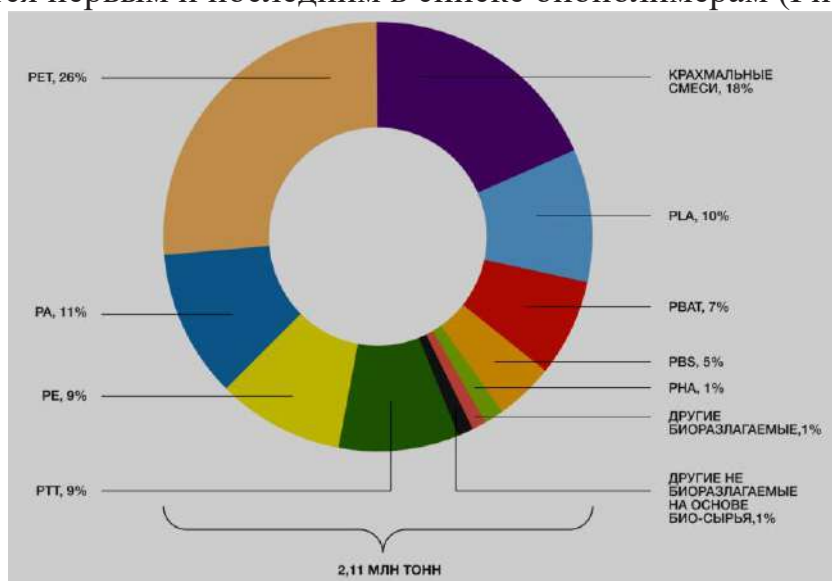


Рисунок 6.5 - Мировой рынок биополимеров 2018-2019гг

По оценкам экспертов, производственные мощности РНА увеличатся в четыре раза в течение следующих пяти. Кроме того, удвоятся производственные мощности PLA к 2023 году. PLA является отличной заменой для PS (полистирола), PP (полипропилена) и ABS (акрилонитрилбутадиенстирола). Эти сложные полиэфиры на 100 % биоосновные и биоразлагаемые.

На основе *полимерных композитов* самым известным является материал Mater – Bi фирмы Nowamont S.p.A (Италия). Синтетический полимерный композит на основе смеси крахмала (60%-90%) с поликапролактамом, глицерином и добавками природного происхождения обладает способностью поглощать и пропускать жидкости, что дает возможность его использования в производстве «дышащих пленок». С использованием Mater – Bi изготавливаются пакеты, упаковка для медикаментов, стаканчики, пробки, крышки, флаконы для парфюмерно-

косметических изделий, пленочные материалы с низкой кислотопроницаемостью [6, 9].

Одним из перспективных биопластиков считается полилактид – биоразлагаемый, биосовместимый, термопластичный, алифатический полиэфир, продукт конденсации молочной кислоты и возобновляемого сырья биологического происхождения. На основе полилактида (PLA) получают пористые материалы, пищевую пленку, одноразовую посуду, пакеты, различную тару, а также медицинские хирургические нити и штифты. Основным производителем полилактидов является компания RURAC (Нидерланды).

Биополимер на основе полилактида (PLA) характеризуется следующими свойствами:

- высокий модуль упругости при растяжении;
- способность сохранять приданную форму;
- высокая прозрачность и глянец;
- устойчивость к воздействию масел;
- устойчивость к воздействию УФ - излучения.

Продукт устойчив к воздействию температуры до 200 °C в течение 30 мин.

Барьерные характеристики PLA по кислороду ниже, чем у полиэтилентерефталата (ПЭТ), полипропилена (ПП), поливинилхлорида (ПВХ) приблизительно в 10 раз. Тара из PLA используется для упаковки сухих и некоторых замороженных продуктов, а также жидкостей с небольшим сроком хранения.

Национальная упаковочная компания «Пагода» (Россия), изготавливающая упаковку на основе полилактида, отмечает, что продукция является полностью биоразлагаемой и не наносит вреда окружающей среде. Срок утилизации упаковки составляет: 47 дней при температуре 60 °C в условиях промышленного компостинга; 120 дней при температуре 40 °C в условиях домашнего компостинга; 15 месяцев при температуре 20 °C на солнце; 24 месяца при температуре 15 °C в почве; 48 месяцев при температуре 4 °C в пресной и соленой воде.

Не менее распространенными полимерами нового поколения считаются полигидроксиалканоаты (PHAs) (сополимер оксипутарита и оксивалерата), по своим физико-химическим свойствам сходные с полиэтиленом и полипропиленом, но способные к биodeградации. Продукты на основе химически синтезированных высокомолекулярных соединений с применением полигидроксиалканоата, поливинилацетата и поли- α -гидроксипропионата, выпускаемые европейскими производителями, применяются в качестве пленочных материалов.

Биополимеры на основе крахмала и полилактида могут частично заменить, а полигидроксиалканоаты – полностью заменить полиэтилен и полипропилен. Это относится главным образом к упаковке. Их применение сдерживается высокой стоимостью.

В производстве упаковочной продукции находит применение материал эколин (EcoLean), производимый из полиэтилена или полипропилена с добавлением природных минеральных наполнителей известняка и доломита. Содержание минералов в пленке придает упаковке защитные свойства от ультрафиолетового излучения, обеспечивает масло и жиростойкость упаковки. Данный материал является экологически безопасным для окружающей среды. Эколин способен разлагаться под воздействием факторов внешней среды (интенсивном солнечном излучении и ветре) в течение 4-5 месяцев.

Составить конкуренцию конструкционным полимерным материалам – полиметилметакрилат, поликарбонат, полибутилентерефталат, акрилонитрилбутадиенстирол-пластику – биополимеры пока не в состоянии.

Преимущества биоразлагаемых полимеров [6, 9]:

- возможность переработки, как и обычных полимеров, на стандартном оборудовании;
- низкий барьер пропускания кислорода, водяного пара (оптимально для использования в области пищевой упаковки);
- стойкость к разложению в обычных условиях;
- быстрая и полная разлагаемость при специально созданных или естественных условиях – отсутствие проблем с утилизацией отходов;
- независимость от нефтехимического сырья.

Недостатки биоразлагаемых полимеров:

- высокая стоимость (пока в среднем 2–5 евро за 1 кг);
- ограниченные возможности для крупнотоннажного производства
- трудность регулирования скорости распада на свалках под воздействием факторов окружающей среды;
- технологические трудности производства.

Биоразлагаемые пакеты нельзя сдавать на вторичную переработку. Они разрушают обычный пластик.

Каждое из найденных решений имеет свои преимущества и недостатки, несет определенные риски для окружающей среды, которые необходимо соизмерять с потребительскими характеристиками, ценой, ресурсами, затраченными на производство. Тем не менее продолжающиеся исследования и перспективные разработки в области производства биоразлагаемых материалов подтверждают актуальность биополимеров.

6.1.2 Связь между структурой и составом мономера и свойствами полимера

К полимерным пластическим материалам относятся вещества, получаемые на основе природных или синтетических высокомолекулярных полимеров. Полимеры – это высокомолекулярные материалы с очень большой молекулярной массой. В инженерной практике такие материалы называют *пластмассами* [10, 11, 12].

К полимерным пластическим материалам относятся вещества, получаемые на основе природных или синтетических высокомолекулярных полимеров. Полимеры состоят из многочисленных элементарных звеньев одинаковой структуры – мономеров. Химический состав полимера выражают этим структурным звеном, а число звеньев n в макромолекулярной цепи называют степенью полимеризации. Например, молекула полипропилена состоит из многократно повторяющегося звена C_3H_6 и может быть представлена в виде схемы (Рис. 6.6).

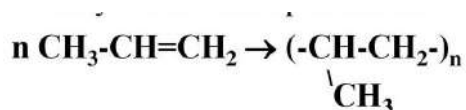


Рисунок 6.6- Схема полимеризации пропилена

В зависимости от числа звеньев в молекуле изменяются агрегатное состояние и свойства вещества. При $n = 5$ это жидкость, при $n = 50...70$ - вязкая жидкость (смазка), при $n = 100...120$ - твердое вещество (парафин), при $n = 1500...2000$ - высокомолекулярное соединение (полиэтилен). Макромолекулы полимера, имея одинаковый химический состав, могут значительно различаться размерами, а, следовательно, и свойствами.

Полимерные макромолекулы представляют собой длинные цепочки, состоящие из большого количества отдельных звеньев.

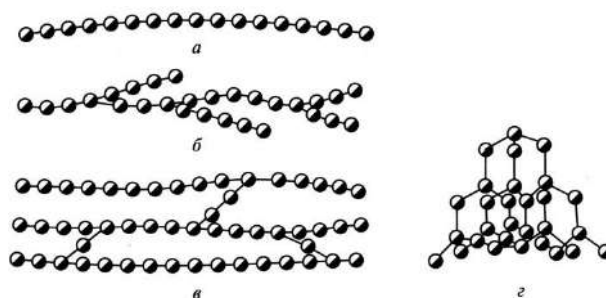
Поперечное сечение цепи составляет несколько нанометров, а длина – до нескольких тысяч нанометров, поэтому макромолекулам полимера свойственна большая гибкость. Это одна из отличительных особенностей полимеров.

Полимеры характеризуются прочными химическими связями вдоль цепи в макромолекулах и относительно слабыми - между ними, за исключением пространственно сшитых полимеров.

По форме макромолекул полимеры делятся на линейные, разветвленные, лестничные и пространственные.

Линейные макромолекулы (Рис. 6.7 а) представляют собой длинные зигзагообразные или закрученные в спираль цепочки с высокой прочностью химических связей вдоль цепи и слабыми межмолекулярными связями.

Разветвленные макромолекулы (Рис. 6.7 б) характеризуются наличием боковых ответвлений от основной молекулярной цепи. Лестничный полимер имеет макромолекулу, состоящую из двух молекулярных цепей, соединенных химическими связями (Рис. 6.7 в). Пространственные (сетчатые) полимеры (Рис. 6.7 г) образуются при соединении молекулярных цепей между собой в поперечном направлении.



а - линейная, *б* - разветвленная, *в* - лестничная, *з* - сетчатая, пространственная

Рисунок 6.7 - Формы макромолекул полимеров

В результате образуется пространственная сетчатая структура с различной частотой сетки. Именно пространственные полимеры лежат в основе конструкционных полимерных материалов.

В зависимости от упаковки молекул полимеры могут одновременно иметь и кристаллическое, и аморфное строение.

Кристалличность полимеров - это упорядоченное (параллельное) расположение звеньев и цепей, которое обычно составляет 50%, но может достигать 90%.

Соотношение кристаллической и аморфной фаз называется степенью кристаллизации. Оно изменяется в зависимости от изменения скорости охлаждения и вытяжки. Аморфные материалы обычно хрупки, а кристалличность придает полимеру повышенную теплостойкость, жесткость и прочность. К кристаллизующимся полимерам относятся полиэтилен, полипропилен, полиамид и др.

Пластмасса - это материал, который представляет собой композицию полимера с различными ингредиентами. Состав композиций, изготовленных на основе полимеров, разнообразен. Простые пластмассы - это полимеры без добавок, тогда как сложные пластмассы - это смеси полимеров с различными добавками (наполнители, пластификаторы, стабилизаторы, специальные добавки и др.). [13, 14, 15].

Наполнители - это органические и неорганические вещества, как правило, инертные по отношению к полимеру.

Их добавляют в количестве 40% – 70 % для повышения механических свойств, снижения стоимости готовой продукции, изменения других параметров.

Стабилизаторы - различные органические вещества, которые вводят в композицию в количестве нескольких процентов для сохранения структуры молекул и стабилизации свойств, чтобы замедлить процесс старения. Стабилизаторы вводятся в состав композиции для повышения долговечности: антиокислители предотвращают термоокислительные реакции, светостабилизаторы предотвращают фотоокисление.

Пластификаторы - вещества (например, сложные эфиры, стеарин), уменьшающие межмолекулярное взаимодействие и хорошо совмещающиеся с полимерами.

Их добавляют в количестве 10 % - 20 % для уменьшения хрупкости, облегчения обработки, улучшения морозостойкости и огнестойкости.

Специальные добавки - красители (минеральные пигменты, спиртовые растворы органических красок), добавки для уменьшения статических зарядов и горючести, для защиты от плесени, ускорители и замедлители отверждения, и другие - служат для изменения или усиления какого-либо свойства.

Отвердители - вещества, которые изменяют структуру полимера и влияют на свойства пластмасс.

Их добавляют в количестве нескольких процентов для создания межмолекулярных связей и встраивания молекул отвердителя в общую молекулярную сетку. Чаще всего используют отвердители, ускоряющие процесс полимеризации (Рис. 6.8).



Рисунок 6.8 – Реакция отверждения эпоксидной смолы

Для пластмасс характерны следующие свойства:

- низкая плотность (обычно $1,0 - 1,8 \text{ г/см}^3$, в некоторых случаях до $0,02 - 0,04 \text{ г/см}^3$);
- высокая коррозионная стойкость;
- высокие диэлектрические свойства;
- хорошая окрашиваемость в любые цвета (некоторые пластмассы могут быть изготовлены прозрачными, не уступающими по своим оптическим свойствам стеклу);
- механические свойства широкого диапазона (в зависимости от природы выбранных полимеров и наполнителей пластмассы могут быть твердыми и прочными или же гибкими и упругими);
- антифрикционные свойства (полиамидные подшипники скольжения длительное время могут работать без смазки);
- высокие теплоизоляционные свойства. Все пластмассы, как правило, плохо проводят теплоту, а теплопроводность таких теплоизоляторов, как пено- и поропласты, почти в десять раз меньше, чем у обычных пластмасс;
- высокие адгезионные свойства;
- хорошие технологические свойства (изделия из пластмасс изготавливают литьем, прессованием, формообразованием с применением невысоких давлений или в вакууме);

- низкое или высокое водопоглощение;
- хорошая декоративность.

Недостатками пластмасс являются следующие их свойства: низкая ударная вязкость, склонность к старению, повышенная ползучесть, высокий коэффициент линейного расширения, низкая теплостойкость до 100 °С – 120 °С, токсичность, пожароопасность, способность воспламеняться или подвергаться деструкции под действием огня и др. Свойства основных полимеров приведены в таблице 6.1.

Таблица 6.1 - Свойства основных полимеров

| Наименование полимера | Плотность ρ , г/см ³ | Модуль упругости E , ГПа | Предел прочности при растяжении σ_b , МПа | Трещиностойкость, МПа·м ^{1/2} | Полное удлинение ε , % | Температура стеклования T_c , °С |
|------------------------------|--------------------------------------|----------------------------|--|--|------------------------------------|------------------------------------|
| Термопластичные полимеры | | | | | | |
| Полиэтилен малой плотности | 0,92 | 0,15-0,24 | 7 -17 | 1-2 | 90-800 | 0 |
| Полиэтилен высокой плотности | 0,96 | 0,55-1,0 | 20-37 | 2-5 | 15-100 | 30 |
| Поливинилхлорид | 1,39 | 2,4-3,0 | 40-60 | 2,4 | 2-30 | 80 |
| Полипропилен | 0,9 | 1,2-1,7 | 50-70 | 3,5 | 10-700 | -20 |
| Полистирол | 1,06 | 3,0-3,3 | 35-68 | 2 | 1-2 | 100 |
| Полиамид | 1,14 | 2,0-3,5 | 60-110 | 3-5 | 60 | 70 |
| Термореактивные полимеры | | | | | | |
| Фенолформальдегидная смола | 1,4 | 8 | 35-55 | - | 0 | - |
| Полиэстер | - | 1,3-4,5 | 45-85 | 0,5 | 0 | 70 |
| Эпоксидная смола | 1,6 | 2,1-5,5 | 40-85 | 0,6-1,0 | 0 | 80 |

Классифицируют полимерные материалы по нескольким признакам: по способу синтеза, виду наполнителя, отношению к нагреву, структуре, применению.

По способу синтеза полимеры подразделяют на получаемые полимеризацией, поликонденсацией и химическим модифицированием.

По виду наполнителя различают пластмассы с твердым наполнителем в виде порошков, волокон, слоистых материалов и с газовым.

По отношению к нагреванию полимеры делят на термопластичные и термореактивные.

Термопластичные полимеры (*термопласты*) при нагревании размягчаются, а при охлаждении затвердевают. Как правило, их не сочетают с наполнителями. К основным термопластичным полимерам относятся полиэтилен, полиметилакрилат, поливинилхлорид (винипласт) и др. Они характеризуются малой хрупкостью, большой упругостью и способностью к ориентации.

Термореактивные пластмассы (*реактопласты*) на основе термореактивных полимеров (смол) после тепловой обработки (отверждения) переходят в термостабильное состояние. Среди термореактивных полимеров наибольшее распространение получили фенолоформальдегид, а также полиэфирные и полисиликоновые (кремнеорганические) полимеры. Они обладают повышенной теплостойкостью, однако для них характерна хрупкость.

По структуре полимеры могут быть аморфными и кристаллическими.

По применению пластмассы можно подразделить на конструкционные общего и специального назначения и с особыми физико-химическими свойствами. Однако это деление условно, так как одна и та же пластмасса может обладать разными свойствами.

Свойства полимеров, определяющие качество в процессе переработки:

- реологические;
- вязкостные, определяющие процесс вязкого течения с развитием пластической деформации;
- высокоэластичные, определяющие процесс развития и накопления обратимой высокоэластичной деформации при формовании;
- релаксационные, определяющие релаксацию (уменьшение) касательных и нормальных напряжений, высокоэластичной деформации и ориентированных макромолекулярных цепей;
- стойкость полимеров к термоокислительной, гидролитической и механической деструкции в процессе формования под действием температуры, кислорода, влаги, механических напряжений;
- теплофизические, определяющие изменение объёма, нагрев и охлаждение изделия в процессе формования и фиксирования формы и размеров;
- влажность, определяющая текучесть материала при формовании и качество изделия (вызывает гидролитическую деструкцию при формовании);
- объёмные характеристики сыпучих материалов в твёрдом состоянии (насыпная масса, сыпучесть, гранулометрический состав).

Вязкостные свойства расплава полимеров. Формование изделий из полимеров осуществляют в процессе их вязкого течения, сопровождающегося пластической деформацией. Улучшению течения материала способствуют: увеличение температуры, увеличение напряжения сдвига, повышение количества влаги, снижение давления и уменьшение молекулярной массы расплава.

Многие свойства полимерных материалов в изделиях зависят от структуры, которую формирует процесс переработки. Структуру изделия с кристаллическим полимером характеризуют определённая степень кристалличности (от 60 % до 95%) и неравномерность кристаллических областей по сечению.

Показатели качества изделий из полимерных материалов зависят от свойств, условий подготовки, переработки и физической модификации

материала. Внешний вид изделий зависит от условий переработки, чистоты материала, влажности.

Диэлектрические показатели и химическая стойкость зависят от химической структуры и модификации полимера.

Механические свойства – прочность, ударная стойкость, деформация, жёсткость, теплостойкость – зависят от надмолекулярной структуры, а коэффициент трения и износостойкость, стойкость к горению зависят от химической структуры и модификации.

Эксплуатационные свойства – размерная точность и размерная стабильность – зависят как от химической структуры, молекулярных характеристик, технологических свойств, так и от технологии переработки и технологичности конструкции.

Термостабильность полимеров. Основным показателем в этом случае является деструкция. Деструкция полимеров - это изменение строения макромолекул. Она сопровождается уменьшением молекулярной массы, выделением газообразных и низкомолекулярных продуктов, изменением окраски и появлением запаха.

Термопластичные полимерные материалы.

Основу термопластичных полимеров (термопластов) составляют полимеры с линейной или разветвленной структурой, иногда в состав полимера вводят пластификаторы.

Широкое применение находят термопластические полимеры на основе полиэтилена, полипропилена, полистирола, поливинилхлорида, фторопластов, полиамидов, органического стекла и других полимеров.

Механические свойства и максимальная температура эксплуатации без нагрузки наиболее распространенных термопластов показаны в таблице 6.2.

Таблица 6.2 - Свойства термопластичных полимеров

| Наименование полимерного материала | $\sigma_{\text{с}}$, МПа | σ , % | $KС$, $\kappaДж/м^2$ | Максимальная температура эксплуатации (без нагрузки), °С |
|---|---------------------------|--------------|-----------------------|--|
| Полиэтилен низкой плотности ($< 0,94 \text{ т/м}^3$) | 10 - 18 | 300 - 1000 | Не ломается | 60 - 75 |
| Полиэтилен высокой плотности ($> 0,94 \text{ т/м}^3$) | 18 - 32 | 100 - 600 | 5 - 12 | 70 - 80 |
| Полипропилен | 26 - 38 | 700 - 800 | 3 - 15 | 100 |
| Полистирол | 40 - 60 | 3 - 4 | 2 | 50 - 70 |
| Поливинилхлорид жесткий | 50 - 65 | 20 - 50 | 2 - 4 | 65 - 85 |
| Поливинилхлорид пластикат | 10 - 40 | 50 - 350 | Не ломается | 50 - 55 |
| Органическое стекло | 80 | 5 - 6 | 2 | 65 - 90 |
| Поликарбонат с 30 % волокна | 90 | 3,5 | 8 | 80 - 100 |

Термореактивные полимерные материалы. Основу термореактивных полимеров (реактопластов) составляет химически затвердевающая термореактивная смола, которая является связующим веществом.

Реактопласты имеют сетчатую структуру, поэтому при нагреве не плавятся, не взаимодействуют с топливом и со смазочными материалами, устойчивы против старения.

В состав термореактивных пластмасс входят наполнители, ускорители или замедлители, пластификаторы, отвердители и растворители. В качестве наполнителей используют порошковые, волокнистые и гибкие листовые материалы. Преимуществами наполненных реактопластов являются большая стабильность механических свойств, высокая удельная жесткость и удельная прочность, они более надежны.

К реактопластам с порошковым наполнителем относятся фенопласты и аминопласты. В качестве наполнителя используют графит, кварц, тальк и др. Пластмассы с порошковыми наполнителями отличаются изотропией свойств, удовлетворительными электроизоляционными показателями, но невысокой прочностью. Недостаток порошковых пластмасс заключается в пониженной ударной вязкости.

Пластмассы с волокнистыми наполнителями. К данной группе относятся волокниты, асболокниты, стекловолокниты.

Волокниты применяют для изготовления деталей с повышенной устойчивостью к ударным нагрузкам, для деталей, работающих на изгиб и кручение (втулки, стойки, шкивы, маховики, фланцы и др.).

Асболокниты – пластмассы, в которых в качестве наполнителя используют асбест, а связующим является фенолформальдегидная смола. Они обладают хорошими антифрикционными свойствами, повышенной теплостойкостью (свыше 200 °С), устойчивостью к кислым средам. Асболокниты уступают по водостойкости и диэлектрической проницаемости реактопластам с порошковым наполнителем.

Стекловолокниты (ориентированные и неориентированные) – композиции, которые содержат стекловолокнистый наполнитель (непрерывное или короткое стекловолокно), связующим является синтетическая смола. Стекловолокниты стойки к воздействию ультрафиолетовых лучей и ионизирующему излучению, негорючи, химически стойки, отличаются стабильными размерами.

Механические свойства и максимальная температура эксплуатации без нагрузки наиболее распространенных реактопластов приведены в таблице 6.3.

Таблица 6.3 – Свойства реактопластов

| Наименование материала | $\sigma_{\text{с}}, \text{МПа}$ | $\sigma, \%$ | $KC, \text{кДж/м}^2$ | Максимальная температура эксплуатации (без нагрузки), °C |
|--|---------------------------------|--------------|----------------------|--|
| Термореактивные полимеры без наполнителей: - фенолформальдегидные | 15 - 35 | 300 - 1000 | < 1 | 200 |
| - полиэфирные | 42 - 70 | 2 | < 1 | 95 - 120 |
| - эпоксидные | 28 - 70 | 3 - 6 | < 1 | 150 - 175 |
| - кремнийорганические | 22 - 42 | 5 - 10 | < 1 | 350 |
| Порошковые пластмассы | 30 - 60 | 1 - 3 | 0,5 - 5 | 100 - 200 |
| Волокниты | 30 - 90 | 1 - 3 | 10 - 20 | 120 - 140 |
| Текстолиды | 65 - 100 | 1 - 3 | 20 - 35 | 90 - 105 |
| Стеклотекстолиды | 200 - 600 | 1 - 3 | 50 - 200 | 200 - 400 |

Слоистые пластики. Свойства слоистых пластиков зависят от соотношения компонентов, характера подготовки наполнителя, режимов прессования и других факторов.

Физические и диэлектрические свойства слоистых пластиков зависят от типа полимерного связующего.

Гетинакс - пластик на основе бумаги и модифицированных фенольных, анилиноформальдегидных и карбамидных смол, устойчив к действию химикатов и растворителей.

Гетинакс применяется для электротехнических и декоративных целей.

Текстолит – пластик, в котором в качестве наполнителя используются хлопчатобумажные ткани, связующее - термореактивные смолы.

Текстолит отличается наибольшей способностью поглощать вибрацию, поглощать шумы, хорошо сопротивляться раскалыванию. Недостатком являются невысокие рабочие температуры (до 90 °C).

Лабораторная работа 6.1

Тема. Определение молекулярной массы полимеров вискозиметрическим методом

Цель работы. Формирование практических навыков проведения экспериментальных исследований в области химии и технологии полимеров и композитных материалов на полимерной основе с использованием современных приборов и методов.

Задачи. Определить относительную вязкость разбавленных растворов полимера при различных концентрациях с помощью капиллярного вискозиметра. Рассчитать характеристическую вязкость графическим методом. На основании уравнения Марка-Куна Хаувинка вычислить средневязкостную молекулярную массу полимера [16, 17].

Теоретическая часть

Удельная вязкость – это отношение разности вязкостей раствора и растворителя к вязкости растворителя:

$$\eta_{уд} = \frac{t - t_0}{t_0}, \quad (6.1)$$

где t_0 - время истечения растворителя;

t - время истечения раствора.

Относительная вязкость ($\eta_{отн}$) представляет собой отношение времени истечения раствора к времени истечения растворителя:

$$\eta_{отн} = \frac{t}{t_0} \quad (6.2)$$

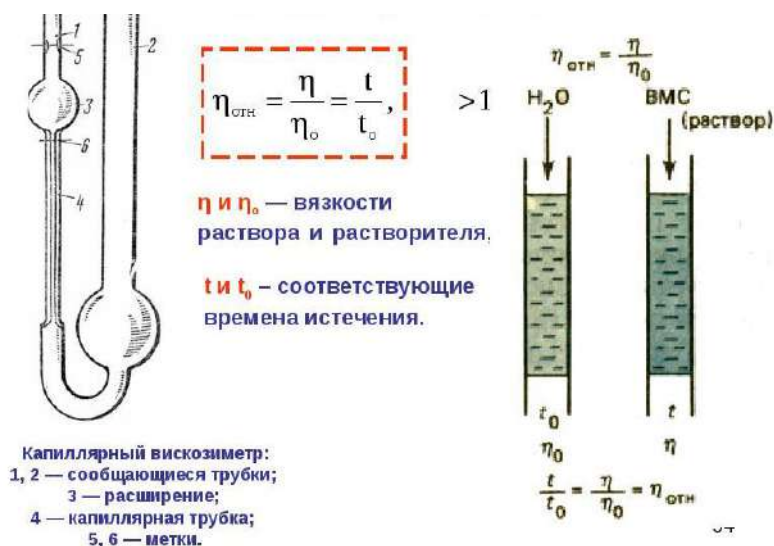
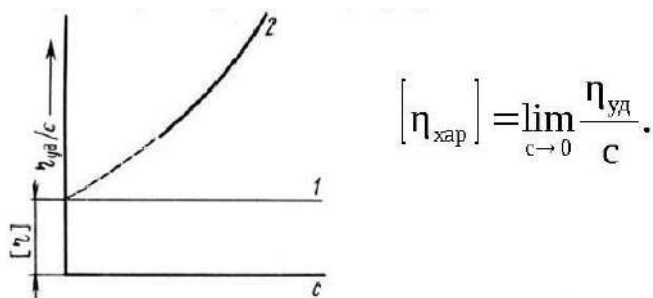


Рисунок 6.9 – Капиллярный вискозиметр, вязкости раствора и растворителя

Относительная и удельная вязкости - безразмерные величины (Рис 6.9).

Характеристическая вязкость $[\eta]$ определяется объемом, который занимает молекула в растворе. В свою очередь этот объем зависит от молекулярной массы, характера взаимодействия полимера с растворителем и строения полимера. Значение характеристической вязкости находят как предельное значение отношения приведенной вязкости $\frac{\eta_{уд}}{c}$ путем графической экстраполяции к нулевой концентрации.

Характеристическая вязкость равна величине отрезка, отсекаемого на оси ординат графика (Рис. 6.10).



1- раствор с приведенной вязкостью, не зависящий от C ;

2 – раствор, приведенная вязкость которого увеличивается с ростом C .

Рисунок 6.10 – Зависимость приведенной вязкости от концентрации C полимера

Средневязкостная M_η может быть рассчитана по уравнению Марка Куна-Хаувинка:

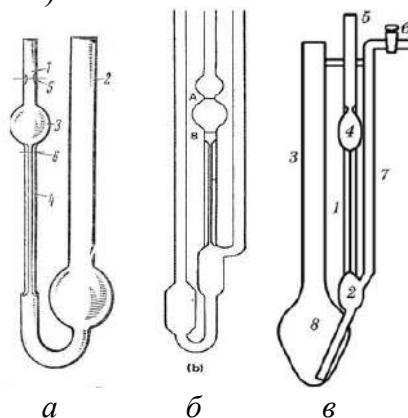
$$\eta = K \times M_\eta^\alpha \text{ или } lq[\eta] = lqK + \alpha lqM \quad (6.3)$$

где $[\eta]$ – характеристическая вязкость, равная $\lim (\eta_{\text{уд}}/C)_{C \rightarrow 0}$, кгс/г, C – концентрация растворов полимеров г/см³;

K – константа, зависящая от природы растворителя и полимера;

α – константа, характеризующая форму макромолекул (для большинства полимеров 0,6-0,8).

Вискозиметры. Наибольшее распространение для определения вязкости растворов полимеров получили капиллярные вискозиметры Оствальда и Уббелюде (Рис. 6.11).



1,3,5,7 – трубки; 2 - стенки расширения; 4 - шарик; 6 - кран; 8 - резервуар.

Рисунок 6.11 - Вискозиметры Оствальда (а) и Уббелюде (б,в).

Вискозиметры Оствальда (Рис.6.11, а) применяют для определения вязкости при одной концентрации. Если необходимо установить значение вязкости при различных концентрациях (с разбавлением исходного раствора), измерения удобнее проводить в вискозиметре Уббелюде (Рис. 6.11, б и в) с подвесным уровнем. Введение третьей трубки прерывает поток раствора в конце капилляра (создается так называемый «подвесной»

уровень), поэтому время истечения жидкости не зависит от уровня раствора в резервуаре 6.

Экспериментальная часть

Приборы: вискозиметр, воронка Шота, термостат, пипетка на 5 мл, колбы емкостью 25 мл с притертыми пробками (4 шт.), секундомер, резиновая груша.

Реактивы: полимер и растворитель концентрацией не более 0,01 г/см³ (~1%).

Ход работы. Для измерения вязкости разбавленных растворов применяют капиллярные вискозиметры Оствальда и Уббелоде.

В вискозиметр через стеклянный фильтр наливают 10 мл растворителя, устанавливают вискозиметр в термостат и выдерживают при заданной температуре измерения 10-15 минут.

К капиллярной трубке вискозиметра присоединяют резиновую грушу и трижды промывают капилляр и измерительный шарик, всасывая жидкость на 1 см выше верхней метки. Затем вновь заполняют капилляр и измерительный шарик, и фиксируют по секундомеру время истечения растворителя от верхней до нижней метки измерительного шарика. Время истечения определяют не менее пяти раз и берут среднее значение. Если результаты измерений отличаются более чем на 0,2 с, их отбрасывают и соответственно увеличивают число измерений. Время истечения растворителя должно составлять примерно 100с.

Определив время истечения чистого растворителя $t_{0\text{нач}}$, сливают растворитель через широкую трубку вискозиметра, выдавливая его из капилляра при помощи груши, а затем удаляют остатки растворителя водоструйным насосом, присоединенным к указанной трубке.

Затем в сухой вискозиметр вносят градуированной пипеткой 10 мл раствора полимера определенной концентрации и снова устанавливают вискозиметр в термостат. После термостатирования в течение 15 минут промывают капилляр и измерительный шарик указанным выше способом и измеряют не менее 5 раз время истечения раствора t_1 .

Аналогичным образом измеряют время истечения остальных растворов. По окончании измерения раствор выливают из вискозиметра. Затем 2–3 раза тщательно промывают растворителем капилляр и измерительный шарик вискозиметра, после чего проверяют время истечения растворителя $t_{0\text{кон}}$.

Среднее значение t_0 должно воспроизводиться с точностью до 0,2-0,3 с. В противном случае время истечения растворов следует определить повторно после тщательной очистки вискозиметра.

Результаты измерений сводят в таблицу 1.

Таблица 1 - Время истечения растворов полимера

| Время истечения растворов полимеров различных концентраций, с | | | | | | |
|---|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|-----------------------------|
| C_0 (чистый растворитель) | C_1 , г/см ³ | C_2 , г/см ³ | C_3 , г/см ³ | C_4 , г/см ³ | C_5 , г/см ³ | C_0 (чистый растворитель) |
| $t_{нач}$ | t_1 | t_2 | t_3 | t_4 | t_5 | $t_{кон}$ |

На основании полученных данных находят относительную, удельную приведенную вязкость, логарифмическую приведенную вязкость и заносят данные в таблицу 2.

Таблица 2 - Значения вязкости растворов полимеров

| C , г/см ³ | t , с | $\eta_{отн}$ | $\eta_{уд}$ | $\frac{\eta_{уд}}{C}$ | $\ln \left\{ \frac{t/t_0}{c} \right\}$ |
|-------------------------|---------|--------------|-------------|-----------------------|--|
| | | | | | |

На основании данных таблицы 6.5 строят зависимости $\frac{\eta_{уд}}{C}$ и $\ln \left\{ \frac{t/t_0}{c} \right\}$ от концентрации раствора полимера (рис. 6.10). Значение $[\eta]$ получают экстраполяцией к нулевой концентрации. После определения рассчитывают молекулярную массу полимера по уравнению Марка-Куна-Хаувинка (значения констант находят в справочной литературе или в таблице 3).

Таблица 3 - Важнейшие типы эпоксидных смол

| Марка смолы | Содержание эпоксигрупп, % | $t_{пл}$, °C | Молекулярная масса | Степень поликонденсации |
|-------------|---------------------------|------------------------------|--------------------|-------------------------|
| ЭД-22 | 21,5-23,5 | - | 360-390 | 0,09-0,18 |
| ЭД-20 | 19-22 | 10 (жидкая) | 360-430 | 0,18-0,31 |
| ЭД-16 | 16-18 | 0 (вязкая) | 480-540 | 0,49-0,68 |
| ЭД-10 | 10-13 | 10 (высоковязкая) | 660-860 | 0,68-0,96 |
| ЭД-8 | 8-10 | 50 (твердая) 70 (хрупкая) | 860-1080 | 1,13-1,80 1,80-2,51 |

? Контрольные вопросы к лабораторной работе

1. Дайте определения понятиям среднечисловая и среднемассовая молекулярная массы.
2. Раскройте сущность вискозиметрического метода определения молекулярной массы полимеров.
3. Раскройте сущность понятий относительная вязкость, удельная вязкость, приведенная вязкость.
4. Запишите уравнение Марка-Куна-Хаувинка.

6.1.3 Основные методы синтеза органических полимеров

Характеристики аспектов синтеза полимеров:

1. Химический. Создание макромолекул определенного химического состава.
2. Конфигурационный. Создание полимера с определенной конфигурацией.
3. Контроль молекулярной массы и молекулярно-массового распределения.
4. Контроль степени разветвленности макромолекулы.

Синтетические полимеры получают в результате реакций полимеризации и поликонденсации. Получение полимеров реакцией полимеризации и поликонденсации - основные пути синтеза высокомолекулярных соединений на сегодняшний день [17 - 20].

Полимеризация - это процесс, позволяющий соединить простые, низкомолекулярные соединения в более сложные высокомолекулярные (Рис. 6.12). Для этого каждая молекула исходного соединения должна обладать способностью реагировать как минимум с двумя молекулами того же или другого типа или, иными словами, исходные молекулы, как минимум, должны быть бифункциональными.

| П О Л И М Е Р | | | П О Л И М Е Р | | |
|--------------------------------------|---|--|--|--|---|
| Название | Формула | Формула мономера | Название | Формула | Формула мономера |
| Полиэтилен | $(-\text{CH}_2-\text{CH}_2-)_n$ | $\text{CH}_2=\text{CH}_2$ | Полибутадиен | $(-\text{CH}_2-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_2-)_n$ | $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}=\text{CH}_2$ |
| Полипропилен | $(-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{CH}_2-)_n$ CH_3 | $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}_3$ | Полиизопрен | $(-\text{CH}_2-\text{C}(\text{CH}_3)=\text{CH}-\text{CH}_2-)_n$ | $\text{CH}_2=\text{C}(\text{CH}_3)-\text{CH}=\text{CH}_2$ |
| Полистирол (поли- винилбензол) | $(-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{C}_6\text{H}_5-)_n$ | $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{C}_6\text{H}_5$ | Полихлоропрен | $(-\text{CH}_2-\text{C}(\text{Cl})=\text{CH}-\text{CH}_2-)_n$ | $\text{CH}_2=\text{C}(\text{Cl})-\text{CH}=\text{CH}_2$ |
| Полivinил- хлорид | $(-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{Cl})_n$ | $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{Cl}$ | Бутадиен- стирольный каучук (СКС) | $(-\text{CH}_2-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{C}_6\text{H}_5-)_n$ | сополимер бутадиена и стирола |
| Тефлон | $(-\text{CF}_2-\text{CF}_2-)_n$ | $\text{CF}_2=\text{CF}_2$ | | | |
| Полиметил- метакрилат | $(-\text{CH}_2-\text{C}(\text{CH}_3)(\text{COOCH}_3)-)_n$ | $\text{CH}_2=\text{C}(\text{CH}_3)-\text{COOCH}_3$ | | | |

Рисунок 6.12 – Полимеры, получаемые реакцией полимеризации

Функциональность соединений зависит от числа реакционных групп (-ОН, -СООН, -NH₂ и других), содержащихся в нем, или наличием в них кратных – двойных или тройных связей. В зависимости от функциональности исходного мономера образуется линейный, разветвленный или трехмерный, сшитый полимер.

Исходным веществом для любой синтетической реакции является мономер. Для мономера обязательны требования: мономер должен быть либо би - либо более функциональным, так как он должен присоединиться сам и

должен обеспечивать присоединение мономера к цепочке. Бифункциональность достигается наличием кратной связи, циклической структурой (полимеризация с раскрытием цикла), наличием в молекуле мономера двух активных реакционноспособных групп.

Реакции синтеза полимеров делятся на две большие группы: *цепную полимеризацию и ступенчатый синтез*. Для цепной полимеризации характерно очень быстрое присоединение молекул мономера друг к другу по механизму цепных реакций. При этом не происходит выделения побочных продуктов, элементарный состав конечного полимера соответствует составу моно -, ди -, тримеров и других продуктов ступенчатого присоединения не образуется.

Цепная полимеризация включает в себя три основных стадии: инициирование, рост и обрыв цепей, причем реакция может протекать по свободно-радикальному, ионному или ионно-координационному механизмам. В зависимости от механизма реакции различают свободно-радикальную, ионную (катионную или анионную) и ионно-координационную полимеризацию.

Схема процесса: $---M_n^* + M \rightarrow ---M_{n+1}^*$

При ступенчатой полимеризации построение полимерной цепи происходит за счет взаимодействия функциональных групп мономеров.

Схема процесса: $a-M_n-b + a-M_m-b \rightarrow a-M_{n+m}-b + ab$ (ab-низкомолекулярный продукт).

Реакция протекает по ступенчатому механизму (т.е. последовательными, независимыми актами), и рост цепи происходит медленно (в отличие от цепной полимеризации, где рост цепи происходит очень быстро). Ступенчатая полимеризация протекает через образование ди -, три -, тетрамеров и т.п. Каждый из этих промежуточных продуктов обладает функциональностью, как у исходных мономеров, может быть выведен из зоны реакции и вновь введен в зону реакции. Довольно часто ступенчатая полимеризация сопровождается выделением низкомолекулярных простых веществ.

Сополимеризация. При полимеризации смеси двух мономеров в структуре каждой макромолекулы содержатся звенья одного и другого мономера. Такой полимер называют сополимером, а процесс его синтеза – сополимеризацией. Закономерности сополимеризации значительно сложнее, чем гомополимеризация, так как практически нельзя найти два мономера, которые обладали бы одинаковой реакционной способностью по отношению к инициаторам или катализаторам полимеризации. Химический состав макромолекулы (т.е. чередование звеньев мономеров) сополимера определяется уравнением сополимеризации.

Основным фактором, влияющим на химический состав макромолекулы, являются константы сополимеризации. Имеется еще один тип сополимеров, так называемые блок-сополимеры, когда макромолекула

состоит из химически связанных между собой больших по протяженности участков, состоящих из одного и другого мономера.

Блок-сополимеры получают различными методами, но все они основаны на образовании реакционноспособных центров или функциональных групп на концах макромолекул одного мономера в присутствии полимеризующегося второго мономера.

Принципиальное отличие ценной полимеризации от ступенчатой и от поликонденсации состоит в том, что на разных стадиях процесса реакционная смесь всегда состоит из мономера и полимера и не содержит ди-, три-, тетрамеров. С увеличением продолжительности реакции растет лишь число макромолекул полимера, а мономер расходуется постепенно. Молекулярная масса полимера не зависит от степени завершенности реакции или, что то же, от конверсии мономера, которая определяет только выход полимера.

Полимеризация мономеров циклического строения происходит за счет раскрытия цикла и в ряде случаев протекает не по цепному, а по ступенчатому механизму.

На способ проведения процесса полимеризации оказывают влияние: природа мономера, тип выбранного механизма полимеризации, физическое состояние образующегося полимера, возможность проведения процесса в промышленных условиях. В зависимости от этого существуют следующие способы проведения цепной полимеризации: в массе (блочная), в растворе, в эмульсии, в суспензии. Для синтеза полимеров ступенчатой полимеризацией используют следующие способы: в расплаве, в растворе, в твердой фазе, на границе раздела фаз.

Поликонденсация — это процесс соединения друг с другом молекул одного или нескольких мономеров, содержащих две и более функциональные группы (-ОН, -СО, -СОС, -NHS и др.) способные к химическому взаимодействию, при котором происходит отщепление низкомолекулярных продуктов (Рис. 6.13).

| ПОЛИМЕР | | Формулы мономеров |
|-----------------------------|---|--|
| Название | Формула | |
| Лавсан | $[-O-CH_2CH_2-O-C(=O)-C_6H_4-C(=O)-]_n$ | $HO-CH_2CH_2-OH + HO-C(=O)-C_6H_4-C(=O)-OH$ |
| Капрон (полиамид-6) | $[-NH-(CH_2)_5-C(=O)-]_n$ | $\begin{matrix} CH_2-CH_2-CH_2-C=O \\ \\ CH_2-CH_2-NH \end{matrix} \quad (полимеризация) \quad \begin{matrix} NH_2-(CH_2)_5-C(=O)-OH \\ \\ O \end{matrix} \quad (поликонденсация)$ |
| Найлон (полиамид-6,6) | $[-NH-(CH_2)_6-NH-C(=O)-(CH_2)_4-C(=O)-]_n$ | $NH_2-(CH_2)_6-NH_2 + HO-C(=O)-(CH_2)_4-C(=O)-OH$ |
| Фенол-формальдегидные смолы | $\left[\begin{array}{c} OH \\ \\ C_6H_4-CH_2 \end{array} \right]_n$ новолак, резол | $\begin{array}{c} OH \\ \\ C_6H_5 \end{array} + \begin{array}{c} H \\ \\ H-C=O \end{array}$ |
| | $\left[\begin{array}{c} OH \quad CH_2 \quad OH \quad CH_2 \\ \quad \quad \quad \\ C_6H_3 \quad C_6H_3 \\ \\ CH_2 \end{array} \right]_n$ резит | |

Рисунок 6.13 – Полимеры, получаемые реакцией поликонденсации

Полимеры, получаемые поликонденсационным способом, по элементному составу не соответствуют исходным мономерам.

Реакции в цепях полимеров. Многие полимеры нельзя получить ни полимеризацией, ни поликонденсацией, поскольку или неизвестны исходные мономеры, или мономеры не образуют высокомолекулярных соединений при реакциях полимеризации или поликонденсации. Синтез таких полимеров осуществляют, исходя из высокомолекулярных соединений, макромолекулы которых содержат реакционноспособные функциональные группы. По этим группам полимеры вступают в те же реакции, что и содержащие такие группы низкомолекулярные соединения.

Поликонденсационные полимеры отличаются такие свойства, как прочность, жесткость, ударная вязкость, гибкость, эластичность, упругость, оптическая прозрачность, химическая стойкость и др. Эти свойства, изначально присущие многим полимерам, могут быть модифицированы путем добавления пластификаторов, наполнителей, красителей, стабилизаторов. В зависимости от этих свойств полимерные материалы могут быть отнесены к трем группам: эластомеры, пластики, волокна.

К пластикам относят следующие полимеры: полиэтилен низкой плотности и полиэтилен высокой плотности, и некоторые сополимеры этилена, изотактический полипропилен, полистирол, поливинилхлорид, полиформальдегид, поликарбонаты, эпоксидные смолы, полиамиды, полимочевины, фенолформальдегидные смолы и мочевиноформальдегидные смолы.

К синтетическим полимерным волокнам относят полипропилен, полиакрилонитрил, полиамиды, полиэтилентерефталат.

Лабораторная работа 6.2

Тема. Моделирование процесса получения полистирола полимеризацией стирола в эмульсии

Задание. Смоделировать промышленный процесс получения полистирола полимеризацией стирола в эмульсии.

Цель работы. Освоить метод ведения полимеризации стирола в эмульсии.

Теоретическая часть

Из способов проведения полимеризации на практике наибольшее распространение получили: полимеризация в массе (блочная полимеризация), полимеризация в растворе, эмульсионная полимеризация и полимеризация в твердой фазе.

Экспериментальная часть

Реагенты.

Стирол (свежеприготовленный) - 30 г; вода (дистиллированная) - 100 мл; олеиновая кислота - 1 г; щелочь - 0,5 г; персульфат калия или аммония - 0,3 г.

Оборудование.

Трёхгорлая колба емкостью 0,5 л, снабженная обратным холодильником, мешалкой, герметическим затвором и термометром; капельная воронка; стакан емкостью 100 мл; водяная баня; фарфоровый стакан емкостью 1 л; воронка Бюхнера.

Ход работы.

В трехгорлую колбу прибора заливают дистиллированную воду, нагретую до 50 °С, и при работающей мешалке прибавляют олеиновую кислоту и щелочь. После 5-10 мин. перемешивания, не выключая мешалки, через капельную воронку вносят стирол, персульфат калия (или аммония), предварительно растворенный в 5мл дистиллированной воды. Смесь нагревают на водяной бане 6-8 ч. при 80 °С – 85 °С.

Определяют содержание мономера в латексе методом компенсационного потенциометрического титрования.

По окончании полимеризации в колбу с латексом прибавляют 25-30 мл концентрированной соляной кислоты для разрушения эмульсии и коагуляции полимера. Эмульсию разрушают в течение 30-40 мин при перемешивании, после чего смесь оставляют на 3-4 ч.

В случае плохой коагуляции содержимое колбы переносят в литровый стакан, разбавляют 200-300 мл воды, добавляют 20 мл кислоты и кипятят 30-40 мин., после чего оставляют на 2-3 ч. для осаждения полимера. Порошок полимера отделяют от жидкой фазы, промывают на воронке Бюхнера несколько раз 10-15%-ным раствором щелочи, а затем 4-5 раз водой, нагретой до 50 °С - 60 °С, и сушат до постоянного веса в сушильном шкафу при 60 °С - 65 °С.

Лабораторная работа 6.3

Тема. Получение полимеров методом блочной полимеризации

Задание. Моделирование процесса получения органического стекла.

Цель работы. Ознакомление с моделированием технологии получения листового полимерного материала блочным методом полимеризации.

Экспериментальная часть

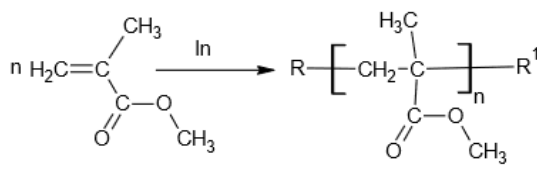
Реактивы.

Метилметакрилат (полиэфир № 1, фосфорсодержащий мономер, стирол, и другие мономеры), пероксид бензоила.

Оборудование.

Силиконовая форма, приборы для определения твёрдости, ударной вязкости, термомеханических свойств.

Важнейшее свойство эфиров непредельных кислот — способность к полимеризации. На этой реакции основано получение полиметилметакрилата (оргстекло, плексиглас):



Ход работы

Навеску мономера (по заданию преподавателя), заправленную 1% масс. пероксидом бензоила, заливают в силиконовую форму и помещают в термостат, предварительно нагретый до (60-80) °С. Выдерживают в термостате до затвердения массы (1,5-2,0) часа. После завершения опыта полученное органическое стекло извлекается из формы, определяются физико-механические свойства — твёрдость, ударная вязкость, прочность, снимается термомеханическая кривая.

Оформление отчета по результатам получения стеклянного волокна и результатам испытаний.

? Контрольные вопросы к лабораторной работе

1. Охарактеризуйте процесс получения органического стекла.
2. Назначение волокнистого наполнителя из стекла?
4. Какие виды волокон применяются для создания полимерных композиционных материалов?
5. Напишите структурную формулу органического стекла.
6. Назначение реагента персульфат калия?

6.1.4 Создание полимерных дисперсно-наполненных и армированных композиционных материалов

Основой композиционных материалов является сравнительно пластичный материал, называемый матрицей. В матрице равномерно распределены более твердые и прочные вещества, называемые упрочнителями или наполнителями [1, 21].

Можно выделить следующие типы матриц:

- металлические (алюминий и сплавы, магниевые сплавы, титан и его сплавы, медь, сплавы никеля и кобальта);

- полимерные (*термопласты*: полиэтилен, полипропилен, полистирол, политетрафторэтилен, поливинилхлорид, полифениленоксид, полифениленсульфид, полиэтилентерефталат, поликарбонат, полиамиды; *реактопласты*: фенолоальдегидные смолы, аминосмолы карбамидоформальдегидные смолы, меламиноформальдегидные, анилиноформальдегидные смолы, ненасыщенные полиэфирные смолы, эпоксидные, алкидные смолы; *эластомеры*: изопреновые каучуки, бутадиеновые, бутадиен-стирольные каучуки);

- керамические (обычная керамика: силикаты; техническая керамика: оксиды Al_2O_3 , карбиды SiC, нитриды Si_3N_4 , бориды TiB_2 , сульфиды BeS; керметы: соединения, содержащие керамическую (Al_2O_3) и металлическую составляющие (Cr, Ni, Co, Fe).

Наполнители вводят в полимеры с целью создания новых полимерных материалов с комплексом ценных эксплуатационных свойств; улучшения технологических свойств и перерабатываемости наполненных полимеров; удешевления материалов; утилизации отходов и решения экологических задач; получения декоративных эффектов.

В качестве наполнителей могут использоваться практически любые материалы, в том числе и сами полимеры, если придать им определенную форму и размеры.

Наполнители полимеров – твердые, жидкие и газообразные органические и неорганические вещества, которые распределяются в непрерывной фазе полимера (матрице) с образованием гетерофазной системы с выраженной границей раздела фаз. [2, 22].

Наполнители можно разделить на:

- дисперсные (мел, асбест, гидроксид алюминия, тальк и др.),
- волокнистые (металлические, стеклянные, углеродные, борные, органические, керамические, нитевидные кристаллы – усы),
- листовые (ткани, бумага, древесный шпон, ленты, холсты, сетки, нетканые материалы),
- объемные (объемные ткани, каркасные системы).

По типу упрочнителя (наполнителя) композиционные материалы делятся на дисперсно-упрочненные, волокнистые и слоистые.

Дисперсные наполнители. Для оценки свойств дисперсных наполнителей известны свыше 40 различных показателей, включающих физико-механические, электротехнические, теплофизические, оптические характеристики.

При разработке заданной структуры дисперсно-наполненного материала необходимо иметь данные об основных характеристиках наполнителя: форме частиц; размере и распределении частиц по размерам; удельной поверхности; пористости частиц; насыпной и истинной плотности; максимальной объемной доле; pH поверхности частиц.

Коэффициент формы частиц k_e влияет на вязкость композиции и распределение напряжений в наполненных пластиках.

Значение k_e определяется реологическим методом и меняется от 2,5 для шарообразных до 5,9 для эллипсоидных частиц с отношением длин полуосей, равным 10. С увеличением k_e возрастают вязкость и концентрация напряжений в наполненных полимерах.

Размеры частиц наполнителей изменяются от 7 нм до 50 мм. Дисперсные наполнители по размеру частиц делятся на крупнодисперсные (диаметр > 40 мкм), среднедисперсные ($10 < d < 40$), высокодисперсные ($1 < d < 10$) и ультрадисперсные ($d < 1$ мкм). Выбор оптимальных размеров частиц наполнителя определяется целью его введения, уровнем свойств материала, скоростью седиментации и склонностью к агломерации частиц, конструкцией изделия (толщиной стенки) и методом формования.

Общая удельная поверхность $S_{об}$ (m^2/g) является мерой площади поверхности 1 г дисперсного наполнителя. Величина удельной поверхности наполнителя в композиционном материале указывает на протяженность границы раздела фаз и долю граничного слоя. Для наполнения полимеров используются соединения с $S_{уд}$ от 0,01 до 300 m^2/g .

К основным параметрам наполнителя относят его истинную $\rho_{ист}$ и насыпную $\rho_{нас}$ плотности. Для пористых и агрегирующих наполнителей насыпная плотность всегда ниже, чем для непористых частиц.

Значения $\rho_{нас}$, $\rho_{ист}$ наполнителей пресс-порошков используются для расчета навесок материала и определения максимальной объемной доли наполнителя φ_{max} . При прессовании дисперсные наполнители могут уплотняться и значение φ_{max} может меняться от $\rho_{нас}/\rho_{ист}$ примерно до единицы. Это позволяет создавать двухфазные полимерные композиционные материалы с максимальным содержанием дисперсной фазы до 95 % (об.).

Химический состав и природу поверхности наполнителя определить довольно сложно. Часто природу поверхности наполнителя оценивают по значению pH водной вытяжки из наполнителя. Природа поверхности наполнителя влияет на смачивание, кинетику и полноту отверждения полимера, а также на комплекс эксплуатационных свойств наполненных пластмасс.

Волокнистые наполнители применяются в виде непрерывного и рубленого (штапельного) волокна длиной от нескольких десятков

миллимикрон (коротковолокнистые) до нескольких десятков миллиметров (длинноволокнистые). Волокнистые наполнители еще называются армирующими.

Наполнители в виде волокон, нитей, жгутов, ровингов и рубленых жгутов используют для создания конструкционных, высокопрочных, высокомодульных армированных полимерных материалов. Компоненты армированного пластика – это волокно и полимерная матрица. Основную механическую нагрузку несут волокна и они, главным образом, определяют прочность и жесткость (модуль упругости) материала. Эффективность волокон в пластике возрастает с увеличением их длины.

Существует понятие критической длины волокна $l_{кр}$. Это длина (l) волокна до которой напряжение, воспринимаемое собственно волокном в пластике, возрастает и при l равной $l_{кр}$ становится равным прочности волокна.

При разрушении пластика, наполненного волокном с $l < l_{кр}$, наблюдается выдёргивание коротких волокон из полимерной матрицы, т.е. пластик разрушается по границе волокно – полимер. Волокна с $l > l_{кр}$ сами разрушаются и полностью реализуют свою прочность в полимерной матрице. Критическая длина волокна в зависимости от их природы меняется от 100 мкм (углеродные волокна) до 400 мкм (стеклянные волокна).

Значения $l_{кр}$ (мм) стеклянных волокон (диаметр волокна $d \sim 10$ мкм) для различных полимерных матриц различны: для полиэтилена – 1,8; полипропилена – 0,6; полистирола – 0,36; полиамида – 0,6; отвержденной эпоксидной смолы – 0,15. Чем меньше значение $l_{кр}$ волокна, тем эффективнее волокно $l > l_{кр}$ упрочняет полимерную матрицу.

Волокнистые наполнители получают из металла, керамики, полимеров. Наибольшее распространение для создания полимерных композиционных материалов получили стеклянные, углеродные, борные и органические волокна.

Листовые наполнители. Листовые (пленочные) наполнители с заданной структурой в виде тканей различного плетения (сатиновое, саржевое, полотняное), бумаги, древесного шпона, лент, холстов, тканых ровингов, сеток и нетканых материалов используют для получения слоистых пластиков.

Из слоистых пластиков наибольшее распространение получили текстолиты. Для изготовления текстолитов применяют легкие (масса 1 м^2 – до 150 г), средние (до 300 г) и тяжелые (более 300 г) ткани различного плетения и нетканые волокнистые материалы массой до 820 г. Широко используются хлопчатобумажные (бязь, миткаль, бельтинг, шифон) и синтетические ткани (вискозные, ацетатные, полиамидные, полиэфирные). Самыми распространенными наполнителями являются стекло- и углеродные ткани и материалы на их основе – стеклотекстолиты и карботекстолиты. По сравнению со стеклотекстолитами (плотность 1600 кг/м^3) органотекстолиты имеют меньшую плотность (1300 кг/м^3) и

теплопроводность, лучше поддаются механической обработке, но уступают им по прочности, тепло - и химической стойкости.

Природу волокна, вид плетения, массу 1м^2 , пористость листовых наполнителей выбирают в зависимости от требований, предъявленных к изделиям.

Наполнители в виде сеток используют для армирования полимерных материалов в двух направлениях, а также получения антифрикционных ленточных материалов. Материалом для изготовления сеток чаще всего служат металлические, стеклянные, углеродные и полимерные волокна.

К *объёмным наполнителям* пластмасс относятся объёмные ткани, открытопористые каркасные системы, структура которых непрерывна в трех направлениях. Открытопористая объёмная структура наполнителя формируется в процессе ткачества либо путем вспенивания или спекания порошков металлов, керамик и полимеров. Природная древесина также может быть использована в качестве объёмного наполнителя.

К основным характеристикам таких наполнителей относятся объёмная масса, общая, закрытая и открытая пористость и размер пор.

При заполнении пор каркасного наполнителя полимерным связующим формируется взаимопроникающая структура материала. Свойства таких систем в зависимости от концентрации наполнителя в разных направлениях могут быть изотропными или анизотропными и определяются свойствами исходных компонентов, их соотношением и степенью пропитки.

Широкое применение для производства изделий находят технологичные полуфабрикаты в виде *премиксов и препрегов*. В премиксах связующие находятся на стадии олигомеров, либо представляют собой смесь олигомеров с мономером или раствор полимера в мономере. Оптимальная длина волокон в премиксах составляет 20 - 25 мм, а для изделий сложной конфигурации используют премиксы с длиной волокон 5 - 6 мм [1, 2, 23].

Препреги – это композиционные материалы - ткани и волокна, предварительно пропитанные пред-катализированной смолой при высокой температуре и давлении. Смола в препрегах находится в полутвердом состоянии. Ее полное отверждение происходит при формовании.

Препреги с ориентированным расположением волокон изготавливают на специальных установках вертикального (шахтного) или горизонтального типа (Рис 6.14).

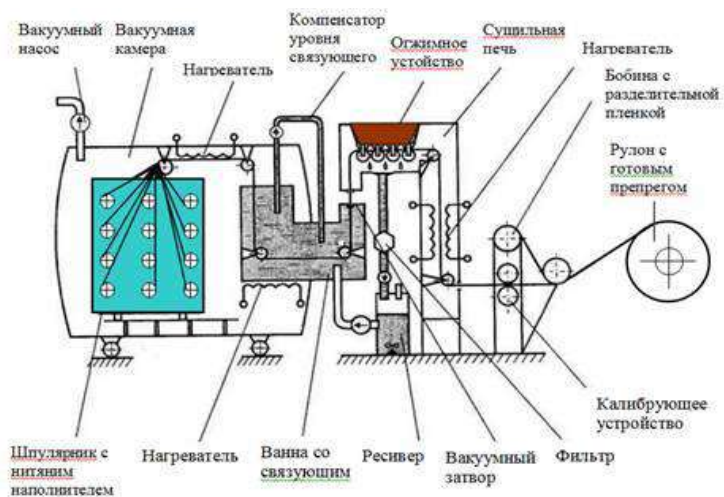
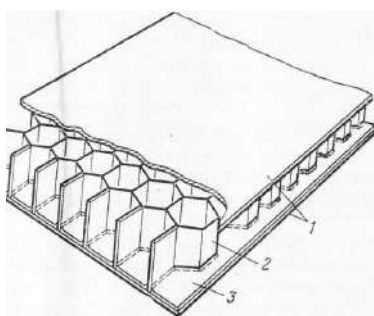


Рисунок 6.14 - Схема пропиточной установки для получения препрега.

При изготовлении препрега на основе тканей, сеток и т.п. материал поступает из разматывающего устройства, разглаживается, пропускается через ванны со смолой, тщательно отжимается при помощи системы специальных прецизионных валов, высушивается в специальных сушилках, а затем сматывается в рулон или разрезается на листы заданного размера. Препрег, полученный на специальных пропиточных установках, отличается высоким качеством пропитки, минимальными повреждениями волокон, равномерностью содержания связующего.

Сотовые конструкции. Особую форму композиционных материалов представляют так называемые сэндвичевые (сотовые) конструкции. Они применяются практически во всех видах гражданских и военных самолетов и вертолетов (Рис. 6.15).



1 – обшивка, 2- стенка ячейки сот, 3 – клеевой слой, наносимый на обшивку

Рисунок 6.15 - Схема конструкции панели с сотовым наполнителем

Сотовая конструкция содержит две прочные облицовочные пластины, наполнитель (легкую жесткую сердцевину) и два адгезионных слоя, связывающих облицовочные пластины с наполнителем, имеющим различную форму ячеек.

Материалами несущих (облицовочных) пластин в сэндвичевых конструкциях могут служить стекловолоконистые препреги, препреги на основе углеродных волокон, алюминиевые, титановые сплавы, стали и др. Основные функции сотового наполнителя заключаются в обеспечении

устойчивости несущих поверхностей и передаче сдвиговых нагрузок по толщине композита. Для успешного выполнения этих функций наполнитель должен быть жестким и легким. В качестве материала для изготовления сотовых наполнителей могут быть использованы дерево, металл, крафт-бумаги, арамидные бумаги, пены (пенополистирол, вспененный металл).

Методы армирования полимерных материалов имеет как принципиальные недостатки, так и достоинства, приводящие к улучшению свойств полимерных композиционных материалов.

Наличие межфазного слоя обеспечивает релаксацию перенапряжения в вершине трещины и внутренних термоусадочных напряжений. Взаимное влияние контактирующих фаз обеспечивает эффект «залечивания» микродефектов на поверхности наполнителя в результате смачивания поверхности наполнителя полимером.

Межфазным слоем принято называть объем армирующего полимера, непосредственно примыкающий к поверхности раздела волокна и матрицы.

Межфазный слой, как правило, существенно отличается от матричной фазы по составу — он вбирает в себя аппрет, замасливатель и другие низкомолекулярные включения связующего и поверхности армирующих волокон. Граница раздела фаз между волокном и матрицей (Рис. 6.16) очень часто является наиболее слабым местом материала, и именно здесь начинается разрушение как при механических нагрузках, так и при других воздействиях, например, под влиянием внешней атмосферы, воды и прочих факторах.

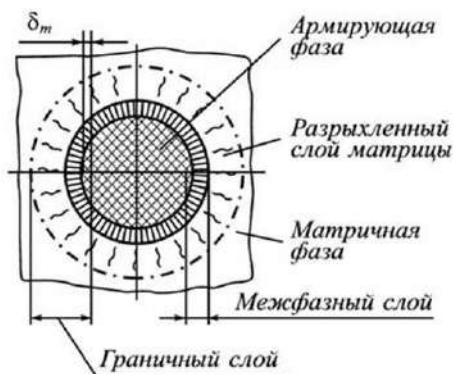


Рисунок 6.16 - Модельное представление о межфазном слое в системе полимер – твердое тело

Поэтому во многих случаях проводят специальную обработку поверхности волокон. Углеродные волокна подвергают окислению, в результате чего на их поверхности образуются гидроксильные, оксидные и другие полярные группы, хорошо взаимодействующие с полимерной матрицей.

Полиэтиленовые волокна обрабатывают в плазме. На стеклянные волокна наносят специальные химические вещества — *аппреты*, которые чаще всего вступают в химические реакции, как с поверхностью волокна, так

и со связующим при его отверждении, образуя химическую связь между волокном и матрицей.

Требования к матрицам можно разделить на три группы: К одной группе можно отнести прочность, жесткость, теплостойкость полимерной матрицы, к другой - пластичность, трещиностойкость, ударную вязкость; к третьей - перерабатываемость, технологичность связующего. Термореактивные связующие представляют собой сравнительно низковязкие жидкости (при температуре переработки), которые после пропитки армирующего материала (волокон, нитей, лент, тканей) за счет химических реакций превращаются в неплавкую твердую полимерную матрицу.

Достоинства термореактивных связующих. Хорошие технологические свойства: низкая вязкость связующего, хорошая смачиваемость и пропитываемость армирующего материала, сравнительно низкие температуры отверждения; адгезия к большинству волокон; повышенная теплостойкость. Стойкость в различных средах: химическая, водо- и атмосферостойкость, низкая проницаемость для жидкостей и газов. Свойства можно регулировать в широком диапазоне путем варьирования компонентов, добавления модификаторов, катализаторов и изменения условий отверждения.

Недостатки термореактивных связующих: хрупкость, низкие вязкость разрушения и ударная прочность (усугубляются для высокотеплостойких матриц); невозможность вторичной переработки; длительное время отверждения из-за необходимости проведения экзотермической химической реакции в мягком режиме (без значительных перегревов); ограниченное время жизни препрега; значительная химическая усадка в большинстве случаев.

Для термопластов характерно: сочетание высокой прочности и теплостойкости с высокой ударной прочностью, трещиностойкостью; возможность вторичной переработки; облегчение ремонта изделий; более эффективные интенсивные методы переработки, формование деталей менее энергоёмко, возможно формование более крупных, сложной конфигурации деталей, более высокая производительность; практически бесконечная жизнеспособность препрегов — время между его изготовлением и переработкой в изделие; пониженные горючесть, дымовыделение при горении, токсичность продуктов горения, высокая стойкость к излучению.

Лабораторная работа 6.4

Тема. Влияние на свойства композитов состава и структуры однонаправленных композиционных материалов на основе термопластичных полимеров [1, 19, 23, 24, 25]

Задание. Определить соотношения компонентов в композиционном материале.

Цель работы. Научиться определять соотношение компонентов различными методами.

Теоретическая часть

Для получения однонаправленных композиционных материалов наиболее часто применяют пултрузионную технологию.

Качество совмещения компонентов характеризуется: соотношением объемных (массовых) долей и распределением этих долей по объёму (однородность композиции); пористостью; параметрами распределения числа волокон и размеров промежутков между ними в слое (показатели микроструктуры); параметрами распределения пучков волокон в слое (показатели макроструктуры); степенью пропитки и прочностью.

Одним из основных показателей структуры композиционного материала, который влияет на свойства полученного изделия, является соотношение компонентов.

Массовое содержание компонентов определяется по методу выжигания или растворения, весовым методом, гравиметрическим и по анализу микроструктуры.

Для анализа микро- и макроструктуры полученных однонаправленных препрегов изготавливают микрошлифы в трансверсальной плоскости образца. Образцы длиной 30 мм закрепляют в обечайку и заливают композицией на основе эпоксидной смолы ЭД-20 и отвердителя холодного отверждения ПЭПА (полиэтиленполиамин) во избежание деформаций и оплавления матричного полимера. Далее проводят шлифование и полирование поверхности. Для дальнейшего исследования микрошлифы переносят на предметный столик микроскопа и изучают изображение в отраженном свете. При микроструктурном анализе определяют объемное содержание компонентов в материале.

Наиболее быстрым и неразрушающим методом контроля степени наполнения при производстве большого количества однонаправленных препрегов является весовой метод.

Экспериментальная часть

1. Определение соотношения компонентов весовым методом

Оборудование и материалы: отрезки однонаправленных препрегов, весы, металлическая линейка.

Ход работы.

Данный метод применяется преимущественно для непрерывных процессов производства профильных изделий.

Берут отрезки однонаправленных препрегов длиной 1м: стренг, лент, профилей, количество пучков наполнителя в которых известно. Взвешивают отрезки на весах с точностью до 0,01г.

Массовое содержание наполнителя в отрезках лент, стренг, профилей определяют по формуле:

$$C_a = \frac{L \cdot T \cdot n}{m \cdot 10^3}, \quad (6.4)$$

где L – длина исследуемого материала, м;
 T – линейная плотность наполнителя, текс;
 n – число пучков наполнителя в образце;
 m – масса исследуемого материала, г.

За результат эксперимента принимают среднее арифметическое не менее трех значений. Экспериментальные данные заносят в таблицу 1.

Таблица 1 - Экспериментальные данные

| Материал | № образца | $m_{\text{км}}$, г | n | T , текс | L , м | C_a | P_a | C_c | P_c |
|---------------------------------|-----------|---------------------|-----|------------|---------|-------|-------|-------|-------|
| | | | | | | | | | |
| Среднее арифметическое значение | | | | | | | | | |

Сравнивают значения степени наполнения для препрегов, изготовленных при различных режимах, и делают вывод.

2. Определение соотношения компонентов по анализу микроструктуры

Оборудование и материалы: микрошлифы композиционного материала, микроскоп.

Ход работы.

Анализ микроструктуры проводят под микроскопом или с применением микрофотографий. Микрошлифы однонаправленных препрегов устанавливают на предметный столик и рассматривают изображение в отраженном свете. Перемещая столик микроскопа со шлифом, исследуют всю площадь образца.

При планиметрическом методе анализа относительное объёмное содержание наполнителя P_a определяют как отношение площади, занятой кругами (волокнами), ко всей исследуемой площади:

$$P_a = \frac{A_a}{A_{\text{км}}}, \quad (6.5)$$

где A_a , $A_{\text{км}}$ – площадь, занятая волокнами, и общая площадь образца соответственно.

Площадь, занятую наполнителем, можно определить также из соотношения:

$$A_a = \frac{T \cdot n}{\rho_a \cdot 10^6}, \quad (6.6)$$

где T – линейная плотность волокнистого наполнителя, текс;
 n – количество нитей или ровингов в образце;
 ρ_a – плотность наполнителя, кг/м³.

Полученные значения заносят в таблицу 2.

Таблица 2 – Результаты измерений

| Материал | № образца | $A_a, \text{см}^2$ | $A_{\text{КМ}}, \text{см}^2$ | n | $\rho_a, \text{г/см}^3$ | C_a | P_a | C_c | P_c |
|----------|-----------|--------------------|------------------------------|-----|-------------------------|-------|-------|-------|-------|
| | | | | | | | | | |

Сравнивают значения степени наполнения, определенные по различным методикам для одного материала, и делают выводы.

? Вопросы для самостоятельного контроля

1. Дайте определение понятиям - наноматериал, наночастица.
2. Классифицируйте нанонаполнители полимеров.
3. Перечислите виды нанокомпозитов.
4. Назовите свойства и область применения нанокомпозитов.
5. Каково назначение «интеллектуальных» материалов?
6. Какие материалы можно отнести к «умным»?
7. Что означает термин «биоразлагаемый» полимер?
8. Для чего применяют наполнители пластмасс, их назначение. Какие наполнители вы знаете?
9. С какой целью вводят отвердители пластмассы. Какие добавки вводят в состав композиций?
10. Дайте классификацию пластмасс. В чем отличие термопластичных пластмасс от термореактивных?
11. Дайте характеристику процессам полимеризации и поликонденсации с точки зрения их механизма.
12. Чем определяется выбор способа проведения полимеризации?
13. Какие промышленные способы синтеза полимеров по механизму полимеризации вы знаете?
14. Какие существуют наполнители полимерных композиционных материалов, какие требования к ним предъявляют?
15. Дайте характеристику дисперсных наполнителей, какова основная цель их введения?
16. Дайте характеристику волокнистых наполнителей, какова основная цель их введения?
17. Дайте характеристику листовых и объемных наполнителей, какова основная цель их введения?
18. Какие технологические методы получения препрегов существуют?
19. Что такое сотовый наполнитель, как он изменяет свойства материала?

6.2 Экспериментальные исследования полимеров

Как было отмечено выше, основными компонентами полимерных композиционных материалов являются матрица – полимерное связующее и наполнитель – армирующий материал. Следовательно, и требования будут

как к материалам матрицы, так и к армирующим материалам. Существует классификация объектов и материалов в соответствии с характерным размером элементов структуры и наиболее распространенные методы их исследования [15, 18, 26].

Необходимым условием совершенствования и развития производства изделий из полимерных и композиционных материалов является правильно организованный химический и физико-химический контроль, начинающийся с изучения и исследования сырья и кончающийся определением качества выпускаемой продукции.

Для специалистов в области полимерного производства важны знания о подходах, методах и особенностях экспериментальных исследований механических характеристик композиционных материалов. Необходимо ознакомление с системами стандартов испытаний, практикой использования нестандартных методик, основными проблемами и способами их преодоления, с современными проблемами и актуальными задачами проектирования элементов новых изделий, создания новых материалов, принципами исследования и внедрения перспективных композиционных материалов и наноматериалов.

Качество изделий зависит от химического состава и структуры полимерного материала.

Идентификация полимеров заключается в установлении тождества исследуемого полимера с известным соединением по достаточному числу признаков. Полимеры содержат молекулы разной длины, имеют разветвления в цепи, различные концевые группы, различное стереохимическое строение цепей. Большинство полимеров плохо растворимы, причем растворимость неодинаковых по длине и разветвленности молекул одного и того же полимера может быть различной. Для установления идентичности полимера с тем или иным известным соединением требуется больше параметров, чем для идентификации низкомолекулярного соединения.

Необходимо установить химический состав полимера, является ли исследуемое вещество высокомолекулярным, молекулярную массу, молекулярно-массовое распределение, виды концевых и боковых групп, принадлежность к линейным, разветвленным или трехмерным полимерам.

Анализ любого полимера начинается с предварительных испытаний. Для установления, является ли исследуемое вещество высокомолекулярным, его надо растворить в соответствующем растворителе и измерить вязкость раствора. По поведению исследуемого вещества в пламени горелки и по запаху можно установить принадлежность полимера к той или иной группе. Анализ ведут по схеме, соответствующей этой группе.

Химический анализ должен сопровождаться измерением физических констант, температуры плавления, температуры кипения, плотности и др., Для анализа полимеров используются химические, физико-химические и физические методы исследования.

К методам испытаний полимерных материалов относятся - механические испытания, испытания на твердость, испытания на прочность при ударе, тепловые испытания, электрические испытания, оптические испытания, физические испытания, реологические испытания, испытания на воспламеняемость. Кратко о некоторых из приведенных методов испытания полимерных материалов будет изложено ниже.

6.2.1 Методы исследования структуры полимеров

Спектроскопическими методами анализа называются методы, основанные на взаимодействии вещества с электромагнитным излучением. Одним из важнейших понятий, используемых в спектроскопии, является понятие спектра [17, 18, 20, 26].

Спектр – это последовательность квантов энергии электромагнитных колебаний, поглощенных, выделившихся или рассеянных при переходах атомов или молекул из одних энергетических состояний в другие. Инфракрасная спектроскопия на основе преобразования Фурье (ИК Фурье-спектроскопия) – совокупность методов измерений спектров различной природы, в которых спектр вычисляется не по интенсивности сигнала, как например, в призмных спектрографах, а по отклику во временной или пространственной области.

ИК Фурье-спектроскопия позволяет устанавливать подлинность сырья и наличие в нем примесей, определять показатели качества продукции и даже идентифицировать образцы материалов неизвестного состава с помощью библиотеки спектров. ИК-спектр высокого разрешения регистрируется за несколько секунд, не требуя, как правило, подготовки проб и применения дорогостоящих расходных материалов (Рис. 6.17).

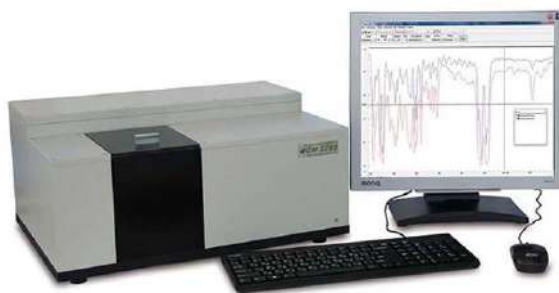


Рисунок 6.17 - Универсальный лабораторный ИК Фурье-спектрометр ФСМ 2201

ИК-Фурье спектроскопия позволяет всего за минуту идентифицировать сырье или установить соответствие конечного продукта его спецификации.

В настоящее время входной контроль сырья и качества готовой продукции с использованием инфракрасной Фурье-спектроскопии выполняют в основном методом нарушенного полного внутреннего отражения, когда инфракрасное излучение проникает в образец на глубину около одного микрометра, а детектор регистрирует спектр поглощения.

Метод имеет ряд преимуществ по сравнению с техникой измерения на пропускание. Исследовать можно любые образцы, в любой форме и агрегатном состоянии – твердые и жидкие, порошки и пасты, гранулы, суспензии, волокна и т.д. Весь анализ занимает буквально минуту, включая размещение образца, сбор и обработку данных. Метод нарушенного полного внутреннего отражения позволяет даже анализировать верхние слои слоистого полимерного материала, что невозможно сделать при измерении на пропускание.

Динамический механический анализ (ДМА) - это методика испытаний и аналитический инструмент, измеряющий физические и вязкоупругие свойства полимерных материалов, определяющий модуль упругости и амортизацию; также его можно запрограммировать для определения силы, напряжения, деформации, частоты и температуры.

С помощью ДМА можно получить следующие данные:

- жесткость и демпфирующие свойства (величина модуля и коэффициента затухания при различных условиях);
- состав и структуру полимерных смесей;
- температуру стеклования;
- отверждение;
- старение;
- ползучесть и релаксацию;
- развертку напряжений и деформаций;
- результаты погружения в жидкость;
- поведение материала с использованием суперпозиции время-температура (Рис. 6.18).

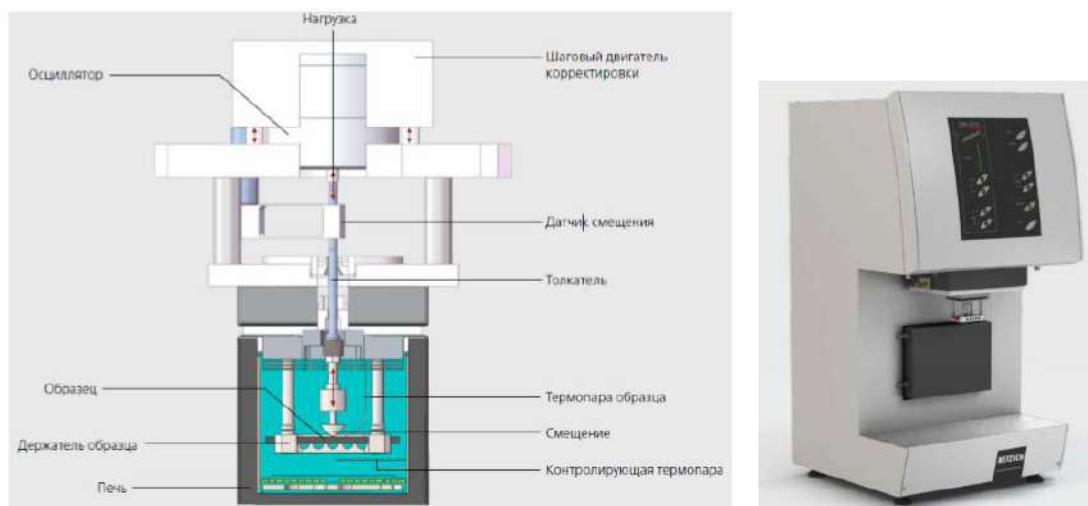


Рисунок 6.18 - Схематичное представление и общий вид прибора

Инструменты ДМА прилагают к образцу осциллирующее усилие (напряжение) изменяемой частоты и амплитуды и регистрируют осциллирующий отклик (деформацию) образца. Модуль упругости рассчитывается, исходя из упругого поведения материала; например, деформация образца изменяется "в фазе" при приложении осциллирующего

напряжения. Параметры конструкционного демпфирования материала рассчитываются, исходя из его вязкоупругой модели.

6.2.2 Качественный и количественный анализ органических полимеров

Наиболее распространенными полимерами общего потребления являются полиэтилен, поливинилхлорид, полиметилметакрилат, полистирол, мочевиноформальдегидные, эпоксидные, полиэфирные и другие полимеры.

Эти полимеры представляют собой композиции более или менее сложного состава, содержащие кроме основного вещества пластификатор, наполнитель, стабилизатор, растворитель и другие добавки. Такие композиции подвергаются количественному разделению. Выделенные компоненты идентифицируют сначала качественно, а затем количественно.

Качественные реакции полимеров на основе углеводов.

Качественные реакции полиэтилена.

Полиэтилен $[-CH_2-CH_2-]_n$ получают из этилена в газовой фазе, в эмульсии или радикальной и координационной полимеризацией в растворителе. Выпускают три типа полиэтилена: высокого давления, среднего давления и низкого давления. Отличаются они между собой особенностями строения полимерной цепи. Полиэтилен открывают по поведению в пламени и по инфракрасным спектрам (ИК-спектрам) [26, 27].

Инфракрасный (ИК) качественный анализ выполняют путем идентификации функциональных групп или путем сопоставления ИК-спектров поглощения неизвестных материалов со спектрами известных эталонных материалов, или обоими способами.

Сополимеры этилена с пропиленом открывают только по поведению в пламени.

1. ИК-спектры полиэтилена. В ИК-спектрах полиэтилена наблюдаются интенсивные полосы поглощения при 2940, 1470, 1350 и 715 cm^{-1} , характерные для цепи из групп $-CH_2-$. Похожие ИК-спектры имеют углеводороды с большой молекулярной массой и парафин, а также натуральный каучук и циклокаучук, но в ИК-спектрах этих полимеров отсутствует интенсивная полоса поглощения при 715 cm^{-1} .

2. ИК-спектры сополимеров этилена с винилацетатом. В ИК-спектрах сополимера этилена с винилацетатом присутствуют полосы поглощения, характерные для ацетатной группы при 1235 и 1020 cm^{-1} (полоса C–O). Для сополимеров этилена с акриловыми соединениями полоса поглощения связи C–O расположена ближе к 1163 cm^{-1} . Именно по этой полосе идентифицируют эти сополимеры.

3. ИК-спектры сополимеров этилена с акрилатами и малеатами. Сополимеры этилена с акрилатами и малеатами имеют похожие ИК-спектры. ИК-спектры сополимеров этилена с метилакрилатом и диметилмалеатом различаются только по полосе поглощения при 830 cm^{-1} . Спектры

сополимеров этилена с этилакрилатом и диметилмалеатом различаются по форме полосы при 1176 см^{-1} , характерной для связи $\text{C}=\text{O}$.

В ИК-спектрах сополимера этилена с акриловой кислотой присутствует полоса поглощения карбонильной группы при 1695 см^{-1} , широкая полоса поглощения гидроксильной группы при 2940 см^{-1} и слабые полосы в области 1250 и 950 см^{-1} .

4. ИК-спектры сополимеров этилена с пропиленом. Характер ИК-спектров сополимеров этилена с пропиленом зависит от соотношения компонентов, но всегда присутствуют две полосы поглощения при 1150 и 720 см^{-1} , на соотношении которых основан количественный анализ сополимера этилена с пропиленом.

Качественные реакции полипропилена.

Полипропилен $[-\text{CH}_2-\text{CH}(\text{CH}_3)-]_n$ получают стереоспецифической полимеризацией пропилена. Полипропилен открывают по поведению в пламени и по ИК-спектрам. ИК-спектр полипропилена имеет четкие полосы поглощения средней интенсивности при 1163 , 1000 , 970 и 840 см^{-1} ; четкую и интенсивную полосу при 1370 см^{-1} и несколько слабых полос в интервале $1330\div 770\text{ см}^{-1}$.

Качественные реакции полиизобутилена.

Полиизобутилен получают катионной полимеризацией изобутилена $\text{H}_2\text{C}=\text{CH}_3-\text{C}=\text{CH}_2$.

Полиизобутилен и его сополимеры открывают по поведению в пламени и по характерным реакциям.

1. Реакция с *n*-диметиламинобензальдегидом.

Реагенты. Индикаторная бумага. Фильтровальную бумагу пропитывают раствором, содержащим 3г *n*-диметиламинобензальдегида и 0,5г гидрохинона в 100 см^3 диэтилового эфира. Бумагу высушивают, нарезают на полоски и хранят в склянках из темного стекла. Перед использованием полоску бумаги смачивают раствором 30г трихлоруксусной кислоты в 100 см^3 изопропанола.

Ход анализа.

Исследуемый образец помещают в пробирку и полоской фильтровальной бумаги закрывают отверстие пробирки. Пробирку нагревают таким образом, чтобы образовались плотные пары продуктов пиролиза образца. Нагревают пробирку до тех пор, пока не окрасится бумага. Пары полиизобутилена окрашивают бумагу, пропитанную *n*-диметиламинобензальдегидом, в лиловый цвет. Об окраске следует судить по стороне бумаги, обращенной внутрь пробирки.

Сополимеры этилена с пропиленом открывают только по поведению в пламени. Определяют внешний вид исследуемого образца: форму, цвет, толщину, прозрачность и т.д.

Исследуют поведение образца в пламени и по поведению его относят к тому или иному классу полимерных соединений. Для этого кусочек или

полоску исследуемого образца помещают в пламя горелки и наблюдают характер горения, цвет пламени, запах выделяющихся газов. Поведение некоторых полимерных соединений в пламени [17].

Качественные реакции полистирола.

Полистирол $[-CH_2-CH(C_6H_5)-]_n$ получают полимеризацией стирола. Полистирол и его сополимеры (полиметилстирол с акрилонитрилом, с синтетическими каучуками, с β -винилнафталином и др.) открывают по поведению в пламени и по характерным реакциям.

1. Реакция образования фенола. При испарении стирола и его сополимеров с азотной кислотой образуются моонитробензольные соединения, которые при пиролизе выделяют фенол.

Реагенты.

Азотная кислота с плотностью $\rho = 1,5 \text{ г/см}^3$.

Ход анализа.

Небольшую пробу исследуемого полимера помещают в пробирку и выпаривают досуха с 4 каплями дымящей азотной кислоты. Образовавшийся фенол открывают реактивом Миллона по реакции Либермана.

Реакция Либермана.

Реагенты. Нитрит натрия, $NaNO_2$, 1%-й раствор в концентрированной серной кислоте, свежеприготовленный. Гидроксид натрия, 4н раствор.

Ход анализа.

1 см^3 исследуемого раствора выпаривают досуха, остаток обрабатывают несколькими каплями свежеприготовленного реагента и оставляют на несколько минут. Затем смесь разбавляют несколькими каплями воды. Смесь охлаждают и подщелачивают 4н раствором гидроксида натрия. В присутствии фенола появляется синяя окраска, переходящая в красную, затем в зеленую.

2. Идентификация по ИК-спектрам. Полистирол, сополимеры стирола с α -метилстиролом, β -винилнафталином, с аценафтиленом имеют в ИК-спектрах интенсивные полосы поглощения при $750\text{--}670 \text{ см}^{-1}$ и узкие полосы при 900 и 850 см^{-1} . Поли- α -метилстирол имеет интенсивные полосы поглощения только в области $750\text{--}670 \text{ см}^{-1}$. Для сополимеров стирола с бутадиеном характерны: полоса при 970 см^{-1} и интенсивные - при $750\text{--}670 \text{ см}^{-1}$.

Качественные реакции поливинилхлорида.

Галогенсодержащие полимеры открывают по характерным реакциям на галогены, по реакции с фуксином, по реакции Либермана – Шторха – Моравского и по другим характерным реакциям.

1. Реакция с хлоруксусными кислотами.

Реагенты.

Монохлоруксусная или дихлоруксусная кислота.

Ход анализа.

Нагревают слабым пламенем горелки в пробирке столько монохлоруксусной или дихлоруксусной кислоты, чтобы образовалось 5 см^3

расплава. На кончике шпателя вносят в расплав измельченную пробу полимера $[-CH_2-CH(Cl)-]_n$ и смесь нагревают на слабом огне при энергичном встряхивании. Если через две минуты окраска не появляется, то реакция считается отрицательной. Окраска, возникающая при реакции, должна быть синяя в монохлоруксусной кислоте и красновато-пурпурная в дихлоруксусной кислоте.

2. Реакция с пиридином.

Реагенты.

Пиридин. Гидроксид натрия или калия, насыщенный метанольный раствор.

Ход анализа.

Вариант I.

Приготавливают 0,1%-й раствор исследуемого полимера в пиридине и прибавляют 0,5 см³ насыщенного метанольного раствора NaOH или KOH.

Вариант II.

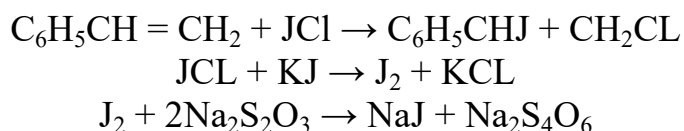
Раствор полимера в пиридине нагревают до слабого кипения и прибавляют раствор KOH. Окраска для варианта I должна быть светло – коричневого цвета. При варианте II окраска должна быть от коричневого до черного цвета, при стоянии выпадает коричневый осадок.

Количественные анализы мономеров в полимере

Количественные реакции полистирола

Определение содержания стирола в полистироле по методу Вийса.

Метод основан на присоединении галогенов по методу двойной связи стирола и других непредельных соединений при взаимодействии с раствором однохлористого йода с последующим йодометрическим окончанием. Реакции протекают по уравнению:



Реагенты.

Йодид калия, 10%-й раствор.

Крахмал растворимый, 0,5%-й раствор.

Тиосульфат натрия, 0,1н раствор.

Раствор Вийса: в мерной колбе вместимостью 1 дм³ растворяют 8г треххлористого или однохлористого йода и 9г металлического йода в 300 см³ четыреххлористого углерода и 700 см³ ледяной уксусной кислоты. Раствор фильтруют в склянку из темного стекла и хранят в темном месте. Реагентом можно пользоваться только через три дня после его приготовления.

Четыреххлористый углерод CCl₄.

Ход анализа.

Взвешивают с точностью до 0,01г навеску полистирола массой около 10г, вносят в мерную колбу, приливают 150-200 см³ CCl₄ и оставляют до растворения полимера при периодическом перемешивании. Затем добавляют

CCl_4 до метки и взбалтывают. В коническую колбу отмеряют 50см^3 приготовленного раствора полимера и 10см^3 раствора Вийса. Колбу закрывают пробкой, смоченной раствором йодида калия, и помещают в темное место на 15 минут. Затем добавляют 15см^3 раствора КJ и 100см^3 дистиллированной воды. Содержимое колбы перемешивают и титруют раствором $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$, добавляя к концу титрования раствор крахмала. Параллельно в таких же условиях проводят контрольный опыт. Продолжительность определения около трех часов. Содержание (X) стирола и непредельных соединений, считая на стирол, в полимере в процентах вычисляют по формуле

$$X = \frac{(V_1 - V_2) \cdot K \cdot 0,0052 \cdot 100 \cdot 250}{m \cdot 50}, \quad (6.7)$$

где V_1 - объем $0,1\text{Н}$ раствора $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$, пошедший на титрование анализируемой пробы, см^3 ;

V_2 - объем $0,1\text{Н}$ раствора $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$, пошедший на титрование контрольной пробы, см^3 ;

K – поправочный коэффициент $0,1\text{Н}$ раствора $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$;

m – навеска полимера, г.

6.2.3 Определение физико-механических свойств органического соединения

Механические свойства пластмасс определяют поведение материала при деформации и разрушении под действием внешних нагрузок. Одной из основных характеристик механических свойств твердых полимеров является *прочность* - характеристика сопротивления материалов разрушению под действием внешних сил.

Под разрушением полимера понимают разрыв его на части (нарушение сплошности). Следовательно, разрушение - процесс, приводящий к образованию новых поверхностей раздела. Прочность пластмасс зависит от продолжительности действия нагрузки, температуры и других факторов, а также от структуры полимера, наличия различных дефектов и других особенностей структуры, например молекулярной массы, молекулярной ориентации и т.п.

Полимеры обладают как общими для твердых тел, так и специфическими закономерностями разрушения. К ним относятся зависимости прочности от времени действия нагрузки (временная зависимость прочности), температуры (температурная зависимость), вида напряженного состояния, молекулярной массы и структуры полимера. В различных физических (релаксационных) состояниях полимеры характеризуются различными специфическими механизмами разрушения, во многих из которых существенную роль играют релаксационные процессы.

Ударные нагрузки и надежность конструкций. При стандартных испытаниях, например, испытаниях на растяжение и изгиб, материал поглощает энергию медленно. Реально материалы часто быстро поглощают энергию приложенного усилия, например, усилия от падающих предметов, ударов, столкновений, падений и т.д.

Определение прочности при ударных нагрузках проводят как для исследования композиционного материала, так и изделий. Требования метода испытаний согласовано ГОСТ Р 57715 «Определение ударной вязкости по Изоду» [28].

Целью испытаний на прочность при ударе является имитация таких условий. Для исследования свойств определенных образцов при заданных ударных напряжениях и для оценки хрупкости или ударной вязкости образцов применяются методы Изода и Шарпи.

Испытания по обоим методам проводятся на ударном маятниковом копре (Рис. 6.19). В методе Изода образец зажимают в тисках, а маятниковый копер с закаленной стальной ударной поверхностью определенного радиуса отпускают с заданной высоты, что вызывает срез образца от резкой нагрузки. Остаточная энергия маятника копра поднимает его вверх. Разность высоты падения и высоты возврата определяет энергию, затраченную на разрушение испытуемого образца. Эти испытания могут проводиться при комнатной температуре либо при пониженных температурах для определения хладноломкости.

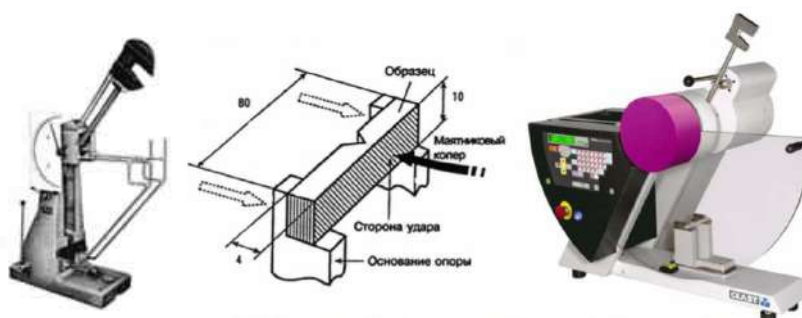


Рисунок 6.19 – Метод испытания ударной прочностью по Шарпи и Изоду, приборы для испытания

Испытуемые образцы могут быть разными по типу и размерам надрезов. Ударные характеристики могут в большой степени зависеть от толщины образца и ориентации молекул. Разные толщины образцов, используемых в методах ГОСТ Р, ISO и ASTM, могут весьма значительно повлиять на значения прочности при ударе. Изменение толщины с 3 мм на 4 мм может даже привести к переходу характера разрушения от вязкого к хрупкому из-за влияния молекулярной массы и толщины образца с надрезом при использовании метода Изода, как это отмечается для поликарбонатных смол.

На материалы, уже показывающие хрупкий характер разрушения при толщине 3 мм, например, материалы с минеральными и стекловолоконными наполнителями, изменение толщины образца не влияет. Такими же

свойствами обладают материалы с модифицирующими добавками, увеличивающими ударную прочность.

Основным отличием методов Шарпи и Изода является способ установки испытуемого образца. При испытании по методу Шарпи образец не зажимают, а свободно устанавливают на опору в горизонтальном положении. Скорость движения молотка устанавливается, 2,9 м/сек для энергий до 5 Дж и 3,8 м/сек для энергий от 7,5 Дж до 50 Дж.

Теплопроводность. К теплофизическим свойствам относят тепло - и температуропроводность, теплоемкость, температурные коэффициенты линейного и объемного расширения. Теплофизические свойства полимеров имеют большое значение, т.к. от них зависят технологические и эксплуатационные свойства материалов.

Термоизолирующие свойства пластиков по зарубежным методам определяются посредством измерения теплопроводности. Широкие пластины пластика устанавливают по обе стороны небольшой нагреваемой плиты, а к свободным поверхностям пластин прикрепляют теплоотводы. Термоизоляторы, расположенные вокруг испытательной камеры, предотвращают радиальные потери тепла. После этого можно измерить максимальный поток тепла через пластиковые пластины. Результаты регистрируются в Вт/м · °С.

6.2.4 Проведение стандартных испытаний композиционных материалов

Общие требования к методам испытаний композитов полимерных установлены стандартом ГОСТ Р 57921-2017 «Композиты полимерные. Методы испытания. Общие требования». Настоящий стандарт модифицирован по отношению к стандарту ASTM D4762-11a «Стандартные практические указания по испытаниям композитных материалов на полимерной матрице».

Механические свойства полимерных композиционных материалов являются часто основными, поскольку практически при всех применениях полимерных композиционных материалов в самых различных областях конечные изделия в той или иной степени подвергаются силовым нагрузкам. Отсюда следуют основные причины, которые приводят к необходимости проведения испытаний:

- подтверждение выполнения основных требований к надежности;
- осуществление контроля качества;
- контроль технологического процесса;
- проведение сравнения материалов между собой и т. д.

Несмотря на развитие методов стандартизации испытаний в мире, специалист все еще испытывает трудности в понимании и интерпретации результатов испытаний. Это обусловлено довольно сложной процедурой проведения испытаний, количеством предлагаемых методов и организаций, занимающихся стандартизацией (ГОСТ, СТ РК, ISO, ASTM).

Статические испытания композиционных материалов, конструкций.

Прочность, деформация и модуль упругости при растяжении для деталей из полимерных композиционных материалов выполняют на универсальных испытательных машинах для проведения механических испытаний.

Основой для понимания свойств материала являются сведения о том, как материал реагирует на любую нагрузку. Зная величину деформации, создаваемой данной нагрузкой (напряжением), конструктор может предсказать реакцию конкретного изделия в рабочих условиях. Зависимость напряжений и деформаций при растяжении являются наиболее распространенными механическими свойствами для сравнения материалов или конструирования конкретных изделий (Рис. 6.20).

Методы испытаний на растяжение композитов полимерных регламентируются по ГОСТ 32656-2014 «Композиты полимерные. Испытания на растяжение».



Рисунок 6.20 – Универсальная машина для проведения испытания на растяжение и узел машины для зажима образца

Прочность на изгиб является мерой, показывающей, насколько хорошо материал сопротивляется изгибу, т.е. жесткость материала. В отличие от нагрузки при растяжении, при испытаниях на изгиб все силы действуют в одном направлении. Обыкновенный, свободно опертый стержень нагружается в середине пролета: тем самым создается трехточечное нагружение (Рис. 6.21).

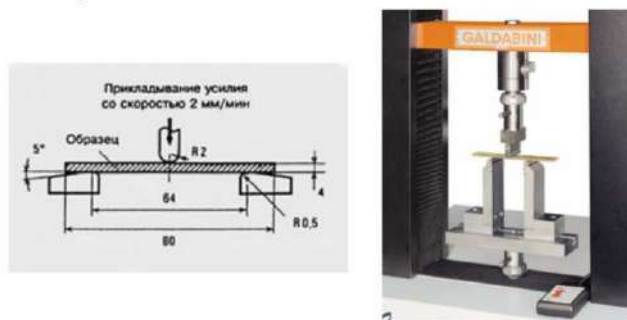


Рисунок 6.21 – Установка и схема испытания на изгиб.

Для вычисления модуля упругости при изгибе по измеренным данным строится кривая зависимости прогиба от нагрузки. Начиная от исходной линейной части кривой, используют минимум пять значений нагрузки и прогиба. Модуль упругости при изгибе (отношение напряжения к деформации) наиболее часто упоминают при ссылке на упругие свойства. Модуль упругости при изгибе эквивалентен наклону линии, касательной к кривой напряжения/деформации, в той части этой кривой, где пластик еще не деформировался. Значения напряжений и модуля упругости при изгибе измеряются в МПа.

Методы определения характеристик композитов полимерных при изгибе установлены по ГОСТ Р 57866 [29]. Методы определения механических характеристик при изгибе по ГОСТ Р 56805-2015. Метод испытания на изгиб стеклопластиков установлен по ГОСТ 4648-71.

Испытания углепластиков на изгиб проводят по методике, указанной в ГОСТ 25.604-82. Испытания материалов на изгиб проводятся при нормальной (20°C), повышенной (до + 180 °C) и пониженной (до – 60 °C) температурах. Наиболее распространен метод испытания по ГОСТ 25.604-82.

Воспламеняемость. Горючесть материалов оценивается рядом характеристик: способностью к воспламенению, скоростью горения, составом продуктов горения, интенсивностью выделения тепла и, наконец, составом атмосферы, при котором возможно горение. Принято подразделять полимерные материалы на негорючие, трудногорючие, трудновоспламеняющиеся и легковоспламеняющиеся.

Наиболее широко распространенными стандартами по характеристикам воспламеняемости являются стандарты категорий для научно-исследовательских лабораторий пластиков. Эти категории определяют способность материала к гашению пламени после воспламенения. Может быть присвоено несколько категорий на основе скорости горения, времени гашения, стойкости к образованию капель и в зависимости от того, горючие или негорючие, образующиеся капли.

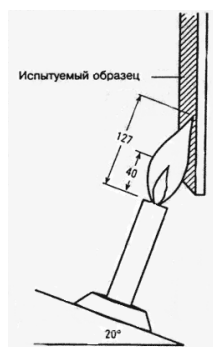


Рисунок 6.22 – Положение образца и горелки (один из вариантов).

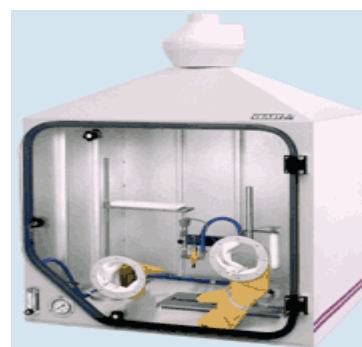


Рисунок 6.23 – Стенд для испытания на воспламеняемость

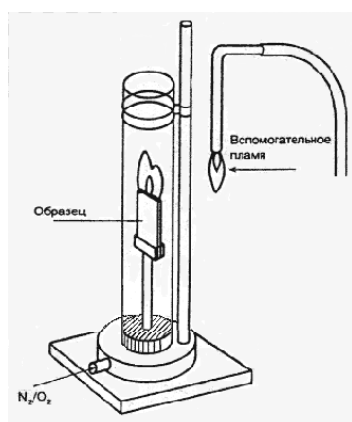
Положение образца по отношению пламени горелки также различны (Рис. 6.22). Горелка и образец располагаются в камере испытания стенда (Рис. 6.23). Требования по воспламеняемости и пожарной защите конструкций (изделий) направлены на минимизацию риска уничтожения огнем.

Кислородный индекс

Схема испытания образца методом кислородного индекса (Рис. 6.24).

Индекс кислородный определяют как минимальную концентрацию кислорода, при которой материал может гореть в течение трех минут, или может сохранять распространение горения образца на расстояние 50 мм. Чем выше кислородный индекс, тем ниже вероятность сгорания.

Применение полимерных конструкционных материалов не должно снижать уровень пожарной безопасности.



Метод испытания по ГОСТ 30402 – 96 «Материалы строительные. Метод испытания на воспламеняемость» и др.

Рисунок 6.24 – Испытание на кислородный индекс

Истираемость. Устойчивость к истираемости является одной из важных эксплуатационной характеристик материала. Особенно для изделий, у которых недопустимы изменения во внешнем виде (потеря цвета, блеска, появление царапин, потертостей и пр.) в ходе эксплуатации.

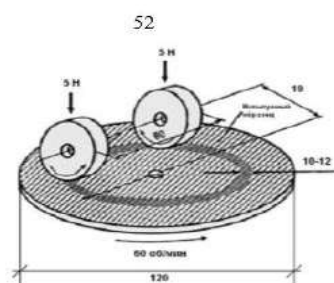


Рисунок 6.25 – Прибор Taber Abraser

Рисунок 6.26 – Абразивные круги

– Рисунок 6.27 – Схема прибора Taber Abraser

Процедура испытания на приборе Табера следующая: образец закрепляется на вращающемся с частотой 60 об/мин диске под абразивными кругами, затем устанавливается требуемая нагрузка (250, 500 или 1000г) (Рис. 6.25).

Абразивные круги фактически представляют собой точильные камни в форме круга. Используются различные типы этих кругов (Рис. 6.26). Силы, создаваемые грузами, прижимают абразивные круги к образцу. Абразивные круги за счет движения диска вращаются и истирают поверхность образца (Рис. 6.27).

После заданного числа циклов испытания прекращают. Массу потерь на истирание определяют как массу частиц, которые были удалены с образца: эту массу выражают в мг/1000 циклов.

Испытания на данном приборе проводятся в соответствии со стандартом ISO 9352-2012 [30].

? Вопросы для самостоятельного контроля

1. Какие испытания относятся к методам испытаний полимерных материалов?
2. По какому методу определяют количественное содержание стирола в полистироле?
3. Назовите основную качественную реакцию для полимеров на основе углеводов?
4. С какой целью проводят качественный и количественный анализ органических полимеров?
6. Суть спектроскопического метода анализа?
7. Какие свойства полимерного материала характеризует прочность?
8. Какова суть процесса разрушения пластмасс?
9. На каких приборах проводят испытания пластмасс на прочность при ударе?
10. Цель испытания полимера на прочность при ударе.
11. Какой стандарт устанавливает требования к испытаниям полимерных композиционных материалов?
12. Какие показатели определяют при испытании образцов из полимерных материалов на разрывных машинах?
13. Каким стандартом регламентируется метод испытания стеклопластиков на изгиб?
14. В чём суть метода испытания полимерного материала на изгиб?
15. С какой целью определяют воспламеняемость материала в пламени горелки?
16. Какова сущность метода оценки полимерного материала (изделия) на истираемость?
17. В каких единицах измерения оценивается истирающая способность материала?

6.3 Создание инновационных проектов

6.3.1 Принцип выбора полимерных материалов для изготовления изделий

В настоящее время практически неисчерпаемы возможности, которые предоставляет специалистам получать самые разные полимеры. Существует реальная возможность проектировать свойства полимерных композитов, конструировать и проектировать материалы и изделия с заданными свойствами.

Полимерные композиционные материалы являются одним из наиболее важных и широко используемых классов современных конструкционных материалов. Их потребление постоянно растет и составляет в развитых странах более 100кг в год на каждого жителя.

Знание закономерностей влияния добавок позволяет создавать композиции с заданными свойствами, которых не имеет исходный полимер.

Проблема выбора полимерного материала возникает как при создании новых видов изделий, так и при замене традиционных материалов, а также уже используемых полимерных материалов на полимеры с улучшенными эксплуатационными и технологическими характеристиками или более доступные для приобретения.

На основании анализа свойств базовых полимеров и основных способов их модифицирования делается правильный выбор полимерного материала с учетом конструкции изделия, условий эксплуатации, технологических и экономической эффективности применения.

Рассмотрим подходы к инновационным разработкам изделий на основе полимерных армированных материалов производственными специалистами.

Особенности армированных композиционных материалов предполагают совмещение двух важнейших процессов: производства самого материала и производства изделия из него. Поэтому на стадии выбора материала необходимо сконструировать его с учетом требований, предъявляемых к изделию условиями эксплуатации.

Как известно, свойства армированных полимерных композитов очень сильно зависят от свойств связующего, типа армирующего материала, схемы армирования и взаимодействия между связующим и армирующим наполнителем. Благодаря этому у разработчиков имеется реальная возможность конструировать не только изделие, но и композиционный материал, из которого оно будет изготовлено [11, 14, 21, 25, 31].

При конструировании изделий из композиционных полимерных материалов следует сформулировать технические требования к ним, после чего сопоставить эти требования с реальными возможностями материала. При этом необходимо особое внимание обратить на те свойства композитов, которые существенно отличаются от характеристик традиционно используемых для этих целей материалов. К таким свойствам относятся существенно более высокий температурный коэффициент линейного

расширения по сравнению с металлом, низкая жесткость и недостаточная усталостная прочность при знакопеременных нагрузках.

Зная технические требования к материалу, необходимо спроектировать его состав и структуру. Под этим подразумевается, во-первых, выбор полимерной основы, отвердителя, катализатора отверждения и их соотношение в полимерной композиции, используемой в качестве связующего. Кроме того, состав материала определяется природой и структурой армирующего наполнителя, который должен быть выбран при проектировании.

Необходимо не только выбрать тип и природу армирующего материала, но и определить оптимальную схему армирования, поскольку для пластиков, имеющих в своем составе непрерывный наполнитель в виде волокна, нетканого полотна (мата) или ткани, характерна значительная анизотропия механических свойств. Наибольшее различие свойств проявляется в однонаправленных армированных материалах. Так, для стеклопластиков прочность вдоль волокон составляет 2000 МПа, в то время как в перпендикулярном направлении всего 40 МПа, т.е. в 50 раз меньше.

Правильный выбор схемы армирования с учетом условий эксплуатации изделия и вектора прилагаемой нагрузки позволяет многократно увеличить его эксплуатационную долговечность.

Итак, регулируя состав связующего, тип наполнителя и схему армирования, возможно уже на стадии проектирования армированного композиционного материала создать предпосылки для получения изделия с необходимыми эксплуатационными характеристиками.

После этого следует спроектировать технологию производства изделия, поскольку на его свойства будут влиять:

- температура и влажность исходного сырья;
- температура отверждения связующего;
- давление формования;
- режим постотверждения отформованных изделий.

При расчете состава и структуры материала и изделия пользуются эмпирическими формулами и соответствующим программным обеспечением. Расчеты, выполненные при проектировании материала и изделия, базируются на известных для соответствующих материалов характеристиках и их зависимостях от тех или иных параметров состава и структуры армированного композиционного материала.

На следующем этапе конструирования проводится технологическая отработка изделия с выпуском экспериментальных образцов. На этом этапе проверяется соответствие свойств опытных образцов изделия из армированного композита результатам выполненных расчетов и заданным техническим требованиям. После этого при необходимости проводится корректировка конструкции материала и изделия.

При конструировании армированных полимерных композиционных материалов широко используется компьютерная обработка данных.

Большое число и разнообразие программных продуктов для технологического и конструкционного проектирования изделий из армированных композитов свидетельствует о том, что использование программного обеспечения стало необходимым элементом композитной индустрии.

Программы позволяют повышать качество продукции, сокращать длительность разработки и организации производства изделия, комплексно решать задачи его оптимизации.

Особое внимание при конструировании армированных изделий уделяется технологическим свойствам исходных материалов: деформационным и фильтрующим характеристикам наполнителей и вязкостным свойствам связующего.

Как известно, высокая прочность стеклопластиков определяется наличием в их составе высокопрочных стекловолокон, принимающих более 90% нагрузки и занимающих до 80% объема изделия.

Технические требования к изделию трансформируются в технические требования к геометрии и материалу стенки изделия. Далее вырисовывается макроструктура волокнистого наполнителя (характер армирования) и условия ее реализации с большим количеством обратных связей.

На практике конструирование обычно начинают, ориентируясь на результаты, достигнутые в предыдущих разработках и оформление технического задания (Рис. 6.28).



Рисунок 6.28 – Простейшая схема инновационной разработки и образцы изделий из композиционных материалов

Это означает, что расчет изделия (прочностной, тепловой и т.д.) проводят на основании сведений о материале, характеристики которого известны заранее. В частности, при разработке стеклотекстолитов конструкторы ведут проектирование, исходя из числа слоев ткани, априори

предполагая, что каждый слой имеет определенную толщину и внесет свой вполне определенный вклад в прочностные, теплофизические и другие характеристики готового изделия.

Предварительная проработка проектируемого изделия на технологичность и оценка ожидаемой точности его изготовления являются одним из этапов проектирования.

Все систематические и случайные погрешности, возникающие в технологическом процессе производства изделий из стеклопластиков, в конечном счете могут привести к изменениям:

- толщины стенки;
- объемного содержания наполнителя;
- ориентации наполнителя.

Как уже отмечалось, наличие только одной жесткой формообразующей поверхности не может гарантировать точность исполнения толщины стенки. Колебание ее толщины при этом может быть случайным или закономерным изменением поверхностной плотности волокнистого наполнителя.

При выборе пластмасс методом аналогий используют классификацию пластмасс по эксплуатационному назначению, сведения о характерных особенностях различных пластмасс, их преимуществах, ограничениях по применению и способам переработки [14, 25, 32].

Современные достижения материаловедения и информационных технологий, наличие объемных баз данных позволяет автоматизировать проектирование полимерных материалов и полимерных композитов.

Краткие выводы

1. Инновационное развитие химической промышленности включает следующие мероприятия:

- технологическую модификацию производства, внедрение ресурсо- и энергосберегающих технологий путем привлечение прямых инвестиций, закупки и лицензий на высокоэффективные новейшие технологии;
- внедрение технологических процессов нового уровня, характеризующихся сокращением количества операций, безотходностью, глубоким переделом сырья;
- разработку нанотехнологий и получение материалов со специфическими эксплуатационными свойствами на уровне проектов общегосударственного уровня, влекущих за собой качественные изменения во всех отраслях экономики;
- создание «интеллектуальных» полимерных композитов, адекватно реагирующих на воздействия извне;
- продвижение нового вида полимеров, как самостоятельной ценности, так как биоразлагаемые полимеры представляют качественно новые возможности в области утилизации пластиковых отходов.

2. Наполнение полимеров позволяет практически неограниченно направленно регулировать технологические и эксплуатационные свойства полимерных материалов.

Свойства наполненных полимерных материалов конструкционного назначения (наполненных пластиков), способы их получения и переработки в изделия в значительной степени определяются природой полимерной матрицы и наполнителя, их объёмным соотношением, характером взаимного распределения и взаимодействием на границе раздела.

Необходимым условием совершенствования и развития производства изделий из полимерных и композиционных материалов является правильно организованный химический и физико-химический контроль, начинающийся с изучения и исследования сырья и кончающийся определением качества выпускаемой продукции; внедрение современных методов и аппаратуры для испытаний выпускаемой и разрабатываемой новой продукции.

Развитие методов испытания для определения механических и химических свойств, получение достоверных экспериментальных данных о характеристиках материалов в исходном состоянии и в процессе длительной эксплуатации позволяет стабильно повышать конкурентоспособность продукции.

3. Можно смело утверждать, что современное машиностроение и другие отрасли промышленности немыслимы без композиционных материалов. Неудивительно, что в последние десятилетия интенсивно развивается и наука о композиционных материалах.

Проблема выбора полимерных материалов возникает как при создании новых видов изделий, так и при замене традиционных материалов, а также уже используемых полимерных материалов на полимеры с улучшенными эксплуатационными и технологическими характеристиками или более доступные для приобретения.

Разнообразие программных продуктов для технологического и конструкционного проектирования изделий из полимерных материалов позволяет повышать качество реализации инновационных предложений и программ.

Участие специалистов среднего звена в инновационных работах на производстве позволяет им повышать свой профессиональный уровень, подтверждать свою компетентность. Создание, изучение и использование полимерных композиционных материалов – чрезвычайно перспективная и бурно развивающаяся область современного материаловедения.

Список использованных источников

1. Бондалетова Л.И., Бондалетов В.Г. Полимерные композиционные материалы (часть 1): учебное пособие – Томск: Издательство Томского политехнического университета, 2012. – 118 с.

2. Вшивков С.А., Тюкова И.С. Полимерные композиционные материалы. Лекции. [Электронный ресурс] - Екатеринбург: 2011.
3. Уорден К. Новые интеллектуальные материалы и конструкции - М.: Техносфера, 2006. - 224 с.
4. Полимерные композиционные материалы и производственные технологии нового поколения: материалы III Всероссийской научно-технической конференции (г. Москва, 29 ноября 2018 г.), [Электронный ресурс] /ФГУП «ВИАМ». - М.: ВИАМ, 2018. - 406 с. /Евдокимов А.А., Мишин С.И., Дышенко В.С., Раскутин А.Е. Применение полимерных композиционных материалов для изготовления элементов конструкции быстровозводимых мостовых сооружений - 101-112 с.
5. «Интеллектуальные» полимерные композиты [Электронный ресурс] www.newchemistry.ru/ (дата обращения 01.06.2020).
6. Тасекеев М.С., Еремеева Л.М. Производство полимеров как один из путей решения проблем экологии и АПК/ Алма-Аты: НЦ НТИ, 2009. - 200 с.
7. ГОСТ Р 54530-2011 (EN 13432:2000) Ресурсосбережение. Упаковка. Требования, критерии и схема утилизации упаковки посредством компостирования и биологического разложения.
8. Биоразлагаемая упаковка: сырье, материалы, переработка отходов, логистика. [Электронный ресурс]URL:<http://artikle.unipack.ru/6075> (дата обращения 03.06.2020).
9. Крутько, Э. Т., Прокопчук Н.Р., Глоба А.И. Технология биоразлагаемых полимерных материалов: учебно - методическое пособие. – Минск: БГТУ, 2014. - 105 с.
10. Власов С.В., Кандырин Л.Б., Кулезнев В.Н. и др. Основы технологии переработки пластмасс - М.: Мир, 2006. - 600 с.
11. Галыгин В.Е., Баронин Г.С., Таров В.П., Завражин Д.О. Современные технологии получения и переработки полимерных и композиционных материалов: учебное пособие - Тамбов: Изд-во ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2012. - 180 с.
12. Акутин М.С. Основы технологии переработки пластмасс - М.: Химия, 1985. - 400с.
13. Брадыхин Е.А., Шульгина Э.С. Технология пластических масс - Л.: Химия, 1982. - 328 с.
14. Шерышев М.А. Основы технологии переработки полимерных материалов: конструирование изделий из пластмасс - М.: Издательство Юрайт, 2019. - 119 с.
15. Петрюк, И. П. Материаловедение. Полимерные материалы и композиты. Учебное пособие, ч.1 – Волгоград: ИУНЛ ВолгГТУ, 2011. - 68 с.
16. Бондалетова Л.И., Сутягин В.М. Вискозиметрический метод определения молекулярной массы: Методическое пособие по выполнению лабораторных работ. - Томск: Изд. ТПУ, 2003 - 12 с.
17. Шубин Н.Е., Гордеев А.С., Логинова А.Ю. Химия и технология полимеров. Лабораторный практикум. Калуга: 2018.- 144 с.

18. Ровкина Н. М., Ляпков А. А. Лабораторный практикум по химии и технологии полимеров. Часть 1. Основные методы получения полимеров: Учебное пособие - Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2007 - 132 с.
19. Композиционные материалы: справочник / под ред. Карпиноса Д. М.- Киев: Наукова думка, 1985. - 591с.
20. Сутягин В.М., Ляпков А.А. Лабораторный практикум по химии и технологии полимеров. Ч.1 Основные методы получения полимеров: Учебное пособие - Томск: Издательство ТПУ, 2007. - 122 с.
21. Берлин А.А., Вольфсон С.А., Оммен В.Г., Еникополов Н.С. Принципы создания композиционных полимерных материалов - М.: Химия, 1990. - 237 с.
22. Композиционные материалы: справочник / под ред. Васильева В.В. - М.: Машиностроение, 1990. - 510с.
23. Кордикова Е. И. Композиционные материалы. Лабораторный практикум. - Минск: БГТУ, 2007. - 176 с.
24. Наркевич А. Л., Ставров В.П. Характеристики микроструктуры композитов, получаемых пултрузионной пропиткой стеклоровинга расплавом термопластичного олигомера. Труды БГТУ. Сер. VI, Физико-математические науки и информатика. - 2002. - Выпуск X. - 90 – 94 с.
25. Ставров В. П., Наркевич А.Л. Влияние структуры на жесткость и прочность пултрудируемых профилей из армированных термопластов.- Zeszyty naukowe Politechniki Bialostockiej. Nauki techniczne Nr. 138. Mechanika. Zeszyt 24. - Bialystok, 2001. - 445-451 s.
26. ГОСТ Р 579341 - 2017 Композиты полимерные. Инфракрасная спектроскопия. Качественный анализ.
27. Вернигорова В.Н., Саденко С.М., Макридин Н.И. Анализ полимеров строительного назначения. Лабораторный практикум. - Пенза: ПГУАС, 2013. - 292 с.
28. ГОСТ Р 57715-2017 Композиты полимерные. Определение ударной вязкости по Изоду.
29. ГОСТ Р 57866-2017 Композиты полимерные. Метод определения характеристик при изгибе.
30. ISO 9352-2012 Пластмассы. Определение износостойкости при помощи абразивного круга.
31. Марков А.В., Власов С.В. Принципы выбора полимерных материалов для изготовления изделий – журнал «Полимерные материалы»2004. - № 6-8.
32. Калинин Э.Л., Саковцева М.Б. Выбор пластмасс для изготовления и эксплуатации изделий. Справочное издание.- Л.: Химия, 1987. - 416 с.

ГЛАВА 7 ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ ПРИ ПЕРЕРАБОТКЕ ПЛАСТМАСС

Введение

Содержание главы «Охрана окружающей среды при переработке пластмасс» направлено на ознакомление будущих специалистов среднего звена с основными правилами, а также социально-экономическими, организационно - техническими, санитарно - гигиеническими, лечебно - профилактическими мероприятиями и средствами, направленными на обеспечение безопасности жизни и здоровья персонала производственного подразделения в процессе трудовой деятельности.

Задачами одноименного модуля является формирование у обучающихся навыков применения базовых знаний обеспечения безопасной эксплуатации производственного оборудования; контроля приемов работы персонала с применением мер защиты атмосферы, почвы и воды от промышленных загрязнений.

Основная базовая дисциплина модуля – «Экологические основы природопользования». Упор при освоении модуля также должен быть сделан на дисциплину «Охрана труда», изученную ранее поэтапно в предыдущих модулях.

В связи с ежегодным увеличением выбросов в биосферу промышленных загрязнений, в том числе при производстве и переработке пластмасс, проблемы экологии во всем мире ставятся на одно из первых мест.

Техник-технолог должен знать и идентифицировать основные техносферные опасности, характер воздействия вредных и опасных факторов на человека и окружающую среду; применять в своей работе методические материалы, действующие экологические стандарты и нормативы по охране окружающей среды; средства контроля соответствия технического состояния оборудования предприятия требованиям охраны окружающей среды и рационального природопользования.

7.1 Обеспечение безопасных условий труда на производстве

7.1.1 Нормативные акты по обеспечению безопасных условий труда на производстве



Основополагающими документами, обеспечивающими права работников на охрану, обеспечение безопасности и гигиену труда, являются:

- Конституция Республики Казахстан от 30.08.95 г;

- Закон РК "О безопасности и охране труда" от 28.02.2004 г. №528-11;
- Закон Республики Казахстан "О труде" от 10.12.99 г. №493-1, а также ряд международных Конвенций и Соглашений, ратифицированных Республикой Казахстан, юридическая сила которых выше национальных законов;
- Закон "О промышленной безопасности на опасных производственных объектах" от 3.04.2002 г.;
- Закон "О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения Республики Казахстан" от 8.07.1994 г. № 110-ХІІІ с изменениями от 8.12.99 г.;
- Закон Республики Казахстан "О пожарной безопасности";
- Закон Республики Казахстан "О чрезвычайных ситуациях природного и техногенного характера".

Конституция Республики Казахстан (стр.24) провозглашает, что каждый работающий в республике имеет право на условия труда, отвечающие требованиям безопасности и гигиены.[1]

На обеспечение данного конституционного права направлен Закон Республики Казахстан "О безопасности и охране труда" от 28.02.2004 г. №528-11, который:

- устанавливает основные принципы национальной политики в этой области в целях предупреждения несчастных случаев на производстве, сведения к минимуму опасных и вредных производственных факторов;
- распространяется на все виды хозяйственной деятельности и предприятия независимо от форм собственности.

Защита населения, окружающей среды и объектов хозяйствования от чрезвычайных ситуаций и последствий, вызванных ими, является одной из приоритетных областей проведения государственной политики.

Существует Закон Республики Казахстан "О чрезвычайных ситуациях (ЧС) природного и техногенного характера", регулирующий общественные отношения на территории республики по предупреждению и ликвидации ЧС.

Этот закон регулирует правовые отношения при ЧС социального и экологического характера. Законодательство Республики Казахстан в области ЧС природного и техногенного характера основывается на Конституции Республики Казахстан и состоит из вышеуказанного закона, а также иных нормативных правовых актов Республики Казахстан. [1]

Обеспечение пожарной безопасности является неотъемлемой частью государственной деятельности по охране жизни и здоровья людей, собственности, национального богатства и окружающей среды. Закон Республики Казахстан "О пожарной безопасности" регулирует правовые отношения государственных органов, физических и юридических лиц, независимо от форм собственности, в области обеспечения пожарной безопасности на территории республики.

Закон Республики Казахстан "О промышленной безопасности на опасных производственных объектах" регулирует правовые отношения в области обеспечения безопасной эксплуатации опасных производственных объектов и направлен на предупреждение аварий на производственных объектах, обеспечение готовности организаций к локализации и ликвидации их последствий, гарантированного возмещения убытков, причиненных авариями физическим и юридическим лицам, окружающей среде и государству. [1]

Закон "О труде" регулирует трудовые отношения, возникающие в процессе реализации гражданами конституционного права на свободу труда в Республике Казахстан.

Кроме того, к нормативным актам по охране труда относятся:

- санитарные правила, нормы, гигиенические нормативы, эргономические, физиологические и другие требования, утверждаемые Главным санитарно-эпидемиологическим управлением Министерства здравоохранения Республики Казахстан;

- правила и инструкции по охране труда отраслевого назначения, утверждаемые центральным органом исполнительной власти и соответствующим надзорным и контролирующим органом по согласованию с Управлением охраны труда Департамента занятости и трудовых отношений

Министерства труда и социальной защиты населения Республики Казахстан;

- правила и инструкции по охране труда межотраслевого назначения, утверждаемые Департаментом охраны труда Министерства труда и социальной защиты населения Республики Казахстан по согласованию с министерствами, ведомствами.

К нормативным актам по охране труда относятся:

- стандарты Системы стандартов безопасности труда (ССБТ) ГОСТ, утвержденные межгосударственным Советом по стандартизации, метрологии, сертификации;

- отраслевые стандарты (ОСТ) соответствующих министерств, ведомств;

- стандарты предприятия (СТП);

- СНиП, СН - санитарные правила, нормы, гигиенические нормативы, эргономические, физиологические и др. требования, утвержденные Главным санитарно-эпидемиологическим управлением Министерства здравоохранения Республики Казахстан;

- правила и инструкции по охране труда отраслевого назначения, утвержденные центральным органом исполнительной власти и Управлением охраны труда Департамента занятости и трудовых отношений Министерства труда и социальной защиты населения Республики Казахстан;

- правила и инструкции по охране труда межотраслевого назначения, утвержденные Управлением охраны труда Департамента

занятости и трудовых отношений Министерства труда и социальной защиты населения Республики Казахстан;

- организационно-методические документы, положения, методические указания, утвержденные центральным органом исполнительной власти Республики Казахстан. [1]

7.1.2 Обязанности должностных лиц по соблюдению законодательства об охране труда

Решение одной из основных задач государства — создание полностью безопасных и здоровых условий труда — неразрывно связано с совершенствованием методов управления охраной труда на всех уровнях, от рабочего места до управления предприятием.

Управление охраной труда на предприятии должно быть составной частью, подсистемой общей системы управления предприятием. Управление всегда осуществляется для достижения определенной цели. Целью управления охраной труда является обеспечение безопасности, сохранения здоровья и работоспособности человека в процессе труда. [1]

Цель управления в свою очередь может быть достигнута путем выполнения определенных функций управления. Объектом управления охраной труда является деятельность функциональных служб и структурных подразделений предприятия по обеспечению безопасных и здоровых условий труда на рабочих местах, производственных участках, в цехах и на предприятии в целом.

Управление охраной труда на предприятии (в объединении) осуществляет руководитель предприятия. В функциональных службах и структурных подразделениях управление осуществляют их руководители.

Нормальное функционирование и совершенствование системы управления охраной труда возможно только при наличии информации о состоянии объекта управления. Информация должна поступать в виде количественных и качественных показателей, характеризующих состояние безопасности труда на отдельных рабочих местах и участках производства. Функциями управления охраной труда на предприятии являются:

- планирование работ по охране труда;
- организация и координация работ в области охраны труда;
- учет и анализ состояния охраны труда и функционирования системы управления охраной труда;
- контроль состояния охраны труда и функционированием системы управления охраной труда;
- стимулирование работы по совершенствованию охраны труда.

Цель управления охраной труда на предприятии может быть достигнута при решении следующих основных задач:

- обучения работающих безопасности труда и пропаганды вопросов охраны труда;

- обеспечения безопасности производственного оборудования;
- обеспечения безопасности производственных процессов;
- обеспечения безопасности зданий и сооружений;
- нормализации санитарно-гигиенических условий труда;
- обеспечения работающих средствами индивидуальной защиты;
- обеспечения оптимальных режимов труда и отдыха работающих;
- организации лечебно-профилактического обслуживания работающих;
- организации санитарно-бытового обслуживания работающих;
- профессионального отбора работающих по отдельным специальностям. [1]

7.1.3 Ответственность должностных лиц за нарушение законодательства об охране труда

Лица, виновные в нарушении законодательства Республики Казахстан о безопасности и охране труда, несут ответственность, предусмотренную законами Республики Казахстан. [1]

В случае если на предприятии имеются нарушения охраны труда или техники безопасности, то должностные лица несут ответственность:

- дисциплинарную;
 - административную;
 - уголовную;
 - материальную.
- В том случае, если нарушения по охране труда не влекут за собой тяжелые последствия и не могут повлечь их, налагается дисциплинарная ответственность (выговор, строгий выговор, перевод на другую должность).

Административная ответственность за нарушение законодательства об охране труда выражается в наложении на виновных должностных лиц денежных штрафов (налагают штрафы инспекторы Департамента министерства труда и социальной защиты населения Республики Казахстан, Комитета противопожарной службы Министерства Республики Казахстан по чрезвычайным ситуациям, Госсанэпиднадзора). [1]

В случае если нарушения правил по охране труда могли повлечь или повлекли несчастные случаи с людьми или иные телесные последствия, виновные несут уголовную ответственность.

Материальная ответственность виновных должностных лиц за нарушение правил охраны труда возникает, если в результате такого нарушения предприятие будет обязано выплатить определенные денежные суммы потерпевшему от несчастного случая лицу или органам соцстраха. Эти денежные суммы частично или полностью взыскиваются с виновных должностных лиц. [1]

7.1.4 Методы оценки профессионального риска

Оценка профессиональных рисков проводится в целях минимизации юридических, финансовых, материальных потерь бизнеса (минимизации расходов, убытков), или иначе - в целях обеспечения конкурентного преимущества. [2]



Рисунок 7.1 – Последовательность оценки рисков

Под риском подразумевается прогноз вероятности реализации опасной ситуации.

Последовательность оценки рисков состоит из нескольких шагов (Рис.7.1).

Основные методические и организационные задачи, которые неизбежно приходится решать:

1.Формирование перечня опасностей, кем и как, а так же как его использовать в дальнейшем.

2.Связывание опасности с выполняемыми операциями человеком – машиной (оборудованием, инструментом) и внешней средой, в которой

выполняется эта операция. Т.к. опасности вне действия (конкретного, а не абстрактного), вне взаимодействия просто не существует.

3.Определение частоты (доли времени) присутствия опасности.

4.Одним из важнейших шагов является дефрагментация трудовой деятельности, т.к. позволяет связать опасности с конкретной деятельностью и даже действиями, а не профессией (наполнение профессии конкретными работами зависит от предприятия). [2]

Схема или шаги рабочего процесса оценки можно представить в виде таблицы 7.1, которая позволяет найти не только факторы определяющие уровень риска, но и методы управления ими, а так же способы оценки эффективности и стоимости работ по снижению уровня риска.

Таблица 7.1 – Факторы производственного риска

| Факторы уровня опасности | | Примечание |
|--------------------------|--|--|
| Опасность | Частота (А) | Частота выполнения действия, при котором возможно воздействие опасного или вредного производственного действия |
| | Тяжесть (В) | Наиболее вероятная тяжесть нанесения ущерба здоровью |
| | Численность персонала, подверженного опасности (С) | Численность подверженных воздействию опасного или вредного производственного фактора |
| | Вероятность воздействия (D) | Частота проявления опасного или вредного производственного фактора в диапазоне от нулевых последствий до крайних |

Наиболее часто в случае аварий и производственных травм их причиной возможно сочетание ошибок в системе «Человек-Машина». Их (форм взаимодействия) всего четыре (Рис.7.2).

1. Неправильные/ошибочные действия человека + исправная машина.
2. Правильные действия человека + неисправная машина.
3. Неправильные/ошибочные действия человека + неисправная машина.
4. Правильные действия человека + исправная машина.

В результате трех первых форм взаимодействия возможно только два исхода:

-Система восстанавливает работоспособность, т.е. продолжает работать;

-Система выходит из строя и происходит несчастный случай.

Число «опасных состояний», связанных с человеком, по результатам расследования несчастных случаев, колеблется от 60% до 90% (по данным различных источников). [3]

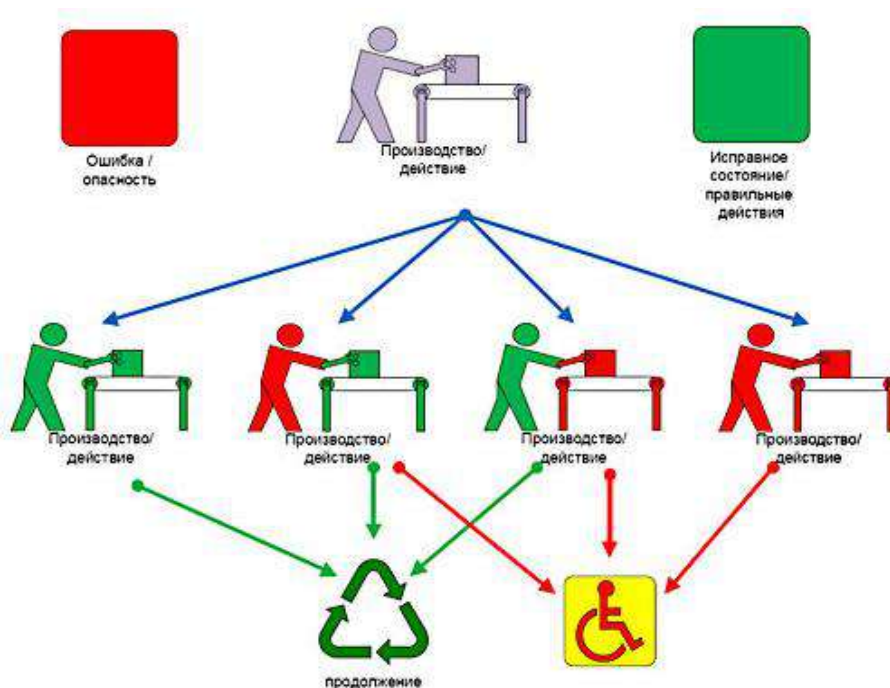


Рисунок 7.2 - Основные формы взаимодействия человека с механизмами

7.1.5 Назначение документирования в сфере охраны труда

Основные типы документов по охране труда в организации.

Из всего разнообразия документов, можно выделить несколько основных типов документации по охране труда, которая должна вестись в организации. [1]

- Локальные нормативные акты работодателя, связанные с вопросами охраны труда и безопасности производства. Эти акты устанавливают организационно-управленческие правила соблюдения работниками (и тем самым – соблюдением работодателем) государственных нормативных требований охраны труда.

- Различные документы, фиксирующие деятельность работников (и тем самым – деятельность работодателя) по соблюдению требований локальных нормативных актов, государственных нормативных требований охраны труда и пр. К такой документации следует отнести и результаты специальной оценки условий труда (СОУТ). Это самый большой тип документов по охране труда у работодателя. Он фиксирует (документирует) всю конкретную деятельность, но главное, мероприятия по профилактике производственного травматизма и профессиональной заболеваемости. [1]

- Важнейшие документы охраны труда – материалы расследования несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний. В принципе они тоже относятся к «записям», но их особый статус, их крайняя важность и для пострадавшего и для работодателя заставляют выделить их из массива всех других записей.

- Письма и предписания органов власти, надзора и контроля и т.п. Все они, как правило, требуют каких-то оперативных действий, а потому и выделены особо.

- Документы, содержащие государственные нормативные требования охраны труда. Все они нужны не только для их выполнения и для информирования работников об условиях их труда, их правах и обязанностях, но и для разработки локальных нормативных актов работодателя (по охране труда). Полезно иметь базу действующей нормативной правовой и нормативно-технической документации по охране труда и безопасности производственной деятельности и договор со сторонней организацией, осуществляющей информационное обслуживание по актуализации этой базы.

- Документы, содержащие требования к правильной эксплуатации того или иного оборудования, безопасному использованию инструмента, сведения об опасности материалов, сертификаты соответствия и т.п. «внешние» документы.

- Документы официальной статистической отчетности работодателя перед органами государственной власти.

- Документы внутренней отчетности подразделений перед управлением, управления перед собственником (учредителем). Эти документы могут содержать сведения, составляющие коммерческую тайну работодателя.

- Условно, к особому типу документов, могут быть отнесены учебно-методические, чисто информационные и другие (не строго обязательные) документы, связанные с работами по охране труда и обеспечением безопасности производства.

- Прочие, не относящиеся к перечисленным выше, документы по охране труда.

Документация по охране труда на рабочих местах.[1]

Для каждого функционального подразделения определяются места постоянного хранения рабочих и контрольных экземпляров документации по охране труда с конкретным Перечнем документов по каждому рабочему месту и указанием лица, ответственного за комплектность и состояние этих документов в указанном месте.

Среди этих документов в первую очередь следует иметь в виду Инструкции по охране труда на все рабочие места и на все виды производимых работ. Журналы учета первичного инструктажа и специального инструктажа для работ с повышенной опасностью. Закрытые наряды на работы с повышенной опасностью. Журналы учета микротравм. Журналы учета инцидентов и аварий (для опасных производственных объектов). Здесь же необходимы журналы первой ступени контроля и пр.

Руководители функциональных подразделений обеспечивают укомплектование нормативными правовыми документами, организуют

работу по своевременному обновлению и представлению своим работникам информации о состоянии нормативной базы в области охраны труда. [1]

Краткие выводы

1. Создание безопасных условий труда на предприятиях различных форм собственности является одним из главных приоритетов.
2. Безопасность труда - это состояние условий труда, при которых воздействие на работающего опасных и вредных производственных факторов исключено или воздействие вредных производственных факторов не превышает предельно допустимых значений.
3. Высокий уровень организации охраны труда на предприятии способствует росту производительности труда работников, а тем самым и росту производства, и повышению его эффективности; сокращению потерь рабочего времени, сокращению случаев производственного травматизма, профессиональных заболеваний и пр.

? Вопросы для самостоятельного контроля

1. Назовите органы, которые осуществляют государственное управление в области охраны труда в Республике Казахстан.
2. Что входит в функции Министерства труда и социальной защиты населения Республики Казахстан?
3. Назовите органы государственного надзора и контроля охраны труда.
4. В каком документе приводятся права работников на безопасность и охрану труда?
5. Какие виды ответственности предусмотрены за нарушение законодательства по охране труда?
6. Какие документы по охране труда должны быть на предприятии?
7. Как определяются производственные риски?

7.2 Контроль безопасных приемов работы персонала

7.2.1 Содержание инструкций по охране труда и безопасному выполнению работ персоналом

Приказ Министра здравоохранения и социального развития Республики Казахстан от 30 ноября 2015 года № 927. Об утверждении Правил разработки, утверждения и пересмотра инструкции по безопасности и охране труда работодателем. Зарегистрирован в Министерстве юстиции Республики Казахстан 26 декабря 2015 года № 12534.

Содержание инструкции. [1]

Инструкция содержит краткую характеристику технологического процесса и всесторонне охватывает вопросы организации безопасного труда.

Каждой Инструкции присваивается соответствующее наименование. В наименовании следует кратко указать для какой профессии или вида работ она предназначена.

Требования Инструкции излагаются в соответствии с последовательностью технологического процесса, с учетом условий, в которых выполняется данная работа:

- общие требования безопасности и охраны труда;
- требования безопасности и охраны труда перед началом работы;
- требования безопасности и охраны труда во время работы;
- требования безопасности и охраны труда в аварийных ситуациях;
- требования безопасности и охраны труда по окончании работы.

В разделе «Общие требования к безопасности и охраны труда» отражаются:

1. условия допуска лиц к самостоятельной работе по профессии или к выполнению соответствующей работы (возраст, пол, состояние здоровья, проведение инструктажей);
2. указания о необходимости соблюдения правил трудового распорядка;
3. требования по выполнению режимов труда и отдыха;
4. характеристики опасных и вредных производственных факторов, воздействующих на работника;
5. нормы выдачи для данной профессии специальной одежды и других средств индивидуальной защиты с указанием обозначений государственных, отраслевых стандартов и технических условий на них;
6. требования по обеспечению пожаро - и взрывобезопасности;
7. требования личной гигиены, которые работник соблюдает при выполнении работы. [1]

В разделе «Требования безопасности и охраны труда перед началом работы» излагаются:

1. порядок подготовки рабочего места, средств индивидуальной защиты;
2. порядок проверки исправности оборудования, приспособлений и инструмента, ограждений, сигнализации, блокированных и других устройств, защитного заземления, вентиляции и местного освещения;
3. порядок проверки наличия и состояния исходных материалов (заготовки, полуфабрикаты);
4. порядок приема смены в случае непрерывной работы;
5. требования производственной санитарии.

В разделе «Требования безопасности и охраны труда во время работы» излагаются:

1. способы и приемы безопасного выполнения работ, требования по использованию технологического оборудования, приспособлений и инструментов;
2. требования безопасного обращения с исходными материалами (сырье, заготовки, полуфабрикаты);
3. требования безопасной эксплуатации транспортных средств, технических устройств, тары и грузоподъемных механизмов;
4. указания по безопасному содержанию рабочего места;
5. основные виды отклонений от нормативного технологического режима и методы их устранения;
6. действия, направленные на предотвращение аварийных ситуаций;
7. требования к использованию средств защиты работников. [1]

В разделе «Требования безопасности и охраны труда в аварийных ситуациях» излагаются:

1. действия работников при возникновении аварий и ситуаций, которые приведут к нежелательным последствиям;
2. действия по оказанию медицинской помощи пострадавшим при травмировании, отравлении и внезапном заболевании;
3. порядок уведомления работодателя о случаях травмирования работника и неисправности оборудования, приспособлений и инструмента. [1]

В разделе «Требования безопасности и охраны труда по окончании работы» излагаются:

1. порядок безопасного отключения, остановки, разборки, очистки и смазки оборудования, приспособлений, машин, механизмов и аппаратуры, а при непрерывном процессе - порядок передачи их по смене;
2. порядок сдачи рабочего места;
3. порядок уборки отходов производства;
4. требования соблюдения личной гигиены и производственной санитарии;
5. порядок извещения работодателя обо всех недостатках, обнаруженных во время работы. [1]

При необходимости использования ссылок на нормативные правовые акты, требования этих нормативных правовых актов воспроизводятся в инструкциях.

7.2.2 Применение средств индивидуальной защиты

Средства индивидуальной защиты подразделяются на три группы:

1. Средства индивидуальной защиты органов дыхания;
2. Средства индивидуальной защиты кожного покрова;
3. Медицинские индивидуальные средства защиты. (Рис.7.3).

Технические средства индивидуальной защиты предназначены для защиты органов дыхания (маски, респираторы, противогазы), слуха (беруши, наушники, антифоны), зрения (очки, щитки, маски) от вибрации (виброзащитные рукавицы), от поражения электрическим током (диэлектрические перчатки, галоши, коврики), от механического травмирования (каска, страховочные пояса, рукавицы, перчатки) и других опасных и вредных факторов. [3]



Рисунок 7.3 – Индивидуальные средства защиты

Смывающие и обезвреживающие средства предназначены для защиты кожи рук и лица от химических веществ и загрязнений (пасты, мази, моющие средства).

К медицинским средствам защиты относятся: лекарственные препараты, перевязочные материалы, средства дезинфекции и обеззараживания, средства ухода за пострадавшими, медицинское имущество (оборудование), аптечки, защитная одежда и пр. [3]

7.2.3 Применение коллективных средств защиты персонала

Средства коллективной защиты (СКЗ) – это средства, используемые для предотвращения или уменьшения воздействия на работников вредных и опасных производственных факторов, а также для защиты от загрязнения. В зависимости от назначения выделяют следующие классы СКЗ:

- а) средства нормализации воздушной среды производственных помещений и рабочих мест;
- б) средства нормализации освещения производственных помещений и рабочих мест;
- в) средства защиты:
 - от ионизирующего, инфракрасного, ультрафиолетового и электромагнитного излучений;
 - магнитных и электрических полей;
 - излучения лазеров;
 - шума, вибрации и ультразвука;
 - поражения электрическим током;
 - статического электричества;
 - высоких и низких температур окружающей среды;
 - воздействия механических, химических и биологических факторов;
 - падения с высоты. [3]

Так, например, средства нормализации воздушной среды производственных помещений и рабочих мест включают устройства для поддержания нормируемой величины барометрического давления, вентиляции и очистки воздуха; кондиционирования воздуха; локализации вредных факторов, отопления; автоматического контроля и сигнализации; дезодорации воздуха.

Средства нормализации освещения производственных помещений и рабочих мест включают в себя источники света, осветительные приборы; световые проемы; светозащитные устройства, светофильтры.

Средства защиты от повышенного уровня ионизирующих излучений включают оградительные; предупредительные устройства; герметизирующие устройства, защитные покрытия; устройства улавливания и очистки воздуха и жидкостей; средства дезактивации; устройства автоматического контроля; устройства дистанционного управления; средства защиты при транспортировании и временном хранении радиоактивных веществ; знаки безопасности; емкости для радиоактивных отходов.

Средства защиты от повышенного уровня инфракрасных излучений включают устройства: оградительные, герметизирующие, теплоизолирующие; вентиляционные; устройства автоматического контроля и сигнализации; дистанционного управления; знаки безопасности.

Средства защиты от повышенного или пониженного уровня ультрафиолетовых излучений включают устройства: оградительные; вентиляционные; автоматического контроля и сигнализации; дистанционного управления; знаки безопасности.

Средства защиты от повышенного уровня электромагнитных излучений включают оградительные устройства; защитные покрытия; герметизирующие устройства; устройства автоматического контроля и сигнализации; устройства дистанционного управления; знаки безопасности.

Средства защиты от повышенного уровня шума включают устройства: оградительные; звукоизолирующие, звукопоглощающие; глушители шума; устройства автоматического контроля и сигнализации, дистанционного управления.

Средства защиты от поражения электрическим током включают устройства: оградительные; автоматического контроля и сигнализации; изолирующие устройства и покрытия; устройства защитного заземления и зануления; устройства автоматического отключения и др.

Средства защиты от повышенного уровня статического электричества включают заземляющие устройства; нейтрализаторы; увлажняющие устройства; антиэлектростатические вещества; экранирующие устройства.

Средства защиты от пониженных или повышенных температур поверхностей оборудования, материалов и заготовок включают устройства: оградительные; автоматического контроля и сигнализации; термоизолирующие; дистанционного управления.

Средства защиты от повышенных или пониженных температур воздуха и температурных перепадов включают устройства: оградительные; автоматического контроля и сигнализации; термоизолирующие; дистанционного управления; для обогрева и охлаждения.

Средства защиты от воздействия механических факторов включают устройства: оградительные, автоматического контроля и сигнализации; предохранительные; дистанционного управления; тормозные; знаки безопасности.

Средства защиты от воздействия химических факторов включают устройства: оградительные; автоматического контроля и сигнализации; герметизирующие; для вентиляции и очистки воздуха; для удаления токсичных веществ; дистанционного управления; знаки безопасности.

Средства защиты от воздействия биологических факторов включают оборудование и препараты для дезинфекции, дезинсекции, стерилизации, дератизации; оградительные устройства; устройства для вентиляции и очистки воздуха; знаки безопасности. [3]

К средствам защиты от падения с высоты относятся ограждения; защитные сетки; знаки безопасности.

7.2.4 Порядок расследования и регистрации несчастных случаев

Оформление и регистрация несчастных случаев.

Каждый несчастный случай, связанный с производством, вызвавший у работника (работников) потерю трудоспособности не менее одного дня, в соответствии с медицинским заключением (рекомендацией) оформляется актом о несчастном случае или ином повреждении здоровья работника на производстве по форме Н-1 в необходимом количестве экземпляров (на каждого пострадавшего в отдельности). [1]

Подтвержденные в установленном порядке организацией здравоохранения случаи профессионального заболевания и отравления оформляются также актом по форме Н-1.

Акт по форме Н-1 заполняется, и подписывается руководителями службы охраны труда и подразделения организации, утверждается работодателем и заверяется печатью организации. В случаях профессионального заболевания (отравления) акт по форме Н-1 также подписывается представителями органа Госсанэпидслужбы или Центра профессиональной патологии, а также представителем работников организации. Если работодатель физическое лицо, то акт по форме Н-1 заполняется и подписывается работодателем и заверяется нотариально.

По окончании расследования каждого несчастного случая, работодатель не позднее трех дней обязан выдать пострадавшему или его доверенному лицу акт. Кроме того, один экземпляр акта по форме Н-1 остается у работодателя, а другой направляется госинспектору труда. В случае профессионального заболевания и отравления копия акта по форме Н-1 передается также органу Госсанэпидслужбы. [1]

В случае несогласия с результатом расследования или несвоевременного оформления акта по форме Н-1 пострадавший, представитель работников организации или иное заинтересованное лицо имеют право письменно обратиться к работодателю, который обязан в десятидневный срок рассмотреть его заявление и принять решение по существу.

Решение главного государственного инспектора труда Республики Казахстан по вопросам расследования несчастных случаев и их классификации, как связанных с производством, так и не связанных с ним, оформляется в виде заключения.

Расследование несчастного случая с тяжелым или со смертельным исходом, группового несчастного случая и группового случая острого профессионального заболевания (отравления) работников оформляется специальным актом. [1]

Акт по форме Н-1 о несчастном случае оформляется в соответствии с материалами расследования.

В случае если один из членов комиссии по расследованию несчастного случая не согласен с выводами комиссии (большинства), он представляет в письменном виде свое мотивированное особое мнение для включения его в материал расследования. Акт специального расследования он подписывает с оговоркой «смотри особое мнение».

Если мнение госинспектора труда расходится с мнением большинства членов комиссии, то он обязан подписать акт с оговоркой «смотри (включение)».

Материалы специального расследования несчастного случая наряду с актом специального расследования должны содержать:

- 1) акт по форме Н-1;

- 2) сведения о прохождении пострадавшим обучения и инструктирования по охране труда, а также предварительных и периодических медицинских осмотров;
- 3) протоколы опросов и объяснения очевидцев происшествия, а также должностных лиц работодателя, ответственных за соблюдение требований правил и норм охраны труда;
- 4) планы, схемы и фотоснимки места происшествия;
- 5) выписки из инструкций, положений, приказов и других актов, регламентирующих требования безопасности, обязанности и ответственность должностных лиц за обеспечение здоровых и безопасных условий труда на производстве и т.д.;
- 6) медицинское заключение о характере и тяжести повреждения здоровья пострадавшего (причине смерти);
- 7) результаты лабораторных и других исследований, экспериментов, экспертизы, анализов и т.п.;
- 8) заключение госинспектора (главного) труда при его наличии;
- 9) сведения о материальном ущербе, причиненном работодателю;
- 10) приказ работодателя о возмещении пострадавшему (членам семьи) причиненного ущерба его здоровью и привлечении к ответственности должностных лиц, виновных за допущенный случай;
- 11) перечень прилагаемых документов.

Материалы акта специального расследования несчастного случая передаются работодателем председателю комиссии (2 экземпляра), а также один экземпляр государственному инспектору по предупреждению и ликвидации чрезвычайных ситуаций при случаях, происшедших на опасных промышленных объектах. [1]

Материалы акта специального расследования в семидневный срок по окончании расследования направляются государственным инспектором труда в местные органы внутренних дел, которые в соответствии с законодательством должны принять решение и сообщить о принятом решении направлявшей стороне. По одному экземпляру материалов акта специального расследования передаются в государственный орган по труду и центральный исполнительный орган по предупреждению и ликвидации чрезвычайных ситуаций при случаях, происшедших на опасных промышленных объектах. [1]

Материалы расследования несчастного случая подлежат хранению в организации в течение сорока пяти лет, в случае ее ликвидации материалы расследования несчастного случая в обязательном порядке должны быть переданы в государственный архив по месту ее деятельности.

Результаты расследования каждого несчастного случая рассматриваются работодателем и доводятся до сведения работников.

В целях выработки и принятия исчерпывающих мер по предупреждению подобных происшествий, объективного решения вопросов предоставления пострадавшим (членам их семей и другим заинтересованным

лицам) предусмотренных законодательством льгот и компенсаций по возмещению ущерба, причиненного их здоровью, издается соответствующий приказ.

Порядок расследования и учета несчастных случаев, происшедших с работниками в пути следования на работу или с работы. [1]

Расследованию подлежат несчастные случаи, вызвавшие утрату трудоспособности не менее одного дня, происшедшие в течение двух часов по пути следования на работу и с работы. При этом утрата трудоспособности работников считается не связанной с производством.

Расследование несчастного случая осуществляется комиссией, создаваемой распоряжением работодателя, в состав которой входят представители работодателя, работников и профсоюза, в течение трех суток с момента получения сообщения о факте несчастного случая.

По результатам расследования составляется акт расследования несчастного случая, происшедшего в пути следования на работу или с работы, по форме Н-2 в четырех экземплярах, который подписывается членами комиссии, проводившими расследование, утверждается работодателем и заверяется печатью.

Один экземпляр акта по форме Н-2 хранится вместе с листком нетрудоспособности, второй - с материалом расследования в службе охраны труда, третий - выдается на руки пострадавшему, четвертый направляется представителям работников. Акт по форме Н-2 регистрируется в специальном журнале и хранится пять лет. [1]

7.3 Меры защиты атмосферы, почвы и воды от промышленных загрязнений

7.3.1 Проблемы экологической безопасности Республики Казахстан



Определение основных экологических рисков, оказывающих влияние на экономику Казахстана, дает возможность разработки и проведения более эффективной государственной политики в области экологизации экономики, производства, развитию природосберегающих технологий, особенно в ведущих отраслях промышленности. [5]

Это актуально еще и потому, что республика, претворяя в жизнь «Стратегию 2030», «Концепцию перехода к устойчивому развитию на 2007-

2024гг.» ставит целью долгосрочной экологической стратегии - гармонизацию взаимодействия общества и окружающей среды, а также создание экологически безопасной, благоприятной среды обитания.

По данным опубликованного мониторинга о состоянии окружающей среды в Республике Казахстан, подготовленного группой казахстанских и российских ученых и экспертов ПРООН в Казахстане, впору можно объявить Казахстан зоной экологического бедствия.

По имеющимся оценкам 75% территории страны подвержены повышенному риску экологической дестабилизации.

Около 5 миллионов жителей Казахстана проживают в условиях загрязненного атмосферного воздуха, а 2 миллиона - в условиях крайне высокого уровня загрязнения, и все эти два миллиона живут в южной столице республики. Ежегодный объем атмосферных загрязнений в Казахстане колеблется в пределах 3 млн. тонн (3,4 млн. тонн в 2009 г.), г. Алматы-150-250 тыс. тонн. 85% промышленных выбросов приходится на 43 крупных предприятия. [5]

Казахстанскими учеными разработана модель расчета ущерба, нанесенного здоровью населения вследствие ухудшения экологической ситуации с учетом общих затрат на лечение, диагностику и профилактику патологий населения, средней продолжительности жизни, затрат на выплаты по больничным листам и пенсии инвалидам.

По данным Центра охраны здоровья и экопроектирования, потери Казахстана составляют 70,8 доллара США на каждого жителя в год. Это означает, что негативный эффект для здоровья населения Казахстана от загрязнения атмосферного воздуха составляет не менее 1,9 миллиарда в год.

В наши дни, как никогда прежде, остро стоит проблема с непрерывно возрастающими отходами пластиков. В связи с этим, учебное пособие восполняет знания в области утилизации и вторичной переработки пластиков с целью возврата их в производство и улучшения экологии.

Решение вопросов, связанных с охраной окружающей среды, требует значительных капитальных вложений. Стоимость обработки и уничтожения отходов пластмасс примерно в 8 раз превышает расходы на обработку большинства промышленных и почти в три раза – на уничтожение бытовых отходов. Это связано со специфическими особенностями пластмасс, значительно затрудняющими переработку отходов. Использование отходов полимеров позволит существенно экономить первичное сырье (прежде всего нефть) и электроэнергию. [5]

7.3.1.1 Новый Экологический кодекс РК

Главным событием в сфере экологии в 2019 году стало создание Министерства экологии, геологии и природных ресурсов Республики Казахстан (МЭГПР РК). Создание центрального исполнительного органа призвано усовершенствовать политику страны в области охраны

окружающей среды, создать условия для интенсивного развития отрасли по управлению отходами.

Право граждан на благоприятную окружающую среду закреплено в Конституции Республики Казахстан. В пункте 1 статьи 31 Основного Закона говорится: «Государство ставит целью охрану окружающей среды, благоприятной для жизни и здоровья человека».

Это конституционное положение нашло свое дальнейшее развитие в Экологическом кодексе, который действует в Казахстане с 2007 года. [4]

В 2019 году ведущими экспертами и бизнес - сообществом была проделана большая работа по разработке нового Экологического кодекса РК, который основан на наилучшем международном опыте. В декабре на очередном заседании Правительства под председательством Премьер-Министра Аскара Мамина был одобрен проект новой редакции Экологического кодекса РК.

Кодекс состоит из 7 основных принципов, главный из которых — «загрязнитель платит и исправляет».

Изменения предусматривают применение процедуры оценки воздействия на окружающую среду (ОВОС) лишь в отношении крупных предприятий «первой категории», а не всех природопользователей. При этом общественность будет участвовать во всех стадиях ОВОСа, а не единожды на этапе экологической экспертизы.

С 2025 года будут применяться комплексные экологические разрешения (КЭР) для крупных объектов «первой категории» и внедрен механизм наилучших доступных технологий (НДТ), направленный на снижение выбросов в окружающую среду. Перешедшие на НДТ компании освобождаются от платы за эмиссии, для остальных ставки платы за выбросы будут постепенно повышаться в 2, 4, 8 раз каждые три года, начиная с 2028 года (с 2025 г. для топ-50 крупных предприятий). [4]

Получение КЭР станет обязательным для вновь вводимых предприятий. При этом местные исполнительные органы обязаны финансировать природоохранные мероприятия за счет поступающих экологических платежей в объеме 100%.

В проекте Кодекса предусмотрено создание автоматизированной системы мониторинга объемов выбросов вредных веществ в окружающую среду крупнейшими предприятиями-загрязнителями.

В Кодексе исключена процедура предварительного уведомления о проверке предприятия по факту экологического нарушения и жалоб через СМИ, что позволит уполномоченным государственным органам незамедлительно реагировать и пресекать причинение ущерба окружающей среде. При этом административные штрафы за экологические правонарушения будут увеличены в 10 раз. [4]

Проект новой редакции Экологического кодекса также вводит 5-ступенчатую иерархию отходов и обязательную «поэтапность» в обращении

с ними: предотвращение/минимизация образования – повторное использование, переработка, утилизация – захоронение.

Классификация отходов будет приведена в соответствии с Европейским каталогом отходов, охватывая как неопасные, так и опасные отходы.

Одновременно внедряется механизм «Waste to Energy», то есть сжигание отходов с последующим получением электроэнергии по аналогии с ВИЭ. Это позволит к 2025 г. сократить объемы отходов до 30% и привлечь инвестиции на сумму более 180 млрд тг. [4]

7.3.2 Вредные производственные факторы производства и переработки пластмасс

7.3.2.1 Полимеризационные пластмассы

Полимеризационные пластмассы (полиэтилен, полипропилен, полиметилакрилат, полимеры и сополимеры стирола) перерабатывают литьем под давлением, экструзией и другими методами с одновременным формованием изделия (Рис 7.4). При этом выделяются токсичные вещества (таблица 7.2).



Рисунок 7.4- Переработка полиэтилена

Таблица 7.2 - Вредные производственные факторы производства и переработки полимеризационных пластмасс

| | |
|-------------------------|--|
| Температура процесса | 160-300 °С |
| Вредные факторы | Углеводороды, альдегиды (ацетальдегиды и формальдегиды) ацетон, спирты (бутанол и пропанол), оксид углерода, органические кислоты, полиметилметакрилат, бутанол, этанол, этилацетат, метилпропинат и бутен |
| Воздействие на человека | Химический, неблагоприятный микроклимат, шум и физическая нагрузка |
| Меры защиты | Теплоизоляция и герметичность оборудования, автоматизация всех процессов, постоянный контроль температурного режима в печах и содержанием в воздухе летучих веществ, что может значительно улучшить условия труда. |

7.3.2.2 Полимеры на основе стирола

Также часто в промышленности используют полимеры и сополимеры стирола (Рис 7.5; Рис.7.6).



Рисунок 7.5-Гранулы полистирола



Рисунок 7.6-Производство пенополистирола

При эмульсионной и суспензионной полимеризации отмечается повышенное содержание *пыли полистирола* при сушке готового продукта (особенно в сушилках поточного типа в отличие от вихревых) и вредных химических веществ, образующихся при получении и переработке полистирола (*таблица 7.3*).

Таблица 7.3 - Вредные производственные факторы производства и переработки полистирола

| | |
|-------------------------|--|
| Температура процесса | 190-230°C |
| Вредные факторы | Стирол, оксид стирола дивинил и нитрил акриловой кислоты дивинил, а также меркаптаны, шум |
| Воздействие на человека | Функциональные изменения верхних дыхательных путей, печени, угнетение кроветворных органов, изменение состояния вегетативной нервной системы: покраснение кожи, повышенная потливость и т.д. тремор (дрожание) пальцев вытянутых рук при наркотическом действии этих соединений. |
| Меры защиты | -Внедрение непрерывных технологических процессов. -Герметизация аппаратов и коммуникаций. -Тщательное динамическое наблюдение за состоянием работающих и детальное изучение санитарно-гигиенических условий труда. |

7.3.2.3 Поливинилхлорид

Поливинилхлорид - один из наиболее распространенных пластиков, из которого получают более трех тысяч материалов и изделий.

В смеси с другими волокнами ПВХ применяют в производстве товаров народного потребления (обои, покрытия для полов и крыш домов, жалюзи, мебель, материалы для электроприборов и компьютерные аксессуары, офисное оборудование, оконные рамы, посуда и пушистые трикотажные изделия) с маркировкой PVC (Рис.7.7 и Рис.7.8)

ПВХ получают полимеризацией винилхлорида (ВХ) водно-эмульсионным или водно-суспензионным способом с добавлением инициатора и эмульгатора в вертикальных аппаратах с мешалками.



Рисунок 7.7 - Гранулы ПВХ



Рисунок 7.8- Производство труб из поливинилхлорида

Важно понимать, что поливинилхлорид является далеко не безобидным бытовым материалом и представляет серьезную проблему для экологии планеты и в целом людей (таблица 7.4).

Таблица 7.4 - Вредные производственные факторы производства и переработки поливинилхлорида

| | |
|-------------------------|---|
| Температура процесса | 60-150°C |
| Вредные факторы | Шум большой интенсивности, винилхлорид, свинец, кадмий |
| Воздействие на человека | В производственных условиях винилхлорид поступает в организм работающих через органы дыхания. При воздействии высоких концентраций винилхлорида на организм человека может выявиться токсический ангионевроз, остеопороз и остеосклероз конечностей. |
| Меры защиты | <ul style="list-style-type: none"> - Мероприятия по повышению герметичности аппаратов; - Регулярная очистка рабочей зоны (оборудования, стен и пола) от пыли ПВХ; - Профилактические медицинские осмотры работающих; - Лечебно-профилактическое питание; - Индивидуальные средства защиты. |

7.3.2.4 Акриловые полимеры

Основное сырье для акриловых полимеров и сополимеров - акриловая (АК) и метакриловая (МАК) кислоты и их эфиры: метилакрилат (МА), бутилакрилат (БА), метилметакрилат (ММА), бутилметакрилат (БМА), а также нитрилакрилат, акриламид, метакриламид, стирол и другие. В качестве инициаторов и регуляторов полимеризации используют персульфат калия и аммония, гидросульфат натрия, пероксиды бензоила и лаурила, меркаптаны, пластификаторов – дибутилфталат, эмульгаторов - гипан, ОП-10, а также красители. Метилметакрилат отнесен к наркотикам с выраженным воздействием на нервную систему (таблица 7.5).



Рисунок 7.9 - Производство акриловых красителей



Рисунок 7.10 - Производство акриловых ванн

Наибольшее применение в производстве пластмасс и покрытий получили метиловый, этиловый и бутиловый эфиры акриловой и метиловый и бутиловый эфиры метакриловой кислот. (Рис.7.9 и Рис.7.10).

Таблица 7.5 - Вредные производственные факторы при производстве акриловых полимеров

| | |
|-------------------------|--|
| Температура процесса | 150-170 °С |
| Вредные факторы | Химические факторы: метилметакрилат, средне- и высокочастотный шум, перегретый воздух определенных рабочих зон |
| Воздействие на человека | При хронической интоксикации ММА вызывает повышение уровня холестерина и ожирение (в результате нарушения углеводного обмена); возможна дисфункция печени, изменение состава крови. У женщин возможны нарушения менструального цикла и осложнения во время беременности и родов. |
| Меры защиты | Большое значение для <i>оздоровления условий труда</i> и как профилактическая мера имеют средства индивидуальной защиты - пневмомаски и пневмокостюмы с принудительной подачей воздуха, а также регулярные профилактические медицинские осмотры. |

7.3.2.5 Фенолформальдегидные смолы и пластмассы

Фенолформальдегидные смолы получают конденсацией фенолов с альдегидами, в зависимости от соотношения этих компонентов и вида катализатора получают термопласты или термореактивные (новолачные) смолы (Рис.7.11).



Рисунок 7.11-Формальдегидная смола



Рисунок 7.12 -Производство фенолформальдегидных смол

Технологический процесс состоит из ряда этапов: подготовка сырья (фенол, формалин, катализатор), приготовление реакционной смеси, конденсация (варка), выпаривание влаги из готовой смолы, термообработка, слив, охлаждение, измельчение готового продукта (Рис.7.12).

В ходе процесса получения и переработки смол выделяются вредные вещества (таблица 7.6)

Кроме загрязнения атмосферы, крупнотоннажные производства основного органического и нефтехимического синтеза являются серьезным источником химического загрязнения сточных вод.

Таблица 7.6 - Вредные производственные факторы при производстве фенолформальдегидных и аминокформальдегидных смол

| | |
|-------------------------|--|
| Температура процесса | 180-200 °С |
| Вредные факторы | Фенол, формальдегид и крезол, шум от прессов, конвекционное и лучистое тепло от пресс-форм, нагреваемых до 200°С и не имеющих теплоизоляции, излучение электромагнитных волн служат ТВЧ-генераторы для подогрева таблеток из смол. |
| Воздействие на человека | Среди работающих отмечены заболевания верхних дыхательных путей, желудочно-кишечного тракта, сердечно - сосудистой системы и кожи. Пыль смол и пресс-материалов может вызвать пневмофиброз. Кроме того, смолы, клеи, толуол, ксилол и ацетон при экспозиции более 10 лет могут послужить причиной развития гипохромной анемии. |
| Меры защиты | Для <i>оздоровления среды</i> необходимо полностью автоматизировать процессы перекачки фенола в емкости, транспортировки и расфасовки смолы, а также внедрить дистанционное управление всеми процессами. Особое значение имеет очистка поверхности оборудования и стен помещения от пыли и пресс-порошка. |

Краткие выводы

1. Таким образом, в процессе переработки пластмасс могут происходить выбросы газообразных продуктов, твердых отходов и сточных вод, которые загрязняют окружающую среду.

2. Большое количество производственных отходов свидетельствует о несовершенстве технологического процесса. Требуется пересмотр технологического процесса в сторону безотходного производства.

3. Очистка и утилизация отходов - важнейшая задача, которую необходимо учитывать на всех этапах производства и переработки пластмасс.

? Вопросы для самостоятельного контроля

1. Вследствие каких процессов вредные вещества попадают в воздушную среду?

2. Какое воздействие химического вещества невозможно определить сразу в момент воздействия?

3. Какой самый опасный путь проникновения в организм отравляющих веществ и почему?
4. Как реагирует организм человека на воздействие вредных химических веществ?
5. Какие средства индивидуальной защиты органов дыхания должны применяться на производстве?
6. Какие средства массовой защиты от вредных и токсичных веществ должны применяться на производстве?
7. Какие основные неблагоприятные факторы имеют место при переработке пластмасс?

7.3.3 Методы определения количественных и качественных характеристик загрязнения окружающей среды



Чистый воздух имеет следующий состав (в процентах):

$N_2 = 78,08\%$,

$O_2 = 20,95\%$,

$Ar = 0,93\%$,

$CO_2 = 0,03\%$.

7.3.3.1 Предельно допустимые концентрации вредных веществ

Воздух производственных помещений практически не бывает чистым, так как многие технологические процессы сопровождаются выделением в воздух вредных веществ: газов, паров и пыли. Пары и газы образуют с воздухом смеси, а твердые и жидкие вещества - аэрозоли, которые делятся на пыль (размер твердых частиц более 1 мкм), дым (менее 1 мкм) и туман (размер жидких частиц менее 10 мкм).

Для исключения профессиональных заболеваний содержание вредных веществ в воздухе рабочей зоны помещений не должно быть выше предельно допустимых концентраций.

Предельно допустимая концентрация (ПДК) - это концентрация веществ в воздухе рабочей зоны, которая при ежедневной (кроме выходных дней) работе в течение восьми часов или при другой продолжительности (не более 40 часов в неделю) во время всего трудового стажа не может вызвать заболеваний или отклонений в состоянии здоровья, обнаруживаемых современными методами исследования в процессе работы или в отдаленные сроки жизни настоящего и последующих поколений. ПДК газов, паров и пыли выражаются в $мг/м^3$. [6]

Различают ПДК максимально разовые и ПДК среднесменные.

При одновременном присутствии в атмосфере нескольких вредных веществ, обладающих однонаправленным действием, не должна превышать единицы сумма:

$$\frac{C_1}{ПДК_1} + \frac{C_2}{ПДК_2} + + \frac{C_n}{ПДК_n} \leq 1, \quad (7.1)$$

где C_1, C_2, \dots, C_n - концентрация вредных веществ в атмосфере в одной и той же точке помещения, $мг/м^3$;

$ПДК_1, ПДК_2, \dots, ПДК_n$ - предельно допустимые концентрации тех же веществ, $мг/м^3$.

Допустимое содержание вредных веществ в воздухе рабочих зон и населенных пунктов в Казахстане регламентируется *Приложением 2* к Гигиеническим нормативам «Санитарно-эпидемиологические требования к атмосферному воздуху в городских и сельских населенных пунктах» и утверждены приказом Министра национальной экономики Республики Казахстан от 28 февраля 2015 года № 168 (*таблица 7.7*).

Таблица 7.7 - Предельно допустимые концентрации некоторых вредных веществ в воздухе рабочей зоны производственных помещений

| Наименование | Химическая формула | ПДК м.р., $мг/м^3$ | ПДК с.с., $мг/м^3$ | Класс опасности |
|---|--------------------|--------------------|--------------------|-----------------|
| 3,4- Бенз (а) пирен | $C_{20}H_{12}$ | - | 0,00015 | 1 |
| Озон | O_3 | 0,1 | | 1 |
| Аммиак | NH_3 | 0,2 | 0,04 | 4 |
| Бромбензол | C_6H_5Br | - | 0,03 | 2 |
| 2,4-Дибромтолуол | $C_7H_6Br_2$ | 0,4 | 0,1 | 2 |
| Никель | Ni | 0,05 | | 1 |
| Хромовый ангидрид | Cr_2O_3 | 0,01 | | 1 |
| Формальдегид | HCHO | 0,5 | | 2 |
| Фтористый водород | HF | 0,5 | 0,1 | 1 |
| Углерод пыли (SiO_2) | C | - | 10 | 4 |
| Углерода оксид | CO | 20 | | 4 |
| Ацетон | C_3H_6O | 200 | | 4 |
| Акрилонитрил (Акриловой кислоты нитрил, пропеннитрил) | C_3H_3N | - | 0,03 | 2 |
| Аммиак | NH_3 | 0,2 | 0,04 | 4 |

7.3.3.2 Методы определения ПДК вредных веществ

Для определения содержания в воздушной среде вредных веществ применяется много различных методов, которые можно разделить на две группы: лабораторные и экспрессные.

Пробы воздуха следует отбирать на рабочем месте на уровне дыхания человека (примерно 1,5 м от уровня пола).

Лабораторные методы являются наиболее точными, но отличаются длительностью заполнения и требуют от работников специальной подготовки. [6]

К этой группе методов относятся следующие: фотометрические, люминесцентный, полярографический, спектроскопический, хроматографический.

Экспрессные методы выполняются в течение короткого промежутка времени, но являются менее точными. В основе этих методов лежат цветные реакции. Все они могут быть разделены на две группы: калориметрические и линейно – калориметрические. [6]

Для производственного контроля состава воздушной среды чаще всего применяют экспрессные методы, позволяющие достаточно быстро и просто выполнить необходимые анализы с помощью газоанализаторов.

Автоматические методы обоснованы на применении газоанализаторов автоматического действия (механических, магнитных, тепловых, спектрометрических, электрических, оптических и др.).

Содержание вредных веществ в воздухе, подаваемом внутрь производственных помещений, а также в воздухе, возвращаемом на рециркуляцию в вентиляционных системах, не должно превышать 30% величины ПДК, установленных для рабочей зоны. [6]



Рисунок 7.13 - Портативные газоанализаторы

Переносные газоопределители позволяют быстро (в течение нескольких минут) определить содержание в воздухе рабочей зоны и принять оперативные меры (Рис.7.13).

Стационарные газоанализаторы для контроля техпроцессов применяются для постоянного автоматического производственного и технологического анализа техпроцессов на объектах различных производств (Рис.7.14).

Это немобильные приборы непрерывного действия, предназначенные для постоянного измерения массовых концентраций анализируемых веществ (O_2 , Cl_2 , CO и других) на предприятиях различных областей промышленности, где необходим круглосуточный мониторинг за химическими компонентами. [6]

Приборы для непрерывного контроля над содержанием вредных веществ должны быть оборудованы самопишущими устройствами и выдавать сигналы в случае превышения ПДК. [6]



Рисунок 7.14-Стационарный газоанализатор



Рисунок 7.15 - Аспираторы

Для отбора проб воздуха с целью проведения его анализа используются аспираторы. Это специализированные приборы, имеющие набор каналов с различным диапазоном расхода воздуха и обладающие массой дополнительных функций (Рис.7.15).

? Вопросы для самостоятельного контроля:

1. Каков состав чистого воздуха?
2. Почему в производственных помещениях нарушается состав воздуха?
3. Какими методами контролируется запылённость воздуха рабочей зоны производственных помещений?
4. Понятие о вредных веществах их классификация.
5. Какие нормативные показатели установлены для контроля химического загрязнения воздушной среды? В чем их различие?
6. Как организованы наблюдения за уровнем загрязнения атмосферы в населенных пунктах и в воздухе?
7. Как осуществляется контроль содержания вредных веществ в воздухе рабочей зоны?
8. Какую аппаратуру применяют для отбора проб?
9. Какие физико-химические методы контроля воздушной среды на содержание токсических ингредиентов наиболее распространены?
10. Принцип действия портативных газоанализаторов?

Практическая работа 7.1

Тема: Анализ фактической концентрации веществ путем сравнения их с ПДК.

Цель: Изучение методики обработки полученных результатов

Порядок выполнения задания:

А). Получить от преподавателя перечень исследуемых веществ для анализа их концентраций в различных зонах (перечень можно дополнить и сделать работу по вариантам).

В). Начертить таблицу, заполнить имеющейся информацией.

С). Найти в нормативно-технической документации ПДК для каждого вещества и внести его значение в таблицу.

Д). Сделать выводы о соответствии (несоответствии) концентрации каждого вещества значению его ПДК. Соответствие нормам обозначить знаком (+), а несоответствие знаком (-).

Экспериментальная часть

Таблица 1 - Исходные данные

| № | Вещество | Фактическая концентрация, мг/м ³ | ПДК для рабочей зоны, мг/м ³ | ПДКмах для воздуха населенных пунктов | Класс опасности | Соответствие нормам в рабочей зоне (+ или -) | Соответствие нормам для населенных мест (+ или -) |
|---|----------------|---|---|---------------------------------------|-----------------|--|---|
| 1 | Фенол | 0,001 | | 0,01 | | | |
| 2 | Полипропилен | 5,0 | | 3,0 | | | |
| 3 | Оксиды азота | 0,1 | | 0,6 | | | |
| 4 | Ацетон | 0,5 | | 0,35 | | | |
| 5 | Формальдегид | 0,02 | | 0,035 | | | |
| 6 | Оксид углерода | 10 | | 6,3 | | | |

Написать письменный отчет о выполненной работе, обосновать сделанные выводы.

Отчет о практической работе

1. Общие сведения.
2. Перечислить используемые нормативно-технические документы.
3. Привести данные измерений (заполненные таблицы).
4. Сделать общие выводы по практической работе.

Лабораторная работа 7.1

Тема: Определение запыленности воздуха помещения

Цель: Изучение методики проведения химического анализа запыленности помещений аспирационным весовым (гравиметрическим) методом.

Теоретический материал.

Запыленность воздуха можно определить гравиметрическим (весовым), счетным (микроскопическим), фотометрическим и некоторыми другими методами. Удаление пыли из воздуха может быть осуществлено различными способами (например, аспирационным, основанным на пропускании воздуха через фильтр).

В санитарно-гигиенической практике основным методом определения запыленности принят гравиметрический метод потому, что при постоянстве химического состава первостепенное значение имеет масса пыли.

Определение только массы пыли не дает полной картины ее вредности для человека и технологического процесса, так как при одинаковой массе может быть разный химический, гранулометрический состав пыли. Полная характеристика пыли состоит из ее массы, содержащейся в единице объема воздуха, химического и дисперсного составов.

Порядок выполнения задания:

Метод основан на улавливании пыли из просасываемого через фильтр воздуха при скорости аспирации 10-20 л/мин с последующим пересчетом на 1 м³ воздуха (м³=1000 л).

Негигроскопичный аэрозольный фильтр вместе с бумажным кольцом взвешивают на аналитических весах с точностью до 0,1 мг до (А₁) и после отбора пробы (А₂). Для отбора пробы фильтр укрепляют в аллонже (патроне) электроасpirатора, пропуская через него пробу воздуха со скоростью 20 л/мин (V) в течение 5-10 мин. (Т).

Объем отобранной пробы воздуха рассчитывают по формуле:

$$v = T \times V.$$

Содержание пыли в объеме воздуха v рассчитывают по формуле:

$$X = [(A_2 - A_1) \times 1000] / v,$$

где X – содержание пыли в воздухе, мг/м³; А₂ - вес фильтра с пылью после отбора пробы, мг; А₁ - вес фильтра до отбора пробы, мг; v - объем воздуха, л.

Гигиеническая оценка степени загрязнения воздуха пылью дается при сопоставлении рассчитанного содержания пыли (X) с предельно допустимыми концентрациями (ПДК) нетоксичной пыли в атмосферном воздухе:

-максимальная разовая ПДК_{макс} = 0,5 мг/м³,

-среднесуточная ПДК_{с/с} = 0,15 мг/м³.

По результатам замеров составляется таблица 3.

Таблица 3 - Результаты исследований для расчетов

| Фильтры | 1 | 2 | 3 |
|--|---|---|---|
| Масса фильтра до отбора пробы, m_1 , мг | | | |
| Масса фильтра после отбора пробы, m_2 , мг | | | |
| Расход воздуха Q , л/мин | | | |
| Продолжительность фильтрации, τ , мин | | | |
| Температура воздуха, t , °C | | | |
| Атмосферное давление, P , Па | | | |
| Приведенный объем воздуха | | | |
| Концентрация пыли в воздухе, C_n , мг/м ³ | | | |
| ПДК по ГОСТ 12.1005-88, $C_{зост}$, мг/м ³ | | | |

Вопросы для контроля:

1. Дать определение пыли.
2. Перечислить основные свойства пыли.
3. Дать определение системы аспирации.
4. Привести классификацию пыли.

5. Рассказать о воздействии пыли на организм человека.
6. Перечислить основные методы определения запыленности воздуха.
7. В какую сторону изменится масса фильтра до и после проведения лабораторной работы.

Отчет по лабораторной работе

1. Общие сведения.
2. Описание оборудования и приборов.
3. Данные измерений (заполненные таблицы).
4. График зависимости объема от содержания.
5. Снимок фильтра после проведения лабораторной работы при использовании цифрового микроскопа.
6. Ответ на контрольные вопросы.
7. Общие выводы по лабораторной работе.

7.4 Пути совершенствования процессов производства и переработки пластмасс

7.4.1 Безотходные и малоотходные технологии

Термин «безотходная технология» получил широкое распространение в мире. Наиболее полная трактовка термина следующая:



Рисунок 7.16- Принципы безотходной технологии

Безотходная технология – это такой способ производства продукции (процесс, цех, территориально-производственный комплекс), при котором наиболее рационально и комплексно используются сырье и энергия в цикле «сырьевые ресурсы – производство – потребление – вторичные сырьевые ресурсы» таким образом, что любые воздействия на окружающую среду не нарушают ее нормального функционирования (Рис.7.16).

В определении, прежде всего, подчеркивается необходимость использования сырьевых ресурсов в цикле, включающем также и сферу потребления, а это значит, что замкнутым такой цикл может быть только на уровне территориально-производственного комплекса (ТПК). [7,8]

Следовательно, безотходное производство (БОП) должно быть практически замкнутой системой, организованной по аналогии с природными экологическими системами.

Под малоотходным понимается такой способ производства продукции (процесс, предприятие, ТПК), при котором вредное воздействие на окружающую среду не превышает уровня, допустимого санитарно-гигиеническими нормами. [8]

При этом по техническим, организационным, экономическим и другим причинам часть сырья и материалов переходит в отходы и направляется на длительное хранение или захоронение.

7.4.2 Применение биоразлагаемых материалов

Радикальным решением проблемы полимерного мусора, по мнению некоторых специалистов, является создание *биоразлагаемых полимеров*, которые распадаются на безвредные для живой и неживой природы вещества. [9]



Рисунок 7.17 - Разложение биопластиков

Биоразлагаемый материал можно получить как из биологического сырья, так и из нефтепродуктов. Когда-то для упаковки широко применялся целлофан на основе вискозы - биополимер, быстро разлагающийся в природе. Затем он был вытеснен полиэтиленовой и полипропиленовой пленкой. Но производство биополимеров уже полностью сертифицировано по ISO и ГОСТ, а также в мировых центрах аттестации материалов.

Биопластики разлагаются с течением времени под действием природных факторов (рис.7.17).

Считается, что полимерные материалы на основе растительного сырья (зерновых, древесины, крахмала, полисахаров) разлагаются на *полностью безопасные компоненты*: воду, диоксид углерода, биомассу и другие естественные природные соединения, т. е. обеспечивают абсолютную экологичность процессов утилизации.

К тому же запасы растительного сырья могут возобновляться вечно. Однако все не так просто, как кажется на первый взгляд. Для того чтобы идея биоразложения полимерного материала реализовалась, необходима *совокупность трех основных факторов*:

- соответствующие условия окружающей среды;
- наличие микроорганизмов селективно действующих на полимерный материал;
- полимерные материалы определенной химической структуры.

Самый перспективный и многообещающий биопластик для

химической промышленности—*полилактид*. Спектр его использования обширен: ламинирование бумаги для упаковки, посуда для микроволновых печей, мешки для отходов одноразовая посуда, упаковка для пищевых продуктов. [9]

В Нур-Султане в 2014 году начато производство биопакетов. По всему СНГ нет аналогов такого производства. Биопакеты отличаются тем, что состоят из растительного сырья. Сырье привозят из Испании, Германии и Франции. В составе — модифицированный картофельный крахмал, полимолочная кислота из кукурузы, ацетат целлюлозы и пластификатор (Рис.7.18).

В производственном цехе одна линия, где выпускается пять миллионов изделий в месяц. На первом этапе гранулы нагреваются и превращаются в тесто. Потом тесто вытягивается, наматывается на рулоны, и получается пленка. Дальше наносится логотипы, и изделие проходит на конечный этап формирования донных швов, ручек. Есть отдельная установка, где делаются перчатки для общепита.

Биоразлагаемые пакеты казахстанского производства отправляются на экспорт в Грузию, Россию, Татарстан и Кыргызстан, сообщает пресс-служба АО Kazakh Invest National Company. [9]

Фирма Биопакет производит фасовочные упаковки различных форм и размеров, пакеты, мешки для мусора, мешки для утилизации медицинских отходов, упаковочные пакеты для бутылей, одежды и продуктов питания.

Практически все крупные фирмы в области производства полимерной продукции предложили свой ассортимент биоразлагаемых материалов. Рынок биоразлагаемых полимеров является одним из наиболее быстроразвивающихся сегментов агрохимического комплекса в странах Америки, Европы, Японии.

Но биоразлагаемые полимеры полностью не решают экологической проблемы:

- трудно регулировать скорость их распада на свалках под воздействием факторов окружающей среды;
- довольно высокая стоимость биоразлагаемых полимеров;
- безвозвратная потеря ценных сырьевых ресурсов, в том числе пищевых, особенно с учетом наличия голода в отдельных регионах мира;
- технологические трудности производства биоразлагаемых полимеров;
- полностью не доказана безопасность таких материалов и воздействия продуктов их распада на растительный и животный мир.

Поэтому, по мнению ряда специалистов, избавление от отходов полимеров путем создания и применения биоразлагаемых материалов должно иметь контролируемое применение, а возможно, и ограниченное. Обсуждается и моральный аспект проблемы: имеет ли человечество право использовать с/х сырье для производства химической продукции, если в мире существует голод.

Биоразлагаемые материалы с активным растительным наполнителем впервые появились в 70 – 80-х гг XX века на рынке упаковки США, Италии, Германии. Это были композиции крахмала с различными синтетическими полимерами. [10]

Сейчас доступными считаются более 30 различных биополимеров, которые находят широкое применение не только на рынке упаковки, но и в текстильной промышленности, с/х, медицине, строительстве.



7.4.3 Применение вторичного пластика

Около трети вторичного пластика используется для изготовления *волокон для ковров, синтетических нитей, одежды*. Остальные направления включают производство листа, пленки, бандажной ленты, обивки для автомобилей.



Приблизительно 70% всего вторичного европейского ПЭТ используется для производства *волокон полиэстера*. Волокна большого размера используются как *утеплитель спортивной одежды, спальных мешков, как наполнитель для мягких игрушек*. [10]



Вторичный пластик также используется для изготовления *волокон меньшего диаметра*. Из них получают искусственную шерсть, используемую для трикотажных рубашек, свитеров и шарфов. Такие ткани могут содержать до 100% вторичного материала. Например, для изготовления теплого свитера из искусственной шерсти требуется в среднем 25 *переработанных ПЭТ-бутылок*.



Переработка ПЭТ-бутылок—процесс превращения ПЭТ-бутылок в новый материал, что позволяет избежать попадания полиэтилентерефталата в окружающую среду и уменьшить количество отходов, направляемых на полигоны.

Получается, что пластик как строительный и производственный материал практически неисчерпаем. Таким образом, если его перерабатывать, то количество пластикового мусора практически не будет расти, что, несомненно, положительно скажется на состоянии окружающей среды и ее обитателей.

Рисунок 7.18-
Производство
био пакетов в
Нур-Султане

Считается, что это «закрывает петлю рециркуляции», поскольку позволяет упаковке быть переработанной в новую упаковку. Все переработанные упаковки остаются доступными для вторичной переработки. Бандажная лента из вторичного пластика предназначена, главным образом, для промышленных целей. Она может с успехом конкурировать с лентами из полипропилена и стали. Волокнистый материал, полученный из вторичного пластика, можно использовать в качестве сорбента на очистных сооружениях АЗС, в качестве утеплителя или наполнителя. [10]



Рисунок 7.19- Использование вторичного пластика

Из пластиковых отходов и минеральных наполнителей (золы, песка) производится *полимербетон*, очень прочный и долговечный материал, имеющий разнообразное применение. Пластик, полученный из использованных бутылок для напитков, может стать потенциально дешевым сырьем, а его вторичная переработка в полимербетон позволит также решить проблемы утилизации. Применение полимербетона для ремонта бетона из портландцемента может быть весьма эффективным. Поверхностный слой полимербетона может иметь толщину всего 10 — 25 мм, что обеспечивает износостойкость и малую проницаемость (Рис.7.19).

Полимербетон легкий, быстро затвердевает и образует прочное сцепление с бетонной поверхностью, его можно быстро наносить и восстанавливать, что очень важно для мостов и полов в производственных помещениях. Нанесение покрытий из полимербетона на железобетонные строительные конструкции существенно улучшает их внешний вид. Весьма эффективно применение полимербетона для дренажа кислотных стоков, подземных сводов, соединительных боксов канализационных труб.

Не стоит забывать и о том, что основная часть *наполнителей для постельного белья*, поступающая из Китая, изготовлена из вторичного ПЭТ.

Компания *Envosmart* (Нидерланды) объявила о том, что подписала соглашения в нескольких европейских странах о строительстве предприятий по переработке пластиковых отходов в *высококачественное дизельное топливо*. Топливо, производимое на предприятиях «Envosmart», может быть использовано в любых стандартных дизельных двигателях, отмечают в компании. [10]

Предпринимателю, который его реализует, будет оказана государственная поддержка в форме целевой бюджетной субсидии на приобретение дробилки. Проект носит явно социальный характер – в

процессе его внедрения в жизнь будут дополнительно созданы 9 рабочих мест с хорошей заработной платой.

Китайская компания *Beijing Roy Environment Technology Ltd* объявила о создании установки EZ-Power по переработке разных видов пластиковых отходов в электроэнергию. При этом работает установка совершенно бесшумно и не производит вредных выбросов в окружающую среду.

Как сообщается в пресс-релизе *Американского химического общества* со ссылкой на публикацию в отраслевом журнале «Energy & Fuels», химики компании «Chevron» и Университета Кентукки разработали технологию получения моторного масла из полиэтилена. Разработчики полагают, что «пластиковое масло» сможет конкурировать даже с более дорогими маслами, получаемыми на основе воска Фишера-Тропша, где в качестве исходного сырья используется природный газ.

Краткие выводы

1. Современные технологии, как производства, так и потребления продукции, во всех сферах хозяйства должны быть замкнутыми, безотходными, аналогично тому, как построены биогеохимические циклы миграции вещества и энергии в биосфере.
2. Ни один объект промышленности не должен внедряться, если заблаговременно не выяснен возможный ущерб для окружающей среды в результате его осуществления.
3. Основной и единственно надежный подход состоит в создании безотходной технологии, исключающей загрязнение и превращающей отходы в ресурсы.
4. Переход на биоразлагаемые полимеры для упаковки полностью не решит проблемы отходов.

? Вопросы для самостоятельного контроля

1. Дайте определение безотходным технологиям и безотходным производствам.
2. Чем отличается малоотходное производство от безотходного?
3. Какое производство называется чистым?
4. Перечислите основные направления в создании МОТ и БОТ?
5. Дайте характеристику замкнутого производства на примере конкретного производства изделий из пластмасс.
6. Как рассчитать коэффициент безотходности производства?
7. Назовите отходы растениеводства, применяемые в производстве биополимеров.
8. Предложите свой вариант недорогого сырья для производства биопластмасс.
9. Охарактеризуйте поведение вторичного сырья при переработке.
10. Причины склонности к деструкции вторичных полимеров?

Список использованных источников

1. Аманжолов Ж.К. Охрана труда и техника безопасности: учебное пособие - Астана. : «Фолиант», 2007.-444с.
 2. Охрана труда и промышленная экология: учебник для учреждений сред.проф. образования / В.Т.Медведев, С.Г.Новиков, А.В. Каралюнец, Т.Н.Маслова.-М: «Академия», 2012.-416с.
 3. Экологический кодекс Республики Казахстан от 9 января 2007 года № 212 (с изменениями и дополнениями по состоянию на 06.06.2020 г.)
 4. Окружающая среда. Оценка риска для здоровья (мировой опыт). М.,1996
 5. «Безопасность жизнедеятельности» С.В.Белов, А.В.Ильницкая, А.Ф.Козьяков и др.; под.ред С.В.Белова. 7-е изд.-М.: Высш.шк.,2007
 6. Кривошеин Д. А., Дмитренко В. П., Федотова Н. В. Основы экологической безопасности производств: Учебное пособие. 2015. - 336с.
 7. Сутягин В.М., Бондалетов В.Г, Кукурина О.С. Принципы разработки малоотходных и безотходных технологий, 2-е издание, переработанное и дополненное. Издательство Томского политехнического университета, 2009.
 8. Вторичная переработка пластмасс / под ред. Ф. Ла Мантиа; пер. с англ. под ред. Г. Е. Заикова. – СПб.: Профессия, 2009. – 400 с.
 9. Липик, В. Т. Рециклинг и утилизация полимерных отходов / В. Т. Липик, Н. Р. Прокопчук. – Минск: БГТУ, 2008. – 260 с
 10. Потапова Е.В. Проблема утилизации пластиковых отходов. Журнал: «Известия Байкальского государственного университета», 2018г.
- Электронные ресурсы
<http://delta-grup.ru/bibliot/98/81.htm>
http://www.libussr.ru/doc_ussr/usr_12347.htm
<https://studfile.net/preview/3549590/page:28/>
<https://studfile.net/preview/1971412/page:2/>
<https://articlekz.com/article/9573>

ГЛАВА 8 Преддипломная практика

Введение

Преддипломная практика является завершающей частью производственной практики. Глава «Преддипломная практика» знакомит обучающихся с режимом и оборудованием конкретного предприятия полимерного производства, с работой подразделений предприятия, цехами общезаводского назначения, формирует навыки систематизации материалов для выполнения выпускных работ или защиты квалификационного экзамена; выполнения должностных обязанностей техника-технолога.

Производственная преддипломная практика имеет своей задачей обобщение и совершенствование знаний и практических навыков, полученных обучающимися в процессе обучения, ознакомление непосредственно на предприятиях с передовой технологией, организацией труда и экономикой производства, приобретение умений организаторской работы по избранной специальности, сбор и подготовку материалов к выпускному квалификационному экзамену. [1]

Обучающиеся в ходе практики изучают формы и содержание технологической документации, используемой в цехе (технологических регламентов, графиков технологических режимов технологического журнала, сменных заданий нарядов, журнала распоряжений по цеху, заявок на материалы, инструменты и т.д.) Кроме этого, обучающиеся усваивают:

- правила промышленной санитарии, техники безопасности и пожарной безопасности;

- формы, методы и результаты внедрения НОТ в практику работы цеха. Опыт новаторов производства.

- нормы расхода основных и вспомогательных материалов сырья и материалов полуфабрикатов, отходов производства и безвозвратных потерь, потребности в различных видах энергии на единицу готовой продукции. Участки унификации отходов и эффект от их внедрения.

Производственные экскурсии проводятся в смежные цехи общезаводского назначения, а также во вспомогательные отделы, не предусмотренные в соответствующих пунктах раздела настоящей программы. Особое внимание обучающихся должно быть обращено на общую технологическую схему производства тех изделий, цикл получения которых проходит через все основные технологические цеха предприятия.

В экскурсионном порядке обучающиеся должны ознакомиться со вспомогательными цехами предприятия: ремонтно-механическим, котельными и другими. Экскурсии проводятся ведущими технологами предприятия и заводскими руководителями практики.

В период производственной преддипломной практики обучающиеся обязаны вести дневники, в которые заносятся: перечень выполняемых работ

замечания и выводы по отдельным вопросам технологии и организации производства.

В ходе практики обучающиеся работают дублерами по квалификации, изучают структуру подразделений предприятия, роль служб предприятия: отделов главного механика, технологического отдела, ОТИЗ, ПЭО, ЦЗЛ, ОТК и других отделов.

При оценке работы обучающегося во время преддипломной практики принимается во внимание:

- деятельность обучающегося в период практики (степень полноты выполнения программы, овладение основными профессиональными навыками;
- содержание и качество оформления отчета, полнота записей в дневнике;
- качество доклада и ответы обучающегося на вопросы во время защиты отчета.

8. 1 Структура предприятия, связь между цехами

Структура предприятия — это состав и соотношение его внутренних звеньев: цехов, отделов, лабораторий и других компонентов, составляющих единый хозяйственный объект. Факторами, определяющими структуру предприятия, являются: характер продукции и технологии ее изготовления, масштаб производства, степень специализации предприятия и кооперирования его с другими фабриками и заводами, а также степень специализации производства внутри предприятия.

Под *производственной структурой предприятия* понимается состав образующих его участков, цехов и служб, формы их взаимосвязи в процессе производства продукции.

В отличие от производственной структуры *общая структура предприятия* включает различные общезаводские службы и хозяйства, в том числе и связанные с культурно-бытовым обслуживанием работников предприятия (жилищно-коммунальное хозяйство, столовые, больницы, поликлиники, детские сады и т.п.).

Элементы производственной структуры

- Главными элементами производственной структуры предприятия являются рабочие места, участки и цехи.
- *Рабочим местом* называется неделимое в организационном отношении (в данных конкретных условиях) звено производственного процесса, обслуживаемое одним или несколькими рабочими, предназначенное для выполнения определенной производственной или обслуживающей операции (или их группы), оснащенное соответствующим оборудованием и организационно-техническими средствами (Рис.8.1).



Рисунок 8.1 – Классификация рабочих мест

- **Участок** – производственное подразделение, объединяющее ряд рабочих мест, сгруппированных по определенным признакам, осуществляющее часть общего производственного процесса по изготовлению продукции или обслуживанию процесса производства.

На производственном участке помимо основных и вспомогательных рабочих имеется руководитель – *мастер участка*

- **Цех** – наиболее сложная система, входящая в производственную структуру, в которую входят в качестве подсистем производственные участки и ряд функциональных органов. В цехе возникают сложные взаимосвязи: он характеризуется достаточно сложной структурой и организацией с развитыми внутренними и внешними взаимосвязями. [2]

Специализация цехов

Обычно различают следующие виды цехов и производственных участков: основные, вспомогательные, обслуживающие и побочные.

В *основных цехах* и на производственных участках либо выполняется определенная стадия производственного процесса по превращению основного сырья или полуфабрикатов в готовую продукцию предприятия (например, литейные, механические и сборочные цеха на машиностроительном заводе), либо же выполняются все стадии производства по непосредственному изготовлению какого-либо изделия или части его (цех холодильников, цех круглых калибров и т. д.)

Вспомогательные цеха или участки способствуют выпуску основной продукции, создавая условия для нормальной работы основных цехов: оснащают их инструментом, обеспечивают энергией и т. д. К числу вспомогательных относятся ремонтные, инструментальные, модельные, энергетические и некоторые другие цехи.

Обслуживающие цеха (подсобные цеха) и хозяйства выполняют работу по обслуживанию основных и вспомогательных цехов, занимаясь транспортировкой и хранением сырья, полуфабрикатов и готовой продукции и т. п. К подсобным цехам относятся, как правило, цехи, осуществляющие добычу и обработку вспомогательных материалов, например тарный цех, изготавливающий тару для упаковки продукции.

Побочные цехи – это цехи, в которых изготавливается продукция из отходов производства либо осуществляется восстановление использованных вспомогательных материалов для нужд производства (например, цех по регенерации отходов и обтирочных материалов).

8.2 Основные службы предприятий

– *Центральная заводская лаборатория и отдел технического контроля*: система анализов сырья и контроля производства, осуществляемого ЦЗЛ на предприятии; способы и места проб сырья, полуфабрикатов и готовой продукции; график поступления проб и изделий для анализов по сменам и цехам.

– *Проектно-конструкторский отдел*: принципы реконструкции цехов, участков и модернизации технологического оборудования, а также проектирования основных его узлов.

– *Отдел автоматизации и механизации* - содержание работы отдела по автоматизации производства и внедрению поточных линий, механизированных устройств и приспособлений.

– *Отдел главного механика и главного энергетика*: роль отделов в монтаже новых видах оборудования; принципы составления графиков проведения капитального, планово-предупредительного и текущего ремонтов.

– *Планово-экономический отдел* - содержание и основы методики расчета основных показателей годового производственно-технического плана и данные о его фактическом выполнении; система оперативного планирования и разработка календарных графиков производства; расчет цеховой и общезаводской себестоимости продукции.

– *Отдел труда и зарплаты* - вопросы нормирования и планирования труда; штатные расписания цехов и участков; документация по учету рабочего времени; разряды и тарифные ставки основных и вспомогательных рабочих; оклады ИТР, служащих и младшего обслуживающего персонала (МОП). [2]

8.3 Оформление отчетной документации

В период практики на получение первичных профессиональных навыков обучающиеся обязаны вести дневники, в которые заносятся: перечень выполняемых работ, замечания и выводы по отдельным вопросам технологии и организации производства.

По итогам практики обучающиеся обобщают материал, оформляют дневники-отчеты и сдают зачет.

Основными критериями оценки преддипломной практики являются: содержание и качество оформления отчета, полнота записей в дневнике, положительная характеристика непосредственного руководителя практики от

предприятия, четкие и грамотные ответы на этапе защиты отчета по практике. [3]

Список использованных источников

1. Сборник типовых учебных программ 0814000 «Технология полимерного производства». МОН РК, 2013г.
2. Экономика предприятия: Учебник для вузов. 4-е изд. / Под ред. В.М. Семенова – СПб.: Питер, 2007
3. С. В. Туренко, М.П. Спиридонова, А.Ф. Пучков, В.Ф. Каблов Преддипломная практика. Методические указания для студентов специальностей 240501.65 «Химическая технология высокомолекулярных соединений» 240502.65 «Технология переработки пластических масс и эластомеров». Волгоград, 2008г.

Глоссарий

Административные методы – это совокупность способов принудительно-распорядительного воздействия на персонал.

Актuator – (от англ. actuator) исполнительное устройство или активный элемент.

Акустический метод неразрушающего анализа – метод, основанный на регистрации параметров упругих колебаний, возбуждаемых и (или) возникающих в контролируемом объекте.

Аппретирование – процесс, в результате которого пропитывается текстильный материал различными веществами, аппретами (смола, композиция на основе смолы).

Армированные полимерные материалы – пластмассы (например, стеклопластики, асбобластики, текстолиты, углепластики), содержащие в качестве упрочняющего наполнителя волокнистые материалы – монопнити, жгуты, ткани, бумагу, древесный шпон.

Базовое значение показателя качества продукции – значение показателя качества продукции, принятое за основу при сравнительной оценке ее качества.

Безотходная технология – способ производства продукции, при котором наиболее рационально и комплексно используются сырье и энергия в цикле «сырьевые ресурсы – производство – потребление – вторичные сырьевые ресурсы».

Биотехнология – технология создания биоразлагаемых полимеров, которые распадаются на безвредные для живой и неживой природы вещества.

Брак – дефектная единица продукции или совокупность таких единиц.

Вакуумная инфузия – технология формования изделий методом воздействия вакуумом.

Водопоглощение – способность материала или изделия впитывать и удерживать в порах и капиллярах воду.

Визуальные методы – методы выявления дефектов изделий при помощи органов зрения.

Воспламеняемость – способность веществ и материалов к воспламенению.

Вредный производственный фактор — фактор среды и трудового процесса, воздействие которого на работающего при определенных условиях может вызвать профессиональное заболевание, другое нарушение состояния здоровья, временное или стойкое снижение работоспособности, привести к повреждению здоровья потомства.

Гелькоут – гелеобразный состав, используемый для создания декоративно-защитного покрытия композитных изделий.

ГПС — Гибкая производственная система

Дефект – каждое отдельное несоответствие продукции требованиям, установленными НТД.

Допускаемое отклонение показателя качества продукции – отклонение фактического значения показателя качества продукции от номинального значения, находящееся в пределах, установленных нормативной документацией.

Измерительные инструменты – специальные устройства, применяемые для точного определения размеров и других геометрических характеристик изделий.

Интегральный показатель качества продукции – отношение суммарного показателя эффекта от эксплуатации или потребления продукции к суммарным затратам на ее создание и эксплуатацию или потребление.

«Интеллектуальные» или «умные» материалы (англ. smart materials)– это материалы, свойства которых изменяются при воздействии каких-либо внешних факторов. Изменение свойств смарт-материалов является обратимым и может повторяться много раз.

Качество продукции (услуги, процесса) – совокупность свойств продукции (услуги), обуславливающих ее пригодность удовлетворять определенные потребности в соответствии с ее назначением.

Комплексный показатель качества продукции – показатель качества продукции, характеризующий несколько ее свойств.

Конкурентоспособность товара – это совокупность характеристик продукта и сопутствующих его продаже и потреблению услуг, отличающих его от продуктов - аналогов по степени удовлетворения потребностей потребителя, по уровню затрат на его приобретение и эксплуатацию.

LCD — жидкокристаллический дисплей или монитор, работающий на основе жидких кристаллов.

LED —полупроводниковый прибор, создающий излучение (свечение) при прохождении через него электрического тока.

Малоотходное производство – способ производства продукции, при котором вредное воздействие на окружающую среду не превышает уровня, допустимого санитарно-гигиеническими нормами.

Матрица – непрерывный компонент (фаза), заполняющая пространство между частицами.

Методы неразрушающего контроля (НК) – методы, основанные на наблюдении, регистрации и анализе результатов взаимодействия физических полей (излучений) или веществ с объектом контроля.

Нормативно-технический документ (НТД) - документ, устанавливающий требования к объектам стандартизации, обязательный для исполнения в определенных областях деятельности, разработанный в установленном порядке и утверждённый компетентным органом.

Определяющий показатель качества продукции – показатель, по которому принимают решение об оценке ее качества.

Оптимальное значение показателя качества – значение показателя качества продукции, при котором достигается либо наибольший эффект от эксплуатации или потребления продукции при заданных затратах на ее создание и эксплуатацию или потребление, либо заданный эффект при наименьших затратах, либо наибольшее отношение эффекта к затратам.

Органолептический метод анализа – метод исследования качества изделий при помощи органов чувств.

Отверждение – процесс, в результате которого происходит необратимое превращение жидких реакционноспособных олигомеров в твердые полимеры.

Оценка уровня качества продукции – совокупность операций, включающая выбор номенклатуры показателей качества оцениваемой продукции, определение значений этих показателей и сопоставление их с базовыми.

Пластические массы – материалы, полученные на основе полимеров, содержащие различные добавки и способные под влиянием температуры и давления формоваться, становиться пластичными.

Поливинилхлорид – бесцветная, прозрачная пластмасса, термопластичный полимер винилхлорида.

Поликонденсация – процесс образования полимеров при взаимодействии би- и многофункциональных соединений между собой, сопровождающийся выделением низкомолекулярных веществ: воды, хлористого водорода, аммиака и т.д.

Полимеризация – реакция последовательного присоединения молекул мономера к активному центру растущей макромолекулы.

Полимеры – высокомолекулярные вещества с молекулярной массой от 10000 до нескольких миллионов, молекулы которых состоят из многократно повторяющихся одинаковых звеньев.

Полистирол – термопластичный полимер с высокими диэлектрическими показателями.

Полиэтилен – синтетический полимер, обладающий высокой прочностью и эластичностью, широко применяющийся для изготовления промышленных и бытовых изделий.

Предельно допустимая концентрация (ПДК) – это концентрация веществ в воздухе рабочей зоны, которая при ежедневной (кроме выходных дней) работе в течение восьми часов или при другой продолжительности (не более 40 часов в неделю) во время всего трудового стажа не может вызвать заболеваний или отклонений в состоянии здоровья.

Предел прочности на растяжение – максимальное растягивающее усилие, которое материал может выдержать без разрыва.

Предел прочности на сжатие – максимальное давление, которое материал может выдержать без изменения (уменьшения) объема.

Предельное значение показателя качества – наибольшее или наименьшее регламентированное значение показателя качества продукции.

Премикс – предварительное смешивание сухих компонентов, дозируемых в микро количествах.

Препрег – полуфабрикат полимерного композиционного материала, полученный путем пропитки армированной волокнистой основы полимерным связующим.

Прогиб – расстояние, на которое отклоняется от своего первоначального положения верхняя или нижняя поверхность испытуемого образца при приложении нагрузки посередине между опорами.

Производственный менеджмент — это деятельность по управлению процессом приобретения материалов, их превращения в готовый продукт и поставкой этого продукта покупателю.

Профессиональный риск — прогноз вероятности реализации опасной ситуации.

Производительность труда (выработка) – показатель плодотворности, эффективности трудовой деятельности людей, измеряемый количеством продукции или работы, производимой или выполняемой работающим в единицу времени (час, смену, сутки, месяц, квартал, год).

Пултрузия – технология изготовления высоконаполненных волокном композиционных деталей с постоянной поперечной структурой.

Пустоты – дефект в виде незаполненного пространства в изделии.

Реактопласты (термореактивные пластмассы) – пластмассы, переработка которых в изделия сопровождается необратимой химической реакцией, приводящей к образованию неплавкого и нерастворимого материала.

Ровинг – аналогично слову «ровница», структура плетения ткани.

Сертификация (*лат. Certum* — верно + *лат. Facere* — делать) – форма осуществляемого органом по сертификации подтверждения соответствия объектов требованиям технических регламентов, положениям стандартов, сводов правил или условиям договоров.

Индивидуальные средства защиты (СИЗ) – средства, используемые работником для предотвращения или уменьшения воздействия вредных и опасных производственных факторов.

Сегнетоэлектрики – диэлектрики с высоким значением диэлектрической проницаемости.

Средства коллективной защиты (СКЗ) – это средства, используемые для предотвращения или уменьшения воздействия на работников вредных и опасных производственных факторов, а также для защиты от загрязнения.

Стандартизация – деятельность по установлению правил и характеристик в целях их добровольного многократного использования, направленная на достижение упорядоченности в сферах производства и обращения продукции и повышение конкурентоспособности продукции, работ или услуг.

Стандарты организации - это стандарт, утвержденный и применяемый организацией для целей стандартизации, а также для совершенствования производства и обеспечения качества продукции, выполнения работ, оказания услуг, а также для распространения и использования полученных в различных областях знаний результатов исследований (испытаний), измерений и разработок.

Термопласты – пластмассы, которые при нагреве плавятся, а при охлаждении возвращаются в исходное состояние.

Техническая исправность машины – исправное состояние, при котором она соответствует всем требованиям нормативно-технической и (или) конструкторской (проектной) документации.

Технические условия (ТУ) – документ, устанавливающий технические требования, которым должны соответствовать конкретное изделие, материал, вещество и пр. или их группа.

Техническое задание (ТЗ, техзадание) – документ, содержащий требования заказчика к объекту закупки, определяющие условия и порядок ее проведения для обеспечения государственных или муниципальных нужд, в соответствии с которым осуществляются поставка товара, выполнение работ, оказание услуг и их приемка.

Технологическая инструкция (ТИ) – это один из видов технической документации, которая содержит в себе описание полного цикла технологического процесса и разрабатывается для конкретного производственного предприятия.

Технологическая карта – документ, который содержит в себе полный процесс производства изделия, включая его обработку.

Технико-технологическая карта (ТТК) – документ, разрабатываемый на новую продукцию и устанавливающий требования к качеству сырья и пищевых продуктов, рецептуру продукции, требования к технологическому процессу изготовления, к оформлению, реализации и хранению, показатели качества и безопасности.

Технологическая рецептура (ТР) – вид технической документации, который разрабатывается на продукцию, состоящую из двух или более компонентов.

Технологический регламент – документ, содержащий правила и основные приемы безопасной эксплуатации, общий порядок выполнения операций, связанных с безопасностью, а также пределы и условия безопасной эксплуатации

Течеискание – это вид испытаний на герметичность, основанный на регистрации веществ, проникающих через течи.

Толщина изделия – размер поперечного сечения изделия, измеряемый в линейных единицах (метрах, сантиметрах и т.д.).

Углубление – местная вмятина различной величины и формы с пологими краями.

Управление качеством продукции - деятельность, направленная на достижение уровня качества, удовлетворяющего проектно-конструкторским, контрактным и иным требованиям.

Управление персоналом — область знаний и практической деятельности, направленная на обеспечение организации «качественным» персоналом (способным выполнять возложенные на него трудовые функции) и оптимальное его использование.

Уровень качества продукции - относительная характеристика качества продукции, основанная на сравнении значений показателей качества оцениваемой продукции с базовыми значениями соответствующих показателей.

Шаблон – инструмент для измерения размеров изделий.

Шерография – разновидность интерферометрических методов неразрушающего контроля (методов дефектоскопии), с помощью которого внутренние разрушения или дефекты компонентов могут быть выявлены посредством измерения и анализа поверхностных деформаций.

Щуп измерительный – калиброванные пластины для проверки зазоров между поверхностями.

Экономические методы – взаимосвязанный комплекс экономических рычагов, создающих условия для хорошей работы, предприятия в целом, участка и каждого рабочего в отдельности.

Электреты – твёрдые диэлектрики способные после прекращения действия внешнего электрического поля длительно – от нескольких дней до миллионов лет – сохранять поляризованное состояние. Подобные свойства обнаружены у органических веществ: нейлона, эбонита, парафина; и неорганических веществ: серы, титанов, борного стекла и др.

Эндоскоп – прибор, служащий для исследования внутренних полостей изделия.