35.11 я
Г612

2 083 533

Г. С. Головкин

Проектирование технологических процессов изготовления изделий из полимерных материалов

Рекомендовано УМО высших учебных заведений РФ по образованию в области материаловедения, технологии материалов и покрытий в качестве учебного пособия по дисциплинам специализаций для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлениям высшего профессионального образования 150500 (651700) Материаловедение, технологии материалов и покрытий (специальности 150501 (120800) Материаловедение в машиностроении и 150502 (121000) Конструирование и производство изделий из композиционных материалов) и 150600 (551600) Материаловедение и технология новых материалов (специальность 150601 (071000) Материаловедение и технология новых материалов)

Государственная
библиотека имени
А.М. Горького

МОСКВА
«Химия» «КолосС»
2007

УДК 66—036 (075.8)
ББК 35.71-02я73
Г61

Редактор *Л. И. Галицкая*

Рецензенты: заслуженный деятель науки и техники, докт. техн. наук проф. *Э. Л. Калинчев* (ОАО «Институт пластмасс им. Г. С. Петрова»); кафедра «Ракетно-космические композиционные конструкции» МГТУ им. Н. Э. Баумана (зав. кафедрой докт. техн. наук проф. *И. М. Буланов*)

Издано при финансовой поддержке Федерального агентства по печати и массовым коммуникациям в рамках Федеральной целевой программы «Культура России»

Головкин Г.С.

Г61 Проектирование технологических процессов изготовления изделий из полимерных материалов. — М.: Химия, КолосС, 2007. — 399 с.: ил. — (Учебники и учеб. пособия для студентов высш. учеб. заведений).

ISBN 978—5—98109—041—7 (Изд-во «Химия»)
ISBN 978—5—9532—0425—5 (Изд-во «КолосС»)

Изложены теоретические основы и методология проектирования и организации технологических процессов изготовления изделий различного назначения из пластмасс и армированных пластиков с учетом их специфических физико-химических свойств. Приведены варианты выполнения задач на каждом этапе проектирования с учетом объективных условий и ограничений, а также принятых критериев выбора решений. Показаны возможности пооперационного обеспечения заданного качества продукции, экономии материально-технических ресурсов, увеличения производительности труда, экологической защиты рабочих мест и определены основные направления совершенствования технико-экономических показателей технологических процессов.

Для студентов вузов, обучающихся по направлениям «Материаловедение, технологии материалов и покрытий» (специальности «Материаловедение в машиностроении», «Конструирование и производство изделий из композиционных материалов») и «Материаловедение и технология новых материалов» (специальность «Материаловедение и технология новых материалов»). Может быть полезно также специалистам, работающим в области производства, эксплуатации и ремонта полимерных деталей современных конструкций.

УДК 66—036 (075.8)
ББК 35.71-02я73

ISBN 978—5—98109—041—7 (Изд-во «Химия»)
ISBN 978—5—9532—0425—5 (Изд-во «КолосС»)

© Г.С. Головкин, 2007
© Издательство «КолосС», 2007

ОГЛАВЛЕНИЕ

Список основных сокращений ... 9
Предисловие ... 11
Введение ... 13

ЧАСТЬ ПЕРВАЯ

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ... 17

Глава 1. **Основные понятия и определения** ... 17

1.1. Технология ... 17
1.2. Производственный процесс ... 18
1.3. Технологическая подготовка производства ... 19
1.4. Технологический процесс ... 20
1.5. Технико-экономические показатели ТП ... 24
1.6. Технологическая операция ... 25
1.7. Технологический переход ... 26
1.8. Технологический ход ... 27

Глава 2. **Факторы, влияющие на проектирование технологических процессов** ... 29

2.1. Технологические свойства полимерных материалов ... 29
2.2. Конструктивно-технологическая специфика изделий из ПМ ... 34

2.2.1. Конфигурация изделия ... 34
2.2.2. Размеры изделия ... 35
2.2.3. Технические требования к качеству изделия ... 37

2.3. Тип производства ... 41

2.3.1. Особенности проектирования и организации ТП в условиях массового производства ... 42
2.3.2. Особенности проектирования и организации ТП в условиях серийного производства ... 44
2.3.3. Особенности проектирования и организации ТП в условиях единичного производства ... 47

Глава 3. **Проектно-технологическое обеспечение качества изделий из ПМ** ... 48

3.1. Основные понятия и определения ... 48

3.2. Задачи совершенствования качества продукции 50
3.3. Проектно-технологические возможности обеспечения качества продукции в различных системах управления качеством 52
3.4. Возможности технологического обеспечения качества продукции в различных группах показателей качества 55
3.5. Проектно-технологическое обеспечение качества изделий из ПМ в показателях назначения 59
3.5.1. Возможности обеспечения заданной размерной точности изделий из ПМ при формовании 62
3.5.2. Обеспечение заданной точности размеров изделий из ПМ обработкой резанием 76
3.5.3. Обеспечение размерной точности изделий из ПМ при сборке конструкций 84
3.6. Проектно-технологическое обеспечение качества изделий из ПМ в показателях надежности 86
3.6.1. Зависимость безотказности полимерных изделий от технологических факторов изготовления 86
3.6.2. Зависимость сохраняемости полимерных изделий от технологических факторов изготовления 89
3.6.3. Зависимость долговечности полимерных изделий от технологических факторов изготовления 91
3.6.4. Зависимость ремонтопригодности полимерных изделий от технологических факторов изготовления 93
3.6.5. *Технологические возможности стабилизации и повышения* уровня показателей надежности изделий из ПМ 94
3.7. Основы проектирования технического контроля качества изделий из ПМ 97
3.7.1. Правила проектирования технического контроля 99
3.7.2. Выбор средств контроля 100
3.7.3. Оценка экономической эффективности процессов и средств технического контроля 103

Глава 4. **Методологические основы нормирования расхода полимерных материалов** 108
4.1. Классификация норм расхода ПМ 109
4.2. Типовая структура норм расхода ПМ в основном производстве 112
4.3. Классификация факторов, влияющих на величину норм расхода ПМ при переработке их в изделия 114
4.4. Специфика расчетных методов определения норм расхода пластмасс 123
4.4.1. Расчет $H_р$ пластмасс в производстве изделий литьем под давлением 124
4.4.2. Расчет $H_р$ пластмасс в производстве изделий прессованием 128
4.4.3. Расчет $H_р$ пластмасс в производстве изделий экструзией 131

4.4.4. Расчет $H_р$ пластмасс в производстве изделий раздувом экструдированных заготовок 133
4.4.5. Расчет $H_р$ листовых ПМ в производстве изделий пневмо- и вакуум-формованием 138
4.4.6. Расчет $H_р$ пленочных ПМ в производстве изделий сваркой 140
4.5. Специфика определения норм расхода армированных пластиков 142

Контрольные вопросы 145

ЧАСТЬ ВТОРАЯ

МЕТОДОЛОГИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ИЗДЕЛИЙ ИЗ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ 147

Глава 5. **Общие положения** 147
5.1. Типовые требования к проектам ТП 147
5.2 Общие правила проектирования ТП 148
5.3. Состав исходной информации для проектирования ТП 150
5.4. Определение вида проектируемого ТП 151

Глава 6. **Проектирование единичных технологических процессов изготовления изделий из полимерных материалов** 152
6.1. Анализ и уточнение конструкторской документации (этап № 1) 154
6.1.1. Входной контроль рабочего чертежа изделия из ПМ 154
6.1.2. Анализ технических требований к изделию 157
6.1.3. Анализ технологических условий изготовления изделия 158
6.2. Анализ и обоснование выбора технологического способа изготовления заданного изделия (этап № 2) 159
6.2.1. Определение рационального способа формирования заготовки изделия 161
6.2.2. Определение рационального способа формования изделия из АП 162
6.2.3. Определение рационального способа формования изделия из пластмассы 165
6.3. Анализ и отработка производственной технологичности конструкции изделия (этап № 3) 171
6.3.1. Анализ и отработка преемственности конструкции изделия 175
6.3.2. Анализ и отработка технологической рациональности конструкции изделия 178
6.4. Поиск прототипа ЕТП (этап № 4) 189
6.4.1. Определение технологического кода детали 190
6.4.2. Выбор действующего ТТП, ГТП или аналога ЕТП 195

6.5. Разработка состава и структуры ЕТП (этап № 5) 196
6.5.1. Составление перечня необходимых ТО 197
6.5.2. Разработка рациональной структуры («маршрута») ЕТП 200
6.6. Разработка и нормирование технологических операций (этап № 6) 201
6.6.1. Выбор стандартных средств технического оснащения ТО 202
6.6.1.1. Правила выбора технологического оборудования 202
6.6.1.2. Правила выбора технологической оснастки 208
6.6.2. Определение режимов выполнения ТО 212
6.6.3. Нормирование технологических операций 219
6.6.3.1. Нормирование времени выполнения ТО 220
6.6.3.2. Нормирование расхода ПМ 222
6.6.3.3. Нормирование расхода вспомогательных материальных ресурсов 224
6.6.3.4. Нормирование расхода топливно-энергетических ресурсов 229
6.6.4. Назначение операторов и разрядов работ 230
6.7. Разработка технических предложений для конструирования нестандартных средств технического оснащения ЕТП (этап № 7) 232
6.7.1. Обоснование необходимости разработки нестандартного вида СТО 233
6.7.2. Разработка технического задания 234
6.7.3. Выбор принципиальной схемы конструкции СТО 234
6.7.4. Общее расчетное обоснование выбранной конструктивной схемы СТО 236
6.7.5. Описание эскизного проекта СТО 236
6.8. Определение требований безопасности при выполнении проектируемого ТП (этап № 8) 236
6.8.1. Выявление и анализ вредных и опасных факторов при выполнении проектируемого ТП 237
6.8.2. Выбор методов и средств обеспечения безопасного выполнения ТП 241
6.9. Разработка схемы производственного размещения спроектированного ЕТП (этап № 9) 243
6.9.1. Планирование рабочих мест для выполнения ТО 244
6.9.2. Расчет компоновочных параметров размещения ТП 248
6.9.3. Разработка схемы производственного размещения ТП 252
6.10. Расчет технико-экономических показателей проектных вариантов ЕТП (этап № 10) 260
6.10.1. Расчет стандартных технико-экономических показателей ЕТП 261
6.10.2. Анализ достигнутых показателей ЕТП 267
6.10.3. Разработка предложений для дальнейшего совершенствования ЕТП 271

6.11. Документальное оформление проекта ЕТП (этап № 11) 275
6.11.1. Разработка стандартной технологической документации на проект ЕТП 276
6.11.2. Нормоконтроль. Согласование и утверждение технологической документации 279

Глава 7. **Правила проектирования групповых технологических процессов** 280
7.1. Принципиальные возможности разработки ГТП 280
7.2. Исходная информация для проектирования ГТП 282
7.3. Основные этапы проектирования ГТП 282

Глава 8. **Правила проектирования и применения типовых технологических процессов** 285
8.1. Основные положения разработки ТТП 285
8.2. Исходная информация для проектирования ТТП 286
8.3. Основные этапы проектирования ТТП 287
8.4. Правила применения ТТП 288

Контрольные вопросы 289

Приложения 292
П.1. Усадка конструкционных термопластов при литье под давлением 292
П.2. Технологические параметры переработки термопластов литьем под давлением 292
П.3. Теплофизические свойства некоторых полимерных материалов 299
П.4. Технологические режимы обработки пластмасс резанием 300
П.5. Технологические режимы обработки полимерных композиционных материалов (ПКМ) резанием 308
П.6. Порядок разработки процессов (операций) технического контроля 312
П.7. Нормативы расхода пластмасс на производство продукции 314
П.8. Технологические свойства ПМ 319
П.9. Рекомендации по выбору основных показателей качества сырья при переработке различных полимеров и композитов на их основе 323
П.10. Удельные выделения вредных веществ (ВВ) при переработке пластмасс 324
П.11. Марочный ассортимент ПМ 325

П.12. Коды основных и технологических признаков деталей из ПМ, образующие ТКД 330

П.13. Содержание и порядок обозначения признаков конструкторского кода деталей из ПМ согласно классификатору ЕСКД 338

П.14. Некоторые технологические схемы производства изделий из ПМ на базе ТТП 339

П.15. Технические характеристики оборудования для переработки ПМ 351

П.16. Рекомендуемые технологические параметры выполнения основных ТО 371

П.17. Типовой профессионально-квалификационный состав рабочих в производстве изделий из пластмасс 379

П.18. Перечень нормативных документов для инженерного обеспечения производства изделий из ПМ при строительстве и реконструкции заводских помещений 381

П.19. Санитарные нормы безопасных уровней содержания вредных веществ (ВВ) в окружающей среде 382

П.20. Характеристика горючести полимеров и ПМ по кислородному индексу (КИ) 384

П.21. Типовые планировки рабочих мест основных ТО изготовления изделий из пластмасс 385

П.22. Типовая последовательность операций при формовании стеклопластиковых изделий методами контактного формования и прессования 395

Список рекомендуемой литературы 397

СПИСОК ОСНОВНЫХ СОКРАЩЕНИЙ

Технологические термины

ГАП	—	гибкое автоматизированное производство
ГТП	—	групповой технологический процесс
ЕСКД	—	единая система конструкторской документации
ЕСТД	—	единая система технологической документации
ЕСТПП	—	единая система технологической подготовки производства
ЕТП	—	единичный технологический процесс
ОГТ	—	отдел главного технолога
ОТК	—	отдел технического контроля
ПТК	—	процесс технического контроля
ПТР (ИР)	—	показатель текучести расплава (индекс расплава)
РТМ	—	руководящие технические материалы
САПР	—	система автоматизированного проектирования
СК	—	средства контроля
СТО	—	средства технического оснащения
ТК	—	технический контроль
ТКД	—	технологический код детали
ТКЛР	—	температурный коэффициент линейного расширения
ТО	—	технологическая операция
ТП	—	технологический процесс
ТПП	—	технологическая подготовка производства
ТТП	—	типовой технологический процесс

Полимеры и полимерные материалы

АБС	—	привитой сополимер акрилонитрила, стирола с бутадиеновым или бутадиен-стирольным каучуком
АП	—	армированный пластик
АТ	—	армированный термопласт
КМ	—	композиционный материал
КС	—	кремнийорганическая смола
ПА	—	полиамид
ПАкр	—	полиакрилат
ПАр	—	полиарилат
ПАц	—	полиацетали

ПБТ (ПБТФ) — полибутилентерефталат
ПВА — поливинилацетат
ПВХ — поливинилхлорид
ПИ — полиимид
ПК — поликарбонат
ПКА — поликапроамид
ПКМ — полимерный композиционный материал
ПМ — полимерный материал
ПММА — полиметилметакрилат
ПОМ — полиоксиметилен
ПП — полипропилен
ПС — полистирол
ПСФ — полисульфон
ПТФЭ — политетрафторэтилен
ПФ — полиформальдегид
ПФО — полифениленоксид
ПФС — полифениленсульфид
ПЭ — полиэтилен
ПЭВП (ПЭНД) — полиэтилен высокой плотности (низкого давления)
ПЭНП (ПЭВД) — полиэтилен низкой плотности (высокого давления)
ПЭС — полиэфирная смола
ПЭТ (ПЭТФ) — полиэтилентерефталат
САН — сополимер стирола с акрилонитрилом
СВ — стеклянное волокно
УВ — углеродное волокно
УУКМ — углерод-углеродные композиционные материалы
ФП — фторопласты
ФФС — фенолоформальдегидная смола
ЭС — эпоксидная смола

Посвящаю моему Учителю профессору Елене Борисовне Тростянской

ПРЕДИСЛОВИЕ

Деятельность современных инженеров-технологов постоянно сопряжена с разработкой, совершенствованием и реализацией технологических процессов (ТП) изготовления изделий, различающихся по материалам, свойствам и назначению. Для этого в каждой отрасли промышленности имеются комплексы руководящих, методических и справочных документов, регламентирующих работу специалистов на объективно заданном уровне технологической подготовки производства. Однако быстрое обновление номенклатуры материалов, особенно характерное для пластмасс и армированных пластиков, появление новых технологических способов и технических средств их переработки в изделия, а также интенсивное расширение областей применения продукции из полимерных материалов (ПМ) и постоянное стремление повышать рентабельность производства за счет совершенствования технико-экономических показателей ТП предопределяют необходимость поиска новых вариантов ТП с учетом новейших достижений техники и технологии.

В отличие от регламентирующей документации учебная литература позволяет получать научные знания, необходимые инженерам-технологам для самостоятельной творческой деятельности, и чем полнее объем этих знаний, тем более эффективными могут стать разработки новых ТП. В этой связи обращает на себя внимание то, что в большинстве случаев учебная литература освещает теорию и практику проектирования ТП изготовления изделий из пластмасс и из армированных пластиков раздельно, не учитывая при этом следующих обстоятельств. Во-первых, эти виды полимерных материалов основаны на одних и тех же полимерных матрицах (связующих), которые прежде всего обусловливают технологические свойства ПМ. Во-вторых, несмотря на отличительные нюансы, проектирование ТП переработки в изделия пластмасс и армиро-

ванных пластиков базируется на идентичных методических концепциях и закономерностях. В-третьих, в производстве современной техники оба вида ПМ используются комплексно, а потому разработка ТП осуществляется одними и теми же проектно-технологическими подразделениями предприятий. Исходя из сказанного, предлагаемое учебное пособие описывает проектирование ТП изготовления изделий как из пластмасс, так и из армированных пластиков.

Вместе с тем, согласно подразделению дисциплин в государственных образовательных стандартах по направлениям подготовки дипломированных инженеров-технологов, в учебное пособие не включены разделы по системам автоматизированного проектирования технологических процессов (САПР ТП) и по проектированию ТП сборки деталей в узлы и агрегаты. Каждая из этих дисциплин имеет свои комплексы учебников, учебных пособий и методической литературы. Однако полнота информации в данном пособии достигнута за счет описания основных видов типовых ТП, основанных на современных способах формирования заготовок и формования готовых изделий из ПМ, а также за счет включения приложений, содержащих справочные, информационные и другие материалы, необходимые для успешного проектирования заданных ТП.

При написании учебного пособия использованы не только авторитетные литературные источники, но и более чем 20-летний опыт автора — профессора МАТИ — РГТУ им. К. Э. Циолковского, накопленный в ходе преподавания дисциплины «Проектирование технологических процессов изготовления изделий из полимерных материалов» в рамках учебных планов специальностей «Машины и технология производства изделий из пластмасс», «Конструирование и производство изделий из композиционных материалов», «Материаловедение и технология новых материалов». Отсутствие учебного пособия является сдерживающим обстоятельством не только для повышения качества обучения по этим специальностям, но и для полномасштабной реализации других государственных образовательных стандартов, предусматривающих необходимость изучения аналогичных учебных дисциплин. Предлагаемая книга призвана восполнить эти пробелы.

ВВЕДЕНИЕ

Изучение проектирования технологических процессов (ТП) изготовления изделий из полимерных материалов (ПМ) – заключительный (преддипломный) этап подготовки инженеров-технологов по соответствующим специальностям. Образно выражаясь, этим завершается созидание образовательной «пирамиды знаний, умений и навыков», символизирующей структуру и содержание учебных планов подготовки специалистов. В основание «пирамиды знаний» заложены математические и естественно-научные дисциплины, которые наряду с гуманитарными и социально-экономическими дисциплинами образуют фундамент современного технического образования. Затем следует цикл общепрофессиональной подготовки в виде комплекса общеинженерных дисциплин (начертательной геометрии, инженерной графики, механики, материаловедения, теплотехники, организации производств и др.). И наконец, верхнюю часть «пирамиды знаний» образуют дисциплины, призванные обеспечить специализированную инженерно-технологическую подготовку, необходимую дипломированному специалисту для его последующей самостоятельной работы.

Перечень и последовательность изучения специальных дисциплин обусловлены задачами профессиональной деятельности инженеров-технологов согласно стандартным квалификационным характеристикам специалистов по различным направлениям подготовки. Например, в сфере производственно-технологической деятельности эти характеристики выдвигают в качестве первоочередной задачи, как правило, типовое и нетиповое проектирование ТП производства, обработки и переработки традиционных и нетрадиционных материалов. В области научно-исследовательской деятельности одно из первых мест отводится задаче по разработке программ моделирования ТП, а в организационно-управленческой деятельности — управлению ТП в соответствии с должностными обязанностями. Успех выполнения всех

этих задач предопределяется всесторонними знаниями о ПМ, средствах технического оснащения ТП, методах и средствах проведения материаловедческих и технологических исследований, о выполнении технико-экономического анализа проектов ТП, а также о современных возможностях охраны труда и окружающей среды от вредных факторов технологического воздействия. Таким образом, знания, полученные в ходе изучения специальных дисциплин, приобретают практическое воплощение прежде всего при проектировании, организации или исследовании ТП.

Иногда можно услышать мнение о том, что специалисту в области технологии переработки ПМ необязательно уметь быть разработчиком и рационализатором ТП, поскольку существуют типовые ТП, спроектированные и отлаженные ранее. К тому же количество рациональных способов переработки ПМ в изделия весьма ограничено. Однако, как показывает практика, никакой самый совершенный ТП не может быть использован для изготовления различных изделий без каких-либо изменений. Этому препятствуют конструктивно-технологические различия объектов производства. Не менее проблематичным оказывается использование типового ТП для изготовления одного и того же изделия в условиях разных предприятий. Этому могут препятствовать многочисленные факторы. Из них наиболее типичными являются различающиеся технологические возможности, начиная с качества исходного сырья и полуфабрикатов и кончая укомплектованностью и состоянием технических средств производства. Не менее важное значение имеют также конкретные организационные и экономические обстоятельства, в частности тип производства на данном предприятии, программа выпуска продукции, требования заказчика к качеству продукции, возможности по обеспечению рентабельности продукции и др. Следовательно, инженеру-технологу приходится каждый раз адаптировать типовой ТП к условиям конкретного предприятия или, если это оказывается целесообразнее, проектировать новый ТП.

Одновременно насущная необходимость овладения современной методологией проектирования ТП обусловливается и комплексом других объективных причин. Достаточно очевидной среди них является постоянный рост ассортимента изделий и, следовательно, объемов применения различных ПМ. Наиболее широко востребованы практически во всех отраслях промышленности различные пластмассы, которые в общем объеме мирового потребления всех видов конструкционных материалов в 1980 г. составляли 14 %, к 2000 г. достигли 22 %, а в 2010 г. должны составить не менее 25 %. Впечатляющие темпы прироста объемов потребления имеют и армированные пластики — это 6, 14 и 17 % соответственно. Понятно, что растущие разнообразие и востребованность изделий из ПМ сопровождаются увеличением необходимости в проектировании новых ТП.

Вместе с тем появление дополнительных объектов производства с различными техническими требованиями постоянно обновляет требования к составам и свойствам ПМ, что, в свою очередь, предопределяет расширение их номенклатуры, стимулируя синтез новых полимеров и разработку новых композиционных материалов. При этом, естественно, меняются и технологические свойства ПМ, что иногда делает неэффективными или вообще непригодными уже известные технологические способы и основанные на них ТП переработки ПМ в изделия. Отсюда предопределенность разработки таких технологических способов последних лет, как, например, магнитно-импульсное и термокомпрессионное формование, механопневмоштампование емкостей из литых заготовок и лазерная стереолитография, комплекс оригинальных способов волоконной технологии производства и переработки ПМ и многое другое.

Однако необходимость постоянной работы над созданием новых или модернизацией существующих ТП обусловлена не только этим. Передовые технологии, зарождаясь в ведущих отраслях промышленности, например в авиакосмической, постепенно становятся достоянием остальных производств, причем не только машиностроения или приборостроения, но и производства изделий бытового, медицинского, спортивного и другого назначения. При этом, естественно, меняются производственные условия, техническая оснащенность предприятий, требования к качеству продукции и к технико-экономическим показателям ТП. Все это накладывает существенный отпечаток на проектирование ТП в заданных условиях производства продукции из ПМ.

Исходя из сказанного, цель данного учебного пособия — обеспечить изучение современной методологии и овладение необходимыми навыками проектирования ТП изготовления изделий из пластмасс и армированных

пластиков в соответствии с требованиями стандартных квалификационных характеристик инженеров-технологов по соответствующим направлениям подготовки. Согласно этой цели учебное пособие содержит две части: теоретическую, призванную рассмотреть ряд общих вопросов — от основных понятий и определений до методов и средств технологического управления качеством продукции из ПМ, и методологическую, в которой непосредственно изложены правила и нормативы проектирования ТП. Наряду с этим в книге приводятся основные материалы, необходимые для организации в рамках данной учебной дисциплины выполнения комплекса практических занятий и курсового проектирования. Все это в совокупности позволяет наряду с основной задачей обучения решать и важную практическую задачу: подготовку выпускника вуза к успешному выполнению дипломного проекта на соответствующую тему.

2 083 533

Часть первая

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

Глава 1

ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

В данной главе рассмотрены терминология, понятия и определения общего характера. Термины и понятия частного характера рассматриваются в соответствующих разделах учебного пособия.

1.1. ТЕХНОЛОГИЯ

Слово «технология» произошло от греческих слов *techne* — искусство, умение, мастерство и *logos* — слово, учение, наука.

Технология производства изделий из ПМ — это наука о закономерностях, методах и средствах формования, обработки и сборки изделий с заданным качеством и в необходимом количестве, осуществляемых с наибольшей экономической эффективностью.

Из определения следует, что предметами изучения данной науки являются, во-первых, закономерности организации и осуществления различных процессов преобразования ПМ в изделия, а во-вторых, методы и средства, необходимые для этого. Под методами производства принято понимать отдельные технологические способы изготовления деталей и их сборки в узлы и агрегаты. При этом научное обоснование метода базируется на теоретических представлениях о химической, физической и механической сущности процессов, реализуемых в ходе его осуществления.

Для реализации выбранного метода необходимы средства производства, т. е. машины и оборудование, инструменты и приспособления, средства связи и автоматизации производства, а также предметы труда в виде перерабатываемых ПМ и их компонентов. Научное обоснование средств производства включает основы проектирования, конструирования и расчетов перечисленных элементов с учетом технологических свойств предметов труда.

Теоретическая библиотека имени А.М. Горького

В качестве задач технологической науки в определении выделены прежде всего необходимость обеспечивать качество продукции на уровне, заданном заказчиком и отвечающем новейшим достижениям науки и техники, а также требование постоянно повышать рентабельность производства путем снижения трудоемкости и себестоимости изделий, повышения производительности труда и экономии материально-технических ресурсов. Однако на современном этапе развития технологии производства изделий из ПМ важное значение приобретает и задача улучшения экологии окружающей среды, которая решается за счет организации малоотходных и безотходных производств.

Знание закономерностей технологии переработки ПМ, овладение передовыми методами и средствами их реализации позволяют успешно решать постоянно возникающие на практике задачи, которые нередко носят противоречивый характер. Например, при проектировании и организации технологических процессов постоянно ставится задача одновременного повышения качества продукции и производительности труда, что противоречит народной мудрости: «быстро – хорошо не бывает». Другими примерами могут быть задачи по снижению себестоимости производства при необходимости уменьшать долю ручного труда, повышать качество изделий, совершенствовать защиту окружающей среды и т.д.

1.2. ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ПРОЦЕСС

Производственным процессом называют совокупность всех действий людей и орудий производства, прямо или косвенно (опосредованно) связанных с переработкой сырья и полуфабрикатов в заготовки, детали, сборочные единицы и готовые изделия на данном конкретном предприятии.

Таким образом, производственный процесс — это соединение методов и средств для выпуска заданной продукции в трудовом процессе людей, не только связанных с изменением формы и свойств ПМ непосредственно в подразделениях основного производства или обслуживающих участки подготовительного производства (транспортировку и хранение сырья и готовой продукции, изготовление и обслуживание средств технического обеспечения, технический контроль и т. п.), но и работающих в службах заводоуправления и охраны предприятия.

Рациональная организация производственного процесса невозможна без проведения тщательной технической подготовки производства, которая включает в себя следующие три этапа:

1) конструкторская подготовка производства, задача которой состоит в разработке конструкции изделия — объекта производства, оформлении соответствующих чертежей, спецификаций и других видов конструкторской документации. Помимо основных участников на этом этапе важная роль отводится и технологу, который несет ответственность за технологическую рациональность разрабатываемой конструкции, т. е. за возможность изготовить на данном предприятии изделие необходимого качества с наименьшими производственными затратами;

2) календарное планирование производственного процесса изготовления изделий в установленные сроки, в необходимых объемах выпуска и при рациональных затратах. В данном случае технолог становится основным источником информации о необходимых средствах технического оснащения и требованиях к производственным помещениям, о последовательности ввода производственных мощностей и материально-технических поставках, о производительности труда и других организационно-технологических вопросах в условиях конкретного производства;

3) технологическая подготовка производства (ТПП) — завершающий этап технической подготовки, ответственность за который несет прежде всего технолог.

1.3. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ПОДГОТОВКА ПРОИЗВОДСТВА

Технологическая подготовка производства (ТПП) — это совокупность взаимосвязанных действий, направленных на проектирование и организацию технологических процессов (ТП) изготовления продукции, техническое оснащение рабочих мест, подготовку исполнителей, обеспечение эффективного контроля качества сырья и готовой продукции, а также нормирование материально-технических ресурсов и организацию техники безопасности, промышленной санитарии, противопожарной безопасности и экологической защиты окружающей среды.

Среди множества задач, выполняемых на стадии ТПП, ведущая роль по значению и по трудоемкости осуществления принадлежит проектированию технологических процессов. Достаточно сказать, что трудоемкость выполнения этой задачи может достигать 60 % трудоемкости всей технической подготовки производства, т. е. труд инженеров-технологов при проектировании технологических процессов может быть равен почти 2/3 всех трудовых затрат различных специалистов на трех этапах технической подготовки. В доказательство в табл. 1.1 приведены сравнительные данные о трудоемкости конструирования известных объектов производства и проектирования соответствующих технологических процессов (ТП).

Различная трудоемкость выполнения 1-го и 3-го этапов технической подготовки производства обусловлена в первую очередь программой выпуска продукции. Рост трудоемкости проектирования ТП, наблюдаемый при увеличении выпуска продукции,

объясняется тем, что в крупносерийном и массовом производствах разработка ТП происходит более тщательно, чем в серийном и единичном, поскольку тщательнее прорабатываются технологические операции, вплоть до синхронизации их выполнения, усложняются средства технического обеспечения ТП, увеличивается объем оформляемой документации.

Таблица 1.1. **Соотношение трудоемкости конструирования изделий и проектирования ТП**

Изделие	Трудоемкость конструирования изделия		Трудоемкость проектирования ТП и оснастки	
	в часах	в процентах	в часах	в процентах
Паровая турбина ВК-50-1	82292	100	207125	252
Гидротурбина Цимлянской ГЭС	67800	100	202400	300
Кран мостовой	10433	100	43710	420
Экскаватор СЭ-3	51575	100	94481	183
Гусеничный трактор С-80	125000	100	620000	496

Отмеченные закономерности, впервые установленные в металлообрабатывающем производстве, справедливы и для производства изделий из ПМ. Хотя в последнем случае отмечается уменьшение количества технологических операций, одновременно увеличивается объем экспериментально-технологических исследований, в результате чего трудоемкость проектирования ТП может даже возрасти. В связи с этим в последние годы делаются попытки разрабатывать и внедрять системы автоматизированного проектирования ТП (САПР ТП). Однако по сравнению с производством изделий из металлов, свойства которых меньше зависят от способов и режимов переработки, создание эффективных САПР ТП производства полимерных изделий более сложно. В тех же случаях, когда формование изделий совмещено с изготовлением самого ПМ, как это имеет место в производстве изделий из армированных пластиков, разработка САПР ТП становится особенно проблематичной.

1.4. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС

Технологический процесс (ТП) — это часть производственного процесса, заключающаяся в целенаправленных действиях по изменению, определению и поддержанию состояния предмета и объекта труда, т. е. перерабатываемого материала и производимой продукции.

Данное определение дает ответ на вопрос о том, в какой связи находятся производственный и технологический процессы. В плане содержания задач ТП применительно к производству изделий из ПМ приведенное общее определение можно уточнить:

ТП — это часть производственного процесса, в ходе которой непосредственно осуществляются изменение, определение и поддержание состояния и взаимодействия компонентов, структуры и свойств, формы и размеров предмета труда, а также доработка и контроль качества объекта труда.

Технологические процессы изготовления изделий из ПМ разрабатываются, организуются и получают названия по методам формования (прессование, литье, экструзия, штамповка, автоклавное, вакуумное и другие виды формования) или по методам формирования заготовки изделия (намотка, пултрузия, выкладка и др.), положенным в основу ТП. Кроме того, в зависимости от назначения и масштабов применения различают три основных вида ТП — единичный, типовой и групповой.

Единичный технологический процесс (ЕТП) — это ТП с оригинальным набором, сочетанием и выполнением технологических операций и переходов, обеспечивающих изготовление (или ремонт) изделий одного наименования, типоразмера и исполнения независимо от типа производства.

Разработка ЕТП характерна для оригинальных изделий (деталей, сборочных единиц), не имеющих общих конструктивных и технологических признаков с другими изделиями, производившимися на данном конкретном предприятии. ЕТП проектируются также и в тех случаях, когда заданные требования к качеству изделия невозможно обеспечить имеющимися в распоряжении технологическими процессами.

Типовой технологический процесс (ТТП) характеризуется единством содержания и последовательности выполнения большинства технологических операций и переходов для изготовления определенного типа изделий с общими конструктивно-технологическими признаками.

Иными словами, ТТП — это результат обобщения ЕТП, содержащий полный набор действий (операций и переходов), применяемых в различных вариантах одного вида формования при изготовлении однотипных изделий на различных производственных предприятиях. Примерами таких однотипных изделий из ПМ могут служить погонажные изделия в виде труб, плинтусов, реек с разнообразными профилями в поперечном сечении, а также не менее массовые листовые изделия в виде пленок, лент, листов и панелей. В каждом из этих случаев ТП могут базироваться на одном и том же технологическом способе формования, имеют много общего на подготовительном и заключительном этапах выполнения ТП. По этой причине изделия с общими конструктивно-технологическими признаками нередко классифицируют по названию общего способа формования, например прессовые, выдувные, литьевые и т.д.

Таким образом, целесообразность существования ТТП состоит в том, что они позволяют существенно сокращать трудоемкость проектирования конкретного ТП, например ЕТП, для заданного объекта производства, поскольку при этом достаточ-

но лишь исключить из имеющегося ТТП лишние операции и переходы, уточнив режимы выполнения оставшихся операций и переходов.

Групповой технологический процесс (ГТП) характеризуется единством содержания и последовательности выполнения всех технологических операций и переходов для производства изделий с разными конструктивными, но общими материально-технологическими признаками, совместно изготавливаемых на одном специализированном рабочем месте.

Итак, ГТП, как и ТТП, является ТП, общим для производства (или ремонта) нескольких различных изделий. Однако при этом имеются и принципиальные отличия. Во-первых, ГТП проектируются и предназначаются только для какого-то одного конкретного рабочего места. Во-вторых, общность формуемых изделий проявляется не в конфигурации, а в идентичности материала и размеров. В-третьих, ГТП предусматривает совместное формование изделий, что может быть реализовано в двух вариантах исполнения — одновременным и поочередным формованием. Одновременное формование изделий осуществляется в многогнездных формующих инструментах — пресс-формах, штампах, литьевых формах и т.д. Наиболее распространенным вариантом поочередного формования изделий из ПМ, осуществляемого на одном рабочем месте, является прессование (или литье) с использованием блочных форм, оснащенных для этой цели сменными выдвижными формующими элементами — блоками.

Преимуществом ГТП по сравнению с ЕТП и ТТП является возможность быстрой переналадки рабочих мест на выпуск новой продукции. По существу, для этого не требуется остановки производства, а переоснащение осуществляется с минимальной трудоемкостью, что соответствует принципам организации гибких автоматизированных производств (ГАП). Среди других преимуществ статистически выявлены следующие:

— время переналадки в среднем сокращается на 10 %;

— площадь складских помещений для хранения формующих инструментов уменьшается в 3—4 раза;

— металлоемкость оснастки снижается в 1,5—2 раза;

— трудоемкость конструирования формующих инструментов сокращается на 25—30 %;

— время изготовления оснастки уменьшается приблизительно на 40 %;

— число рабочих мест (следовательно, число операторов) уменьшается на 18—30 %;

— общие потери рабочего времени сокращаются в 3—4 раза;

— производительность труда возрастает в 1,3—2 раза;

— себестоимость продукции снижается на 20—40 %.

Исходя из перечисленных преимуществ, в условиях единичного, мелкосерийного и серийного производств ГТП разрабатывается с целью экономически целесообразного применения методов и средств, характерных для крупносерийных и массовых производств (см. ГОСТ 14.316—75).

Помимо основных видов ТП в условиях производства различают и другие разновидности ТП, например унифицированные, перспективные, рабочие, проектные, временные, стандартные, комплексные и др.

Унифицированный технологический процесс — это ТП, предназначаемый для изготовления группы изделий с общими конструктивными и технологическими признаками. Унифицированные ТП, в свою очередь, могут быть типовыми и групповыми. Они находят применение в различных видах серийного производства, особенно в мелкосерийном, в зависимости от наличия специализированных участков, рабочих мест, переналаживаемой технологической оснастки и оборудования.

Перспективный технологический процесс — это любой ТП, соответствующий современным достижениям науки и техники, методы и средства оснащения которого полностью или частично предстоит освоить на предприятии.

Рабочий технологический процесс — это ТП, выполняемый по рабочей технологической и (или) конструкторской документации. Его разрабатывают только на уровне предприятия и применяют для изготовления (или ремонта) конкретного объекта производства.

Проектный технологический процесс — это ТП, выполняемый по предварительному проекту технологической документации. Областью использования проектных ТП могут служить опытные производства при различных конструкторских бюро.

Временный технологический процесс — это ТП, применяемый на предприятии в течение ограниченного периода времени из-за отсутствия надлежащего оборудования или в связи с аварией до замены на более современный ТП.

Стандартный технологический процесс — это ТП, установленный стандартом. Иными словами, под стандартным ТП понимается тот, который выполняется по рабочей технологической и (или) конструкторской документации, оформленной согласно стандарту (ОСТ, СТП) и относящейся к конкретному оборудованию, режимам формования и технологической оснастке.

Комплексный технологический процесс — это ТП, в состав которого включаются не только технологические операции изготовления объектов производства, но и операции хранения, перемещения и контроля первичного сырья и готовых изделий. Такие ТП проектируются при создании автоматических линий и гибких автоматизированных производственных систем.

Таким образом, выбор вида или разновидности ТП зависит от ряда объективных и субъективных обстоятельств, носящих временный или постоянный характер. Однако, несмотря на многооб-

разие ТП они характеризуются общей номенклатурой технико-экономических показателей, которые наряду с качеством изготавливаемой продукции предопределяют рентабельность производства.

1.5. ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ТП

Технологические процессы характеризуются стандартными технико-экономическими показателями. При этом различают основные и дополнительные показатели ТП. К **основным показателям** относятся два — трудоемкость и себестоимость.

Трудоемкость (Т) — показатель, характеризующий нормативные затраты рабочего времени на изготовление единицы продукции; измеряется в нормо-часах на штуку (н-ч/шт.), на килограмм в (н-ч/кг), на метр (н-ч/м) и т.д. — в зависимости от единиц измерения продукции.

Технологическая себестоимость ($С_т$) — денежное выражение всех затрат (материальных, трудовых, эксплуатационно-технических, амортизационных), необходимых для непосредственной реализации ТП при производстве единицы продукции; измеряется в руб/шт., руб/кг, руб/м и т.д.

$С_т$ является первичным технико-экономическим показателем в системе показателей себестоимости продукции, которая включает цеховую, производственную (фабрично-заводскую) и полную себестоимости. Как следует из схемы, приведенной на рис. 1.1, цеховая себестоимость образуется при добавлении к $С_т$ общецеховых затрат (отчислений на социальные нужды работников цеха и хозяйственных расходов); производственная себестоимость дополнительно суммирует соответствующие расходы за пределами цеха, а при добавлении к этому внепроизводственных затрат (перевозка, охрана, складирование продукции) получается полная себестоимость.

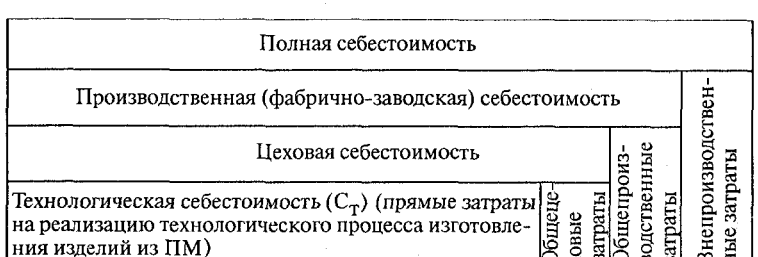


Рис. 1.1. Схема формирования различных показателей себестоимости продукции

Таким образом, ценообразование продукции, которое в конечном итоге базируется на полной ее себестоимости, в первую очередь обусловлено технологической себестоимостью ($С_т$), т. е. степенью совершенства спроектированного ТП.

Дополнительные показатели ТП включают производные или составляющие основных показателей. Они необходимы, чтобы расширить представление о различных аспектах ТП, например подчеркнуть специфику ТП, выявить его резервы для дальнейшего совершенствования и т. д. В качестве дополнительных показателей чаще всего используют технологический цикл, производительность ТП и коэффициент использования материала.

Технологический цикл (Тц) — это интервал времени от начала до окончания ТП изготовления (или ремонта) изделия. Тц может отличаться от трудоемкости (Т), если часть технологических операций ТП выполняется параллельно.

Производительность — показатель ТП, численно обратно пропорциональный Тц, характеризующий количество продукции, изготавливаемой в единицу времени; измеряется, например, в шт/ч, кг/ч, м/ч и т.д.

Коэффициент использования материала ($К_{им}$) — отношение номинальной массы материала в изделии к соответствующей норме расхода этого материала, регламентированной в данном производстве.

Помимо названных в качестве дополнительных показателей ТП могут использоваться, например, коэффициент автоматизации и механизации ТП ($К_{аим}$), коэффициент капитальных затрат, важнейшие показатели качества изделий, показатели экологичности ТП и др.

1.6. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ОПЕРАЦИЯ

Технологическая операция (ТО) — это законченная часть ТП, выполняемая на одном рабочем месте. При этом под термином «рабочее место» понимается элементарная единица структуры предприятия, где размещены исполнители ТО (операторы) и соответствующие средства технического оснащения. Число операторов на одном рабочем месте зависит от характера выполняемой работы.

ТО является основной единицей производственного планирования и учета. На основе ТО определяется трудоемкость изготовления изделий, нормируется расход материально-технических ресурсов, устанавливаются разряды работ и расценки, производится календарное планирование производства, осуществляется контроль качества и сроков выполнения производственных заданий.

В зависимости от отношения к предмету труда ТО подразделяют на основные и вспомогательные.

Основными ТО в составе ТП изготовления изделий из ПМ называют те операции, которые обеспечивают изменение состояния, состава, структуры, свойств и формы перерабатываемого ПМ. В соответствии с этим определением к основным ТО следует отнести, например, сушку ПМ и их компонентов, приготовление композиций (смешение компонентов, пропитку наполнителя связующим и т.п.), формирование заготовок, формование изделий, дополнительную термообработку, механическую доработку.

Вспомогательные ТО — это те операции, которые необходимы для подготовки или завершения выполнения основных ТО. Например, вспомогательными ТО являются в различных ТП переработки ПМ в изделия операции входного контроля исходного сырья и полуфабрикатов, подготовки оснастки (например, ее сборки или отливки, а также нанесения специальных антиадгезионных покрытий), неразрушающего контроля качества готовой продукции, ее маркировки, упаковки и т.п.

Примечания.

1. Приведенные выше определения ТО не распространяются на автоматизированные производства, где под операцией понимается законченная часть ТП, выполняемая непрерывно на автоматической линии, которая может состоять из различных видов оборудования и оснастки, связанных автоматически действующими транспортно-загрузочными устройствами. Примерами могут служить автоматизированные линии непрерывного производства изделий листовой штамповкой, раздувом литых заготовок «преформ», экструзией и пултрузией, роторным формованием и т.п.
2. Если на рабочем месте одновременно (или поочередно) изготавливается (или обрабатывается) более одного объекта труда, то соответствующую ТО принято называть групповой технологической операцией (ГТО). Ее можно разрабатывать и применять в качестве составной части группового технологического процесса (ГТП), как однооперационный ГТП и как отдельную групповую операцию единичного ТП (см. ГОСТ 14.316—75).

1.7. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПЕРЕХОД

Обычно технологические операции получают названия по своему главному предназначению или по основному выполняемому действию — прессование, литье, намотка и т.д. Однако любая ТО предусматривает выполнение нескольких разнородных действий. Например, ТО «прессование» помимо действия, совершаемого в пресс-форме, может включать дозирование полуфабрикатов, предварительный подогрев, загрузку формующего инструмента, подпрессовку, извлечение изделия, удаление литника и облоя, сдачу готовой продукции, а иногда также может сопровождаться промежуточным контролем состояния предмета труда, регулированием технологических параметров и смазкой пресс-формы перед очередным циклом формования. Следовательно, для выполнения данной ТО необходимо оснастить рабочее место прессовщика не только прессом, но и дозатором, генератором

токов высокой частоты, манипулятором для загрузки и разгрузки пресс-формы, механическими и другими инструментами. Все эти составные части технологической операции называются технологическими переходами.

Технологический переход — это законченная часть ТО, характеризуемая постоянством выполняемого действия и средств технического обеспечения.

Однако технологические переходы отличаются друг от друга не только названными в определении признаками, но и отношением к предмету труда. По последнему признаку различают две разновидности переходов — рабочие и вспомогательные.

Рабочий переход — это законченная часть ТО, обеспечивающая изменение состояния предмета труда, например изменение температуры, агрегатного и фазового состояний, структуры и свойств, формы и др.

Вспомогательный переход — это законченная часть ТО, состоящая из действий человека и (или) технических средств, которые не сопровождаются изменениями состояния предмета труда, но необходимы для выполнения задачи ТО. Таким образом, в ТО «прессование» вспомогательными переходами следует считать дозирование полуфабрикатов, загрузку пресс-формы, извлечение изделия, сдачу готовой продукции, пооперационный контроль и смазку пресс-формы.

Однако и технологические переходы не являются исходными частями технологической операции, поскольку в свою очередь состоят из совокупности элементарных действий, от рациональности которых в конечном счете зависит эффективность всей ТО.

1.8. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ХОД

Технологический ход — это законченная часть технологического перехода, характеризуемая однократностью непрерывно выполняемого действия. В частности, при выполнении ТО «сверление», в ходе которой необходимо сделать отверстие, например в плите, обычно бывает не менее трех технологических переходов — черновое, чистовое сверление и зенкование. При этом каждый раз осуществляется двойное действие — проход рабочего инструмента через плиту (подача) и извлечение инструмента (подъем). Каждое из этих однократных и непрерывно выполняемых действий согласно определению является технологическим ходом.

Вместе с тем поскольку каждый технологический ход оказывает свое воздействие на объект труда, аналогично технологическим переходам их подразделяют на рабочие и вспомогательные.

Рабочий ход — это законченная часть технологического перехода, состоящая из однократного действия и приводящая к изменению состояния предмета труда.

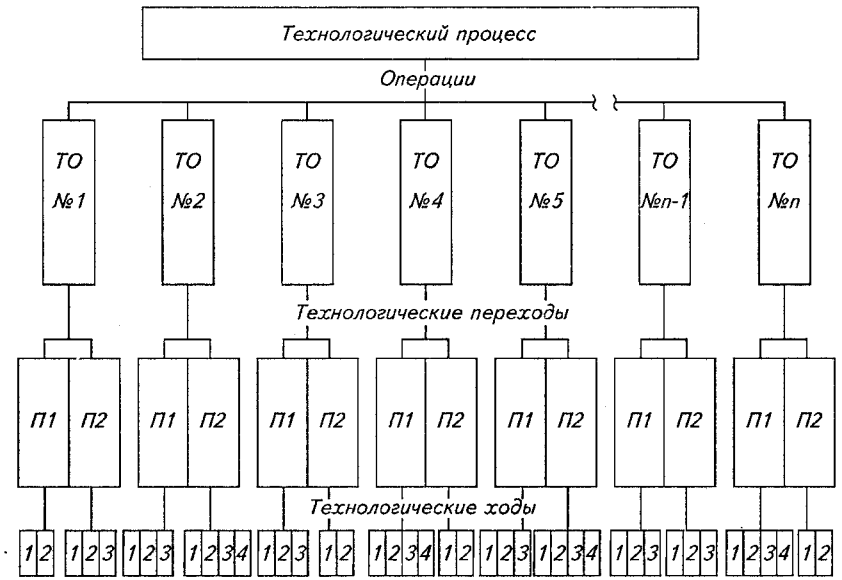


Рис. 1.2. Типовая схема структурных составляющих технологического процесса

Вспомогательный ход — это законченная часть технологического перехода, состоящая из однократного действия, не сопровождающегося изменением формы или свойств изделия, но необходимого для подготовки или завершения рабочего хода.

Таким образом, понятие о технологических ходах дает представление об исходных структурных элементах технологического процесса изготовления (или ремонта) изделий. Типовая схема ТП, включающая систему технологических операций, переходов и ходов, представлена на рис. 1.2.

Препарирование ТО на элементарные составляющие необходимо для анализа организации труда, внедрения рациональных приемов выполнения конкретных действий и для нормирования временных составляющих продолжительности ТО. Итогом может стать сокращение трудоемкости и повышение производительности технологического процесса в целом. Кроме того, выделение структурных составляющих каждой технологической операции — необходимое условие при разработке операционных карт, выполняющих роль руководящих документов для операторов.

Необходимость проработки каждой ТО на уровне всех структурных составляющих является первичной причиной повышенной трудоемкости проектирования ТП. Однако это далеко не единственная и не главная причина. Факторы, обусловливающие высокую трудоемкость проектирования ТП, весьма многообразны.

Глава 2

ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

Основные факторы, от которых зависит выбор рационального способа переработки ПМ, состав и режимы выполнения технологических операций, можно условно разделить на три группы — материально-технологические, конструктивно-технологические и производственные. Подробно природа этих факторов рассматривается в соответствующих тематических дисциплинах учебных планов технологических специальностей; в данном разделе дается лишь обобщенное их изложение.

2.1. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Известно, что среди классификаций ПМ по различным признакам важное место принадлежит классификации по технологическим свойствам, которые обусловливают отнесение ПМ к пресс-композициям, литьевым, экструзионным, штамповочным и другим пластмассам, а также к пултрузионным, намоточным, напыляемым и другим армированным пластикам. Под технологическими свойствами понимают комплекс свойств ПМ, которые предопределяют выбор и осуществление процессов их переработки в изделия. Знание соответствующих технологических свойств ПМ дает возможность обоснованно решать задачи проектирования ТП, их интенсификации, рационализации и оптимизации. Выбор физического или химического метода переработки и определение технологических параметров соответствующих процессов в каждом случае осуществляются с учетом конкретного перечня технологических свойств заданного ПМ, например текучести, влажности, скорости отверждения, усадки, таблетируемости и др. (табл. 2.1).

При этом в зависимости от количественных показателей технологических свойств различные ПМ принято считать технологичными или, наоборот, нетехнологичными. Условность такого подразделения ПМ состоит в том, что мера технологичности ПМ соотносится, как правило, с существующими методами и серийными средствами технического оснащения ТП. Однако при их отсутствии или недостаточности те же технологические характеристики ПМ нередко становятся стимулом для разработки новых методов, технологической оснастки или перерабатывающего оборудования.

Таблица 2.1. **Зависимость основных процессов, протекающих при переработке пластмасс, от их технологических свойств и стандартных параметров**

Процесс	Технологическое свойство	Стандартный параметр и метод его определения
Деформирование (вязкое течение, растяжение):		
с развитием необратимой пластической деформации	Вязкость, характеризуемая сопротивлением течению	Показатель текучести расплава — ПТР (в г за 10 мин). ГОСТ 11645—73
с развитием и накоплением обратимой эластической деформации	Модуль эластичности, характеризуемый сопротивлением развитию эластической деформации	—
с релаксацией параметров деформирования после его прекращения	Характерное время релаксации, обусловленное скоростью релаксационного процесса; константа релаксационного процесса	—
Деструкция всех видов (термоокислительная, гидролитическая, под действием температуры, кислорода, влаги и механических напряжений)	Стойкость к деструкции, характеризуемая способностью сохранять свойства (технологические, эксплуатационные) и цвет	Период термостабильности расплава (в мин); коэффициент термостабильности $K_{ст}$ (отношение двух значений ПТР после разной продолжительности нагрева). Методика НПО «Пластмассы»
Нагревание, охлаждение	Теплопроводность, температуропроводность и теплоемкость	Коэффициенты теплопроводности, температуропроводности и удельной теплоемкости при стандартной температуре. ГОСТ 23630—79
Кристаллизация и плавление	Характеристики кристаллизации и плавления — интервал кристаллизации, температура плавления, температура начала плавления, теплота плавления (кристаллизации)	Температура плавления. ГОСТ 21553—76
Изменение объема при воздействии температуры и давления	Тепловое расширение и сжатие	Коэффициент линейного теплового расширения при стандартной температуре. ГОСТ 15173—80
Прилипание к металлу формы, к валкам каландра, вальцев и к другим рабочим органам перерабатывающего оборудования	Адгезия между контактирующими пластмассой и металлом	Сила выталкивания из литьевой формы стандартного образца, отлитого при определенных параметрах; время прилипания к валкам. Нормативно-техническая документация на пластмассу

Продолжение

Процесс	Технологическое свойство	Стандартный параметр и метод его определения
Сорбция влаги (увлажнение), например при нахождении в бункере	Гигроскопичность (способность пластмассы увлажняться в среде влажного воздуха)	Равновесное влагопоглощение $B_{ст}$ (в %) в стандартных условиях (относительная влажность воздуха 50—60 %, температура 20—23 °С). ГОСТ 4650—80
Уплотнение гранул или порошка, например при прессовании или пластикации	Характеристики сыпучих материалов в твердом состоянии (насыпная плотность, сыпучесть, гранулометрический состав и др.)	Насыпная плотность (в кг/м^3); время (в с) или скорость (в кг/с) истечения пластмассы через отверстие стандартной конической воронки; содержание частиц определенного размера, выраженное в % от массы исследованного образца. Нормативно-техническая документация на пластмассу

Вместе с тем технологические свойства ПМ также способны претерпевать радикальные изменения при варьировании составов, структуры, межфазного взаимодействия и других признаков, характеризующих определенный вид ПМ. В результате вариабельность технологических свойств ПМ одного вида, фиксируемая различными марками материала, обусловливает способность этого материала к переработке в изделия сразу несколькими различными методами (табл. 2.2).

Таблица 2.2. **Основные методы переработки* пластических масс**

Основа ПМ	ЛД	ЭП	ЭТ	ЭК	ВФ	П	К	ПР	З	КФ	С ХС	Ск
Полиэтилен	+	+	+	+	+	+	+	–	–	–	+	–
Полипропилен	+	+	+	+	+	+	–	–	–	–	+	–
Сополимер этилена с пропиленом	+	–	+	–	–	+	–	–	–	–	+	–
Сополимер этилена с винилацетатом	+	+	–	–	–	–	–	–	–	–	+	–
Полистирол	+	+	–	–	+	+	–	–	–	–	+	+
Ударопрочный полистирол	+	+	–	–	+	+	–	–	–	–	+	+
АБС-пластики	+	+	+	–	+	–	–	–	–	–	+	+

Продолжение

Основа ПМ	ЛД	ЭП	ЭТ	ЭК	ВФ	П	К	ПР	З	КФ	С ХС	Ск
Полиметилметакрилат	+	+	–	–	+	+	–	–	–	–	+	+
Политетрафторэтилен	–	–	–	–	–	+	+	–	–	–	–	–
Поливинилхлорид (пластифицированный)	+	+	+	+	+	+	+	+	–	–	–	+
Поливиниловый спирт	–	–	–	–	–	–	–	+	–	–	–	+
Поливинилацетат	–	+	–	–	–	–	–	+	–	–	–	+
Полиформальдегид (сополимеры)	+	–	+	–	–	–	–	–	–	–	+	–
Пентапласт	+	+	+	–	–	–	–	–	–	–	+	–
Полифениленоксид	+	–	–	–	–	–	–	–	–	–	+	+
Полисульфон	+	+	+	+	–	–	–	+	–	–	–	+
Полиэтилентерефталат	+	+	–	–	+	–	–	–	–	–	+	+
Полибутилентерефталат	+	+	+	–	+	–	+	–	–	–	+	+
Поликарбонат	+	+	–	–	+	+	–	+	–	–	+	+
Полиамиды	+	+	+	+	–	–	–	+	–	–	+	+
Фенилон	–	+	–	–	–	+	–	+	–	+	+	+
Полиимиды	–	–	–	–	–	+	–	+	–	+	+**	–
Полиуретаны	+	–	–	–	–	+	+	–	+	–	–	+
Фенопласты	+	–	–	–	–	+	–	+	–	+	+**	+
Аминопласты	+	–	–	–	–	+	–	+	–	+	+**	+
Ненасыщенные полиэфирные композиции	+	–	–	–	–	–	–	+	+	+	+**	+
Эпоксидные композиции	+	–	–	–	–	+	–	+	–	+	+**	+
Фурановые композиции	–	–	–	–	–	+	–	–	+	–	–	+
Кремнийорганические композиции	–	–	–	–	–	+	–	–	+	–	–	+
Этролы	+	+	–	–	+	+	–	–	–	–	–	+

Примечание. Знаком «+» обозначена возможность, знаком «–» — невозможность переработки ПМ данным методом.

* ЛД — литье под давлением; ЭП — экструзия пленок, листов; ЭТ — экструзия труб, профилей; ЭК — экструзия кабельной изоляции; ВФ — выдувное формование (пневмоформование); П — прессование; К — каландрование; ПР — полив из раствора; З — заливка; КФ — контактное формование; С — сварка; ХС — химическая сварка; Ск — склеивание.

** Возможна только химическая сварка (ХС).

Возможности варьирования составов ПМ могут приводить и к более радикальным изменениям. Так, при увеличении длины волокон волокнистых наполнителей свыше критической полимерные материалы переходят из разряда пластмасс в разряд армированных пластиков, специфика технологических свойств которых исключает возможность их переработки в изделия, например литьем под давлением, экструзией, раздувом, вынуждая использовать для этого методы намотки, пултрузии, выкладки. Следовательно, в общем случае проектная зависимость ТП от технологических свойств ПМ может быть представлена в виде схемы, изображенной на рис. 2.1.

Таким образом, изменение хотя бы одного из основных признаков ПМ, которое нередко происходит с целью совершенствования эксплуатационных характеристик или для придания ПМ свойств иного назначения, неизбежно влечет за собой изменение их технологических свойств, что объективно обусловливает необходимость других решений при проектировании ТП. Не случайно поэтому основным условием, определяющим не только качество изготавливаемых изделий и технико-экономические показатели ТП, но и в первую очередь трудоемкость процесса проектирования ТП, является всесторонне обоснованный выбор ПМ.

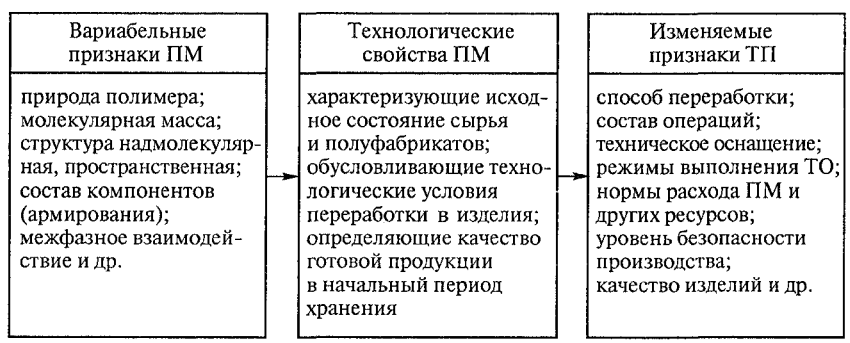


Рис. 2.1. Схема изменения технологических свойств ПМ и влияния их на проектирование ТП

2.2. КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ СПЕЦИФИКА ИЗДЕЛИЙ ИЗ ПМ

Основными факторами, определяющими конструктивно-технологическую специфику изделий из ПМ, являются конфигурация (форма), размеры (габариты) и технические требования к качеству изделий. Зависимость проектирования ТП от этих факторов проявляется в выборе способов производства, состава ТО и режимов их выполнения.

2.2.1. КОНФИГУРАЦИЯ ИЗДЕЛИЯ

Изделия из ПМ имеют значительно большее конфигурационное многообразие, чем изделия аналогичного назначения из других материалов (металлов, керамики, дерева, и др.). Этот факт объясняется двумя объективными обстоятельствами.

Во-первых, это феноменальная податливость ПМ, определившая название их основной части — «пластические массы» и резко снизившая трудоемкость переработки ПМ в изделия. Благодаря этому появились также такие специфические конструкционно-технологические решения, как цельнопластиковые и интегральные изделия, в объеме которых при одном цикле формования совмещаются элементы с различными геометрическими формами. При этом сложнопрофильность может дополняться отверстиями и поднутрениями, резьбой и тиснением.

Вторым объяснением конфигурационного многообразия изделий из ПМ является необходимость конструктивного компенсирования специфических недостатков ПМ, точнее, недостаточного уровня некоторых показателей конструкционных свойств, например контактной прочности, жесткости (формоустойчивости) и др. Наиболее наглядно это обстоятельство проявляется в тех случаях, когда изделие из ПМ имеет металлический прототип. Примером могут служить шестерни зубчатых передач, форма зубьев которых в полимерном исполнении часто имеет иную геометрию. Иначе выглядит конфигурация резьб, опорных элементов, корпусных и многих других конструкций силового назначения.

Влияние конфигурации изделий из ПМ на проектирование ТП в первом приближении может быть однозначным, но может быть и неоднозначным (многофакторным). Первый вариант относится к случаям, когда изделие может быть однозначно отнесено к определенной классификационной группе с общими конструктивно-технологическими признаками, например к телам вращения, коробчатым, погонажным, ферменным изделиям. Каждый из типовых видов изделий предпочтительно изготавливать своим, оптимальным для него технологическим методом, обеспечивающим наилучшее качество продукции и наиболее высокие технико-

экономические характеристики производства. Так, для переработки непрерывно армированных пластиков в изделия типа тел вращения (трубы, шары-баллоны и т.п.) рекомендуется намотка, а для производства погонажных изделий (профили небольшого сечения) — пултрузия.

Вместе с тем имеется немало изделий таких конфигураций, формование которых можно осуществлять различными, иногда даже многочисленными методами. Например, пластмассовую втулку можно изготавливать прессованием, литьем под давлением, экструзией, а также центробежным формованием и раздувом, механическим резанием и некоторыми другими методами. В подобных случаях определить наиболее рациональный метод изготовления изделия удается только с учетом других факторов его конструктивно-технологической специфики.

2.2.2. РАЗМЕРЫ ИЗДЕЛИЯ

Зависимость проектирования ТП от размеров изготавливаемых изделий обычно называют влиянием «масштабного фактора». Это влияние может проявляться на всех составляющих ТП. Например, формование изделия типа «панель» из армированного пластика может осуществляться прессованием, если габариты изделия соизмеримы с размерами стола пресса, но может и другими способами — автоклавным, термокомпрессионным, вакуумным и даже просто контактным формованием, если размеры изделия выходят за пределы стандартного перерабатывающего оборудования.

Однако тот же масштабный фактор при выбранном способе формования может влиять и на другие составляющие ТП. Так, при увеличении толщины все той же панели при постоянных условиях формования, например прессования, по сечению изделия наблюдается изменение механических свойств. Такая закономерность является следствием ряда причин — градиента температур, обусловливающего скорость отверждения или кристаллизации (в зависимости от природы ПМ), градиента скоростей течения расплава ПМ при заполнении формующего инструмента, изменения условий для удаления летучих продуктов, возникновения различных остаточных напряжений и др. Пример такого влияния представлен ниже — приведены результаты испытания на прочность отпрессованных при стандартных режимах панелей из стекловолокнита АГ-4в (15 × 120 мм) различной толщины:

Толщина образца, мм	5	10	15	20	25	30
Прочность при растяжении, МПа	35,0	47,5	46,0	44,0	41,0	40,0

Понижение прочности при толщине панели 5 мм обусловлено прежде всего влиянием неравномерности распределения стекловолокон в тонком слое ПМ. С точки зрения механики разрушения

армированных пластиков это обстоятельство способствует ускоренному развитию магистральных трещин даже при невысоких нагрузках. По мере увеличения толщины панели до 10 мм схема армирования становится более равномерной, но одновременно нарастают отрицательные последствия реакции поликонденсации при отверждении ПМ (см. выше), и повышение прочности при дальнейшем утолщении прессуемых панелей сначала замедляется, а затем вовсе прекращается, сменяясь падением прочности почти до начальных значений.

Схожие проявления масштабного фактора характерны почти для любого способа переработки ПМ, поэтому их необходимо учитывать еще при проектировании ТП — либо корректируя режимы формования, либо предусматривая в составе ТП некоторые дополнительные ТО. В частности, в рассмотренном выше примере изменение режимов прессования может проявиться в виде предварительного нагрева ПМ, подпрессовки, повышения давления, снижения скорости охлаждения и температуры извлечения готового изделия. Эти меры, способствуя равномерности отверждения ПМ по сечению изделия и снижению уровня остаточных напряжений, предопределяют соответствующее повышение прочности и других механических характеристик.

Аналогичный эффект может быть достигнут и введением в состав ТП операций термообработки готовых изделий или дополнительных ТО прессования отдельных послойных элементов, например толщиной по 10 мм, с последующей монолитизацией их (склеиванием или сваркой) для достижения заданной толщины изделия. Последняя модификация ТП, по существу, меняет характер производства, преобразуя ТП формования изделия в ТП сборки элементов изделия как сборочной конструкции. Примеры такого рода, обусловленные влиянием масштабного фактора, встречаются достаточно часто. Так, когда экструзионное или пултрузионное производство труб становится невозможным из-за отсутствия оборудования для формования крупногабаритных типоразмеров, на помощь приходят ТП, основанные либо на сочетании изготовления гибких термопластичных листовых заготовок с последующей продольно-поперечной сваркой трубчатых фрагментов стыковочными швами, либо на сочетании намотки лент из тех же термопластов или препрегов армированных пластиков с последующей монолитизацией полученных заготовок одним из известных методов формования.

Не менее наглядным примером может служить изменение сути ТП изготовления профилей типа тавров, швеллеров и др., предназначаемых для использования в качестве ребер жесткости в конструкциях различных машиностроительных изделий. Как и трубы с небольшими площадями поперечного сечения, эти погонажные изделия формуют экструзией или пултрузией ПМ, но крупноразмерные виды профилей, типичные, например, для судо- и авиа-

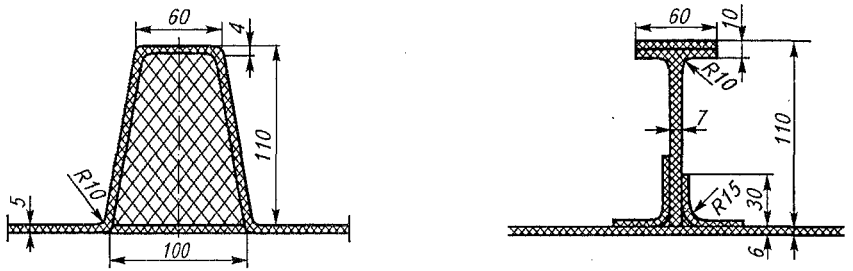


Рис. 2.2. Примеры ребер жесткости, изготавливаемых по технологии производства интегральных конструкций

строения, приходится изготавливать по технологии производства интегральных конструкций, предусматривающей в составе ТП такие ТО, как сборка заготовок из заранее отформованных элементов конструкции, склеивание или сварка (иногда совместное отверждение этих элементов в заготовке), а также заполнение межэлементных полостей конструкции пено- или сотопластом (рис. 2.2).

2.2.3. ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К КАЧЕСТВУ ИЗДЕЛИЯ

Задача обеспечения эксплуатационных характеристик изделия, предопределенных его назначением, сводится к поиску технологических решений для соответствующего изменения свойств ПМ в изделии. Объективная необходимость решения задачи именно таким путем обусловлена тем, что в отличие от металлов, выбираемых для изготовления изделия в готовом виде, ПМ с необходимым комплексом свойств получаются одновременно с изделиями в процессе формования. Иными словами, переработка ПМ означает не только придание им формы в соответствии с рабочим чертежом изделия, но и обеспечение номенклатуры и уровня свойств, обозначенных заказчиком в технических требованиях к изделию.

Практика показывает, что вариабельность свойств различных ПМ может достигать достаточно широких пределов, меняясь под влиянием технологических условий переработки — таких, например, как температура формования и скорость охлаждения, давление формования и усилие натяжение препрега при намотке заготовок изделий, продолжительность (скорость) реализации ТО и др. Распространенные примеры регулирования вариабельных признаков различных ПМ и, следовательно, обусловленных ими свойств с помощью типовых технологических решений приведены в табл. 2.3.

Таблица 2.3. **Типовые проектные решения ТП для достижения заданных структурных и других признаков ПМ в изделиях**

Регулируемый признак ПМ	Технологические возможности изменения ПМ	
	подбором режимов выполнения ТО	введением в состав ТП дополнительных ТО
Кристалличность ПМ (вид и объем кристаллической фазы)	Температура и время охлаждения расплава ПМ	Термообработка готового изделия
Ориентационная структура макромолекул	Степень вытяжки, скорость литья	Вытяжка изделия в эластическом состоянии
Степень монолитности (пористости) ПМ	Повышение давления, подпрессовки, вакуумирование	Дегазация изделия, дополнительная пропитка связующим
Схема армирования	Точность укладки волокон, скорость намотки, натяжение волокон, прецизионная намотка	Изготовление препрегов и тканых полуфабрикатов методами волоконной технологии
Остаточные напряжения	Удаление летучих, снижение температуры переработки, режим охлаждения в форме	Открытая выдержка готовых изделий, термообработка

Технологическое варьирование уровня механических свойств кристаллизующихся термопластичных ПМ широко применяется в производстве различных изделий, прежде всего конструкционного назначения. Подбирая температурно-временной режим формования или последующего отжига готового изделия, достигают необходимого значения показателя заданного эксплуатационного свойства, причем изменение может быть на порядок и более. Ниже приведена зависимость модуля упругости при изгибе ($E_и$) и ударной вязкости с надрезом ($a_к$) от степени кристалличности ($v_к$) полиэтилена:

$v_к$, %	50	60	70	80	90
$E_и$, МПа	120	400	680	960	1240
$a_к$, кДж/м^2	>1000	300	200	100	60

Еще больший диапазон изменения механических и ряда других технических свойств ПМ на основе линейных полимеров достигается варьированием ориентационной структуры полимеров. При этом корректируют ТП, исходя из того, что увеличение, например, прочности ориентированных ПМ обусловливается действием трех факторов:

— переходом от разрушения полимеров по межмолекулярным ван-дер-ваальсовым связям к разрушению более прочных ковалентных связей в самих макромолекулах;

— выравниванием и залечиванием неоднородностей в процессе ориентационной вытяжки;

— возникновением анизотропии упругих свойств, что может затруднять прорастание трещин поперек направления макромолекулярной ориентации, так как вдоль ориентации полимер приобретает наибольший модуль упругости.

В наибольшей мере технологические возможности улучшения свойств ПМ макромолекулярной ориентацией реализуются при переработке ПМ в синтетические волокна (СВ). Не случайно многие из них в дальнейшем используются для усиления (армирования) других ПМ. Достигаемые показатели прочности и модуля упругости СВ, как правило, в 50—100 и в 10—40 раз соответственно (иногда свыше 1000 раз) превышают аналогичные характеристики литых образцов из тех же ПМ (табл. 2.4).

Таблица 2.4. **Механические свойства при растяжении термопластов в неориентированном (литой образец) и высокоориентированном (СВ) состоянии**

Термопласт	Прочность, МПа		Модуль упругости, ГПа	
	литой образец	СВ	литой образец	СВ
Полиэтилен	22 – 23	3700	0,65 – 0,75	100 – 140
Полипропилен	25 – 40	650	0,67 – 1,19	4,5 – 5,0
Поликапроамид	65	1000	1,5	5,6

Достижение заданных уровней механических свойств ПМ необходимо корректировать с учетом объема технологической пористости, возникающей при переработке ПМ в изделия. Например, при формовании изделий из армированных пластиков пористость может достигать 10 % и более, что влечет за собой неравномерное перераспределение напряжений от внешнего нагружения, потерю устойчивости армирующих волокон, образование концентраторов напряжений и как следствие — ускоренное прорастание трещин в местах скопления пор. В результате снижение прочности при растяжении происходит согласно формуле

$$G_п = G_0(1 - V_п),$$

где $G_п$, G_0 — прочность ПМ в пористом и беспористом состоянии; $V_п$ — относительное объемное содержание пор.

Следовательно, монолитизация конструкционных ПМ должна постоянно оставаться актуальной технологической задачей, первоначально решаемой при разработке ТП изготовления заданного изделия.

Для изделий, формуемых из армированных пластиков, не менее важное значение имеет точность реализации расчетной схемы армирования. Технологические возможности этого зависят от ме-

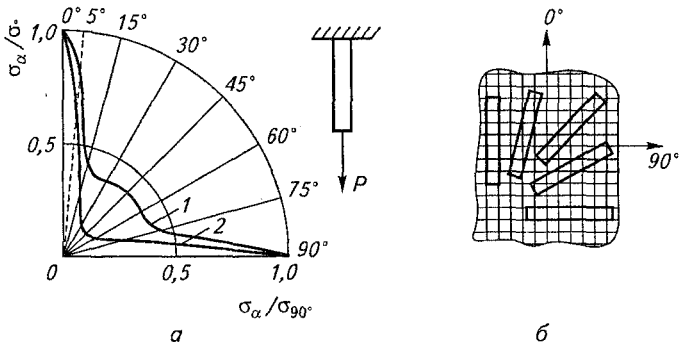


Рис. 2.3. Диаграмма распределения прочности при растяжении (*а*) образцов ортотропно армированных (1:1) пластиков (*б*):
1 — стеклопластика; *2* — углепластика

тода и технических средств формирования заготовки изделия (выкладки, намотки, пултрузии, напыления). Значение прецизионной укладки армирующих волокон можно проиллюстрировать на диаграмме изменения прочности ортотропных армированных пластиков при отклонении от осей анизотропии свойств (рис. 2.3). Из рисунка видно, что ошибка при укладке армирующих волокон всего на 5° (показано штриховой линией) предопределила бы потерю прочности изделия из стеклопластика в среднем на 20 %, а из углепластика — на 35 %.

Наконец, при переработке в изделия практически любых типов ПМ приходится сталкиваться с проблемой остаточных напряжений, под которыми понимают напряжения (механического, термического, усадочного, диффузионного и иного происхождения), взаимно уравновешенные и остающиеся в объеме изделия после воздействия соответствующих факторов, проявляющихся на различных этапах ТП изготовления изделия. При выборе наиболее эффективного способа регулирования остаточных напряжений исходят из того, что они проявляются как результат превышения в отдельных частях объема изделия предела текучести ПМ, обусловливая возникновение необратимых при нормальных тем-

Рис. 2.4. Изменение уровня напряжений в пленке смолы в процессе отверждения и последующего охлаждения на поверхности стекла:
1 — фенолоформальдегидная смола; *2* — фенолоформальдегидобутварная смола; *3* — эпоксидная смола, отвержденная триэтаноламинотитанатом (ЭДТ-10)

пературах пластических и эластических деформаций, а также вследствие неоднородного структурирования (отверждения, кристаллизации) отдельных микрообъемов ПМ, приобретающих в результате различные термоупругие свойства. Самопроизвольно достигаемые уровни остаточных напряжений, например в композиционных ПМ, могут превышать величину разрушающего напряжения матриц (рис. 2.4).

Наличие остаточных растягивающих напряжений является одной из основных причин разрушения изделий. При этом возникновение и развитие трещин происходит как при приложении внешних нагрузок, так и вследствие действия самих остаточных напряжений. В таких случаях для регулирования остаточных напряжений после анализа их характера и распределения могут использоваться те или иные возможности, предусмотренные в табл. 2.3.

Наиболее успешно добиваться релаксации остаточных напряжений, реализуя заданный уровень физико-механических свойств изделий, удается при переработке термопластичных ПМ. Для этого необходим подбор оптимального температурно-временно́го режима воздействия на готовые изделия. Например, при быстром охлаждении, т. е. при закалке (от температур выше T_c до температур ниже T_c), возникают максимальные остаточные напряжения, поскольку ПМ не успевает релаксировать даже при сохраняющемся избыточном свободном объеме. Зато другой вид термообработки — отжиг (выдержка длительное время при температуре $T \approx T_c$, а затем медленное охлаждение) приводит к значительной релаксации остаточных напряжений и исчезновению избыточного свободного объема.

Подводя общий итог рассмотрению основных закономерностей влияния конструктивно-технологической специфики изделий из ПМ на проектирование ТП, следует подчеркнуть, что многообразие меняющихся и обновляющихся факторов в данной области инженерно-технологической деятельности позволяет постоянно изыскивать резервы повышения качества выпускаемой продукции не только при разработке новых (более совершенных) ТП, но и при совершенствовании действующих на производстве ТП.

2.3. ТИП ПРОИЗВОДСТВА

В современной промышленности согласно ГОСТ 14.004—83 различают три типа производства: массовое, серийное и единичное. Существуют качественные и количественные отличительные признаки этих производств. Примером качественного признака может служить степень проработки ТП на стадии проектирования. Объективно это предопределено масштабом производства, от которого зависят относительные размеры экономических затрат

на технологическую подготовку и последующие расходы на компенсацию потерь из-за возможного брака выпускаемой продукции.

Примером количественного признака является коэффициент закрепления операций ($K_{зо}$) на рабочих местах ТП, который представляет собой отношение числа всех различных технологических операций О, выполненных или подлежащих выполнению в течение месяца, к числу рабочих мест Р:

$$K_{зо} = О/Р.$$

$K_{зо}$ считается одной из основных характеристик типа производства, зависящей от характера технического оснащения и функциональной организации технологических операций.

2.3.1. ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И ОРГАНИЗАЦИИ ТП В УСЛОВИЯХ МАССОВОГО ПРОИЗВОДСТВА

Массовое производство характеризуется большим объемом выпуска изделий, непрерывно изготавливаемых или ремонтируемых продолжительное время, в течение которого на большинстве рабочих мест выполняется одна рабочая операция. Иными словами, в соответствии с ГОСТ 3.1108—74 для массового производства $K_{зо} = 1$.

Продукция из ПМ массового производства — это изделия узкой номенклатуры стандартного типа, находящие широкий рынок сбыта, например синтетические волокна, пленки, панели, одноразовая посуда, трубы, электропроводниковая изоляция и др. Особенностями организации производства этих видов продукции является следующее:

— выполнение каждой ТО осуществляется на специализированных средствах технического оснащения (СТО) и на предварительно настроенном оборудовании, которое не переналаживается для выполнения других операций;

— автоматизация и роботизация выполнения ТО;

— размещение оборудования по ходу ТП, предусмотренному проектом, когда в одну непрерывную автоматизированную линию могут быть выстроены, например, экструдер, раздувное устройство, полиграфическая установка, сварочный аппарат, вырубное (отрезное) устройство, укладчик готовой продукции, т. е. самые разнородные виды оборудования, как это имеет место при изготовлении бытовых и технических пакетов-сумок (рис. 2.5);

— квалификация операторов на автоматизированных ТО, как правило, низкая, в то время как квалификация наладчиков, от которых зависит качественная и бесперебойная работа сложных современных СТО, должна быть высокой.

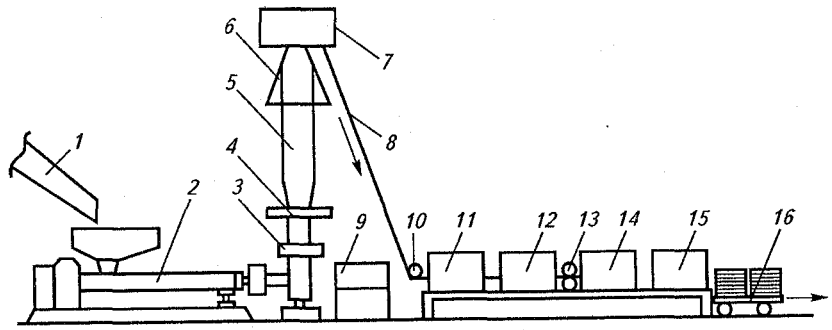


Рис. 2.5. Схема автоматизированной линии производства пакетов-сумок из пленочных ПМ:

1 — автоматический загрузчик гранулята; *2* — экструдер; *3* — формующая головка с каналом для подачи сжатого воздуха (раздувное устройство); *4* — система охлаждения; *5* — экструдат (рукав из ПМ); *6* — складывающее устройство; *7* — приемно-тянущее устройство; *8* — рукавная заготовка из ПМ; *9* — комплексный пульт управления; *10* — направляющий ролик; *11* — полиграфическая установка; *12* — сварочный аппарат; *13* — тянущее устройство; *14* — установка для резки; *15* — укладчик готовой продукции; *16* — транспортирующее устройство

Особенности выполнения проекта ТП — основы технологической подготовки массового производства — проявляются в тщательной проработке и синхронизации выполнения всех ТО. Важность проработки каждого элемента ТО — залог минимизации брака, максимально возможной экономии материально-технических ресурсов и высокого качества продукции при оптимальных технико-экономических показателях производства. Синхронизация выполнения ТО особенно необходима в условиях поточной организации массового производства.

Поточное производство характеризуется заданным интервалом выпуска изделий (деталей). Интервал времени, через который периодически производят выпуск изделий или заготовок определенных наименований, типоразмера и исполнения, называют тактом выпуска ($t_д$):

$$t_д = 60Ф_д / N,$$

где $Ф_д$ — действительный фонд времени в планируемом периоде (год, месяц, сутки, смена), ч; N — объем выпуска за выбранный период, шт.

Действительный фонд времени работы оборудования учитывает потери времени на ремонт оборудования и, следовательно, отличается от номинального (календарного) фонда рабочего времени, который в годовом измерении при работе в одну смену составляет 2070 ч, в две смены — 4140 ч и в три смены — 6210 ч. При этом действительный годовой фонд времени работы оборудования при аналогичной сменности составляет 2030, 4015 и 5965 ч соот-

ветственно. Однако для рабочих при номинальном фонде времени 2070 ч действительный годовой фонд составляет всего 1860 ч (при 15-дневном отпуске).

В общем случае условием организации потока является кратность (K) штучного времени выполнения каждой i-й ТО ($t_{шт\,i}$) такту выпуска:

$$K = t_{шт\,i}/t_{д}.$$

Необходимой кратности ($K = 1, 2, 3...$) на практике добиваются обычно выделением в общем потоке синхронизируемых ТО и дублированием соответствующих рабочих мест пропорционально величине K.

2.3.2. ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И ОРГАНИЗАЦИИ ТП В УСЛОВИЯХ СЕРИЙНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Серийное производство характеризуется изготовлением или ремонтом изделий периодически повторяющимися партиями, т. е. группами объектов труда (заготовок, полуфабрикатов, изделий) одного наименования и типоразмера, запускаемых в производство, обработку или ремонт одновременно (или непрерывно) в течение определенного интервала времени.

Типичным примером серийного производства изделий из ПМ может служить изготовление емкостей выдуванием преформ из полиэтилентерефталата (ПЭТФ-емкостей), схема которого изображена на рис. 2.6. Размеры производственных партий зависят в первую очередь от заказов потребителей ПЭТФ-емкостей. Например, в настоящее время в общем объеме производства данного вида продукции доля ПЭТФ-бутылок для безалкогольных напитков составляет 63 %, для минеральной и питьевой воды — 21 %, для растительного масла — 8 % и столько же для остальных жидких продуктов питания. При этом ПЭТФ-бутылки одинакового назначения разнообразны по объему, форме и цвету. Все это влияет на размеры периодически повторяющихся партий выпускаемых изделий и, следовательно, определяет периодичность переналадки оборудования.

Данному типу производства (серийному) принадлежит наибольший объем выпускаемой продукции. Например, на серийных машиностроительных предприятиях в настоящее время выпускается 75—80 % всех машиностроительных изделий страны. В зависимости от количества изделий в производственной партии (или серии) и величины $K_{зо}$ различают крупносерийное ($1 \le K_{зо} \le 10$), среднесерийное ($10 < K_{зо} \le 20$) и мелкосерийное ($20 < K_{зо} \le 40$) производства.

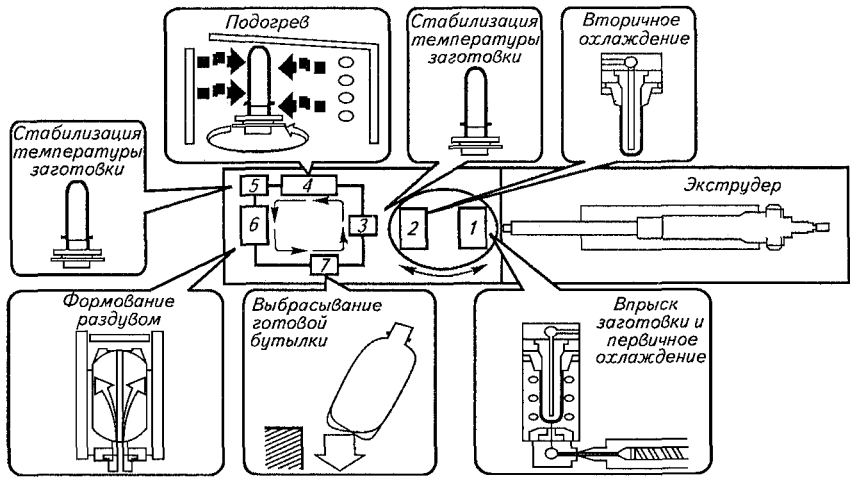


Рис. 2.6. Принципиальная схема формования ПЭТФ-бутылок из преформ:
1—7 — порядок технологических переходов

Крупносерийное производство наряду со специфическими особенностями проектирования и организации ТП может иметь черты, схожие с массовым типом производства. Так, наряду с использованием универсальных СТО (оборудования, оснастки и др.), переналаживаемых в пределах их технологических возможностей при смене объектов производства, рабочие места нередко оснащаются специализированными и специальными видами СТО с широким применением автоматизации. Оборудование располагают по изготовляемым объектам труда и в ряде случаев в соответствии с выполняемым ТП. Однако в отличие от массового производства количество непрерывно выпускаемой продукции (размер производственной партии) обычно составляет всего несколько сотен изделий.

Среднесерийное производство, именуемое обычно просто серийным, в наиболее полной мере соответствует характерным признакам производства данного типа:

— применяют специализированные и универсальные СТО;

— оборудование располагают по технологическим группам с учетом направления основных грузопотоков цеха по предметно-замкнутым участкам;

— за каждой единицей оборудования закрепляют несколько ТО, для выполнения которых требуется переналадка оборудования;

— размер производственной партии — от нескольких десятков до сотен изделий.

Мелкосерийное производство по своей организации приближается к единичному производству, поскольку размеры производственных партий не превышают обычно нескольких единиц. Преимущественно применяют универсальные СТО. Оборудование располагают по типам (участок прессов, участок литьевых машин и т.д.). Оборудование специально не настраивают для выполнения каждой ТО.

Для мелкосерийного производства характерна организация работы непоточным методом. При этом методе не проводят строгого закрепления ТО за конкретными рабочими местами, длительность ТО не синхронизируют по такту выпуска, на рабочих местах создают заделы заготовок, необходимые для их бесперебойной загрузки. При непоточном методе работы стремятся на каждом рабочем месте осуществить максимальное воздействие на предмет труда, уменьшить число ТО в составе ТП, строить ТО с концентрацией технологических переходов. Степень концентрации возрастает по мере уменьшения объема выпуска продукции.

Подход к проектированию ТП в условиях серийного производства является общим для всех его разновидностей. Основное внимание обращают на тщательную проработку каждой отдельной ТО (пооперационное проектирование). Время выполнения отдельных ТО не согласуют, но при переменно-поточной форме организации ТП согласование работы смежного оборудования необходимо.

Переменно-поточный метод, представляющий собой модификацию поточного метода, учитывает специфику серийного производства, в котором организовать непрерывный поток изготавливаемых изделий часто невозможно из-за недостаточной загрузки оборудования в условиях небольших объемов выпуска. За каждым рабочим местом линии (участка) закрепляют по нескольку ТО при изготовлении технологически однотипных изделий, запускаемых в производство попеременно. В течение определенного периода времени (обычно несколько рабочих смен) на линии осуществляется, например, формирование заготовок изделий определенного типоразмера. Затем линию переналаживают для формирования заготовок другого типоразмера. Такая организация работы значительно сокращает время переналадки линии, при этом переналадку обычно осуществляют в перерыве между сменами. Располагая оборудование по ходу ТП, получают движение объектов труда от одного рабочего места к другому, хотя и прерывистое (партиями), но в принципе поточное (прямоточное). Для повышения загрузки оборудования в серийном производстве применяют многономенклатурные поточные линии (переменно-поточные, групповые, предметно-замкнутые участки линий).

2.3.3. ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И ОРГАНИЗАЦИИ ТП В УСЛОВИЯХ ЕДИНИЧНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Единичное производство характеризуется малым объемом выпуска одинаковых изделий, повторное изготовление и ремонт которых, как правило, не предусмотрены. Выпускаются изделия широкой номенклатуры в относительно малых количествах и часто индивидуально. Примерами единичных производств могут служить опытные участки или цехи при опытно-конструкторских бюро (ОКБ), научно-производственных объединениях (НПО), научно-исследовательских институтах (НИИ), а также различные производственные и ремонтные предприятия, опытные научно-исследовательские и учебные лаборатории, мастерские. Во всех случаях изготовление или ремонт изделий из ПМ либо совсем не повторяется, либо повторяется через определенные промежутки времени.

Предприятиям, осуществляющим единичное производство, требуются сверхуниверсальные СТО. Технологическое оборудование размещают по типам, а на небольших производственных площадях нередко совместно. На рабочих местах выполняют разнообразные ТО, не переналаживая оборудование. Стремление снижать себестоимость производства вынуждает экономить на трудоемкости проектирования ТП, ограничиваясь выбором концептуальной (принципиальной) последовательности действий и способа изготовления или ремонта изделия. Однако недостаток такого проектирования ТП приходится компенсировать высокой квалификацией исполнителей — операторов.

Таким образом, зависимость проектирования ТП от типа производства проявляется в нескольких аспектах: в трудоемкости проектирования и достигаемом качестве проекта, в различных возможностях автоматизации, роботизации и механизации ТО, в выборе СТО и расстановке оборудования на производственных площадях, в квалификации и количестве исполнителей ТО. Если к этому добавить рассмотренные ранее материально-технологические и конструктивно-технологические факторы влияния, то становится очевидным тот факт, что стремление обеспечить требуемое качество продукции и максимальную прибыльность производства еще на стадии проектирования ТП является сложной и трудоемкой задачей. На практике это проявляется прежде всего в том, что выбор проектных решений на каждом этапе проектирования ТП становится многовариантным.

Как уже отмечалось, необходимость изготавливать сам ПМ одновременно с формованием изделия, изменяя его состав, структуру и межфазное взаимодействие, дополнительно увеличивает сложность и трудоемкость проектирования ТП. Кроме того, специфика поведения ПМ при переработке в изделия, проявление

так называемой «технологической наследственности» нередко требует на различных этапах проектирования ТП выполнения той или иной технологической научно-исследовательской работы. Последнее обстоятельство обязывает проектанта ТП обладать соответствующей теоретической и экспериментальной подготовкой.

Глава 3

ПРОЕКТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ КАЧЕСТВА ИЗДЕЛИЙ ИЗ ПМ

3.1. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Определению понятия «качество продукции» уделяется особое внимание, поскольку оно призвано согласовать существенно различающиеся подходы к оценке продукции со стороны потребителя, которого интересуют прежде всего потребительские свойства, и производителя, стремящегося к получению прибыли. С целью унификации подхода к определению качества продукции Технический комитет ИСО/ТК 176 «Общее руководство качеством и обеспечение качества», руководствуясь первостепенным принципом менеджмента качества – ориентацией на потребителя, стандартизовал обобщенный международный опыт в данном вопросе. В частности, в семействе международных стандартов (МС) ИСО 9000 : 2000 «Системы менеджмента качества. Основные положения и словарь» *качество определяется как степень, с которой совокупность собственных характеристик продукции отвечает требованиям (потребности или ожиданиям) потребителя (или других заинтересованных лиц).* При этом *под термином «продукция» понимается результат совокупности взаимосвязанных или взаимодействующих видов деятельности.*

Основываясь на том же принципе ориентации на интересы потребителя, отечественная промышленность задолго до этого разработала комплекс стандартов по терминологии качества продукции, его показателей и методов их испытаний. В этих стандартах (ГОСТ 15467—79 «Качество продукции. Термины»; ГОСТ 16431—79 «Качество продукции. Показатели качества и методы оценки уровня качества продукции. Термины и определения»; ГОСТ 16504—81 «Качество продукции. Контроль и испытания. Термины и определения») даны следующие определения.

Качество продукции — совокупность свойств, обусловливающих пригодность продукции удовлетворять определенные потребности

в соответствии с ее назначением. При этом под назначением следует понимать не только сферу эксплуатации продукции за пределами предприятия-изготовителя, но и производственную сферу, где качество таких видов продукции, как заготовки и полуфабрикаты, дополнительно определяется показателями технологических свойств.

Показатель качества продукции — количественная характеристика свойств продукции, входящих в состав ее качества, рассматриваемая применительно к определенным условиям ее создания, эксплуатации или потребления. Показатели могут быть единичные (одно из основных свойств), комплексные, интегральные, обобщенные и базовые. В виде базового показателя качества может фигурировать любой из вышеперечисленных показателей, принятый за эталон (базу) сравнения при сопоставлении с однотипным изделием.

Уровень качества продукции — относительная характеристика качества продукции, основанная на сравнении совокупности показателей ее качества с соответствующей совокупностью базовых показателей.

Более конкретными характеристиками качества промышленной продукции являются ее сорт и категория качества.

Сорт продукции — градация определенного ее вида по одному или нескольким показателям качества, установленная нормативной документацией.

Категория качества продукции — градация определенного ее вида, устанавливаемая при аттестации качества этой продукции в зависимости от уровня качества. В РФ приняты две категории качества аттестованной продукции — первая (соответствие свойств требованиям нормативных документов) и высшая (соответствие лучшим отечественным и мировым образцам данной продукции).

Для определения качества продукции применяют оценку его уровня, контроль, испытание и аттестацию.

Оценка уровня качества продукции — совокупность операций, включающих выбор номенклатуры показателей качества, определение их численных значений, а также значений базовых и относительных показателей с целью обоснования наилучших решений, реализуемых при управлении качеством продукции.

Наряду с оценкой уровня качества готовой продукции в современных условиях большое значение придается проблеме *управления качеством, которое базируется на стандартизации, представляющей собой нормативный способ управления.* Воздействие на продукцию осуществляется с помощью норм и правил, оформляемых в виде *стандартов — нормативно-технических документов* (НТД), *имеющих юридическую силу.* К основным видам нормативных документов помимо стандартов относятся также технические условия.

Технические условия — это научно-техническая документация, устанавливающая дополнительные к государственным и отраслевым

стандартам, а при их отсутствии — самостоятельные требования к показателям качества продукции, а также приравниваемые к ним другие стандарты предприятия. Требования, предусмотренные техническими условиями, не могут быть ниже, чем в государственных и отраслевых стандартах. Соблюдение требований стандартов и других НТД является гарантией необходимого уровня качества продукции. Эффективным инструментом, обеспечивающим соответствие качества продукции требованиям НТД, является сертификация.

Сертификация — это документальное подтверждение соответствия продукции определенным требованиям, основанное на комплексе мероприятий, проводимых с целью подтверждения посредством сертификата соответствия продукции определенным стандартам и другим НТД. Вся продукция, производимая в стране или ввозимая в нее, делится на подлежащую обязательной сертификации и законодательно не регулируемую. В первом случае пропуском на рынок является *сертификат соответствия,* подтверждающий соответствие продукции минимальным требованиям, установленным национальным законодательством. Этот документ выдается третьей стороной, независимой от изготовителя (первая сторона) и потребителя (вторая сторона).

Продукция в законодательно не регулируемой области может беспрепятственно поступать на рынок. Однако возможна добровольная сертификация продукции, открывающая поставщику дополнительные возможности для ее реализации. В результате количество продукции с подтвержденным качеством постоянно увеличивается.

3.2. ЗАДАЧИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ КАЧЕСТВА ПРОДУКЦИИ

Совершенствование качества продукции — одна из важнейших задач всех отраслей промышленности, поскольку от ее решения непосредственно зависят такие экономические проблемы, как надежность и долговечность изделий (ресурс, фактический срок службы), издержки при их эксплуатации (ремонт, простой) и, наконец, конкурентоспособность на рынке. При этом улучшение качества продукции равносильно увеличению объемов ее производства, достигаемому за счет сокращения брака, отходов и потерь, т. е. в итоге — за счет экономии материалов и труда, более рационального использования основных фондов и сокращения капитальных вложений. Не случайно бытует известное японское выражение о том, что качество — это и есть экономика.

В современных условиях особое место среди показателей качества отводится безопасности продукции для человека и окружающей среды. Решение этой задачи опирается на новейшие достижения науки и техники, требуя иногда значительных финансовых вложений. В этой связи, по мнению Европейской организации по контролю качества (ЕОКК), «продукция считается продукцией хорошего качества, если при минимальных расходах в течение всего ее жизненного цикла она в максимальной степени способствует здоровью и счастью людей, вовлеченных в ее проектирование, производство, распределение, потребление, обслуживание и восстановление (вторичное использование) при условии минимальных затрат энергии и других ресурсов и при терпимом (приемлемом) воздействии на окружающую среду и общество».

По мере ускорения научно-технического прогресса, улучшения материального положения и повышения социальных запросов населения проблемы совершенствования качества продукции не только не сокращаются, но становятся еще более сложными. Ярким подтверждением этого факта являются проблемы обеспечения качества в области производства изделий из ПМ, где требуемые комплекс и уровень их свойств закладываются еще на стадии получения сырья и полуфабрикатов, а окончательно достигаются в ходе выполнения технологических операций переработки ПМ, последующего хранения и транспортировки готовых изделий. Следовательно, задача совершенствования или просто стабилизации качества полимерной продукции даже в узких рамках технологического процесса ее изготовления является многофакторной.

В этих условиях возрастает роль технического контроля качества, с помощью которого в производстве полимеров и ПМ решают задачи по определению необходимых технологических свойств сырья, полуфабрикатов, вспомогательных материалов и готовой продукции, а также осуществляют пооперационный контроль технологического процесса производства. Разработка видов и методов технического контроля является неотъемлемой частью работы над проектами технологических процессов изготовления различных изделий из ПМ.

Исходя из сказанного, семейство международных стандартов (МС) ИСО 9000 : 2000 по системам менеджмента качества предусматривает необходимость разработки и реализации специальных программ качества по каждому виду продукции или технологических процессов:

ИСО 9000 описывает основные положения систем менеджмента качества и устанавливает терминологию для систем менеджмента качества;

ИСО 9001 определяет требования к системам менеджмента качества для тех случаев, когда организации необходимо продемонстрировать свою способность предоставлять продукцию, отвечающую требованиям потребителей и обязательным (стандартным) требованиям, и направлен на повышение удовлетворенности потребителей;

ИСО 9004 содержит рекомендации, рассматривающие эффективность системы менеджмента качества. Целью этого стандарта является улучшение деятельности организации и удовлетворенность потребителей и других заинтересованных сторон;

ИСО 10011 содержит методические указания по аудиту (проверке) систем менеджмента качества и охраны окружающей среды.

Все вместе они образуют согласованный комплекс стандартов, содействующий взаимопониманию в национальной и международной торговле. Их конкретная цель — добиться комплексного решения многофакторных задач, начиная с постановки конкретных требований *по улучшению или стабилизации показателей технического* уровня и экономических характеристик продукции или процессов и кончая документированием соответствующих действий.

Для технологического проектирования наиболее важное значение имеет: организация управления качеством предмета труда на конкретных рабочих местах; применение наиболее эффективных методов и средств осуществления контроля; выявление и анализ причин возникновения брака; разработка и освоение технологических приемов его устранения; метрологическая экспертиза технологических операций; объективная оценка состояния и эксплуатационной надежности средств технического оснащения технологического процесса.

3.3. ПРОЕКТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ОБЕСПЕЧЕНИЯ КАЧЕСТВА ПРОДУКЦИИ В РАЗЛИЧНЫХ СИСТЕМАХ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ

Под системой управления качеством понимается совокупность организационной структуры, методик, процессов и ресурсов, необходимых для осуществления общего руководства качеством. Разработка систем управления качеством промышленной продукции в нашей стране прошла за последние 50 лет несколько этапов. Первоначально ставка делалась на обеспечение качества только путем управления им на заключительной стадии производственной деятельности. Примером может служить саратовская система бездефектного изготовления продукции и сдачи ее с первого предъявления (1950-е годы). Ее недостатком явилась ограниченность конкретным рабочим местом. Система основывалась на мероприятиях по повышению ответственности рабочих за изготовление продукции в соответствии с требованиями нормативно-технической документации и их стимулированию за сдачу продукции с первого предъявления.

В дальнейшем эта система была дополнена и получила развитие в г. Горьком (ныне — Нижний Новгород) как более целостная система обеспечения качества машиностроительной продукции. Усовершенствованная система, названная КАНАРСПИ (качество, надежность, ресурс с первых изделий), базировалась на всем цикле создания изделия. Основное внимание уделялось развитию и оценке исследований, направленных на улучшение качества разработки проектов новых изделий и технологических процессов. В области производства полимерной продукции горьковская система качества была впервые внедрена на заводе химических волокон в г. Энгельсе.

В 1971—1974 гг. на базе прогрессивных элементов саратовской, горьковской и других систем был проведен масштабный научно-производственный эксперимент по разработке и внедрению комплексной системы управления качеством продукции (КС УКП), в котором активное участие приняли передовые промышленные предприятия Львовской области (Украина). Взаимоувязанными оказались все стадии создания и использования продукции, все звенья производства. Принципиальной новизной системы считалось то, что ее организационно-техническую основу составляли стандарты предприятия, устанавливающие критерии оценки качества труда и позволяющие правильно устанавливать конкретный вклад каждого работника, участвующего в улучшении качества продукции, определять меры морального и материального поощрения.

Однако несмотря на то, что рассмотренные отечественные системы управления качеством внесли значительный вклад в совершенствование управления качеством промышленной продукции в тот период времени, их возможности были ограничены. Общим недостатком рассмотренных систем является отсутствие комплексного обеспечения нормативно-технической и методической документацией, необходимой в качестве научно-практической базы системы обеспечения качества продукции. В этой связи, как было показано выше, важное значение имеет разработка комплекта организационных, методических и технических стандартов на основе семейства МС ИСО 9000 : 2000. Действие международной системы качества распространяется на все этапы — от первоначального определения потребностей рынка до конечного удовлетворения конкретного потребителя, т. е. на все периоды жизненного цикла продукции и процессов (ЖЦПП) (рис. 3.1).

Различают три больших периода ЖЦПП — *допроизводственный* (подготовительный), во время которого осуществляются мероприятия по обеспечению качества, *производственный*, когда заданное качество обеспечивается практически, и *послепроизводственный* период, когда достигнутое качество реализуется потребителем.

Обеспечение качества продукции, основываясь на результатах изучения рынка (маркетинга) и техническом задании со стороны заказчика, начинается с формулирования требований к продукции. Далее наряду с требованиями действующих регламентов, стандартов и контрактных соглашений эти требования проходят первичную проектную реализацию при конструировании (проек-

Рис. 3.1. Схема жизненного цикла продукции и процессов в системе качества

тировании и разработке) объекта производства (продукции), во время которого задаются его конфигурация (форма) и размеры, выбирается ПМ с учетом функциональных и технологических свойств, осуществляются расчеты необходимых характеристик эксплуатационного качества.

Дальнейшее проектное обеспечение заданного качества продукции осуществляется на этапе проектирования и разработки процессов; на этом этапе основное место принадлежит *проектированию технологического процесса изготовления необходимой продукции*. Проектирование ТП предопределяет выбор наиболее технологичных ПМ и их полуфабрикатов, рациональных способов формирования заготовок и формования изделий, выбор оборудования и инструментов, маршрутной схемы и режимов выполнения технологических операций, а также позволяет учесть новейшие достижения технологии, нормативно-регламентирующих методик, организации труда. Кроме того, выполнение всех действий в рамках технологической подготовки производства должно сопровождаться техническим контролем – неотъемлемой частью системы управления качеством продукции. Проектирование системы технического контроля (СТК) методически и организационно основывается на нормативно-технической документации, окончательно разрабатываемой на стадии технического проекта СТК (см. ниже).

Задачи проектирования и разработки процессов, предусмотренные стандартами во главе с ИСО 9000:2000, помимо проектирования ТП предполагают также создание проектов и других процессов, непосредственно связанных с ТП изготовления продукции. В частности, обязательной является разработка системы обеспечения сохранности продукции как в ходе выполнения ТП, так и во время доставки ее в место предполагаемого назначения, что для полимерной продукции, чувствительной к воздействию различных факторов, имеет особое значение. Проектируемая система сохранности должна включать нормативные правила погрузочно-разгрузочных работ, упаковки, транспортировки, хранения и защиты.

Наконец, важное место отводится разработке технологических способов и приемов исправления брака выпускаемой продукции на разных этапах ЖЦПП. Сокращение брака напрямую влияет на экономию расхода ПМ, электроэнергии и других материально-технических и трудовых ресурсов, что, в свою очередь, позволяет повышать производительность ТП, снижать себестоимость продукции и, следовательно, увеличивать рентабельность производства.

3.4. ВОЗМОЖНОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ КАЧЕСТВА ПРОДУКЦИИ В РАЗЛИЧНЫХ ГРУППАХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА

Разнообразные показатели качества, определяющие свойства продукции, классифицируют по нескольким стандартным группам показателей качества; основными являются группы показателей назначения, надежности, технологичности, эргономических, стандартизации и унификации, эстетических, патентно-правовых и экономических.

Показатели назначения продукции, обычно перечисляемые в тексте технических требований к ее качеству, характеризуют возможности выполнять функции, обусловленные ее назначением. Это могут быть функции как в сфере эксплуатации готовых изделий, так и в сфере производства, если продукцией является, например, какой-либо полуфабрикат ПМ (гранулят, преформы, препреги и т. п.). Тогда показателями качества в соответствии с назначением продукции становятся эксплуатационные характеристики либо технологические свойства. Те и другие показатели качества являются результатом совместной деятельности конструктора и технолога.

Показатели надежности продукции характеризуют способность выполнять требуемые функции при соблюдении нормативных условий в течение заданного периода времени или определенной наработки. Показатели надежности тесно связаны с показателями назначения и потому обеспечиваются совместными усилиями конструкторов и технологов.

Показатели технологичности продукции определяют качество (степень совершенства) с точки зрения издержек ее изготовления и эксплуатации в конкретно заданных условиях. На этом основании ГОСТ 14.205—83 различает два вида технологичности продукции (изделий): производственную и эксплуатационную. В первом случае технологичной признается та конструкция изделия, которая может быть изготовлена наиболее экономично и производительно в условиях определенного типа и при соответствующей оснащенности производства. Эксплуатационная технологичность конструкции изделия проявляется в сокращении затрат (средств и времени) на подготовку изделия к функционированию, на техническое обслуживание и ремонт изделия.

В соответствии с ГОСТ 14.201—83 «Общие правила обеспечения технологичности конструкции изделия» эта задача есть функция подготовки производства, предусматривающая взаимосвязанное решение конструкторских и технологических задач. При этом главными факторами, обусловливающими технологичность конструкции, считаются вид изделия, объем выпуска, тип производства.

Эргономические показатели определяют качество продукции в отношении ее способности соответствовать возможностям человеческого организма, т. е. по степени учета «человеческого фактора». Сюда относятся, во-первых, показатели, оказывающие психофизиологическое воздействие на человека — наличие и процент содержания летучих компонентов (запах, токсичность), цвет (гамма, тональность, равномерность окраски), масса и др., а во-вторых, — показатели, характеризующие соответствие выпускаемой продукции, предназначаемой для работы в контакте с человеком, его антропометрическим возможностям — телесным пропорциям, подвижности двигательных и зрительных органов.

Оценка качества продукции (например, офисной и бытовой мебели, элементов интерьеров транспортных средств, канцелярских принадлежностей, компьютерной, спортивной и другой техники, значительная часть которых изготавливается из ПМ) осуществляется с точки зрения способности обеспечивать человеку комфортные условия, необходимые для производительного и качественного выполнения им своей работы в течение продолжительного времени.

Эргономическое качество продукции обеспечивается главным образом результатами художественного конструирования (дизайна), основанного на требованиях эргономики.

Показатели стандартизации и унификации продукции отражают степень использования в ее конструкции стандартных и унифицированных элементов, призванных сократить трудоемкость производства, повысить экономическую эффективность. Чем больше уровень стандартизации и унификации выпускаемой продукции, тем вероятнее снижение ее себестоимости.

Под уровнем стандартизации понимают относительную насыщенность конструкции изделия составными частями, изготовленными по государственным и отраслевым стандартам (сото- и пенопластовые заполнители, профили и трубы, электро- и радиоэлементы, редукторы, муфты и т. д.).

Под унификацией понимают приведение изделий к единообразию на основе рационального ограничения их разновидностей, а под уровнем унификации какого-либо изделия — насыщенность этого изделия унифицированными составными частями, т. е. взаимозаменяемыми элементами, используемыми не менее чем в двух изделиях одной группы.

При определении уровня стандартизации и унификации в расчет не принимают крепежные детали, заглушки и пробки, детали соединения трубопроводов, шпонки, крюки-подвески и рым-болты, электролампы, перемычки, прокладки, обечайки, установочные кольца, пломбы, детали упаковки, тары и другие подобные элементы, применение которых может быть предусмотрено на этапе проектирования объекта производства.

Эстетические показатели качества продукции призваны давать оценку дизайна с позиций современных представлений технической эстетики, т. е. отражая совершенство и гармоничность формы и цвета изделия по отношению к канонам, принятым специалистами в данной области человеческой деятельности. Эволюция эстетических представлений о качестве продукции стимулирует конструкторов и дизайнеров искать новые решения конфигурации и цветовой гаммы в окружающем предметном мире. Роль технологов сводится к воплощению их замыслов и идей.

Патентно-правовые показатели определяют патентную чистоту продукции или ее отдельных составляющих (формы, конструкции). Это означает, что продукция, в конструкции которой заложены идеи и разработки, защищенные патентами других лиц и организаций, не может безнаказанно выйти на рынок. И наоборот, оригинальная конструкция, обладающая патентной чистотой, способна конкурировать на рынке сбыта, принося прибыль, на которую была рассчитана.

Экономические показатели образуют особую группу показателей качества. Их постоянная востребованность объясняется универсальностью оценки, поскольку любой вышеназванный показатель качества может быть представлен в денежном эквиваленте (размере финансовых затрат на повышение технического, эргономического или эстетического уровня). Потребительскими свойствами

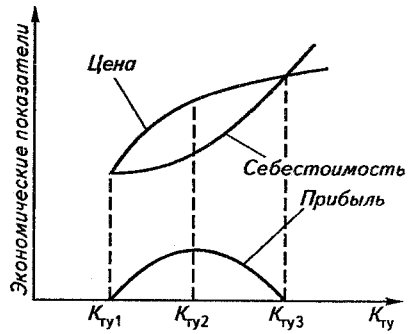


Рис. 3.2. Зависимость экономических показателей от уровня технического качества продукции

продукции становятся не только ее функциональные характеристики, но и себестоимость, определяющая рыночную цену. Всякая попытка технического совершенствования промышленной продукции требует дополнительного финансирования, что приводит к росту себестоимости.

Однако на различных этапах качественного совершенствования продукции ее способность приносить прибыль неодинакова. Из рис. 3.2, где изменение технического уровня продукции выражено отложенным по оси абсцисс коэффициентом $K_{ту}$, видно, что изменение экономического показателя прибыли обусловлено изменяющейся разницей между ценой продукции и ее себестоимостью.

В диапазоне изменения технического качества $K_{ту1}$—$K_{ту2}$ прибыль быстро растет, поскольку успех достигается при малых затратах, незначительно повышающих себестоимость продукции. По мере дальнейшего ее технического совершенствования (участок $K_{ту2}$—$K_{ту3}$) картина меняется на противоположную: себестоимость резко растет, сокращая прибыль, а при качестве, превышающем показатель $K_{ту3}$, продукция становится убыточной. Для обеспечения максимальной прибыли необходимо поддерживать техническое качество на уровне $K_{ту2}$, обеспечивая постоянный анализ качества и соответствующее воздействие на объект труда в течение всего ТП, т. е. необходимы вложения в производственную систему управления качеством продукции.

Управление качеством продукции на стадии проектирования ТП возможно лишь в рамках показателей назначения, надежности, технологичности и, как следствие, экономичности. Далее предлагается рассмотреть характерные примеры проектно-технологического обеспечения качества изделий из ПМ по группам показателей назначения и надежности. Примеры аналогичного обеспечения качества полимерных изделий по группам показателей технологичности и экономичности будут рассмотрены во второй части книги при изложении методологии проектирования ТП.

3.5. ПРОЕКТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ КАЧЕСТВА ИЗДЕЛИЙ ИЗ ПМ В ПОКАЗАТЕЛЯХ НАЗНАЧЕНИЯ

При определении качества готовой продукции контролю подвергаются различные показатели свойств. Однако независимо от числа контролируемых параметров первостепенная роль всегда отводится показателям, характеризующим принципиальную возможность использования продукции по ее прямому назначению. При этом в качестве показателей назначения может выступать большая номенклатура разнотипных эксплуатационных характеристик — механических, электро-, радио- и триботехнических, теплофизических и др. Основой технологического обеспечения качества изделий из ПМ на стадии проектирования ТП является использование закономерностей изменения свойств при различных условиях переработки ПМ. Следовательно, имея в перечне технических требований заданные характеристики назначения изделия, необходимо выбрать наиболее действенные факторы технологического воздействия на предмет труда — перерабатываемый ПМ.

В качестве таких факторов могут рассматриваться способы переработки ПМ, регулируемые технологические свойства исходного сырья, режимы работы средств технического обеспечения и прочие условия выполнения технологических операций, дополнительные виды воздействия на готовые изделия и др. Примеры использования некоторых факторов технологического воздействия, включая изменение способа изготовления изделия с целью регулирования величины и равномерности распределения прочности ПМ по сечению изделия, были рассмотрены выше при анализе данных, приведенных в разделе 2.2.2. В частности, была отмечена возможность при проектировании ТП отказаться от прессования цельнопластиковой конструкции изделия, а разрабатывать ТП сборки этого изделия из готовых слоеных заготовок с толщиной, соответствующей заданному показателю прочности.

Не менее наглядно проявляется влияние выбора технологических способов и при изготовлении цельнопластиковых изделий. Так, сравнение приведенных в табл. 3.1 максимально достигаемых свойств образцов из полиамида ПА 66, полученных спеканием и литьем под давлением, показывает (1,5÷3)-кратное различие прочностных показателей и многократное несоответствие деформационных свойств. При этом не во всех случаях преимущество имеет какой-либо один способ формования. Литье под давлением обеспечивает значительное преимущество по прочности при растяжении и при изгибе, а спекание дает более высокую прочность и устойчивость при сжатии. Сказываются различное состояние и структура ПА 66 в изделиях, обусловленные иными условиями прогрева, течения расплава и монолитизации при формовании.

Таблица 3.1. **Свойства образцов из полиамида ПА 66, полученных спеканием и литьем под давлением**

Показатели	Метод испытания	Образец из ПА 66, полученный спеканием	Образец из ПА 66, полученный литьем под давлением
Плотность, кг/м^3	D792	1110	1140
Прочность, МПа:			
при растяжении	D648	25	79
при сжатии	D695	110	70
при изгибе	D790	45	97
Относительное удлинение при разрыве, %	D648	0	> 90
Деформация под нагрузкой 14 МПа при 50 °С, %	D621	0,37	1,4
Твердость, МПа	D676	80	78

Одновременно необходимо учитывать, что технологическое управление качеством изделий из армированных пластиков может начинаться задолго до операций формования и сборки. Например, значительное влияние оказывают факторы подготовки компонентов и формирования заготовок. В табл. 3.2 влияние последнего фактора показано на примере формирования заготовок намоткой, когда в нужном диапазоне может быть реализована зависимость основных механических свойств (прочности и модуля упругости) армированного пластика от усилия натяжения наматываемого жгута.

Таблица 3.2. **Зависимость механических свойств армированного пластика от усилия натяжения жгута при намотке (на примере эпоксиуглеволокнита)**

Показатели механических свойств армированного пластика*	Значения показателей при усилии натяжения жгута		
	2Н	4Н	6Н
Относительная прочность при растяжении $G_р/G_6$	0,76	0,92	1,0
Относительный модуль упругости при растяжении $E_р/E_6$	0,85	1,0	1,0

*$G_р$ и $E_р$ — прочность при растяжении и модуль упругости при растяжении армированного пластика при усилии натяжения жгута 2Н, 4Н или 6Н; G_6 и E_6 — то же при усилии натяжении жгута 6Н.

От усилия натяжения армирующего жгута зависит степень остаточной искривленности армирующих волокон, соотношение остаточных деформаций волокон и полимерной матрицы и в конечном счете — степень реализации механических свойств армирующей фазы в составе ПМ. Наибольшие возможности для этого предоставляет мокрая намотка. При этом по мере увеличения натяжения повышаются плотность ПМ и относительное объемное содержание армирующей фазы в АП под влиянием давления (P),

образующегося на поверхности формируемой заготовки, которое растет согласно уравнению

$$P = nN\cos\gamma/R,$$

где n — число наматываемых слоев; N — натяжение жгута (ленты, ровницы или др.); R — радиус кривизны траектории намотки в заданной точке; γ — угол геодезического отклонения.

Кроме того, в зависимости от состава армированного пластика при натяжении может меняться соотношение относительных удлинений матрицы и волокна, которые можно выровнять при соответствующем натяжении волокон, обеспечивая тем самым одновременность разрушения компонентов и, следовательно, максимальную прочность ПМ. Таким образом, руководствуясь требованиями к показателям механических свойств армированного пластика, проектант ТП имеет возможность предусмотреть соответствующий технологический режим намотки.

Типовые проектные решения ТП, основанные на достижении заданных структурных и иных признаков, широко используются и при изготовлении изделий из термопластов. В частности, это было показано в разделе 2.2.3, откуда следует, что результаты могли достигаться как подбором оптимальных режимов выполнения технологических операций, так и введением в состав ТП дополнительных операций. Аналогичная эффективность при варьировании технологических условий изготовления термопластичных изделий характерна в том числе и для наиболее распространенного способа переработки ПМ – литья под давлением (табл. 3.3).

Таблица 3.3. **Зависимость ударной вязкости ($a_к$) от технологических условий переработки пластмасс при литье под давлением**

Полимерный материал	Характеристики технологического режима переработки		Ударная вязкость $a_к$ (в % от оптимального значения)
	характеристика	значение характеристики	
Полиэтилентерефталат (ПЭТ) стеклонаполненный	Влажность гранулята, %	0,01	100
		0,02	98
		0,03	85
		0,04	68
		0,05	58
		0,06	50
Полиамид ПА 66 стеклонаполненный	Температура зоны впрыска, °С	290	100
		275	98
		260	96
		245	92
		230	87
ПА 66	Время пребывания расплава в материальном цилиндре, мин	5	100/97*
		10	100/80*
		15	99/50*
		20	75/20*

* В числителе — при 280 °С, в знаменателе — при 310 °С.

Приведенные экспериментально-статистические данные позволяют прогнозировать необходимость включения в состав ТП операции сушки гранулята, определять режимы выполнения основных операций и задавать цикл переработки ПМ, обеспечивающие заданный уровень ударной вязкости изделия.

Примеры проектно-технологического обеспечения качества изделий из ПМ могут быть столь же многочисленными, сколь многообразными являются показатели назначения. Но среди них есть такая характеристика качества, которой очень часто отводится ведущая роль. Речь идет о размерной точности изделий из ПМ, обеспечение которой, в отличие, например, от металлоизделий, нередко представляет сложную технологическую задачу. Следующие далее разделы, посвященные этому вопросу, призваны дать представление о возможностях системного подхода в обеспечении качества полимерных изделий на стадии проектирования ТП.

3.5.1. ВОЗМОЖНОСТИ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЗАДАННОЙ РАЗМЕРНОЙ ТОЧНОСТИ ИЗДЕЛИЙ ИЗ ПМ ПРИ ФОРМОВАНИИ

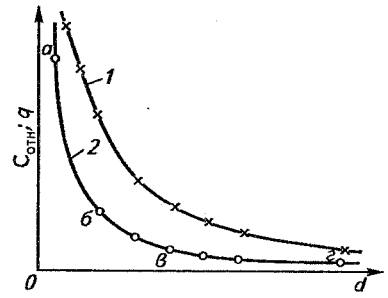
Учитывая последовательность этапов жизненного цикла продукции и процессов в действующей системе качества (см. рис. 3.1), ответственным за назначение допусков на размеры изделий из ПМ следует считать конструктора, располагающего достаточной номенклатурой полей допусков для проектирования посадок. Однако разрабатывая конструкцию изделия, он вынужден руководствоваться также объективно существующими возможностями реализации этих допусков в ходе выполнения ТП. Иными словами, допуск (d), назначаемый конструктором, не должен быть меньше технологической погрешности ($d_т$), характерной для современной технологии переработки ПМ в изделия конкретным способом, т. е. должно выполняться условие

$$d \geq d_т .$$

При этом чем выше требование конструктора ($d = d_т$), тем бóльшими затратами должна обеспечиваться размерная точность. И наоборот, чем размерный допуск больше, тем меньше объем брака и ниже себестоимость изделия (рис. 3.3).

Дополнительные затраты средств на ликвидацию размерного брака могут стать соизмеримыми с затратами на приобретение и обслуживание более точного оборудования, формующего инструмента и контрольно-измерительных приборов, призванных этот брак предотвращать. Особенно интенсивен рост брака на участке *а — б* кривой *2*, где проектанту ТП необходимо анализировать целесообразность выбранного способа изготовления изделия, изыс-

Рис. 3.3. Обобщенная зависимость относительной себестоимости пластмассовой детали $C_{отн}$ (*1*) и возможного количества размерного брака q (*2*) от величины допуска d



кивать дополнительные технологические резервы, включая даже механическую доработку изделий, а также использование специальных организационно-технологических мероприятий. Однако дешевле для производства иметь большой допуск d, характеризуемый участками *б—в* и *в—г* (особенно). Именно технолог несет ответственность, начиная с проектирования ТП и кончая его практической реализацией, за обеспечение требований конструктора при минимальных трудовых и материально-технических затратах.

Степень приближения конструкторского допуска к технологическим возможностям можно оценивать с помощью коэффициента технологического запаса точности:

$$K_{тзт} = d/d_т .$$

Если $K_{тзт} < 1$, то требования конструктора завышены, не будучи обеспеченными технологическими возможностями. При $K_{тзт} = 1$ точность реализуется на пределе возможностей технологического обеспечения. На практике считается целесообразным не просто иметь $K_{тзт} > 1$, а чтобы $K_{тзт} = 1{,}2 \div 1{,}5$. Тогда появляется ресурс стабилизации достигнутого размерного качества изделия.

При отсутствии размерного допуска на рабочем чертеже изделия возможны два варианта: либо отклонения размеров не имеют значения (некоторые бытовые предметы, игрушки и т.п.), либо размеры изделия должны обеспечиваться по максимуму технологических возможностей. В общем случае, назначая допуск, конструктор имеет несколько вариантов для принятия решения:

1) использовать стандартные и (или) справочные данные по расчету и назначению допусков, нормируемых квалитетами точности, которые основываются на объективном параметре — колебании усадки ΔS стандартных образцов по ГОСТ 18616—80 либо конкретных деталей. В табл. 3.4 приведены квалитеты точности, используемые при конструировании литьевых и прессованных изделий из пластмасс простой геометрической формы в условиях массового производства. Размеры типа A_1 обусловлены размерами формующих элементов, а размеры типа A_2 и A_3 — взаимным расположением последних;

2) назначать допуск по аналогии с известным прототипом изделия, принимая во внимание, что сегодня, по оценкам экспертов,

микропрецизионные изделия (точнее квалитета IT 7) практически не производятся, в диапазоне IT 7÷10 производятся до 10 % и IT 12÷13 — до 30—40 % от общего объема производства пластмассовых изделий. Достижимые квалитеты размерной точности для деталей из основных видов пластмасс представлены в табл. 3.5;

Таблица 3.4. **Квалитеты точности для размеров деталей из пластмасс**

Интервал размеров, мм	Квалитет точности при колебании усадки ΔS, %							
	до 0,06	св. 0,06 до 0,10	св. 0,10 до 0,16	св. 0,16 до 0,25	св. 0,25 до 0,40	св. 0,40 до 0,60	св. 0,60 до 1,00	св. 1,00
	Размеры типа A_1							
До 3	8	9	10	11	12	13	14	15
Св. 3 до 30	8	9	10	11	12	13	14	15
Св. 30 до 120	9	10	11	12	13	14	15	16
Св. 120 до 250	10	11	12	13	14	15	16	17
Св. 250 до 500	11	12	13	14	15	16	17	18
	Размеры типа A_2 и A_3							
До 3	10	11	12	13	14	15	16	17
Св. 3 до 30	9	10	11	12	13	14	15	16
Св. 30 до 120	10	11	12	13	14	15	16	17
Св. 120 до 250	11	12	13	14	15	16	17	18
Св. 250 до 500	12	13	14	15	16	17	18	—

Таблица 3.5. **Достижимые квалитеты размеров деталей из пластмасс**

Класс материала	Материал	Способ переработки*	Интервал размеров[2*], мм	Квалитет[3*] для размеров с неуказанными допусками	Квалитет[3*] для размеров с указанными допусками	Квалитет[3*] для толщин стенок с указанными допусками, оформляемых в направлении смыкания формы[4*]
Реактопласты	Фенопласты с наполнителем:					
	древесным	ПП	1...500	14	12(11)	14; 15(12; 13)
		ЛП	1...120	13	11(10)	13: 14(11; 12)
	волокнистым тканым стекловолокнистым	ПП	1...500	15; 16	13(11; 12)	15; 16(13; 14)
				13	12; 13(10; 11)	13; 14(11; 12)
	Премикс (полиэфир со стекловолокнистым наполнителем)	ПП	1...500	16; 17	14(13)	16; 17(14; 15)
		ЛП	1...120	15; 16	13(12)	15; 16(13; 14)
Термопласты	Полистирол и сополимеры стирола, АБС-пластик			13	11^{4*} (10^{2*})	11(11; 12)
	Полиэтилен высокого давления			17; 18	16; 17(14; 15)	17; 18(15; 16)
	Полиэтилен низкого давления			13; 14	12; 13(10; 11)	13; 14(11; 12)

Продолжение

Класс материала	Материал	Способ переработки*	Интервал размеров[2*], мм	Квалитет[3*] для размеров с неуказанными допусками	Квалитет[3*] для размеров с указанными допусками	Квалитет[3*] для толщин стенок с указанными допусками, оформляемых в направлении смыкания формы[4*]
	Полипропилен	Л	1...500	14	13; 14(11; 12)	14; 15(12; 13)
	Полиамиды (ПА 6, ПА 10, ПА 11, ПА 12) со стекловолокнистым наполнителем			14; 15	13; 14(11; 12)	14; 15(13; 14)
	Поликарбонат			13;15	12; 13(10; 11)	13; 14(11; 12)
	Полиметилметакрилат			15; 16	13; 14(12)	15; 16(13; 14)

* ПП — прямое прессование; ЛП — литьевое прессование; Л — литье под давлением.

2* Толщина стенок деталей до 30 мм (для термопластов — до 18 мм).

3* Значения без скобок и в скобках — соответственно при нормальной и при повышенной точности.

4* Для толщин стенок деталей, оформляемых в направлении, перпендикулярном смыканию формы, действительны квалитеты, приведенные для размеров с неуказанными допусками и размеров с указанными допусками при повышенной точности (в скобках).

3) использовать собственный опыт и интуицию;

4) проводить экспериментальные исследования совместно с технологами, последовательно стремясь добиться необходимого размерного качества.

Экспериментальный способ в сочетании со структурным анализом конкретной ситуации в достижении размерной точности позволяет обеспечить индивидуальный подход при решении проблемы. В основе индивидуального подхода лежит представление о том, что технологический допуск зависит прежде всего от свойств материала ($d_м$), качества формующего инструмента ($d_{ин}$) и условий формования изделия ($d_ф$). Среди дополнительных факторов чаще всего проявляется влияние конструктивных решений изготавливаемого изделия ($d_к$), например предусматриваемых для беспрепятственного извлечения изделий из формующего инструмента, и условий хранения этих изделий (деталей) до выполнения операции сборки узлов и агрегатов ($d_{хр}$). Вклад основных и дополнительных составляющих в общую величину технологического допуска можно выразить формулой

$$d_т = d_м + d_{ин} + d_ф + d_к + d_{хр}.$$

В табл. 3.6 систематизированы типичные методы технологического регулирования составляющих $d_т$, порождаемых названными источниками воздействия на размерную точность изготавливаемых изделий.

Таблица 3.6. **Типичные методы технологического регулирования $d_т$**

Составляющие $d_т$	Источник составляющей $d_т$	Факторы возникновения составляющей $d_т$	Основные причины проявления составляющей $d_т$	Методы технологического регулирования составляющих $d_т$
Основные: $d_м$	Полимерный материал	Усадка	Выделение летучих; кристаллизация; тепловое расширение	Подбор стабильного состава ПМ, в том числе термостабильной матрицы, инертных наполнителей и других компонентов; подача дополнительного расплава для компенсации усадки ПМ в форме; снижение температуры переработки ПМ в изделие; предотвращение кристаллизации термопластичных матриц; рационализация подвода литников и др.
$d_{ин}$	Формующий инструмент	Размеры формующей полости	Нерациональное соотношение заданных размеров изделия и размеров формующей полости	Ужесточение допусков на размеры форм (пресс-форм, штампов, оправок, калибрующих головок и т.п.); предотвращение физического износа форм
$d_ф$	Технологические условия переработки ПМ	Качество выполнения подготовительных операций; несоблюдение оптимальных параметров формования; нерациональная организация ТП	Колебания свойств исходного сырья; неравномерные температуры и давления; неэффективный контроль; низкая технологическая дисциплина	Корректировка режимов переработки ПМ; автоматизация производства; профилактика технического оснащения; пооперационный контроль и др.

Продолжение

Составляющие $d_т$	Источник составляющей $d_т$	Факторы возникновения составляющей $d_т$	Основные причины проявления составляющей $d_т$	Методы технологического регулирования составляющих $d_т$
Дополнительные: $d_к$	Конструкция изделия	Величина уклонов стенок изделия; разнотолщинность стенок	Отклонение от номинальных размеров; искажение формы изделия	Технологическая рационализация конструкции изделия; предотвращение сцепления изделия с формой (замена ПМ, смазка и др.)
$d_{хр}$	Условия хранения готовых изделий	Коробление; усадка; набухание (влагопоглощение)	Остаточные напряжения; испарение летучих; влажность; колебания температуры	Термостабилизация; герметичная упаковка изделий; поддержание стандартных условий хранения: влажность 40—70 %, T = = + (20 ± 1,5) °С, время до 24 ч

Как следует из табл. 1.11, первым фактором, ответственным за величину технологического допуска, названа **усадка ПМ**. Технологическая усадка — это уменьшение размеров изделия относительно размеров оформляющей полости формующего инструмента, фиксируемое после охлаждения и некоторой выдержки изделия при комнатной температуре. Усадка ПМ обусловлена физико-химическими особенностями полимеров (см. приложение П.1); она зависит также от наличия других компонентов и от присутствия влаги, летучих продуктов химических реакций, растворителей. Именно по размеру усадки (с учетом качества оборудования и стабильности ТП) назначают размерные допуски при конструировании изделий из ПМ. Например, из рис. 3.4 можно сделать вывод о том, что прецизионное литье возможно далеко не из всех видов ПМ; прежде всего оно возможно из ПМ в области *1′*.

С физической точки зрения усадку полимеров подразделяют на термическую и структурную. Под термической усадкой понимают уменьшение объема полимерного образца при охлаждении, определяемое температурным коэффициентом линейного расширения (ТКЛР) и сжимаемостью материала. Структурная усадка вызывает уменьшение объема образца, обусловленное изменениями полимера в ходе и после формования за счет образования пространственной, кристаллической или молекулярно-ориентированной структуры.

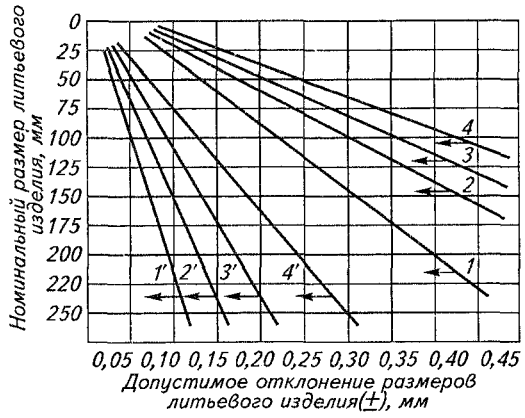


Рис. 3.4. Возможности обеспечения размерной точности изделий из различных термопластов:

1—4 — стандартное литье; *1'—4'* — прецизионное литье;

1, 1' — материалы на основе ПК, ПС, ПСФ; *2, 2'* — материалы на основе ПАц, ПФО; *3, 3'* — материалы на основе ПБТ, ПЭТФ, ПА; *4, 4'* — материалы на основе ПЭНП, ПЭВП, ПП

Для регулирования размерной точности изделий из ПМ применяются различные технологические приемы. Например, объемная усадка, вызванная процессом кристаллизации, которая может достигать 14 % (в частности, у полиоксиметилена), может быть компенсирована на стадии выдержки под давлением подачей дополнительного расплава в формующую полость. В других случаях снижение усадки может быть достигнуто подавлением кристаллообразования за счет ускоренного охлаждения изделия в форме или при последующей термообработке, т. е. за счет сокращения времени, необходимого для полноценной кристаллизации. Ниже приведены значения времени, необходимого для полноценной кристаллизации различных ПМ в образцах толщиной 3 мм:

Полимерный материал	*Время кристаллизации, с/мм толщины образца*
Полиоксиметилен (ПОМ)	7,5—8,5
Полиамид 66 (ПА 66)	3,5—4,5
ПА 66 ударопрочный	3,0—4,0
ПА 66 стеклонаполненный 30 % (мас.)	2,5—3,5
Полиэтилентерефталат стеклонаполненный 30 % (мас.)	3,0—4,0
Полибутадиентерефталат (ПБТ)	3,5—4,5
ПБТ стеклонаполненный 30 % (мас.)	2,5—3,5

Из приведенных данных следует, что введение в состав ПМ достаточно термостабильного при температурах их переработки стекловолокна (СВ) способствует снижению усадки в среднем на 1 %.

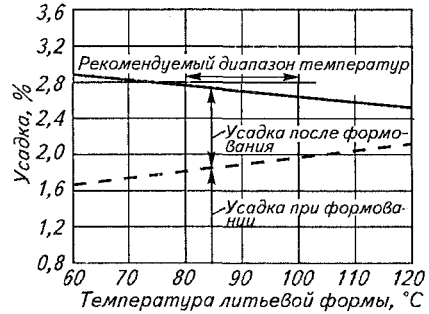


Рис. 3.5. Зависимость усадки ПОМ со средней вязкостью (толщина стенки изделия 3,2 мм, давление впрыска 80 МПа) от температуры формы при литье под давлением:

– – – — свежесформованное изделие; —— — полная усадка

Действие температуры на усадку полимерного связующего отчетливо проявляется не только при впрыске расплава, но и при его взаимодействии со стенками формы (рис. 3.5): чем выше температура литьевой формы, тем больше усадка ПМ.

Одновременное снижение усадки после формования обусловлено прежде всего влиянием температуры расплава ПМ при впрыске в форму, о чем сказано ниже.

Усадка литьевых изделий в значительной мере зависит и от конструкции литниковой системы — размеров сечения и протяженности, конфигурации и мест подведения к изделию, поскольку все эти элементы влияют на перепад давления и температуру расплава, ориентацию и текучесть расплава при заполнении формы, градиент скорости и напряжение сдвига. Основные требования к литниковой системе, способствующие снижению усадки ПМ, предусматривают выбор конструктивных решений, снижающих потери давления, турбулизацию и ориентацию расплава после прохождения литниковых каналов, дополнительный подъем температуры. Например, точечный литник из-за турбулизации потока способен вызвать дополнительный нагрев расплавленного ПМ, приводящий к росту технологической усадки (табл. 3.7).

Таблица 3.7. **Влияние диаметра литника на величину усадки при литье ПА 66 (толщина образца 1,5 мм)**

Диаметр точечного литника, мм	Максимальная масса отливки, г	Максимальное время выдержки под давлением, с	Требуемое давление литья, МПа	Усадка, %
0,5	30,32	5,0	170	1,7
1,5	31,30	7,5	70	1,3

Примечание. Время заполнения формы до 1,4 с; выдержка под давлением 80 МПа.

Обычный цилиндрический литник с большой площадью поперечного сечения способствует иному эффекту: перепад давления в литнике становится меньше, а время поджатия больше (так как литник твердеет медленнее), поэтому усадка снижается, но проявляет анизотропию, различаясь вдоль и поперек сечения. Анизотропия усадки еще более возрастает при использовании щелевых литников. В общем случае рекомендации по конструированию литниковых систем, особенно для кристаллизующихся ПМ, сводятся к следующему:

— длина впускного литника не должна превышать 1 мм, чтобы предотвращать преждевременное отвердевание ПМ;

— нельзя допускать попадания первой холодной порции расплава в полость формы;

— диаметр разводящих литников должен быть больше, чем толщина стенки изделия;

— толщина впускного литника должна быть равна по крайней мере 50 % толщины стенки изделия.

Соотношения размеров разводящих литников, принимаемые в отечественной практике производства изделий из ПМ литьем под давлением, приведены в табл. 3.8.

Таблица 3.8. **Оптимальные размеры разводящих литников**

Средняя толщина стенки изделия, мм	Максимальная длина разводящего литника, мм	Максимальная толщина разводящего литника, мм	Толщина впускного литника, мм
0,7—1,2	50	2,5—3,5	0,7—1,1
1,2—3,0	100	3,0—5,0	1,0—2,5
3,0—5,0	150	4,0—6,0	1,8—3,5
5,0—6,0	150	6,0—8,0	2,2—3,5

Особое значение имеет место подведения литника к изделию. Размерное качество изделия из ПМ даже при правильной его конструкции может быть существенно снижено при неправильном расположении впускных литников. Симптомами неправильного расположения считаются образование линии спая и появление воздушных включений как результата слияния образующихся потоков расплава ПМ. В результате помимо утяжин и раковин большая усадка способна привести к короблению изделий, нарушая не только их размерную точность, но и конфигурацию. Необходимо выполнять следующие рекомендации по оптимизации расположения впускного литника:

— следует размещать впускной литник в месте наибольшей толщины стенки;

— впускные литники никогда не должны находиться на участках изделий с высокими напряжениями;

— в многоместных формах изделия должны располагаться симметрично по отношению к центральному литнику;

— осесимметричные изделия (зубчатые колеса, крыльчатки и т. п.) должны иметь осевой впускной литник диафрагменного типа как оптимальный с точки зрения достижения наилучших свойств;

— изделия, имеющие элементы, выполняющие роль петли, должны заполняться так, чтобы линия спая не попадала в область самой петли;

— изделия в форме стаканов во избежание запирания воздуха в оформляющей полости должны заполняться со стороны основания;

— в изделиях, имеющих форму труб, расплав при заполнении формы должен вначале замкнуть окружность у одного из оснований, а затем заполнить оформляющую полость по длине;

— впускные литники в формах для изделий сложной конфигурации, в многоместных формах с различными закладными элементами или знаками по возможности должны размещаться так, чтобы предотвратить даже краткую остановку фронта течения расплава.

Данные рекомендации не могут отразить все многообразие возможных решений. Необходимы уточняющие опытно-конструкторские проработки. Тем не менее все сказанное следует учитывать на ранних стадиях разработки ТП формования изделий из ПМ литьем под давлением.

Следующая составляющая $d_т$, отнесенная к основным в табл. 3.6, обусловлена **несовершенством формующих инструментов** — неточностью изготовления оформляющих изделие элементов формы, погрешностями разъема и подвижных частей, а также последствиями износа. Но если последний фактор является следствием неправильной эксплуатации формующих инструментов, то качество их изготовления должно обеспечиваться еще на этапе технологической подготовки производства.

Исполнительные размеры формообразующих элементов назначают в зависимости от допусков на размеры изделия и усадки ПМ. Практически для обеспечения заданной размерной точности изделий из ПМ допуски на размеры формующих инструментов обычно назначают на 1—2 квалитета выше. Более точное определение достигается расчетным путем. Так, ГОСТ 15947—70 устанавливает метод расчета гладких формообразующих элементов. Исполнительные размеры элементов, предназначенных для формирования резьб, рассчитываются в соответствии с ГОСТ 15948—76. Подробный расчет исполнительных размеров формообразующих элементов описан в книге: Справочник по технологии изделий из пластмасс/Г.В. Сагалаев, В.В. Абрамов, В.Н. Кулезнев, С.В. Власов и др.; Под ред. Г.В. Сагалаева и др. — М.: Химия, 2000. — 424 с.

Ошибки в выборе и соблюдении технологических условий переработки ПМ — следующая типичная причина отклонений от номи-

нальных размеров, заданных при конструировании изделий из ПМ. Например, точность размеров изделий из ПМ в значительной мере зависит от стабильности исходного сырья, которая в свою очередь определяется условиями его хранения и предварительной переработки ПМ в полуфабрикаты.

К условиям хранения относят температуру, влажность воздуха складских помещений и продолжительность хранения. Повышенное содержание влаги и летучих веществ в составе исходного полимерного сырья увеличивает колебание усадки ПМ при его переработке, вызывает коробление, образование трещин и других поверхностных дефектов изделий. По этой причине в состав подготовительных операций ТП включают обычно подсушку, таблетирование (гранулирование) и подбор стабильного исходного сырья.

Подсушка необходима при наличии в материале повышенного по сравнению с установленными нормами содержания влаги и летучих. Предварительная сушка осуществляется в вакуумных сушилках или в сушилках с псевдоожиженным слоем, которые, улучшая теплопередачу, позволяют сокращать время сушки при повышенных температурах. Сушку пресс-материалов рекомендуется проводить в вакууме при невысоких температурах (менее 70—80 °С) во избежание потери ими текучести в результате преждевременного отверждения.

Таблетирование, характерное для переработки отверждающихся ПМ, также существенно влияет на размерную точность, поскольку разброс массы таблеток при прямом прессовании (в открытых и полузакрытых формах) вызывает значительное рассеивание размеров изделий. При этом точность изготовления таблеток обусловлена типом таблеточной машины.

Подбор определенных партий исходного сырья для конкретной группы изделий — один из действенных путей повышения точности их изготовления. При этом проводится предварительное технологическое апробирование сырья, т.е. изготовление пробной партии изделий. Однако для многономенклатурного производства не всегда имеется возможность реализации этого пути, поскольку складские помещения могут быть не приспособлены для одновременного хранения разнородного сырья.

Выше уже была показана **температурная обусловленность усадки** полиоксиметилена при остывании в литьевой форме. На рис. 3.6 представлена зависимость объемной и линейной усадки полистирола от температуры расплава при впрыске его в форму. Из рисунка видно, что, сохраняя массу постоянной, данный аморфный термопласт более чем на 10 % изменяет объемную усадку и приблизительно на 4 % — линейную усадку по толщине отливки. Но при этом, в отличие от влияния температуры литьевой формы (см. рис. 3.5), температура впрыскиваемого расплава приводит к обратному эффекту: с ростом температуры расплава усадка снижается, за исключением области вблизи литника, что уменьшает возможности регулирования размерной точности изделий при формовании. Однако слишком высокая температура, вызывая термодеструкцию, способна ухудшить эксплуатационные свойства ПМ. Другими нежелательными последствиями высокой температуры могут стать разложение таких добавок в ПМ, как, например, красители, эластификаторы и др., появление дефектов поверхности, выделение токсичных продуктов деструкции. Таким образом, температура расплава является сложным технологическим параметром регулирования размерной точности изделий при формовании, и в особо ответственных случаях при проектировании ТП он нуждается в экспериментальной отработке.

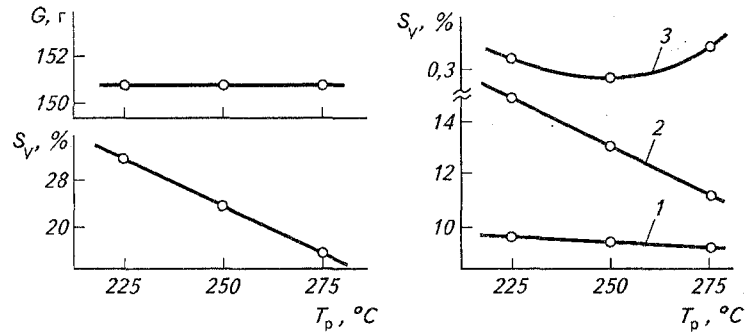


Рис. 3.6. Зависимость массы G, объемной S_V и линейной S усадки отливок из полистирола от температуры расплава:
1 — по длине отливки; *2* — по толщине вдали от литника; *3* — по толщине вблизи литника

Помимо температуры расплава важную роль играет время пребывания ПМ в материальном цилиндре литьевой машины. В зависимости от термостойкости ПМ это время колеблется обычно от 2 до 10 мин. Если это время сокращено, то не удается достичь полного плавления и однородности вязкости по всему объему ПМ, что отрицательно сказывается не только на свойствах, но и на размерной точности формуемых изделий. Для определения оптимального времени выдержки ПМ под давлением в форме необходим экспериментальный анализ отливок. При этом важно поддерживать давление в течение всей стадии выдержки постоянным. Оно обычно выбирается в пределах 60—100 МПа в зависимости от вида и состава ПМ (см. приложение П.2). Дополняя и корректируя общие технологические параметры переработки ПМ другими основными условиями, определяющими уровень размерной точности при конкретном способе формования (табл. 3.9), достигают необходимого качества по данному показателю назначения изделия.

Таблица 3.9. **Технологические условия, определяющие заданную размерную точность изделий из композиционных ПМ при литье под давлением**

Технологические условия	Литье при стандартных условиях	Литье с повышенной стабильностью технологического процесса	Прецизионное литье
Полимерное сырье:			
колебания показателя текучести расплава, г/10 мин	± (3 ÷ 4)	± (1 ÷ 2)	± (0,5 ÷ 1)
колебания расчетной усадки, %	± (0,2 ÷ 0,3)	± (0,1 ÷ 0,2)	± (0,05 ÷ 0,1)
использование вторичного сырья, %	< (10 ÷ 20)	5 ÷ 10	Не используется
Литьевая форма:			
точность изготовления	В соответствии с действующими стандартами	На 1—2 квалитета выше точности изготовления изделия	Максимально достигаемая при данной конфигурации и размерах изделия и производственной базе
гнездность	В зависимости от объема впрыска и производительности	Не более 2—4	1—2
корректировка размеров	—	Литниковых каналов и впусков	Литниковых каналов, впусков и оформляющих знаков
Литьевое оборудование:			
общая особенность	Серийное	С ЧПУ	С микропроцессором
способ задания технологического режима	Технологической картой	Перфокартой	Перфокартой с библиотекой программ
Технологические параметры литья — точность поддержания:			
температуры цилиндра, °С	± (5 ÷ 10)	± (2 ÷ 5)	± (1 ÷ 2)
температуры формы, °С	± (10 ÷ 15)	± (5 ÷10)	± (2 ÷ 5)
давления впрыска и выдержки, МПа	± (10 ÷ 20)	± (5 ÷ 10)	± (2 ÷ 5)
времени отдельных стадий цикла, с	± (3 ÷ 5)	± (1 ÷ 3)	± (0,5 ÷ 1)

Регулирование дополнительных составляющих технологического допуска $d_т$ не предусмотрено в табл. 3.9, но они могут существенно ухудшить окончательный результат по совершенствованию размерного качества изделия. Как было показано в табл. 3.6, в первую очередь это касается изделий, для успешного извлечения которых из формующего инструмента предусматриваются технологические уклоны. Для того чтобы избежать связанных с этим конструктивных нарушений, пытаются использовать разборные формы, разделительные слои, термокомпрессионное формование и др. Однако все эти меры увеличивают трудоемкость и себестоимость производства, а потому не являются технологичными.

Уклоны деталей из ПМ рекомендуется располагать в поле допуска, задаваемого на соответствующий размер. При этом точность сопрягаемых размеров изделий может соответствовать 8÷13 квалитетам, а в зависимости от угла α технологического уклона предусматривают два варианта сопряжений:

при $\alpha \le 1°$ погрешность уклона не выходит из заданного поля допуска на размер;

при $\alpha > 1°$ погрешность уклона выходит за пределы заданного поля допуска на размер и изделие рассматривают как коническое.

Рекомендуются следующие углы в градусах технологических уклонов для различных поверхностей изделий:

Поверхности наружные 0,5; 0,75; 1,0; 1,5
Поверхности внутренние 0,75; 1,0; 2,0
Отверстия глубиной $> 1,5d$ 0,75; 1,0; 2,0
Отверстия глубиной $\le 1,5d$ 0,5; 0,75
Ребра жесткости, выступы 1; 2; 5

Меньшие из указанных значений рекомендуются для ПМ с небольшими колебаниями усадки (условно до 0,4 %), бóльшие — для ПМ с колебаниями усадки свыше 0,4 %. Примеры технологических уклонов $\Delta_{укл}$ для изделий из различных ПМ приведены в табл. 3.10 согласно расчету:

$$\Delta_{укл} = H \operatorname{tg} \alpha,$$

где H — высота изделия; α — угол уклона.

Уклоны можно не назначать: для плоских монолитных изделий толщиной до 6 мм; для тонкостенных изделий высотой до 15 мм; для наружных поверхностей полых изделий высотой до 30 мм.

Погрешности размеров, возникающие при хранении готовых изделий, обусловлены релаксацией остаточных напряжений, удалением летучих продуктов, а в некоторых случаях, наоборот, поглощением ими влаги воздуха. На основании специальных исследований были сделаны следующие выводы:

— у изделий, не подвергавшихся термообработке, в течение первых 1,5—2,0 мес увеличиваются примерно на 0,1 % все размеры, после чего наступает полная стабилизация;

Таблица 3.10. **Минимально допустимые значения технологических уклонов $\Delta_{укл}$ элементов деталей высотой (длиной) не более 100—120 мм**

Пластмасса	Значения* $\Delta_{укл}$ для деталей	
	толстостенных	тонкостенных**
Фенопласты	1:500/1:600	1:300/1:400
Аминопласты	1:400/1:500	1:200/1:300
Материалы прессовочные АГ-4, ДСВ; материалы КФ-9, КФ-10; сополимеры стирола	1:300/1:400	1:100/1:200
Полистирол, полиамиды, ацетилцеллюлозный этрол, поликарбонат	1:100/1:300	1:100/1:200
Полиэтилен, полипропилен	—	1:50/1:100

* Числитель и знаменатель — для внутренней и наружной поверхностей соответственно.

** Толщина стенки не более 1 мм.

— размеры изделий, подвергшихся термообработке, увеличиваются примерно на 0,2 % непосредственно после нее, но при дальнейшем хранении на воздухе размеры изделий уменьшаются и через 1,5—2,0 мес становятся равными тем, которые были до термообработки.

Рекомендации по стабилизации размеров изделий в общем случае сводятся к следующему:

1) хранение готовых изделий в полиэтиленовой упаковке согласно РТМ-1.4.401—78 на специальных стеллажах;

2) поддержание в помещении постоянного режима хранения: влажность 40—70 %; температура + (20 ± 1,5) °С.

Выдержка деталей до поступления на сборку узлов и агрегатов зависит от квалитета размерной точности и может колебаться от 6 до 24 ч.

В тех случаях, когда соблюдение всех рекомендаций по выбору технологических методов и средств не обеспечивает заданной размерной точности, может оказаться целесообразным прибегнуть к механической обработке отформованных изделий.

3.5.2. ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЗАДАННОЙ ТОЧНОСТИ РАЗМЕРОВ ИЗДЕЛИЙ ИЗ ПМ ОБРАБОТКОЙ РЕЗАНИЕМ

Под процессом резания понимается обработка изделий из ПМ снятием стружки с целью получения заданной формы, размеров и качества. Для этого используют почти все существующие виды механической обработки, но проблема повышения размерной точности изделий чаще всего решается при точении, фрезеровании и сверлении. В частности, при изготовлении изделий из различных ПКМ эти способы резания обеспечивают следующие возможности.

Точение, применяемое для обработки сопрягаемых цилиндрических и конических участков оболочек, проточки шеек под резьбу, выполнения канавок, уступов, изготовления единичных деталей из заготовок, способно обеспечить требуемую точность токарной обработки 9—11 квалитетов.

Фрезерование, используемое для прорезки пазов, вырезки окон, лючков, канавок инструментом типа концевых, дисковых, торцовых и специальных фрез, способно обеспечить размерную точность 11—13 квалитетов.

Сверление — наиболее часто применяемая операция механического изготовления отверстий различного назначения — выполняется с точностью 10—13 квалитетов. При необходимости получения отверстий более высокой точности и качества осуществляют развертывание.

Квалитеты размеров пластмассовых изделий, достигаемые различными видами механической обработки, представлены в табл. 3. 11.

Таблица 3.11. **Квалитеты размеров изделий из пластмасс (интервал размеров от 1 до 500 мм) после механической обработки**

Операция	Обрабатываемая поверхность	Квалитеты размеров изделий		
		из реактопластов	из аморфных термопластов	из кристаллизующихся термопластов
Шлифование	Наружная цилиндрическая	6; 7	7; 8	8; 9
	Плоская, отверстие	7; 8	8; 9	9; 10
Развертывание двукратное	Отверстие	7; 8	8; 9	9; 10
Чистовое обтачивание	Наружная цилиндрическая	7; 8	8; 9	9; 10
Чистовое растачивание	Отверстие	8; 9	9; 10	10; 11
Шлифование	Наружная цилиндрическая, плоская	8; 9	9; 10	10; 11
Зенкерование	Отверстие	8; 9	9; 10	10; 11
Чистовое фрезерование	Плоская	9; 10	10; 11	11; 12
Сверление	Отверстие	10; 11	11; 12	12; 13
Черновое обтачивание	Наружная цилиндрическая	11; 12	12; 13	13; 14
Черновое фрезерование	Плоская	11; 12	12; 13	13; 14

Примечания: 1. При обработке термопластов образуется стружка сливная или стружка скалывания (в последнем случае снижается точность изделия и качество поверхности).

2. Наиболее распространенные реактопласты — порошкообразные фенопласты и аминопласты, волокнистые пресс-материалы типа АГ-4, ДСВ, слоистые материалы типа текстолита, гетинакса и др.; аморфные термопласты — полистирол, акрилопласты и др.; кристаллизующиеся термопласты — полиамиды, полиэтилены, полиформальдегид и др.

Точность изготовления пластмассовых изделий из реактопластов достигает 6—12 квалитетов, а из термопластов — 7—14 квалитетов. Рекомендации по достижению квалитетов точности, как это следует из табл. 3.11, включают многие виды механической обработки поверхностей (наружных плоских, наружных и внутренних цилиндрических). Одновременно видно, что при механической обработке изделий из ПМ предел достигаемой размерной точности может быть на 1—2 квалитета выше, чем при формовании (см. табл. 3.4). Однако для практической реализации высоких квалитетов точности при обработке изделий резанием необходимо еще на стадии проектирования ТП учесть некоторые специфические свойства ПМ.

Проблемы достижения заданной размерной точности. На точность механической обработки влияют природа ПМ, размер обрабатываемой поверхности, способ обработки, условия резания, жесткость системы «заготовка — приспособление — инструмент — станок». Специфическими свойствами всех ПМ являются повышенное тепловое расширение, низкие показатели теплопроводности и контактной прочности, высокая деформативность и непостоянство остаточных напряжений, а для ПКМ — неравномерность структуры наполнения (армирования).

Теплофизические свойства обрабатываемых ПМ оказывают большое влияние на процессы резания. Как следует из приложения П.3, ПМ по сравнению с металлами и сплавами имеют более низкую теплоемкость и особенно — теплопроводность, характеризуются на порядок более высокими температурными коэффициентами линейного расширения (ТКЛР). Высокие значения ТКЛР для многих ПМ приводят к значительным тепловым деформациям обрабатываемых поверхностей изделий, заведомо снижающим задаваемую размерную точность. В результате, например, при сверлении отверстия диаметр, измеренный сразу после окончания процесса резания, получается, как правило, меньше диаметра сверла на 0,03—0,1 мм.

Вследствие того что теплопроводность ПМ в сотни раз меньше, чем у металлов, основная доля тепла отводится через режущий инструмент. Для приблизительной оценки относительного количества тепла, отводимого из зоны резания через полимерное изделие, можно воспользоваться соотношением

$$q = \frac{\lambda_{пм}}{\lambda_{пм} + \lambda_{ин}} \cdot 100\,(\%),$$

где $\lambda_{ин}$ и $\lambda_{пм}$ — теплопроводности материала режущего инструмента и ПМ соответственно.

Подсчет показывает, что на долю инструмента иногда может приходиться до 80—90 % всего отводимого тепла, что подтверждается данными, приведенными в табл. 3.12.

Таблица 3.12. **Сравнительные показатели отвода тепла при резании ПМ и стали, %**

Среда теплоотвода	Сталь 40Х	Термопласты*	Реактопласты*	Углепластик	Боропластик	Органопластик	УУКМ	Стеклопластик
Стружка	75	50—57	2—3	5—8	7—10	20—25	5—8	8—10
Деталь	20—22	15—20	5—8	5—10	10—15	15—20	25—40	10—15
Инструмент	3—5	20—25	80—90	70—80	70—80	50—60	45—55	70—80
Окружающая среда, станок	3—5	3—5	3—5	3—5	3—5	3—5	5—7	3—5

* Усредненные данные.

Несмотря на то что основной тепловой поток проходит через режущий инструмент, концентрация тепла в зоне резца способствует быстрому перегреву полимерных изделий, усугубляя тепловое расширение и вызывая термодеструкцию с необратимыми последствиями. Поскольку температура, обусловленная режимом резания, может изменяться в достаточно широком диапазоне, необходимо учитывать теплофизические возможности ПМ. Их чувствительность к изменению скорости резания и условиям охлаждения уменьшается в ряду: эластомеры, термоэластопласты, отвержденные реактопласты.

Сложность предотвращения отмеченных отрицательных проявлений некоторых свойств ПМ заключается еще и в том, что не всегда возможно применение обязательных в металлообработке смазочно-охлаждающих жидкостей (эмульсий, масел, воды). Их диффузия в ПМ приводит к изменениям формы изделий, вызывает расклинивающее действие и снижает коэффициент трения резца о поверхность полимерного изделия. Жидкостное охлаждение применяется в основном при обработке гидрофобных термопластов, не имеющих поверхностных остаточных напряжений. В остальных случаях рекомендуется использовать режущие инструменты с автономным охлаждением, охлаждение зоны резания струей сжатого воздуха в сочетании с отсосом воздуха из той же зоны и (или) сокращение периодов резания путем частого извлечения из ПМ режущего инструмента. Известно также использование приспособлений для сверления изделий из ПМ, помещенных в замороженную воду с толщиной ледяного покрытия не менее 3—5 мм.

Эластическая составляющая общей деформации ПМ обусловливает тенденцию к «отжиму» режущего инструмента (особенно при затуплении режущих кромок) и дополнительному снижению размерной точности обрабатываемых изделий. Релаксация эластической деформации — действенная причина изменения размеров после отвода инструмента, поэтому высверленные отверстия могут продолжить сужаться в течение

всего релаксационного периода и, например, через сутки диаметр отверстия может дополнительно к действию ТКЛР уменьшиться еще на 0,01—0,05 мм в зависимости от типа и марки ПМ, геометрии и материала сверла, условий и режимов резания. Достижение большей точности отверстий возможно для изделий из отвержденных ПМ, обладающих незначительной остаточной эластичностью. Для уменьшения усилия резания и тем самым деформирования ПМ рекомендуется использовать алмазные режущие инструменты, позволяющие получать высокую (6÷8-го квалитетов) точность размеров.

Низкая контактная прочность ПМ может обусловить, например при сверлении, увеличение диаметра отверстия, если имеет место биение шпинделя станка. Для исключения таких последствий рекомендуется осуществлять сверление через твердосплавный металлический кондуктор. То же специфическое свойство ПМ должно учитываться и при выборе усилия зажима изделия при резании. Оно не должно создавать напряжений, превосходящих контактную прочность ПМ.

Для предотвращения сколов, трещин и вмятин на кромках отверстий и на поверхности полимерных изделий рекомендуется перед механической обработкой подкладывать под изделие мягкую древесину, фанеру, пластик или другие амортизирующие материалы.

Неравномерность структуры композиционных ПМ, содержащих волокна и другие твердые включения, обусловливает особенно сильное выкрашивание, задиры, распушение обрабатываемых поверхностей и кромок изделий, если обработка производится обычными режущими инструментами (рис. 3.7, *I*). Требуется использовать специальные виды режущих инструментов — сверл (рис. 3.7, *а*), зенкеров (рис. 3.7, *б*), фрез (рис. 3.7, *в*), чтобы повысить качество обработки (рис. 3.7, *II*).

Классификация ПМ по обрабатываемости резанием. Обрабатываемость резанием зависит от податливости ПМ при данном виде механической обработки. Основными показателями обрабатываемости являются интенсивность затупления режущего инструмента, качество обработки, сила резания и расходуемая мощность. Практическое применение в качестве количественного критерия обрабатываемости получил коэффициент относительной обрабатываемости K, представляющий собой отношение скорости резания v заданного ПМ к скорости резания эталонного материала $v_{эт}$ при равных условиях:

$$K = v/v_{эт} .$$

За эталонный материал принимают хорошо исследованный и близкий по свойствам к интересующему нас виду ПМ. Если $K > 1$, то ПМ считается легко обрабатываемым, если $K < 1$, то трудно обрабатываемым.

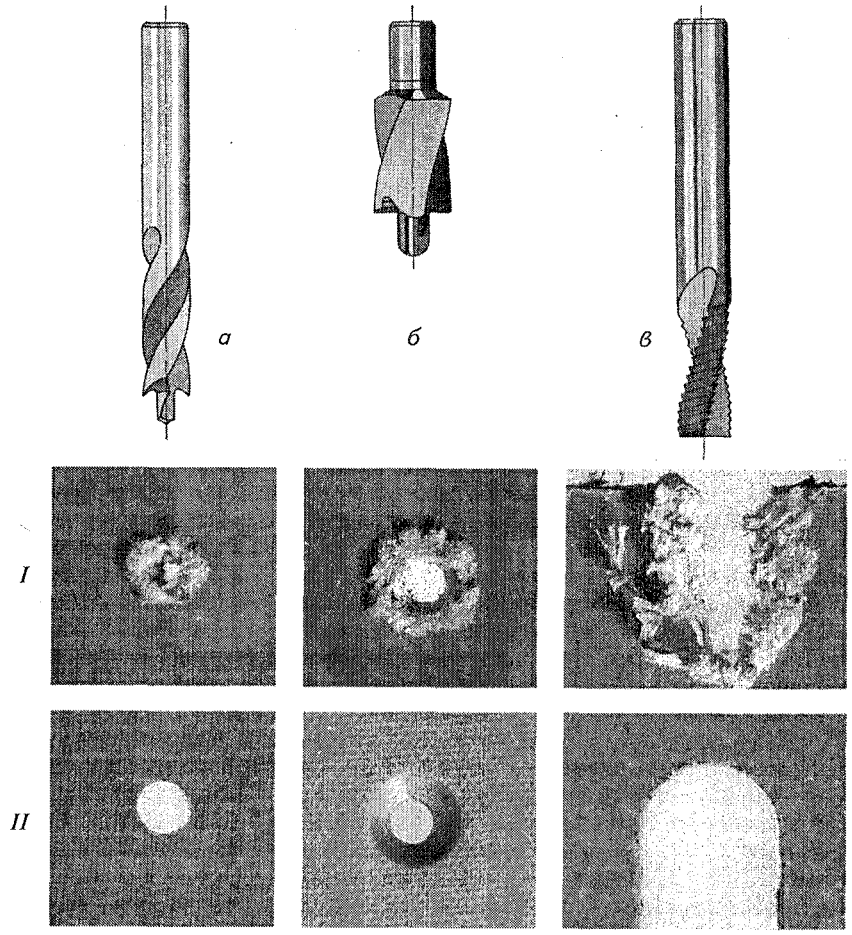


Рис. 3.7. Качество механической обработки листовых армированных ПМ обычными (*I*) и специальными (*II*) инструментами:
а — сверло; *б* — зенкер; *в* — фреза

Классификация пластмасс по обрабатываемости резанием предусматривает разделение их на шесть групп — две для термопластов и четыре для реактопластов (табл. 3.13).

В первую группу обрабатываемости входят ненаполненные термопласты со сравнительно однородными свойствами, наиболее легко обрабатываемые резанием. При обработке этих материалов образуется в основном непрерывная стружка и может быть получена небольшая шероховатость поверхности.

Таблица 3.13. **Группы обрабатываемости пластмасс резанием**

Группа обрабатываемости	Характеристика пластмасс данной группы обрабатываемости	Материалы — представители группы
Первая	Термопласты без наполнителя	Органическое стекло, фторопласты, капрон, полиэтилен, винипласты
Вторая	Термопласты с металлическим порошкообразным наполнителем	ПТЗ, НАМИ-ФБМ
Третья	Реактопласты с газовоздушным наполнителем	Пенопласты, поропласты
Четвертая	Реактопласты с порошковым наполнителем	Пресс-порошки, фенопласты, аминопласты
Пятая	Реактопласты с волокнистым наполнителем	Волокниты, стекловолокниты
Шестая	Реактопласты со слоистым и листовым наполнителями	Гетинаксы, текстолиты, стеклотекстолиты, органопластики, боропластики

Во вторую группу входят термопласты типа полистирола, фторопласта, наполненные металлическим порошком, также сравнительно легко обрабатываемые резанием. Однако наличие металлических порошков вносит специфику в их обработку и в рекомендации по выбору режущих инструментов.

Третью группу составляют реактопласты в виде пено- и поропластов. Высокая пористость не позволяет вести их обработку стандартными металлорежущими инструментами. Используются инструменты специальной конструкции с большими передними углами и малыми углами заострения.

Четвертую группу образуют реактопласты с порошковым наполнителем типа древесной муки. В процессе резания образуется прерывистая, очень раздробленная стружка, проявляется склонность к скалыванию кромок обрабатываемых поверхностей.

В пятую группу входят волокнонаполненные реактопласты, например стекловолокнит АГ-4В — материал с высокими абразивными свойствами из-за наличия в нем стекловолокон, что затрудняет механическую обработку.

В шестую группу входят анизотропные слоистые реактопласты. По степени абразивного воздействия на инструмент эту группу подразделяют на две подгруппы. Текстолиты и гетинаксы, обрабатываемые сравнительно легко, образуют первую подгруппу. Стеклотекстолиты и другие армированные пластики с сильно выраженными абразивными свойствами образуют вторую подгруппу.

Классификация обрабатываемости полимерных композиционных материалов, которые относятся к первому классу в общей системе КМ (второй класс — металлополимерные КМ), представлена в табл. 3.14. Различие показателей коэффициентов относительной обрабатываемости K обусловлено составом, структурой и свойствами ПКМ. Как следует из приведенных данных, ПКМ делятся на пять подклассов по обрабатываемости:

1.1 — ПКМ с газовоздушным наполнителем (пено- и поропласты);

1.2 — ПКМ с порошковым наполнителем (фено- и аминопласты, пресс-порошки и др.);

1.3 —ПКМ слоистые типа гетинаксов, текстолитов, стеклотекстолитов;

1.4 —ПКМ с волокнистыми наполнителями различных типов;

1.5 — ПКМ типа сотопластов с различным наполнителем (бумага, стеклоткань и т.п.).

Таблица 3.14. **Классификатор обрабатываемости полимерных композиционных материалов (класс 1)**

Подкласс	Группа	Подгруппа	Вид наполнителя, определяющего обрабатываемость ПКМ	Обрабатываемый материал	Коэффициент относительной обрабатываемости K
1.1	1.1.1	—	Газовоздушный	Пенопласт	1,8
	1.1.2	—		Поропласт	2,0
1.2	1.2.1	—	Порошковый	Пресс-порошок	1,0
	1.2.2	—		Фенопласт (К-18-2)	1,05
	1.2.3	—		Аминопласт (МФ)	1,0
1.3	1.3.1	—	Слоистый	Гетинакс	0,9
	1.3.2	—	Листовой	Текстолит (ПТ)	0,9
	1.3.3	—		Стеклотекстолит	1,0
1.4	1.4.1	1.4.1.1	Волокнистый	Стеклопластик	0,8
		1.4.1.2		(КАСТ-ВЛ-8)	0,85
	1.4.2	1.4.2.1		Органопластик (СВМ)	0,8
		1.4.2.2			0,85
	1.4.3	1.4.3.1		Боропластик	0,6—0,8
		1.4.3.2			
	1.4.4	1.4.4.1		Углепластик (КМУ-8)	0,8—1,0
		1.4.4.2			0,9—1,1
	1.4.5	1.4.5.1		Углепластик (КИМФ)	1,0—1,1
		1.4.5.2			
	1.4.6	1.4.6.1		Гибридные композиции	1,0—1,15
		1.4.6.2			
1.5	1.5.1	—	Сотовый	Бумага (ПСП-80)	1,0
	1.5.2	—		Стеклопластик (ТССИ-7-10)	1,0

Использование классификаторов обрабатываемости призвано существенно сократить объем экспериментальных исследований при проектировании ТП, проводимых для определения оптимальных режимов резания, норм расхода инструментов и др. Экспериментальные исследования особенно необходимы при подготовке производства изделий из новых видов и марок ПМ.

Выбор режимов резания — это подбор таких значений подачи, скорости и глубины резания, которые обеспечивают высокие стойкость инструмента и производительность обработки при удовлетворении заданных требований к качеству обработки детали.

Выбор режимов резания затруднен разнообразием ПМ по составу, структуре и физико-механическим свойствам. Для них применяют широкий набор инструментальных материалов — от быстрорежущей стали до синтетических и натуральных алмазов. Рекомендуемые режимы по видам механической обработки приведены для пластмасс и ПКМ в приложениях П.4 и П.5 соответственно. При необходимости повысить размерную точность при изготовлении конкретного изделия приходится проводить экспериментальное исследование.

Рассмотрение возможностей обеспечения необходимой размерной точности полимерных изделий обработкой резанием позволяет сделать следующие выводы:

1) механическая обработка полимерных изделий не обеспечивает размерного качества, характерного для металлообработки, позволяя получить в лучшем случае (6—7)-й квалитеты точности;

2) несмотря на то что обработка резанием позволяет повысить размерную точность изделий из ПМ в среднем на 1—2 квалитета по сравнению с процессами формования, рекомендуется ограничивать использование механической обработки, поскольку при этом повышается себестоимость изготовления изделий и не обеспечивается длительное сохранение достигаемого качества из-за разрушения полимерного защитного слоя связующего и возникновения остаточных напряжений в зоне резания; все это способствует ускоренному старению ПМ, постепенному изменению формы и искажению размеров изделия.

3.5.3. ОБЕСПЕЧЕНИЕ РАЗМЕРНОЙ ТОЧНОСТИ ИЗДЕЛИЙ ИЗ ПМ ПРИ СБОРКЕ КОНСТРУКЦИЙ

Выводы, сделанные в конце предыдущего раздела, стимулируют поиск более рациональных технологических решений с экономической и организационной точек зрения. В частности, это возможно для полимерных деталей, предназначаемых для сборки узлов и агрегатов, если их изготовление формованием и последующей механической обработкой с необходимой размерной точностью не обеспечивает выполнения условия $d_k < d_т$ или экономически невыгодно.

В сборных конструкциях показателем размерного качества служит точность контура изделия. Главным условием обеспечения заданной точности контура является следующее: суммарная размерная погрешность составляющих деталей должна лежать внутри поля допуска. При этом детали конструкции одного наименования считаются взаимозаменяемыми.

При ограниченной взаимозаменяемости деталей конструкции (разброс размеров) в процессе сборки могут быть предусмотрены

дополнительные операции и средства их оснащения, обеспечивающие требуемую точность собираемого изделия. В таких случаях применяется селективная сборка или различные способы компенсации размерных погрешностей контура изделия.

Селективная сборка — метод сборки машин и механизмов с индивидуальным подбором сопряженно работающих деталей. При этом поступающие на сборку детали сортируют по размерным группам с наиболее близкими полями допусков. Селективная сборка позволяет снизить стоимость изготовления деталей из ПМ благодаря снижению требований к квалитету их точности.

Технологические способы компенсации размерных погрешностей собираемых деталей разнообразны и могут основываться на:

а) изменении взаимного расположения деталей собираемой конструкции;

б) введении в место сопряжения деталей специальных элементов — компенсаторов;

в) деформировании собираемых деталей;

г) удалении технологического припуска с поверхности собираемых деталей;

д) наращивании слоев ПМ на поверхности деталей (напылением, приформовкой, приваркой и т.п.).

В ряде отраслей промышленности, например в самолетостроении, компенсационный метод обеспечения размерной точности изделий нашел широкое применение. Важным технико-экономическим критерием оценки выбора этого способа является коэффициент взаимозаменяемости $K_в$:

$$K_в = T_{пв} / T_Σ,$$

где $T_{пв}$ — трудоемкость сборки изделия при полной взаимозаменяемости деталей конструкции; $T_Σ$ – фактически достигнутая трудоемкость сборки.

Оперирование коэффициентом $K_в$ позволяет принять наиболее выгодное решение при проектировании ТП изготовления деталей из ПМ для сборной конструкции и выборе способа сборки этих изделий.

Таким образом, проектировщик ТП для обеспечения заданной назначением изделия размерной точности располагает широким арсеналом возможностей при формовании, механической обработке, селективной и компенсационной сборке. В его распоряжении также имеется возможность модификации ПМ или его замены, выбора более рационального способа переработки (или обработки) ПМ и технических способов ее осуществления, а также право постановки для этого поисково-исследовательских работ.

3.6. ПРОЕКТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ КАЧЕСТВА ИЗДЕЛИЙ ИЗ ПМ В ПОКАЗАТЕЛЯХ НАДЕЖНОСТИ

Надежность — свойство изделия выполнять заданные функции, сохраняя свои эксплуатационные показатели в определенных пределах при заданных режимах работы и условиях использования изделия, его технического обслуживания, ремонта и транспортирования. Надежность — комплексное свойство, которое в зависимости от назначения изделия и условий его эксплуатации может включать безотказность, сохраняемость, долговечность и ремонтопригодность изделия и его составных частей. Надежность обеспечивает техническую возможность использования изделия по назначению в течение нужного времени и с требуемой эффективностью.

На практике оценка надежности может осуществляться комплексом различных показателей, например «наработкой на отказ» (статистический показатель числа циклов или времени эксплуатации до первого отказа), «коэффициентом готовности» (величина, рассчитываемая как функция от наработки на отказ и времени восстановления работоспособности изделия), «вероятностью безотказной работы» и другими показателями. Все эти характеристики надежности феноменологически оценивают эксплуатационные возможности готовых изделий, но они не пригодны для регулирования технологических факторов, от которых зависит работоспособность и сохраняемость изделия.

В интересах проектирования ТП изготовления полимерных изделий с заданным качеством важно устанавливать связь физических проявлений надежности с конкретными технологическими факторами переработки ПМ. Стихийное проявление такой связи обычно имеет негативные последствия и получило название технологической наследственности как причины возникновения дефектов, обусловленных качеством исходного сырья и погрешностями выполнения отдельных технологических операций. Знание соответствующих закономерностей, наоборот, позволяет целенаправленно влиять на исходное сырье и материалы, выбирать технологические способы и режимы переработки ПМ, регулировать его структуру и осуществлять другие виды воздействия на объект производства, стабилизируя его или добиваясь повышения надежности изготавливаемого изделия.

3.6.1. ЗАВИСИМОСТЬ БЕЗОТКАЗНОСТИ ПОЛИМЕРНЫХ ИЗДЕЛИЙ ОТ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ ИЗГОТОВЛЕНИЯ

Эту зависимость, можно проследить на примере наиболее типичных проявлений указанного показателя надежности — стойкости к механическим нагрузкам, старению и износу.

Стойкость к механическим нагрузкам, в частности к усталостным, — одно из основных требований конструкторов, создающих технику (транспорт, станки, двигатели и т. п.), работающую в условиях постоянной вибрации. Усталость ПМ проявляется в ползучести и накоплении микроразрушений (трещин, расслоений), которые имеют следствием искажение размеров и формы изделия, снижение заданных эксплуатационных показателей. С физической точки зрения безотказность работы изделия обусловлена способностью ПМ поглощать или рассеивать механическую энергию внешнего воздействия, не допуская проявления усталости.

Известно, что в этом отношении ПМ имеют значительное преимущество перед металлами. Темп затухания колебаний, выражаемый декрементом затухания (δ), у ПМ выше на несколько порядков благодаря высокомолекулярному строению, иной подвижности пространственной структуры и вязкоупругому характеру поведения при разрушении. При формовании изделий из ПМ эти факторы, претерпевая изменения под влиянием варьируемых температуры, давления и времени, могут вызывать соответствующие изменения декремента затухания, как это видно из рис. 3.8.

Из приведенных данных следует, что при осуществлении дополнительной термообработки изделий из фенолоформальдегидного стеклопластика АГ-4 более чем вдвое изменяется показатель затухания колебаний, вызываемых внешним источником воздействия. Можно предположить, что, сокращая время термообработки, можно добиться заданного значения δ в интервале между кривыми *1* и *2*.

От энергопоглощающей способности ПМ зависит и **ударная вязкость** a_k. Изменения этого показателя в достаточно широком диапазоне значений удается достичь уже на стадии формования. Примером может служить зависимость a_k фенолоформальдегидного стеклопластика марки СНК-2-27 от температуры прессования изделий при постоянном давлении $P = 150$ МПа:

Температура прессования, °С	130±5	145±5	155±5
Ударная вязкость, кДж/м²	5,4—8,2	5,7—7,5	9,1—10,5

При этом время выдержки определялось из расчета 3—5 мин на 1 мм толщины образца.

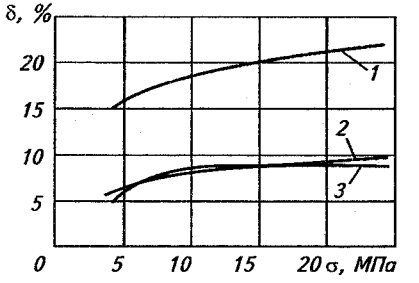


Рис. 3.8. Зависимость логарифмического декремента затухания колебаний δ от напряжения при изгибе σ для стекловолокнита АГ-4:

1 — без термообработки; *2, 3* — после термообработки при 150 °С в течение 3 и 5 ч соответственно

Отказы изделий по причине старения ПМ — еще более распространенное явление, если иметь в виду прежде всего термоокислительное старение (коррозию) полимеров. Например, средняя скорость образования летучих продуктов при нагревании полистирола до 300 °С в присутствии кислорода воздуха составляет 60 %/ч, а в атмосфере инертного газа – всего лишь 3 %/ч. Как правило, в воздушной среде температура начала деструкции снижается; так, полиэтилен деструктирует при 160 °С, а в отсутствие кислорода — лишь при 290 °С, полистирол — при 100 и 220 °С соответственно.

Результатом термоокислительной деструкции является охрупчивание ПМ (снижение энергетического порога разрушения), изменение электрических, триботехнических, теплофизических и других эксплуатационных характеристик, ускорение процесса дальнейшего старения ПМ и снижения надежности изделия. Следовательно, для предотвращения этих последствий необходимо при проектировании ТП предусмотреть технологические условия переработки ПМ, исключающие причины старения, например метод формования и последующего отжига изделия в вакууме, инертной среде, с использованием герметичных технических средств, а также снижение температур переработки и хранения ПМ.

Отказы по причине износа изделий из ПМ наиболее типичны для многочисленных пар трения — подшипников, тормозных колодок, поршневых систем, зубчатых колес, транспортных и других полозьев, гребных винтов и т.п. При этом имеют место различные варианты износа – истирание, унос, вымывание, сколы, абляция и др.

Различными бывают и способы определения интенсивности износа (J) полимерных изделий. Например, согласно формуле $J = \Delta V/W$ интенсивность износа рассчитывается как отношение утраченного объема поверхностного слоя ПМ (ΔV) к затраченной работе (W). Аналогичным образом в числителе может оказаться толщина поверхностного слоя (δ_f), а в знаменателе, например, число циклов нагружения ($N_ц$): $J = \delta_f/N_ц$. Однако, как показывают экспериментальные данные, интенсивность реального износа не всегда имеет линейный характер. На рис. 3.9 это обстоятельство продемонстрировано на примере полиамидных зубчатых колес. Как видно из рисунка, износ капроновых колес, линейно нарастающий в начальный период эксплуатации (стадия «приработки»), через некоторое время замедляется и затем практически прекращается, чему способствует эластическая деформируемость ПА 6.

Анализ механизма износа изделий из конкретных ПМ помогает в ряде случаев изыскивать эффективные технологические возможности для снижения его интенсивности и, следовательно, увеличения «безотказности» этих изделий. Например, увеличивая эластическую деформируемость поверхностного слоя полиамидных изделий термообработкой их в масляной ванне, удается снижать износ при трении в 3 раза и более.

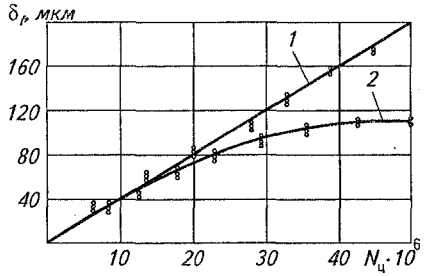


Рис. 3.9. Зависимость износа от продолжительности испытаний зубчатых колес из фенотекстолита (*1*) и полиамида 6 (*2*)

Не менее эффективных результатов в повышении износостойкости полимерных изделий иногда удается достигать, применяя различные способы формования. Так, при сравнении износостойкости образцов из ПА 66, полученных спеканием и литьем под давлением, износ первой группы образцов за 24 ч трения составлял 1,5 мм, в то время как литые образцы разрушались уже через 0,5 ч с потерей 1,6 мм толщины. При этом Pv-фактор износа (давление × скорость) при испытании первых образцов, равный 1337 $Н \cdot м^{-1} \cdot с^{-1}$, почти в 7 раз превышал соответствующий показатель нагружения для литых образцов.

Таким образом, как и в предыдущих случаях, возможность регулирования надежности полимерных изделий согласно заданным техническим требованиям может быть предусмотрена еще на проектном этапе разработки ТП их изготовления.

3.6.2. ЗАВИСИМОСТЬ СОХРАНЯЕМОСТИ ПОЛИМЕРНЫХ ИЗДЕЛИЙ ОТ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ ИЗГОТОВЛЕНИЯ

Сохраняемость — свойство изделия сохранять исправное и работоспособное состояние в течение и после срока хранения и транспортирования, установленного в технической документации.

Таким образом, если «безотказность» характеризует надежность изделий в период эксплуатации их по назначению, то «сохраняемость» — характеристика надежности изделия при хранении и транспортировании. Однако причины, влияющие на сохраняемость изделий, в этих случаях могут существенно отличаться. Так, при хранении основными факторами воздействия на полимерные изделия являются влажность и температурные колебания,

а при транспортировании к ним добавляются вибрация и удары. На этом основании в последнем случае термин «сохраняемость» иногда заменяется термином «выносливость».

Выносливость — способность материалов и конструкций сопротивляться действию повторных (обычно циклических) нагрузок. Согласно этому определению данный показатель надежности характеризуется пределом выносливости (усталости) ПМ, т. е. максимальным напряжением, которое выдерживает материал изделия без разрушения через N-е число заданных нагружений. При этом под разрушением следует понимать и недопустимое изменение формы изделия как результат накопления деформаций (ползучести) под нагрузкой.

Анализируя влияние различных объективных факторов, определяющих «сохраняемость» и «выносливость» изделий из ПМ, можно разделить их на факторы штатные и нештатные. Влияние штатных факторов (влажности и температуры хранения) можно регулировать, регламентируя допуски на колебания атмосферных условий на складе или в иных местах хранения готовой продукции. Противодействие нештатным факторам, проявляющимся при погрузочно-разгрузочных работах и во время перевозок, необходимо предусматривать на стадии проектирования ТП изготовления изделия, подбирая состав технологических операций и соответствующие режимы их выполнения.

Некоторые из этих возможностей были рассмотрены, например, в табл. 2.3, систематизировавшей типовые проектные решения ТП для достижения в изделиях заданных структур и других признаков ПМ, непосредственно обеспечивающих сохраняемость и выносливость. К ним относятся регулирование остаточных на-

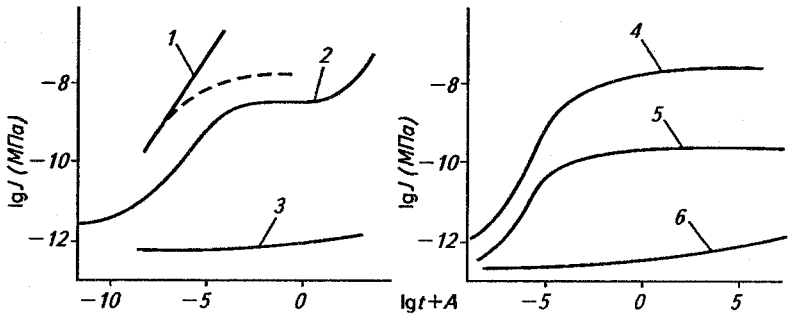


Рис. 3.10. Типичные логарифмические зависимости податливости $J(t)$ для различных полимерных систем:

1 — аморфные линейные полимеры с низкой молекулярной массой (пунктир соответствует податливости без учета составляющей вязкого течения); *2* — аморфный линейный полимер с большой молекулярной массой и узким молекулярно-массовым распределением; *3* — тот же полимер в области температур ниже температуры стеклования (т. е. *3* — это положение кривой *2* в области более низких значений *t*); *4* — сшитые гели; *5* — слабосшитые эластомеры; *6* — закристаллизованные полимеры.
Константа A на оси абсцисс выбрана так, чтобы экспериментальные данные были представлены в одном масштабе значений t

пряжений, ответственных за самопроизвольное изменение формы (коробление) и ударостойкость изделий; степени монолитности (пористости) полимерных изделий, ответственной за кинетику и объем влагопоглощения, вибро- и ударостойкость; вида и содержания кристаллической фазы, ответственной за теплостойкость, формоустойчивость, вибро- и ударостойкость изделий из ПМ. Кроме того, в разделе 3.6.1 были показаны технологические возможности регулирования стойкости полимерных изделий к действию факторов, обусловливающих термоокислительное старение и усталостное механическое разрушение.

Дополнительной иллюстрацией влияния технологически обусловленных полимерных систем на формоустойчивость изделий, зависящую от податливости $J(t)$, может служить рис. 3.10.

Исходя из требований сохраняемости (или выносливости) и задаваясь необходимым показателем податливости $J(t)$, необходимо предусмотреть технологические возможности, позволяющие в одних случаях повысить молекулярную массу полимера в изделии, в других — объем кристаллической фазы, в третьих — степень сшивания (отверждения) и т. д.

3.6.3. ЗАВИСИМОСТЬ ДОЛГОВЕЧНОСТИ ПОЛИМЕРНЫХ ИЗДЕЛИЙ ОТ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ ИЗГОТОВЛЕНИЯ

Долговечность — свойство изделия сохранять работоспособность (при установленной системе технического обслуживания и ремонтов) до наступления предельного состояния, т. е. состояния, при котором дальнейшая эксплуатация изделия должна быть прекращена из-за неустранимого нарушения требований безопасности, ухода параметров за установленные пределы, резкого снижения эффективности эксплуатации.

Количественно долговечность может оцениваться, например, техническим ресурсом, сроком службы или гарантийным сроком эксплуатации изделия.

Технический ресурс — наработка изделия до достижения им предельного состояния, оговоренного в технической документации. Существуют варианты технического ресурса: полный — за весь срок службы эксплуатации; доремонтный — от начала эксплуатации до капитального ремонта восстанавливаемого изделия; использованный — от начала эксплуатации или от предыдущего капитального ремонта до рассматриваемого момента времени; остаточный — от рассматриваемого момента времени до отказа невосстанавливаемого изделия или до капитального ремонта восстанавливаемого изделия; межремонтный — между капитальными ремонтами восстанавливаемого изделия.

Срок службы — фактический период времени от начала эксплуатации изделия до момента возникновения предельного состоя-

ния, оговоренного в технической документации, или до выбраковки. Этот период включает наработку и время простоев всех видов, обусловленное как техническим обслуживанием, так и организационными и иными причинами.

Гарантийный срок эксплуатации изделия — период времени, в течение которого изготовитель гарантирует стабильность качественных показателей изделия и выполнение заданных требований к изделию при соблюдении потребителем правил эксплуатации, в том числе правил хранения и транспортирования. Гарантийные сроки оговаривают в технической документации или договорах между изготовителем и заказчиком.

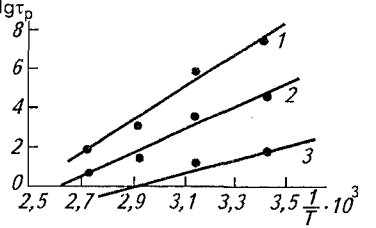
Исходя из определения «долговечности», надежность полимерных изделий характеризуется уже не самим уровнем того или иного эксплуатационного свойства, а временем изменения этого свойства до нижнего допустимого предела. Такая подмена оценок особенно целесообразна для изделий из ПМ, поскольку у них изменения большинства свойств, в отличие от металлов, происходят в обозримый промежуток времени. Например, если принять в качестве критерия изменения свойств типичных конструкционных термопластов уменьшение прочности при растяжении на 80 % по сравнению с ее исходным значением, то оказывается, что долговечность хранения, в частности, изделий из ПА 66 при 70 °С в сухом состоянии равна 2 годам, а во влажном состоянии — всего 8 неделям. Отсюда — широкое применение как в сфере производства, так и при эксплуатации полимерных изделий ряда временны́х параметров, позволяющих оценивать кинетику химических реакций, релаксации напряжений, ползучести, вязкоупругого прорастания трещин и др. Отсюда же — использование в отношении полимерных изделий понятий «долговременной» и «кратковременной» прочности. Зная кинетику развития процессов, непосредственно влияющих на заданный эксплуатационный показатель, можно рассчитывать долговечность интересующего изделия из ПМ.

В частности, известна методика расчета долговечности полимерных изделий, основанная на временно́й теории прочности и аналитическом обобщении реальных зависимостей изменения механических свойств. Исследование прочности, проведенное по этой методике, позволило установить общую закономерность прежде всего для ПМ при условии неизменности их структуры в процессе опыта. Эта закономерность описывается формулой Журкова:

$$\tau_p = \tau_0 \exp\frac{U_0 - \gamma\sigma_p}{RT},$$

где τ_p — долговечность; σ_p — разрушающее напряжение; R — универсальная газовая постоянная; T — абсолютная температура; τ_0 — величина, близкая к периоду собственных колебаний атомов; γ — коэффициент, характеризующий уменьшение потенциального барьера с увеличением напряжения, существенно зависящий от структуры материала; U_0 — активационный барьер процесса разрушения.

Рис. 3.11. Температурная зависимость долговечности при постоянном напряжении для полистирола: разрушающие напряжения, соответствующие прямым, уменьшаются от *1* к *3*



Если условие неизменности структуры ПМ соблюдено, то графически зависимость $\lg\tau_p - 1/T$ выражается прямой с углом наклона, обусловленным интенсивностью падения прочности ПМ с ростом температуры T. Технологически варьируя прочность и теплостойкость испытываемого ПМ, можно получить серию линейных зависимостей (рис. 3.11).

Точка пересечения линейных зависимостей, соответствующая $1/T = 0$ на оси ординат, определяет $\tau_0 = \tau_p \approx 10^{-13}$ с для большинства ПМ. Последующая стандартная графическая обработка представленных зависимостей позволяет определить для каждого конкретного ПМ параметры U_0 и γ.

Завершая характеристику обеспечения надежности полимерных изделий в показателях долговечности, необходимо еще раз подчеркнуть, что арсенал технологических возможностей остается тем же, который применяется для достижения заданных показателей безотказности и сохраняемости (выносливости).

3.6.4. ЗАВИСИМОСТЬ РЕМОНТОПРИГОДНОСТИ ПОЛИМЕРНЫХ ИЗДЕЛИЙ ОТ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ ИЗГОТОВЛЕНИЯ

Ремонтопригодность — свойство изделия, заключающееся в его приспособленности к предупреждению, отысканию и устранению причин и последствий повреждений (отказов) путем проведения технического обслуживания и ремонтов. Данная характеристика надежности определяется затратами труда, времени и средств на поддержание и восстановление работоспособности изделия.

Высокая технологичность ПМ, обусловливающая разнообразие способов переработки в изделия, большие возможности для экономии материально-технических, энергетических и трудовых затрат, а также способствующая варьированию форм изделий в соответствии с задаваемыми группами сложности, — залог изготовления надежной полимерной продукции в показателе «ремонтопригодность». Практическое использование этого важного свойства как в различных областях применения, так и при ликвидации производственных дефектов во время изготовления полимерных изделий достигается следующими основными видами ремонтных и восстановительных работ.

При восстановлении целостности изделий, нарушенной в результате аварий, случайных повреждений, несоблюдения режима эксплуатации (или изготовления) реализуются такие специфические свойства ПМ, как высокая адгезия, свариваемость, механическая обрабатываемость, пластическая и эластическая деформативность, химическая реакционноспособность и др. Отсюда комплекс типовых ремонтно-восстановительных операций, включающий п р и ф о р м о в к у недостающих элементов, с в а р к у одним из многочисленных методов, с к л е и в а н и е в нагретом или холодном состоянии, ш п а т л е в к у специальными полимерными составами.

При компенсации износа изделий применяются помимо приформовки или приклеивания (приварки) недостающего слоя такие технологические операции, как н а п ы л е н и е жидких или псевдоожиженных полимерных составов с последующей их термофиксацией, н а н е с е н и е г р у н т о в о к, э м а л е в ы х и л а к о к р а с о ч н ы х п о к р ы т и й.

При восстановлении формы и размеров деформированных полимерных изделий осуществляют д е ф о р м и р о в а н и е п о м е с т у гнутьем, поджатием или, наоборот, вытяжкой в состоянии пластичности или эластичности.

При восстановлении функциональных свойств изделий из ПМ в зависимости от причин отклонения от номинальных характеристик могут быть использованы д е с о р б ц и я в л а г и и других низкомолекулярных продуктов с возможным последующим нанесением на поверхность изделия соответствующего защитного покрытия; м е х а н и ч е с к а я о б р а б о т к а, например шлифование для восстановления светопрозрачности оргстекол или чистоты трущихся поверхностей; т е р м о о б р а б о т к а, например для устранения остаточных напряжений и восстановления заданного уровня прочности и др.

Следует отметить, что между понятиями «ремонтопригодность» и «эксплуатационная технологичность» полимерных изделий существует значительное сходство, поскольку последнее также характеризует трудоемкость и себестоимость обслуживания и ремонта изделий. Точнее, уровень ремонтопригодности определяет уровень эксплуатационной технологичности изделия.

3.6.5. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ВОЗМОЖНОСТИ СТАБИЛИЗАЦИИ И ПОВЫШЕНИЯ УРОВНЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НАДЕЖНОСТИ ИЗДЕЛИЙ ИЗ ПМ

Перед проектантом ТП обычно ставится одна из двух основных задач по обеспечению надежности: стабилизировать достигнутый или обеспечить новый (более высокий) уровень заданного показателя надежности объекта производства из ПМ. Для реализации конкретной задачи используется соответствующий комплекс технологических возможностей согласно схеме, представленной на рис. 3.12.

Рис. 3.12. Основные задачи и технологические пути обеспечения надежности изделий из полимерных материалов

Стабилизация достигнутого уровня надежности базируется на стабилизации заданных свойств ПМ изделия, что, принимая во внимание преобразование состава и структуры ПМ на различных этапах переработки, означает минимизацию допусков на характеристики сырья, полуфабрикатов, заготовок и готовых изделий. Отсюда — повышенное внимание при реализации ТП к выполнению прежде всего операций входного контроля качества исходных компонентов и материалов, а также к таким подготовительным операциям, как сушка и совмещение компонентов (смешение, растворение, пропитка), раскрой препрегов и других листовых полуфабрикатов, формирование заготовок изделий.

Важная роль в стабилизации показателей надежности принадлежит состоянию средств технического оснащения ТП. В частности, надежность полимерных изделий зависит от чистоты поверхности формующих инструментов и оправок, поскольку риски, выбоины и другие дефекты могут стать впоследствии очагами преждевременного разрушения ПМ и, следовательно, причиной сокращения долговечности изделия. В свою очередь, состояние оборудования (его физический и моральный износ) влияет на точ-

ность выполнения задаваемых скоростных, механических и других режимов выполнения соответствующих операций ТП.

Соблюдение регламентированных технологических условий переработки ПМ в изделия зависит и от соблюдения технологической дисциплины на рабочих местах. Для этого часто делается ставка на исключение субъективных («человеческих») факторов путем, например, автоматизации наиболее ответственных операций или осуществления сплошного неразрушающего контроля качества продукции.

Достижение повышенного уровня надежности предполагает рационализацию существующих или проектирование и отработку новых ТП, основанных на более прогрессивных методах и средствах их осуществления. Так, в свое время значительное повышение показателей надежности было достигнуто, например, при производстве изделий из армированных пластиков благодаря методам отжига и аппретирования армирующих волокон: при изготовлении сборных конструкций из полимерных деталей благодаря замене «точечного» механического крепежа (винтового, заклепочного и т. п.) равномерно распределенными по поверхности крепления клеевыми и сварными соединениями; при формовании практически беспористых изделий из термопластичных композиционных материалов благодаря замене жидкофазного на твердофазное совмещение армирующих элементов и связующего по методу «волоконной технологии». Примеры достижения новых уровней надежности полимерных изделий разработкой и внедрением прогрессивных методов и средств постоянно приумножаются.

Рационализация составов технологических операций (ТО) в рамках проектируемых ТП сводится обычно к их сокращению или совмещению с целью добиться ослабления действия тех внешних факторов (температурных, химических, механических и др.), которые обусловливают интенсивное старение полимеров в процессах переработки их в изделия. Однако в некоторых случаях, наоборот, повышение надежности полимерных изделий зависит от введения в состав ТП специальных дополнительных ТО. Примером могут служить ТО послеформовочной релаксационной выдержки или отжига, направленные на снижение остаточных напряжений и повышение надежности особенно высоконагружаемых силовых полимерных изделий.

В некоторых случаях эту же задачу удается решать, оптимизируя режимы переработки ПМ, например снижая температуру формования или скорость охлаждения изделий в формующем инструменте так, чтобы остаточные напряжения успевали отрелаксировать до безопасного уровня. Другие примеры совершенствования эксплуатационных свойств полимерных изделий оптимизацией технологических режимов выполнения различных ТО были рассмотрены в предыдущих разделах.

Таким образом, наряду с разными технологическими способами обеспечения заданного уровня надежности полимерных изделий существуют многочисленные конкретные приемы их практического воплощения как при проектировании, так и в ходе ТП. Нередко это связано с необходимостью решения задач, находящихся на стыке нескольких наук — материаловедения, механики, термодинамики, теплотехники и т.д. Однако найденные решения предполагают наличие в рамках ТП действенного технического контроля качества продукции из ПМ, который призван не только предотвращать технологический брак, но и выявлять причинно-следственную связь показателей надежности с влияющими на них факторами (см. рис. 3.12), способствуя постоянному совершенствованию (отработке) ТП.

3.7. ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ИЗДЕЛИЙ ИЗ ПМ

Технический контроль является проверкой соответствия продукции или процесса, от которого зависит качество продукции, установленным техническим требованиям.

Операции технического контроля качества полимерной продукции являются составной частью соответствующих ТП. Они разрабатываются одновременно с другими технологическими операциями (ТО) при участии отдела технического контроля (ОТК) или по согласованию с ним, поскольку ОТК решает комплекс задач по обеспечению заданного качества:

— систематически анализирует и устраняет причины выпуска продукции низкого качества, организует и осуществляет внедрение прогрессивных методов контроля;

— осуществляет входной контроль поступивших на предприятие сырья, материалов, полуфабрикатов, комплектующих изделий и инструмента, предназначенных для основного производства, операционный контроль, приемочный контроль готовой продукции;

— назначает и проводит не предусмотренные утвержденным ТП выборочные проверки качества готовой продукции, сырья, материалов, полуфабрикатов и комплектующих изделий, качества выполнения отдельных ТО, качества и состояния технологического оборудования и инструмента, условий производства, транспортировки и другие проверки, необходимые для выпуска продукции в соответствии с установленными требованиями;

— выборочно контролирует соблюдение технологической дисциплины;

— участвует в испытаниях новых и модернизированных образцов продукции;

— принимает участие в организации сбора, анализа и обобщения статистических данных об эксплуатации продукции;

— участвует в работах по подготовке продукции к аттестации;

— периодически осуществляет выборочный контроль качества продукции, выпускаемой цехами, участками, бригадами и отдельными работниками, переведенными на самоконтроль.

Таким образом, контроль состояния предметов труда (ПМ) и объектов производства на отдельных рабочих местах и в ТП в целом — лишь часть видов контроля, проводимого ОТК. Эта часть технического контроля считается основной (ГОСТ 16504—81) и в принципе может быть осуществлена двумя путями: разбраковкой готовых изделий (послеоперационный контроль) и повышением технологической точности выполнения каждой ТО (операционный контроль). В производстве изделий из ПМ оба варианта контроля способны обеспечить необходимый уровень качества. Однако **метод разбраковки** имеет существенные недостатки: он не гарантирует отсутствие брака и требует большого числа контролеров. **Метод операционного контроля** лишен этих недостатков, поскольку способствует обеспечению качества продукции из ПМ, основываясь на соблюдении принципа «технологической наследственности».

Технологической наследственностью называется перенесение на готовое изделие в процессе последовательной переработки ПМ дефектов исходного сырья, полуфабрикатов и заготовок, являющихся результатом погрешностей выполнения соответствующих ТО. Например, технологическая наследственность может проявиться в изделии в виде повышенного содержания влаги (или его последствий — пор, раковин, расслоений), если технологически неверно были предусмотрены и выполнены хранение, транспортировка, входной контроль или сушка исходного сырья. Типичной причиной проявления технологической наследственности является несоблюдение технологической дисциплины при выполнении проектно заданных условий и режимов осуществления ТО. Все это поддается своевременному выявлению и исправлению при операционном методе контроля.

Методики проведения контроля типовых показателей качества изделий из ПМ, осуществляемого регламентированными методами и средствами, описаны в ряде литературных источников, в том числе учебных. Однако процесс совершенствования технического контроля предполагает постоянный поиск и разработку более эффективных методов контроля и оценки качества продукции, в частности неразрушающих, автоматических и статистических. При этом модернизация существующих и проектирование новых методик технического контроля должны осуществляться по общим правилам.

3.7.1. ПРАВИЛА ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ

Технический контроль (ТК) разрабатывают в виде операций и процессов (ПТК) для входного, операционного и приемочного контроля. Разработку ПТК осуществляют после отработки изделия на технологичность по требованиям ТК, предусматривающим единство конструкторских, технологических и измерительных баз, несовпадение которых допускается только в технически обоснованных случаях. Кроме того, для сокращения трудоемкости подготовки и проведения контроля изделия группируют по конструктивным и технологическим признакам.

Требования к техническому контролю. При разработке методик и технологии контроля исходят из того, что ТК должен удовлетворять следующим требованиям:

— осуществляться в условиях, максимально приближенных к эксплуатационным;

— быть непрерывным, т. е. охватывать все этапы производства, и профилактическим, чтобы предотвращать поступление дефектной продукции на следующий этап производственного цикла;

— быть активным и непосредственно влиять на качество выполнения ТП;

— быть максимально объективным, для чего он должен производиться с помощью объективных средств и не зависеть от субъективности исполнителя ПТК;

— проводиться на основе безусловной ответственности исполнителя за качество выпускаемой продукции и качество выполняемых операций, для чего предусматривают также совмещение операций изготовления и контроля изделий;

— не нарушать ритмичности производства и обеспечивать выпуск продукции с заданной производительностью;

— уровень механизации и автоматизации контроля должен соответствовать требованиям технологии изготовления изделия, а также условиям и типу производства;

— затраты (материальные, трудовые, энергетические) на организацию и осуществление ТК должны быть оптимальными с точки зрения требований к технико-экономическим показателям ТП.

Источники исходной информации для разработки ПТК. Ими могут служить конструкторская документация на изделие, технологическая документация на изготовление и испытания изделия, программа и сроки изготовления, директивно установленные ПТК, производственные инструкции на проведение контроля, описание прогрессивных методов контроля, каталоги и номенклатурные справочники прогрессивных средств контроля, прогнозы научно-технического прогресса и планы повышения технического уровня производства, терминология ТК, классификатор объектов контроля, типовые процессы и операции контроля,

нормативы режимов контроля, материальные и трудовые нормативы.

Предусматривают также информацию для регулирования ТП и для предотвращения использования дефектных исходных компонентов, ПМ, полуфабрикатов, заготовок и сборочных элементов для последующего изготовления и ремонта изделия.

Разработка ПТК. При разработке ПТК должно обеспечиваться:

— помимо внедрения прогрессивных методов контроля и оценки качества продукции — применение статистических методов регулирования ТП, анализа и оценки качества продукции, средств механизации и автоматизации контрольных операций;

— систематическое повышение производительности труда;

— снижение трудоемкости контроля с тяжелыми и вредными условиями труда, т.е. ПТК должны отвечать требованиям безопасности труда и санитарии;

— согласование методик измерения в процессах и операциях контроля с требованиями ГОСТ 8.010—72, а условий измерения линейных и угловых размеров — с ГОСТ 8.050—73;

— согласование технологической документации на ПТК с ОТК;

— проведение метрологической экспертизы технологической документации по МИ 1325—86.

Методы проектирования ПТК аналогичны методам проектирования ТП изготовления изделий и подразделяются по степени механизации и автоматизации на ручное и автоматизированное проектирование, а по степени использования экономико-математических методов — на интуитивное (эвристическое) и аналитическое проектирование, осуществляемое на основе экономико-математического моделирования.

Основные этапы разработки ПТК, их последовательность и задачи, основные документы, обеспечивающие решение этих задач, регламентированы ГОСТ 14.317—75 и систематизированы в приложении П.6. Необходимость каждого этапа, состав задач и последовательность их решения определяет разработчик процесса (операции) ТК в зависимости от условий производства. При этом допускается введение дополнительных этапов, которые могут быть специфичными для различных предприятий и отраслей промышленности. Примером дополнительных этапов разработки ПТК может служить разработка норм подготовительно-заключительного и штучного времени контроля, установление исполнителя контроля и т.д.

3.7.2. ВЫБОР СРЕДСТВ КОНТРОЛЯ

Согласно правилам, сформулированным в ГОСТ 14.306—73, выбор средств контроля основывается на обеспечении заданных показателей ПТК и анализе затрат на реализацию процесса контроля в установленный промежуток времени при заданном качестве выпускаемых изделий, для чего необходимо:

— использовать средства контроля (приборы и средства автоматизации), удовлетворяющие требованиям ГОСТ 12997—76;

— применять прогрессивные механизированные и автоматизированные, универсальные и стандартные средства контроля, оптимальные для данных производственных условий;

— стремиться к систематическому повышению производительности труда;

— систематически снижать трудоемкость контроля, особенно в тяжелых и вредных условиях труда;

— обеспечивать безопасность труда и требования промышленной санитарии;

— отдавать предпочтение экономичным средствам, более простым в использовании, требующим невысокой квалификации контролеров, допускающим работу со свободным температурным режимом, обеспечивающим возможность переналадки и многократного применения при изменении объектов контроля (в условиях индивидуального и серийного производств);

— выдавать информацию в форме, удобной для оперативного использования;

— по возможности использовать средства контроля, прошедшие государственные испытания в соответствии с требованиями ГОСТ 8.001—80;

— допускать к ТК средства, признанные годными по результатам метрологического надзора в соответствии с требованиями ГОСТ 8.002—71.

Порядок выбора средств контроля при разработке единичных процессов контроля приведен в табл. 3.15. При разработке ПТК с использованием типовых операций и переходов выбор средств контроля включает задачи А, Б, В, Д этапа 3, а при использовании только стандартных операций и переходов — задачи Б, В, Д того же этапа.

При анализе характеристик объекта контроля и показателей ПТК должны учитываться:

— вид объекта контроля (деталь, сборочная единица, технологический процесс);

— вид контролируемого признака (размер, физический параметр, форма и т.д.);

— номинальные значения и допуски на контролируемые параметры;

— допустимая погрешность измерения;

— конструктивные особенности изделия (форма, доступность для измерения и т.д.);

— измерительная база;

— масса объекта контроля;

— повреждаемость (деформируемость) изделия при контроле;

Таблица 3.15. **Основные этапы и задачи выбора средств технического контроля согласно ГОСТ 14.306—73**

Этапы выбора средств контроля	Решаемые задачи	Используемая документация
1. Анализ характеристик объекта контроля и показателей процесса контроля	Выявление характеристик объекта контроля и показателей процесса контроля, определяющих выбор средств контроля, уточнение метода контроля и схемы измерений	Конструкторская документация на изделие. Технологическая документация на изготовление и контроль изделия. Документы, содержащие сведения о количестве и сроках изготовления изделий. Методика расчета показателей контроля
2. Определение предварительного состава средств контроля	Определение средств контроля, использование которых обеспечивает заданные показатели процесса контроля с учетом метрологических и эксплуатационных характеристик средств контроля	Классификатор средств контроля. Каталоги средств контроля по ГОСТ 3.1302—74. Государственные, отраслевые стандарты и стандарты предприятий на средства контроля
3. Определение окончательного состава необходимых средств контроля	А. Экономическое обоснование выбираемого средства контроля	Методика расчета экономической эффективности выбираемых средств контроля
	Б. Составление ведомости оснастки	По ГОСТ 3.1105—74
	В. Определение недостающих средств контроля	Картотека применяемости средств контроля по ГОСТ 3.1302—74
	Г. Определение исходных данных для проектирования средств контроля и выдача технических заданий на разработку новых конструкций средств контроля	По ГОСТ 15.001—73
	Д. Оформление технологической документации по результатам выбора средств контроля	По ГОСТ 3.1502—74

— условия рабочего места (температурный режим, вибрации и т. д.);
— транспортабельность средства и объекта контроля;
— производительность технического контроля;
— наличие средства контроля на предприятии;
— условия выдачи результатов контроля;
— стоимость средства контроля;
— квалификация контролера;
— целесообразность проектирования специальных средств контроля;

— дополнительные условия и характеристики.

Комплекс документов, из которых могут быть получены перечисленные сведения, аналогичен комплексу информационных источников, приведенному в разделе 3.7.1.

Выбор средств контроля согласовывается с ОТК в соответствии с требованиями ГОСТ 3.1502—74 и метрологической службой в соответствии с требованиями ГОСТ 8.054—73. Методика расчета экономической эффективности выбираемых средств контроля устанавливается предприятием на основе расчетных рекомендаций, приведенных в приложении к ГОСТ 14.306—73, в развернутом виде представленных в следующем разделе.

3.7.3. ОЦЕНКА ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЦЕССОВ И СРЕДСТВ ТЕХНИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ

Достижение заданных технико-экономических показателей проектируемого ТП, способных обеспечить устойчивую конкурентоспособность полимерной продукции в условиях рыночной экономики, невозможно без оптимизации экономической эффективности ПТК и средств контроля.

Оценка эффективности ПТК. Для оценки эффективности ПТК используют методы определения экономической эффективности новой техники. При этом решают две основные задачи:

— насколько технически прогрессивно новое мероприятие, т. е. насколько целесообразно его внедрение;
— каков экономический эффект от внедрения этого мероприятия в конкретных условиях.

При решении второй задачи различают абсолютную (общую) и сравнительную экономическую эффективность капитальных вложений. *Абсолютная экономическая эффективность капитальных вложений* характеризуется приростом национального дохода по отношению к капитальным вложениям в основные и оборотные фонды, вызвавшим этот прирост. *Сравнительную экономическую эффективность* выявляют и рассчитывают на основе анализа технико-экономических показателей, характеризующих прогрессивность данного ПТК по сравнению с другими. Для большей объективности оценки достигаемого эффекта сравнение осуществляют по двум или более вариантам сопоставления.

Различают основные и дополнительные показатели экономической эффективности ПТК.

Основными показателями являются: необходимые капитальные вложения, себестоимость продукции и срок окупаемости дополнительных капитальных вложений. Эти показатели по-

зволяют вычислить сравнительную экономическую эффективность как минимум приведенных затрат:

$$C = E_н K \rightarrow \min,$$

где С — себестоимость единицы продукции (работы), руб.; К — удельные капитальные вложения в производственные (основные и оборотные) фонды, руб.; $E_н$ — нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений, равный 0,15.

К дополнительным показателям относят: повышение производительности труда, облегчение условий и повышение безопасности труда, улучшение качества продукции, повышение надежности и увеличение срока службы изделий, рост выпуска продукции с единицы оборудования или с единицы производственной площади и др.

Если капитальные затраты осуществляются на протяжении ряда лет или за этот период текущие издержки и результаты производства существенно меняются, то при расчетах экономического эффекта должен учитываться фактор времени с помощью *коэффициента приведения* α_t:

$$\alpha_t = (1 + E)^t,$$

где Е — норматив приведения, равный 0,1; t — число лет от второго года внедрения ПТК до года осуществления затрат и получения результатов.

Затраты и результаты, осуществляемые и получаемые до начала расчетного года, умножают на коэффициент приведения α_t, а после начала расчетного года — делят на этот коэффициент.

Определение годового экономического эффекта основывается на сопоставлении приведенных затрат (З) на единицу продукции. Выраженные в рублях приведенные затраты представляют собой сумму себестоимости и нормативной прибыли:

$$З = C + E_н K.$$

Экономическое обоснование выбора средств контроля (СК) согласно ГОСТ 14.306—73 осуществляется расчетом по формуле

$$Э = [(K_{э1} + E_н K_1) - (K_{э2} + E_н K_2)]\, A,$$

где Э — экономическая эффективность процесса контроля, руб.; $K_{э1}$, $K_{э2}$ — комплексные показатели эффективности соответственно заменяемого и внедряемого средств контроля, руб.; K_1, K_2 — удельные капитальные вложения соответственно заменяемого и внедряемого средств контроля, руб.; A — число объектов контроля.

Комплексный показатель эффективности контроля

$$K_э = C_к + R_0,$$

где $C_к$ — сумма затрат на контроль объекта, руб.; R_0 — величина экономического риска в результате неправильного решения при ТК.

Затраты на контроль одного объекта

$$C_к = C_з + C_а + C_э + C_о + C_{пз} + (C_с - C'_с),$$

где $C_з$ — сумма затрат на заработную плату исполнителей контроля (ИК), руб.; $C_а$ — амортизация контрольного оборудования и приборов на время контроля, руб.; $C_э$, $C_о$, $C_{пз}$ — затраты соответственно на потребляемые в ПТК все виды энергии, контрольную оснастку (приспособления и инструмент) и подготовительно-заключительные работы, руб.; $C_с$ — стоимость средств контроля (СК), руб.; $C'_с$ — стоимость СК после его износа, руб.

Составляющие $C_к$ подсчитывают по формулам:

$$C_з = \sum_{j=1}^{n} \frac{t_j R_j \left(1 + \frac{K}{100}\right)}{m_{кj}},$$

где t_j — время, затрачиваемое j-м ИК на контроль объекта, ч; R_j — часовая заработная плата j-го ИК, руб/ч; n — число ИК, участвующих в контроле объекта; K — коэффициент, учитывающий начисления на заработную плату и премии, %; $m_{кj}$ — число объектов контроля (ОК), которое может одновременно контролировать j-й исполнитель;

$$C_а = \sum_{i=1}^{a} \frac{A_i D_i H}{B_i m_{кi} \varphi_1 \cdot 100} \cdot t_{oi},$$

где a — число типов контрольного оборудования и приборов, используемых для контроля данного объекта; A_i — стоимость единицы i-го средства контроля (СК), руб.; D_i — число i-х СК; Н — норма амортизационных отчислений, %/год; B_i — годовой фонд времени i-го СК, ч/год; $m_{кi}$ — число ОК, которое может одновременно контролироваться на i-м контрольном оборудовании; φ_1 — коэффициент загрузки контрольного оборудования или прибора; t_{oi} — время работы i-го СК при контроле объекта, ч;

$$C_э = \sum_{i=1}^{a} \frac{Ц_{эi} N_i \varphi_2}{m_{кi} \varphi_1} \cdot t_{oi},$$

где $Ц_{эi}$ — цена единицы используемой энергии для i-го контрольного оборудования или прибора, руб/кВт·ч и т. п.; N_i — мощность, потребляемая i-м контрольным оборудованием или прибором, кВт и т. п.; φ_2 — коэффициент использования мощности.

Для контрольных приборов и оборудования, работающих на различных видах энергии, затраты рассчитывают по каждому виду энергии, а затем суммируют их;

$$C_o = \sum_{i=1}^{d} \frac{A_i D_i}{B_i T_i \varphi_1'} \cdot t_{oi},$$

где d — число типов контрольной оснастки, используемой для контроля ОК; φ'_1 — коэффициент использования i-й контрольной оснастки; T_i — срок службы i-й контрольной оснастки, лет;

$$C_{пз} = \frac{\sum_{j=1}^{e} t_{пзj} R_{пзj} (1 + K/100)}{m_к},$$

где e — число исполнителей, занятых на подготовительно-заключительных операциях для данного объекта; $t_{пзj}$ — время, затрачиваемое j-м исполнителем, занятым на подготовительно-заключительных операциях для данного объекта, ч; $R_{пзj}$ — часовая заработная плата j-го исполнителя, занятого на подготовительно-заключительных операциях для данного объекта, руб/ч; $m_к$ — число объектов контроля.

Разность $(C_c - C'_c)$ учитывают в тех случаях, когда средство контроля (СК) после испытаний не может быть использовано по прямому назначению.

Расчет экономического риска в результате принятия неправильного решения при техническом контроле (ТК) выполняют по формуле

$$R_o = (П_к + П_{бр} + П_{шп} + П_{шк} + П_{ук})(1-P),$$

где $П_к$, $П_{бр}$, $П_{шп}$, $П_{шк}$, $П_{ук}$ — потери, связанные соответственно с повторным контролем, ошибочной окончательной забраковкой годных изделий, со штрафом за просрочку в поставке изделий, штрафом за поставку изделий пониженного качества и с уценкой изделий, руб.; P — достоверность контроля (вероятность годности принятого изделия).

Составляющие R_o подсчитывают по формулам:

$$П_к = C_к \; ; \; П_{бр} = C_c \, M,$$

где M — число забракованных ОК;

$$П_{шп} = C_c M Ш_п/100,$$

где $Ш_п$ — размер штрафа за просрочку в поставке изделий, %;

$$П_{шк} = C_c M Ш_к/100,$$

где $Ш_к$ — размер штрафа за поставку изделий пониженного качества, %;

$$П_{ук} = (C_c - C'_c) M.$$

Экономическую эффективность сравниваемых средств контроля на основе оценки качества контроля определяют по формуле

$$Э = (C_{к1} + E_н K_1 + R_{01})(B_2/B_1) - (C_{к2} + E_н K_2 + R_{02}),$$

где $C_{к1}$, $C_{к2}$ — затраты на контроль объекта по сравниваемым вариантам, руб.; K_1, K_2 — удельные капитальные вложения в производственные фонды по сравниваемым вариантам, руб.; R_{01}, R_{02} — потери от погрешностей контроля по сравниваемым вариантам, руб.; B_1, B_2 — производительность единицы СК по сравниваемым вариантам, шт/год.

Для дискретных ПТК

$$B_2/B_1 = T_{ф2} t_{н1}/(T_{ф1} t_{н2}),$$

где $T_{ф1}$, $T_{ф2}$ — фактический фонд времени работы СК в течение года при их полной загрузке по сравниваемым вариантам; $t_{н1}$, $t_{н2}$ — норма времени на проведение одного ПТК по сравниваемым вариантам.

Для непрерывных ПТК

$$B_2/B_1 = p_1/p_2,$$

где p_1, p_2 — число СК для определенного процесса контроля по сравниваемым вариантам.

В заключение главы 3 необходимо констатировать, что разработчики ТП производства изделий из ПМ располагают комплексом возможностей для достижения заданного уровня качества продукции. Эти возможности проявляются во всех областях, сопряженных с проектированием ТП, — материаловедческой, технологической, технической, организационной, экономической, эргономической и др. Однако недостаточно только овладеть накопленными научными знаниями и передовыми приемами их практического использования. Важная роль принадлежит экспериментально-исследовательской работе по дальнейшему развитию технологии ПМ и опытно-конструкторским разработкам при создании новых средств технического оснащения ТП и ПТК. Высокие темпы совершенствования качества полимерной продукции, позволяющие ей успешно конкурировать с металлами во всех отраслях производства, убедительно свидетельствуют о высокой востребованности работы в области проектирования ТП переработки ПМ в изделия различного назначения.

Глава 4

МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ НОРМИРОВАНИЯ РАСХОДА ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Нормирование расхода производственных ресурсов является важной предпосылкой для успешного проектирования ТП. Однако в отличие от нормирования трудовых, энергетических и других затрат, имеющих общий характер для любого производства, нормирование материальных затрат имеет много специфических особенностей, обусловленных природой материалов, из которых изготавливается выпускаемое изделие. Цель данного раздела — изложить основы нормирования расхода ПМ в зависимости от вида ПМ и вида изделия.

Нормирование расхода материальных ресурсов, основы которого в нашей стране разработаны в условиях планового хозяйствования, не утратили своего значения и в условиях рыночной экономики. Это обусловлено тем, что ресурсосбережение является прежде всего эффективным фактором снижения себестоимости выпускаемой продукции, предопределяющим ее конкурентоспособность на рынке сбыта и повышение рентабельности соответствующего производства. Для предприятий, перерабатывающих различные ПМ, нормирование расхода материальных ресурсов особенно актуально, поскольку выпускаемая ими продукция относится к числу наиболее материалоемких.

В структуре затрат на производство полимерной продукции материальные затраты могут достигать 70—77 %. В таких условиях экономия ПМ равнозначна приросту производства, создает реальные условия для дополнительного выпуска продукции из сэкономленных ПМ, для снижения трудо- и энергозатрат, для проектирования мало- и безотходных ТП с повышенной производительностью производства, для снижения затрат на охрану окружающей среды, переработку и уничтожение промышленных отходов.

Проектирование материалосберегающих ТП предопределяет также достижение дополнительных прогрессивных результатов — экономических, технических и организационных. *Экономические результаты* проявляются в сокращении капиталовложений на мероприятия по ресурсосбережению, в высвобождении части производственных мощностей, в урегулировании ценообразования полимерной продукции и др. *Техническими результатами* являются модификация средств технического оснащения ТП и рационализация конструкции изделий из ПМ. *Организационные результаты* — это прежде всего рост квалификации операторов, освоивших новую технику и технологию, передовые приемы труда. При распространении опыта ведущих предприятий в промышленности

производства полимерной продукции складывается новый, более экономичный уровень материальных затрат — важнейшее условие научно-технического прогресса.

Постоянно меняющиеся внешние и внутренние условия производства полимерной продукции обусловливают динамичный характер изменения норм расхода ПМ, которые должны иметь постоянную тенденцию к снижению по сравнению с уровнем, достигнутым в ранее разработанных и освоенных ТП. Следовательно, задача проектанта нового ТП — прогрессивная минимизация норм расхода ПМ с учетом изменяющихся технологических, технических, организационных и экономических условий на данном конкретном предприятии.

Основная сложность оптимизации норм расхода даже одних и тех же ПМ состоит в том, что на различно специализированных предприятиях вопросы нормирования не могут решаться одинаково и согласованно. Кроме того, эти предприятия могут иметь разную форму собственности и подчиненности, различные объемы производства полимерной продукции. Эти факторы радикальным образом влияют на возможности оптимизации норм расхода ПМ. Наилучшие возможности имеют наиболее крупные производства, специализирующиеся на изготовлении крупнотоннажной полимерной продукции (труб, плит, листов, пленок и др.). Высокая степень автоматизации ТП, постоянный учет и отлаженная утилизация, стабильный уровень технологической дисциплины и другие характеристики, присущие крупным специализированным производствам, создают объективные предпосылки для оптимизации норм расхода ПМ на единицу выпускаемой продукции. И наоборот, мелкие предприятия (отдельные цехи и участки), не располагающие совокупностью отмеченных преимуществ, вынуждены довольствоваться повышенными нормами расхода тех же ПМ, что отрицательно сказывается на технико-экономических показателях аналогичных ТП. Понятно, что предприятия, занимающие по своим масштабам промежуточное положение в сфере производства полимерной продукции, используют средние по величине нормы расхода ПМ.

Еще большее влияние на количественный разброс показателей норм расхода идентичных ПМ оказывает их классификационная принадлежность.

4.1. КЛАССИФИКАЦИЯ НОРМ РАСХОДА ПМ

Норма расхода характеризует максимально допустимое количество ПМ (или его компонентов — сырья) на производство единицы продукции требуемого качества в заданных условиях производства. Основными признаками, используемыми при классификации этих норм, являются степень агрегации продукции, степени

укрупнения объекта производства и номенклатуры ПМ, период действия используемых норм.

По степени агрегации выпускаемой продукции нормы расхода сырья и ПМ подразделяют на индивидуальные (дифференцированные) и групповые (средневзвешенные).

Индивидуальные (дифференцированные) нормы ($Н_{ijk}^{инд}$) устанавливают расход сырья и ПМ на производство единицы продукции (деталь, сборочный узел, готовое изделие в единицах массы или объема) определенной марки и сортности.

Групповой (средневзвешенной) нормой ($Н_{ij}^{ср}$) называют усредненную норму расхода сырья и ПМ на производство единицы одноименной продукции (труб, пленок, волокон и т. д.) по различно оснащенным рабочим местам, отраслям, ведомствам, производственным объединениям, различным предприятиям. Ее рассчитывают как средневзвешенную норму расхода конкретной продукции из одноименного ПМ (полистирол, полиэтилен и т. д.) по формуле

$$Н_{ij}^{ср} = \sum_{k=1}^{n} Н_{ijk}^{инд} Q_{jk} / \sum_{k=1}^{n} Q_{jk}, \qquad (4.1)$$

где $Н_{ijk}^{инд}$ — средневзвешенная норма расхода i-го материального ресурса в производстве j-й продукции на k-м предприятии; Q_{jk} — объем производства j-й продукции на k-м предприятии; n —число предприятий.

По степени укрупнения объекта нормирования нормы расхода подразделяют на пооперационные (постадийные), подетальные и поиздельные.

Пооперационные нормы расхода сырья и ПМ устанавливают для каждой ТО на всех стадиях ТП (подготовительной, основной и заключительной).

Подетальные нормы расхода сырья и ПМ устанавливают на деталь по всему технологическому циклу (по всем стадиям) ее изготовления.

Поиздельные нормы расхода сырья и ПМ устанавливают на сборные изделия, состоящие из нескольких деталей, суммируя подетальные нормы расхода.

По степени укрупнения номенклатуры используемых сырья и ПМ нормы расхода подразделяют на специализированные и сводные.

Специализированные нормы определяют расход в детализированной (ассортиментной) номенклатуре, т.е. по маркам, сортам и типоразмерам.

Сводные нормы показывают совокупный расход однородных видов сырья и ПМ в укрупненной номенклатуре, т. е. без детализации по маркам, сортам и типоразмерам.

По периоду действия нормы расхода подразделяют на текущие и перспективные.

Текущие нормы расхода сырья и ПМ устанавливают на определенный период времени, например на год, квартал, месяц. Квартальные и месячные нормы расхода обычно применяют в рамках конкретного производства, в то время как годовые нормы расхода тех же предметов труда чаще используют на более высоких уровнях управления (менеджмента), например по производственным объединениям, отраслям промышленности, поэтому годовые нормы принято считать основными.

Перспективные нормы расхода устанавливают на более долгосрочную перспективу с учетом основных тенденций развития производств по переработке ПМ.

Помимо вышеназванных классификационных признаков в практике нормирования расхода сырья и ПМ применяются и другие признаки. Например, классификация норм расхода данных предметов труда может осуществляться по масштабу использования и сферам применения этих норм.

По масштабу использования нормы расхода подразделяют на цеховые, заводские, отраслевые, межотраслевые. Такое ранжирование норм соответствует иерархии управления (менеджмента) в промышленном производстве и определяет их применение.

По сферам применения нормы расхода подразделяют на нормы основного производства, вспомогательные и прочие нужды производства, ремонтно-эксплуатационные нужды. При этом каждое направление детализируют по видам продуктов и работ.

Нормы расхода сырья и ПМ в основном производстве разрабатывают на основе отраслевых и межотраслевых нормативов, а также с учетом снижения норм расхода и разрабатываемых мероприятий по экономии сырья и ПМ.

Нормы расхода сырья и ПМ на вспомогательные и прочие нужды производства включают следующие нормы расхода:

— на изготовление технологической оснастки и специального инструмента, разрабатываемые на основе отраслевых и межотраслевых нормативов отходов и потерь, а также в соответствии с конструкторской и технологической документацией;

— на изготовление тары и упаковки, разрабатываемые на основе отраслевых и межотраслевых нормативов и в соответствии с конструкторской и технологической документацией;

— на испытание готовой продукции, разрабатываемые на основе отраслевых и межотраслевых нормативов, технических условий, ГОСТов, программ испытаний и методик;

— на наладку технологического оборудования и пусконаладочные работы, разрабатываемые на основе отраслевых и межотраслевых нормативов и в соответствии с требованиями технологии производства, методическими указаниями;

— на механизацию и автоматизацию производства, разрабатываемые так же, как нормы расхода на основное производство;

— на изготовление образцов новой техники, разработку новых ТП, проведение научно-исследовательских работ, разрабатываемые на основании конструкторско-технологической документации и в соответствии с отраслевыми и межотраслевыми методиками.

Нормы расхода сырья и ПМ на ремонт и эксплуатацию основных фондов включают нормы расхода на ремонт и эксплуатацию орудий труда, производственных и непроизводственных зданий и сооружений, автомобильных дорог и дорожных сооружений.

Таким образом, рассмотрение многообразных норм расхода позволяет сделать следующие выводы. Во-первых, каждый вид сырья и ПМ имеет одновременно несколько численно различающихся нормативных показателей расхода. Во-вторых, процесс нормирования расхода сырья и ПМ, начинающийся с проектирования ТП их переработки в заданную полимерную продукцию, продолжается затем весь последующий период реализации этого ТП и заканчивается в сфере эксплуатации продукции с ее ремонтно-восстановительными работами.

4.2. ТИПОВАЯ СТРУКТУРА НОРМ РАСХОДА ПМ В ОСНОВНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

Современные методики нормирования полимерного сырья и материалов основаны на общих методических указаниях и предусматривают типовую структуру норм расхода ($Н_р$) ПМ в виде суммы трех составляющих:

$$Н_р = Р_0 + Р_{то} + Р_{тп}, \qquad (4.2)$$

где $Р_0$ — полезный расход (чистая масса готовой продукции из ПМ без арматуры); $Р_{то}$ — технологические отходы; $Р_{тп}$ — технологические потери.

Чистую массу единицы готовой продукции (без арматуры) определяют путем взвешивания не менее 25 годных изделий из партии и расчета средней массы с точностью до 0,01 г при массе изделия до 1 г и с точностью до 0,1 г при массе изделия до 100 г и более. В нормативно-технической документации указывают чистую массу изделия по установленному расходу ПМ. Однако при утверждении чистой массы на весь период действия заказа учитывают интервалы ее изменения в зависимости от допусков на размеры изделий по чертежу, плотности перерабатываемых ПМ, режимов формования, фактических размеров оснастки и форм-дублеров и т. д.

С целью снижения норм расхода добиваются уменьшения чистой массы изделия при сохранении его эксплуатационных свойств на основе совершенствования конструкции изделия и оснастки и

других конструкторско-технологических решений. Соответствующие корректировки вносят в нормативно-техническую документацию.

Технологические отходы представляют собой остатки исходного сырья (смолы, армирующих элементов, ПМ), образовавшиеся в процессе производства продукции и частично или полностью утратившие показатели качества исходного сырья. Причем технологические отходы — это не только остатки в виде, например, литников, технологических припусков, брака, возникающих в ходе выполнения ТП переработки сырья и ПМ, но и технико-организационные отходы, образующиеся при ремонтах и настройке средств технического оснащения технологических операций.

По принципу дальнейшего использования технологические отходы производства полимерной продукции делятся на используемые (реальные) вторичные материальные ресурсы (ВМР) и неиспользуемые (потенциальные) ВМР (рис. 4.1). Категория «вторичные материальные ресурсы» рассматривается в данном случае как совокупность отходов производства, которые могут быть использованы в качестве сырья для выпуска продукции или на любые нужды других предприятий.

Расчет общего количества всех разновидностей технологических отходов осуществляется по формуле

$$Р_{то} = (К_{во} + К_{бо})Р_0, \qquad (4.3)$$

где $К_{во}$ — коэффициент используемых отходов, равный отношению количества используемых отходов к чистой массе; $К_{бо}$ — коэффициент безвозвратных отходов или неиспользуемого вторичного сырья, равный отношению количества этих отходов к чистой массе продукции.

Рис. 4.1. Классификационная схема составляющих технологических отходов:

$Р^{I}_{тв}$ — возвратные отходы, которые используются в том же технологическом процессе на эту же продукцию (литники, первые отливки, запрессовки при выходе на технологический режим, выход на размер по форме-дублеру, переход с цвета на цвет, очистка оборудования и т. д.); $Р^{II}_{тв}$ — отходы, которые не могут использоваться в том же технологическом процессе, но могут быть использованы в другом производственном процессе на данном предприятии или на других предприятиях (используемое вторичное сырье); $Р_{тбо}$ — неиспользуемые технологические безвозвратные отходы, образовавшиеся в ТП (первые запрессовки, облой, слитки при переходе с одного цвета на другой, при смене ПМ и др.), которые не могут быть использованы при современном технологическом уровне оборудования и технологии или реализуются в другом производстве (неиспользуемое вторичное сырье)

Технологические потери представляют собой количество ПМ или составляющих его компонентов, безвозвратно теряемых в процессе, обусловленном технологией производства (распыление, налипание, потеря летучих продуктов при сушке, таблетировании, физико-химической переработке материала и т. д.).

В норму расхода ПМ в основном производстве не включают:

— потери при транспортировании и хранении (неисправность тары, порча сырья и т. п.);

— потери и отходы, вызванные отступлением от установленных регламентов, рецептур, технологии, а также различного рода неполадками в организации производства и снабжения и выпуском бракованной продукции;

— потери и отходы, вызванные отступлением от предусмотренного технической документацией сортамента, требований стандартов и технических условий по качеству сырья и ПМ;

— расход сырья и материалов на вспомогательные и прочие нужды производства и другие виды расхода, прямо не относящиеся к изготовлению выпускаемой продукции из ПМ.

Затраты, не вошедшие в фактический расход сырья и ПМ на основное производство, списывают по соответствующим сметам и актам.

4.3. КЛАССИФИКАЦИЯ ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА ВЕЛИЧИНУ НОРМ РАСХОДА ПМ ПРИ ПЕРЕРАБОТКЕ ИХ В ИЗДЕЛИЯ

Поскольку основной проблемой нормирования ПМ является необходимость учета большого количества различных факторов, их классифицируют по сферам проявления. Так, в соответствии с последовательностью выполнения этапов технической подготовки производства различают *первичные факторы*, обусловленные конструкцией создаваемого изделия (продукта труда), и *вторичные (производные) факторы*, обусловленные технологической составляющей производства (процессом труда). Неразрывная взаимосвязь между первичными и вторичными факторами схематически отображена на рис. 4.2.

Как следует из приведенной классификационной схемы, *первичные факторы*, в свою очередь, подразделяются на две группы, отражающие количественные и качественные характеристики продукта труда.

Количественные характеристики обычно сводятся к определению чистой массы ПМ в составе готового изделия. Именно эта характеристика предопределяет величину нормы расхода ПМ в соответствии с установленной закономерностью, согласно которой на выпуск, например, 1 т мелких изделий требуется значительно больше сырья и ПМ, чем на выпуск 1 т крупных (массивных) изделий. Объясняется это тем, что на одинаковую массу мелких изделий приходится относительно большая доля отходов в виде облоя,

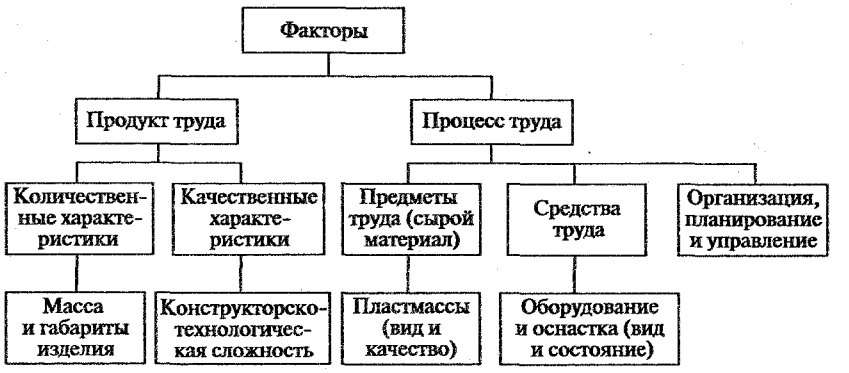


Рис. 4.2. Классификация факторов, влияющих на индивидуальные нормы расхода ПМ в производстве изделий

литников, технологических припусков. В результате, например, для мелких (до 0,45 г) литых изделий градиент изменения отношения массы навески ПМ к чистой массе изделий может повышаться в диапазоне 20—40 раз по сравнению с массивными (свыше 500 г) изделиями.

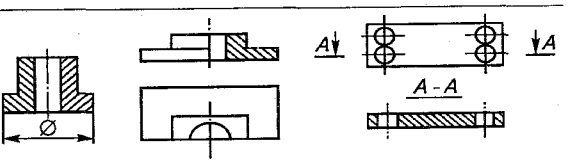
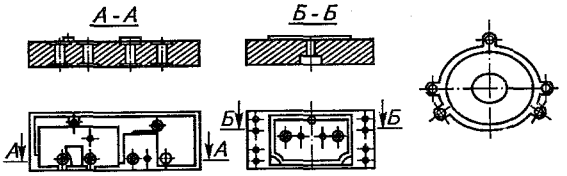
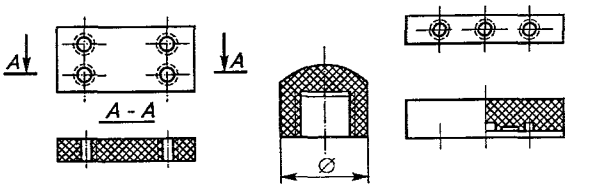
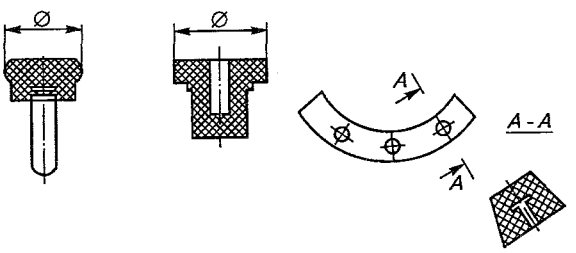
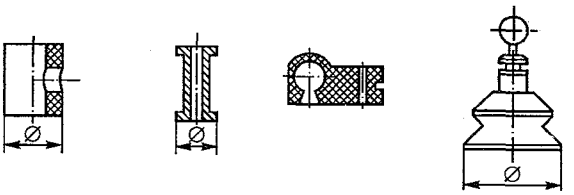
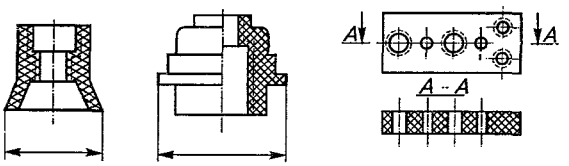
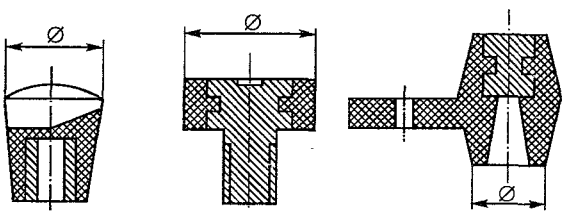
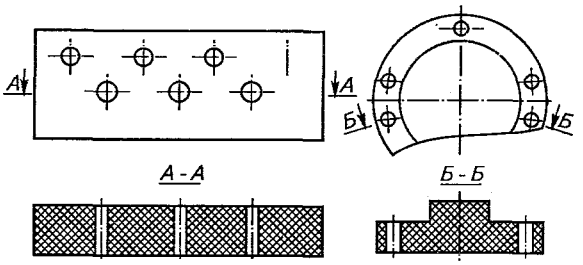
Увеличение массы навески, в свою очередь, обусловливает рост потерь (выделение летучих продуктов, влаги) при подготовке ПМ (сушка, гранулирование, совмещение компонентов, таблетирование) и формовании. При выпуске мелких изделий одновременно увеличиваются не только материальные, но и энергетические, и трудовые затраты на переработку технологических отходов.

Качественная характеристика предмета труда — это оценка конструктивно-технологической сложности изделий, которая обусловливает процент технологического брака. В связи с этим предусмотрена классификация полимерных изделий по группам сложности. При этом число групп, систематизирующих характерные признаки изделий, зависит от типов ПМ и технологических способов их переработки. Например, классификация конструктивно-технологических признаков литьевых и прессованных изделий (табл. 4.1) содержит шесть групп сложности продуктов труда, в то время как экструзионно-раздувные изделия подразделяются на пять групп сложности, а изделия из непрерывно армированных пластиков, получаемые намоткой или выкладкой, — всего на три группы сложности (см. далее).

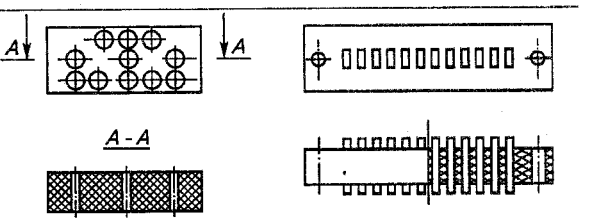
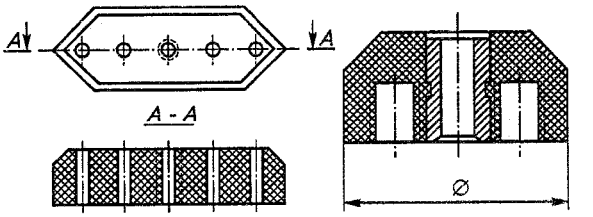
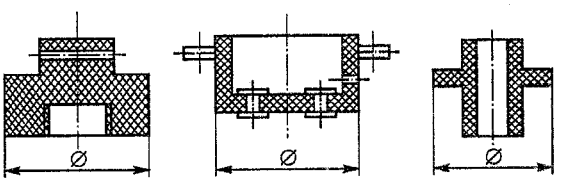
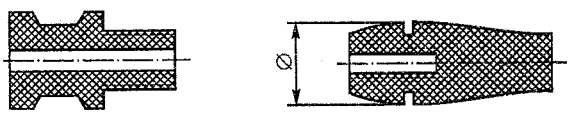
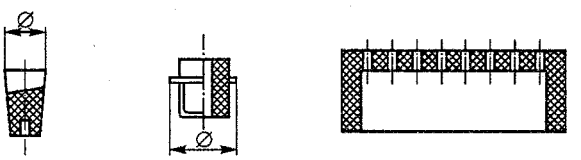
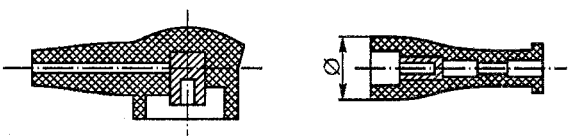
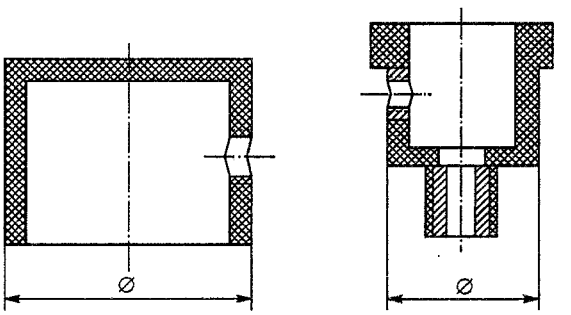
Как следует из табл. 4.1, основанием для отнесения изделия к определенной группе сложности служит констатация наличия двух разновидностей конструктивных элементов:

— усложняющих свободное извлечение изделия из формующего инструмента из-за наличия так называемых поднутрений (боковых отверстий и пазов, выемок и т. п.), а также из-за наличия резьбы и арматуры;

Таблица 4.1. **Классификация литьевых и прессованных изделий по группам сложности**

Группа сложности	Характеристика изделия	Эскиз детали
1	Детали без арматуры, резьбы и элементов, препятствующих свободному съему с формы; с неразвитой или малоразвитой поверхностью (число элементов развитости поверхности не более 4)	
2	Детали без арматуры, резьбы и поднутрений, с развитой поверхностью (число элементов развитости более 4)	
3	Детали с любой развитостью поверхности, имеющие: а) от 1 до 4 резьб одного диаметра с шагом 1 мм и более на внутренней или внешней поверхности;	
	б) один или несколько видов арматуры (всего — не более 4 шт.);	
	в) одно или несколько поднутрений на наружной поверхности, оформляемых разъемными полуматрицами	
4	Детали с любой развитостью поверхности, имеющие: а) от 2 до 4 резьб различного диаметра или вида с шагом 1 мм и более;	
	б) комбинацию одной резьбы и одной арматуры или одну резьбовую арматуру;	
	в) один или несколько видов арматуры (в количестве от 4 до 10 шт.)	

Продолжение

Группа сложности	Характеристика изделия	Эскиз детали
5	Детали с любой развитостью поверхности, имеющие: а) один или несколько видов арматуры (в количестве более 10 шт.);	
	б) комбинацию нескольких видов арматуры и нескольких размеров резьб;	
	в) один вид арматуры (в количестве до 4 шт.) в комбинации с поднутрениями по наружному контуру детали или арматурой на боковой поверхности детали (как поднутрения);	
	г) комбинацию резьбы и поднутрений;	
	д) резьбу с шагом менее 1 мм или свыше 4 резьб различного вида или диаметра	
6	Детали с любой развитостью поверхности, имеющие: а) комбинацию резьбы, арматуры (в том числе резьбовой) и поднутрений с любым числом этих элементов;	
	б) боковую резьбовую арматуру	

— создающих развитость поверхности изделия: сквозные отверстия и окна любых диаметров и размеров, глухие отверстия глубиной не менее своей ширины, ребра, штыри и другие выступающие конструктивные элементы высотой не менее своей толщины.

Изделие может быть отнесено к конкретной группе сложности, если оно имеет хотя бы один из ее признаков. Особенно это характерно для изделий 1-й и 2-й групп сложности отличающихся только наличием элементов, создающих развитость поверхности. Например, если деталь без арматуры, резьбы и поднутрений имеет три глухих и пять сквозных отверстий, шесть выступающих штырей, т. е. количество всех элементов, характеризующих развитость поверхности, равняется 14, то по классификационному признаку деталь относится ко 2-й группе сложности.

Все последующие группы сложности (с 3-й по 6-ю) характеризуются наличием одного из видов усложняющих элементов (арматуры, резьбы, поднутрений) или их сочетаниями независимо от конструктивных элементов, создающих развитость поверхности. По этой причине эти группы сложности разделены на подгруппы а, б, в, г.

Примеры: 1) деталь с развитой поверхностью (количество элементов развитости — 8) имеет 2 нерезьбовые арматуры диаметром 8 мм; по классификационному признаку эту деталь следует отнести к подгруппе «б» 3-й группы сложности; 2) деталь с малоразвитой поверхностью (количество элементов развитости — 4) имеет резьбу и поднутрение; такую деталь следует отнести к подгруппе «г» 5-й группы сложности.

Вторичные факторы, учитывающие при нормировании расхода ПМ влияние процесса труда, систематизированы согласно рис. 4.2 в трех группах, объединяющих характеристики предметов, средств и организации труда.

Характеристики предметов труда отражают влияние свойств сырья и ПМ на различных стадиях переработки выбранным технологическим способом на потери и отходы в составе нормы расхода. Так, существенно отличаются потери массы ПМ при их подсушке (полистирола — в среднем 0,2 %, полиамида — 0,8 %), подготовке к прессованию (фенопластов — в среднем 2,6 %, феностекловолокнитов — 5,1 %), при непосредственной переработке в результате выделения летучих продуктов (полистирола — в среднем 0,5 %, сополимеров стирола — 0,9 %, фенопластов — 1,8 %, феноволокнитов — 2,7 %).

Кроме того, вид ПМ влияет на количество отходов в процессе переработки и на дальнейшее их использование. Например, значительную часть отходов термопластов в виде литников и брака используют для производства той же или аналогичной продукции, что позволяет учитывать только технологические потери, соответственно снижая норму расхода ПМ. Однако для различных термопластов такая возможность реализуется в неодинаковой мере. Наиболее полно решена проблема переработки отходов полиэтилена, большинства марок полистирола и сополимеров стирола, полиамидов, полипропилена.

При переработке реактопластов отходы используются в наименьшей мере. В количествах до 5—8 % их иногда добавляют к первичному ПМ или применяют в производстве продукции строительного назначения (плиты, блоки и т. п.).

Таким образом, зависимость норм расхода от вида ПМ обусловлена комплексом химических, физических, механических и технологических свойств. Химические свойства определяют механизм реакций, сопровождающих переработку ПМ и старение в атмосферных условиях. Физические свойства обусловливают отходы и потери по причинам хрупкости, водопоглощения, теплового расширения, неудовлетворительных реологических характеристик ПМ и др.; механические свойства — по причинам различной деформируемости компонентов ПМ, абразивного износа, низкой контактной прочности и др.; технологические свойства — по причинам разной текучести, скоростей кристаллизации, отверждения или отвердевания, усадки, разброса гранулометрического состава и др. Нестабильность всех этих свойств и недостаточная их оценка обусловливают сложность управления ТП переработки ПМ в изделия, увеличение технологического брака, непроизводительных потерь и, следовательно, норм расхода сырья и ПМ.

Факторы, обусловленные влиянием средств труда на нормы расхода ПМ, зависят от морального и физического износа оборудования и технологической оснастки, которыми оснащен ТП переработки ПМ в изделия. Наиболее совершенное оборудование позволяет осуществлять ТП при оптимальных режимах с минимальным разбросом технологических параметров, обеспечивать надежность в работе, имея максимальные межремонтные сроки эксплуатации. Например, затраты времени на ремонт литьевых машин ТП-63, ТП-125, ТП-160/250, ТП-250/500 составляют 14,6—21,1 % общего рабочего времени, а машин «Куаси» — 4,9—6,5 %, т. е. при переработке пластмасс на морально устаревшем оборудовании в 2—4 раза больше простои оборудования и, следовательно, больше потери, брак, нормы расхода. Статистика показывает, что потери пластмасс при переработке на морально устаревшем оборудовании на 31 % выше потерь на прогрессивном оборудовании.

В то же время статистика влияния физического износа оборудования, например прессового, на нормы расхода ПМ констатирует увеличение норм расхода более чем на 20 %, если срок службы оборудования превышает нормативный (более 12 лет). И хотя эти данные не являются универсальными для существующего оборудования, они показывают общую тенденцию и порядок изменения норм расхода ПМ.

Среди различных видов технологической оснастки наибольшее влияние на расход ПМ оказывают формующие инструменты (пресс-формы, литьевые формы, оправки, калибрующие головки). Влияние физического износа формующих инструментов определяется более точно, поскольку зависит от эксплуатационного изменения размерной точности оформляющих поверхностей, первоначально заданной системы допусков.

Влияние морального износа, проявляющегося в несовершенстве конструкции формующих инструментов, более неоднозначно. Например, пресс-формы классифицируют по роду крепления или характеру эксплуатации (стационарные и съемные), способу замыкания (открытые, закрытые, полузакрытые), числу гнезд (малогнездные и многогнездные, которые, в свою очередь, подразделяются на формы с общей и индивидуальной загрузочными камерами), способу извлечения изделий, положению плоскости разъема, способу изготовления изделий и другим признакам. От сочетания этих признаков зависит точность изготовления пресс-форм, надежность извлечения изделий, скорость физического износа, ремонтопригодность, от которых, в свою очередь, зависит количество бракуемой продукции, а значит, величина норм расхода пластмасс.

Среди названных отличительных признаков формующих инструментов особое значение имеет гнездность. Практика показывает, что с увеличением числа гнезд растет число и протяженность литников, снижается точность изготовления сопрягаемых частей форм и ускоряется их физический износ. Например, для изготовления 1 т деталей в 37-гнездной пресс-форме требуется ПМ на 1000 кг больше, чем при изготовлении в 19-гнездной пресс-форме.

Факторы, обусловленные организацией труда, включая проектирование, реализацию и управление ТП, зависят от типа производства (см. раздел 2.3), программы выпуска продукции, вида ТП, степени механизации и автоматизации всех стадий ТП, вида технического контроля качества продукции, концентрации и специализации производства, организации рабочих мест. Кроме того, важную роль в снижении норм расхода ПМ играет организация учета, сортировки, паспортизации и переработки отходов ПМ, а при транспортировке и хранении ПМ — соблюдение соответствующих производственных регламентов. Например, только неритмичность поставок сырья способна вызвать рост потерь перерабатываемых пластмасс вследствие вынужденных остановок, очистки и повторных запусков оборудования, выхода на заданный технологический режим.

Таким образом, многообразие факторов, влияющих на величину $Н_р$, делает невозможным их индивидуальный учет в каждом конкретном случае. В инженерной практике нормирования

расхода ПМ выход находят в применении расчетного метода определения по формуле простейшего вида:

$$Н_р = K_р P_0, \qquad (4.4)$$

где $K_р$ — безразмерный среднестатистический коэффициент, учитывающий влияние совокупности факторов в каждом конкретном случае переработки ПМ в изделие; P_0 — полезный расход ПМ (чистая масса готовой продукции из ПМ).

Следовательно, задача сводится к созданию оперативной методики определения коэффициента $K_р$. Для этого в настоящее время предлагается использовать методику, основанную на функциональной зависимости $K_р$ всего от четырех переменных факторов — способа производства, вида ПМ, массы и группы сложности изделия.

4.4. СПЕЦИФИКА РАСЧЕТНЫХ МЕТОДОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ НОРМ РАСХОДА ПЛАСТМАСС

Как следует из изложенного выше, оптимизировать норму расхода ПМ в каждом конкретном случае — сложнейшая задача, решить которую самостоятельно не в состоянии ни один технолог-производственник, ограниченный в возможностях получения полного объема необходимой информации. По этой причине на помощь приходят научно-исследовательские организации, способные в ходе системных исследований выявить факторы, влияющие на $Н_р$, и осуществить их анализ, устанавливая для промышленных видов ПМ и для каждого технологического способа производства изделий нормативные групповые расходные коэффициенты $K_р$.

Для использования наиболее прогрессивного расчетного (аналитического) метода определения $Н_р$ необходимо обработать значительный массив исходной информации, применяя различные статистические и экономико-математические методы: регрессионный анализ, линейное программирование и др. В результате групповой расходный коэффициент оказывается равным:

$$K_р = 1 + \sum_{i=1}^{n} K_{iн}, \qquad (4.5)$$

где $K_{iн}$ — нормативные составляющие расходного коэффициента по стадиям процесса производства; n — число стадий процесса производства.

Исходя из расчетной формулы (4.4), в конкретных случаях он может быть представлен как

$$K_р = Н_р/P_0, \qquad (4.6)$$

и тогда коэффициент использования материала $K_{им}$ — стандартная технико-экономическая характеристика ТП — оказывается величиной, обратной $K_р$:

$$K_{им} = P_0/H_р . \qquad (4.7)$$

4.4.1. РАСЧЕТ $H_р$ ПЛАСТМАСС В ПРОИЗВОДСТВЕ ИЗДЕЛИЙ ЛИТЬЕМ ПОД ДАВЛЕНИЕМ

Варьирование норм расхода литьевых пластмасс зависит в основном от отношения массы литниковой системы к массе единицы изделия, характеризуемого коэффициентом $K_н$, а также от дальнейшего использования удаляемых литников и других отходов (брака, облоя, припусков).

Масса литников зависит, во-первых, от гнездности формующих инструментов, как видно из следующих данных:

Гнездность	Относительный прирост массы литников	Гнездность	Относительный прирост массы литников
1	1	20	9,9
2	2,2	24	11
3	2,7	28	12
4	3,5	30	13
6	4	32	14
8	5,3	40	16
9	5,5	44	16,5
12	8	48	17
16	9		

Во-вторых, масса литников зависит от чистой массы изделий, о чем дают представление следующие данные, относящиеся к отливкам, получаемым в двухгнездных формах:

Масса изделия	0,5	0,5—2	2—5	5—10	10—20	20—30	30—50
Масса литника	0,5	0,9	1,4	3	4	6	8

Комплексный учет выявленных зависимостей позволяет устанавливать прямое влияние массы изделий (в граммах) на коэффициент $K_н$:

P_0	$K_н$	P_0	$K_н$
До 0,5	1,96	30—50	0,10
0,5—1,0	0,82	50—100	0,07
1,0—5,0	0,38	100—1000	0,04
5,0—10,0	0,21	Свыше 1000	0,015
10,0—30,0	0,14		

Из этих данных следует, что по мере роста массы литого пластмассового изделия относительная доля, приходящаяся на литниковую систему в составе $H_р$, должна быстро снижаться. Кроме того, следует заметить, что коэффициент $K_н$ может рассматриваться и как показатель степени совершенства конструкции отливки, т. е. чем больше $K_н = P_л/P_0$, тем нерациональнее использование пластмассы.

Использование отходов литьевых пластмасс может быть двух видов — возвратное и вторичное (для изготовления изделий другого назначения).

В первом случае основная масса отходов всех видов используется в том же ТП на изготовление той же продукции. И тогда расходные коэффициенты $K_р$ учитывают только неизбежные потери и минимальное количество неиспользуемых технологических отходов, которые обусловлены современным уровнем развития техники и технологии. Примерами таких отходов могут служить термодеструктированные ПМ, смеси термопластов с различными индексами расплавов (полиформальдегида с полиэтиленом, поливинилхлорида с полиэтиленом), загрязненные слитки термопластов и др. Хотя и эти отходы в дальнейшем могут быть использованы в качестве вторичного сырья для других производств, например в строительстве, топливной промышленности и др.

Для подобных мало- и безотходных ТП построены модели изменения $K_р$ с учетом возвратной утилизации отходов. Результатом моделирования явилось построение таблиц для оперативного определения $K_р$ лишь по данным о массе и группе сложности изделия, которое необходимо изготовить из определенного вида термопласта (табл. 4.2).

Из таблицы следует, что, согласно ранее выявленным закономерностям, при повышении сложности конструкции изделия (от 1-й до 6-й группы сложности) значения $K_р$ растут, но при увеличении массы тех же изделий (от 0,5 до более чем 1000 г) они существенно уменьшаются. Таким образом, минимальный $K_р$ оказывается в крайнем правом положении верхней строчки любой таблицы, максимальный $K_р$ — в самом начале нижней строчки.

Таблица 4.2. **Расходные коэффициенты $K_р$ в производстве изделий из термопластов литьем под давлением**

Группа сложности изделий	Группа изделий по массе, г								
	до 0,5	0,5—1	1—5	5—10	10—30	30—50	50—100	100—1000	свыше 1000
	Полиэтилен, полипропилен								
1	1,070	1,044	1,034	1,029	1,026	1,024	1,022	1,020	1,019
2	1,072	1,045	1,035	1,030	1,027	1,025	1,023	1,021	1,020
3	1,073	1,046	1,036	1,031	1,028	1,026	1,024	1,022	1,021
4	1,075	1,048	1,037	1,032	1,029	1,027	1,025	1,023	1,022
5	1,076	1,049	1,038	1,033	1,030	1,028	1,026	1,024	1,023
6	1,077	1,050	1,041	1,034	1,032	1,029	1,027	1,025	1,024

Продолжение

Группа сложности изделий	Группа изделий по массе, г								
	до 0,5	0,5—1	1—5	5—10	10—30	30—50	50—100	100—1000	свыше 1000
Полистирол (ударопрочный, суспензионный, блочный)									
1	1,082	1,053	1,042	1,037	1,033	1,030	1,028	1,024	1,022
2	1,083	1,055	1,043	1,038	1,034	1,031	1,029	1,025	1,023
3	1,084	1,056	1,044	1,039	1,035	1,033	1,030	1,026	1,025
4	1,086	1,057	1,046	1,040	1,036	1,034	1,031	1,027	1,026
5	1,088	1,059	1,047	1,041	1,038	1,035	1,032	1,028	1,027
6	1,089	1,060	1,057	1,043	1,039	1,036	1,033	1,029	1,028
Сополимеры стирола, пластики АБС									
1	1,100	1,066	1,051	1,044	1,041	1,038	1,034	1,030	1,027
2	1,102	1,067	1,053	1,045	1,042	1,039	1,035	1,031	1,028
3	1,104	1,069	1,054	1,046	1,043	1,040	1,036	1,032	1,029
4	1,105	1,070	1,055	1,048	1,044	1,041	1,037	1,033	1,030
5	1,107	1,071	1,056	1,049	1,045	1,042	1,038	1,034	1,031
6	1,108	1,073	1,057	1,050	1,046	1,043	1,039	1,035	1,032
Полиамиды									
1	1,123	1,081	1,063	1,053	1,047	1,044	1,040	1,035	1,032
2	1,125	1,083	1,065	1,055	1,048	1,045	1,041	1,037	1,033
3	1,127	1,084	1,066	1,056	1,050	1,046	1,042	1,039	1,035
4	1,128	1,086	1,067	1,057	1,051	1,047	1,043	1,040	1,036
5	1,130	1,087	1,068	1,058	1,052	1,048	1,044	1,041	1,037
6	1,132	1,089	1,070	1,059	1,053	1,049	1,045	1,042	1,038
Поливинилхлорид									
1	1,141	1,097	1,079	1,069	1,061	1,056	1,050	1,042	1,036
2	1,143	1,099	1,080	1,070	1,062	1,057	1,051	1,044	1,038
3	1,145	1,100	1,081	1,071	1,063	1,058	1,052	1,045	1,039
4	1,147	1,102	1,083	1,072	1,065	1,059	1,053	1,046	1,040
5	1,148	1,103	1,084	1,073	1,066	1,060	1,054	1,047	1,041
6	1,150	1,105	1,085	1,075	1,067	1,061	1,055	1,048	1,042
Поликарбонат, полиформальдегид									
1	1,093	1,077	1,069	1,063	1,057	1,053	1,048	1,041	1,036
2	1,094	1,078	1,070	1,065	1,059	1,054	1,049	1,042	1,037
3	1,095	1,079	1,072	1,066	1,060	1,055	1,050	1,044	1,038
4	1,097	1,080	1,073	1,067	1,061	1,057	1,051	1,045	1,040
5	1,098	1,082	1,074	1,068	1,062	1,058	1,052	1,046	1,041
6	1,099	1,083	1,075	1,069	1,063	1,060	1,053	1,047	1,042
Этролы									
1	1,103	1,070	1,056	1,047	1,043	1,039	1,036	1,031	1,028
2	1,104	1,071	1,057	1,048	1,044	1,041	1,037	1,032	1,029
3	1,106	1,072	1,058	1,049	1,045	1,042	1,038	1,033	1,030
4	1,107	1,074	1,059	1,050	1,046	1,043	1,039	1,034	1,031
5	1,109	1,075	1,060	1,051	1,048	1,044	1,041	1,035	1,032
6	1,110	1,076	1,064	1,053	1,049	1,045	1,042	1,037	1,033

Поскольку приведенные в таблице коэффициенты $K_р$ не учитывают возвратные отходы, образуемые литниками, расчет $Н_р$ с их помощью осуществляется по чистой массе изделий $Р_0$. Подставляя найденный в таблице расходный коэффициент $K_р$ в расчетную формулу (4.4), технолог имеет возможность оперативно определить искомую норму расхода используемой пластмассы.

Во втором случае, когда нормативно-технической документацией не допускается использование возвратных отходов из-за ухудшения потребительских свойств, внешнего вида, необходимости соблюдения санитарно-гигиенических и других требований, а также если отсутствует промышленная технология переработки и использования отходов, то норму расхода предлагается определять по формуле

$$Н_р = K_р Р_н, \qquad (4.8)$$

где $Р_н$ — масса отливки данного изделия вместе с литником, при литье в многогнездных формах рассчитываемая по формуле

$$Р_н = K_н Р_0 + Р_0. \qquad (4.9)$$

Кроме того, рассчитанная таким образом средняя масса отливки служит в качестве эталонного показателя при конструировании изделия и при технологической подготовке производства для оценки прогрессивности достигаемых конструкторских и технологических решений, а также для сопоставления регламентных и нормативных отходов при реализации ТП.

Примечания. 1. Производство литьевых изделий повышенного квалитета размерной точности (по 3-й включительно, поскольку модели расходных коэффициентов отражают совокупность изделий с квалитетом точности выше 3-го), как правило, связано с дополнительными затратами труда и материалов, вызванных дополнительной отбраковкой изделий, не удовлетворяющих более жестким требованиям к размерной точности изделий. Для определения норм расхода ПМ в данном случае необходимо расходный коэффициент $K_р$, определенный по табл. 4.2, умножить на поправочный коэффициент $K_п$, равный 1,03. Например, при изготовлении полиэтиленовой детали типа «втулка» (1-я группа сложности конструкции) с массой $Р_0 = 104$ г типовая норма расхода ПЭ составит:

$$Н_р = K_р Р_0 = 1{,}02 \cdot 104 = 106{,}08 \text{ (г)}.$$

Однако если в условиях задачи будут содержаться требования повышенного квалитета размерной точности, то результат расчета необходимо скорректировать с помощью поправочного коэффициента $K_п$:

$$Н'_р = Н_р K_п = 106{,}08 \cdot 1{,}03 = 109{,}26 \text{ (г)}.$$

Это означает, что при программе выпуска изделия, например, в количестве 100 тыс. шт. необходимо дополнительно израсходовать свыше 318 кг сырья.

2. Если заключительный этап ТП предусматривает механическую обработку изделия, склеивание (или сварку), нанесение защитного или декоративного покрытия (печать, металлизация) и другие заключительные технологические операции, то потери и отходы при их выполнении могут определяться как отраслевыми

нормами выхода годной продукции (в процентах, на 1000 готовых изделий), так и дополнительными расходными коэффициентами ($K_{рд}$), устанавливаемыми на конкретных предприятиях:

$$K_{рд} = K_р + \sum_{i=1}^{m'} K_{iд}, \qquad (4.10)$$

где m' — число дополнительных операций ТП; $K_{iд}$ — составляющие нормативы расходного коэффициента на дополнительные операции ТП, устанавливаемые на основе материальных балансов или утвержденных отраслевых нормативов.

4.4.2. РАСЧЕТ $H_р$ ПЛАСТМАСС В ПРОИЗВОДСТВЕ ИЗДЕЛИЙ ПРЕССОВАНИЕМ

Основная часть пластмасс, перерабатываемых в изделия прессованием, относится к отверждающимся композиционным материалам, наполнителями которых могут быть порошковые, волокнистые и слоистые материалы. Виды связующих и наполнителей — основные факторы изменения расходного коэффициента $K_р$ при прессовании. Именно от них зависят характер и количество потерь и отходов на всех стадиях выполнения ТП.

На предварительной стадии ТП осуществляют различные операции подготовки сырья. Основными среди них считаются таблетирование, жгутование (для волокнистых ПКМ) или экструдирование исходного сырья. Среди решаемых задач одной из главных является обеспечение условий для снижения потерь сырья при последующем прессовании за счет поштучной, более точной и простой, дозировки.

Нередко на этой же стадии ТП осуществляют просеивание компонентов ПМ, подсушку или увлажнение, гранулирование, предварительный подогрев и некоторые другие операции. При этом каждый раз решаются не только задачи повышения качества прессуемых изделий или сокращения технологического цикла производства, но и снижения расхода ПМ за счет сокращения брака и уменьшения износа пресс-форм.

При таблетировании и предварительном нагреве ПМ образуются потери вследствие выделения влаги и летучих продуктов, состав которых обусловлен видом связующего. Образующиеся при таблетировании твердые потери представляют собой пыль и загрязнения на частях таблеточной машины, образующиеся при загрузке сырья в ее бункер. При этом потери волокнистого сырья, как правило, больше, чем потери пресс-порошков.

На основной стадии ТП, точнее, непосредственно в ходе реализации операции прессования, потери образуются в виде летучих продуктов и пыли, а отходы — в виде бракованных изделий и удаляемого облоя. При этом отношение массы навески сырья к чистой массе изделия имеет такой же градиент изменения, как и отношение массы литника к массе изделия при литье под давлением, т. е. увеличивается по мере сокращения массы изделия.

На заключительной стадии ТП, когда удаляется облой и осуществляется необходимая механическая доработка отпрессованных изделий, также продолжают испаряться летучие продукты, образуются пыль и твердые отходы в виде крошки, стружки и брака. Если брак нельзя исправить, то его либо направляют на повторную переработку (дробят, измельчают и смешивают с первичным сырьем), либо утилизируют в качестве вторичного сырья или неиспользуемых отходов. Утилизация твердых отходов отверждающихся пластмасс затруднена, поэтому возвратными оказываются, как правило, не более 10—15 % всех отходов. В результате расходные коэффициенты на производство изделий прессованием оказываются значительно выше, чем при литье под давлением термопластов (табл. 4.3).

Таблица 4.3. **Расходные коэффициенты ($K_р$) в производстве изделий из реактопластов методом прямого прессования**

Группа сложности изделий	Группа изделий по массе, г											
	до 0,5	0,5—1	1—2	2—3	3—4	4—5	5—10	10—30	30—50	50—100	100—1000	свыше 1000
Фенопласты новолачные												
1 и 2	1,57	1,44	1,38	1,33	1,29	1,24	1,19	1,10	1,09	1,08	1,075	1,07
3	1,65	1,52	1,43	1,37	1,32	1,27	1,21	1,11	1,095	1,085	1,08	1,075
4	1,73	1,60	1,48	1,41	1,35	1,30	1,24	1,12	1,10	1,09	1,085	1,08
5	1,81	1,68	1,53	1,45	1,38	1,33	1,27	1,13	1,105	1,095	1,09	1,085
6	1,89	1,76	1,58	1,49	1,41	1,36	1,30	1,14	1,11	1,10	1,095	1,09
Фенопласты резольные												
1 и 2	1,64	1,51	1,45	1,40	1,36	1,31	1,26	1,16	1,10	1,085	1,08	1,075
3	1,73	1,60	1,51	1,45	1,40	1,35	1,29	1,19	1,11	1,095	1,085	1,080
4	1,81	1,68	1,56	1,49	1,43	1,38	1,32	1,20	1,12	1,10	1,09	1,085
5	1,89	1,76	1,61	1,53	1,46	1,41	1,35	1,21	1,13	1,11	1,10	1,09
6	1,97	1,84	1,66	1,57	1,49	1,44	1,38	1,22	1,14	1,12	1,11	1,10
Аминопласты												
1 и 2	1,75	1,61	1,50	1,42	1,35	1,27	1,19	1,12	1,11	1,10	1,09	1,085
3	1,83	1,68	1,53	1,45	1,37	1,29	1,21	1,13	1,12	1,105	1,095	1,09
4	1,91	1,77	1,61	1,51	1,44	1,35	1,26	1,14	1,13	1,11	1,10	1,095
5	2,00	1,89	1,64	1,55	1,47	1,39	1,29	1,15	1,14	1,12	1,11	1,10
6	2,09	1,91	1,67	1,59	1,50	1,42	1,32	1,16	1,15	1,13	1,12	1,11
Волокниты												
1 и 2	1,60	1,47	1,41	1,36	1,32	1,27	1,22	1,15	1,10	1,09	1,085	1,08
3	1,67	1,54	1,46	1,40	1,35	1,30	1,24	1,16	1,12	1,10	1,09	1,085
4	1,74	1,62	1,55	1,49	1,44	1,38	1,26	1,18	1,13	1,11	1,10	1,08
5	1,80	1,72	1,59	1,54	1,46	1,42	1,33	1,20	1,14	1,12	1,11	1,10
6	1,91	1,78	1,67	1,58	1,50	1,45	1,39	1,23	1,15	1,13	1,12	1,11

Продолжение

Группа сложности изделий	Группа изделий по массе, г											
	до 0,5	0,5—1	1—2	2—3	3—4	4—5	5—10	10—30	30—50	50—100	100—1000	свыше 1000
	Стекловолокниты											
1 и 2	2,02	1,89	1,77	1,64	1,52	1,38	1,26	1,18	1,17	1,15	1,14	1,12
3	2,11	1,98	1,85	1,72	1,58	1,45	1,32	1,22	1,19	1,17	1,15	1,125
4	2,21	2,08	1,94	1,80	1,66	1,52	1,36	1,25	1,23	1,20	1,17	1,13
5	2,35	2,20	2,06	1,91	1,77	1,60	1,42	1,30	1,26	1,22	1,19	1,14
6	2,50	2,35	2,21	2,06	1,90	1,72	1,53	1,35	1,29	1,24	1,21	1,15

Анализ табл. 4.3 показывает, что помимо закономерностей изменения $K_р$, общих с литьем под давлением, выявляются и новые тенденции. В частности, четко прослеживается зависимость расходных коэффициентов от жизнеспособности пресс-материалов: повышение нестабильности при хранении фенопластов резольного типа обусловливает увеличение отходов (а следовательно, и $K_р$) по сравнению с фенопластами новолачного типа.

Еще большее влияние на величину $K_р$ оказывает замена порошкообразных наполнителей дискретными волокнами. Например, если при изготовлении изделия 2-й группы сложности с чистой массой $P_0 = 104$ г из новолачного пресс-порошкового фенопласта норма расхода равна 111,8 г ($H_р = K_р P_0 = 1{,}075 \cdot 104$), то для идентичного изделия из стекловолокнита (ДСВ, АГ-4в и др.) $H_р = 118{,}6$ г (при $K_р = 1{,}14$). Следовательно, дополнительный расход сырья во втором случае составит, например при программе выпуска 100 тыс. шт., 680 кг.

Исходя из последней тенденции, наблюдается еще больший рост $K_р$ при использовании слоистых пластиков, например ДБСП (декоративных бумажно-слоистых пластиков). На это влияют отходы бумаги при заправке пропиточных машин, ее обрезки после пропитки смолами и раскроя, остатки на бобинах и при наборе пакетов, отходы при подрезке и т. д. Суммарную чистую массу готового листа из пластика ($M_{пд}$) или полезный расход всех видов сырья на производство 1000 м^2 ДБСП определяют по формуле

$$M_{пл} = \rho_{пл}\, \delta_{пл} \cdot 1000 \text{ (т)}, \qquad (4.11)$$

где $\rho_{пл}$ — плотность пластика, т/м^3; $\delta_{пл}$ — толщина листа пластика, м; 1000 — площадь пластика, массу которого рассчитывают, м^2.

Однако потери и отходы в производстве ДБСП приходится определять опытным путем, фиксируя материальный баланс по стадиям ТП. Расчет норм расхода компонентов ДБСП осуществляют на основе экспериментальных $K_р$.

Примечания. 1. При литьевом прессовании необходим дополнительный расход реактопластов в литьевом цилиндре или в литниковой системе. Это требует коррекции расходного коэффициента $K_р$, определяемого по табл. 4.3, путем умножения на поправочный коэффициент $K_п$. Тогда формула для расчета искомой нормы расхода пластмассы приобретает вид:

$$H_р = K_р\, K_п\, P_0. \qquad (4.12)$$

Рекомендуемые значения коэффициента $K_п$ (P_0 — масса изделия, г) приведены ниже:

P_0	$K_п$	P_0	$K_п$
До 0,5	1,15	5,0—10,0	1,065
0,5—1,0	1,13	10—30	1,05
1,0—2,0	1,10	30—50	1,045
2,0—3,0	1,09	50—100	1,04
3,0—4,0	1,085	100—1000	1,035
4,0—5,0	1,08	Свыше 1000	1,03

2. При прессовании изделий повышенного квалитета точности (не выше 4-го) нормы расхода пластмасс можно определять на основе $K_р$, приведенных в табл. 4.3, но после умножения на поправочный коэффициент, равный 1,04.

4.4.3. РАСЧЕТ $H_р$ ПЛАСТМАСС В ПРОИЗВОДСТВЕ ИЗДЕЛИЙ ЭКСТРУЗИЕЙ

Экструзия — технологический способ формования, активно используемый для производства массовой погонажной термопластичной продукции, в частности пленок, листов, труб и других профильных изделий. Поэтому рациональное решение проблемы нормирования пластмасс в этой сфере производства имеет особенно принципиальное значение.

Несмотря на ряд отличительных особенностей изготовления различных изделий методом экструзии, основные факторы, обусловливающие нормы расхода пластмасс, являются общими. Например, **технологические потери** — это прежде всего летучие продукты, выделяющиеся при приготовлении полимерных композиций, экструдировании, вальцевании и каландровании. Потери полимерного сырья образуются и при чистке экструдера, подготовке отходов к вторичной переработке и при резке труб, листов и т. п. в виде пылевидных фракций.

Твердые технологические отходы (используемые и неиспользуемые) образуются при чистке оборудования от налета, корок, пригоревшей массы, при переходе на новую продукцию или при смене ПМ (по составу, цвету), а также при выполнении других операций — в виде крошки, обрезков, некондиционной продукции, бракуемой из-за наличия посторонних включений, разнотолщинности, шероховатости, неровностей, задиров и других дефектов.

Таблица 4.4. **Нормативные коэффициенты отходов и потерь, расходные коэффициенты в экструзионном производстве 1 т пленок, листов и труб**

Виды изделий	Пластмассовое сырье	Технологические потери						Технологические отходы		Расходные коэффициенты	
		$K_{тпл}$	$K_{тпч}$	$K_{тпм}$	$K_{тпо}$	$K_{тпу}$	$K_{тпс}$	$K_{тоб}$	$K_{тов}$	$K_{р1}$	$K_{р2}$
Пленки	Полиэтилен	0,001	0,0015	—	0,0005	0,003	—	0,002	—	—	1,008
Листы	Полистирол ударопрочный; толщина листов, мм:										
	до 2	0,002	0,0029	—	0,0007	—	0,0011	0,0023	0,041	1,05	1,009
	св. 2 до 4	0,002	0,0031	—	0,0009	—	0,0011	0,0019	0,051	1,06	1,009
	св. 4 до 6	0,002	0,0033	—	0,0011	—	0,0012	0,0014	0,061	1,07	1,009
	Пластики АБС и ОНП; толщина листов, мм:										
	до 2	0,0025	0,0036	—	0,0009	—	0,0020	0,0030	0,048	1,06	1,012
	св. 2 до 4	0,0025	0,0039	—	0,0011	—	0,0021	0,0024	0,058	1,07	1,012
	св. 4 до 6	0,0025	0,0041	—	0,0013	—	0,0022	0,0019	0,078	1,04	1,012
	Полиэтилен	0,0015	0,0035	—	0,0010	—	—	0,01	—	—	1,016
Трубы	Полиэтилен НП и ВП	0,0015	—	0,001	0,001	—	—	0,0045	0,042	1,050	1,008
	Композиция на основе ПВХ	0,0659	—	0,0006	0,001	—	—	0,011	0,031	1,051	1,02

Дифференцированный учет перечисленных факторов позволяет индивидуально определять расходные коэффициенты $K_р$, суммируя каждый раз соответствующие коэффициенты технологических потерь и отходов по формуле

$$K_{р1} = 1 + K_{тпл} + K_{тпч} + K_{тпм} + K_{тпо} + K_{тпу} + K_{тпс} + K_{тоб} + K_{тов}, \quad (4.13)$$

где $K_{р1}$ — расходный коэффициент без учета повторного использования возвратных отходов; $K_{тпл}$ — коэффициент технологических («т») потерь («п»), образуемых летучими («л») продуктами на различных этапах производства; $K_{тпч}$ — то же при чистке («ч») головок экструдера и смене сеток; $K_{тпм}$ — то же при механической («м») обработке (резке); $K_{тпо}$ — то же при подготовке отходов («о»); $K_{тпу}$ — то же при расходе части продукции на упаковку («у»); $K_{тпс}$ — то же при сушке («с»); $K_{тоб}$ — коэффициент технологических отходов безвозвратных («б»); $K_{тов}$ — коэффициент технологических отходов возвратных («в»).

При этом расчет расходного коэффициента ($K_{р2}$) с учетом возвратных отходов ($K_{тов}$) должен осуществляться по формуле

$$K_{р2} = K_{р1} - K_{тов}. \quad (4.14)$$

Примеры количественных значений перечисленных коэффициентов в производстве массовой экструзионной продукции приведены в табл. 4.4.

Как следует из названия таблицы, предлагаемые усредненные расчетные коэффициенты соответствуют производству 1 т продукции, т. е. размерность $Н_р$ — кг/т. Вместе с тем существуют нормативы расхода сырья на производство экструзионной продукции, измеряемой в погонных метрах или единицах площади (см. приложение П.7). Например, при производстве трубы из ПЭ длиной 1000 м $K_{р1} = 1{,}052$, а из композиции на основе ПВХ $K_{р1} = 1{,}063$.

4.4.4. РАСЧЕТ $Н_р$ ПЛАСТМАСС В ПРОИЗВОДСТВЕ ИЗДЕЛИЙ РАЗДУВОМ ЭКСТРУДИРОВАННЫХ ЗАГОТОВОК

В настоящее время промышленное производство полых изделий методом раздува термопластичных заготовок, находящихся в эластическом состоянии, с последующим их охлаждением в форме до температуры ниже температуры стеклования ($T_с$) осуществляется в двух вариантах — раздувом экструдированных и литых заготовок. Первый способ освоен намного раньше, поэтому для него разработана общепринятая методика расчета $Н_р$ пластмасс.

Экструзией с последующим раздувом перерабатывают в основном полиэтилен и поливинилхлорид, а также полистирол, сополимеры стирола и полиамиды. Помимо вида пластмасс, как и в предыдущих случаях, на $Н_р$ влияют масса и сложность формуемых

изделий. Исходя из их конструктивно-технологических особенностей, предлагается классифицировать изделия, получаемые методом экструзии с последующим раздувом, на пять групп сложности:

Группа сложности изделий	Характеристика изделия
1	Изделия цилиндрической или иной формы без резьбы и арматуры, не требующие механической обработки
2	Изделия цилиндрической или иной формы, требующие механической обработки и имеющие на торцевой поверхности резьбу или арматуру (резьбу и арматуру)
3	Изделия с любой развитостью поверхности, требующие механической обработки и имеющие на торцевой поверхности ручки, а также резьбу или арматуру (резьбу и арматуру)
4	Изделия с развитой боковой поверхностью, требующие механической обработки и имеющие на боковой или торцевой поверхности ручки, резьбу или отверстия
5	Изделия с повышенными требованиями по разнотолщинности и размерной точности или сложной геометрической формы, требующие при формовании специальных технологических прибылей и последующей механической обработки

При прочих равных условиях сложность изделий существенно влияет на расход ПМ, определяя потери и отходы производства. Виды потерь в производстве выдувных изделий во многом идентичны видам потерь при литье и экструзии. Однако образующиеся отходы отличаются не только по видам, но и количественно, достигая 40–60 % от массы перерабатываемого ПМ.

Основными видами технологических отходов в производстве выдувных изделий являются концевые остатки заготовок, бракованная продукция и отходы, образующиеся при наладке оборудования и отработке режима формования, пуске и остановке оборудования, при замене ПМ (по виду и цвету), чистке оборудования, удалении деструктированного (перегоревшего) ПМ и др. За исключением последнего, бóльшую часть отходов перерабатывают вторично, смешивая их после дробления и гранулирования с первичным ПМ или используя самостоятельно, например в производстве игрушек, некоторых толстостенных и других изделий, качество которых может считаться приемлемым, несмотря на ухудшение технологических свойств вторичного ПМ — насыпной массы, вязкости расплава и др. В результате расходные коэффициенты $K_р$ и нормы расхода на их основе устанавливаются с учетом использования технологических отходов.

Величину $K_р$ рассчитывают, как и при экструзии, суммированием нормативных коэффициентов потерь и отходов по

формуле

$$K_р = 1 + K_{тпл} + K_{тпм} + K_{тпд} + K_{тпг} + K_{тон}, \qquad (4.15)$$

где $K_{тпл}$ — нормативный коэффициент технологических потерь, учитывающий выделение летучих продуктов при формовании ПМ; $K_{тпм}$ — то же при механической обработке готовых изделий; $K_{тпд}$ — то же при дроблении отходов; $K_{тпг}$ — то же при грануляции; $K_{тон}$ — нормативный коэффициент неиспользуемых технологических отходов.

Числовые значения этих коэффициентов, соответствующие виду ПМ, группе сложности и массе изделия, приведены в табл. 4.5.

Таблица 4.5. **Расходные коэффициенты и нормативные коэффициенты потерь и отходов в производстве изделий раздувом экструдированных заготовок**

Группа сложности изделий	Чистая масса изделия, г	$K_{тпл}$	$K_{тпм}$	$K_{тпд}$	$K_{тпг}$	$K_{тон}$	$K_р$
		Полиэтилен					
1	До 10	0,007	—	0,015	0,007	0,011	1,040
	10—30	0,006	—	0,011	0,005	0,100	1,032
	30—100	0,006	—	0,008	0,004	0,010	1,028
	100—200	0,005	—	0,006	0,003	0,010	1,024
	200—500	0,005	—	0,0055	0,0025	0,009	1,022
	500—1000	0,005	—	0,004	0,002	0,000	1,020
	Свыше 1000	0,004	—	0,004	0,002	0,008	1,018
2	До 10	0,008	0,001	0,018	0,009	0,015	1,051
	10—30	0,007	0,001	0,013	0,006	0,013	1,040
	30—100	0,006	0,001	0,010	0,005	0,012	1,034
	100—300	0,006	2,001	0,008	0,004	0,011	1,030
	300—500	0,005	0,001	0,0065	0,0036	0,010	1,027
	500—1000	0,005	0,001	0,0055	0,0025	0,010	1,023
	Свыше 1000	0,005	0,001	0,005	0,002	0,009	1,022
3	До 10	0,008	1,001	0,020	0,010	0,017	1,056
	10—30	0,007	0,001	0,015	0,007	0,016	1,046
	30—100	0,006	0,001	0,012	0,006	0,014	1,039
	100—200	0,006	0,001	0,009	0,005	0,012	1,033
	200—500	0,005	0,001	0,008	0,004	0,011	1,029
	500—1000	0,005	0,001	0,006	0,003	0,011	1,026
	Свыше 1000	0,005	0,001	0,0055	0,0025	0,010	1,024
4	До 10	0,009	0,002	0,024	0,012	0,018	1,065
	10—30	0,008	0,002	0,017	0,008	0,017	1,052
	30—100	0,007	0,002	0,013	0,006	0,015	1,043
	100—200	0,006	0,002	0,010	0,005	0,013	1,036
	200—500	0,006	0,002	0,008	0,004	0,012	1,032
	500—1000	0,005	0,002	0,007	0,003	0,012	1,029
	Свыше 1000	0,005	0,002	0,006	0,003	0,011	1,027
5	До 10	0,010	0,003	0,027	0,013	0,019	1,072
	10—30	0,008	0,003	0,019	0,009	0,018	1,057
	30—100	0,007	0,003	0,014	0,007	0,016	1,047
	100—200	0,006	0,003	0,011	0,005	0,014	1,039
	200—500	0,006	0,003	0,000	0,004	0,013	1,035
	500—1000	0,005	0,003	0,007	0,003	0,013	1,031
	Свыше 1000	0,005	0,003	0,006	0,003	0,012	1,029

Продолжение

Группа сложности изделий	Чистая масса изделия, г	$K_{пл}$	$K_{пм}$	$K_{пд}$	$K_{пг}$	$K_{тон}$	$K_{р}$
	Поливинилхлорид и композиции на его основе						
1	До 10	0,024	—	0,030	0,014	0,080	1,148
	10—30	0,022	—	0,025	0,011	0,078	1,136
	30—100	0,021	—	0,022	0,009	0,075	1,127
	100—1000	0,020	—	0,018	0,008	0,072	1,118
	Свыше 1000	0,019	—	0,015	0,007	0,070	1,111
2	До 10	0,026	0,001	0,035	0,015	0,082	1,159
	10—30	0,024	0,001	0,030	0,013	0,080	1,148
	30—100	0,022	0,001	0,025	0,010	0,078	1,136
	100—1000	0,021	0,001	0,022	0,010	0,078	1,129
	Свыше 1000	0,020	0,001	0,018	0,008	0,074	1,121
3	До 10	0,028	0,002	0,040	0,015	0,086	1,171
	10—30	0,026	0,002	0,035	0,013	0,085	1,161
	30—100	0,025	0,002	0,030	0,011	0,080	1,148
	100—1000	0,023	0,002	0,025	0,010	0,078	1,138
	Свыше 1000	0,021	0,002	0,020	0,009	0,076	1,128
4	До 10	0,029	0,003	0,045	0,016	0,088	1,181
	10—30	0,027	0,003	0,040	0,014	0,085	1,169
	30—100	0,026	0,003	0,035	0,012	0,082	1,158
	100—1000	0,023	0,003	0,030	0,011	0,080	1,147
	Свыше 1000	0,022	0,003	0,023	0,010	0,078	1,136
5	До 10	0,031	0,004	0,050	0,017	0,090	1,192
	10—30	0,029	0,004	0,045	0,015	0,087	1,180
	30—100	0,026	0,004	0,040	0,013	0,084	1,167
	100—1000	0,024	0,004	0,035	0,012	0,082	1,157
	Свыше 1000	0,023	0,004	0,025	0,011	0,080	1,143

Для расчета нормы расхода ПМ найденный в таблице расходный коэффициент следует подставить в известную формулу (4.4). Однако в случае невозможности использовать отходы (например, согласно заданным техническим требованиям к качеству изделия) расчет следует осуществлять по формулам (4.8) и (4.9).

Дополнительную сложность при определении нормы расхода ПМ создает необходимость учета отходов и потерь при проведении некоторых дополнительных операций, предусматриваемых ТП производства. Типичным примером может служить производство многих видов полимерной тары, предусматривающее одновременное нанесение печати, этикеток, металлизации, а также расфасовку необходимого продукта. Все это должно учитываться индивидуальными нормативными коэффициентами в условиях как автоматизированного, так и ручного исполнения соответствующих операций (табл. 4.6).

Таблица 4.6. **Нормативные коэффициенты, учитывающие технологические потери и отходы на стадии дополнительных операций в составе ТП производства выдувной полимерной тары**

Операция	Оборудование	Технологические потери		Технологические отходы		Суммарный нормативный коэффициент
		всего, %	норматив-ный коэф-фициент	всего, %	норматив-ный коэф-фициент	
Печать	Автоматические линии и машины	0,5	0,005	4,0	0,04	$K_{печ} = 0,045$
	Ручные станки и полуавтоматы	0,5	0,005	3,0	0,03	$K_{печ} = 0,035$
Этикети-рование	Автоматические линии	—	—	2,5	0,025	$K_{эт} = 0,025$
	Ручное и полуавто-маты	—	—	1,5	0,015	$K_{эт} = 0,015$
Расфасовка	Автоматические линии и полуавто-маты	—	—	1,0	0,01	$K_{расф} = 0,01$
	Ручное	—	—	0,5	0,005	$K_{расф} = 0,005$

Отходы и потери образуются в процессе печати из-за попадания изделий на калориферные решетки нагревательных элементов, при пуске и останове печатных агрегатов, смене печатных форм, замене краски и др.; в процессе этикетирования — при настройке автомата, пуске и останове установки, обрывах этикетировочной ленты и др.; в процессе расфасовки — из-за заламывания и разрыва тары или изделий.

Дополненный расходный коэффициент с учетом определяемых по табл. 4.6 нормативных коэффициентов рассчитывают по формуле

$$K_{рд} = K_{р} + K_{печ} + K_{эт} + K_{расф}. \quad (4.16)$$

При отсутствии какой-либо из дополнительных операций соответствующий норматив из формулы исключается.

Если полимерная тара (или иное изделие) производится на предприятии-смежнике и надо лишь осуществить дополнительные операции, то для расчета используется другой вариант формулы:

$$K_{рд} = 1 + (K_{печ} + K_{эт} + K_{расф}). \quad (4.17)$$

Примеры определения $H_{р}$.

1. В производстве полиэтиленовых выдувных банок второй группы сложности массой 40 г с использованием дробленых отхо-

дов без грануляции $K_р = 1,034 - 0,005 = 1,029$. Следовательно, $Н_р = 1,029 \cdot 40 = 41,16$ г.

2. В производстве аналогичной банки массой 49 г с последующим полуавтоматическим нанесением печати и расфасовкой в нее продукта на автоматической линии $K_{рд} = 1,034 + 0,035 + 0,01 = 1,079$; $Н_р = 1,079 \cdot 49 = 52,87$ г.

3. При получении той же тары по кооперированным поставкам для автоматического нанесения печати и ручной расфасовки продукта $K_{рд} = 1 + 0,045 + 0,005 = 1,05$, а норма расхода тары, например на производство 1000 шт. изделий конечного вида, составит $1000 \cdot 1,05 = 1050$ шт.

4.4.5. РАСЧЕТ $Н_р$ ЛИСТОВЫХ ПМ В ПРОИЗВОДСТВЕ ИЗДЕЛИЙ ПНЕВМО- И ВАКУУМ-ФОРМОВАНИЕМ

Этими методами формования изготавливают широкую номенклатуру тонкостенных крупногабаритных изделий коробчатого типа — короба, ящики, ванны, элементы корпуса холодильников, детали остекления некоторых видов транспорта и т. п. При этом применяют различные варианты формования — свободное, позитивное, негативное и комбинированное.

Основная специфика определения $Н_р$ во всех этих случаях обусловлена использованием листовых заготовок из термопластов — полистирола и сополимеров стирола, винипласта, полиметилметакрилата, полиэтилена, полипропилена, поликарбоната и др. Следовательно, задача нормирования расхода используемого листового материала сводится прежде всего к определению оптимального размера площади заготовки для производства заданного изделия.

Нормативы размеров листовых заготовок определяют либо расчетным, либо графоаналитическим (номограммным) способом. При этом порядок выполнения необходимых действий остается общим:

— используя рабочий чертеж изделия, устанавливают его габаритные размеры;

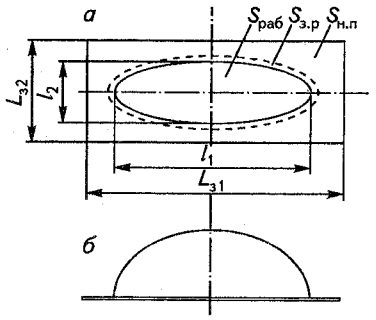


Рис. 4.3. Схема раскроя листовой заготовки (*а*) для формования изделия (*б*):

l_1, l_2 — длина и ширина изделия; $L_{з1}$, $L_{з2}$ — размеры листовой заготовки; $S_{раб}$ — рабочая поверхность листа заготовки; $S_{з.р}$ — площадь под зажимной рамой формующей установки; $S_{н.п}$ — площадь неиспользуемой поверхности заготовки. Общая площадь листовой заготовки S рассчитывается по формуле $S = S_{раб} + S_{з.р} + S_{н.п}$, или $S = L_{з1} L_{з2}$

— составляют эскиз раскроя (рис. 4.3);

— определяют соответствующие размеры заготовки (длину, ширину, площадь);

— определяют $Н_р$ листового материала в единицах массы;

— рассчитывают потери при механической обработке и технологические отходы.

При расчетном способе определения оптимальной площади прямоугольной листовой заготовки выбор формулы для определения размера заготовки L (соответственно размеру изделия l) зависит от гнездности формующего инструмента. Так, при одногнездном формовании расчетная формула имеет вид:

$$L = (l + 2z)\,(1 + \eta/100), \qquad (4.18)$$

где z — припуск на зажимную раму, мм; η — усадка материала, %.

При многогнездном формовании расчет аналогичных размеров листовой заготовки осуществляется по формуле

$$L = [nl + 2z + (n - 1)\,z_1]\,(1 + \eta\,/\,100), \qquad (4.19)$$

где n — число гнезд; z_1 — расстояние между гнездами, мм.

Примечания. 1. Распространенные припуски (z) под зажимную раму равны 20, 25, 30, 36, 40, 50 мм. 2. При пневмо- и вакуум-формовании рекомендуется принимать следующие размеры усадки η в %:

Ударопрочный полистирол	1,0
Пластик АБС	0,8
Пластик СНП	0,9
Винипласт	0,8
Оргстекло	0,8

При графоаналитическом способе определения тех же размеров L используют заранее построенные номограммы. Удобство и простота этого способа особенно очевидна для инженерной практики, так как позволяет оперативно определять размеры заготовок при любых размерах стороны изделия и при всех величинах усадки материала.

Переход от нормирования расхода ПМ в единицах площади листовых заготовок ($м^2$) к нормированию в стандартном массовом измерении (кг) осуществляется дальнейшим перерасчетом:

$$Н_р = M_л = S\,\delta\,\gamma, \qquad (4.20)$$

где $M_л$ — масса листа, кг; S — площадь заготовки; δ — толщина листовой заготовки, м; γ — плотность ПМ, $кг/м^3$.

При формовании изделий в многогнездных формующих инструментах такой же пересчет производится по формуле

$$Н_р = M_л / n, \quad (4.21)$$

где n — число гнезд в формующем инструменте.

Если при раскрое листов на заготовки образуются отходы, пригодные для формования каких-либо иных изделий, то применяют комбинированный раскрой и $Н_р$ определяют на набор изделий, выкраиваемых из одного листа.

Механическая обработка, помимо вырубки готового изделия из листовой заготовки, может включать зачистку изделия, шлифование и полирование его поверхности, пробивку и сверление в нем отверстий. При этом количество отходов от каждой заготовки $Р_{отх}$ рассчитывают по формуле

$$Р_{отх} = S_{рас}\, \delta\, \gamma + Р_{мех}, \quad (4.22)$$

где $S_{рас}$ — площадь отходов при раскрое листа, см^2; $Р_{мех}$ — количество отходов, образующихся при получении необходимых вырезов, пазов, отверстий, кг.

Формула (4.22) не учитывает отходы в виде изделий, бракуемых из-за наличия морщин и складок, трещин и разрывов, пузырей и раковин, изменения цвета и оттенков ПМ, наличия на поверхности пятен, отпечатков и т. д. Причинами образования дефектов являются обычно качество листового ПМ, нарушения режима нагрева заготовки и условий последующего формования.

Все виды перечисленных отходов после измельчения и подсушки могут быть использованы в качестве вторичного сырья при переработке ПМ другими технологическими способами, например литьем под давлением и экструзией.

4.4.6. РАСЧЕТ $Н_р$ ПЛЕНОЧНЫХ ПМ В ПРОИЗВОДСТВЕ ИЗДЕЛИЙ СВАРКОЙ

Номенклатура изделий, изготавливаемых из термопластичных пленок с использованием различных видов сварки полимеров (контактной, термоимпульсной, высокочастотной и др.), очень велика и постоянно расширяется за счет изготовления новых видов пакетов, сумок, мешков и т. п.

Подобно расчету нормы расхода при производстве изделий из листовых заготовок расчет нормы расхода пленочных ПМ начинают с определения линейных размеров и площади изделия, зная толщину используемой пленки (δ) и плотность ПМ (γ). Например, массу ($Р_0$) пакета или мешка прямоугольной

формы определяют по формуле

$$Р_0 = a\, b\, \delta\, \gamma \cdot 2, \quad (4.23)$$

где a и b — длина и ширина изделия соответственно, см; 2 — число сложений пленки.

В случае производства изделий иных форм, например сумок с вырубными ручками, игрушек и т. п., расчет массы осуществляют на основе площади лекала изделия:

$$Р_0 = S_л\, \delta\, \gamma \cdot 2, \quad (4.24)$$

где $S_л$ — площадь лекала изделия, см^2.

Нередко на поверхность пленочных изделий наносят печатным способом различные рисунки, надписи и другие изображения. При этом так же, как и при сварке, образуются отходы и потери, причем их количество может ощутимо зависеть от организации труда (табл. 4.7).

Таблица 4.7. **Нормативы технологических потерь и отходов в производстве изделий из пленочных ПМ**

Операция	Оборудование	Технологические потери		Технологические отходы		Суммарный нормативный коэффициент
		всего, %	норматив-ный коэф-фициент	всего, %	норматив-ный коэф-фициент	
Сварка	Автоматические линии и машины	0,4	0,004	0,5	0,005	$К_{св} = 0{,}009$
	Ручные станки и полуавтоматы	0,3	0,003	0,4	0,004	$К_{св} = 0{,}007$
Печать	Автоматические линии и машины	0,5	0,005	1,0	0,01	$К_{печ} = 0{,}015$
	Ручные машины	0,5	0,005	1,0	0,01	$К_{печ} = 0{,}015$

Приведенные показатели отходов даны с учетом затрат пленочных ПМ при наладке оборудования, отбраковки изделий и т. п. Отходы, возникающие при раскрое, вырубке и обрезке для придания изделиям заданной конфигурации, определяют исходя из карты раскроя ПМ. Образующиеся отходы дробят, гранулируют и подвергают вторичной переработке в пленки и другие изделия.

Примеры определения $Н_р$.

1. Чистая масса пленочного мешка размером 1000×500 мм, толщиной 0,23 мм, изготавливаемого из полиэтилена плотностью

0,92 г/см^3 полуавтоматической сваркой с нанесением рисунка на полуавтомате, равна $P_0 = 100 \cdot 50 \cdot 0{,}023 \cdot 0{,}92 \cdot 2 = 212{,}1$ (г).

При расходном коэффициенте в производстве пленки $K_р = 1{,}008$ (см табл. 4.4), $K_{св} = 0{,}007$ и $K_{печ} = 0{,}015$ расчетный расходный коэффициент равен:

$$K_р = 1{,}008 + 0{,}007 + 0{,}015 = 1{,}03.$$

Тогда

$$Н_р = 1{,}03 \cdot 212{,}1 = 218{,}5 \text{ (г)}.$$

2. При изготовлении мешков размером 970 × 620 мм из готовых пленок, например толщиной 0,23 мм, получаемых от смежного предприятия, расходный коэффициент при формовании самой пленки не учитывается, но в остальном последовательность расчета сохраняется:

$$P_0 = 97 \cdot 62 \cdot 0{,}023 \cdot 2 = 254{,}5 \text{ (г)}.$$

Для производства на автоматической линии

$$K_р = 1 + K_{св} + K_{печ} = 1 + 0{,}009 + 0{,}015 = 1{,}024.$$

Тогда

$$Н_р = 1{,}024 \cdot 254{,}5 = 260{,}6 \text{ (г)}.$$

4.5. СПЕЦИФИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ НОРМ РАСХОДА АРМИРОВАННЫХ ПЛАСТИКОВ

Под армированными пластиками (АП) понимают разновидность полимерных композиционных материалов (ПКМ), характеризуемую наличием по крайней мере двух непрерывных фаз, образуемых матрицей и наполняющими ее волокнами с длиной, обеспечивающей армирующий эффект, т. е. достаточной для реализации прочности волокон при разрушении АП от внешнего воздействия. Наиболее распространенными видами АП являются стекло-, угле- и органопластики с постоянно растущим многообразием составов за счет вариабельности полимерных матриц и волокнистых армирующих элементов в виде нитей, жгутов, ровниц, различных по текстуре и плетению тканей.

Сравнительно короткая история развития и специальные области применения АП могут служить объяснением того факта, что до настоящего времени для них не разработана единая методика расчета $Н_р$. Созданы лишь отдельные отраслевые и производственные нормативы расхода основных АП, применяемые при их изготовлении и переработке в изделия того или иного назначения. Однако эти разрозненные разработки позволяют сделать необходимые обобщения:

— специфика определения $Н_р$ АП обусловлена принципиальными особенностями технологии производства изделий из них, проявляющимися прежде всего в одновременности изготовления изделия и АП с заданными свойствами и в двухстадийности этого процесса, предусматривающего предварительное формирование заготовки (выкладкой, намоткой и т. д.) и последующее формование из нее готового изделия (прессованием, автоклавным, вакуумным или другими видами формования);

— последнее обстоятельство делает целесообразным определение расходных коэффициентов не относительно способов формования изделий, как это принято при определении $K_р$ пластмасс (см. выше), а по способам формирования заготовок изделий;

— поскольку исходными материалами для производства изделий является не готовый АП, а его компоненты, расчет нормы расхода АП по уже известной формуле ($Н_р = K_р P_0$) становится недостаточным и основное практическое значение приобретает расчет норм расхода армирующего наполнителя, полимерного связующего и (если это необходимо) его компонентов (отвердителя, активатора, ингибитора, пластификатора и др.).

Исходя из последнего обобщения, методика определения норм расхода компонентов АП приобретает вид системы следующих расчетных формул:

$$Н_{рн} = Н_р q_н, \qquad (4.25)$$

где $Н_{рн}$ — норма расхода армирующего наполнителя, кг; $q_н$ — относительная массовая доля армирующего наполнителя в АП согласно его заданному составу (по паспорту, ТУ или другому регламентирующему документу);

$$Н_{рс} = [(Н_р - Н_{рн}) \cdot 100/C]K_п, \qquad (4.26)$$

где C — концентрация раствора связующего (в %) согласно технологическому регламенту на осуществление пропитки армирующих элементов; $K_п$ — коэффициент, учитывающий потери связующего на различных этапах его приготовления и переработки в составе АП (определяется экспериментально с учетом технического оснащения и организации выполнения ТП и обычно составляет около 1,15);

$$Н_{ркс} = Н_{рс} q_{кс}, \qquad (4.27)$$

где $Н_{ркс}$ — норма расхода компонента связующего, вводимого в его состав в процессе приготовления к операции пропитки; $q_{кс}$ — относительная массовая доля рассчитываемого компонента связующего, предусмотренная регламентом.

Однако на практике при нормировании расхода армированного пластика, предназначаемого для осуществления проектируемо-

го ТП в рамках конкретного производства, необходимо использовать методику, принятую на соответствующем предприятии.

Завершая главу 4, отметим основные факторы, способствовавшие росту экономии ПМ при переработке в изделия. Для целенаправленного снижения H_p потребовалось эффективное использование технологических резервов экономии материальных ресурсов, в частности технологической рационализации конструкции объектов производства, создания ресурсосберегающей перерабатывающей техники, проектирования ТП на базе наиболее прогрессивных способов переработки ПМ, постоянного совершенствования технологического менеджмента. От степени использования перечисленных возможностей зависел темп снижения H_p ПМ, о чем можно судить по среднестатистическим показателям в период интенсивного развития промышленности по переработке ПМ в РФ (табл. 4.8).

Таблица 4.8. **Изменение (по годам) среднестатистических норм расхода пластмасс (в кг) на производство 1 т изделий**

Вид полимера	Изделия	1975 г.	1980 г.	1985 г.	1990 г.
Полиэтилен	Пленки	1009,7	1008,7	1008,3	1008,0
»	Трубы	1056,0	1054,0	1052,0	1050,0
»	Листы	1020,0	1018,0	1017,0	1016,0
»	Литьевые	1040,0	1032,0	1026,0	1024,0
»	Выдувные	1050,0	1039,0	1032,0	1028,0
Полистирол	Листы	1065,8	1062,5	1060,8	1056,0
Полипропилен	Литьевые	1072,0	1033,0	1028,0	1026,0
Поливинилхлорид	Трубы	1024,1	1019,2	1018,0	1012,0

Как следует из приведенной таблицы, за 15 лет было достигнуто снижение H_p по всем видам пластмассовой продукции. В зависимости от исходного уровня развития производства в одних случаях снижение H_p измерялось десятками кг, например в производстве литьевых изделий, в других — несколькими кг, например в производстве пленок, труб и листов из ПЭ. Об этом же свидетельствует и тот факт, что по истечении определенного времени совершенствования любого производства темпы снижения H_p уменьшаются, не нарушая общей тенденции.

Для дальнейшего повышения эффективности использования ПМ необходимо постоянно изыскивать новые резервы экономии материальных ресурсов, а значит, и сбережения сырьевых, трудовых, энергетических и других сопутствующих затрат. В связи с этим в настоящее время повышенное внимание уделяется решению проблемы утилизации и переработки отходов, состоящих из готовых полимерных изделий, исчерпавших свой эксплуатационный ресурс или выполнивших заданную функцию (элементы упаковки, посуда одноразового использования и т. п.). Таких отходов в РФ (только за счет полиолефиновой тары, пленок и вакуум-формовочных изделий для упаковки и кратковременного применения) ежегодно образуется порядка 300 тыс. т. Их повторное использование явилось бы мощным дополнением к уже перерабатываемым 50 тыс. т технологических отходов высокого качества.

По мере создания системы первичного сбора бытовых отходов, рационализации технологических методов и средств их переработки, а также законодательного стимулирования населения и переработчиков вторичного сырья промышленность получит реальные перспективы увеличения объемов выпуска и номенклатуры полимерной продукции, снижения ее себестоимости и повышения рентабельности производства.

Контрольные вопросы

К главе 1

1. Определите понятие «технология производства изделий из ПМ». Каковы объекты изучения и задачи технологии?
2. Охарактеризуйте понятие «производственный процесс» и назначение этапов его технической подготовки.
3. В чем состоят цели и задачи технологической подготовки производства?
4. Дайте определение понятия «технологический процесс». Назовите основные и дополнительные технико-экономические показатели ТП.
5. Какие существуют виды технологических процессов? Каковы их признаки и назначение?
6. Охарактеризуйте понятие «технологическая операция». В чем особенность ТО в условиях автоматизированного производства?
7. Обоснуйте необходимость деления технологических операций на переходы и ходы. Какими они могут быть?

К главе 2

1. Какие свойства ПМ называются технологическими и как они влияют на проектирование ТП?
2. Назовите и охарактеризуйте признаки, определяющие конструктивно-технологическую специфику объектов производства из ПМ.
3. Как влияет конфигурация полимерных изделий на выбор метода их формования?
4. В чем проявляется влияние «масштабного фактора» объекта производства на проект ТП?
5. Как обеспечивается выполнение технических требований к качеству полимерного изделия при проектировании ТП?
6. Назовите современные типы промышленного производства и их характерные признаки.

7. Каковы особенности проектирования и организации ТП в производствах различных типов?

К главе 3

1. Что такое качество продукции и в чем заключаются задачи его совершенствования?
2. Какие существуют системы управления качеством продукции?
3. Назовите задачи и перечислите составляющие Единой системы аттестации качества продукции.
4. Какие стандартные группы показателей качества продукции из ПМ поддаются технологическому обеспечению?
5. Каковы возможности технологического обеспечения заданной размерной точности полимерных изделий при формовании?
6. Как обеспечить необходимую размерную точность полимерных изделий при помощи обработки резанием?
7. Расскажите о возможностях достижения заданной размерной точности полимерных изделий методами сборки конструкций.

К главе 4

1. Что такое норма расхода ПМ и по каким признакам ее классифицируют?
2. Охарактеризуйте типовую структуру нормы расхода ПМ в основном производстве.
3. Какие факторы, влияющие на норму расхода ПМ, называют первичными и почему?
4. Как зависит норма расхода ПМ от факторов, учитывающих влияние процесса труда?
5. В чем специфика расчетного определения $H_р$ пластмасс при литье под давлением?
6. Зависит ли норма расхода пластмасс от вида прессования?
7. Какова особенность определения расходного коэффициента ($K_р$) пластмасс в производстве изделий экструзией?
8. Изложите порядок определения $H_р$ пластмасс в производстве изделий раздувом.
9. Расскажите о специфике нормирования листовых пластмасс при их переработке пневмо- и вакуум-формованием.
10. Как рассчитывается $H_р$ пластмасс при изготовлении пленочных изделий с применением сварки?
11. Назовите отличительные особенности определения $H_р$ в производстве изделий из армированных пластиков.

Часть вторая

МЕТОДОЛОГИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ИЗДЕЛИЙ ИЗ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Глава 5

ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

В общем случае термин «методология» означает учение о структуре, логической организации, методах и средствах какой-либо деятельности. Следовательно, методология проектирования технологических процессов (ТП) — это учение о построении и организации, методах и средствах разработки ТП изготовления изделий с заданным качеством, в необходимых количествах, с максимальной рентабельностью производства. Система правил реализации этой методологии регламентирована в РФ Единой системой технологической подготовки производства (ЕСТПП). В частности, ГОСТ 14.301—83 «Общие правила разработки технологических процессов» помимо общих правил устанавливает основные требования и состав исходной информации для разработки ТП.

5.1. ТИПОВЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К ПРОЕКТАМ ТП

К основным требованиям относятся следующие:

— независимо от назначения (производство, ремонт или совершенствование выпускаемой продукции) ТП должен разрабатываться в соответствии с современными достижениями науки и техники;

— ТП должен быть прогрессивным согласно отраслевым системам аттестации, т. е. обеспечивать повышение качества изделий и производительности труда, сокращать трудовые и материально-технические затраты на его реализацию, снижать вредные воздействия на окружающую среду и т. д.;

— разработка ТП должна начинаться после отработки конструкции изделия на технологичность, так как ТП должен обеспечивать реализацию уровня базовых показателей технологичности конструкций изготавливаемого или ремонтируемого изделия;

— ТП должен соответствовать требованиям техники безопасности и промышленной санитарии, изложенным в системе стандар-

тов безопасности труда (ССБТ), стандартах на типовые и групповые ТП, инструкциях и других нормативных документах по технике безопасности и промышленной санитарии;

— проект ТП должен гарантировать изготовление (ремонт) изделий с себестоимостью, обеспечивающей не только рентабельность производства, но и конкурентоспособность этих изделий на рынке сбыта.

Последнее требование к современным проектам ТП, не предусмотренное ЕСТПП периода планового хозяйствования, стало обязательным в соответствии с переходом к рыночной экономике, цель которой — повышать эффективность производства и увеличивать прибыль.

5.2. ОБЩИЕ ПРАВИЛА ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТП

Общие правила проектирования ТП заключаются в следующем.

1. **Проектирование ТП осуществляется поэтапно** последовательным решением комплекса задач. Трудность осуществления этого правила обусловлена отсутствием строгих математических зависимостей, например, между заданными технико-экономическими показателями ТП и технологическими свойствами ПМ, которые к тому же непостоянны (нередко при переработке ПМ меняют свой состав, структуру и формируются одновременно с изготавливаемым изделием). По этой причине процесс проектирования ТП может сопровождаться научно-исследовательской и экспериментально-поисковой работой, цель которой — выявить последствия этих изменений и определить оптимальные условия переработки ПМ в полуфабрикаты, заготовки, детали, сборочные единицы и готовые изделия. К оперативному поиску необходимых данных все чаще привлекаются компьютерные технологии.

2. **Выбор решений при проектировании ТП, как правило, бывает вариабельным,** поскольку базируется на учете сразу нескольких разноплановых факторов и оценок. Во избежание грубых ошибок и для экономии времени и средств на проведение исследовательских работ ГОСТ 14.301—83 рекомендует разрабатывать ТП на основе практически выверенных типовых и групповых ТП, а при отсутствии таковых на основе использования ранее принятых прогрессивных решений, содержащихся в действующих единичных ТП изготовления аналогичных изделий.

3. **Оценка эффективности выбираемых технологических решений** осуществляется с помощью критериев, по которым оценивают состояние анализируемых объектов. В качестве критериев могут быть использованы различные признаки, определяющие качество предметов и объектов труда, размеры трудовых, материально-технических и других затрат, экономические и другие показатели производственной деятельности. При этом различают критерии

численные и нечисленные, абсолютные и относительные, объективные и субъективные, что обусловливает еще одну причину отсутствия строгого математического аппарата для проектирования ТП.

Численным критерием считается оценка в виде численного размерного значения, например, стоимости (оценка в рублях), массы (оценка в килограммах), трудоемкости (оценка в нормо-часах) и т. д. Существуют и численные безразмерные критерии. К последним относятся, например, оценки надежности, коэффициент использования материала ($K_{им}$), коэффициент автоматизации и механизации ТП ($K_{аим}$) и др.

Нечисленные критерии носят словесный характер. Примерами могут служить оценки ремонтопригодности, комфортности условий труда и др., для которых указанные критерии могут быть бинарными типа «качественно — некачественно», «допустимо — недопустимо» и т. п. либо многовариантными, например при оценке агрегатного состояния полимеров на различных стадиях переработки в составе ПМ (стеклообразное — эластическое — вязкотекучее) или при оценке пожароопасности самих ПМ (легковоспламеняющиеся — трудновоспламеняющиеся — трудногорючие — негорючие). Использование словесных оценок затрудняет создание и эксплуатацию САПР ТП, поэтому их стремятся привести к численному безразмерному виду.

Абсолютные критерии используют для оценки какого-либо признака объекта безотносительно к другим объектам. Например, в процессе проектирования ТП нередко ставится задача минимизации абсолютных значений трудоемкости, себестоимости и, наоборот, максимизации производительности, коэффициента использования материала ($K_{им}$) и др.

Относительные критерии предпочтительнее при сравнительной оценке нескольких состояний объектов или при их сравнении с заданным нормативом (эталоном, базовой оценкой), например при оценке уровня технологичности конструкции изделия или перерабатываемого ПМ.

Объективный критерий — это оценка объекта, не зависящая от проектанта ТП. Объективными являются все численные размерные критерии (масса, трудоемкость, стоимость и т. п.) и некоторые численные безразмерные критерии (надежность, $K_{им}$, $K_{аим}$ и т. п.). Объективные критерии наиболее предпочтительны, но не всегда доступны.

Субъективный критерий определяется мнением человека (эксперта), например при оценке удобства организации рабочего места, ремонтопригодности выпускаемой продукции, ее внешнего вида и т. д. Для снижения влияния личностного фактора при оценке с помощью субъективных критериев применяют различные методы; одним из простейших считается привлечение к оценке не одного, а группы экспертов.

Таким образом, выбор самих критериев, определяющих эффективность технологических решений, способен предопределить качество выполнения проекта ТП. Этот факт обусловлен прежде всего тем, что при последовательном решении проектно-технологических задач результат предыдущего этапа проектирования ТП становится исходной позицией для выполнения следующего этапа.

4. **Выделяют три стадии работы над проектом ТП,** различающиеся характером и последовательностью решения задач, — подготовительная, основная и заключительная.

Подготовительная стадия включает получение и уточнение задания на проектирование ТП, сбор исходной информации, анализ конструкторской документации, отработку объекта производства (изделия на рабочем чертеже) на технологическую рациональность и определение вида разрабатываемого ТП.

Основная стадия проектирования состоит из этапов, на которых непосредственно решаются материаловедческие и проектно-технологические задачи, разрабатывается план размещения спроектированного ТП на отведенных производственных площадях.

Заключительная стадия предусматривает расчет технико-экономических показателей проекта ТП и оформление необходимой технологической документации.

5. **Содержание этапов на каждой стадии,** т. е. состав задач и последовательность их выполнения, определяется в зависимости от вида проектируемого ТП и типа производства на основе действующих стандартов на конкретном промышленном предприятии.

5.3. СОСТАВ ИСХОДНОЙ ИНФОРМАЦИИ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТП

Исходную информацию для проектирования ТП подразделяют на базовую, руководящую и справочную.

Базовая информация включает следующие виды необходимых документов и данных:

конструкторская документация, состоящая из рабочего чертежа изделия, технических требований и технологических условий.

Рабочий чертеж изделия, оформленный в соответствии с требованиями Единой системы конструкторской документации (ЕСКД), должен содержать сведения о материале изделия, полностью отражать его конструкцию и размеры.

Технические требования (ТТ) — это перечень показателей качества изделия (функциональных характеристик), разработанный на основе технического задания (ТЗ) заказчика и обоснованный конструктивными расчетами.

Технологические условия (ТУ) на изготовление изделия предусматривают необходимость определенных технологических операций и переходов или особых условий их выполнения, обеспечивающих заданный ТТ уровень функциональных свойств, а также требования, например, по комплектации, условиям поставки и т. п.;

информация об условиях производства, в том числе объем выпуска продукции, сроки выполнения заказа (при периодическом выпуске изделий указываются временны́е интервалы), сведения о техническом оснащении предприятия, об отводимых для размещения ТП производственных площадях и других условиях, способных повлиять на возможности проектирования ТП;

базовые технико-экономические показатели производства, например данные о трудоемкости изготовления и себестоимости аналогичных изделий, выпускаемых конкурирующим или подобным предприятием в РФ или за рубежом.

Руководящая информация включает данные, содержащиеся в следующих документах:

— отраслевые стандарты, устанавливающие требования к ТП и методам управления ими, а также стандарты на оборудование и оснастку;

— документация на действующие единичные, типовые и групповые ТП;

— классификаторы технико-экономической информации;

— производственные инструкции;

— материалы по выбору технологических нормативов (режимов обработки, припусков, норм расхода ПМ и др.);

— документация по технике безопасности и промышленной санитарии.

Справочная информация включает данные, содержащиеся в следующих документах:

— технологическая документация опытного производства;

— описания прогрессивных методов изготовления и ремонта;

— каталоги, паспорта, справочники, альбомы компоновок прогрессивных средств технического оснащения ТП;

— планировки производственных участков;

— методические материалы по управлению ТП;

— нормативы точности, шероховатости поверхности, расчета режимов переработки ПМ и временны́х затрат;

— тарифно-квалификационные справочники и другая вспомогательная информация.

5.4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВИДА ПРОЕКТИРУЕМОГО ТП

Проектирование ТП может осуществляться для производства как одного вида изделий, так и группы различных изделий, имеющих общие конструктивно-технологические признаки. Например,

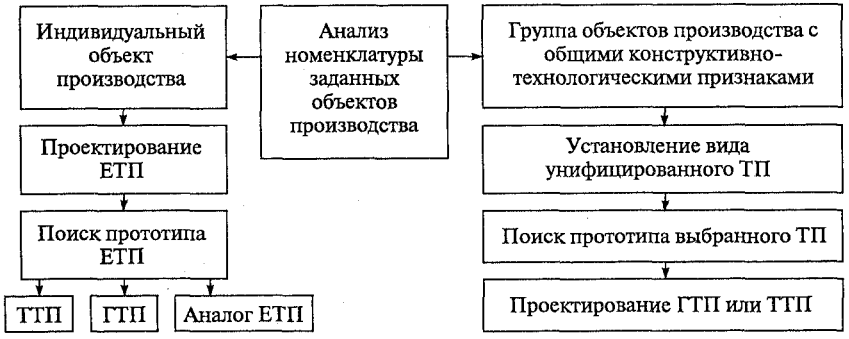


Рис. 5.1. Схема определения вида проектируемого ТП

с конструктивной точки зрения планируемые к выпуску изделия могут принадлежать к погонажным, оболочковым, коробчатым, пленочным и т. д., а с технологической — к прессовочным, литьевым, выдувным, намоточным и т. д. В связи с этим может оказаться необходимым проектировать единичный (ЕТП) или групповой (ГТП), а в некоторых случаях — типовой (ТТП) технологический процесс, для чего необходимо осуществить анализ заданных объектов производства по схеме, изображенной на рис. 5.1.

Кроме того, цель определения вида ТП именно на подготовительной стадии состоит в том, чтобы своевременно выбрать порядок его проектирования, т. е. наметить необходимые этапы и последовательность их реализации, сформулировать задачи каждого этапа и собрать основные документы, необходимые для решения этих задач. Согласно ЕСТПП все эти действия по-разному выполняются для ЕТП, ТТП и ГТП.

Глава 6

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЕДИНИЧНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ИЗДЕЛИЙ ИЗ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ

В соответствии с определением ЕТП (см. раздел 1.4) это вид ТП, характеризуемый оригинальным набором, сочетанием и выполнением технологических операций и переходов, обеспечивающих изготовление изделий, которые невозможно получить в других имеющихся на предприятии ТП. Обычно эта невозможность обусловлена особенностями конкретного предприятия — типом производства и набором средств технического оснащения, опытом

реализации определенных способов изготовления изделий из ПМ и квалификацией операторов, размерами производственных площадей и организацией техники безопасности, традиционными связями с предприятиями-смежниками и др. В связи с этим уже действующие ЕТП нередко приходится пересматривать при различных реорганизациях производства.

Однако наиболее типичной причиной проектирования ЕТП является подготовка производства изделия оригинальной конструкции или внедрение новых видов ПМ со специфическими технологическими свойствами. Кроме того, учитываются объем выпуска продукции, метод изготовления и технические требования к качеству изделия (детали или сборочной единицы). Все эти факторы так или иначе сказываются на процессе и результатах проектирования ЕТП.

Поскольку ЕТП является первичным видом ТП, дающим начало двум унифицированным видам ТП (ТТП и ГТП), его проектирование допускает большую творческую инициативу в решении проектных задач. Однако это не касается логической последовательности действий, необходимых для достижения основной цели проектирования ЕТП, сформулированной в определении ТП (см. раздел 1.4), т. е. процесс проектирования каждый раз должен проходить одни и те же этапы независимо от объекта производства. Исходя из опыта производств, выпускающих изделия из различных ПМ, типовыми этапами проектирования ЕТП являются:

этап № 1 — анализ и уточнение конструкторской информации;

этап № 2 — анализ и обоснование выбора технологического способа изготовления заданного изделия;

этап № 3 — анализ и отработка производственной технологичности конструкции изделия;

этап № 4 — поиск прототипа проектируемого ЕТП;

этап № 5 — разработка состава и структуры ЕТП;

этап № 6 — разработка и нормирование технологических операций;

этап № 7 — разработка технических предложений для конструирования нестандартных средств технического оснащения ЕТП;

этап № 8 — определение требований безопасности при выполнении ЕТП;

этап № 9 — разработка схемы производственного размещения спроектированного ЕТП;

этап № 10 — расчет технико-экономических показателей спроектированного ЕТП;

этап № 11 — документальное оформление проекта ЕТП.

Каждый из перечисленных этапов имеет свои задачи, возможности и ограничения для их решения. В каждом случае необходимо руководствоваться теми критериями для выбора оптимального решения, которые в перспективе обеспечат заданное качество изделия и требуемые технико-экономические показатели ЕТП. Вы-

бор таких критериев является важной дополнительной функцией проектанта при подготовке к выполнению очередного этапа проектирования ЕТП.

Степень проработки задач каждого этапа проектирования ТП (как было показано ранее, в том числе в разделе 2.3) зависит от типа производства, убывая от массового к единичному производству. При этом в тех случаях, когда исходная информация не содержит сведений о типе производства, допускается его прогнозирование по номенклатуре и годовой программе выпуска изделий, а также по объему потребления ПМ, исходя из размеров изделий.

6.1. АНАЛИЗ И УТОЧНЕНИЕ КОНСТРУКТОРСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ (ЭТАП № 1)

Данный этап относится к числу предварительных, поскольку разработке ЕТП должно предшествовать тщательное изучение составляющих конструкторской информации с целью выявления и устранения неточностей и недоработок (табл. 6.1).

Таблица 6.1. **Задачи этапа № 1 и условия для их решения**

Задачи	Основные документы, необходимые для решения задач	Критерии выбора решений
1.1. Входной контроль рабочего чертежа изделия из ПМ 1.2. Анализ технических требований (ТТ) к изделию 1.3. Анализ технологических условий (ТУ) изготовления изделия	ЕСКД и другая руководящая информация Техническое задание (ТЗ) на конструирование и производство изделия из ПМ Паспорт на ПМ Технологическая документация опытного производства изделия	Требования ЕСКД Соответствие ТТ требованиям ТЗ и свойствам ПМ Соответствие ТУ возможностям производящего предприятия

6.1.1. ВХОДНОЙ КОНТРОЛЬ РАБОЧЕГО ЧЕРТЕЖА ИЗДЕЛИЯ ИЗ ПМ

Рабочий чертеж изделия должен содержать все данные, необходимые для исчерпывающего и однозначного понимания его конструкции. От этого во многом будет зависеть правильность выбора способов формования и контроля качества изделия, точность конструирования и изготовления формующего инструмента. Исходя из сказанного, проектант ТП предъявляет к рабочему чертежу изделия следующие требования:

1) согласно ЕСКД чертеж должен содержать количество проекций, видов, разрезов и сечений, достаточное, чтобы иметь правильное представление о конструкции изделия, т. е. о его конфигурации и расположении составляющих элементов (знаков, отверстий, резьб, тиснений, армирующих элементов и др.);

2) на чертеже должна быть указана марка ПМ;

3) для изделия из армированного пластика (АП) на чертеже должна изображаться внутренняя конструкция пластика в виде схемы армирования и направления анизотропии свойств АП, а также в форме таблицы с указанием обозначений и последовательности укладки армирующих элементов;

4) для изделия из ориентированного термопласта должны быть нанесены оси и указана степень макромолекулярной ориентации;

5) обязательна простановка всех размеров (габаритных, межосевых, выходных и т. д.), а также функционально необходимых размерных допусков либо в виде линейных отклонений от номинала, либо в виде условных обозначений посадок и квалитетов точности в соответствии с данными таблиц 3.4 и 3.10 (см. далее примечания);

6) обозначение чистоты поверхностей изделия, достигаемой в результате формования или дополнительной обработки;

7) если изделие имеет знаки, вставки, накладные элементы и т. п., то чертеж должен сопровождаться спецификацией;

8) на чертеже должны быть отражены необходимые согласования и утверждения.

Все несоответствия требованиям ЕСКД и других регламентирующих документов, действующих на предприятии, на котором разрабатывался рабочий чертеж изделия, должны быть устранены разработчиками по представлении результатов анализа, выполненного проектантом ТП.

Примечания.

1. Поскольку обеспечение геометрической и размерной точности изделий из ПМ существенно отличается от таковой для металлоизделий, необходимо пользоваться соответствующими стандартными нормами. Российские системы основных норм взаимозаменяемости, допусков и посадок практически полностью соответствуют международной системе ИСО (табл. 6.2).

2. Специфика изготовления изделий из ПМ в замкнутых формах, например при литье под давлением и прессовании, несмотря на одновременность формования всех элементов изделия, не обеспечивает им равной степени точности согласно классификационным требованиям (табл. 6.3).

По этой причине на практике в зависимости от класса требований возможны следующие случаи их применения:

— только к одному функционально наиболее важному элементу, размеру изделия или к нескольким ответственным элементам, размерам изделия (для классов особо высоких, высоких и нормальных требований);

Таблица 6.2. **Стандарты (ГОСТ, ИСО) общих и специальных норм и методик, используемых при оценке точности изделий из пластмасс**

ГОСТ	Наименование	№ соответствующего стандарта ИСО	Наименование
25346—89	ЕС допусков и посадок. Общие положения, ряды допусков и основных отклонений	286-1	Система допусков и посадок ИСО. Общие основы допусков, отклонений и посадок
25347—82	ЕС допусков и посадок. Поля допусков и рекомендуемые посадки	286-2	Система допусков и посадок ИСО. Таблицы стандартных допусков и предельных отклонений отверстий и валов
25349—88	ЕС допусков и посадок. Поля допусков деталей из пластмасс	—	—
24642—81	Основные нормы взаимозаменяемости. Допуски формы и расположения поверхностей. Основные термины и определения	1101	Допуски формы и расположения поверхностей. Общие положения, символы, обозначения на чертежах. Значения допусков
24643—81	То же. Числовые значения		
25670—83	Основные нормы взаимозаменяемости. Предельные отклонения размеров с неуказанными допусками (пересмотр с учетом ИСО)	2768	Общие допуски. Предельные отклонения линейных размеров, радиусов закруглений и фасок кромок, угловых размеров, формы и расположения поверхностей
25069—81	То же. Неуказанные допуски формы и расположения поверхностей (пересмотр с учетом ИСО)		
18616—80	Пластмассы. Метод определения усадки	294	Пластмассы. Литье под давлением образцов для испытаний термопластичных материалов
12015—66	Пластмассы. Изготовление образцов для испытаний реактопластов	294-1	Общие принципы и литье образцов для испытаний
12019—66	Пластмассы. Изготовление образцов для испытаний термопластов	294-3	То же. Пластины небольших размеров
		294-4	То же. Определение усадки при литье

Таблица 6.3. **Классификация требований к геометрической точности пластмассовых изделий**

Условные классы требований	Ориентировочные критерии точности изделий (квалитеты IT)	Назначение изделия	Основные параметры функционирования изделий	Примеры
Особо высокие	IT6 — IT7	Особо ответственное	Особые требования	Оптические линзы, пластинки, видеодиски, детали часов и т. п.
Высокие	IT8 — IT9	Ответственное	Жестко заданные эксплуатационные показатели; сопрягаемые размеры	Подшипники скольжения, пары трения, мелкомодульные зубчатые колеса
Нормальные	IT10 — IT12	То же	Заданные эксплуатационные показатели; сопрягаемые или свободные размеры	Детали машин, лопасти, пропеллеры, турбинные лопатки
Грубые	IT13 –IT14	Условно неответственное	Контакты или сборка с другими изделиями	Выключатели, кожухи, тара различная (сопряжения типа корпус—крышка) и т. д.
Особо грубые	IT15 — IT18	Неответственное	Без контактов или сборки с другими изделиями	Заготовки, полуфабрикаты (с дополнительной обработкой резанием)

— интегрально ко всему изделию (для нормальных, грубых и особо грубых классов требований). В этом случае, как правило, благодаря большим значениям допусков на размеры для соответствующих квалитетов не требуется специально регламентировать отклонения формы и расположения поверхностей, поскольку их величины всегда заведомо меньше и укладываются в заданные поля допусков (соответствующих квалитетов). Исключения могут возникнуть, например, для регламентации макроотклонений конфигурации изделия типа коробления поверхностей и в других подобных случаях.

6.1.2. АНАЛИЗ ТЕХНИЧЕСКИХ ТРЕБОВАНИЙ К ИЗДЕЛИЮ

На рабочем чертеже изделия (или в отдельном документе исходной информации) должны содержаться технические требования (ТТ), определяющие показатели качества изделия. ТТ необхо-

димы не только для определения подлежащих контролю характеристик готовой продукции и выбора способов организации контроля качества, но и для уточнения в дальнейшем правильности выбора ПМ, обоснования способа его переработки, определения технологических режимов изготовления изделия и др.

В зависимости от технического задания со стороны заказчика это могут быть требования следующего содержания:

— по показателям назначения — эксплуатационные характеристики физико-механических и других функциональных свойств;

— по показателям надежности и долговечности — усталостные характеристики, предельные показатели влагопоглощения, допустимая износостойкость и прочие показатели, связанные с предстоящими условиями эксплуатации, транспортирования и хранения предлагаемого к производству изделия;

— по прочим показателям качества — требования к внешнему виду, ремонтопригодности, экологичности и т. д.

Представленные ТТ анализируются с точки зрения обоснованности, исходя из заданных условий эксплуатации изделия, возможности достижения на современном уровне развития науки и техники, производственного обеспечения конкретного предприятия. На основании проведенного анализа проектант либо сразу принимает ТТ к исполнению, либо требует предварительного уточнения по перечню, уровню показателей, приоритетности достижения приведенных характеристик, аргументируя свои сомнения и соображения.

6.1.3. АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ИЗДЕЛИЯ

Технологические условия (ТУ) оформляются аналогично ТТ — на чертеже изделия или в виде отдельного документа. ТУ содержат положения, выполнение которых способствует достижению свойств изделия, определенных в ТТ, и соблюдению условий, выдвинутых заказчиком. Первоисточником для формулирования ТУ, призванных обеспечить заданные свойства, могут быть паспортные данные на ПМ, опыт производства подобных изделий, результаты специально проведенных исследований и технологическая документация опытного производства при конструкторском бюро, в котором разрабатывалась конструкция объекта производства.

В перечень ТУ могут входить определенные сведения, указания, требования, рекомендации и просто условия. Примером наиболее типичного сведения можно считать данные о допустимости замены ПМ, указанного на рабочем чертеже изделия, другими видами и марками ПМ. Типичные указания об организации условий производства могут касаться:

— рациональных способов формирования заготовок и формования изделий;

— выбора исходных полуфабрикатов ПМ (таблеток, гранул, премиксов, препрегов и т. д.);

— определения целесообразных мест подведения литников, создания припусков и т. п.;

— применения специальных режимов выполнения отдельных операций, например скорости охлаждения изделия после формования, натяжения препрега при намотке заготовки изделия, режимов термообработки, резания, хранения и др.;

— применения вспомогательных материалов, приспособлений, приемов труда и др.

Типичные требования обычно касаются необходимости регулирования свойств ПМ и внешнего вида изделия:

— остаточных напряжений, возникающих при формовании;

— цвета, прозрачности или задаваемого декоративного эффекта;

— размерной точности, обеспечения качества посадки или взаимозаменяемости изделий;

— защиты поверхности от воздействия эксплуатационной среды и др.

Типичные рекомендации, например направленные на предотвращение или устранение технологических дефектов, способных привести к отбраковке готовой продукции или заготовок, — это рекомендации по:

— предотвращению или устранению пористости;

— удалению литников, облоя, технологических припусков специальной обработкой;

— компенсации утяжин, сколов, местной усадки, недооформленных элементов детали и др.

Прочие условия можно проиллюстрировать на примере поставки готовой продукции заказчику, когда оговариваются условия упаковки (произвольно, индивидуально, с использованием специальной тары, усаживающейся упаковочной пленки и др.), правила транспортирования и хранения продукции.

Анализ состава и содержания ТУ позволяет проектанту ТП своевременно выявить проблемы, которые могут возникнуть при изготовлении изделия, учесть опыт специалистов, работавших на проектно-конструкторском этапе технической подготовки производства, и принять выверенное решение в ходе проектирования ТП.

6.2. АНАЛИЗ И ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО СПОСОБА ИЗГОТОВЛЕНИЯ ЗАДАННОГО ИЗДЕЛИЯ (ЭТАП № 2)

Цель данного этапа — проанализировать эффективность технологического способа изготовления изделия, на который ориентировался конструктор при его разработке, и в результате обо-

снованно подтвердить этот выбор или предложить более рациональное решение. Необходимость обоснования со стороны проектанта ТП обусловлена тем, что конструктор не всегда способен учесть всю совокупность факторов, способных повлиять на выбор способа в период проектирования и внедрения ТП на конкретном выпускающем предприятии. Во-первых, конструктор может не владеть всей необходимой информацией, например о наличии и состоянии средств технического оснащения (СТО) на предприятии, о новейших технологических разработках в данной области производства и т. п. Во-вторых, даже известные и учтенные конструктором факторы подвержены изменениям, например в связи с переменами в материально-техническом и энергетическом снабжении, с модернизацией способов переработки ПМ и соответствующих СТО или в связи с планами переоснащения предприятия.

Всестороннее обоснование выбора технологического способа изготовления изделия становится особенно проблематичным, если переработка ПМ должна осуществляться в две стадии: формирование заготовки и формование готового изделия. Необходимость при этом не только изыскивать, но и согласовывать соответствующие технологические способы существенно усложняет решение задач этапа № 2 проектирования ТП (табл. 6.4).

Таблица 6.4. **Задачи этапа № 2 и условия для их решения**

Задачи	Основные документы, необходмые для решения задач	Критерии выбора решений
2.1. Определение рационального способа формирования заготовки изделия 2.2. Определение рационального способа формования изделия	ТТ к изделию ТУ изготовления изделия Базовая информация Описание типового ТП Руководящие технические материалы отрасли (предприятия)	Обеспечение заданных показателей качества изделия Максимальные технико-экономические показатели проектируемого ТП

Существует общий порядок решения этих задач, который предусматривает выполнение следующих действий:

а) определение перечня технологических способов, с помощью которых можно в принципе обеспечить изготовление заданного рабочим чертежом изделия;

б) сравнение способов изготовления изделия по их способности обеспечить показатели качества, предусмотренные техническими требованиями;

в) анализ технико-экономических показателей производства продукции, достигаемых различными технологическими способами;

г) сопоставление условий труда при выполнении рассматриваемых технологических способов: безопасности труда, доли ручного труда, экологических факторов и т. д.;

д) учет реальной оснащенности конкретного предприятия, т. е. наличие и состояние СТО, кадров исполнителей (их квалификация, опыт работы), необходимой инфраструктуры и др.

При выполнении перечисленных действий используют соответствующие данные, в том числе руководящую информацию и среднестатистические показатели, опубликованные в научно-технической и справочной литературе.

6.2.1. ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЦИОНАЛЬНОГО СПОСОБА ФОРМИРОВАНИЯ ЗАГОТОВКИ ИЗДЕЛИЯ

Поскольку двухстадийный процесс изготовления изделий характерен в основном для переработки армированных пластиков (АП) и потому наиболее часто применяется в производстве машиностроительных конструкций, выберем в качестве примера объекта производства изделие типа «панель с одинарной кривизной» — прототип элементов обшивки самолетов, кузовных деталей автомашин и т. п. Тогда, следуя общему порядку решения задачи, выявим следующие искомые данные:

а) согласно методам технологии производства конструкций из АП изготовление заготовки панели можно осуществить выкладкой, намоткой, пултрузией и напылением — в зависимости от вида исходного полуфабриката АП;

б) поскольку качество панели, обусловленное ТТ к физико-механическим свойствам, определяется способностью названных способов реализовать заданную конструктором схему армирования АП, а также формированием равномерного его состава и степенью натяжения армирующих волокон при изготовлении заготовки, предпочтение должно быть отдано автоматизированной намотке, а остальные методы по способности обеспечить выполнение названных требований следует расположить в последовательности: пултрузия (может сочетаться с намоткой), ручная выкладка (предпочтительна механизированная) и напыление, способное обеспечить дисперсную, хаотически распределенную армирующую структуру;

в) если при сравнении технико-экономических показателей ограничиться только основными из них — трудоемкостью ($Т_и$) и себестоимостью ($С_и$) изготовления заготовок, то в порядке нарастания $Т_и$ названные технологические способы образуют последовательность: намотка, пултрузия, напыление, ручная выкладка, а о предпочтительности этих способов по обеспечению минимальной $С_и$ можно получить представление из приведенных ниже данных (диапазоны показателей себестоимости заго-

товок изделий из АП, формируемых различными технологическими способами):

Технологические способы	$C_и$, долл/кг продукции
Намотка	0,75—2,50
Пултрузия	0,35—1,75
Выкладка	0,45—1,50
Напыление	0,30—1,00

г) если сопоставление условий изготовления заготовок ограничить таким важным показателем, как доля ручного труда, от которой зависит в определенной мере и безопасность труда, обусловленная предотвращением непосредственного контакта операторов с токсичными компонентами АП, то предпочтение должно быть отдано наиболее автоматизированным способам — намотке и пултрузии, в меньшей мере — напылению и ручной выкладке;

д) учет реальной оснащенности конкретного производства может стать решающим фактором при выборе искомого технологического способа, тем более что разные отрасли промышленности иногда традиционно отдают предпочтение различным способам изготовления изделий из АП (табл. 6.5).

Таблица 6.5. **Применение основных способов формирования заготовок и формования изделий из АП на предприятиях разных отраслей промышленности (в %)**

Отрасли промышленности	Ручная выкладка	Напыление	Намотка	Пултрузия	Прессование	Автоклавное формование	Прочие способы
Авиакосмическая	10	1	5	10	25	40	9
Общее машиностроение	20	16	5	5	40	8	6
Авто- и железнодорожный транспорт	14	20	5	5	45	1	10
Судостроение	34	44	1	1	10	5	5
Инструментальная	5	25	—	5	55	5	5
Химическая	5	5	10	65	5	—	10
Электротехническая	14	5	40	5	30	1	5
Бытовых товаров	10	40	—	—	50	—	—
Прочие	25	25	5	5	20	5	15

6.2.2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЦИОНАЛЬНОГО СПОСОБА ФОРМОВАНИЯ ИЗДЕЛИЯ ИЗ АП

Выполнение данной задачи осуществляется в той же последовательности, что и предыдущей задачи. При этом для наглядности хода решения воспользуемся тем же примером изделия в виде панели с одинарной кривизной. Тогда для определения наиболее рационального способа формирования предстоит учесть следующие соображения:

а) необходимо помимо конфигурации изделия принять во внимание его размеры, предусмотренные рабочим чертежом, что уже на первом этапе может исключить, например, прессование и термокомпрессионное формование, предназначаемые обычно для изготовления малогабаритных изделий, оставив вакуумное, автоклавное и контакное формование (табл. 6.6);

б) вторым фактором, способным ограничить список возможных способов формования, является уровень обеспечиваемого давления, от которого при прочих равных обстоятельствах зависит возможность достижения эксплуатационных свойств изделия из АП (табл. 6.7);

Таблица 6.6. **Некоторые ограничительные возможности способов формования изделий из АП на основе отверждающихся и термопластичных связующих**

Технологические способы формования	Максимальное давление формования, МПа	Степень сложности оборудования и оснастки в баллах
Контактное формование	До 0,3 при уплотнении заготовки	1
Диафрагменные способы формования:		
вакуумное формование	0,09	2
пневматическое формование (метод пресс-камеры)	0,8—1,0	5
автоклавное формование	1,0—1,6	9
гидроклавное формование	6,0—8,0	9
метод глубоководного погружения	100*	10
Мембранные способы формования:		
пневматическое формование	0,3—0,5	3
формование жестким пуансоном	0,5—1,0	4
комбинированные способы формования	0,3—0,5	4
Способы формования гибкой лентой:		
формование на неподвижной оправке	8—10	1
формование на свободно вращающейся оправке	8—10	2
формование на оправке, приводимой во вращение (обмотка)	8—10	3—8
Намотка	До 0,3	8—9
Прессование:		
прессование в жесткой форме	До 25	8
прессование в вакуумируемой жесткой форме	До 25	8—9
прессование в жесткой форме с последующей пропиткой под давлением (продольная пропитка)	До 1	7—8

Продолжение

Технологические способы формования	Максимальное давление формования, МПа	Степень сложности оборудования и оснастки в баллах
прессование пропитанного под давлением в пресс-форме неуплотненного пакета (поперечная пропитка)	До 1	7—8
инжекционное прессование	До 2	8
прессование эластичным пуансоном	До 2	7
прессование эластичной пневмокамерой	До 1	7
Термокомпрессионное формование	До 10	4
Автоклавно-термокомпрессионное формование	1,0—1,6	9
Центробежное формование	0,3	6
Пултрузия (протяжка)	0,3—0,5	8
Ролтрузия (прокатка)	0,6	8
Штамповка	2	7

* При погружении оснастки в Марианскую впадину.

Таблица 6.7. **Зависимость физико-механических свойств стеклотекстолита марки ВФТ от способов формования, обеспечивающих различный уровень давления***

Способ формования	Давление, МПа	Плотность АП, кг/м³	Прочность, МПа	Удельная прочность (условная)
Прессование	10	1730	340	19,7
Автоклавное формование	1	1520	280	18,4
Вакуумное формование	0,1	1240	200	16,1

* Поскольку термокомпрессионное формование по уровню создаваемого давления занимает промежуточное положение между прессованием и автоклавным формованием, а контактное формование осуществляется при $P < 0{,}3$ МПа (табл. 6.6), то приведенные в таблице показатели свойств должны иметь соответствующие числовые значения.

в) оценивая различные способы формования по себестоимости изготавливаемой продукции, приходится констатировать, что автоклавное формование является наиболее дорогостоящим ($C_и$ = 0,5÷2,5 долл/кг), в то время как себестоимость прессованных изделий колеблется в диапазоне 0,25÷1,0 долл/кг продукции, а термокомпрессионный и вакуумный способы формования занимают промежуточное положение;

г) оценка условий труда при каждом способе формования должна учитывать особенности организации производства на данном конкретном предприятии, но с точки зрения общих возможностей для автоматизации и механизации рассматриваемые способы можно расположить в следующей очередности: прессование, автоклавное, термокомпрессионное, вакуумное и контактное формование.

О практике применения наиболее широко используемых в промышленности способов формования изделий из АП дает представление табл. 6.5.

6.2.3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЦИОНАЛЬНОГО СПОСОБА ФОРМОВАНИЯ ИЗДЕЛИЯ ИЗ ПЛАСТМАССЫ

Согласно рассмотренному ранее (см. раздел 2.2.1) влиянию конфигурации пластмассовых изделий на выбор способа формования, этот выбор может быть как однозначным (прессовые, литьевые, выдувные, штамповочные изделия), так и многофакторным, когда в принципе правомерно применение сразу нескольких технологических способов изготовления. В частности, приведенный в этом же разделе пример касался изделия типа «втулка», изготовление которого возможно литьем под давлением, прессованием со спеканием, экструзией, центробежным формованием, выдуванием, механической обработкой заготовок. Каждый из этих способов имеет свои возможности для регулирования кристаллизационной и ориентационной структуры, остаточных напряжений и монолитности ПМ, от которых зависит возможность обеспечить уровень эксплуатационных свойств пластмассовых изделий в соответствии с ТТ (см. раздел 2.2.3).

Сравнение технико-экономических показателей способно обеспечить не менее убедительное обоснование выбора рационального способа переработки ПМ, что следует из сравнения статистических данных о трудоемкости, производительности труда (рис. 6.1), продолжительности цикла формования (рис. 6.2) и об удельных затратах основных энергоресурсов (табл. 6.8);

Ниже приведены сведения о средней трудоемкости (в человеко-часах) изготовления 1 т изделий из пластмасс различными способами:

Прессование 251
Литье под давлением 186
Вакуум- и пневмоформование 158
Выдувное формование 69
Экструзия:
труб 31
листов 16

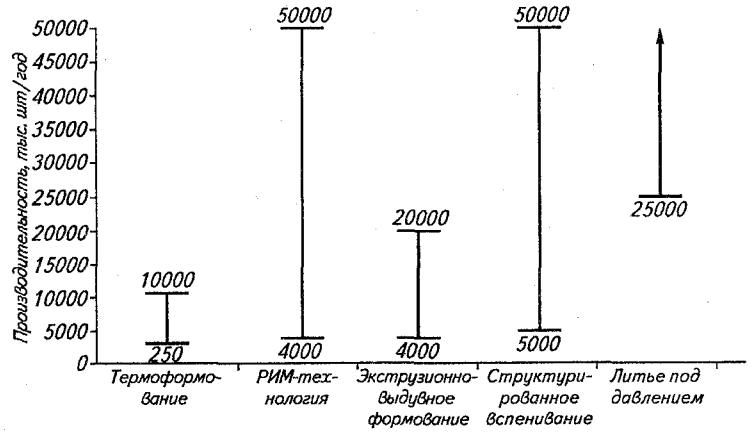


Рис. 6.1. Диапазоны производительности основных способов переработки пластмасс

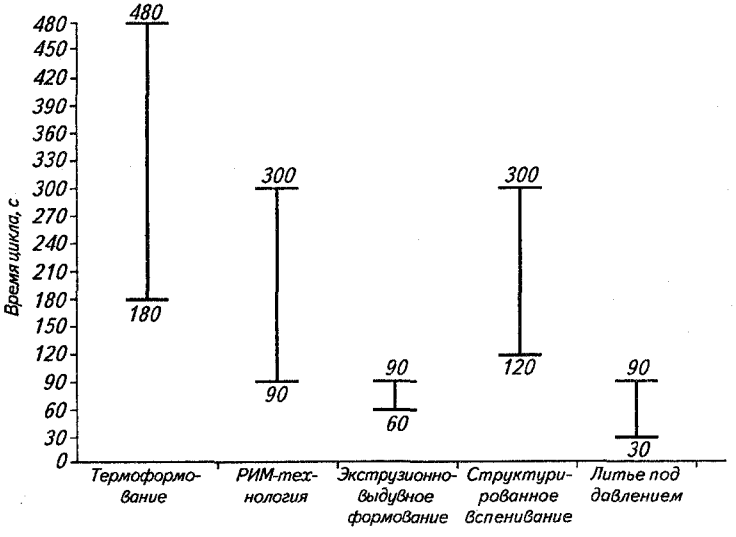


Рис. 6.2. Продолжительность цикла формования 1 куб. фута (0,028 м^3) изделий при основных способах переработки пластмасс

Оценивая условия труда по степени автоматизации и механизации различных способов переработки пластмасс, можно представить следующую очередность убывания этих возможностей на современном оборудовании: литье под давлением, экструзия, выдувание, центробежное формование, прессование со спеканием и механическое резание.

Как и в предыдущих примерах, реальная оснащенность выпускающего предприятия способна внести решающие коррективы в окончательный выбор способа формования заданного изделия.

Таблица 6.8. **Нормы расхода энергоресурсов в различных процессах переработки пластмасс на 1 т готовой продукции**

Наименование энергоресурсов	Экструзия			Литье под давлением	Прессование
	пленки	трубы	выдувные изделия		
Электроэнергия, кВт · ч/т	700—850	1000—1500	850—950	2000—3000	2600—4000
Вода оборотная, м^3/т	20—25	50—60	45—55	90—100	35
Тепловая энергия, Гкал/т	2—3	2—3	2—3	2—3	3—4
Сжатый воздух*, м^3/т	300—800	300—800	300—800	200—700	500—800

* Объем приведен к нормальным условиям.

Обобщим результаты решения задач, стоящих перед проектантом на этапе № 2 проектирования ЕТП.

Аналитическая оценка технологических способов изготовления изделий из ПМ (АП и пластмасс) иногда не позволяет выявить очевидного преимущества какого-либо из них перед другими, поскольку по одним показателям явным превосходством может обладать один способ, но по другим — совершенно иной. Для разрешения подобной ситуации существуют специальные методики экспертной оценки рассматриваемых способов, общим для которых является необходимость критериальной (с помощью условных коэффициентов) оценки сравниваемых показателей.

В простейшем варианте экспертной оценки коэффициенты, отражающие с точки зрения проектанта ТП уровень того или иного показателя, просто суммируются для каждого технологического способа отдельно по формуле

$$K_\Sigma = K_1 + K_2 + K_3 + \ldots + K_m$$

или с учетом приоритетности (долевой значимости) каждого из показателей по формуле

$$K_\Sigma = K_1 n_1 + K_2 n_2 + K_3 n_3 + \ldots\ldots + K_m n_m,$$

где n_1, n_2 и т. д. — поправочные коэффициенты, в сумме равные 1 и по отдельности выражающие долевую значимость сравнительных показателей, например $n_1 = 0{,}4$, $n_2 = 0{,}1$, $n_3 = 0{,}3$, $n_4 = 0{,}2$.

Более наглядным вариантом методики экспертной оценки анализируемых технологических способов переработки ПМ в заготовки и готовые изделия является табличная систематизация оценок, выражаемых проектантом ТП в виде условных баллов (табл. 6.9).

Таблица 6.9. **Оценка технологических способов изготовления изделий из пластмасс по 10-балльной системе* (на примере анализа способов изготовления из термопласта изделия типа «втулка»)**

Сравниваемые показатели	Возможные способы изготовления изделия				
	литье под давлением	прессование со спеканием	экструзия	центробежное формование	механическое резание
Прямое (без последующей доработки) обеспечение конфигурации изделия	10	10	8**	8**	10
Достигаемые характеристики качества:					
плотность ρ, кг/м³	10	10	8	7	—
прочность σ, МПа	10	10	7***	8	—
модуль упругости Е, ГПа	10	10	7***	8	—
ударная вязкость $a_к$, кДж/м²	10	9	8	7	—
Технико-экономические характеристики:					
трудоемкость $T_и$, чел.-ч	7	5	10	7	1
производительность П, шт/ч	10	6	8**	8**	1
энергоемкость Э, кВт · ч/т	6	5	10	7	3
расходный коэффициент $K_р$	10	8	9	9	1
степень сложности средств технического обеспечения $C_{сто}$	8	10	8	9	10
Условия труда:					
группа вредности по СНиП 2.09.04—87	7	7	7	7	3
доля ручного труда	10	7	8**	8**	5
Конкретное положение на данном предприятии:					
состояние технического оснащения	10	10	10	5	10
опыт освоения способа	10	10	10	5	10
Итого	128	117	118	104	54

* 1 — низший балл, 10 — высший балл.
** С учетом механической доработки торцевых частей втулки.
*** В трансверсальном направлении.

Принцип оценки технологических способов в произвольно выбранной балльной системе идентичен для всех показателей. Например, оценивая их возможности непосредственно воспроизводить заданную конфигурацию изделия, высший балл выставляют в тех случаях, когда для этого нет необходимости предусматривать какую-либо дополнительную технологическую операцию — токарную обработку, фрезерование, сверление, вытяжку, гнутье и т. п. Чем больше доля дополнительной доработки формы изделия, тем ниже оценочный балл.

При оценке влияния способа на физико-механические свойства изделия была принята во внимание лишь общая зависимость этих свойств от уровня давления формования, обусловливающего интенсивность теплопередачи, благоприятные условия для формирования надмолекулярной структуры ПМ, повышение степени его монолитности (плотности). При наличии данных о других факторах (возможностях регулирования кристаллообразования, остаточных напряжений и др. непосредственно во время формования) экспертная оценка рассматриваемых способов будет более точной.

Вместе с тем наряду с давлением учтена вероятность проявления некоторых нюансов формирования ПМ при переработке отдельными способами. В частности, при экструзии возможна частичная макромолекулярная ориентация ПМ в продольном направлении, способная снизить прочность изделия в поперечном (трансверсальном) направлении, а при центробежном формовании снижение уровня физико-механических свойств может быть обусловлено не только сравнительно низким давлением, но и неравномерным распределением его по толщине стенки изделия. Таким образом, при наличии негативных факторов, способных воспрепятствовать достижению заданных в ТТ эксплуатационных характеристик изделия, проектант вынужден снижать оценочный балл, выставляемый соответствующим способам формования.

Оценка технико-экономических возможностей выбранных для анализа способов формования осуществлена на основе данных о трудоемкости ($T_и$) их реализации (см. стр. 165); о достигаемой производительности (см. рис. 6.1) с коррекцией на необходимость в некоторых случаях (экструзия, центробежное формование) предусматривать дополнительную доработку изделий, снижающую производительность (П) процесса; об электропотреблении (Э) (см. табл. 6.8); о расходных коэффициентах ПМ ($K_р$), существенно зависящих от способа их переработки в изделия (см. раздел 4.4 и приложение П.7); о степени сложности средств технического обслуживания ($C_{сто}$) операций формования и механической обработки (см. табл. 6.6), от которой не-

посредственно зависят финансовые затраты не только на приобретение, но и на обслуживание СТО. При необходимости могут быть использованы и другие показатели, например приведенные в табл. 6.8 и на рис. 6.2.

Для оценки условий выполнения технологических процессов изготовления изделия выбраны два важных показателя, от которых зависит общее состояние производства, — безопасность труда операторов и экологическая защищенность окружающей среды. Так, например, согласно приведенному СНиП группа вредности при механической обработке ПМ — I-в, в то время как при выполнении других выбранных способов изготовления изделия — III-а. При оценке доли ручного труда опять-таки необходимо было сделать поправку на доработку изделий с большим объемом ручного труда в оговоренных выше случаях.

Оценка выбранных показателей состояния производства сделана в табл. 6.9 в общем плане, исходя из современного соотношения объемов переработки ПМ различными технологическими способами. Естественно, что в реальной обстановке оценка должна соответствовать состоянию производства на конкретно заданном предприятии.

В результате суммирования баллов по каждому возможному способу производства изделия выявляется наиболее весомый показатель, а вместе с ним и возможность для окончательного принятия решения. При этом необходимо иметь в виду, что сумма баллов не всегда может быть главным аргументом для этого. Например, в рассмотренном примере прессование и экструзия получили практически одинаковое число баллов, но они существенно отличаются по способности обеспечивать ТТ к физико-механическим свойствам заданного объекта производства и потому не могут считаться равнозначными. Кроме того, например в условиях единичного производства, обычно не располагающего высокотехнологичными видами СТО, самым рациональным способом изготовления изделия может оказаться механическая обработка заготовки из ПМ, набравшая в табл. 6.9 наименьшее число баллов. Отсюда проистекает необходимость всестороннего анализа обстоятельств, влияющих на выбор оптимального способа изготовления заготовок и готовых изделий.

Аналогичная балльная оценка используется и при обосновании выбора способов переработки в изделия непрерывно армированных пластиков (табл. 6.10). При этом, как это следует из приведенной таблицы, эксперты не всегда придерживаются единой концепции оценки различных характеристик. Например, стоимость оборудования оценена в прямом измерении, а не с точки зрения предпочтительности для выбора конкретного технологического способа, что может привести к ошибке.

Таблица 6.10. **Технико-экономическая оценка основных способов производства изделий из АП по 10-балльной системе***

Способы формирования заготовок и формования изделий	Сложность изделия	Прочность изделия	Стоимость оборудования	Производительность	Квалификация рабочих
Ручная выкладка	9—10	3	1	2	10
Намотка	4	10	6	6	2
Пултрузия	2	10	7	9	2
Напыление	9	2	4	4	10
Прессование	5—8	7	8—9	8	4
Автоклавное формование	9	6	9	1	6

* Баллы оценивают степень влияния способов производства на качество изделия и на технико-экономические показатели ТП: 1 — низший балл, 10 — высший балл.

6.3. АНАЛИЗ И ОТРАБОТКА ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ТЕХНОЛОГИЧНОСТИ КОНСТРУКЦИИ ИЗДЕЛИЯ (ЭТАП № 3)

Проектирование ТП должно начинаться после отработки конструкции объекта производства на технологичность, первоначально осуществляемой на проектно-конструкторском этапе и завершаемой при технологической подготовке производства (ТПП). Лишь в специально обоснованных случаях совершенствование технологичности конструкции изделия (ТКИ) может быть продолжено и в период его изготовления. Объясняется такая необходимость тем, что отработка ТКИ по определению способствует повышению уровня технико-экономических показателей проектируемого ТП, поскольку *технологичность конструкции изделия* — это совокупность свойств конструкции изделия, определяющих ее приспособленность к достижению оптимальных затрат при производстве, эксплуатации и ремонте для заданных качества, объема выпуска и условий выполнения работ.

Согласно ГОСТ 14.201—83 обеспечение ТКИ предусматривает взаимосвязанное решение конструкторских и технологических задач, направленных на повышение производительности труда, достижение оптимальных трудовых и материальных затрат, сокращение времени на производство, в том числе и на монтаж вне предприятия-изготовителя, техническое обслуживание и ремонт. Следовательно, в широком понимании ТКИ призвано снижать перечисленные затраты не только при производстве, но и при эксплуатации и ремонте изделий, что предопределяет классификацию ТКИ по соответствующим видам и разновидностям (рис. 6.3).

Классификация ТКИ по методам воздействия на технологическую рациональность и преемственность конструкции изделия объясняет-

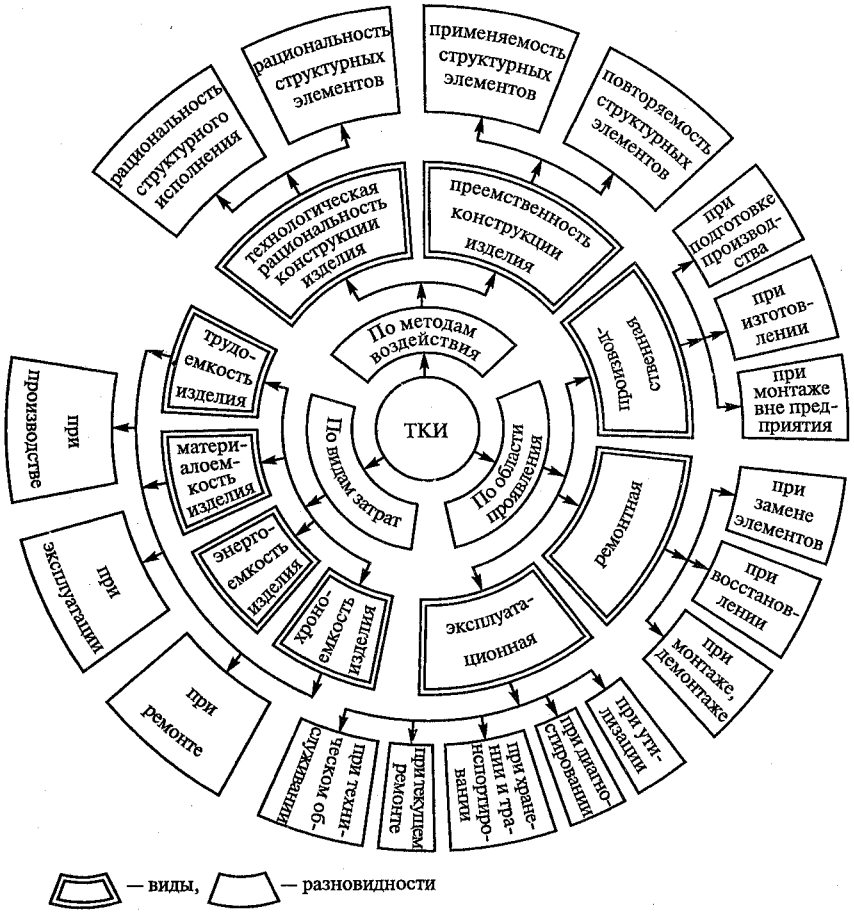


Рис. 6.3. Классификация технологичности конструкции изделия (ТКИ) по видам и разновидностям

ся тем, что направленные изменения этих конструктивно-технологических признаков изделия наиболее существенно влияют на снижение трудо-, материало- и хроноемкости во всех сферах существования изделия. Последовательный анализ этих признаков, представляющих собой две стороны одного понятия, называемого ТКИ, позволяет всесторонне рассмотреть конструкцию изделия с позиции технологических интересов.

Технологическая рациональность конструкции изделия — совокупность свойств изделия, выражающих его технологичность с

точки зрения соответствия принятых конструктивных решений условиям производства и эксплуатации.

Условия производства и эксплуатации определяются возможностями эффективного использования трудовых и материальных ресурсов, исходя из принятых норм и нормативов, с учетом перспективы технического перевооружения этих сфер в течение всего планируемого периода выпуска и применения изделия в соответствии с данными прогнозов совершенствования конструкции изделия и конструкционных материалов, методов и средств изготовления, технического обслуживания и ремонта техники.

Технологическая рациональность конструкции изделия является динамической характеристикой, поскольку ее уровень непрерывно меняется соответственно изменяющимся методам и средствам изготовления, технического обслуживания и ремонта в результате последовательного внедрения достижений, накопленных на уровне данного предприятия, данной отрасли, всей промышленности, а также на уровне мирового индустриального развития.

Преемственность конструкции изделия представляет собой совокупность тех свойств изделия, которые выражают технологичность его конструкции с точки зрения единства повторяемости и изменяемости принятых в ней инженерных решений. При этом различают конструктивную и технологическую преемственность изделия.

Конструктивная преемственность изделия предполагает единство повторяемости составных частей в данном исполнении изделия или рассматриваемом множестве его исполнений и применяемости в них новых составных частей, обусловленных новизной требований к изделию или множеству его исполнений по их функциональному назначению, условиям производства или эксплуатации.

Технологическая преемственность конструкции изделия — это единство повторяемости и изменяемости технологических методов выполнения, поддержания и восстановления элементов конструкции изделия, учитываемых при его конструировании.

Показатели оценки ТКИ приведены в типовом перечне показателей технологичности (ГОСТ 14.201—83), из которых необходимо выбирать минимальное, но достаточное их число для оценки технологичности конкретного изделия. При этом перечень выбранных показателей должен быть единым для конструктора и для технолога (табл. 6.11).

Выбор показателей оценки ТКИ — сложная инженерная задача, поэтому ее решение согласно ГОСТ 14.202—73 регламентировано правилами выбора, которые различают качественную и количественную оценку.

Качественная оценка характеризует ТКИ обобщенно на основании опыта исполнителя («хорошо—плохо», «допустимо—недопустимо» и т. д.) и предпочтительна при проектировании

конструкции изделия. Качественная оценка предшествует количественной и предопределяет ее целесообразность.

Таблица 6.11. **Рекомендуемый перечень показателей ТКИ в области производства изделий из ПМ**

Показатели ТКИ	Виды изделий			
	деталь	сборочная единица	комплекс	комплект
Трудоемкость изготовления	+	+	+	+
Удельная трудоемкость изготовления	—	+	+	—
Удельные материально-технические и энергетические затраты	—	+	+	—
Технологическая себестоимость	+	+	+	+
Трудоемкость монтажа	—	+	+	—
Коэффициент применяемости материала	—	+	—	—
Коэффициент унификации конструктивных элементов	+	—	—	—
Коэффициент сборки	—	+	+	—

Количественная оценка ТКИ характеризует степень удовлетворения требований к технологичности конструкции на основании расчетных данных и особенно необходима при отработке ТКИ на подготовительной стадии проектирования ТП. При этом уровень технологичности ($K_{ут}$) может быть определен как отношение достигаемого показателя технологичности ($Т_и$) к величине базового показателя трудоемкости изготовления изделия ($Т_{иб}$):

$$K_{ут} = Т_и/Т_{иб};$$

аналогично, уровень технологической себестоимости ($K_{ус}$) — как отношение достигаемой технологической себестоимости изделия ($С_и$) к соответствующему базовому показателю ($С_{иб}$):

$$K_{ус} = С_и/С_{иб}.$$

Коэффициент унификации конструктивных элементов детали ($K_у$) есть отношение числа унифицированных (преемственных) элементов конструкции ($Э_у$) к общему числу элементов детали ($Э_Σ$):

$$K_у = Э_у/Э_Σ$$

и т. д.

Выбор базовых показателей технологичности конструкции, относительно которых в результате отработки ТКИ будет определяться уровень достигаемой технологичности, является исходным действием при количественной оценке ТКИ. Номенклатуру базовых показателей выбирают с учетом их экономической значимости, методики их определения и опытно-статистических (или расчетных) данных. При этом допускается также дополнительное сравнение вариантов или результатов отработки ТКИ по показателям, не числящимся в составе базовых, но влияющих на технологичность данного изделия.

В соответствии с целью и задачами проектирования ТП ниже рассматриваются объекты для анализа и отработки ТКИ в производственной области (табл. 6.12).

Таблица 6.12. **Задачи этапа № 3 и условия для их решения**

Задачи	Основные документы, необходимые для решения задач	Критерии выбора решений
3.1. Анализ и отработка преемственности конструкции изделия	Рабочий чертеж изделия Технические требования к изделию	$K_{ут} \le 1$ $K_{ус} \le 1$
3.2. Анализ и отработка технологической рациональности конструкции изделия	Базовые показатели ТКИ ГОСТ 14.201—83, ГОСТ 14.202—73, ГОСТ 14.203—73, ГОСТ 14.204—73	$K_у \to 1$ $K_{им} \to 1$
3.3. Оформление замечаний и предложений	Паспорт ПМ	

6.3.1. АНАЛИЗ И ОТРАБОТКА ПРЕЕМСТВЕННОСТИ КОНСТРУКЦИИ ИЗДЕЛИЯ

Принцип преемственности конструкции изделия позволяет обеспечивать экономически выгодную преемственность ТП и СТО. Первая возможность рационализирует (ускоряет, снижает все виды затрат, повышает качество) процесс проектирования ТП для изготовления заданного объекта производства. Вторая возможность проявляется, в частности, в снижении затрат на изготовление оправок и формующих инструментов благодаря многократному использованию деталей этих видов оснастки, которые воспроизводят **конфигурацию преемственных (унифицированных) элементов** конструкции изделий (табл. 6.13).

Помимо преемственности конфигурации изделий из ПМ анализу подвергается и **преемственность типоразмеров** этих изделий или отдельных унифицированных элементов с целью оптимизировать режимы переработки и, следовательно, условия формирования ПМ, снижая процент бракуемой продукции и улучшая показатели свойств изделия, обусловленные ТТ. Примеры такой зависимости показаны в табл. 6.14, где влияние типоразмеров различных по конфигурации изделий из ПМ выражено через коэффициенты, учитывающие ответственность детали в условиях эксплуатации (S) и влияние концентраторов напряжения (K), ответственных за реализацию заданных свойств изделия.

Таблица 6.13. **Примеры нетехнологичных и преемственных технологичных элементов изделий из пластмасс**

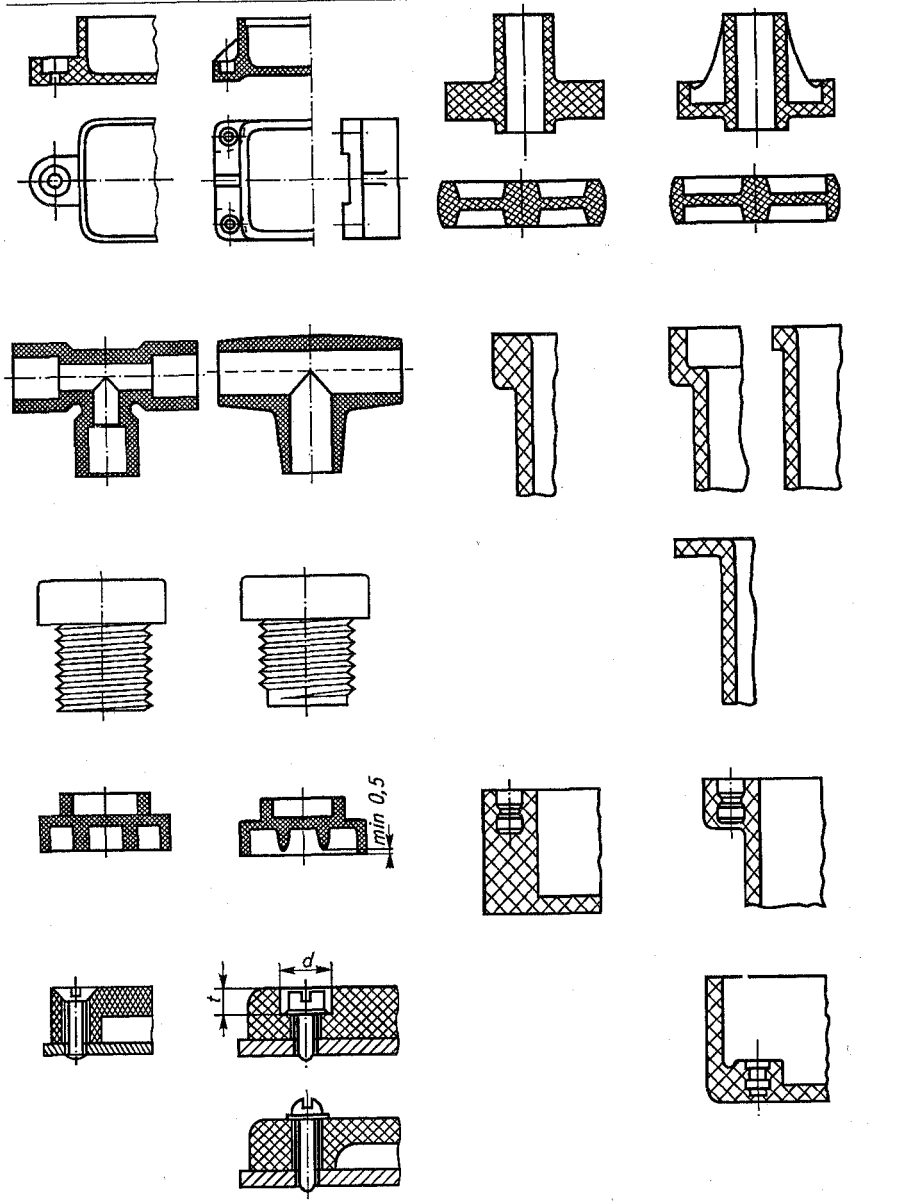
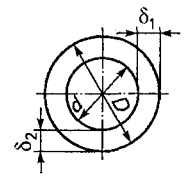
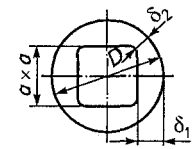
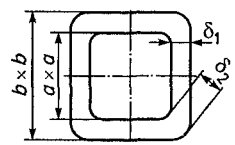
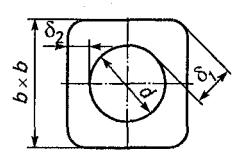
Нетехнологично	Технологично	Нетехнологично	Технологично
			

Таблица 6.14. **Типы конструкций изделий из пластмасс**

Образец	Тип	Размеры, коэффициенты	Номинальное значение размера, мм, для изделий типоразмеров 1—4			
			1	2	3	4
	А	D	50	80	120	180
		d	30	60	100	160
		$\delta_1 = \delta_2$	10	10	10	10
		h^*	5	7	10	10
		K	1,0	1,0	1,0	1,0
		S	6,0	4,85	4,02	3,99
	Б	D	30	80	120	180
		a	20	40	80	120
		δ_1	10	20	25	30
		δ_2	—	12	14	16
		h	2	1	10	10
		K	1,42	1,66	1,78	1,87
		S	14,49	4,06	3,41	2,94
	В	B	30	50	100	180
		a	20	30	80	150
		δ_1	7	14	14	21
		δ_2	5	10	10	21
		h	2	5	10	10
		K	1,4	1,4	1,4	1,4
		S	14,0	6,0	4,0	3,32
	Г	B	30	50	100	180
		d	20	30	80	150
		δ_1	9	19	26	39
		δ_2	5	10	10	10
		h	2	5	10	10
		K	1,8	1,9	2,6	3,9
		S	13,1	5,64	3,31	2,81

* h — высота образца.

Технологическая рациональность изделий, в конструкции которых использован принцип преемственности, проявляется и в предпочтительном выборе ПМ — **преемственности ПМ** — из числа многократно применявшихся для изготовления аналогичных изделий. Этим в известной мере можно объяснить тот факт, что более 95 % полимерной продукции изготавливается из базовых полимеров, выпускаемых промышленностью общим числом, не превыша-

ющим нескольких десятков видов. Но и для остальных 5 % изделий рекомендуется в качестве первого шага при анализе выбранного конструктором ПМ рассмотреть возможности базового полимера.

Оценивая в целом влияние преемственности унифицированных конфигураций, рациональных типоразмеров и ПМ на результаты проектирования и организации ТП, следует особо отметить возможности увеличения производительности труда и объемов выпуска изделий, унификации выбора и обслуживания СТО, снижения трудоемкости переработки ПМ и себестоимости изделий из них. Тенденция к обеспечению конструктивной и технологической преемственности позволяет эффективно реализовывать прогрессивные конструкторские наработки специалистов, сделанные в научной и производственной сферах деятельности, при эксплуатации и ремонте изделий. Лучшие из этих наработок становятся типовыми и могут быть стандартизованы. И тогда, если обобщенный показатель унификации и стандартизации ($K_{унст} = K_у + K_{ст}$) достигает 0,7—0,8, цикл создания и освоения новой техники сокращается на 15—25 %.

6.3.2. АНАЛИЗ И ОТРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ РАЦИОНАЛЬНОСТИ КОНСТРУКЦИИ ИЗДЕЛИЯ

Производственную технологическую рациональность конструкции изделия характеризует возможность его изготовления с использованием имеющихся на выпускающем предприятии трудовых, материальных, технических, энергетических и других ресурсов. И поскольку ресурсные возможности вариабельны, технологическую рациональность конструкции изделия необходимо проанализировать и заново отработать к началу проектирования ТП, учитывая сложившиеся к этому моменту условия ТПП.

Уровень технологической рациональности конструкции изделия регулируется посредством целесообразного выбора типа и построения структуры изделия, определения его составных частей, конструктивных элементов, материалов и обеспечения оптимальной их преемственности. При этом регулирование рекомендуется осуществлять, начиная с признаков общего характера и переходя затем к признакам, обусловленным конкретно выбранным способом изготовления изделия.

К общим признакам технологической рациональности конструкции изделия относят обычно простоту формы, минимизацию подетального членения конструкции, выбор наиболее технологичного ПМ, сокращение номенклатуры ПМ в составе одной конструкции и некоторые другие признаки. Во всех случаях оптимизация коэффициентов уровня технологичности ($K_{ут}$) и себестоимости ($K_{ус}$) достигается на основе принципа упрощения, или симплификации (от английского слова simple — простой).

Симплификация формы изделия обусловливает снижение его группы сложности, что в качестве технико-экономического последствия имеет снижение нормы расхода ПМ (см. главу 4) и, следовательно, повышение $K_{им}$, удешевление изготовления и обслуживания СТО, рост производительности труда и совершенствование качества продукции на всех этапах переработки ПМ. В разных конкретных случаях симплификация формы изделия может достигаться по-разному — заменой лекальных поверхностей на круглые, двойной кривизны — на одинарную, рельефной поверхности (за счет выступов, углублений, поднутрений, перепадов толщин и т. п.) — на гладкую или менее рельефную, асимметрии — на симметрию и т. д. Естественно, этот принцип не затрагивает тех случаев, когда форма изделия обусловлена специальными требованиями — стремлением к повышенной формоустойчивости конструкции, необходимостью сопряжения с другими деталями в сборочном узле, соображениями художественного конструирования и др. Однако во всех случаях практическим критерием оценки простоты формы конструкции принято считать степень сложности извлечения готового изделия из формующего инструмента.

Минимизация подетального членения полимерных конструкций обусловлена стремлением снизить трудоемкость и себестоимость их изготовления за счет исключения технологических операций раздельного формования деталей и их последующей сборки, что в полной мере присуще цельнопластиковым изделиям. Вместе с тем необходимость подетального членения полимерных конструкций может быть предопределена рядом объективных причин, среди которых наиболее типичны несоответствие размеров крупных изделий возможностям современных технических средств формования, требования эксплуатационников к простоте обслуживания и ремонтопригодности изделий, а также необходимость выполнения отдельных элементов конструкции из разнородных материалов (металлов, керамики, ПМ на различной основе).

Особое место среди причин членения полимерных изделий на отдельные элементы принадлежит технологии изготовления интегральных конструкций из АП, основывающейся на совмещении процессов изготовления изделий и АП. При этом сборка интегральных конструкций осуществляется на этапе формирования заготовки изделия из полуфабриката АП (препрега) и готовых деталей (сотовых и других заполнителей, вставок, профильных ребер жесткости и прочих элементов) на специальных видах оснастки — оправках. Такая сборка должна обеспечивать возможность регулирования заданной схемы армирования АП, качества соединения сопрягаемых элементов, допусков на форму готового изделия (точность обводов, волнистость поверхности и т. д.). Собранная таким образом заготовка монолитизируется матричным

и клеевым способами в процессе выполнения операции формования изделия.

Общими признаками рациональности членения полимерной конструкции на составные части по их числу и форме являются минимальные трудоемкость и себестоимость изготовления изделия, определяемые суммированием соответствующих показателей выполнения технологических операций формования и сборки этих элементов.

Выбор наиболее технологичных ПМ осуществляется с целью совершенствования технико-экономических и экологических показателей производства при условии обязательного выполнения требований к качеству изделия. Именно такой акцент на первоочередность обеспечения производственной технологической рациональности изделия принципиально отличает методику обоснования выбора ПМ при проектировании ТП от выбора ПМ при конструировании изделия.

Руководствуясь техническим заданием от потребителя, конструкторская группа осуществляет систематизированный выбор ПМ, сопоставляя в первую очередь их эксплуатационные свойства с техническими требованиями (ТТ) к качеству изделия. Даже учет отдельных технологических свойств, в частности температурного коэффициента линейного расширения (ТКЛР) и усадки, в основном преследует цель обеспечить такую эксплуатационную характеристику, как размерная точность. В результате при конструировании в один сравнительный ряд могут попасть ПМ, перерабатываемые различными технологическими способами, например литьевыми и прессовыми. Все это обусловливает для разработчика ТП необходимость критического переосмысления выбора ПМ, сделанного при конструировании изделия. Результатом анализа может стать как подтверждение правильности ранее сделанного выбора, так и обоснование необходимости замены ПМ.

Сравнительный анализ ПМ может выполняться на различных уровнях: сопоставлением свойств разных промышленных марок одного и того же ПМ; близких по эксплуатационным и технологическим возможностям видов ПМ или основных компонентов (связующих и наполнителей) взаимозаменяемых составов ПКМ. В качестве примера осуществления анализа и системного выбора ПМ предлагается рассмотреть сопоставление видов пластмасс, применяемых для изготовления изделий пневмовакуумным формованием (табл. 6.15).

Согласно современной методике обоснования выбора ПМ при проектировании ТП необходимо учитывать характеристики по четырем группам свойств — технологические, эксплуатационные, экологические (как в производственных, так и в эксплуатационных условиях) и производственные технико-экономические. К технологическим относят те свойства ПМ, которые предопределяют рациональный способ и оптимальные режимы их

Таблица 6.15. **Анализ и системное обоснование выбора ПМ* (на примере изготовления изделия пневмовакуумным формованием)**

Показатели свойств ПМ	Задаваемый уровень свойств (по ТТ, ТУ)	Свойства[2*] ПМ № 1 (по чертежу изделия — УПС)	Свойства[2*] других возможных ПМ			Приоритетность свойств[3*]	Очередность пригодности ПМ (№ ПМ)[4*]	Окончательный выбор
			№ 2(ПП)	№ 3 (ПММА)	№ 4(ПВХ)			
Технологические:								
температура нагрева листовой заготовки, К	≤ 433	408 (388—423)	443 (423—463)	433 (393—473)	398 (363—433)	А	4, 1, 3 (2)	
теплопроводность (при 293—373 К), Вт/(м · К)	≥ 1,2	1,5 (1,2—1,8)	1,8 (1,7—1,9)	1,5 (1,3—1,7)	0,155 (0,15—0,16)	А	2, 1, 3 (4)	
усадка, %	≤ 1,2	0,8 (0,4—1,2)	1,75 (1,0—2,5)	0,4 (0,2—0,6)	0,3 (0,1—0,5)	Б	4, 3, 1 (2)	
Эксплуатационные:								
прочность при разрыве, МПа	≥ 30	30	30	75	50	Б	3, 4, 1, 2	**УПС**
ударная вязкость, кДж/м²	≥ 40	45—50	80—85	13—15	70—80	А	2, 4, 1 (3)	
теплостойкость по Мартенсу, К	340	348	433	343	338	В	2, 1, 3 (4)	
водопоглощение за 24 ч, %	≤ 0,3	0,1	0,0	0,20—0,27	0,4—0,6	А	2, 1, 3 (4)	
Экологические:								
наиболее опасные летучие	—	Стирол	Оксид углерода	Метилметакрилат	Хлороводород	—	—	
удельные выделения, г/кг	—	0,1—0,6	0,2—1	1—5	—	—	—	
ПДК[5*], мг/м³	—	0,003	1,0	0,1	0,2	—	—	
класс опасности	≥ 3	3	4	3	2	Б	2, 1, 3 (4)	
Технико-экономические (относительная стоимость 1 кг исходного ПМ)	≤ 1	1	0,9	1,7	0,7	Б	4, 2, 1 (3)	

*УПС — ударопрочный полистирол; ПП — полипропилен; ПММА — полиметилметакрилат; ПВХ — поливинилхлорид.

2* В скобках даны интервалы разброса показателей свойств.

3* А, Б, В, Г — степени важности (по убывающей) соответствующего показателя свойств.

4* Приведены номера ПМ в порядке убывания степени их пригодности по соответствующему показателю. В скобках указан номер ПМ, не пригодного по данному свойству.

5* ПДК — предельно допустимая концентрация среднесуточная.

переработки в изделие, состав операций и, следовательно, технико-экономические показатели ТП (см. приложение П.8). Выбираемые для анализа технологические свойства зависят от физических и химических процессов, сопровождающих производство и переработку ПМ в изделие (табл. 6.16). От согласованности этих процессов с технологическими свойствами ПМ и их компонентов зависит достигаемый уровень заданных эксплуатационных свойств, в частности, значения коэффициентов реализации механических свойств — прочности, модуля упругости, ударной вязкости и др. (см. раздел 2.1). Следовательно, обоснованный выбор перечня технологических свойств для анализа ПМ — ответственная задача для проектанта ТП, при решении которой могут быть использованы существующие практические рекомендации (см. приложение П.9).

Таблица 6.16. **Основные процессы, протекающие при переработке пластмасс, технологические свойства и стандартные параметры**

Процесс	Технологическое свойство	Стандартизуемый параметр, стандарт на метод определения
Деформированное (вязкое течение, растяжение):		
с развитием необратимой (пластической) деформации	Вязкость, характеризующая сопротивление течению	ПТР (в г за 10 мин) ГОСТ 11645—73
с развитием и накоплением обратимой (высокоэластичной) деформации	Модуль высокоэластичности, характеризующий сопротивление развитию деформации	—
с релаксацией параметров деформирования после его прекращения	Характерное время релаксации, характеризующее скорость релаксационного процесса; константа релаксационного процесса	—
Деструкция (термоокислительная, гидролитическая, механическая под действием температуры, кислорода, влаги и механических напряжений)	Стойкость к деструкции, характеризующая способность сохранять свойства (технологические, эксплуатационные) и цвет	Период термостабильности расплава (в мин); коэффициент термостабильности $K_{ст}$ (отношение двух ПТР после нагрева в течение разных периодов времени). Методика НПО «Пластмассы»
Нагревание, охлаждение	Теплопроводность, температуропроводность и теплоемкость	Коэффициенты теплопроводности и температуропроводности, удельная теплоемкость при стандартной температуре. ГОСТ 23630—79

Продолжение

Процесс	Технологическое свойство	Стандартизуемый параметр, стандарт на метод определения
Кристаллизация и плавление	Характеристики кристаллизации и плавления [интервал кристаллизации, температура плавления, температура начала плавления, теплота плавления (кристаллизации)]	Температура плавления. ГОСТ 21553—76
Изменение объема при воздействии температуры и давления	Тепловое расширение и сжатие	Коэффициент линейного теплового расширения при стандартной температуре. ГОСТ 15173—80
Прилипание к форме, каландрам, вальцам и другим рабочим органам перерабатывающего оборудования	Адгезия между приведенными в контакт пластмассой и металлом	Сила выталкивания стандартного изделия, отлитого при определенных параметрах; время до начала прилипания к вальцам. Нормативно-техническая документация на пластмассу
Сорбция влаги (увлажнение), например при нахождении ПМ в бункере	Влажность, характеризующая гигроскопичность пластмассы (способность увлажняться в среде влажного воздуха)	Равновесное влагопоглощение $В_{ст}$ (в %) в стандартных условиях (относительная влажность воздуха 50—60 %, температура 20—23 °С). ГОСТ 4650—80
Уплотнение гранул или порошка, например при прессовании или пластикации	Характеристики сыпучих материалов в твердом состоянии (насыпная плотность, сыпучесть, гранулометрический состав и др.)	Насыпная плотность (в кг/м^3); время (в с) или скорость истечения пластмассы через отверстия стандартной конической воронки (в кг/с); угол естественного откоса; содержание частиц определенного размера, выраженное в % от массы исследованного образца. Нормативно-техническая документация на пластмассу

Выбор в числе технологических свойств показателя температуры листовой заготовки в зоне эластического состояния ПМ обусловлен стремлением снизить энергоемкость, а сопоставление характеристик теплопроводности ПМ — снизить трудоемкость и повысить производительность процесса формования, поскольку с уменьшением теплопроводности возрастает продолжительность нагрева листовой заготовки, например с 30 мин для УПС, ПП и ПММА до 60 мин для ПВХ. Выбор показателя усадки влияет на норму расхода ПМ (см. раздел 4.4.5), на квалитет размерной точности и, следовательно, на процент брака готовой продукции.

Сопоставление экологических и технико-экономических характеристик также направлено на совершенствование ТП изготовления заданного изделия. Выбор экологических характеристик обусловлен стремлением обеспечить безопасность труда и предотвратить дополнительные издержки на защиту окружающей среды от токсичных летучих продуктов (см. приложения П.10 и П.18).

Выбор технико-экономических характеристик, непосредственно влияющих на показатели ТП, зависит от наличия фактических данных. Наиболее исчерпывающим показателем можно считать среднестатистическую себестоимость переработки ПМ выбранным технологическим способом, которая комплексно учитывает не только стоимость сырья, но и норму его расхода, удельные энерго- и трудозатраты. При отсутствии данных о себестоимости продукции можно ограничиться соотношением показателей стоимости различных ПМ на текущий период времени.

При комплексном анализе всех данных табл. 6.15 обращает на себя внимание тот факт, что выбранный конструктором вид ПМ не является лучшим ни по одному из показателей рассматриваемых свойств. Однако сделанный вывод подтверждает правильность первоначального выбора, поскольку другие ПМ, являясь лучшими по отдельным показателям свойств, оказываются неудовлетворительными по наиболее приоритетным из них. Определив вид ПМ, остается сделать уточняющий анализ для определения марки УПС (см. приложение П.11).

Сокращение номенклатуры (типизация) ПМ касается в основном сборочных единиц и направлено на упрощение ТПП и функционирования ТП изготовления изделия. Помимо экономии трудовых, энергетических и капитальных ресурсов типизация обеспечивает снижение материалоемкости изделия — одного из важнейших показателей технологичности его конструкции.

При отработке технологической рациональности сборочных единиц имеют место также такие приемы, как обеспечение достаточных подходов для сборки-разборки при монтажных работах и эксплуатационном обслуживании, применение компенсаторов вместо достижения высокой точности и взаимозаменяемости сопрягаемых при сборке деталей, ориентация

на определенный метод сборки, что сокращает число ТО со всеми вытекающими организационными и технико-экономическими последствиями для конкретного производства.

Отработка технологической рациональности конструкции изделия в соответствии с выбранным способом производства — заключительный этап совершенствования производственной технологичности изделия, которому посвящено большое количество справочной и учебной литературы. Основная задача — скорректировать конструкцию объекта производства (внешние контуры полимерных изделий и внутреннюю конструкцию ПКМ для изделий, прежде всего выполненных из АП) с учетом процессов, сопровождающих формование изделия конкретным технологическим способом. Например, это необходимо для обеспечения равномерности нагрева и охлаждения, оптимизации течения и усадки, регулирования кристаллообразования и отверждения ПМ. Поскольку конструкции изделий и способы их изготовления из пластмасс и АП существенно отличаются, целесообразно рассмотреть принципы отработки их технологической рациональности отдельно.

Технологическая рационализация конструкций пластмассовых деталей сводится по существу к рационализации их конфигурации. При этом комплекс требований к форме изделия обусловлен стремлением оптимизировать заполнение формующего инструмента расплавом ПМ и обеспечить беспрепятственное извлечение из него готовой детали, а также предотвратить ее коробления при последующем хранении и использовании.

Оптимизация заполнения обеспечивается:

— допустимыми размерными соотношениями между длиной h (высотой, глубиной в мм) и толщиной (S, мм) стенок деталей; например, для изделий из отверждающихся ПМ

$$S_{\min} = \frac{2h}{L-20} + \frac{1}{\lg a_k},$$

а для деталей из термопластов

$$S_{\min} = 0{,}8(\sqrt[3]{h} - 2{,}1),$$

где L — текучесть по Рашигу, мм; a_k — удельная ударная вязкость ПМ, кДж/ м^2;

— радиусами закруглений, величина которых зависит от толщины стенок и вязкости расплавов ПМ, меняясь в диапазоне от 0,5 до 3 мм и более;

— выполнением комплекса требований к конфигурации резьб, тиснений, накаток, рифлений и другим конструктивным элементам пластмассовых деталей.

Для упрощения извлечения деталей из формующих инструментов требуется:

— избегать поднутрений, выступов, боковых отверстий, знаков, чтобы иметь возможность использовать более надежные и деше-

вые неразъемные формы без выдвижных знаков и других усложняющих элементов;

— предусматривать технологические уклоны по высоте детали, причем на внутренних поверхностях больше (30′, 1°, 2°), чем на внешних (15′, 30′, 1°);

— избегать разнотолщинности стенок; если она все же необходима по конструктивным соображениям, то она не должна превышать при прессовании соотношения 2 : 1, при литье реактопластов — 5 : 1, а при литье термопластов — 1,5 : 1 (максимум 2 : 1);

— применять рациональные схемы сопряжения стенок и оформления стандартных элементов пластмассовых деталей (см. табл. 6.13).

Для предотвращения коробления готовых деталей рекомендуется:

— предусматривать систему монолитных ребер жесткости с рациональной (сбалансированной по отношению к остаточным напряжениям) схемой и определенным соотношением размеров;

— заменять плоские поверхности (особенно для днищ и крышек) на вогнутые (выпуклые);

— использовать сбалансированную схему подведения литников к поверхности пластмассовой детали;

— обеспечивать стандартные размеры металлической арматуры и схемы ее фиксации технологическими знаками, а также минимальную толщину слоя пластмассы вокруг нее.

К сказанному об отработке технологической рациональности конструкции пластмассовых деталей следует добавить правила обеспечения квалитетов для их размеров (см. раздел 3.5).

Технологическая рационализация конструкции изделий из АП имеет некоторые принципы, общие с принципами обеспечения производственной технологичности изделий из пластмасс, когда речь идет о внешней конфигурации. Определенные отличия в этом случае проявляются под влиянием масштабного фактора (см. раздел 2.2.2), волокнистой структуры наполнителя и технологических особенностей переработки АП. Например, требования по обеспечению технологичности изделий, изготавливаемых намоткой АП, предписывают меры, аналогичные таковым для пластмассовых изделий:

— избегать острых кромок и углов, резких переходов от одной части изделия к другой (предотвращая в данном случае поломку армирующих волокон);

— упрощать поднутрения и выступы на внутренней поверхности изделий, а по возможности избегать их, чтобы не усложнять оснастку (оправки) для намотки;

— стремиться избегать отверстий, а при их неизбежности отдавать предпочтение ромбической форме, обусловленной направлениями укладки армирующих волокон;

— при проектировании круглых отверстий предусматривать окантовку краев слоями АП, например препрегом на основе стеклоткани.

Принципиально отличной особенностью технологической рационализации таких конструкций является увязка «внутренней» конструкции композиционного АП с факторами внешнего воздействия (механическими, тепловыми, звуковыми и др.) на изделие в процессе его изготовления и эксплуатации. Наиболее употребимы четыре разновидности такой увязки — обеспечение формоустойчивости конструкции изделия, согласование анизотропии его свойств с векторами внешнего силового поля, регулирование свойств по сечению изделия и максимальная реализация механических и других свойств армирующих элементов (волокон, нитей, жгутов и др.) в составе АП, образующего конструкцию изделия.

Формоустойчивость конструкции изделия (устойчивость к короблению, повóдкам, искажению геометрической формы) рекомендуется обеспечивать, помимо использования основных конструктивных приемов в виде ребер жесткости и трехслойных конструкций, технологическими способами балансировки схемы армирования АП. Это особенно важно в производстве изделий с большими плоскими поверхностями (щитов, панелей, поддонов и т. п.), изготавливаемых из пакетов листовых заготовок (раскроенных препрегов, тканых полуфабрикатов и т. п.). Формоустойчивость таких конструкций зависит от способности сопротивляться действию остаточных напряжений, возникающих в АП в ходе формования изделия под действием механических, термических, усадочных, диффузионных и других факторов. Например, при использовании пятислойного пакета листовых заготовок сбалансировать действие остаточных напряжений удается, используя симметричную схему укладки армирующих волокон под углами: 0°—45°—90°—45°—0°.

Согласование анизотропии свойств изделия из АП с векторами внешнего поля нагружения зависит не только от наличия прецизионных видов оборудования, например намоточных установок. Для решения данной задачи нередко приходится увязывать схему армирования изделия с возможностями модификации выбранного способа его изготовления, в частности, сочетать намотку и выкладку, пултрузию (обеспечивающую продольное армирование) и намотку (обеспечивающую поперечную, спиральную и комбинированные схемы армирования). В результате возможности для реализации ТТ к качеству изделий из АП значительно расширяются.

Технологическое обеспечение равномерности состава, структуры и свойств изделий из АП нередко становится проблематичным из-за разнотолщинности элементов изделия. Попытки решить проблему, выкладывая дополнительные слои препрега, не всегда приводят к успеху. Подобный случай показан на рис. 6.4, где изображена лопатка вентилятора, замковая (крепежная) часть которой конически расходится от основания тонкой перовой (рабочей) части. Такую конструкцию, за-

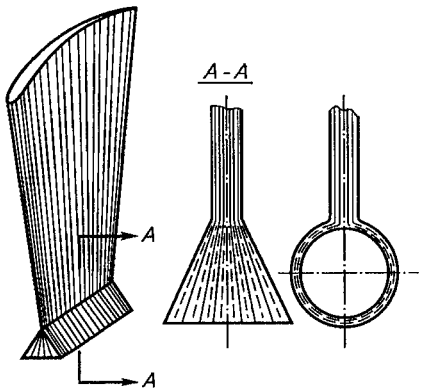


Рис. 6.4. Пример технологической рационализации конструкции замковой части вентиляторной лопатки из армированного пластика

имствованную у металлического прототипа лопатки, невозможно сформировать из пакета цельных листовых заготовок, и приходится делать вставки (показаны штриховыми линиями), нарушающие непрерывность армирования, т. е. ослабляющие АП.

Технологическая рационализация конструкции замковой части лопатки может быть выражена в отказе от традиционной конической формы сечения в пользу цилиндрической, позволяющей формировать заготовку лопатки (заодно перовую и замковую ее части) из непрерывных листовых заготовок, обеспечивая необходимую равномерность состава и армирующей структуры АП.

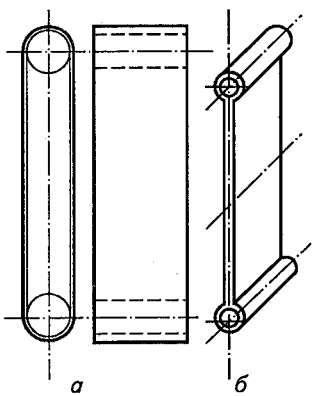


Рис. 6.5. Принципиальные схемы намотанной заготовки (*а*) и отформованного сдвоенного изделия (*б*) до разрезания на отдельные лопатки

Технологическое обеспечение максимальной реализации механических свойств АП при изготовлении изделий было подробно рассмотрено выше (см. раздел 2.2.3), а в плане достижения того же эффекта путем технологической рационализации конструкции изделия может быть проиллюстрировано на том же примере вентиляторной лопатки.

Известно, что наибольшую отдачу (максимальные коэффициенты реализации механических свойств) армирующие волокна обеспечивают при фиксированном натяжении в ходе формирования заготовок изделия, например при намотке. Очевидно, что конструкция лопатки с цилиндрической замковой частью идеально обеспечивает такую возможность, если формировать заготовку сразу для двух лопаток (рис. 6.5).

Окончательно формование данного изделия нужной конфигурации — это прессование полученной заготовки с последующим разрезанием на два готовых изделия по разделительной линии (см. рис. 6.5, *б*).

Таким образом, из рассмотренных примеров следует вывод, что технологическая рационализация конструкции изделия способна не только повышать эффективность использования АП (совершенствовать качество продукции), но и обеспечивать проектирование ТП изготовления изделий на более совершенном уровне, предопределяя повышение основных технико-экономических показателей производства.

6.4. ПОИСК ПРОТОТИПА ЕТП (ЭТАП № 4)

В соответствии с общими правилами (ГОСТ 14.301—83) единичный технологический процесс (ЕТП) разрабатывают на основе имеющегося типового или группового ТП. При их отсутствии (в определенной классификационной группе) ЕТП должен разрабатываться на основе использования ранее принятых прогрессивных решений, содержащихся в действующих ЕТП изготовления аналогичных изделий.

Обоснованием необходимости поиска прототипа при проектировании ЕТП является возможность успешно решать важные задачи ТПП и априори совершенствовать технико-экономические показатели ЕТП:

— сокращать сроки и финансовые расходы на проектирование ЕТП;

— уменьшать объем разрабатываемой технологической документации;

— избегать возможных ошибок, требующих дополнительных затрат на доработку проекта;

— использовать ранее проверенные и надежные СТО и режимы переработки ПМ в изделие;

— использовать передовые приемы труда и достигнутый опыт исполнителей.

В основе современной системы тематического поиска и заимствования уже известных ТП лежит технологическая классификация деталей из ПМ, осуществляемая, в частности, с помощью Технологического классификатора деталей машиностроения и приборостроения. При неизменных основных принципах построения он охватывает детали всех отраслей промышленности основного и вспомогательного производств.

Являясь логическим продолжением и дополнением классов деталей Классификатора ЕСКД, Технологический классификатор

рассматривает виды деталей по методам изготовления в составе девяти разделов, отводя «деталям, изготавливаемым формообразованием из полимерных материалов и резины» шестой раздел. При этом процесс кодирования заключается в формировании технологического кода детали (ТКД) в виде условных обозначений, используемых для ввода и вывода информации в ЭВМ, а при поиске прототипов ЕТП — в их компьютерные банки данных. Исходя из этого выполнение этапа № 4 проектирования ЕТП предусматривает решение соответствующих задач, сформулированных в табл. 6.17.

Таблица 6.17. **Задачи этапа № 4 и условия для их решения**

Задачи	Основные документы, необходимые для решения задач	Критерии выбора решений
4.1. Определение технологического кода детали (ТКД) 4.2. Выбор действующего ТТП, ГТП или аналога ЕТП	Рабочий чертеж изделия, отработанного на технологическую рациональность Технологический классификатор деталей База данных о ТП для данной группы изделий	Максимальное сокращение сроков и затрат на проектирование ЕТП Обеспечение заданного качества изделия Наилучшие технико-экономические показатели ТП

6.4.1. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО КОДА ДЕТАЛИ

Технологический код детали (ТКД) — это система буквенных и цифровых обозначений ряда основных и технологических признаков, структура которых представлена на рис. 6.6.

Размерная характеристика детали кодируется тремя знаками кода, определяемыми по приложениям П.12.1—П.12.3. Приложение П.12.1 предназначено для кодирования деталей, являющихся телами вращения (кроме изогнутых из листов, полос и лент), наружная поверхность которых образована вращением вокруг оси (прямой, кривой линии); каждая точка поверхности имеет постоянный радиус вращения (к таким деталям относятся также детали с элементами, не являющимися телами вращения, любой длины, вписывающимися в окружность наибольшего диаметра детали). Примерами таких деталей могут служить кольца, диски, шкивы, втулки, колонки, штоки, валы, трубы, а также детали с элементами зубчатого зацепления.

Приложение П.12.2 предназначено для кодирования деталей типа корпусных или опорных конструкций, характеризуемых размерами по ширине, длине и высоте, а приложение П.12.3 — для кодирования тонкопогонажных изделий типа листов, полос, лент, а также прутков, проволоки и т. п.

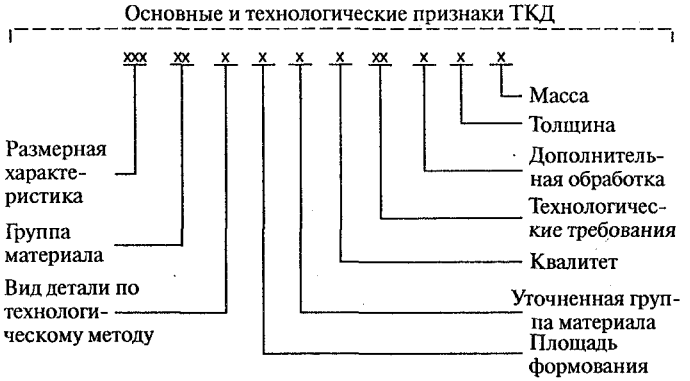


Рис. 6.6. Состав основных и технологических признаков технологического кода детали (ТКД)

Группа материала характеризует признак, кодируемый двумя знаками по приложению П.12.4 (4-й и 5-й разряды ТКД). Классификационные группировки охватывают материалы, широко применяемые в машино- и приборостроении и укрупненно обозначаемые кодами 01, 10, 20, 30 и т. д. Внутри этих группировок более дифференцированно указаны отдельные группы материалов. Например, классификационная группировка «Пластмассы, полимеры, синтетические смолы» под кодом 70 имеет группы термопластичных и термореактивных видов, которые, в свою очередь, представлены отдельными группами — «без наполнителя», «с порошковым или с волокнистым наполнителем или слоистые» и «с газообразным наполнителем», обозначаемые своими кодами 71, 72, 73 и т. д.

Для удобства кодирования деталей по этому признаку в приложении к Технологическому классификатору дан перечень неметаллических материалов с соответствующими кодами.

Вид детали по технологическому методу изготовления кодируют по приложению П.12.5, формируя 6-й разряд ТКД. В таблице даны наименования видов деталей по наиболее распространенным технологическим методам изготовления.

Таким образом, кодирование трех основных признаков позволяет составить первую часть ТКД. Вторая его часть включает семь технологических признаков.

Площадь формования — признак детали, кодируемый одним знаком по приложению П.12.6 (7-й разряд ТКД) и определяемый как площадь проекции детали в плане (на плоскость разъема формы).

Уточненная группа материала также кодируется одним знаком по приложению П.12.7 (8-й разряд ТКД) в пределах классифика-

ционной группировки основного признака «группа материала», определенного выше по приложению П.12.4. При этом развивается и дополняется этот признак для более полной характеристики детали, изготавливаемой из ПМ. В случае изготовления детали из смеси различных материалов код назначают по материалу с наиболее сложной технологией переработки. Например, деталь изготавливается из смеси фенопласта марки 02-010-02 и волокнита У1-301-07; в этом случае целесообразно назначать код по волокниту.

Квалитет кодируют одним знаком по приложению П.12.8 (9-й разряд ТКД) и определяют по размеру детали, имеющему по чертежу наименьший квалитет, т. е. наиболее жесткие допустимые отклонения (см. табл. 3.4). Этот признак, отражая размерную точность детали, оказывает влияние на технологические режимы ее изготовления (см. раздел 3.5.1).

Классификационные группировки в кодировочной таблице даны в порядке возрастания точности. Детали со специальными полями допусков кодируют после сопоставления допусков, заданных в чертеже, с основными отклонениями и допусками по соответствующему стандарту.

Технологические требования отражают сложность и трудоемкость процессов формообразования детали, ее извлечения из формы и механической доработки, а также предопределяют выбор типа конструкции оснастки и сложность ее изготовления. Кодирование осуществляется двумя знаками — по одному из приложений П.12. 9 и П.12.10.

Первым знаком (10-й разряд ТКД) согласно приложению П.12.9 характеризуют наличие элементов, усложняющих свободное извлечение детали из формы. К усложняющим относят боковые элементы: отверстия, окна, пазы, выемки, выступы и другие поднутрения, а также резьбы (независимо от их расположения). Отсутствие усложняющего элемента в детали обозначено знаком «—», наличие — знаком «+». При этом детали, не имеющие усложняющих элементов, кодируют кодом 0, детали с поднутрениями — кодом 1, с резьбой — кодом 2, а при наличии того и другого — кодом 3.

Вторым знаком (11-й разряд ТКД) согласно приложению П.12.10 характеризуют развитость поверхности детали в плане. Она определяется наличием сквозных отверстий, окон, впадин, ребер, штырей и других выступов высотой не менее их толщины. Развитость характеризуется количеством элементов поверхностей, образующих контур детали, или количеством поверхностей, образующих рабочие полости формы (пуансон, матрица, вставка и др.).

При кодировании берут сумму всех элементов, определяющих развитость поверхности, но незначительные углубления или выступы, а также резьбу не учитывают. Например, детали, имеющие

не более 4 элементов развитости, кодируют кодом 1, при 5—9 элементах — кодом 2, при 10—20 элементах — кодом 3 и т. д.

Дополнительная обработка, необходимость которой определяется из чертежа, маршрутной карты или технологических условий изготовления детали, кодируется по приложению П.12.11 (12-й разряд ТКД). Учитывают все виды дополнительной обработки, кроме типичного удаления облоя. Отсутствие дополнительной обработки обозначено в таблице знаком «—» и кодируется кодом 0, наличие — знаком «+» и кодируется кодами 1, 2 и 4, если имеет место лишь один вид обработки, и кодами 3, 5, 6, 7, если различные виды обработки сочетаются.

Толщина детали (13-й разряд ТКД) кодируется по приложению П.12.12. При этом учитывается максимальная толщина стенки детали.

Масса детали (14-й разряд ТКД) кодируется по приложению П.12.13, где классификационные группировки даны в порядке возрастания массы детали.

В качестве примера для определения ТКД в Технологическом классификаторе деталей машиностроения и приборостроения рассматривается прессовое изделие, рабочий чертеж которого представлен на рис 6.7.

Последовательно определяя по таблицам приложения П.12 коды основных и технологических признаков данного изделия, кодовые обозначения фиксируют в принятой наглядной форме (рис. 6.8).

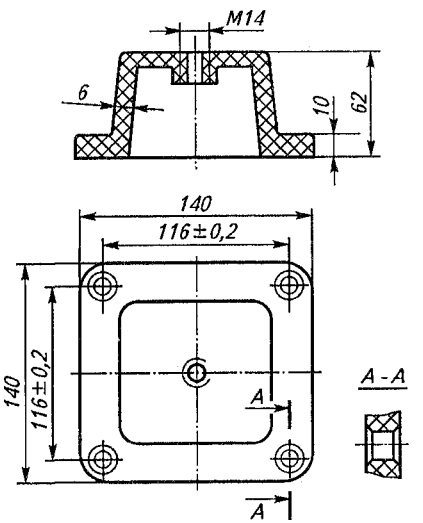


Рис. 6.7. Рабочий чертеж изделия для определения его ТКД: название изделия — «кожух»; материал — волокнит У1-301-07 (ГОСТ 5689—79); конструкторский код изделия — АБВГ.735214 273

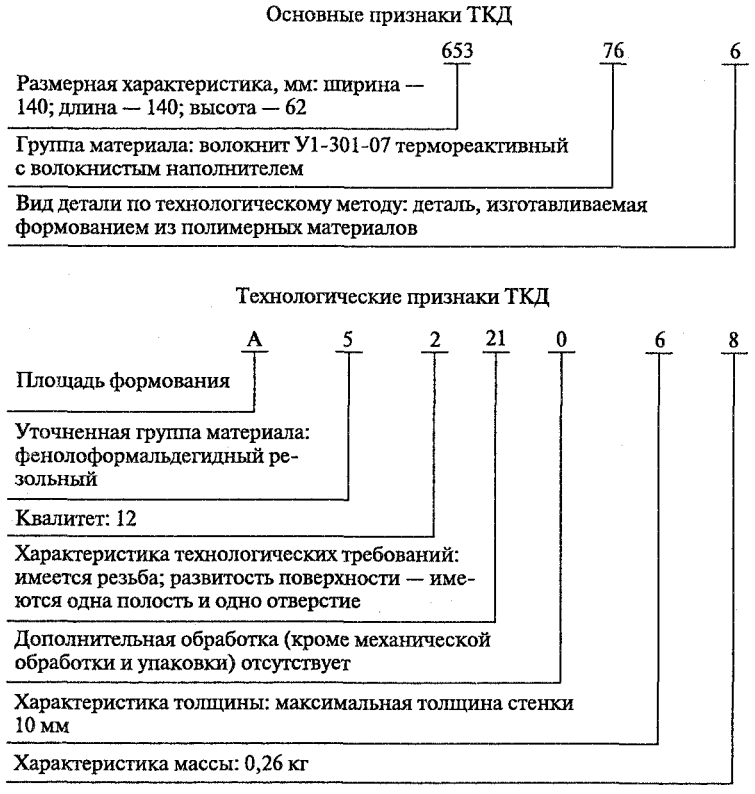


Рис. 6.8. Расшифровка основных и технологических признаков ТКД и их кодовое обозначение на примере детали, изображенной на рис. 6.7

Так, соответственно габаритным размерам детали по приложению П.12.2 формируется код 653, а поскольку деталь изготавливается из волокнита марки У1-301-07 (ГОСТ 5689—79) (реактопласт с волокнистым наполнителем), то согласно приложению П.12.4 код группы материала имеет обозначение 76. И наконец, этой детали, получаемой формованием из ПМ, по данным приложения П.12.5, присваивается код 6. В результате постоянная часть ТКД, образуемая классификационными группировками основных признаков, имеет вид 653 766.

Выявлению кодов технологических признаков ТКД обычно предшествует предварительный расчет или использование дополнительной информации. Например, для определения кода детали по признаку «площадь формования» требуется расчет площади проекции детали в пресс-форме; в данном случае она равна 196 см^2, что по приложению П.12.6 соответствует коду А.

Уточняя «группу материала», использовали паспорт пресс-материала У1-301-07, из которого следует, что основой ПМ является фенолоальдегидная смола резольного типа, т. е. согласно приложению П.12.7 имеем код 5.

Для определения кода по признаку «квалитет» (по чертежу он обусловлен размером с допуском 116 ± 0,2) необходимо предварительно установить, что разряд квалитета 12-й (см. табл. 3.4).Тогда согласно приложению П.12.8 ему соответствует код 2.

Наличие усложняющего конструктивного элемента в виде резьбы обозначается кодом 2 (приложение П.12.9), а развитость поверхности детали (одно отверстие и одна полость) — кодом 1 (приложение П.12.10). Следовательно, «технологические требования» обозначаются общим кодом 21, а поскольку «дополнительная обработка» в данном случае не предусмотрена ТУ изготовления детали, код этого признака по приложению П.12.11 равен 0.

Максимальная толщина детали согласно чертежу равна 10 мм, т. е. код 6 (приложение П.12.12), а расчетная масса детали составляет 0,26 кг, что по приложению П.12.13 соответствует коду 8.

Таким образом, технологическая часть ТКД получает обозначение А5221068, а полный ТКД рассматриваемой детали — 653766.А5221068.

6.4.2. ВЫБОР ДЕЙСТВУЮЩЕГО ТТП, ГТП ИЛИ АНАЛОГА ЕТП

Имея ТКД объекта производства, проектант получает доступ к имеющимся банкам данных о действующих ТП, чтобы осуществить выбор наиболее приемлемого по заданным критериям (см. табл. 6.17) ТТП, ГТП или аналогичного ЕТП для использования его в качестве прототипа проектируемого ЕТП. При этом банки данных могут иметь различную организационную форму — от архивно-библиотечной до программно-компьютерной. Наряду с ними могут быть и другие источники информации, которые иногда содержат сведения не только о ТП (включая характеристики соответствующих СТО), но и о конструкторско-технологических свойствах ПМ и типовых изделиях, об экономических и других показателях их производства. Примерами могут служить специализированные справочники, руководящие технические материалы (РТМ) и компьютеризированные информационно-поисковые системы. В последнем случае, однако, недостаточно иметь только ТКД, а требуется сформировать полный конструкторско-технологический код детали, который в рассмотренном выше примере имеет вид АБВГ.735214.273.653766.А5221068 с учетом конструкторского кода, указываемого в штампе чертежа детали (см. рис. 6.7).

Смысловое содержание конструкторского кода детали раскрыто в приложении П.13.

Информационно-поисковые системы позволяют решать задачи, связанные не только с проектированием ТП, но и при автоматизированном проектировании изделий (САПР) и при организации автоматизированных систем управления производством (АСУ ТП). Примером может служить автоматизированная информационно-поисковая система (АИПС) «Пластик», созданная на базе IBM совместимых ПЭВМ для использования в интересах предприятий и организаций, изготавливающих и потребляющих продукцию переработки пластмасс. АИПС и ее базы данных содержат информацию по основным видам серийно производимой продукции переработки пластмасс — начиная с наименования изделия и марки ПМ и кончая технологическими режимами производства и себестоимостью продукции. Представление о некоторых технологических схемах производства, основанных на типовых ТП (ТТП) изготовления изделий из различных ПМ, дает приложение П.14.

6.5. РАЗРАБОТКА СОСТАВА И СТРУКТУРЫ ЕТП (ЭТАП № 5)

Технико-экономические показатели любого ТП, характеризуемые прежде всего качеством изготавливаемой продукции, ее трудоемкостью ($Т_и$) и себестоимостью ($С_и$), в значительной мере зависят от состава технологических операций (ТО) и последовательности (маршрута) их выполнения. Чем больше количество ТО и чем протяженнее маршрутная схема ТП, тем больше $Т_и$ и $С_и$. Поэтому цель проектанта — разработать такое построение ЕТП, которое обеспечит требуемые технико-экономические показатели.

Таблица 6.18. **Задачи этапа № 5 и условия для их решения**

Задачи	Основные документы, необходимые для решения задач	Критерии выбора решений
5.1. Составление перечня необходимых ТО 5.2. Разработка рациональной структуры (маршрута) ЕТП	Прототип ЕТП Производственная программа выпуска изделий Технологические условия изготовления изделия	Реализация ТТ к качеству изделия Достижение заданных технико-экономических показателей ЕТП Максимальное использование технологических возможностей предприятия

Для этого выбранный прототип ЕТП рассматривается как исходный (базовый) вариант, позволяющий согласно общим правилам разработки ТП (ГОСТ 14.301—83) вести поиск путей совершенствования проектируемого ЕТП на основе новейших достижений науки и техники. А поскольку в качестве прототипа обычно оказывается ТТП, включающий по определению заведомо большее число ТО по сравнению с конкретными ЕТП (см. раздел 1.4), то одним из постоянных способов такого совершенствования является минимизация числа ТО и рационализация последовательности их выполнения (табл. 6.18).

6.5.1. СОСТАВЛЕНИЕ ПЕРЕЧНЯ НЕОБХОДИМЫХ ТО

Выполнение данной задачи целесообразно осуществлять по этапам выполнения ЕТП, формулируя соответственно списки подготовительных, основных и заключительных (финишных) ТО. При этом для обоснования необходимости ТО с точки зрения влияния на технологическое обеспечение заданного качества изделия и на рентабельность его производства (см. главу 3) необходимо рассматривать ТО в составе групп функционального назначения, например ТО входного контроля сырья и полуфабрикатов, ТО подготовки компонентов ПМ и т. д. В этом случае проектант получает наиболее полный объем информации и возможность для системного выбора решения. Далее даны примеры поэтапных перечней возможных ТО.

Примерный перечень возможных ТО подготовительного этапа ЕТП приведен ниже.

ТО входного контроля:

— визуальный контроль качества исходного сырья, материалов и полуфабрикатов (контролируется содержание сопроводительной документации, соблюдение норм хранения, состояние упаковки и т. п.);

— определение влагосодержания ПМ и их компонентов (других летучих продуктов);

— контроль текучести связующих и ПМ (определение ПТР, энергии вязкого течения и других показателей реологических свойств);

— измерение показателей теплофизических свойств (температуры плавления и теплоты плавления, теплоемкости, теплопроводности, температуропроводности и др.);

— определение скорости отверждения (или кристаллизации);

— другие ТО контроля технологических свойств, выбор которых обусловлен процессами переработки ПМ и их компонентов в изделия (см. приложение П.9).

ТО подготовки и совмещения компонентов ПМ:

— сушка отдельных компонентов (наполнителя, армирующих элементов, связующего) и полуфабрикатов ПМ (гранулята, таблеток, препрегов и др.);

— ТО подготовки наполнителя (отмывка, отжиг, аппретирование, нанесение барьерных слоев и др.);

— приготовление связующего (плавление, растворение, введение отвердителя, катализатора, ингибитора и других компонентов);

— изготовление полуфабриката ПМ (гранулирование, таблетирование, получение премиксов, препрегов, гибридных тканей и других видов твердофазносовмещенных полуфабрикатов ПМ).

ТО формирования заготовки изделия:

— раскрой препрегов, листовых заготовок, тканых полуфабрикатов, пленочных ПМ;

— сборка пакетов из листовых заготовок;

— формирование заготовок выкладкой листовых полуфабрикатов ПМ на оправке;

— намотка заготовки изделия из АП (иногда из листовых или пленочных ПМ);

— формирование заготовки изделия пултрузией (роллтрузией) АП;

— формирование заготовок напылением ПМ (насасыванием) на форму.

ТО подготовки СТО:

— формование выплавляемых оправок;

— формирование оправок из растворимых материалов;

— монтаж разборных оправок;

— подготовка поверхности оправок (шпаклевка неровностей, нанесение защитных и антиадгезионных покрытий, механическая обработка);

— изготовление сменных вкладышей в формы для термокомпрессионного формования изделий;

— подготовка знаков (промывка, поверхностная обработка и др.).

Возможные ТО основного этапа ЕТП заключаются в следующем.

ТО формования изделий из пластмасс:

— ТО по перечням табл. 2.2 и приложения П.14.

ТО формования изделий из армированных пластиков:

— ТО по перечням табл. 6.6 и приложения П.14.10.

Примерный перечень возможных ТО заключительного этапа ЕТП включает в себя следующие ТО.

ТО доработки готового изделия:

— снятие изделия с оправки (с применением кабестана, разборкой и другими способами);

— термообработка готового изделия (отжиг, закалка, обработка в жидких и других средах);

— механическая доработка изделия (удаление литников и облоя, фрезерование, сверление, нарезание недостающих элементов конструкции и резьбы, шлифование, полировка, гибка, маркировка и т. д.);

— нанесение покрытий (лакокрасочных, напыляемых, плакировочных).

Вспомогательные ТО:

— контроль качества готового изделия (по показателям, предусмотренным в ТТ);

— комплектация и упаковка в соответствии с ТУ изготовления изделия;

— транспортировка на склад готовой продукции;

— складирование и хранение;

— переработка отходов производства (сортировка, измельчение, гранулирование).

Примечания. 1. В приведенном ниже перечне не всегда названы конкретные ТО, а чаще указаны основные процессы, сопровождающие переработку ПМ в изделие на различных этапах выполнения ЕТП, т. е. каждый из этих процессов может обеспечиваться несколькими различными ТО, основные из которых перечислены в скобках.

2. В приведенные выше перечни ТО не вошли ТО промежуточного (пооперационного) контроля качества продукции, выбор которых проектант определяет на основании данных, рассмотренных в специальном разделе 3.7 («Основы проектирования технического контроля качества изделий из ПМ») и в приложении П.6.

При уточнении (с учетом этих примечаний) списка необходимых ТО одновременно делается попытка предельно сократить их общее количество. Это достигается, во-первых, совмещением некоторых процессов, которые в прототипе ЕТП могли осуществляться в рамках отдельных ТО; во-вторых, исключением тех ТО, надобность в которых отпадает при иной организации выполнения предыдущих ТО. Общим результатом сокращения перечня ТО становится уменьшение продолжительности цикла выполнения ЕТП ($T_ц$) и как следствие — повышение производительности изготовления изделия (П), а также соответствующее сокращение числа рабочих мест и связанных с этим затрат (финансовых, энергетических, трудовых, материальных и технических).

Совмещение различных процессов. Типичными примерами сокращения числа ТО за счет совмещения различных процессов переработки ПМ являются:

— автоматическое отделение литника от детали в ходе раскрытия литьевой формы, что при удовлетворительном качестве среза исключает необходимость последующей доработки детали;

— «мокрая намотка» заготовок изделий из АП, совмещающая ТО формирования заготовки с ТО пропитки армирующего наполнителя связующим (вместо предварительного изготовления препрега, осуществляемого при «сухой намотке» заготовок);

— пултрузионное формование изделий из АП на непрерывно действующей установке, совмещающей пултрудер, формирующий заготовку, и проходную термокамеру, осуществляющую отверждение АП;

— формование изделий пропиткой заготовок из армирующих нитей связующим, поступающим под давлением или при вакуумировании жесткой формы;

— волоконная технология изготовления изделий из АП, также совмещающая ТО формования с ТО пропитки, но за счет предварительного твердофазного сочетания компонентов в заготовке изделия в виде неплавких армирующих и термопластичных матричных волокон, последние из которых при термоформовании плавятся, заполняя межволоконное пространство и оформляя конфигурацию изделия.

Исключение отдельных ТО. Общеизвестными примерами сокращения цикла выполнения ЕТП за счет обоснованного исключения отдельных ТО являются:

— исключение ТО определения влагосодержания исходного сырья и, следовательно, ТО его сушки, если организована поставка, например, гранулята в герметичной упаковке с сертификатом качества, гарантирующим допустимый процент содержания воды (повышенная стоимость такого сырья компенсируется экономией затрат на организацию и содержание рабочих мест для выполнения исключаемых ТО);

— исключение самостоятельной ТО аппретирования армирующих волокон, если организовано нанесение замасливателя на их поверхность в смеси с аппретом при изготовлении волокон;

— исключение ТО механической доработки готовых изделий в случае формования их в прецизионных формах, предотвращающих образование облоя, способных оформлять отверстия, резьбы, поднутрения и другие заданные рабочим чертежом конструкционные элементы изделия.

Во всех перечисленных и иных случаях окончательный выбор состава ТО обусловлен, помимо стремления совершенствовать технико-экономические показатели ЕТП, возможностями конкретного производства.

6.5.2. РАЗРАБОТКА РАЦИОНАЛЬНОЙ СТРУКТУРЫ («МАРШРУТА») ЕТП

Под структурой ЕТП понимается последовательность выполнения ТО. Примеры схематического изображения структуры ЕТП приведены на рис. 6.9. Рациональность разрабатываемых структур оценивается степенью сокращения продолжительности цикла ЕТП. Так, в приведенных структурных схемах $T_{ц2} < T_{ц1}$, что достигается параллельным выполнением некоторых ТО.

В частности, сокращение $T_ц$ обеспечивается параллельным выполнением большинства ТО входного контроля, поскольку, например, определение влагосодержания, ПТР, теплоемкости, скорости отверждения и ряда других технологических свойств ПМ может осуществляться одновременно на различных образцах одной партии сырья и полуфабрикатов. Аналогичным образом могут быть «запараллелены» ТО формирования заготовки изделия и

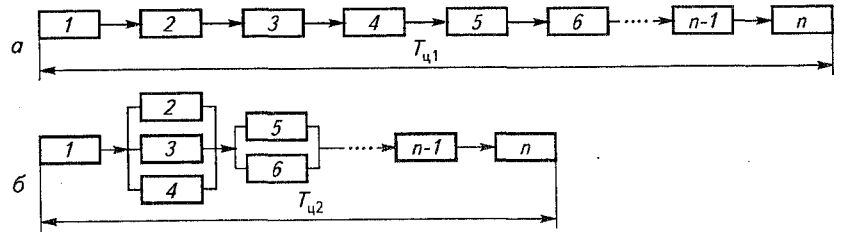


Рис. 6.9. Схематическое изображение типичных структур ЕТП (цифрами обозначены номера ТО):

а — с последовательным выполнением ТО; *б* — с последовательно-параллельным выполнением ТО

подготовки СТО, ТО комплектации готовой продукции и переработки отходов производства. В подобных случаях структура ЕТП приобретает вид, подобный изображенному на рис 6.9, *б*. При этом продолжительность цикла $T_{ц2}$ сокращается по сравнению с $T_{ц1}$ на сумму продолжительностей выполнения (штучно-калькуляционных времен) ТО, выполняемых параллельно предыдущей ТО, согласно формуле

$$T_{ц2} = T_{ц1} - (T_{шк3} + T_{шк4} + T_{шк6}).$$

Соответственно изменяется соотношение показателей производительности ЕТП в двух структурных вариантах: $П_2 > П_1$.

6.6. РАЗРАБОТКА И НОРМИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ОПЕРАЦИЙ (ЭТАП № 6)

Данный этап проектирования ЕТП призван окончательно предопределить уровень качества и технико-экономических показателей объекта производства, поскольку посвящен всестороннему планированию и организации работ на каждом рабочем месте. С этой целью выполнению подлежат задачи по оснащению рабочих мест, по определению условий выполнения ТО, по нормированию необходимых ресурсов и назначению исполнителей соответствующей квалификации (табл. 6.19).

Таблица 6.19. **Задачи этапа № 6 и условия для их решения**

Задачи	Основные документы, необходимые для решения задач	Критерии выбора решений
6.1. Выбор стандартных СТО 6.2. Определение режимов выполнения ТО 6.3. Нормирование ТО 6.4. Назначение операторов и разрядов работ	ТТП и РТМ Каталоги и паспорта СТО Технологические свойства ПМ Нормативы расхода материально-технических ресурсов Классификаторы профессий и разрядов работ	Соответствие требованиям ГОСТ по правилам выбора СТО Обеспечение ТТ к качеству изделия Максимальная экономия трудовых, энергетических и других ресурсов

6.6.1. ВЫБОР СТАНДАРТНЫХ СРЕДСТВ ТЕХНИЧЕСКОГО ОСНАЩЕНИЯ ТО

Правила выбора различных СТО, предусмотренные соответствующими ГОСТ ЕС ТПП, обязательны для применения на всех этапах технической подготовки производства:

— при отработке конструкции изделия на технологичность на всех стадиях разработки (в частности, для технологической рационализации конструкции в соответствии с возможностями СТО);

— при проектировании и совершенствовании ТП изготовления изделия;

— при решении задач организации и управления процессом ТПП (принятие правил, норм, методов и средств, обеспечивающих выбор, проектирование, изготовление, комплектацию и эксплуатацию различных видов СТО);

— при разработке документации ТПП (создание информационных массивов о СТО, а также правил, норм и методов по их использованию в ТПП);

— при решении задач проектирования и изготовления СТО на базе типовых конструктивных решений.

Правила предусматривают, что выбор СТО должен быть основан на анализе затрат на реализацию ТП в установленный период времени при заданном качестве изделий. При этом анализ должен содержать:

а) сравнение вариантов СТО, отвечающих одинаковым требованиям и обеспечивающих решение одинаковых задач в конкретных производственных условиях;

б) выбор вариантов на основе ТТ к изделию, программы выпуска, технических возможностей СТО, затрат на его приобретение и эксплуатацию;

в) учет требований технической, санитарной, пожарной и экологической безопасности.

Средства технического оснащения ТО включают оборудование, различного вида оснастку, средства технологического оснащения процессов испытаний и технического контроля качества продукции. Выбор этих СТО различается в нюансах, обусловленных их назначением и конструктивными особенностями, но методически имеет общие принципы и последовательность реализации, поэтому остановимся на примерах выбора основных видов СТО — технологического оборудования и оснастки.

6.6.1.1. ПРАВИЛА ВЫБОРА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Согласно ГОСТ 14.304—73 «Правила выбора технологического оборудования» выбор должен производиться по главным параметрам, наиболее показательным для интересующего проектанта вида

оборудования, т. е. в наибольшей мере выявляющим его функциональные возможности и техническое преимущество. При этом физической основой главных параметров оборудования должны быть характеристики объекта производства (размерные, массовые, механические и т. д.). Производительность оборудования необходимо определять на основании заданной программы выпуска изделий — общего количества и сроков изготовления.

С экономической точки зрения выбор оборудования должен осуществляться из условия минимизации затрат на выполнение ТП и сроков окупаемости оборудования, а также необходимых средств его механизации и автоматизации.

В качестве примеров приведем порядок выбора литьевой машины и прессового оборудования.

Выбор литьевой машины (термопластавтомата — ТПА). Главными параметрами оборудования данного вида являются *расчетный объем отливки* ($V_р$, см^3), необходимое *усилие запирания (смыкания) формы* ($P_{см}$, кН) и *пластикационная производительность* ($Q_{пл}$, кг/ч). Кроме того, значение имеют удельное давление при впрыске расплава ПМ (*инжекционное давление,* или *давление впрыска p*, МПа), *потребляемая мощность* (N, кВт), *занимаемая на рабочем месте площадь* (F, м^2).

Факторами, влияющими на размер перечисленных параметров термопластавтоматов (ТПА), являются такие характеристики изделия, как *масса отливки* (m, г) и *площадь проекции изделия на плоскость разъема формы* (S, м^2), *толщина стенок* и *высота изделия, заданная размерная точность* и *годовая программа выпуска изделия* (N, шт/год).

Масса изделия определяет *объем отливки*, поэтому современные ТПА, способные изготовлять изделия массой от 2 г до 30 кг, обеспечивают объем впрыска от 2 до 30 000 см^3. При этом площадь проекции изделия на плоскость разъема формы, влияющая на величину усилия смыкания формы, в свою очередь расширяет номенклатуру ТПА, обеспечивая $P_{см} = 10 \div 16\,000$ кН.

Толщина стенок изделия определяет *объемную скорость впрыска* расплава ПМ в форму. Чем тоньше стенки изделия, тем более высокими должны быть объемная скорость впрыска (V, см^3/с) и давление литья (p, МПа). Аналогична зависимость V и p от высоты изделия. Большая скорость впрыска повышает надежность процесса литья, но требует более сложных систем управления технологическим режимом литья, который на современных ТПА обеспечивается их компьютеризацией. Кроме того, высота литьевого изделия определяет *величину раскрытия формы*, обеспечивающую возможность беспрепятственной выемки изделия из формы в автоматическом режиме.

Заданная рабочим чертежом изделия размерная точность в свою очередь влияет на выбор ТПА по величине усилия смыкания формы. Из-за этого $P_{см}$ относится к числу главных параметров

ТПА, поскольку даже незначительное превышение усилия в форме, заполняемой расплавом ПМ под давлением p, над усилием смыкания ведет к раскрытию формы, образованию облоя и, следовательно, к потере заданной размерной точности изделия.

Показатель *годовой программы выпуска изделий* (N, шт/год) обусловливает выбор *гнездности* (n) литьевой формы и, следовательно, выбор ТПА по расчетной величине объема впрыска ($V_р$). Известное упрощенное выражение для расчета n из условия наименьшей себестоимости изготовления изделия без учета стоимости ПМ имеет вид:

$$n = \sqrt{\frac{C_ц N}{0{,}45 C_ф}} \text{ (шт.)}, \qquad (6.1)$$

где $C_ц$ — себестоимость одного цикла формования изделия; $C_ф$ — себестоимость формы в расчете на одно гнездо.

Значения $C_ц$ и $C_ф$ можно не только рассчитывать, но и определять по известным нормативам для условий конкретного производства или по данным прототипа ЕТП.

Имея комплекс перечисленных исходных данных об объекте производства, рассчитывают главные параметры необходимой литьевой машины, пользуясь системой функциональных зависимостей. В частности, *расчетный объем впрыска*

$$V_р = m/\rho \cdot nK_1 \text{ (см}^3\text{)}, \qquad (6.2)$$

где ρ — плотность ПМ, г/см^3; K_1 — коэффициент, учитывающий наличие литника и утечки через неплотности формы.

Величина K_1 зависит от размеров изделия, конструкции литниковой стстемы и формы, числа гнезд. K_1 определяется для каждой детали в условиях конкретного производства, а при отсутствии такой возможности можно ориентировочно принимать $K_1 = 1{,}2 \div 1{,}3$.

Варьирование величины n при расчете $V_р$ позволяет выбирать серийную литьевую машину с ближайшим номинальным значением объема впрыска $V_н$ (см. приложение П.15).

Необходимое *усилие запирания формы* рассчитывают по формуле

$$P_{см} = pSnK_2 \text{ (кН)}, \qquad (6.3)$$

где p — удельное давление формования, величина которого зависит от реологических свойств расплава ПМ и составляет 20—50 МПа, причем наибольшие значения p соответствуют вязким расплавам с низким ПТР; K_2 — коэффициент, учитывающий влияние литника и колеблющийся в диапазоне 1,0—1,5.

Величины $V_р$ и $P_{см}$, являясь главными параметрами ТПА, не только определяют возможности изготовления изделий заданного

объема и качества, но и оказывают значительное влияние на себестоимость литьевых изделий через стоимость нормо-часа работы ТПА (табл. 6.20). Эти данные обычно отсутствуют в паспортах ТПА, но они очень важны для проектанта ЕТП, стремящегося к оптимизации его технико-экономических показателей.

Таблица 6.20. **Стоимость нормо-часа литья на ТПА (по данным предприятий Санкт-Петербурга)**

Марка ТПА	Объем впрыска, см^3	Усилие смыкания, Т	Средняя цена нормо-часа, руб.*
Biraghi Monza 68-25 (Италия)	63	25	138,0
Demag Ergotech (Германия)	—	50	250,0
KuASY 170/55 (Германия)	95	55	138,0
Triulzi (Италия)	135	60	200,0
Demag Ergotech (Германия)	—	80	300,0
ДА-3130 (Украина)	125	80	144,0
KuASY 260/100 (Германия)	178	100	144,0
ДЕ-3330Ф1 (Украина)	178	100	148,9
Haitian (Китай)	—	150	350,0
ДЕ-3132 (Украина)	300	160	209,4
Triulsi 580/180 (Италия)	580	180	200,0
ДЕ-3134 (Украина)	500	250	227,2
KuASY 1400/250 (Германия)	885	275	300,0
Windsor SP 400 (Англия)	1100	400	420,0
KuASY 5000/800-11 (Германия)	2830	800	660,0

* На 2004 г.

Пластикационную производительность ($Q_{пл}$) ТПА оценивают по функциональной зависимости вида:

$$Q_{пл} = 3{,}6mn/t_{пл} \text{ (кг/ч)}, \qquad (6.4)$$

где $t_{пл}$ — время пластикации ПМ, осуществляемой обычно во время охлаждения предыдущей отливки в форме ($t_{охл}$) при условии $t_{пл} < t_{охл}$.

В результате, имея расчетные параметры литьевой машины, соответствующие заданным условиям изготовления изделия, проектант получает возможность осуществить оптимальный выбор ТПА из числа отечественных (приложение П.15.1) или зарубежных моделей. При этом должны выдерживаться следующие соотношения расчетных и номинальных параметров ТПА: $V_р \le V_н$; $P_{см} \le P_{см\,н}$; $Q_{пл} \le Q_{пл\,н}$. В табл. 6.21 приведены рекомендации по выбору литьевых машин для переработки различных пластмасс.

Выбор прессового оборудования. Основным типом прессового оборудования для переработки ПМ в изделия являются гидравлические прессы, которые классифицируются по ряду признаков:

Таблица 6.21. **Литьевые машины, рекомендуемые* для переработки различных ПМ**

Модель ТПА	ПС и сополимеры стирола	ПЭВП	ПЭНП	ПП	ПА	ПК	ПФ	Фенопласт (литьевые марки)
Д3128-63	+	+	+	+	+	—	—	—
Д3130-95	+	+	+	+	+	+	+	—
Д3130-125	+	+	+	+	+	—	—	—
Д3130-125П	+	+	+	+	+	—	—	—
Д3130-125Р	—	—	—	—	—	—	—	+
Д3130-170	+	+	+	—	—	—	—	—
Д3132-190	+	+	+	+	+	+	—	—
Д3132-250	+	+	+	—	+	—	—	—
Д3132-250Р	—	—	—	—	—	—	—	+
Д3132-340	+	+	+	—	—	—	—	—
Д3134-380	+	+	+	+	+	+	+	—
Д3134-500	+	+	+	—	+	—	—	—
Д3134-500П	+	+	+	—	+	—	—	—
Д3134-500Р	—	—	—	—	—	—	—	+
Д3134-670	+	+	+	—	—	—	—	—
Д3136-750	+	+	+	+	+	+	+	—
Д3136-1000	+	+	+	—	+	—	—	—
Д3136-1000Р	—	—	—	—	—	—	—	+
Д3136-1320	+	+	+	—	—	—	—	—
Д3138-2000	+	+	+	—	—	—	—	—

* Плюс означает, что ПМ рекомендуется перерабатывать на данном ТПА, минус — не рекомендуется.

по технологическим признакам различают прессы для прямого (компрессионного) и литьевого (трансферного) прессования;

по степени автоматизации — прессы с ручным, полуавтоматическим и автоматическим управлением;

по типу привода — прессы с групповым и индивидуальным приводом;

по конструкции — колонные, рамные, с вертикальным и горизонтальным расположением станины;

по расположению главных (рабочих) цилиндров — прессы с верхним или нижним цилиндром, вертикальные и угловые, с двумя рабочими цилиндрами;

по числу плит — одно-, двух- и многоэтажные прессы;

по числу позиций формования и кинематической связи между формующим инструментом и оборудованием — одно- и многопозиционные.

Главным функциональным параметром для всех видов гидравлических прессов является *усилие прессования* ($P_п$), поэтому

ГОСТ 8200—87 подразделяет эти прессы по их *номинальному усилию* ($P_н$) на 10 типоразмеров, каждый из которых характеризуется типовым набором технических параметров: ходом ползуна, наибольшим расстоянием между столом и ползуном, длиной и шириной стола, номинальным усилием и ходом выталкивателя, скоростью ползуна в различных режимах эксплуатации (холостом, рабочем, возвратном) (табл. 6.22).

В СНГ основными заводами — изготовителями гидравлических прессов для пластмасс считаются Оренбургское АО «Гидропресс» и Днепропетровский завод тяжелых прессов (см. приложение П.15.2). Из зарубежных прессов наибольшее применение в РФ получили польские гидравлические прессы серии РНМ.

Таблица 6.22. **Краткая техническая характеристика гидравлических полуавтоматических прессов для пластмасс с индивидуальным и групповым приводом**

Параметры	Номинальное усилие пресса, кН									
	100	160	250	400	630	1000	1600	2500	4000	6300
Ход ползуна, мм	320	320	450	450	450	560	630	710	800	800
Наибольшее расстояние между столом и ползуном, мм	500	500	710	710	800	900	1000	1250	1400	1600
Длина стола, мм	320	320	560	560	630	710	800	1120	1250	1400
Ширина стола, мм	250	250	510	510	560	630	710	1000	1120	1250
Номинальное усилие выталкивания, кН	20	31,5	50	80	125	200	315	500	630	1000
Ход выталкивателя, мм, не менее	100	100	160	160	160	200	250	360	400	450
Скорость ползуна, мм/с, не менее:										
холостой ход	100	100	200	200	200	200	200	200	100	100
рабочий ход	10	10	5	5	5	5	5	5	4	2,5
возвратный ход	100	100	100	100	100	100	100	60	50	40

Выбор пресса с нужными техническими параметрами обусловлен исходными данными об объекте производства, аналогичными литьевым изделиям (см. выше). Используя расчетные функциональные зависимости технических параметров пресса от исходных характеристик изделия, определяют комплекс требований к необходимому гидравлическому прессу. В тех случаях, когда расчетные функциональные зависимости отсутствуют, выбор пресса по соответствующему параметру осуществляется на основе качественной оценки.

Усилие прессования рассчитывается по формуле

$$P_{\text{п}} = pSn \text{ (кН)}, \qquad (6.5)$$

где p — удельное давление прессования, определяемое по виду перерабатываемого ПМ (см. приложение П.8); S — площадь прессования изделия, м^2; n — число гнезд в пресс-форме.

Для выбора пресса с ближайшим значением $P_{\text{н}}$ необходимо скорректировать величину $P_{\text{п}}$ по формуле

$$P_{\text{н.р}} = P_{\text{п}}/\eta \text{ (кН)}, \qquad (6.6)$$

где $P_{\text{н.р}}$ — расчетное номинальное усилие прессования, кН; η — КПД пресса, равный 0,85—0,90 в зависимости от трения в гидроцилиндре, уплотнениях и направляющих деталях пресса.

Тогда условие выбора стандартного пресса приобретает вид: $P_{\text{н}} \geq P_{\text{н.р}}$.

Размеры хода ползуна, стола пресса, наибольшего расстояния между столом и ползуном обусловлены габаритными размерами пресс-формы и расстоянием между пуансоном и матрицей при ее раскрытии для извлечения готового изделия с заданной высотой. *Ход нижнего выталкивателя* также определяется высотой прессуемого изделия, а *номинальное усилие выталкивателя* — величиной сцепления с поверхностью матрицы и массой запрессовки, объем которой зависит от гнездности пресс-формы.

Скоростные показатели пресса (*скорости холостого и рабочего ходов ползуна, скорость рабочего хода выталкивателя*) влияют на производительность выполнения операции прессования, определяя продолжительности замыкания и размыкания пресс-формы, выталкивания готового изделия и обратного хода выталкивателя. Следовательно, при больших объемах производства и сжатых сроках выполнения программы выпуска продукции проектант ЕТП заинтересован в выборе пресса с более высокими скоростями перемещения ползуна и выталкивателя.

Таким образом, выбор технологического оборудования для переработки ПМ, основываясь на общих правилах, имеет в то же время и специфические особенности, зависящие от его назначения и конструктивного исполнения. По этой причине приложение П.15 содержит необходимые данные не только о различных видах ТПА и прессов, но и об оборудовании для выполнения других ТО основного и вспомогательного производств.

6.6.1.2. ПРАВИЛА ВЫБОРА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ОСНАСТКИ

Согласно ГОСТ 14.305—73 «Правила выбора технологической оснастки» устанавливают в качестве первоочередной задачи формулирование исходных требований к возможностям и конструкции оснастки в соответствии с имеющейся номенклатурой стандартных типоразмеров. При этом предписывается осуществлять поиск необходимой марки технологической оснастки на основе стандартных и типовых решений для данной ТО с учетом:

— габаритных размеров изделия и вида заготовки;

— технологических характеристик материала изделия;

— размерной точности и конструктивных характеристик поверхностей изделия, влияющих на конструкцию оснастки;

— технологических схем установки знаков и формующих элементов;

— характеристик оборудования и заданных объемов производства изделий.

При выборе технологической оснастки ГОСТ предписывает использование нормативно-технической документации (в виде стандартов на оснастку, на оборудование, на термины и определения технологической оснастки) и технической документации (в виде альбомов типовых конструкций, каталогов и паспортов на технологическое оборудование и инструктивно-методических материалов по проведению выбора технологической оснастки). Для технико-экономического обоснования выбора рекомендуется осуществлять расчет коэффициента загрузки единицы технологической оснастки и затрат на оснащение технологической операции с использованием этой оснастки.

Коэффициент загрузки единицы технологической оснастки ($K_{\text{з}}$) вычисляют по формуле

$$K_{\text{з}} = T_{\text{шк}} N/\text{F}_{\text{o}}, \qquad (6.7)$$

где $T_{\text{шк}}$ — штучно-калькуляционное время выполнения технологической операции (ТО); N — планируемая месячная программа выпуска продукции на единицу оснастки (количество повторов ТО); F_{o} — месячный фонд времени работы оснастки.

Затраты на оснащение ТО на анализируемый период производства изделия равны себестоимости оснастки, поэтому данная характеристика является одной из основных при ее выборе из числа возможных вариантов.

Важное место среди различных видов оснастки в производстве изделий из ПМ принадлежит формующим инструментам, среди которых наибольшим многообразием отличаются пресс-формы. В настоящее время практически все детали пресс-форм, кроме непосредственно контактирующих с прессуемой массой ПМ, нормализованы или стандартизованы, что создает основу для унификации и классификационного выбора пресс-форм по системе общих признаков.

Как следует из данных табл. 6.23, от проявления тех или иных классификационных признаков пресс-формы зависит уровень качества готовой продукции, а при дополнительном анализе их влияния можно выявить также возможности совершенствования тех-

нико-экономических показателей ЕТП за счет снижения трудоемкости и себестоимости выполнения соответствующих ТО. В частности, в графе «Характеристика прессуемых изделий» зависимость качества от различных характеристик пресс-форм показана на примере достижения размерной точности прессуемых изделий. Например, пресс-формы открытого типа для прямого прессования без загрузочной камеры обеспечивают лишь невысокую размерную точность изделий, в то время как пресс-формы полузакрытого типа с загрузочной камерой пригодны для формования изделий с повышенной точностью.

Таблица 6.23. **Зависимость показателей качества изделий из ПМ от различных классификационных признаков пресс-форм**

Классификационный признак	Характеристика пресс-формы	Характеристика прессуемых изделий
Способ крепления к прессу	Съемные пресс-формы, периодически снимаемые для извлечения изделия и загрузки материала	Изделие различной конфигурации с пониженными требованиями к точности
	Стационарные пресс-формы, постоянно закрепленные на оборудовании, действующем автоматически или полуавтоматически	Изделия различных конфигурации и размеров с повышенными требованиями к точности
Метод изготовления изделий	Пресс-формы для прямого прессования	Изделия плоскостные, монолитные, без арматуры, равностенные, точность изготовления сравнительно высокая
	Пресс-формы для литьевого прессования	Изделия сложной конфигурации, сильно армированные, разностенные, точность изготовления сравнительно высокая
Конструктивные признаки	Пресс-формы открытого типа для прямого прессования без загрузочной камеры	Изделия небольшой толщины, малых размеров, простой конфигурации, требования к точности невысоки
	Пресс-формы полузакрытого типа для прямого прессования с загрузочной камерой и опорной поверхностью между пуансоном и матрицей (наиболее широко распространены)	Изделия из порошкообразных и волокнистых пластмасс, различной конфигурации с повышенными требованиями к точности
	Пресс-формы полузакрытого обратного типа для прямого прессования, прессующие изделия в перевернутом состоянии	Изделия полые, с небольшой конусностью внутренних поверхностей или с арматурой, установленной в матрице, с повышенными требованиями к точности
	Пресс-формы закрытого типа для прямого прессования с загрузочной камерой, являющейся продолжением формующей полости	Изделия из любых прессматериалов (в том числе волокнистых) малой текучести, точность изготовления невысокая

Продолжение

Классификационный признак	Характеристика пресс-формы	Характеристика прессуемых изделий
	Пресс-формы закрытого типа для прямого прессования с встречными пуансонами	Изделия сложной конфигурации из слоистых и волокнистых материалов малой текучести, точность изготовления высокая
	Пресс-формы для прямого и литьевого прессования и прессования на угловых гидропрессах	Изделия с поднутрениями по наружной поверхности
	Пресс-формы для литьевого прессования с загрузочной камерой, расположенной в ее нижней части	Изделия с двухсторонней арматурой, равностенные и т. д.
Число оформляющих гнезд	Одногнездные	Изделия, изготавливаемые в массовом и крупносерийном производствах
	Многогнездные (два и более)	То же
Характер разъема	С одной горизонтальной плоскостью разъема, параллельной направлению усилия смыкания пресс-формы	Различные изделия из пластмасс; точность размеров, пересекающих плоскости разъемов, невысока
	То же с двумя горизонтальными плоскостями разъема	То же
	С одной, двумя или несколькими вертикальными плоскостями, перпендикулярными направлению усилия смыкания пресс-формы	»
	С комбинированным (горизонтальным и вертикальным) разъемом	»
	Пластинчатые (галетные)	»

Сравнение возможностей пресс-форм для прямого и литьевого прессования по тому же точностному критерию оценки оставляет первенство литьевым пресс-формам, обеспечивающим сравнительно более высокую размерную точность изделиям из ПМ. Аналогичным образом лучшее качество по той же характеристике обеспечивают стационарные пресс-формы по сравнению со съемными, периодически снимающимися для извлечения готового изделия.

Анализ влияния различных классификационных признаков пресс-форм на технико-экономические показатели ЕТП также способствует оптимизации их выбора. Так, в соответствии с ранее рассмотренными закономерностями (см. раздел 4.4.2) формование изделий из реактопластов в пресс-форме для литьевого прессования требует на 3—5 % большей нормы расхода ПМ, чем в пресс-форме для прямого прессования, что соответственно повышает себестоимость литых изделий.

Наряду с этим были показаны экономические преимущества использования блочных пресс-форм, оснащаемых сменными выдвижными формующими элементами — блоками, что позволяет сокращать цикл формования, осуществлять безостановочную переналадку рабочих мест на выпуск новой продукции, создавать преимущества, характерные для гибких автоматизированных производств, в виде сокращения потерь рабочего времени в 3—4 раза, повышения производительности формования в 1,3—2,0 раза, снижения себестоимости изделий на 20—40 % и др. (см. раздел 1.4).

Кроме того, положительное влияние на снижение трудоемкости и себестоимости изготовления полимерных изделий оказывает выбор пресс-форм с автоматическим отделением облоя как при прямом, так и при литьевом прессовании. Удаление облоя после завершения операции прессования требует использования специальных СТО (режущих инструментов, приспособлений или станков) и дополнительных затрат рабочего времени.

Подобная аналитическая оценка конкретных классификационных признаков пресс-форм позволяет выявлять и другие закономерности влияния на характеристики изделия и ЕТП, учет которых способен предопределить рентабельность производства еще на стадии проектирования ЕТП.

6.6.2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ РЕЖИМОВ ВЫПОЛНЕНИЯ ТО

Выполнение задачи может осуществляться тремя методами: справочно-информационным, расчетным или экспериментальным. При этом конкретные параметры искомых технологических режимов обусловлены действиями и процессами, сопровождающими выполнение конкретных ТО. Например, для основных ТО в составе ТП изготовления изделий из ПМ такими параметрами являются обычно время (или показатели скорости процесса), давление, температура и некоторые другие параметры.

Справочно-информационный метод предусматривает использование имеющихся данных и опыта выполнения типовых ТО, систематизированных в специальных информационных источниках: описаниях типовых ТО и ТТП, руководящих технических материалах (РТМ) отрасли промышленности или отдельного предприятия, технологических условиях и нормативных документах, инструкциях, регламентах, методиках и учебниках. Примерами справочной информации могут служить данные о рекомендуемых режимах переработки и обработки ПМ, приведенные в приложениях П.2, П.4, П.5, П.16.

Достоинством справочно-информационного метода является оперативность решения задачи по определению режимов выполнения ТО. К недостаткам можно отнести ограниченный объем имеющейся информации, осредненность технологических параметров переработки ПМ, невозможность учета в полном объеме различных нюансов конкретного производства.

Расчетный метод определения режимов выполнения ТО базируется на математическом моделировании ТО и на эмпирическом выявлении функциональных зависимостей свойств полимерных изделий от условий переработки ПМ. В результате для расчета параметров выполнения одного и того же процесса могут использоваться формулы различного вида. Наиболее часто используемые из них приведены в табл. 6.24.

Таблица 6.24. **Примеры расчетных формул для определения режимов выполнения основных ТО**

Наименование ТО	Определяемый технологический параметр	Переменные параметры ТО
Литье под давлением	Температура материального цилиндра, °С: $T_т + 20 \le T_ц \le T_{дестр} - 30$	$T_т$ — температура текучести аморфного термопласта (или температура плавления кристаллического термопласта); $T_{дестр}$ —температура деструкции ПМ
	Допустимый интервал давления литья, МПа: от $P_н = K_1 p_{эн}$ до $P_в = K_2 p_{эв}$	$P_н$ и $P_в$ — нижний и верхний уровни эффективного давления литья, МПа; K_1 и K_2 — коэффициенты, обусловленные конструкцией формы и реологическими свойствами расплава ПМ, колеблющиеся в диапазонах для $K_1 = 0{,}6 \div 0{,}8$ и для $K_2 = 1{,}2 \div 1{,}4$, где максимальные значения соответствуют наиболее вязким расплавам и литьевым формам с повышенным сопротивлением течению; $p_{эн}$ и $p_{эв}$ — уровни эффективного давления инжекции (МПа), обусловленные видом ПМ (см. табл. 6.25)
	Необходимое давление смыкания формы, МПа: $P_{см}=2(P_н+P_в)F_п/(\pi D_{см}^2)$	$F_п$ — площадь проекции отливки на плоскость разъема литьевой формы, м^2; $D_{см}$ — диаметр плунжера гидросистемы смыкания, м
	Продолжительность цикла формования, с: $t_ц = t_{маш} + t_{техн}$	$t_{маш}$ — машинное время, равное сумме времен смыкания, впрыска и размыкания формы ($t_{маш} = t_{см} + t_{впр} + t_{разм}$), определяемых из паспорта на литьевую машину или экспериментально; $t_{техн}$ — технологическое время затвердевания расплава ПМ в форме, рассчитываемое по формуле $t_{техн} = 0{,}101(\delta^2/a)\{\ln A - \ln[(T_{охл} - T_ф)/(T_м - T_ф)]\}$, где a — коэффициент температуропроводности, м^2/с; δ — толщина детали, м; $T_{охл}$ — температура, до которой необходимо охлаждать изделие, °С; $T_ф$ — температура формы, °С; $T_м$ — температура впрыскиваемого материа-

Продолжение

Наименование ТО	Определяемый технологический параметр	Переменные параметры ТО
		ла, °С; A — число, равное 1,6 для цилиндрических, 2,0 для сферических и 1,27 для плоских деталей
Литье центробежное	Давление формования, Па: $P = \pi n^2(R_i^2 - r^2)/1800$	R_i и r — текущий и внутренний радиусы жидкого слоя ПМ, м; n — частота вращения формы ($с^{-1}$), необходимая для получения заданной разнотолщинности стенок изделия и зависящая от угла наклона формы (α) относительно вертикали: $n = 7{,}05\sqrt{H\cos\alpha/(r_в - r_н)}$; для формы, вращающейся вокруг горизонтальной оси, $n = 3{,}33/\sqrt{R-\delta}$, где H — высота детали, м; R — наружный радиус детали, м; $r_в$ и $r_н$ — радиусы внутреннего отверстия в верхней и нижней частях детали, м; δ — толщина стенки детали, м
Прессование	Необходимая навеска ПМ, кг: $G = \rho V(1 + 0{,}01)K$	ρ — плотность отпрессованного ПМ, кг/м^3; V — объем детали, м^3; K — коэффициент потерь ПМ, равный 5—10 %
	Давление в гидроцилиндре пресса, МПа: $q = pF_{пр}/F_{пл}K$	p — удельное давление, зависящее от типа ПМ, вида прессования, предварительного нагрева и определяемое экспериментально (см. приложение П.16); $F_{пр}$ — площадь прессования, м^2; $F_{пл}$ — площадь плунжера главного гидроцилиндра, м^2; K — коэффициент, учитывающий силы трения в конструкции пресса и равный 0,85—0,95
Экструзия	Температура материального цилиндра экструдера, °С: $T_ц = T_т + (10 \div 30)$	$T_т$ — температура текучести (плавления) ПМ, °С
	Температура формующей головки экструдера, °С: $T_г = T_т + (20 \div 40)$	
Экструзионно-выдувное формование	Оптимальная скорость экструзии, исключающая опасность утонения заготовки под действием собственного веса, м/с: $v = 1{,}6L_{заг}^2\,\rho/\eta$	$L_{заг}$ — длина заготовки, м; ρ — плотность расплава, кг/м^3; η — динамическая вязкость, Па · с

Продолжение

Наименование ТО	Определяемый технологический параметр	Переменные параметры ТО
Механопневмоформование	Время контактного нагревания листовой заготовки, с: $t = \delta^2 Fo/4a$	δ — толщина листа, м; a — коэффициент температуропроводности, м^2/с; Fo — критерий Фурье (0,4—0,7)
	Необходимое усилие зажима листовой заготовки, кГ: $Q \geq q\Pi B$	q — удельное давление (выбирается меньшим предела текучести ПМ при температуре формования), кГ/м^2; П и В — периметр и ширина зажимной кромки, м
	Усилие механопневмоформования, кГ: $N > (N_у + Q)K$	$N_у$ — усилие (кГ), необходимое для удержания формы в замкнутом состоянии из условия $N_у \geq Fp$, где F — площадь разъема пневмокамеры (м^2) и p — максимальное давление воздуха (кГ/м^2); K — коэффициент, учитывающий неизбежные потери давления на трение в уплотнительных и других устройствах и колеблющийся в пределах 1,2—1,5
Намотка	Нормальное давление на оправку, МПа: $P_н = q_н \sin 2\beta/(t_л R)$	$q_н$ — усилие натяжения ленты (кГ), равное для однонаправленных стеклопластиков (0,05 ÷ 0,15) $q_р$, для органопластиков (0,25 ÷ 0,36) $q_р$, для углепластиков (0,02 ÷ 0,07) $q_р$, где $q_р$ — нагрузка, разрушающая ленту, кГ; $t_л$ — ширина ленты, см; R — радиус оправки, см; β — угол намотки
Формование в жесткой форме с пропиткой уплотненного наполнителя	Максимально допустимое давление пропитки, МПа: $q_{макс} \leq 2pfl/H$	p — давление уплотнения заготовки, МПа; f — коэффициент трения покоя между наполнителем и формой; l — длина пакета наполнителя, м; H — толщина уплотненного пакета, м
	Продолжительность процесса пропитки, с: $t = \eta\Pi l^2/(2pK)$	η — коэффициент динамической вязкости связующего, Па · с; П — коэффициент пористости наполнителя; $\Pi = 1 - G_н/\rho_н H$, где $G_н$ — масса единицы площади уплотненной заготовки, кг/м^2; $\rho_н$ — условная плотность пакета наполнителя, кг/м^3; l — протяженность течения связующего в пакете уплотненного наполнителя, м; p — давление на связующее, МПа; K — коэффициент проницаемости заготовки наполнителя, рассчитываемый по формуле $K = \eta\, Q\, l/BH\, p$; здесь H и B — толщина и ширина заготовки, м; Q — расход связующего (м^3/с), определяемый из соотношения $Q = V/t$, где V — объем связующего, протекающего в форму через входной канал, м^3

Таблица 6.25. **Нижний и верхний уровни эффективного давления инжекции различных термопластов, обусловленные допустимыми значениями линейной усадки**

Термопластичный ПМ	Эффективное давление инжекции, МПа		Допустимое значение линейной усадки, %
	$p_{эн}$	$p_{эв}$	
Полистирол	40	60	0,2—0,5
Полистирол ударопрочный	60	100	0,3—0,6
Полиакрилаты (полиметакрилаты)	80	150	0,7—1,5
Полиэтилен	70	100	1,0—2,5
Полипропилен	80	120	1,0—2,5
Полиамиды	80	100	1,0—2,5
Поликарбонат	80	120	0,5—0,8
Полиформальдегид	80	120	1,5—3,5

Помимо использования различных формул расчетное определение режимов выполнения ТО может осуществляться и с помощью номограмм, предварительно построенных либо по известным расчетным формулам, либо экспериментально-аналитическим способом. В последнем случае номограммы могут существенно расширять возможности расчетного метода. Примером могут служить номограммы, изображенные на рис. 6.10 и 6.11.

Номограмма, представленная на рис. 6.10, позволяет определять *время прогрева* прессуемого ПМ, исходя из условия, что температура в центре изделия должна быть на 4 °С ниже температуры стенок формы. При этом значения, найденные на температурной шкале номограммы, умножаются на поправочные коэффициенты γ и β, учитывающие влияние температуры переработки и предварительного подогрева пресс-материала. Значения этих коэффициентов приведены ниже:

Температура, °С	150	160	170	180	190	200
α	0,92	0,92	0,85	0,85	0,82	0,7
β	0,7	0,6	0,5	0,42	0,32	0,24
γ	1,4	1,2	1,0	0,94	0,64	0,48

В случае прессования без предварительного подогрева пресс-материала время, отсчитанное по шкале Б, умножается на коэффициент γ, а в случае прессования с предварительным подогревом — на коэффициент β.

Номограмма, представленная на рис. 6.11, предназначена для определения *времени отверждения* тех же пресс-материалов, не подвергавшихся предварительному нагреванию. Для этого соответствующий показатель по шкале А достаточно умножить на коэффициент α. В случае необходимости расчета времени отверждения предварительно нагреваемого пресс-материала умножать на коэффициент α следует временной показатель по шкале Б рис. 6.10. Для практического освоения методики номограммного определения режимов выполнения ТО рассмотрим конкретные примеры.

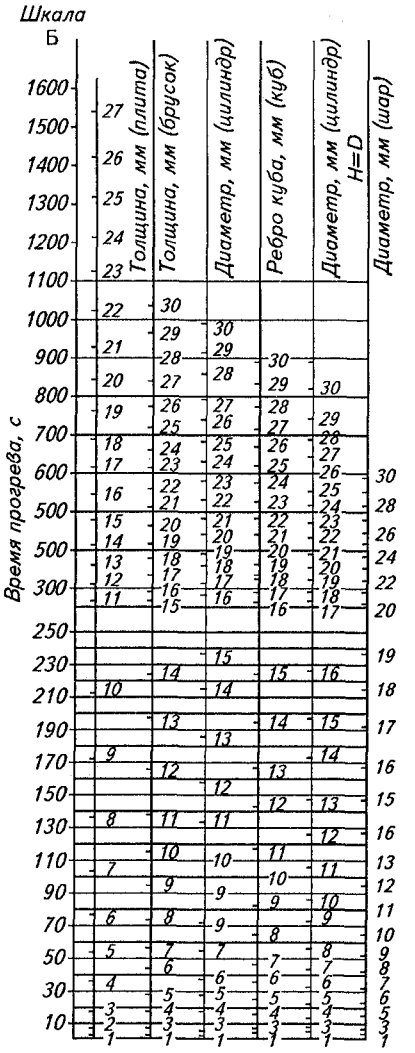


Рис. 6.10. Номограмма для определения продолжительности прогрева до центра изделия

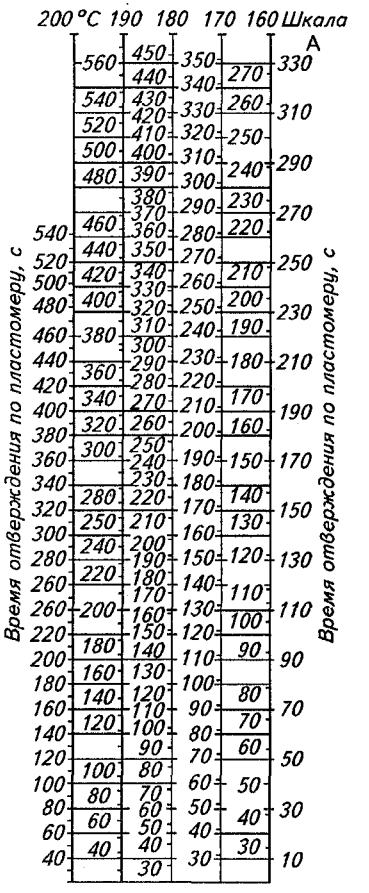


Рис. 6.11. Номограмма для расчета времени отверждения без предварительного подогрева пресс-материала

Пример № 1. Рассчитать полное время выдержки при прессовании плиты толщиной 4 мм из реактопласта, отверждаемого при 180 °С без предварительного подогрева и характеризуемого временем отверждения по пластомеру Канавца 120 с.

Используя шкалу для 180 °С номограммы на рис. 6.11, фиксируем точку напротив показателя 120 и, проецируя эту точку на шкалу А, находим *время отверждения* пресс-материала, равное 78 с. Затем по номограмме на рис. 6.10 на шкале для плит находим точку против показателя толщины плиты 4 мм и, проецируя ее на шкалу Б, определяем время 34 с, которое необходимо умножить на поправочный коэффициент $\gamma = 0{,}94$, чтобы рассчитать *время прогрева*, равное 28 с. Таким образом, *полное время выдержки реактопласта в пресс-форме* составляет 78 + 28 = 106 с.

Пример № 2. Рассчитать время выдержки при прессовании изделия типа «куб» с ребром 8 мм из предварительно подогреваемого реактопласта, характеризуемого временем отверждения на пластометре Канавца при температуре 190 °С, равным 220 с.

Для определения времени отверждения в пресс-форме найдем на рис. 6.11 шкалу для температуры 190 °С и на ней определим точку против числа 220. Ее проекция на шкалу А соответствует временно́му показателю 122 с. Умножив эту цифру на поправочный коэффициент $\alpha = 0{,}82$, получаем искомое *время отверждения реактопласта*, равное 100 с. Для определения второй составляющей времени выдержки воспользуемся на рис. 6.10 шкалой для кубов, на которой зафиксируем точку напротив числа 8, проекция которой на шкалу Б позволяет выявить время, равное 64 с. *Время прогрева пресс-материала* рассчитаем, умножив последний показатель на коэффициент $\beta = 0{,}32$ и получив ответ 10 с. Следовательно, полное время выдержки в данном случае составляет 100 + 10 = 110 с.

Основная особенность приведенной в качестве примера номограммной методики состоит в использовании технологического свойства реактопластов, выявляемого с помощью пластометра Канавца. Это позволяет более полно выявлять изменение свойств перерабатываемых пресс-материалов, учитывать влияние различных условий переработки и создавать научно обоснованные оптимизированные режимы выполнения ТО.

К общим достоинствам расчетного (в том числе номограммного) метода определения режимов выполнения ТО правомерно отнести его универсальность, позволяющую устанавливать технологические параметры переработки ПМ, как правило, независимо от их состава и технологического оснащения ТО. Однако это же обстоятельство обусловливает основной недостаток метода — ограниченную точность расчетных технологических параметров.

Экспериментальный метод определения режимов выполнения ТО лишен недостатков справочно-информацинного и расчетного методов, так как позволяет непосредственно учитывать все специфические условия проведения ТО и тем самым обеспечивает максимальную точность определения технологических параметров. Естественно, что такие преимущества достижимы за счет повышения трудоемкости и стоимости постановки и проведения экспериментальных исследований.

По этой причине применение экспериментального метода оправдано только в тех случаях, когда отсутствуют необходимые статистические данные и расчетные формулы для их определения или когда при проектировании ТП выдвигаются особые требования, например по достижению повышенного уровня надежности полимерных изделий, совершенствованию их функциональных свойств по основному назначению, снижению технологического брака и т.д.

6.6.3. НОРМИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ОПЕРАЦИЙ

Общей задачей нормирования трудовых, материальных и энергетических затрат в производстве изделий из ПМ является обеспечение наиболее эффективного использования технически и экономически обоснованных норм расхода различных технологических ресурсов при соблюдении режима экономии. Для этого нормирование расхода ресурсов производится на всех уровнях управления и осуществления хозяйственной деятельности предприятий по отраслевым и межотраслевым методикам и инструкциям. Благодаря этому положительный опыт одних предприятий становится достоянием других, способствуя постоянному снижению общего уровня общественных экономических затрат и, следовательно, росту конкурентной способности и рентабельности производства продукции.

В этой постоянно действующей системе разработки ресурсосберегающих норм нормирование заданных ТО является первичным звеном, цель которого — добиться максимального совершенствования технико-экономических показателей ТП еще на стадии его проектирования. Для этого проектант должен изыскать технологические, технические и организационные возможности для максимального снижения трудоемкости и себестоимости выполнения ТО, чтобы наряду с необходимым качеством продукции реализовать главное требование технологии — повышение экономической эффективности конкретного производства.

Ранее осуществленный выбор ПМ, способа его переработки в изделие, стандартных СТО и режимов выполнения ТО в значительной мере предопределил расход необходимых трудовых, материально-технических и энергетических ресурсов на производство единицы продукции. Однако в качестве резервов дальнейшего снижения индивидуальных норм расхода этих ресурсов практически для каждой ТО остаются формы организации труда (ручная, механизированная, автоматизированная), приемы выполнения операционных действий, организация рабочих мест, учет состояния СТО, рационализация использования производственных от-

ходов и ряд других факторов и возможностей. В большинстве случаев они влияют на нормы расхода прежде всего трудовых, материальных и топливно-энергетических ресурсов, поэтому при дальнейшем изложении порядок нормирования рассмотрен именно на их примере.

6.6.3.1. НОРМИРОВАНИЕ ВРЕМЕНИ ВЫПОЛНЕНИЯ ТО

Норма времени определяет технически и экономически обоснованную продолжительность выполнения ТО, измеряемую человеко-минутами или человеко-часами. Это время включает продолжительность технологического воздействия на предмет труда и неизбежные перерывы, приходящиеся в среднем на единицу продукции. Суммарное выражение этих временны́х составляющих в рамках одного цикла выполнения ТО принято называть штучным временем $t_{шт}$. Расчетная формула для его определения при аналитически-расчетном нормировании во всех типах производства имеет вид:

$$t_{шт} = t_{оп}(1 + \alpha + \beta + \gamma + \delta) \quad (мин), \qquad (6.8)$$

где $t_{оп}$ — оперативное время; α, β, γ, δ — соответственно нормативные коэффициенты на техническое, организационное обслуживание рабочего места, на отдых и личные надобности, на регламентированные организационно-технологические перерывы.

Как следует из формулы (6.8), основой штучного времени выполнения ТО является оперативное время, которое, в свою очередь, подразделяется на основное и вспомогательное:

$$t_{оп} = t_{о} + t_{в} \quad (мин), \qquad (6.9)$$

где основное (технологическое) время $t_{о}$, затрачиваемое на изменения предмета труда (изменения физического и агрегатного состояния, состава и структуры ПМ), может быть: машинно-автоматическим, когда оператор лишь наблюдает за выполнением ТО; машинно-ручным, когда ТО выполняется на оборудовании с ручным управлением; ручным, когда ТО не оснащена оборудованием и выполняется вручную; $t_{в}$ — вспомогательное время, затрачиваемое на действия по обеспечению $t_{о}$ в каждом цикле выполнения ТО и также подразделяемое на ручное, машинно-ручное и машинно-автоматическое.

Исходя из сказанного, для разработчика ТП основным объектом нормирования среди составляющих штучного времени выполнения ТО является оперативное время, поскольку остальные составляющие, выражаемые в долях от $t_{оп}$, определяются специалистами производственного менеджмента с учетом общего характера производства, достигнутой культуры организации труда и других факторов.

Порядок нормирования времени выполнения ТО, осуществляемый разработчиком ТП, предлагается рассмотреть на примере типичной ТО прессования изделий из ПМ, состоящей из совокупности технологических переходов (см. раздел 1.7) с индивидуально регулируемыми временами исполнения:

$$t_{оп} = t_{загр} + t_{зам} + t_{пр} + t_{разм} + t_{разгр} \quad (мин), \qquad (6.10)$$

где $t_{загр}$ и $t_{разгр}$ — время загрузки и разгрузки пресс-формы соответственно; $t_{зам}$ и $t_{разм}$ — время замыкания и размыкания пресс-формы соответственно; $t_{пр}$ — время выдержки пресс-материала в пресс-форме при формовании изделия.

Время замыкания пресс-формы рассчитывают по формуле

$$t_{зам} = S_{х}/V_{х} + S_{р}/V_{р} \quad (мин), \qquad (6.11)$$

где $S_{х}$ — холостой ход замыкания (опускание подвижной плиты до соприкосновения пуансона с пресс-материалом), м; $S_{р}$ — рабочий ход замыкания (прессование ПМ), м; $V_{х}$ и $V_{р}$ — скорости холостого и рабочего ходов подвижной плиты (ползуна) соответственно, м/мин.

Время размыкания пресс-формы определяют по формуле

$$t_{разм} = (S_{х} + S_{р})/V_{возвр} \quad (мин), \qquad (6.12)$$

где $V_{возвр}$ — скорость подъема подвижной плиты (плунжера) пресса, м/мин.

Время прессования $t_{пр}$ находят по наибольшей толщине стенки изделия δ согласно формуле

$$t_{пр} = \delta\, t_{выд} \quad (мин), \qquad (6.13)$$

где $t_{выд}$ — удельная продолжительность выдержки (мин/мм толщины изделия), обусловленная прежде всего скоростью отверждения связующего (см. приложение П.16.3), а также содержанием влаги, конфигурацией изделия, конструкцией пресс-формы, наличием предварительного подогрева и подпрессовок ПМ.

Следовательно, для проектанта важно иметь данные о результатах экспериментальных запрессовок, с помощью которых он может существенно скорректировать $t_{выд}$. Например, практика показывает, что минимальная продолжительность выдержки при условии предварительного прогрева и применения подпрессовок пресс-материала может быть сокращена в 1,5—2 раза и более. Увеличение же выдержки выше минимально необходимой не повышает механической прочности изделия, а диэлектрические свойства могут даже ухудшиться. Однако снижение производительности ТО прессования очевидно.

Время выполнения загрузки $t_{загр}$ и разгрузки $t_{разгр}$ пресс-формы целесообразно брать из производственных регламентов данного

предприятия, если не ставится задача принципиально изменить ход выполнения этих переходов, например путем применения манипуляторов, специальных дозаторов или других оригинальных устройств и приспособлений, значительно изменяющих эти временные показатели.

В итоге выполнения расчетов по формулам (6.10)—(6.13) проектант имеет возможность определить не только оперативное время, но и его составляющие согласно формуле 6.9. При этом в зависимости от решений, принятых проектантом, основное $t_о$ и вспомогательное $t_в$ времена могут оказаться дополненными новыми составляющими, например из-за предварительного нагрева и подпрессовки ПМ. В таком случае расчетные формулы приобретут вид:

$$t_о = t_{пр} + t_{пн} + t_{п/п} \quad (мин), \qquad (6.14)$$

где $t_{пн}$ — время предварительного нагрева ПМ, которое может быть определено для разных способов нагрева по данным приложения П.16.2; $t_{п/п}$ — время подпрессовок, определяемое как сумма периодов сомкнутого состояния пресс-формы при выполнении подпрессовок;

$$t_в = t_{загр} + t_{зам} + t_{разм} + t_{разгр} + t_{зпн} + t_{рпн} + (t_{з\,п/п} + t_{р\,п/п})n \quad (мин), \qquad (6.15)$$

где $t_{зпн}$ и $t_{рпн}$ — время загрузки и разгрузки устройства для предварительного нагрева ПМ соответственно; $t_{з\,п/п}$ и $t_{р\,п/п}$ — время замыкания и размыкания пресс-формы при однократной подпрессовке соответственно, причем $t_{з\,п/п} = t_{зам}$ и $t_{р\,п/п} = t_{разм}$; n — число подпрессовок, выбираемое проектантом из данных о влиянии n на сокращение величины $t_{пр}$.

В конце решения задачи рассчитывают штучное время выполнения ТО. Для этого в формулу (6.8) подставляют нормативные коэффициенты или соответствующие им временные показатели, используемые на предприятии (отрасли), для которого проектируется ТП.

В качестве базовых показателей $t_{шт}$, которые по существу характеризуют трудоемкость выполнения ТО, могут быть использованы соответствующие данные, приведенные ранее в разделе 6.2.3.

6.6.3.2. НОРМИРОВАНИЕ РАСХОДА ПМ

Влияние нормы расхода ПМ ($Н_р$) на технико-экономические показатели производства изделий и расчетная методика нормирования ПМ были подробно рассмотрены в главе 4. Показано, что основой методики является формула (4.4), позволяющая определять $Н_р$ умножением заданной массы изделия P_0 на безразмерный расходный коэффициент $K_р$, учитывающий влияние вида ПМ, сложности и массы конструкции изделия, способа его изготовления и ряда других особенностей конкретного производства. Таким образом, практическая задача проектанта сводится к определению $K_р$ по нормативным таблицам со среднестатистическими показателями.

Определенная вариабельность методики расчетного определения $Н_р$ различных ПМ обусловлена следующими основными факторами:

— в отличие от пластмасс, $Н_р$ которых зависит от способа формования изделия, нормирование армированных пластиков (стекло-, угле-, органопластиков и др.) обусловлено способами формирования заготовок изделий (например, выкладкой или намоткой);

— другой отличительной особенностью нормирования расхода армированных пластиков является раздельное определение норм расхода каждого компонента (связующего, армирующих элементов и других компонентов);

— нормирование расхода ПМ производится в единицах измерения массы (г, кг), но при формовании изделий из листовых заготовок (листов, пленок) первичный расчет $Н_р$ осуществляется в единицах площади;

— в условиях автоматизированных производств, в которых в составе одной непрерывно действующей линии объединены несколько различных технологических способов переработки ПМ (например, экструзия, раздув, сварка, печать и т.д.), расходный коэффициент $K_р$ рассчитывается суммированием нормативных расходных коэффициентов по всем использованным способам.

Наконец, во всех случаях проектанту приходится учитывать, что нормы расхода ПМ вариабельны в зависимости от типа производства, характера отрасли промышленности и объемов выпуска изделий. Кроме того, $Н_р$ ПМ постоянно уточняются и пересматриваются, поэтому при работе над проектом ТП необходимо пользоваться современными нормативными данными конкретного предприятия. При этом в качестве базовых показателей норм расхода ПМ могут быть использованы обобщенные показатели $Н_р$, достигнутые в производстве основных видов продукции (табл. 6.26).

Таблица 6.26. **Типичные нормы расхода пластмасс в производстве изделий широкого потребления**

Виды изделий	ПМ	$Н_р$ (в т) в расчете на 1 т изделий	Количество возвратных отходов, %	Количество безвозвратных отходов, %	Использование возвратных отходов
Пленки	ПЭНП	1,028	2,1	0,7	Не используются
	ПВХ пластифицированный	1,080	5,1	1,9	То же
Трубы	ПЭВП	1,050	4,2	3,0	Используются
	ПВХ жесткий	1,020	3,1	1,1	То же

Продолжение

Виды изделий	ПМ	$Н_р$ (в т) в расчете на 1 т изделий	Количество возвратных отходов, %	Количество безвозвратных отходов, %	Использование возвратных отходов
Листы	Полистирол	1,070	5,1	2,0	Не используются
Выдувные изделия	ПЭВП, ПЭНП	1,024—1,056	20,0	4,5	Используются
Литьевые изделия	Термопласты	1,040	10,0	4,0	То же
Прессовые изделия	Новолачные пресс-порошки	1,1—1,2	—	—	»
	Резольные пресс-порошки	1,1—1,2	—	—	»
	Аминопласты	1,1—1,2	—	—	»
	Волокниты	1,2—1,25	—	—	»
	Асбоволокниты	1,1—1,3	—	—	»

6.6.3.3. НОРМИРОВАНИЕ РАСХОДА ВСПОМОГАТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛЬНЫХ РЕСУРСОВ

Материальные расходы, помимо ПМ, перерабатываемых в изделия, включают ряд вспомогательных материалов, необходимых для выполнения ТО. Номенклатура этих материалов весьма многообразна и зависит от вида ТО. Так, на подготовительном этапе ТП, предусматривающем аппретирование наполнителя, совмещение компонентов ПМ, рулонирование и хранение препрегов, подготовку или изготовление оправок, требуется: большое количество *растворителей*, например для поддержания концентрации аппретирующих и связующих составов на уровне, заданном соответствующими ТУ; большое количество *прокладочных материалов*, например в виде пленок или бумаги, используемых в качестве антиадгезионных слоев при хранении препрегов армированных пластиков; определенное количество *смазочных, лакокрасочных и растворных материалов*, используемых при подготовке оправок и другой технологической оснастки.

Примерами расходных вспомогательных материальных ресурсов на этапе основного производства могут служить:

— при литье под давлением — большое количество сжатого воздуха для очистки форм и воды для поддержания их температуры на заданном уровне;

— при прессовании — помимо сжатого воздуха (и в некоторых случаях воды) смазочные антиадгезионные составы для подготовки пресс-форм к очередному циклу формования;

— при термокомпрессионном формовании — сменные эластичные формующие элементы, используемые ограниченное число раз, например до 10;

— при автоклавном (или вакуумном) формовании — эластичные (резинотканевые или пленочные) герметизирующие мешки, подвергающиеся интенсивному термоокислительному старению и поэтому выдерживающие ограниченное число заформовок;

— при намотке — кроме вспомогательных материалов, используемых при подготовке оснастки, применяются тканые дренажные слои, липкие ленты для фиксации концов препрегов на оправке и др.;

— при выполнении сборочных операций — различные вспомогательные технологические материалы, например при осуществлении сварки плавлением широко используются прокладочные термостойкие антиадгезионные пленки (из полиимида, фторопласта и др. ПМ), предотвращающие налипание расплавленных полимеров на сварочный инструмент (прижимные ролики, пластины, контакты и др.);

— при высокочастотном нагреве ПМ (предварительный нагрев, сварка, сушка) для предотвращения пробоев или интенсификации нагрева также могут применяться различные прокладочные термостойкие ПМ с заданной величиной диэлектрических потерь.

На заключительном этапе ТП применяются свои вспомогательные материалы, например различные упаковочные материалы и одноразовая тара, этикетки, липкие ленты, шпагат и т. д.

Некоторые виды материальных ресурсов применяются не только на всех этапах ТП, но и в подготовительно-заключительные периоды (например, ветошь, протирочные и моющие составы).

Методика расчета норм расхода вспомогательных материальных ресурсов в большинстве случаев принципиально не отличается от расчета $Н_р$ основных ПМ, поскольку в основе для расчета используется расчетная формула аналогичного вида:

$$Н_р = QН_{уд} \text{ (кг, л или м}^2\text{)}, \qquad (6.16)$$

где Q — масса, объем или поверхность объекта производства в кг, л или м^2 соответственно; $Н_{уд}$ — удельная норма расхода вспомогательного материала, например в кг/кг, кг/л или кг/м^2 соответственно.

Для определения $Н_{уд}$ при проектировании ТП обычно пользуются нормативами типовых ТП (ТТП), отраслевых РТМ, ТУ и регламентами на выполнение ТО, паспортами и справочниками на материалы и СТО. Для примера рассмотрим наиболее типичные случаи расчета норм расхода материальных ресурсов.

Пример № 1. Определение нормы расхода растворителей. Исходными документами при этом служат:

— чертежи изготавливаемых деталей или сборочных единиц, если растворитель необходим для подготовки (протирки) каких-либо их поверхностей, например перед сваркой, склеиванием, нанесением лакокрасочных покрытий и в некоторых других случаях;

— регламент или ТУ на осуществление протирочных работ или на приготовление связующего, если растворитель необходим для выполнения данной ТО;

— описание выполнения проектируемой ТО (операционная карта) в составе ТТП;

— существующие нормативы расхода растворителя на единицу обрабатываемой поверхности или массы растворяемого полимерного связующего;

— другие документы, например график проведения профилактических работ или планово-предупредительных ремонтов.

Норматив удельного расхода ($Н_{уд}$) этилового спирта на протирку поверхностей пластмассовых изделий, например, равен 0,045 л/м^2. Тогда при размере обрабатываемой поверхности $Q = 0{,}01$ м^2 искомая норма расхода при однократной обработке поверхности изделия данным растворителем составит $Н_р = 0{,}045 \cdot 0{,}01 = 0{,}00045$ л = = 0,45 мл. Значение $Н_р$ соответственно увеличится, если операционной картой на выполнение проектируемой ТО предусматривается повторная или многократная поверхностная обработка (протирка).

Пример № 2. Нормирование расхода текстильных вспомогательных материалов. Конкретную норму $Н_р$ определяют в зависимости от назначения ткани, например в качестве дренажного слоя, прокладки, обертки или ветоши для протирки или полировки каких-либо поверхностей изделий или СТО. Основными методами нормирования расхода тканей являются расчетно-аналитический и опытно-экспериментальный. При этом требуется учет уровня техники, технологии и организации производства.

Расчет $Н_р$ осуществляют по формуле

$$Н_р = Н_{уд}\, S/j \ \ (\text{м}^2 \text{ или кг}), \qquad (6.17)$$

где $Н_{уд}$ — удельный расход ткани на единицу поверхности обрабатываемого объекта (изделия, оправки и др.), м^2/м^2 или кг/м^2; S — площадь поверхности объекта, м^2; j — кратность использования ткани (устанавливается обычно экспериментальным путем).

Например, требуется рассчитать норму расхода хлопчатобумажной ткани, дважды используемой для протирки деталей при сборке изделия. Пусть экспериментально установленный норматив расхода такой ткани на единицу поверхности детали $Н_{уд} = 0{,}02$ м^2/м^2, а обрабатываемая площадь детали (по чертежу и согласно операционной карте) $S = 5$ м^2. Тогда $Н_р = 0{,}02 \cdot 5/2 = 0{,}05$ м^2.

Примечание. В некоторых случаях нормирования расхода листовых и пленочных материалов методика предусматривает допустимые отходы и потери, образующиеся, например, в результате обрывов, обрезки и т.п. и устанавливаемые экспериментально в условиях конкретного производства. В расчетной формуле это находит свое отражение. Так, норму расхода листовой бумаги на цели упаковки готовой продукции предлагается рассчитывать по формуле

$$Н_р = S_п \cdot 0{,}001\rho \cdot 100/(100 - \Sigma n) \ \ (\text{кг}), \qquad (6.18)$$

где $S_п$ — общая полезная площадь бумажной упаковки, м^2; ρ — плотность бумаги, г/м^2 (для перевода в кг/м^2 умножается на 0,001); $\Sigma n = n_1 + n_2 + n_3$ — сумма нормативных потерь (в %) из-за срыва, резки и остатков бумаги соответственно.

Пример № 3. Нормирование расхода водных ресурсов. Норма водопотребления — это максимально допустимое количество воды требуемой чистоты, необходимое для производства единицы продукции установленного качества в определенных организационно-технических условиях производства.

Вопросы рационального использования водных ресурсов регламентируются «Правилами охраны поверхностных вод от загрязнения сточными водами». В машиностроении, где расходуется около 10 % общего промышленного водопотребления, нормированию подлежат три составляющих: потребление воды непосредственно для производства продукции, для хозяйственно-питьевых нужд работников производства и сточных вод с учетом их загрязненности и очистки.

Первая составляющая является основной и наиболее емкой. В производстве изделий из ПМ она учитывает расход воды на охлаждение оборудования, оснастки и непосредственно изделий, например, при литье под давлением, экструзии, формовании раздувом в форме и в ряде других случаев. К этой составляющей относится расход воды на промывку оправок, знаков, некоторых изделий перед нанесением покрытий и т. д., а также на приготовление специальных полимерных растворов и эмульсий. Сюда же относятся затраты воды на производство пара, тепла, сжатого воздуха, необходимых для выполнения некоторых ТО.

Вторая составляющая — это расход воды на душевые, поддержание чистоты помещений (причем не только рабочих мест, но и других территорий), резерв для пожаротушения, а также на приготовление пищи в столовой и питье участников производственного процесса (автоматы, фонтанчики и т. п.).

Третья составляющая лимитируется двумя граничными условиями: первое — это загрязнение, требующее эффективной очистки воды и делающее целесообразным создание замкнутого (оборотного) цикла водопотребления; второе — это использование чистой проточной воды без опасности промышленного загрязнения. При

этом основными параметрами, характеризующими загрязнение воды отходами производства, являются ПДК — предельно допустимые концентрации вредных веществ, т. е. показатели максимальной концентрации, ежедневное действие которых на организм человека не вызывает каких-либо патологических изменений или заболеваний. Наряду с этим Правилами охраны поверхностных вод от загрязнения сточными водами запрещается сброс сточных вод, содержащих ценные отходы, которые могут быть утилизированы, а также тех, которые могут быть использованы в оборотной системе водоснабжения.

Методику определения нормы водопотребления рассмотрим на примере наиболее затратной прямоточной системы водоснабжения производства, когда весь объем воды, потребляемой по трем составляющим потребления, обеспечивается свежей водой. В этом случае расчет индивидуальной нормы водопотребления для s-й продукции осуществляется по формуле

$$H_s = H_{техs} + H_{вs} + H_{хs} \quad (л/шт., л/кг и т. д.), \qquad (6.19)$$

где $H_{техs}$ — индивидуальная технологическая норма основного производства для s-й продукции; $H_{вs}$ — индивидуальная норма для вспомогательного и подсобного производств (компрессорная, котельная, очистительная станция и т. п.); $H_{хs}$ — индивидуальная норма хозяйственно-питьевых нужд.

Таким образом, задача разработчика ТП состоит в том, чтобы эти нормы определить для выпуска единицы своей продукции.

Норму $H_{техs}$ определяют на основе нормативов на технологические нужды с учетом безвозвратного потребления и производственных потерь воды:

$$H_{техs} = \sum_{i=1}^{n_s} (H_{техsi}\, Q_{si} / P_s), \qquad (6.20)$$

где n_s — число технологических операций (ТО), требующих потребления воды; $H_{техsi}$ — технологический норматив водопотребления i-й ТО (растворение, протирка, охлаждение и т. д.); Q_{si} — объем выполнения работы в i-й ТО; P_s — объем производства s-й продукции (изделий) в штучном или стоимостном выражении.

Норму $H_{вs}$ определяют в расчете на единицу услуги вспомогательного и подсобного производств, например на производство 1 т пара, 1 Дж теплоты, 1 кВт · ч электроэнергии, 1000 м^3 сжатого воздуха и т. д.:

$$H_{вs} = \sum_{j=1}^{m_s} (H_{вsj}\, Q_{sj} / P_s), \qquad (6.21)$$

где m_s — общее число услуг для производства s-й продукции; $H_{вsj}$ — норматив расхода воды на единицу j-й услуги; Q_{sj} — объем j-й услуги (количество пара, тепла и т. д.).

Величина $H_{хs}$ учитывает норму водопотребления в санитарных, бытовых и хозяйственных целях. Основой для расчета являются Санитарные нормы и правила (СНиП):

$$H_{хs} = \sum_{k=1}^{K} (H_{хk}\, R_{хk}) + \sum_{q=1}^{Q_т} (H_{хq}\, T_{sq} / P_s), \qquad (6.22)$$

где K — число расходов на хозяйственно-питьевые нужды в расчете на одного работающего; $H_{хk}$ — норма на k-й вид хозяйственно-питьевых нужд (см. СНиП); $R_{хk}$ — число работающих, использующих k-й вид расхода воды; $Q_т$ — число расходов воды на хозяйственно-питьевые нужды в расчете на единицу занимаемой производственной площади; $H_{хq}$ — норма расхода воды на q-й вид хозяйственно-питьевых нужд на единицу территориальной площади; T_{sq} — общая площадь q-го потребления в производстве s-й продукции.

6.6.3.4. НОРМИРОВАНИЕ РАСХОДА ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ

Нормирование топливно-энергетических ресурсов (ТЭР), как и остальных технологических ресурсов, имеет целью установление плановой меры их потребления в расчете на единицу продукции. При этом основная задача разработчика ТП — применять наиболее прогрессивные нормы расхода ТЭР.

Нормированию подлежат все расходы ТЭР на основные и вспомогательные нужды (отопление, вентиляцию, освещение, водоснабжение и т. д.), включая потери в сетях. К числу же основных статей расхода ТЭР относятся технологические нужды — обогрев пресс-форм, термошкафов, автоклавов и других СТО. Сюда же относятся затраты электроэнергии на работу нагревательных установок ТВЧ и СВЧ.

Порядок расчета технологических норм расхода энергии предлагается рассмотреть на типичном примере работы сушильной камеры, в частности используемой в ТО сушки лакокрасочных покрытий.

Норма расхода тепловой энергии ($H_т$) суммирует все ее затраты в сушильной камере:

$$H_т = (Q_{св} + Q_л + Q_{ит} + Q_п) T/P \text{ (Дж/кг)}, \qquad (6.23)$$

где $Q_{св}$ — расход тепловой энергии на нагрев свежего воздуха, Дж/ч; $Q_л$ — расход на нагрев самого лакокрасочного материала и на испарение растворителя; $Q_{ит}$ — расход на нагрев изделия и подложки, т. е. транспортного средства, на котором размещено изделие — конвейерной сетки, кронштейна и т.п.; $Q_п$ — потеря тепловой энергии через ограждающий корпус сушильной камеры; T — продолжительность работы сушильной камеры согласно режиму выполнения ТО, ч; P — планируемый объем продукции, пропускаемой через сушильную камеру, кг.

Далее определяют каждую составляющую расчетной формулы (6.23):

$$Q_{св} = G_в C_в (t_2 - t_1) \quad (Дж/ч), \qquad (6.24)$$

где $G_в$ — масса воздуха, поступающего в камеру в течение 1 ч, кг/ч; $C_в$ — удельная теплоемкость воздуха, Дж/(кг · град); t_2 — температура воздуха в сушильной камере, °С; t_1 — температура поступающего воздуха, т. е. температура в цехе, °С. Массу свежего воздуха $G_в$ определяют, исходя из условия обеспечения взрыво- и пожаробезопасной концентрации растворителя (и других летучих продуктов) в камере (по нижнему пределу);

$$Q_л = G_л C_л (t_{л2} - t_{л1}) + G_р r_р \quad (Дж/ч), \qquad (6.25)$$

где $G_л$ — расход лакокрасочного материала, прогреваемого в течение 1 ч, кг/ч; $C_л$ — удельная теплоемкость лакокрасочного материала (ЛКМ), Дж/(кг · град); $t_{л1}$, $t_{л2}$ — температура ЛКМ до и после сушки, °С; $G_р$ — удельное количество удаляемого растворителя, кг/ч; $r_р$ — скрытая теплота парообразования растворителя по справочникам, Дж/кг; например, для уайт-спирита (этилового спирта) при 0 °С $r_р$ = 249,4 ккал/кг, а при 140 °С $r_р$ = 198,4 ккал/кг, в то время как для толуола эта величина равна соответственно 100,6 и 82,1 ккал/кг; следовательно, значение имеет не только вид растворителя, но и режим сушки;

$$Q_{ит} = G_и C_и (t_{и2} - t_{и1}) + G_т C_т (t_{т2} - t_{т1}) \quad (Дж/ч), \qquad (6.26)$$

где $G_и$ и $G_т$ — массы изделий и транспортных средств, проходящих через сушильную камеру при непрерывной работе за 1 ч, кг/ч; $C_и$ и $C_т$ — удельные теплоемкости материалов изделия и транспортного средства соответственно, Дж/(кг · град); $t_{и1}$ и $t_{т1}$ — температуры объектов нагрева до поступления в сушильную камеру, °С; $t_{и2}$ и $t_{т2}$ — температуры по выходе из сушильной камеры, °С;

$$Q_п = \sum_{i=1}^{n} F_i k_i (t_2 - t_1) \quad (Дж/ч), \qquad (6.27)$$

где n — число i-х ограждений, например, стенок камеры; F_i — их площади, м^2; k_i — коэффициент теплопередачи от стенок к воздуху (теплоизлучение), Вт/(м^2 · ч · град); t_2 и t_1 — температуры воздуха в камере и снаружи, °С.

Аналогичным был бы расчет нормы расхода тепловой энергии при сушке гранулята и препрегов, при термообработке прессовых и пултрузионных изделий, при формовании пенопластовых изделий паровым вспениванием газосодержащего гранулята и в некоторых иных случаях производства изделий из ПМ.

В качестве базовых показателей норм расхода вспомогательных материальных и топливно-энергетических ресурсов, используемых в проектируемом ТП, могут быть рекомендованы данные ранее приведенной табл. 6.8.

6.6.4. НАЗНАЧЕНИЕ ОПЕРАТОРОВ И РАЗРЯДОВ РАБОТ

Данная задача выполняется на основе отраслевых классификаторов разрядов работ и профессий, действующих на конкретном предприятии, для которого проектируется ТП. В общем случае

проектант должен руководствоваться рассмотренной выше (см. раздел 2.3) зависимостью квалификации операторов ТО от типа производства — массового (низкая квалификация исполнителей и высокая квалификация наладчиков СТО), серийного (средняя квалификация тех и других) и единичного (высокая квалификация операторов).

В условиях серийных заводов, являющихся основными и доминирующими по объемам выпуска продукции, среднестатистическое распределение разрядов у операторов и других рабочих, занятых в производстве изделий из ПМ, выглядит (при 6-разрядной квалификационной сетке) приблизительно следующим образом:

Разряды операторов основного производства

Аппаратчик смешения компонентов	3—4
Таблетировщик	2—3
Прессовщик изделий из пластмасс	4
Литейщик пластмасс	4
Обработчик литьевых и прессованных изделий (фрезерование, сверление, шлифование и т.д.)	3—4
Резчик стеклопластиков	2
Дробильщик отходов	3
Оператор сушильной установки	3
Комплектовщик	2

Разряды вспомогательных рабочих

Наладчик прессов	4
Наладчик литьевых машин	4
Лаборант по проведению физико-механических испытаний	3
Распределитель работ	2
Контролер	3—4
Кладовщик	Без разряда

Типовые профессионально-квалификационные составы рабочих основных производств пластмассовых изделий представлены в приложении П.17.

Из приведенных данных следует, что средняя квалификация операторов и других рабочих, необходимая для выполнения ТО при изготовлении изделий из ПМ, оказывается ниже, чем в производстве изделий из металлов. Как отмечалось в части первой книги, это обстоятельство является следствием менее сложной технологии переработки ПМ в изделия, проявляющейся в малооперационности ТП и в меньшей зависимости качества изделия, например размерной точности, чистоты поверхности и др., от индивидуального мастерства (квалификации) оператора.

6.7. РАЗРАБОТКА ТЕХНИЧЕСКИХ ПРЕДЛОЖЕНИЙ ДЛЯ КОНСТРУИРОВАНИЯ НЕСТАНДАРТНЫХ СРЕДСТВ ТЕХНИЧЕСКОГО ОСНАЩЕНИЯ ЕТП (ЭТАП № 7)

Выбор стандартных СТО, осуществленный на предыдущем этапе проектирования ТП, как правило, не исчерпывает всей потребности в техническом оснащении ТО для выполнения технологической задачи. Необходимость использования нестандартных СТО обусловлена оригинальностью конструкций объектов производства, стремлением полнее реализовать технологические и функциональные свойства ПМ, снизить трудовые, материально-технические, энергетические и другие затраты. В итоге приходится конструировать такие нестандартные виды СТО, как, например, оформляющие элементы формующих инструментов, средства механизации и автоматизации для установки знаков, оправки для формирования заготовок изделий (намоткой, выкладкой, напылением), всевозможные приставки к элементам стандартного оборудования для создания дополнительного технологического эффекта (вибрационного, вакуумного и др.). Кроме того, при конструировании СТО постоянно возникает потребность в реализации новейших достижений техники и технологии, предопределяющей повышение качества выпускаемой продукции, позволяющей расширять ее ассортимент, способствовать росту рентабельности производства.

Согласно ГОСТ 14.310—73 «Правила организации разработки средств технического оснащения» к нестандартным относят СТО, не регламентированные государственными и отраслевыми стандартами. Номенклатуру подлежащих разработке нестандартных СТО определяют в отношении технологического оборудования в соответствии с требованиями ГОСТ 14.304—73, а для технологической оснастки — с требованиями ГОСТ 14.305—73.

В соответствии с Правилами разработка СТО осуществляется обычно специализированными конструкторскими подразделениями. При производственной необходимости для оперативного обеспечения цеховых нужд допускается размещение отдельных частей (отделов, бюро, групп) конструкторских подразделений предприятия непосредственно в цехах. Их специализация осуществляется по видам разрабатываемых СТО.

Необходимость в привлечении к разработке технических предложений для конструирования нестандартных СТО технолога—разработчика ТП заключается в том, что, имея опыт эксплуатации СТО, участвуя в отработке технологических условий выполнения соответствующих ТО, лично разрабатывая состав и структуру действий операторов на рабочих местах, разработчик ТП способен наиболее полно сформулировать технические, технологические и экономические требования к конкретному виду СТО. Именно поэтому подготовка инженеров-технологов в обязательном порядке предусматривает освоение элементов конструкторской подготовки, а в их выпускных дипломных проектах по тематике проектирования ТП содержится в виде самостоятельного раздела «Конструкторская часть», в которой решаются задачи, изложенные в табл. 6.27.

Таблица 6.27. **Задачи этапа № 7 и условия для их решения**

Задачи	Основные документы, необходимые для решения задач	Критерии выбора решений
7.1. Обоснование необходимости разработки нестандартного вида СТО	Рабочий чертеж изделия и технические требования	Уровень качества выполнения ТО:
7.2. Разработка технического задания	Технологические условия изготовления изделия	качество продукции;
7.3. Выбор принципиальной схемы конструкции СТО	Параметры СТО в типовом ТП или прототипе ТП	технико-экономические показатели ТО
7.4. Общее расчетное обоснование выбранной схемы	Параметры стандартных СТО аналогичного типа	Технико-эксплуатационные характеристики СТО:
7.5. Описание эскизного проекта СТО	Данные о новейших разработках СТО (патенты, публикации и др.)	стоимость и энергоемкость;
		трудоемкость обслуживания и производительность;
		влияние на H_p ПМ

6.7.1. ОБОСНОВАНИЕ НЕОБХОДИМОСТИ РАЗРАБОТКИ НЕСТАНДАРТНОГО ВИДА СТО

Цель выполнения данной задачи — обоснование целесообразности изготовления и возможности повышения эффективности использования СТО в нестандартном исполнении.

Решению задачи должен предшествовать всесторонний анализ современного состояния данного вида СТО в стране и за рубежом. При этом сопоставляются конструкторские решения и достигнутый технико-экономический уровень. Особое внимание обращается на обеспечение качества выполнения ТО, для которой предназначается разрабатываемое СТО в соответствии с критериями, приведенными в табл. 6.27. Вместе с тем решающее значение для принятия решения о необходимости разработки нестандартного СТО может иметь труднодоступность по какой-либо причине аналогичного стандартного СТО, а также перспективность новой разработки.

6.7.2. РАЗРАБОТКА ТЕХНИЧЕСКОГО ЗАДАНИЯ

В соответствии с Единой системой конструкторской документации (ЕСКД) техническое задание (ТЗ) на конструирование любого технического объекта включает:

— наименование СТО и область его технологического применения (вид ТО);

— эксплуатационное и функциональное назначение СТО;

— перечень документов, регламентирующих разработку (чертежи сопрягаемых конструкций, действующие нормали и т.п.);

— источники разработки СТО, например патенты, научно-технические публикации, результаты научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок (НИОКР) и др.;

— технические (или тактико-технические) требования к СТО, в частности состав конструкции, необходимые показатели назначения, требования к надежности при эксплуатации и хранении, к технологичности, унификации и стандартизации, безопасности и экологической чистоте, эстетическим и эргономическим показателям, а также требования к обеспечению патентной чистоты новой разработки в отношении интересующих стран;

— технологические требования к СТО, т.е. способность обеспечивать заданный уровень качества выполнения соответствующей ТО;

— экономические требования, в частности, необходимая производительность, трудоемкость обслуживания, энерго- и материалоемкость, а также предельная стоимость и количественная потребность;

— график выполнения этапов разработки СТО и выбор вида технического контроля.

Порядок разработки и содержание ТЗ в каждом конкретном случае жестко не лимитированы, поэтому проектант вправе отобрать среди технических, технологических и экономических требований наиболее значимые, но обязательно сохраняя при этом требования безопасности, экологии и ресурсосбережения.

6.7.3. ВЫБОР ПРИНЦИПИАЛЬНОЙ СХЕМЫ КОНСТРУКЦИИ СТО

Графическая часть технического предложения для конструирования нестандартного СТО выполняется в виде эскизного проекта, т.е. предварительного, упрощенного чертежно-графического изображения разрабатываемого объекта, принципиально отображающего замысел (идею) автора. Цель эскизного проекта — передать облик и общий принцип действия предлагаемой конструкции СТО.

Примерами типовых направлений разработки нестандартных видов СТО могут служить следующие:

модификация общей компоновки, а также отдельных узлов и деталей стандартного оборудования, обеспечивающая необходимый качественный и технико-экономический эффект. Например, сочетание в сушильных установках ИК-нагревателей с фонтанирующим воздушным потоком способно увеличить производительность сушки в 10—20 раз. Аналогичный ускоряющий эффект обеспечивает монтирование на литьевой машине автоматического узла для установки знаков, что повышает производительность литья в 2—3 раза, а осуществление съема отливок с помощью комбинированной системы воздухосъемника и пружинного толкателя доводит увеличение производительности до 8—10 раз;

рационализация автоматических линий непрерывного изготовления изделий из ПМ. Например, при организации роторной системы последовательной подачи к соплу литьевой машины разных форм (в том числе при групповом формовании литьевых деталей) отмечена возможность увеличения производительности литья в 8—10 раз;

повышение эффективности использования стандартной оснастки. Например, при литье под давлением путем ультразвукового воздействия на литьевую форму (при частоте 18—22 кГц) скорость заполнения формы расплавом ПМ возрастает в 10—20 раз, одновременно обеспечивая качественное заполнение мельчайших неровностей формы (снижая брак) и позволяя уменьшать остаточные напряжения в ПМ за счет повышения подвижности макромолекул приблизительно на 70 %;

конструирование и модификация нестандартных деталей формующих инструментов, в том числе оформляющей части форм, знаков, нагревательных и охлаждающих систем и других элементов. Например, сочетание в пресс-формах контактного нагрева, осуществляемого стандартными тепловыми электронагревателями (ТЭНами), с индукционным нагревом позволяет резко увеличивать скорость нагревания пресс-форм до заданной температуры формования и, следовательно, сокращать общий цикл прессования;

конструирование автономно действующих формующих инструментов, способных осуществлять часть цикла формования (технологическую выдержку) независимо от традиционного технологического оборудования (пресса, литьевой машины, автоклава и др.), что достигается благодаря фиксации закрытого состояния форм специальными запирающими устройствами (тарельчатого, пружинного, гидравлического и других типов) и поддержанию в них заданной температуры с помощью автономных нагревателей. В результате интенсифицируется эксплуатация оборудования, достигается экономия электроэнергии, снижаются трудоемкость и себестоимость формуемых изделий;

другие направления разработки нестандартных конструкций СТО могут быть связаны, например, с повышением безопасности их эксплуатации (защитные устрой-

ства, дублирующие системы и др.), обеспечением экологической защиты окружающей среды (решение проблемы улавливания летучих продуктов, сортировки отходов и др.), предотвращением опасности возгорания продуктов переработки ПМ и т. д.

Во всех перечисленных случаях содержанием эскизного проекта должна быть общая схема конструктивного решения, включая принципиальные составные элементы, их взаимосвязь и требуемые размерные характеристики.

6.7.4. ОБЩЕЕ РАСЧЕТНОЕ ОБОСНОВАНИЕ ВЫБРАННОЙ КОНСТРУКТИВНОЙ СХЕМЫ СТО

В зависимости от объекта конструирования может потребоваться расчет основных параметров, например кинематических схем, размерных цепей составных элементов новой конструкции СТО, гнездности формующих инструментов, структуры и размеров литниковых систем, электрических цепей и др. Задача расчета, осуществляемого разработчиком ТП, — обосновать принципиальную возможность реализации предложенной им конструктивной схемы СТО.

6.7.5. ОПИСАНИЕ ЭСКИЗНОГО ПРОЕКТА СТО

В общем случае описание должно содержать характеристику составных конструктивных элементов и их взаимодействия, порядок работы нестандартного СТО и правила его эксплуатации, меры обеспечения техники безопасности и достигаемые технико-экономические показатели ТО при использовании разработанного проектантом технического предложения.

6.8. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТРЕБОВАНИЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ПРОЕКТИРУЕМОГО ТП (ЭТАП № 8)

Решение проблемы безопасного выполнения ТП носит комплексный характер, поскольку факторы вредного и даже опасного воздействия на организм человека, проявляющиеся при изготовлении и переработке ПМ, обусловливают необходимость предъявлять требования к ТП одновременно по технике безопасности (ТБ), промышленной санитарии (ПС), пожарной безопасности (ПБ) и защите окружающей среды, т.е. по экологической безопасности (ЭБ). Значительная часть этих требований должна быть выполнена еще до начала проектирования конкретного ТП — при строительстве (или реконструкции) производственных помещений, поскольку эти требования регламентируются соответствующими нормативными документами (см. приложение П.18). Это касается общей организации освещения рабочих мест, воздухообмена и электрозащиты, санитарного и противопожарного обеспечения, поддержания теплового режима и определенной влажности, защиты от шума и вибраций, водоснабжения и некоторых других видов обеспечения производства изделий из ПМ.

Цель, стоящая непосредственно перед проектантом, сводится к выявлению вредных и опасных факторов, характерных для разрабатываемого им ТП, и формулированию требований к выбору соответствующих защитных методов и средств (табл. 6.28).

Таблица 6.28. **Задачи этапа № 8 и условия для их решения**

Задачи	Основные документы, необходимые для решения задач	Критерии выбора решений
8.1. Выявление и анализ вредных и опасных факторов при выполнении проектируемого ТП 8.2.Определение требований для выбора методов и средств обеспечения безопасного выполнения ТП	Система стандартов и регламентов по ТБ, ПС, ПБ и ЭБ Описание методов и средств обеспечения безопасности в базовом ТП Классификаторы процессов переработки ПМ по взрыво-, пожароопасности и санитарным характеристикам РТМ предприятия или отрасли промышленности	Обеспечение нормативных требований безопасности ТП при минимальных затратах на технические средства и организацию необходимых работ

6.8.1. ВЫЯВЛЕНИЕ И АНАЛИЗ ВРЕДНЫХ И ОПАСНЫХ ФАКТОРОВ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ПРОЕКТИРУЕМОГО ТП

Стремясь к разработке безопасного ТП, проектант уже имел возможность выбрать ПМ, выделяющий при переработке наименее вредные вещества (см. раздел 6.3.2, табл. 6.15), способ переработки ПМ, обеспечивающий наиболее безопасные условия труда (см. раздел 6.2.3, табл. 6.9) и виды СТО с учетом требований ТБ, ПС, ПБ и ЭБ (см. раздел 6.6.1). Однако это не могло исчерпать всего многообразия вредных и опасных факторов, объективно существующих в производстве изделий из различных ПМ:

— загрязненность воздуха рабочей зоны и окружающей среды (прежде всего близлежащих населенных районов) пылевидными и газовыми включениями;

— летучие продукты испарения и химических реакций взаимодействия компонентов ПМ;

— пожаро- и взрывоопасность применяемых веществ и материалов;

— недостаточная и неправильно организованная освещенность рабочего места;

— повышенная температура открытых элементов СТО и продуктов переработки ПМ;

— разогретый воздух рабочей зоны;

— накопление зарядов статического электричества на трущихся поверхностях;

— повышенное напряжение в электрических цепях, чреватое пробоями и замыканиями, в том числе через тело человека;

— повышенный уровень шума и вибраций на рабочем месте;

— подвижные части СТО, перемещаемые компоненты, материалы, заготовки;

— острые кромки, заусенцы и выступающие части элементов оборудования, оснастки и заготовок изделий.

Среди перечисленных факторов проектант в наиболее полной мере способен проанализировать факторы материаловедческого и технологического характера, в частности состав летучих продуктов, выделяющихся в ходе переработки ПМ (см. приложение П.10). Степень их **опасности для организма человека** принято оценивать показателями предельно допустимых концентраций (ПДК) в воздушной или водной среде и классами опасности веществ. Например, *технологические растворители*, широко применяемые для регулирования вязкости связующих, обезжиривания и промывки при выполнении различных ТО, удаления излишков и натеков смолы, по своей токсичности могут относиться к любому из четырех классов опасности (см. приложение П.19). Однако даже наименее токсичные из них, в частности этанол (класс опасности IV и максимальная ПДК, равная 1000 мг/м^3), вызывает наркотическое действие, сначала возбуждая, а затем угнетая нервную систему человека. При хроническом действии этанола у работающих наблюдаются функциональные расстройства нервной и сердечно-сосудистой систем, печени, почек и других органов. В то же время относящийся к тому же IV классу опасности и не менее распространенный растворитель ацетон уже имеет в 5 раз меньшую ПДК (200 мг/м^3) и негативно влияет на состав крови.

По мере повышения класса опасности растворителя негативные последствия усугубляются. Например, толуол (III класс опасности) в значительных концентрациях (свыше 50 мг/м^3) действует наркотически, вызывает головную боль, опьянение, тошноту, рвоту, а при длительной постоянной работе с большими его количествами — ухудшение состава крови. Имеющий II класс опасности дихлорэтан уже при ПДК 10 мг/м^3 является наркотиком, действует на печень, почки, раздражает дыхательные пути, вызывает изменение сердечной мышцы.

Аналогичным образом оценивается действие *газов*, используемых в процессе реализации некоторых ТО переработки ПМ при вспенивании, окислительно-восстановительной обработке компонентов и др. Например, в процессе производства изделий из некоторых видов стеклопластиков работающие могут подвергаться действию аммиака — бесцветного газа с резким запахом, при содержании которого свыше ПДК = 20 мг/м^3 наблюдается раздражение слизистых оболочек глаз и носа, слюноотделение, чиханье, головная боль, повышенное потоотделение.

Неменьшую опасность может представлять *пыль*, образующаяся, в частности, при механической обработке полуфабрикатов и препрегов ПМ, заготовок и готовых изделий. Например, стеклянная пыль, образующаяся при обработке стекловолокнистых наполнителей и стеклопластиков, может вызывать серьезное повреждение легочной ткани, а при систематическом попадании на кожу — травматический дерматит.

Наряду с оценкой различных веществ в атмосфере цеха и окружающей среды по ПДК и классу опасности необходим анализ их **взрыво- и пожароопасности**. В частности, это необходимо делать в отношении пероксидных и некоторых других отвердителей, легколетучих растворителей и компонентов ПМ из горючих материалов. Особую взрывоопасность представляет пероксид бензоила, который категорически запрещается растирать и разбивать, если образовалась скомковавшаяся сухая масса. Он не относится к сильным ядам, но попадание его внутрь организма человека может привести к серьезным последствиям, а длительный контакт с кожей может вызвать ожоги и раздражения.

Гидропероксид изопропилбензола (гипериз) является несколько более устойчивым продуктом, чем пероксид бензоила, но также требует весьма осторожного обращения. Гипериз может разлагаться со взрывом при контакте с рядом веществ (не только с ускорителями), например с резиной, свинцом и др. В связи с этим категорически запрещается использовать резиновые пробки и свинцовые прокладки для сосудов с гиперизом. Кроме того, даже следы каких-либо кислот способны вызвать бурную реакцию, что требует использования особенно чистой посуды.

Пожароопасность во многом предопределяется горючестью выбранных ПМ. Наиболее часто для сравнительной оценки их горючести пользуются методом определения кислородного индекса (КИ) или предельного кислородного индекса (ПКИ) — минимального содержания кислорода в кислородно-азотной смеси, обеспечивающее свечеподобное горение ПМ в условиях, регламентированных стандартами (ГОСТ 21793—76, ASTM D 2863, BSI 2782-141). КИ (ПКИ) выражают в объемных процентах или объемных долях. Сравнительные характеристики КИ (в %) для ряда промышленных полимеров и ПМ на их основе приведены в приложении П.20.

Для полной характеристики возгораемости ПМ определяют температуры воспламенения, тления, самовозгорания, а также способность к дымовыделению, образованию раскаленного плава и токсичность продуктов разложения ПМ. Как правило, помещения для переработки ПМ должны быть: по пожарной безопасности — категории В, по степени огнестойкости — не ниже IIIа.

Общим итогом выполнения задачи 8.1 данного этапа проектирования ТП должна стать систематизация помещений для выполнения соответствующих ТО по основным показателям оценки безопасности работ. При этом в качестве базовых могут служить показатели, приведенные в табл. 6.29.

Таблица 6.29. **Классификация основных отделений, цехов и наружных установок для переработки ПМ в изделия по пожарной опасности, правилам устройства электроустановок (ПУЭ) и санитарной характеристике**

Наименование участка, отделения, цеха	Категория пожарной опасности по НПБ 105-95/ МВД России	Классификация по ПУЭ (раздел 7 «Электрооборудование спец. установок»)	Группа вредности процессов по СНиП 2.09.04—87
Производство изделий из реактопластов методом горячего прессования и литья под давлением			
Склад сырья	В	II-IIа	3б
Склад форм	Д	—	—
Подготовка сырья (растаривание и таблетирование)	Б	В-IIа	3б
Отделение прессования	В	II-IIа	3б
Термообработка	В	II-1	3б
Механическая обработка, сборка, упаковка	В	II-IIа	1б
Переработка отходов (дробление, смешение)	Б	В-IIа	3б
Склад готовой продукции	В	II-IIа	1б
Производство изделий из термопластов литья под давлением			
Склад сырья и готовой продукции	В	II-IIа	1б
Склад форм	Д	—	—
Подготовка сырья (растаривание, сушка, смешение)	В	II-IIа	3б
Отделение литья	В	II-IIа	3б
Термообработка	В	II-IIа	2а
Механическая обработка, сборка, комплектация	В	II-IIа	1б
Переработка отходов	В	II-IIа	3б
Производство изделий из пластмасс методом экструзии и каландрования			
Склад сырья и готовой продукции	В	II-IIа	1б
Подготовка сырья и композиций	В	II-IIа	3б
Отделение чистки головок шнеков, валков	В	II-IIа	3б

Продолжение

Наименование участка, отделения, цеха	Категория пожарной опасности по НПБ 105-95/ МВД России	Классификация по ПУЭ (раздел 7 «Электрооборудование спец. установок»)	Группа вредности процессов по СНиП 2.09.04—87
Отделение экструзии и каландрования	В	II-IIа	3б
Отделение подготовки краски	А	В-1а	3а
Глубокая или флексографическая печать	А	В-1а	3а
Переработка отходов	В	—	—
Отделение пневмовакуумформования	В	II-IIа	3б

Примечание. В производстве изделий из армированных пластиков классификация технологических подразделений по пожароопасности, ПУЭ и промсанитарии аналогична классификации подразделений в табл. 6.29. При этом класс чистоты воздуха колеблется от 4-го до 7-го, относительная влажность допустима до 70 %, температура — в пределах 18—24 °С. Исключение представляют участки формования, клеевой сборки, термообработки, вскрытия технологических пакетов после автоклавного и гидроклавного формования, механической обработки готовых изделий и утилизации отходов, на которых при чистоте воздуха, соответствующей 7-му классу, влажность и температура поддерживаются по нормам ГОСТ 12.1.005—88.

6.8.2. ВЫБОР МЕТОДОВ И СРЕДСТВ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОГО ВЫПОЛНЕНИЯ ТП

Требованиями по нормализации санитарно-гигиенических условий в производственных помещениях должны предусматриваться:

— общеобменная приточно-вытяжная вентиляция и местные встроенные отсосы от мест фиксированного выделения вредностей, способные не допустить их концентрации в воздухе рабочей зоны выше ПДК (см. приложение П.18);

— освещенность на рабочих местах в соответствии с требованиями выполняемой ТО согласно СНиП «Естественное и искусственное освещение» и ВСН 51-84 «Нормы искусственного освещения цехов по переработке пластмасс»;

— непревышение уровнем шума на рабочих местах значений, установленных ГОСТ 12.1.003—83 «Шум. Общие требования безопасности» и соответствующих уровню звукового давления 86 дБ при средней частоте 250 Гц;

— непревышение интенсивностью вибрации, воздействующей на работающих, значений, указанных в «Санитарных нормах и правилах при работе с машинами и оборудованием, создающими локальную вибрацию, передающуюся на руки»;

— ограждения всех движущихся и вращающихся частей оборудования, а также во избежание рабочего контакта с ними операто-

ров — максимально возможная степень механизации и автоматизации выполнения ТО;

— соответствие санитарного содержания производственных и вспомогательных помещений требованиям «Инструкции по санитарному содержанию помещений и оборудования производственных предприятий», предусматривающей наличие бытовых помещений с гардеробной, умывальной, душевой и туалетом; установку индивидуальных шкафов с отделениями для одежды и средств индивидуальной защиты; оснащение производственных участков водопроводом с холодной и горячей водой, мылом, бумагой и воздушными полотенцами, а также фонтанчиками с питьевой водой;

— наличие средств индивидуальной защиты в соответствии с требованием ГОСТ 12.4.011—89; выбор конкретных средств (одежда, головные уборы, средства защиты от шума, перчатки, кремы и др.), обусловленный опасными и вредными веществами, материалами и работами, имеющими место при выполнении данной ТО.

Требования по организации работ с взрывоопасными и пожароопасными веществами и материалами должны регламентироваться ГОСТ 12.1.004—91, ГОСТ 12.1.010—76, ГОСТ 12.1.018—93 и «Типовыми правилами пожарной безопасности для промышленных предприятий», в соответствии с которыми необходимо:

— учитывать, что пероксиды и гидропероксиды, используемые, в частности, для отверждения полиэфирных смол, способны взрываться при температурах выше 40 °С, при ударах и в контакте с ускорителями химических реакций;

— хранить эти взрывоопасные материалы только в отдельных изолированных помещениях при температуре не выше 25 °С;

— работу с пероксидом бензоила выполнять в защитных очках на специально отведенном рабочем месте в вытяжном шкафу; при этом в помещении запрещается пользоваться электроприборами с открытой спиралью;

— не держать в производственных помещениях более суточного запаса пероксидных соединений;

— защиту зданий и сооружений системами автоматического пожаротушения и сигнализации осуществлять в соответствии с требованиями СНиП 2.04.09—84 «Пожарная автоматика зданий и сооружений».

Громозащита и защита от статического электричества, заряды которого образуются на поверхностях трущихся узлов, инструментов и материалов, при зашкуривании и протирке полуфабрикатов, заготовок и готовых изделий, а также при выполнении других процессов и ТО, должны осуществляться в соответствии с требованиями ГОСТ 12.1.018—79, ГОСТ 12.4.124—83 и отраслевых «Правил защиты от статического электричества и вторичных проявлений молний».

Для экологической защиты окружающей среды удаляемый из производственных помещений и непосредственно от оборудования воздух должен быть очищен от вредных включений перед выбросом в открытую атмосферу в соответствии с требованиями СН 245—71 «Санитарные нормы проектирования промышленных предприятий».

Мероприятия по охране водоемов и других объектов водопользования должны предусматривать уменьшение расхода прямоточной хозяйственной воды, предотвращая тем самым их загрязнение отходами производства. Следует отдавать предпочтение закрытым (замкнутым) схемам водопользования с очистными сооружениями.

При больших количествах твердых отходов полимерного происхождения необходимо изыскивать возможности их вторичного использования и только как временную меру, по согласованию с санитарными органами, организовывать их захоронение в специально оборудованных местах.

Перечисленные защитные требования, разрабатываемые и формулируемые проектантом ТП, позволяют специалистам в области охраны труда, пожарной, электротехнической и экологической защиты, ответственным по своим направлениям за подготовку и реализацию производства изделий из ПМ, практически обеспечить безопасное выполнение всех ТО.

6.9. РАЗРАБОТКА СХЕМЫ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО РАЗМЕЩЕНИЯ СПРОЕКТИРОВАННОГО ЕТП (ЭТАП № 9)

В реальных условиях производства изделий из ПМ организация и размещение рабочих мест, обусловленных проектными ТО, зависит от фактического наличия или возможностей создания специализированных производственных площадей (отделений, участков, цехов). Разработка схемы размещения ТП осуществляется с учетом определенных правил, норм и расчетных данных. Цель, стоящая перед проектантом, — согласовать разработанную маршрутную схему ТП и состав выбранных СТО с объективно заданными условиями конкретного производства, добиваясь наиболее рациональной организации выполнения ТП, минимизации занимаемых площадей, сокращения транспортных средств, рационального использования производственных коммуникаций, фактического сокращения цикла производства и безусловного выполнения требований техники безопасности (ТБ), промсанитарии (ПС) и пожарной безопасности (ПБ). Основные задачи, необходимость решения которых обусловлена названной целью, перечислены в табл. 6.30.

Таблица 6.30. **Задачи этапа № 9 и условия для их решения**

Задачи	Основные документы, необходимые для решения задач	Критерии выбора решений
9.1. Планирование рабочих мест для выполнения ТО 9.2. Расчет компоновочных параметров размещения ТП 9.3.Разработка схемы производственного размещения ТП	Маршрутная схема ТП Размерные и энергопотребительские характеристики СТО Ассортимент и программа выпускаемых изделий Требования ТБ, ПС, ПБ и экологической безопасности	Экономия производственных площадей, транспортных и других ресурсов Сокращение производственного цикла

6.9.1. ПЛАНИРОВАНИЕ РАБОЧИХ МЕСТ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ТО

Планирование рабочего места — это разработка схемы рациональной расстановки оборудования и оснастки, обеспечивающей минимальную трудоемкость соответствующей ТО, качественное выполнение составляющих переходов и комфортность труда оператора.

Рабочее место является первичным звеном производственной структуры, предопределяющим степень реализации идей и технологических разработок, заложенных проектантом в ТП в виде передовых приемов труда, оптимизированного соотношения основного и вспомогательного времени выполнения ТО, современных эргономических принципов организации системы взаимодействия «человек — машина» и «человек — средства ручного труда». Вместе с тем организация рабочих мест зависит не только от желания и опыта проектанта. Выполнение данной задачи во многом обусловлено многочисленными объективными факторами (рис. 6.12.).

На приведенной диаграмме показано, что количественные и качественные показатели организации рабочих мест зависят прежде всего от **производственно-технологических факторов,** к которым относятся тип производства, технологическое назначение рабочего места, характер трудовых функций рабочего (бригады), степень специализации осуществляемой операции. Одновременно влияние оказывают **организационные факторы,** проявляющиеся в санитарно-гигиенических требованиях (а также в физиологических, психологических, эстетических), в принятой на предприятии системе обслуживания рабочих мест (выполнении подготовительных, транспортных, наладочных, ремонтных, складских и других работ), в соответствии условий труда функциям работника, от которого в определенной мере зависит соблюдение технологической дисциплины. Классификация рабочих мест по основным из перечисленных признаков представлена на рис. 6.13.

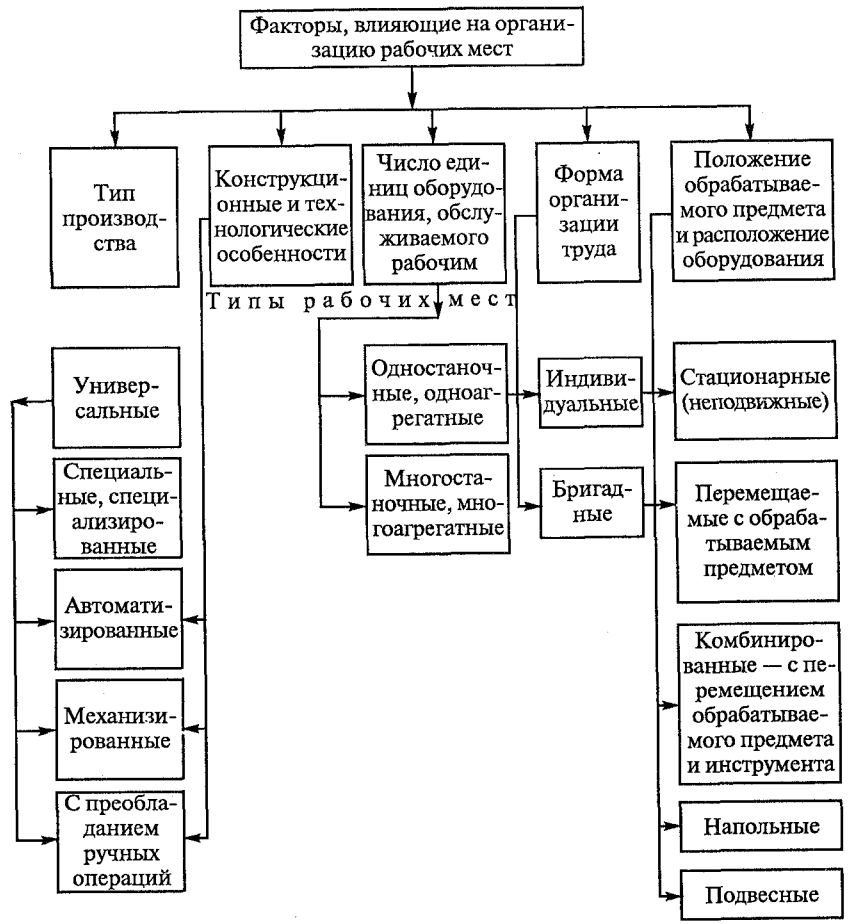


Рис. 6.12. Факторы, влияющие на организацию рабочих мест

Основой организации типовых рабочих мест являются типизация ТП, унификация СТО (в том числе средств механизации и автоматизации выполнения ТО, транспортных и других средств), применение прогрессивных приемов труда и систем обслуживания, современное обеспечение требований техники безопасности и т. д. (см. приложение П.21). Стремление к типизации рабочих мест, в свою очередь, обусловило необходимость нормирования рабочей площади на единицу соответствующего оборудования, которое для основных видов производства изделий из пластмасс отражено в табл. 6.31.

Рис. 6.13. Классификация рабочих мест

Таблица 6.31. **Нормы рабочей площади на единицу оборудования для переработки пластмасс**

Вид производства	Основное технологическое оборудование	Нормы рабочей площади на единицу оборудования, м²
Литье под давлением	Литьевые машины с объемом впрыска, см³:	
	30—42	15
	50—67	18
	100—125	21
	220—250	23
	500	41
	До 1000	47
	До 2000	82
Прессование	Гидравлические прессы с усилием, кН:	
	400	16
	630	16
	1000	20
	1600	24
	2500	30
Экструзия пленки	Агрегаты на базе экструдеров с диаметром шнека, мм:	
	45	50
	63	65
	90	80
	125	120
	160	250

Продолжение

Вид производства	Основное технологическое оборудование	Нормы рабочей площади на единицу оборудования, м²
Экструзия труб	Линии на базе экструдеров с диаметром шнека, мм:	
	63	200
	90	225
	125	270
	160	320
Производство выдувных изделий	Выдувные машины и агрегаты для производства полых изделий с объемом, л, не более:	
	1	35
	2	40
	10	60
	60	100

С учетом этих норм схема расстановки СТО на рабочем месте, например литейщика ПМ, может предусматривать помимо литьевой машины выбранной марки пневмозагрузчик (или контейнер с сырьем размером 400×400 мм), стол оператора (400×700 мм), термостатирующий агрегат (400×500 мм), лоток или контейнер для готовой продукции (300×400 мм), приспособление для механического отделения литников (300×400 мм).

На рабочем месте прессовщика кроме пресса с гидроагрегатом располагаются: генератор ТВЧ для предварительного нагрева ПМ с комплектным столом (350×350 мм), стол прессовщика (500×700 мм) с лотком для продукции (350×500 мм), стул для прессовщика (400×400 мм), оборотная тара для таблеток и продукции (500×700 мм), а также приспособление для рихтовки изделий и контейнер для отходов, размещаемые рядом с рабочим столом.

Планирование рабочих мест для других видов формования изделий из различных ПМ или для формирования их заготовок, а также для выполнения ТО на подготовительном и заключительном этапах ТП необходимо осуществлять с учетом нормативов, действующих на конкретных предприятиях или в отраслях промышленности. Полученные в результате данные о площадях, занимаемых рабочими местами для проектных ТО, являются основой для выполнения следующей задачи 9-го этапа проектирования ТП.

В тех случаях, когда набор СТО, используемых для выполнения ТО, выходит за рамки стандартного, планирование рабочих мест осуществляется исходя из общих требований, сформулированных в цели данной задачи. Основными факторами, влияющими на разработку оптимальной схемы расположения оборудования на рабочем месте, являются: программа выпуска изделий, вид технологического процесса их изготовления, конструкция оборудования и его размеры, выбранные транспортные средства, действующие нормы техники безопасности и промсанитарии. Пример схе-

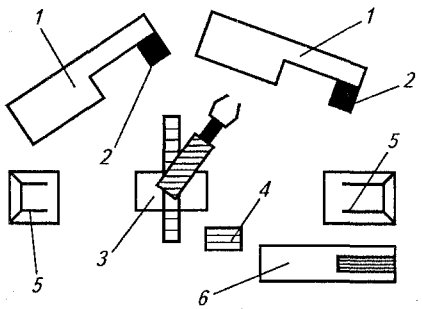


Рис. 6.14. Пример схемы нестандартной планировки рабочего места формования изделий из ПМ:

1 — технологическое оборудование; *2* — устройства управления оборудованием; *3* — промышленный робот; *4* — устройство управления роботом; *5* — приемно-накопительные устройства для заготовок; *6* — управляющая ЭВМ робототехнологического комплекса

мы нестандартной планировки рабочего места изображен на рис. 6.14. В качестве технологического оборудования *1* в подобном случае могут быть прессы, установки для формования изделий раздувом, установки для термоформования и др.

6.9.2. РАСЧЕТ КОМПОНОВОЧНЫХ ПАРАМЕТРОВ РАЗМЕЩЕНИЯ ТП

В основе планирования схемы размещения рабочих мест для выполнения разработанного ТП лежит расчетное определение площади основного производственного отделения, предназначенного для непосредственного формования изделий из ПМ. Например, площадь отделения литья под давлением номенклатуры изделий заданного ассортимента, для которых были выбраны различные термопластавтоматы, рассчитывается по формуле

$$F = K_1 \Sigma F' + K_2 b_п b_з = \\ = K_1 (n_1 F_1' + n_2 F_2' + ... + n_m F_m') + K_2 b_п b_з \quad (м^2), \qquad (6.28)$$

где K_1 — коэффициент, учитывающий установку термопластавтоматов разных габаритов в одном ряду (при $\Sigma F' < 2000$ м^2 $K_1 = 1{,}2$; при $\Sigma F' \geq 2000$ м^2 $K_1 = 1{,}05$); $\Sigma F'$ — сумма площадей, занятых оборудованием; n_1, n_2, ..., n_m — числа термопластов одной марки, работающих в определенном режиме; F_1', F_2', F_m' — площадь на единицу оборудования; K_2 — число поперечных проездов; $b_п$ — суммарная ширина поперечных проездов; $b_з$ — протяженность зала отделения производства литьевых изделий.

Площадь F' на единицу оборудования (термопластавтомата) определяется по данным табл. 6.31, а число необходимых термопластавтоматов каждого вида (i) — по формуле

$$n_i = Q_{гпi} K_о / (Q_{oi} j) \text{ (шт.)}, \qquad (6.29)$$

где $Q_{гпi}$ –годовая программа изделий, формуемых на оборудовании i-го вида, кг; Q_{oi} — производительность термопластавтомата, кг/ч; j — действительный годовой фонд времени работы оборудования (в ч), определяемый по табл. 6.32; $K_о$ — коэффициент, учитывающий внеплановые остановки оборудования.

Таблица 6.32. **Распределение годового фонда времени производства изделий из пластмасс**

Производство	Режим работы предприятия	Режим работы оборудования	Номинальный фонд рабочего времени, ч	Потери времени, ч	Действительный фонд рабочего времени, ч
Литье под давлением	3-сменный прерывный	Автоматический	6490	890	5600
	То же	Полуавтоматический	6210	540	5670
	2-сменный прерывный	То же	4140	540	3600
Экструзия труб	3-сменный непрерывный	Автоматический	8570	1170	7400
Экструзия пленок	То же	То же	8570	1220	7350
Выдувное формование	3-сменный прерывный	Полуавтоматический	6210	940	5270
Прессование	То же	То же	6210	910	5300
	2-сменный прерывный	»	4140	570	3570

Коэффициент $K_о > 1$, поскольку помимо коэффициента использования оборудования, принимаемого равным 0,92, может учитывать наличие двух выходных дней в неделю, потери времени на ремонт (5 % от номинального фонда рабочего времени) и потери времени на технологические простои оборудования (2,5 % от номинального фонда).

Размерные параметры $b_п$ и $b_з$ должны соответствовать условиям конкретного производства, но при проектировании нового предприятия в расчет должны быть взяты размеры из типовых проектов зданий и сооружений, предназначаемых для производства изделий из ПМ. Согласно нормативам Гипропласта при строительстве одноэтажных зданий предприятия по переработке пластмасс должны иметь унифицированные пролеты с сеткой колонн 18×12, 24×12 или 30×12 м при высоте до низа несущей конструкции фер-

мы 7,2 м, а в случае многоэтажного корпуса предусматривается сетка колонн 6×6, 6×9 или 6×12 м при высоте этажей 6,0 м.

Расчет числа термопластавтоматов для каждой номенклатуры изделий отдельно можно осуществлять также по формуле

$$n_i = T_i/(jK_и) \text{ (шт.)}, \qquad (6.30)$$

где T_i — затраты времени на выполнение годовой программы на i-м оборудовании, маш.-ч; $K_и$ — коэффициент использования оборудования, равный 0,92.

Примеры расчета T_i и n_i для различных литьевых изделий приведены в табл. 6.33. Для выполнения этих расчетов использованы:

— рабочие чертежи изделий, предназначенных для формования на определенной литьевой машине, из которых были установлены наименование изделия, его чистая масса и марка использованной пластмассы;

— годовая программа выпуска данных изделий ($Q_{гпi}$), имеющаяся в составе исходной информации для проектирования ТП;

— технологические режимы литья под давлением, из которых взяты составляющие цикла выполнения ТО — время выдержки под давлением ($t_о$) и вспомогательное время ($t_в$);

— чертеж формующего инструмента для определения числа гнезд m.

Таблица 6.33. **Примеры расчета затрат времени на выполнение годовой программы (T_i, маш.-ч)* и количества оборудования, необходимого для производства литьевых изделий в объеме годовой программы**

Наименование изделия	Чистая масса изделия, г	Годовая программа, тыс. шт/т	Марка сырья	Время выдержки под давлением, с	Число гнезд в форме	Вспомогательное время неперекрываемое, с	Общее время на 1 отливку (цикл), мин	Затраты времени на годовую программу T_i, маш.-ч
Литьевые машины с объемом отливки до 32 см³								
Предохранитель	12	5400/63	Полистирол	20	2	8	0,47	21200
Ручка	8,8	582/6,1	То же	30	4	18	0,80	1940
Итого		69,1						23140
Расчетное число литьевых машин (до 32 см³) $n_i = T_i/(jK_и) = 23140/(5670 \cdot 0{,}92) = 4{,}4$								
Литьевые машины с объемом отливки до 63 см³								
Корпус	24	10000/240	Полистирол	25	2	11	0,6	49000
Головка	14	12000/168	То же	29	4	13	0,7	35000
Итого		408						84000
Расчетное число литьевых машин (до 63 см³) $n_i = 84000/(5670 \cdot 0{,}92) = 16{,}1$ и т. д.								

* При действительном фонде рабочего времени 5670 ч, т. е. при трехсменном прерывном режиме работы предприятия и полуавтоматическом режиме работы оборудования (см. табл. 6.32).

Расчет времени на одну отливку ($t_ц$) осуществляли по формуле

$$t_ц = (t_о + t_в)/60 \text{ (мин)}. \qquad (6.31)$$

Расчет суммарных временны́х затрат на выполнение всей годовой программы выпуска заданного ассортимента изделий проводили по формуле

$$T_i = Q_{гп} t_ц/(m \cdot 60) \text{ (маш.-ч)}. \qquad (6.32)$$

Тогда суммарные затраты времени на изготовление заданной номенклатуры изделий равны:

$$T_Σ = T_{i1} + T_{i2} \text{ (маш.-ч)}. \qquad (6.33)$$

Для расчета искомого числа литьевых машин использована формула (6.30).

При укрупненном определении необходимой площади для формования литьевых изделий исходят из обобщенных норм, рекомендованных Гипропластом, согласно которым удельная площадь (f) на 1 литьевую машину в целом по цеху (общая) равна 60 м², а по отделению литья — 29,5 м². Тогда полная площадь такого подразделения может быть рассчитана по формуле:

$$F = fN \text{ (м}^2\text{)}, \qquad (6.34)$$

где N — общее число всех термопластавтоматов.

Таблица 6.34. **Соотношение между производственными и вспомогательными площадями**

Площади отделений и служб	Соотношение площадей (в % от общей площади производства)		
	прессование	литье под давлением	экструзия
Общая площадь производства	100	100	100
Производственная площадь, в том числе:			
отделение подготовки сырья	4—5	5—7	5—7
отделение переработки отходов	2—3	10	8—12
отделение таблетирования (без кладовой)	6—8	—	—
Площадь основного производства:			
участок механической обработки, комплектования, упаковки, склад продукции	18—20	10	5
Вспомогательная площадь, в том числе:			
ремонтные, слесарные участки, кладовые, участок КИП и автоматизации, вентиляционные камеры, трансформаторные, магистральные проезды	15—20	10	9
цеховой склад сырья	4—5	3	2—3
цеховой силосный склад	—	3	4
промежуточный склад	—	5	—

Такой упрощенный расчет производственной площади применяется для предварительного определения размеров корпуса литьевого цеха в условиях отсутствия парка литьевых машин на стадии технико-экономического обоснования (ТЭО), выбора площадки или составления технологической схемы генплана.

Аналогичным образом осуществляется расчет производственных площадей для других видов формования изделий из ПМ, нормативные данные для которых приведены в табл. 6.31.

Расчет площадей остальных отделений и служб может быть осуществлен в процентном отношении к основным производственным площадям согласно данным табл. 6.34.

6.9.3. РАЗРАБОТКА СХЕМЫ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО РАЗМЕЩЕНИЯ ТП

Схема производственного размещения ТП — это расположение производственных подразделений и рабочих мест на их площадях, средств коммуникации (сжатый воздух, водопроводная система, электропроводка) и транспортных средств (конвейеры, электротельферы, кран-балки), предназначенных для выполнения разработанных ТО. При планировании схемы руководствуются следующими принципами:

— в зависимости от типа производства оборудование (рабочие места) необходимо располагать: для единичного производства — по видам ТП, для серийного и массового — по ходу выполнения ТП; но в условиях многономенклатурного серийного производства полимерных изделий определение рациональной схемы расположения рабочих мест представляет собой сложную и многовариантную задачу, требующую формирования единого критерия;

— при разработке планировочных решений по размещению основных производственных и вспомогательных отделений и участков следует руководствоваться принципом оптимизации технологических, транспортных и людских потоков, поэтому по возможности исключаются возвратные движения объектов производства по рабочим местам и не допускается пересечение производственных потоков, но при этом допускается предусматривать проход работающих во вспомогательные (бытовые) помещения через помещения с вредными выделениями, если длина прохода не превышает 100 м;

— ТО, относящиеся к различным категориям по пожаро- и взрывоопасности, а также к различным группам производственных процессов по санитарной характеристике, следует размещать в изолированных друг от друга помещениях;

— необходимо соблюдать санитарно-эксплуатационные нормативы расстояний между технологическим оборудованием и местом нахождения оператора (рабочего);

— планировка должна обеспечивать мобильность (гибкость) производства при смене изделий или изменении программы их выпуска;

— необходимо стремиться к максимальному использованию производственных площадей и кубатуры цеха, максимальной загрузке оборудования на рабочих местах и обеспечению возможности механизации и автоматизации транспортных операций.

Общая компоновка схемы распределения производственных площадей, выделенных для реализации спроектированного ТП изготовления заданных полимерных изделий, должна соответствовать ранее разработанной (см. раздел 6.5.2) структуре (маршруту выполнения) ТП. В производстве литьевых, прессовых и большинства других полимерных изделий нашли применение петлеобразная, прямоточная и комбинированная схемы.

Петлеобразная схема технологического потока применяется наиболее часто, поскольку предусматривает четкое зонирование производственных площадей на собственно производственные, складские и вспомогательные. На рис. 6.15 показан вариант компоновки по петлеобразной схеме размещения производственных подразделений.

Петлеобразная схема основного технологического потока позволяет при необходимости расширять литьевой зал и в определенной мере увеличивать мощность цеха без перестройки остальных его отделений и при минимальных капитальных затратах. Типичная схема размещения оборудования в таком цехе показана на рис. 6.16.

Прямоточная схема наиболее приемлема при создании автоматизированных участков, где складирование и упаковка готовых изделий являются продолжением технологического потока. На рис. 6.17 показано расположение оборудования в автоматизированном литьевом цехе мощностью 4 тыс. т/год. Несмотря на то что здесь использована прямоточная технологическая схема, для лучшей организации погрузочно-разгрузочных работ и уменьшения расходов на застройку по генеральному плану подвоз сырья и вывоз готовой продукции осуществляются с одной стороны корпуса.

Помимо литьевого производства прямоточная схема приемлема для экструзионных производств (трубы, пленки, листы и т. д.) и для автоматизированных мелкономенклатурных прессовых производств (рис. 6.18).

Комбинированная схема производственного размещения ТП используется в многоэтажных зданиях. При этом первый этаж отводится под складские помещения; их, как правило, располагают рядом и обеспечивают фронт погрузки-выгрузки с одной стороны корпуса. На более высоких этажах используют прямоточную схему. Однако при прочих равных условиях наибольший технико-экономический эффект достигается при размещении оборудования на одном уровне, т. е. в зданиях одноэтажной постройки.

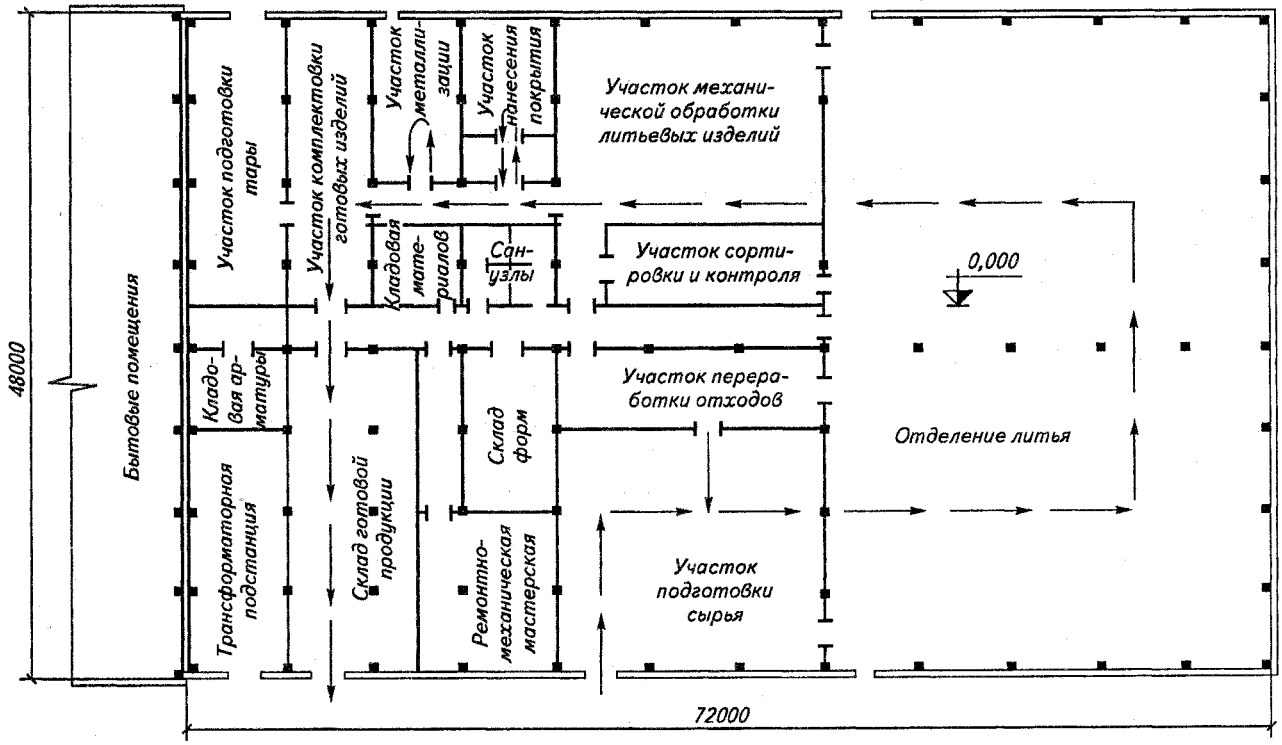


Рис. 6.15. Планировка помещения литьевого цеха (из типового проекта цеха на 50 литьевых машин). Стрелками показано направление основного технологического потока

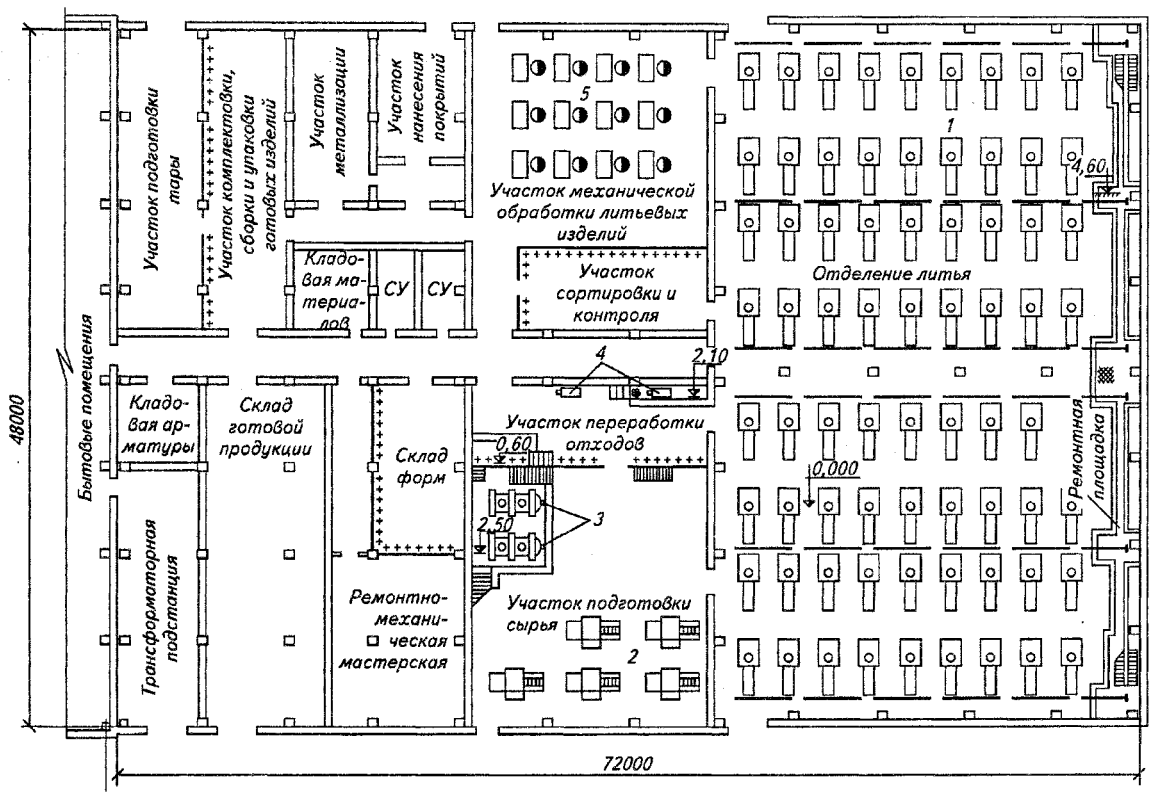


Рис. 6.16. Расположение оборудования литьевого цеха (из типового проекта цеха на 50 литьевых машин):

1 — литьевые машины; *2* — растарочные установки; *3* — вакуум-сушилки; *4* — грануляторы для переработки отходов; *5* — рабочие места для обработки и сборки готовых изделий

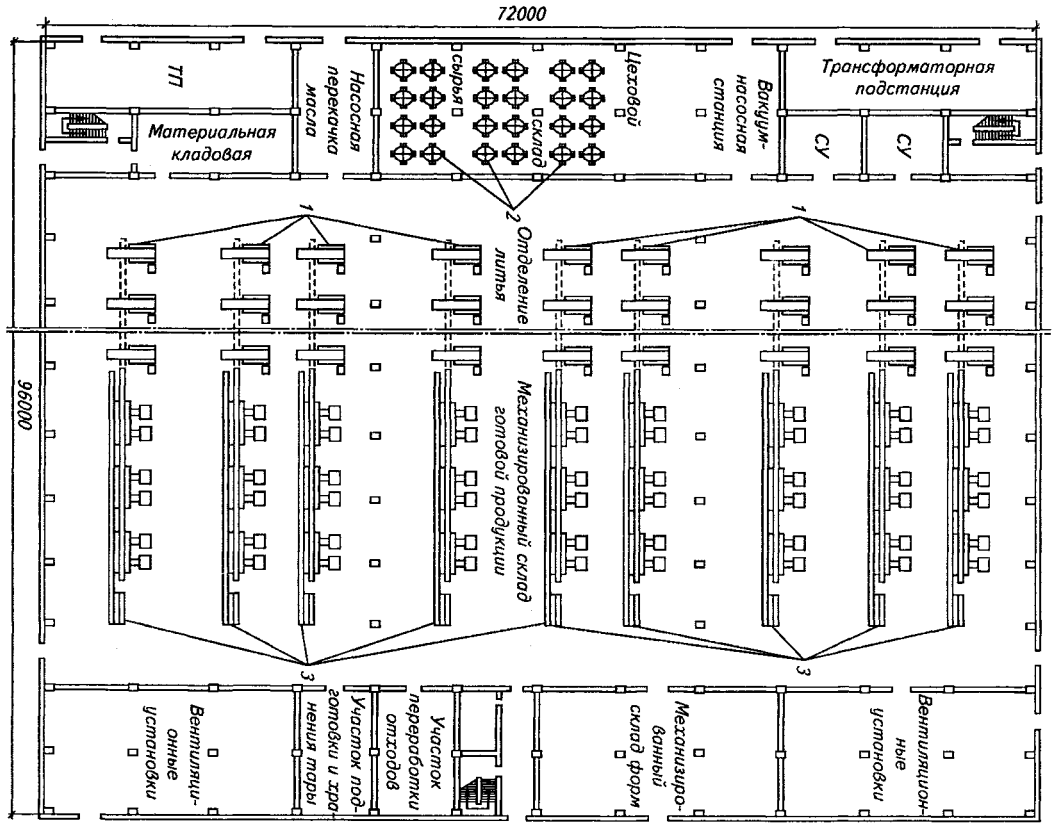


Рис. 6.17. Планировка автоматизированного литьевого цеха мощностью 4 тыс. т/год:

1 — литьевые машины; *2* — цеховой склад сырья; *3* — механизированный склад готовой продукции с отделениями упаковки и контроля

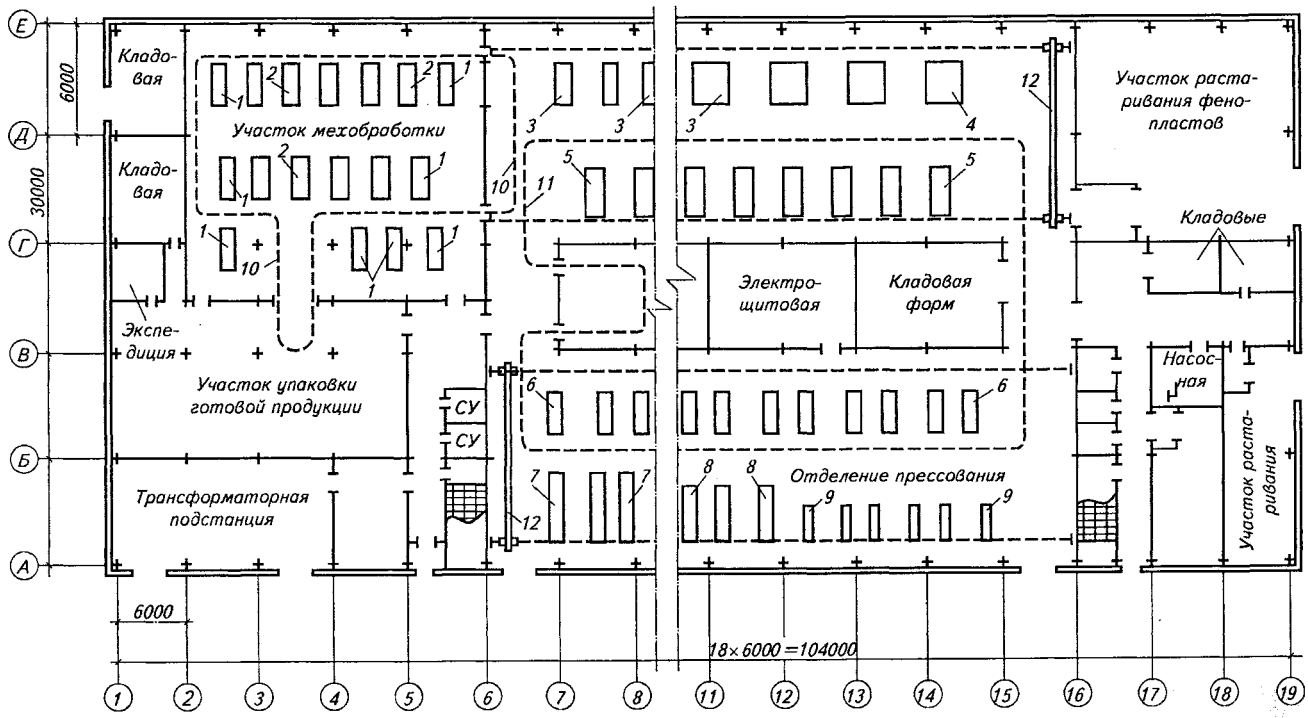


Рис. 6.18. Компоновка прессового цеха мощностью 1,6 тыс.т/год:

1 — автомат АГ 07.00.000; *2* — автомат АГ 30.00.000; *3* — ротационный пресс-автомат С 15010; *4* — автоматическая роторная линия ЛПИ-10; *5* — пресс ротационный Д 2724; *6* — пресс гидравлический ДГ 2432А; *7* — литьевая машина ДЕ 3730.1; *8* — пресс гидравлический ДГ 2434А; *9* — пресс гидравлический Д 24306; *10, 11* — конвейеры щелевые; *12* — кран мостовой электрический однобалочный подвесной, $Q = 2$ т

Независимо от выбранной схемы размещения производственных помещений расстановка оборудования (расположение рабочих мест) в них осуществляется по единым правилам.

Гидравлические прессы группируют по типоразмерам, создавая линии однотипных по номинальному усилию машин. Принимаемое за основу линейное расположение прессов наиболее рационально с точки зрения обслуживания и подводки необходимых коммуникаций. Расстояние между линиями со стороны нахождения операторов-прессовщиков (фронтальная сторона) должно составлять 4800 мм, а с тыльной стороны — 2700 мм. Расстояние между осями соседних прессов в одной линии определяется структурой каждого рабочего места, но в среднем колеблется от 2500 мм при использовании прессов с усилием прессования до 400 кН до 2700 мм для прессов с усилием прессования до 1000 кН. Для обеспечения одностороннего движения внутрицехового напольного транспорта должна предусматриваться ширина проезжей части в 4800 мм.

Литьевые термопластавтоматы также группируют в рядах по типоразмерам. Расстояние между рядами (проезд) составляет от 2,5 до 3,5 м в зависимости от ширины внутрицехового транспорта. Расположение машин внутри каждого ряда определяется степенью их автоматизации и нормами обслуживания на одного литейщика. В полуавтоматическом режиме норма обслуживания составляет 2—3 машины, в автоматическом режиме она увеличивается до 5—7 машин. Габариты рабочей зоны машин, работающих в полуавтоматическом и автоматическом режимах, выбираются по данным табл. 6.35.

Таблица 6.35. **Габариты рабочей зоны литьевых машин**

Геометрический размер, м	Номинальный объем впрыска, см³			
	63	125	250	500
Между осями машин по фронту обслуживания	2,5/2,8*	3,0/3,1*	3,1/3,3*	4,2/4,6*
Между осями машин по тылу	2,0	2,5	3,0	4,0
Между осями машин с большим электрошкафом	0,4	0,4	0,5	0,7
Между электрошкафом и машиной	0,9	1,2	0,85	1,0
Ширина прохода	1,4	1,4	1,4	1,6

* Числитель — для машин, работающих в полуавтоматическом режиме, знаменатель — в автоматическом.

Экструзионные линии компонуются по типоразмерам экструдеров, причем число однотипных машин на участке может достигать 10. Факторами, учитываемыми при размещении агрегатов, являются: удобное для оператора размещение шкафов управления, пультов, столов, инструментов и приспособлений; сокращение до минимума маршрута движения оператора; обеспечение беспрепятственной доставки сырья и транспортирования готовой продукции; полная безопасность обслуживающего персонала и транспортных средств.

Агрегаты для экструзии пленок принято устанавливать в линии с фронтальным расположением. Соседние линии разделены проездом, ширина которого выбирается с учетом вышеназванных факторов. Расстояния между машинами в линии и удаленность машин от элементов производственного здания указаны в табл. 6.36.

Таблица 6.36. **Минимальные расстояния между червячными машинами (экструдерами) и удаленность машин от стен здания**

Геометрический размер, м	Диаметр червяка, мм				
	32	45	63	90	125
Между осями машин (не менее)	2,0	3,5	5,0	5,0	6,5
Между элементами здания (стена) и тыльной стороной червячной машины	2,0—2,5	2,0—2,5	2,5—3,0	2,5—3,0	3,0—3,5
Ширина проезда	3,5	3,5	4,0—4,5	4,0—4,5	4,0—4,5

Каждая установка для производства пленок включает в себя шкаф и пульт управления, тумбу для шпуль наматывающего устройства, контейнер для сырья, пневмозагрузчик. Габариты шкафов и пультов управления приводятся в паспортных данных установок.

Агрегаты для экструзии труб включают кроме червячной машины калибрующее, охлаждающее, тянущее устройства, маркератор, отрезное приспособление и приемное устройство. Каждый агрегат имеет в комплекте пульт управления и шкаф, а также рабочий стол, установку для подсушки сырья и пневмопогрузчик.

Во всех рассмотренных случаях схема размещения рабочих мест, включающих экструзионные установки, должна учитывать строительные размеры элементов производственного здания, стандартные значения которых приведены в табл. 6.37. Ширину всех пролетов рекомендуется выбирать одинаковой, а их длина должна быть кратна шагу колонн. Для соблюдения этого требования допускается корректировка площадей вспомогательных отделений и участков, расположенных вдоль пролета. При этом высоту пролетов выбирают исходя из высоты оборудования, размеров транспортных средств и с учетом гигиенических требований. Расчетной считается высота от пола до нижней точки строительной фермы пролета.

Таблица 6.37. **Рекомендуемые размеры некоторых строительных элементов интерьера производственных помещений**

Производство	Пролет, м	Шаг колонн, м	Высота помещения, м
Пленка полиэтиленовая шириной 1,5 м	24; 18	12	7,2
Пленка полиэтиленовая шириной 3,0 м	12; 18	12	9,6
Пленка полиэтиленовая шириной более 3 м	Индивидуальное решение		
Трубы и шланги	24	12	8,4
Выдувные литьевые, прессованные изделия	24	12	7,2

Для выбора оптимального варианта схемы производственного размещения разработанного ТП целесообразно использовать электронно-вычислительную технику, последовательно решая задачи по определению оптимальных размеров производственных помещений и разработке планировочного решения в целом и для каждого помещения в отдельности.

Окончательный вариант схемы выбирается на основании расчета и анализа основных технико-экономических показателей ТП.

6.10. РАСЧЕТ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПРОЕКТНЫХ ВАРИАНТОВ ЕТП (ЭТАП № 10)

Эффективность любого ТП характеризуется качеством изготавливаемой продукции и комплексом стандартных технико-экономических показателей. Зависимость качества полимерных изделий от проектно-технологических решений ТП была рассмотрена ранее (см. главу 3). Цель данного этапа проектирования ТП — оценить влияние проектно-технологических и других решений предыдущих этапов проектирования на уровень технико-экономических показателей ТП, чтобы на основе их расчетно-аналитической оценки:

1) экономически обосновать и окончательно выбрать наиболее приемлемый из возможных проектных вариантов ТП;

2) выявить экономические недостатки выбранного варианта ТП и своевременно внести необходимые изменения и дополнения в его проект или разработать предложения для дальнейшего совершенствования ТП в ходе практической реализации.

Исходя из обозначенной цели этапа № 10 проектирования ТП, необходимо выполнить три задачи, сформулированные в табл. 6.38.

Таблица 6.38. **Задачи этапа № 10 и условия для их решения**

Задачи	Основные документы, необходимые для решения задач	Критерии выбора решений
10.1. Расчет стандартных технико-экономических показателей ЕТП 10.2. Анализ достигнутых показателей ЕТП 10.3. Разработка предложений для дальнейшего совершенствования ЕТП	Техническое задание на проектирование ЕТП Технико-экономические показатели базового ТП Паспортные характеристики СТО Отраслевые данные о тарифных ставках, ценах, ресурсах СТО и др.	Обеспечение максимальной экономической эффективности и производительности проектируемого ЕТП

6.10.1. РАСЧЕТ СТАНДАРТНЫХ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЕТП

Согласно данным раздела 1.5 технико-экономические показатели ТП подразделяются на основные (трудоемкость и себестоимость) и дополнительные, которые расширяют представление о разных сторонах тех же ТП, характеризуя их производительность, материалоемкость и т. д.

Рассмотрим сначала основные технико-экономические показатели.

Трудоемкость может быть нормативной, фактической и плановой. Для оценки экономической эффективности проекта ТП необходим расчет нормативной трудоемкости, т. е. времени выполнения всех ТО, определяемого на основе действующих норм организации труда при изготовлении одного изделия ($T_и$). Нормативная трудоемкость выражается в нормо-часах (н.-ч):

$$T_и = \sum_{i=1}^{m} t_{шк\,i} \text{ (н.-ч)}, \qquad (6.35)$$

где m — число ТО в составе ТП; $t_{шк\,i}$ — штучно-калькуляционное время выполнения i-й ТО, состав которого выражается формулой (6.8) в разделе 6.6.3.1 «Нормативное время выполнение ТО» и в структурном виде на рис. 6.19.

Согласно данным раздела 6.6.3.1 после нормирования операционного времени выполнения ТО ($t_{оп} = t_о + t_в$) проектант должен воспользоваться нормативными коэффициентами α, β, γ соответствующего отраслевого предприятия, чтобы определить $t_{об}$, $t_{олн}$, $t_{пз}$ (в долевом измерении от $t_{оп}$) и рассчитать $t_{шк\,i}$ по формуле (6.8).

Возможное количественное различие одних и тех же коэффициентов на разных предприятиях обусловливается их типом и характером производства, технической оснащенностью и организацией труда, санитарными и экологическими нормами. Напри-

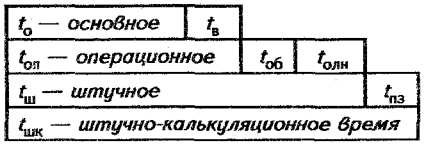


Рис. 6.19. Структура штучно-калькуляционного времени:

$t_в$ — вспомогательное время; $t_{об}$ — время обслуживания рабочего места ТО; $t_{олн}$ — время отдыха и личных надобностей; $t_{пз}$ — подготовительно-заключительное время

мер, обслуживание рабочих мест, которое включает действия, периодически выполняемые оператором, — смену инструмента, получение сырья и сдачу очередной партии готовой продукции, настройку оборудования, уборку и т.п., может осуществляться ручным, механизированным и автоматизированным способами, требуя при этом разного времени $t_{об}$.

Различным может быть и $t_{олн}$, поскольку организация отдыха работающих зависит от конкретных условий труда, технического оснащения помещений для отдыха (специально оборудованные комнаты, тренажерные залы, душевые, питьевые установки и др.), действующих нормативов.

Подготовительно-заключительное время $t_{пз}$ — это затраты рабочего времени (самого оператора или специальной службы) на подготовку к выполнению ТО после ночных перерывов между сменами или после выходных и праздничных дней (установку и разогрев форм, выход на заданный температурный режим, получение производственного задания, чертежей, сырья, инструментов и др.), а при завершении смен — на выполнение тех же действий в обратном порядке. Время $t_{пз}$ затрачивается на всю партию изделий (n), изготавливаемых в период, следующий за подготовкой (смену, сутки). Для определения времени, приходящегося на одно изделие, производят расчет по формуле

$$t_{пзi} = t_{пз}/n \ \text{(н.-ч)}. \qquad (6.36)$$

Результаты определения $t_{шк\,i}$ и его составляющих целесообразно свести для наглядности в табл. 6.39, используемую для последующего анализа проектных вариантов ТП и сопоставления полученных результатов с соответствующими показателями базового ТП.

Таблица 6.39. **Расчетное время $t_{шк\,i}$ и его составляющие для ТО проектируемого ЕТП**

№	Перечень ТО	$t_о$	$t_в$	$t_{об}$	$t_{олн}$	$t_{пз\,i}$	$t_{шк\,i}$

Итого трудоемкость ЕТП $T_и = \sum_{i=1}^{m} t_{шк\,i} = \ldots$

Технологическая себестоимость (см. определение в разделе 1.5) — второй из двух основных технико-экономических показателей ТП. В отличие от других видов себестоимости (цеховой, производственной, полной) она зависит от расходов, напосредственно обусловленных реализацией ТП и потому прямо отражающих эффективность решений, принятых в ходе его проектирования.

Метод прямого расчета технологической себестоимости ($С_т$) достаточно трудоемок, поэтому при сопоставлении разрабатываемых вариантов ТП допустимы приближенные расчеты основных статей расхода. При этом расчет $С_т$ может заключаться в определении денежных затрат (руб.) не только на единицу продукции, но и на всю партию, 1 т или 1000 шт. изделий.

В упрощенном виде формула для расчета $С_т$ имеет вид:

$$С_т = М + З + Э_о + И, \qquad (6.37)$$

где М — суммарные материальные затраты; З — заработная плата основных производственных рабочих, занятых непосредственным выполнением ТП; $Э_о$ — затраты на эксплуатацию и обслуживание оборудования; И — затраты на оснастку (формующие инструменты, оправки и т.п.), связанные с погашением их стоимости, расходов на ремонт и обогрев.

Материальные затраты (М) включают расходы денежных средств на основные полимерные материалы ($М_о$), вспомогательные материалы ($М_в$), комплектующие элементы и полуфабрикаты изделий ($М_{кип}$):

$$М = М_о + М_в + М_{кип}. \qquad (6.38)$$

Затраты на основные материалы (в том числе в виде отдельных компонентов ПМ) определяют с учетом их фактических норм расхода $Н_р$, порядок расчета которых был рассмотрен в главе 4. Тогда общая формула для расчета $М_о$ приобретает вид:

$$М_о = \sum_{a=1}^{к} (K_{тз} Н_{ра} Ц_{ма} - В_о Ц_о), \qquad (6.39)$$

где $Н_{ра}$ — норма расхода основного материала (компонента, полуфабриката) a-го вида, кг; $Ц_{ма}$ и $Ц_о$ — цены основных материалов и соответствующих материальных отходов, руб/кг; $В_о$ — масса реализуемых отходов, кг; $K_{тз}$ — коэффициент транспортно-заготовительных расходов, принимаемый в среднем равным 1,015; $к$ — число видов основных материалов, используемых при изготовлении изделия.

Затраты на вспомогательные материалы, нормирование которых рассмотрено в разделе 6.6.3.3, также рассчитывают по формуле (6.39). Однако при выполнении приблизительных (оценочных) расчетов допускается использование формулы

$$М_в = 0{,}05 М_о. \qquad (6.40)$$

Затраты на закупку КИП — готовых комплектующих элементов (арматуры, вставок и т.п.) и полуфабрикатов (заготовок изделий) предлагается рассчитывать по формуле

$$М_{КИП} = \sum_{b=1}^{p} (Н_{рb} Ц_b K_{тз}), \qquad (6.41)$$

где $Н_{рb}$ — норма расхода комплектующих и полуфабрикатов b-го вида, кг; $Ц_b$ — цена КИП, руб/кг; p — число видов КИП, используемых для изготовления изделия.

Затраты на заработную плату производственным рабочим (З), занятым при реализации ТП, рассчитывают по формуле

$$З = \sum_{i=1}^{m} (Ч_{срi} t_{шкi} K_1 K_2 K_3), \qquad (6.42)$$

где $Ч_{срi}$ — часовая тарифная ставка оператора i-й ТО, зависящая от разряда выполняемой работы, руб/ч; m — число ТО в составе разработанного ТП; K_1 — коэффициент, учитывающий форму организации труда (многостаночное обслуживание, бригадный подряд и т.д.); K_2 — коэффициент, учитывающий перевыполнение нормативного производственного задания; K_3 — коэффициент, учитывающий различные надбавки к основной заработной плате (за вредные условия труда, за работу во внеурочное время, за разряд и др.).

Затраты на эксплуатацию и обслуживание оборудования ($Э_о$) укрупненно определяют с одновременным учетом амортизационных отчислений (А) по формуле

$$Э_о = А + О_{мр} + Э, \qquad (6.43)$$

где $О_{мр}$ — затраты на межремонтное обслуживание оборудования; Э — затраты на оплату электропотребления.

Расчет амортизационной составляющей (А) в долях от стоимости оборудования ($Ц_{об}$) обусловлен планируемым сроком его эксплуатации, который условно можно принимать равным 5 годам. Тогда расчетная формула приобретает вид:

$$А = 0{,}2 Ц_{об}/N_b, \qquad (6.44)$$

где N_b — количество продукции b-го вида, производимой с применением данного оборудования, равное:

$$N_b = Ф_д K_з / t_м \qquad (6.45)$$

[здесь $Ф_д$ — действительный годовой фонд рабочего времени единицы оборудования, равный 1750, 3350 и 5025 ч при одно-, двух- и трехсменной работе соответственно; $K_з$ — коэффициент загрузки оборудования, определяемый соотношением полезно используемой мощности к указанной в паспорте оборудования (номинальной) ($K_н$ = 0,85÷0,95); $t_м$ — машинное время выполнения ТО (станкоемкость) в расчете на одну деталь, ч].

Расчет затрат на межремонтное обслуживание оборудования можно осуществить по формуле

$$О_{мр} = (Р_м Ц_м + Р_э Ц_э) Н_{во} K_п K_д K_с / (Т_{см} В_ч), \qquad (6.46)$$

где $Р_м$, $Р_э$ — ремонтная сложность соответственно механической и энергетической частей используемого оборудования, определяемая в соответствии с системой технического обслуживания и ремонта технологического оборудования по переработке ПМ в условных ремонтных единицах (р.е.); $Ц_м$, $Ц_э$ — часовая тарифная ставка слесарей, занятых межремонтным обслуживанием соответственно механической и энергетической частей оборудования, определяемая по среднеотраслевым данным, руб/ч; $Н_{во}$ — норма времени на обслуживание одной ремонтной единицы в смену, определяемая в ч/р.е.; $K_п$ — коэффициент, учитывающий электрические потери в сети; $K_д$ — коэффициент, учитывающий дополнительную заработную плату; $K_с$ — коэффициент отчислений на соцстрах; $Т_{см}$ — продолжительность одной смены, составляющая 8 ч; $В_ч$ — среднечасовая производительность основного технологического оборудования в тыс. шт/ч, определяемая по формуле

$$В_ч = 3{,}6Г / t_ц \qquad (6.47)$$

(здесь Г — гнездность формы, шт.; $t_ц$ — время цикла изготовления изделия, с).

Расчет электроэнергетической составляющей Э в составе $Э_о$ ведут по формуле

$$Э = K_з K_п N_у C_э t_м, \qquad (6.48)$$

где $N_у$ — установленная мощность электрооборудования, кВт; $C_э$ — стоимость 1 кВт · ч электроэнергии, руб.

Затраты на оснастку (на примере пресс-форм) в расчете на 1000 шт. изделий предлагается определять по формуле

$$И = С_п + С_р + Э_и/(НГ), \qquad (6.49)$$

где $С_п$, $С_р$ — первоначальная стоимость и стоимость текущих ремонтов пресс-формы соответственно; $Э_и$ — стоимость электроэнергии, расходуемой электронагревателями (ТЭНами) согласно расчету по формуле (6.48); Н — норма стойкости (ресурс) пресс-формы, тыс. шт. изделий.

При сопоставлении расчетных величин составляющих технологической себестоимости $С_т$ их долевое распределение должно соответствовать среднестатистическим данным, графически изображенным на рис. 6.20, из которого следует, что доля затрат на основные полимерные материалы в среднем превышает 0,55 $С_т$ и может значительно превосходить эту величину. Менее характерно такое соотношение для прессования, литья под давлением, выдувного и вакуумного формования, в большей — для экструзионного формования пленок, листов, труб и т. п.

Важными дополнительными технико-экономическими показателями ТП, непосредственно обусловленными трудоемкостью

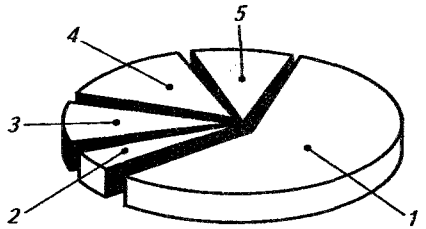


Рис. 6.20. Примерное соотношение составляющих технологической себестоимости изделий из ПМ:

1 — основные ПМ; *2* — вспомогательные материалы; *3* — эксплуатация и обслуживание оборудования; *4* — эксплуатация и ремонт оснастки; *5* — заработная плата основных производственных рабочих

производства изделий ($Т_и$), являются продолжительность технологического цикла ($Т_ц$) и производительность (П) ТП (см. раздел 1.5).

Продолжительность технологического цикла изготовления единицы продукции рассчитывают по формуле

$$Т_ц = Т_и - \Sigma t_{шк\,i\,(п)} \quad (н.-ч), \qquad (6.50)$$

где $\Sigma\, t_{шк\,i\,(п)}$ — сумма штучно-калькуляционных времен ТО, выполняемых параллельно в принятой маршрутной схеме ТП (см. раздел 6.5.2).

Производительность ТП является величиной, обратной $Т_ц$:

$$П = 1/Т_ц \quad (шт/ч). \qquad (6.51)$$

Примечания.

1. Если $Т_ц$ характеризует время изготовления, например, отливки или заформовки в многогнездной форме, то при расчете необходимо выявить долю П, приходящуюся на одно изделие.

2. В связи с примечанием 1 производительность ТП удобнее выражать в единицах массы на единицу времени, например в кг/ч.

На показатель производительности ТП обращается особое внимание, поскольку П — не только сравнительная оценка при сопоставлении проектируемого и базового ТП, но и характеристика возможности сокращения времени выполнения заданной программы выпуска изделий (N) и, следовательно, занятости СТО, производственных помещений и рабочих, что в конечном счете означает возможность производства дополнительной продукции за определенный период времени (час, сутки, месяц и т. д.).

Исходя из важной роли материальной составляющей $С_т$, в перечне технико-экономических показателей ТП предусматривают дополнительный показатель, характеризующий эффективность технологического применения основного ПМ, — **коэффициент использования материала ($К_{им}$)**:

$$К_{им} = m_д/Н_р, \qquad (6.52)$$

где $m_д$ — масса ПМ в составе готового изделия; $Н_р$ — норма расхода ПМ при изготовлении данного изделия, равная произведению $К_р\, m_д$ (см. раздел 4.4).

Следовательно, $К_{им}$ можно выразить непосредственно через величину расходного коэффициента $К_р$:

$$К_{им} = 1/К_р. \qquad (6.53)$$

Учитывая, что в зависимости от вида ПМ и способа его переработки в изделие $К_р$ колеблется в диапазоне от 1,020 до 1,150 (см. табл. 4.2), соответствующий диапазон $К_{им} = 0{,}98 \div 0{,}86$, т. е. средняя величина $К_{им} = 0{,}92$. Превышение этого показателя предопределяет возможность дальнейшего снижения технологической себестоимости $С_т$.

Среди других дополнительных показателей проектируемых ТП нередко рекомендуются:

доля ручного труда:

$$Д_р = \sum_{i=1}^{K} \frac{t_{шкр\,i}}{Т_и} \cdot 100 \ (\%), \qquad (6.54)$$

где $t_{шкр\,i}$ — штучно-калькуляционное время i-й ТО, выполняемой вручную; K — число ручных ТО в составе ТП;

уровень механизации ТП:

$$Д_м = \sum_{i=1}^{M} \frac{t_{шкм\,i}}{Т_и} \cdot 100\,(\%), \qquad (6.55)$$

где $t_{шкм\,i}$ — штучно-калькуляционное время м-й механизированной ТО; M — число механизированных ТО в составе ТП;

уровень автоматизации ТП:

$$Д_а = \sum_{i=1}^{H} \frac{t_{шкн\,i}}{Т_и} \cdot 100\,(\%), \qquad (6.56)$$

где $t_{шкн\,i}$ — штучно-калькуляционное время i-й автоматизированной ТО; H — число автоматизированных ТО в составе ТП.

6.10.2. АНАЛИЗ ДОСТИГНУТЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЕТП

Найденные в предыдущем задании основные и дополнительные технико-экономические показатели позволяют выбрать оптимальный вариант ЕТП из числа обеспечивающих выполнение технических требований к качеству выпускаемой продукции (см. раздел 6.1.2). Основанием для выбора является соотношение показателей проектируемого ЕТП и аналогичного, прежде всего базового ТП. Например, о степени снижения **уровня трудоемкости ЕТП** ($К_{ут}$) дает представление соотношение достигнутой в нем трудоемкости изготовления полимерного изделия ($Т_и$) и базового показателя трудоемкости ($Т_{иб}$):

$$К_{ут} = Т_и/Т_{иб}. \qquad (6.57)$$

Чем $K_{ут} < 1$, тем предпочтительнее данный вариант ЕТП и тем больше он обеспечивает экономию трудозатрат и способствует повышению производительности труда при одновременной экономии фонда заработной платы производственных рабочих.

При сопоставлении показателей **технологической себестоимости** (табл. 6.40) сопоставляют затраты на полимерные (основные) материалы, которые обусловлены не только их ценой, но и технологической эффективностью использования, выражаемой коэффициентами $K_{им}$ сравниваемых ТП.

Таблица 6.40. **Пример сопоставления проектной и базовой технологической себестоимости 1000 шт. изделий из ПМ**

Составляющие $С_т$	Проект ЕТП		Базовый ТП		Изменения, руб.
	сумма, руб.	доля, %	сумма, руб.	доля, %	
Материальные затраты:					
основные материалы	875,30	59,4	902,75	59,7	–27,45
вспомогательные материалы	76,70	5,2	80,30	5,3	–3,6
комплектующие элементы	121,25	8,2	121,25	8,0	—
полуфабрикаты	—	—	—	—	—
Зарплата производственных рабочих:					
основная	139,66	9,5	139,66	9,2	—
дополнительная	9,0	0,6	9,0	0,6	—
Социальные отчисления	9,94	0,7	9,94	0,7	—
Затраты на эксплуатацию и обслуживание оборудования	82,4	5,6	85,0	5,6	–2,6
Затраты на оснастку	159,25	10,8	165,00	10,9	–5,75
Итого	1473,50	100	1512,90	100	–39,40

Как и в случае трудоемкости, при упрощенной оценке эффективности достигнутой себестоимости ($С_и$) в проекте ЕТП достаточно рассчитать коэффициент снижения уровня этой себестоимости:

$$K_{ус} = С_и/С_{иб}, \qquad (6.58)$$

где $С_{иб}$ — себестоимость изготовления изделия в базовом ТП.

Например, в табл. 6.40 $K_{ус}$ = = 1473,5/1512,9 = 0,974, что эквивалентно 97,4 % от $С_{иб}$.

Однако наиболее полное представление о преимуществах достигнутых показателей ЕТП можно получить, одновременно принимая во внимание исходную информацию по всей программе выпуска изделий (см. раздел 5.3). В этом случае фактический размер экономической эффективности ЕТП ($\Delta Э$) рассчитывается по формуле:

$$\Delta Э = (С_{иб} - С_и)В \ \text{(руб.)}, \qquad (6.59)$$

где В — заданная программа выпуска изделий по ЕТП, шт.

При этом необходимо иметь в виду, что такой расчет допустим тогда, когда внедрение разработанного ЕТП не требует значительных капиталовложений на строительство новых производственных или подсобных помещений, на замену технической, энергетической или какой-либо иной базы. В противном случае оценку экономической эффективности следует рассчитывать по другой формуле:

$$\Delta Э = Р_б - Р_н \ \text{(руб.)}, \qquad (6.60)$$

где $Р_б$, $Р_н$ — суммарные расходы соответственно в базовом ТП и новом ЕТП.

В свою очередь, суммарные расходы определяются по формуле

$$Р = С + К \ \text{(руб.)}, \qquad (6.61)$$

где С — себестоимость всего объема выпуска изделий, руб.; К — капитальные вложения на реализацию ЕТП.

Капитальные вложения рассчитываются по формуле

$$К = К_{осн} + К_и + К_р + К_{эн} + К_{тр} + К_{пр} \ \text{(руб.)}, \qquad (6.62)$$

где $К_{осн}$ — капитальные затраты на основное производство; $К_и$ — затраты на создание инструментального хозяйства; $К_р$ — затраты на создание ремонтной базы; $К_{эн}$ — затраты на развитие энергетической базы; $К_{тр}$ — затраты на развитие транспорта; $К_{пр}$ — прочие капитальные затраты.

При существенных различиях нового ЕТП и базового ТП по объему выпуска изделий для расчета экономической эффективности рекомендуется соответственно скорректированная формула:

$$\Delta Э = (Р_б В_н/В_б) - Р_н \ \text{(руб.)}, \qquad (6.63)$$

где $В_б$, $В_н$ — объемы выпуска изделий по базовому и новому ТП соответственно.

Из последней формулы следует, что увеличение объема выпуска $В_н$, обусловленное, например, более высокой производительностью нового ЕТП, ведет к росту его экономической эффективности. В свою очередь, это обусловливает снижение приведенных затрат (на единицу продукции), что подтверждается данными исследований, выполненных Гипропластом:

Годовой выпуск литьевых изделий из ПМ, т	1261	2561	5228	10668
Изменение себестоимости изделий, %	100	97,4	95,4	93,7
Изменение приведенных затрат, %	100	96,0	90,0	87,0

Примечание. Расчеты по формулам (6.60)—(6.63) связаны с использованием данных об объемах капитальных вложений, определение и регулирование которых находится вне компетенции разработчика ЕТП, поэтому не всегда необ-

ходимо проводить подробные экономические расчеты на этапе проектирования. Следует стремиться к исполнению укрупненных методов расчета, применению данных из справочной литературы, использовать осредненные величины. Вместе с тем анализ рассмотренных формул и зависимости себестоимости от роста выпуска продукции выявляет важность учета еще одного технико-экономического показателя ЕТП — его производительности.

Для анализа достигнутой в ЕТП **производительности труда** ее нередко рассчитывают в натуральном выражении, характеризуя выработкой продукции (в массовом или стоимостном выражении) на одного работающего или оператора. Этот широко используемый показатель удобен для сравнения не только с базовым ТП, но и с ТП на любых других отечественных и зарубежных предприятиях, выпускающих аналогичную полимерную продукцию. Примером могут служить данные табл. 6.41.

Таблица 6.41. **Пример расчета производительности труда в различных ТП изготовления литьевых изделий из пластмасс**

Проект	Производственная программа		Численность, чел.		Производительность труда			
	в натуральном выражении, т	в стоимостном выражении, тыс. руб.	работающих	рабочих	в натуральном выражении, т		в стоимостном выражении, тыс. руб.	
					на одного работающего	на одного рабочего	на одного работающего	на одного рабочего
Типовой проект на 100 литьевых машин	4200	6293	464	426	9,5	9,9	13,5	14,8
Проект литьевого цеха Ижевского завода пластмасс	6000	22205	619	574	10,1	10,9	35,9	38,7
Проект производства товаров народного потребления на Горловском химкомбинате (Украина)	1373	5400	177	157	7,8	8,7	30,5	34,4

Для выявления первопричины достигаемого повышения производительности (П) предлагается расчет по формуле

$$П = \frac{Н_{вр}}{100 - Н_{вр}} \cdot 100\ (\%), \qquad (6.64)$$

где $Н_{вр}$ — степень сокращения времени выполнения ТО, рассчитываемая по формуле

$$Н_{вр} = \frac{t_{шт1} - t_{шт2}}{t_{шт1}} \cdot 100\ (\%) \qquad (6.65)$$

(здесь $t_{шт1}$, $t_{шт2}$ — нормы штучного времени изготовления изделий в сравниваемых ТП).

Кроме того, $Н_{вр}$ может быть рассчитана как степень сокращения времени изготовления партии изделий в ходе выполнения тех же ТП:

$$Н_{вр} = \frac{Т_{парт1} - Т_{парт2}}{Т_{парт1}} \cdot 100\ (\%), \qquad (6.66)$$

где $Т_{парт1}$, $Т_{парт2}$ — трудоемкости изготовления одинаковых партий изделий в сравниваемых ТП.

Однако самостоятельного значения для оценки разработанного ЕТП расчеты П по формуле (6.64) не имеют.

6.10.3. РАЗРАБОТКА ПРЕДЛОЖЕНИЙ ДЛЯ ДАЛЬНЕЙШЕГО СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ЕТП

Выбор проектного варианта ЕТП, удовлетворяющего техническим требованиям к качеству продукции и превосходящего по технико-экономическим показателям базовый ТП, — это лишь решение тактической задачи. В перспективе в процессе реализации разработанного ЕТП неизбежны изменения условий рыночной экономики, когда достигнутые показатели ЕТП могут оказаться неудовлетворительными. По этой причине одним из важнейших условий сохранения конкурентной способности выпускаемой продукции является систематическое повышение экономической эффективности ЕТП. В связи с этим целью решаемой задачи 10.3 (см. табл. 6.38) является определение перспективности созданного ЕТП, обусловленной наличием и реализуемостью факторов повышения экономической эффективности проектных решений.

Известно, что уровень эффективности производства оценивается с помощью системы общих (прибыль и рентабельность производства) и частных показателей (производительность труда, себестоимость производства, материалоемкость продукции и т. п.). Не выходя за рамки возможностей, имеющихся непосредственно у разработчика ЕТП, остановимся лишь на тех зависящих от него частных показателях, улучшение которых прямо определяет дальнейшее совершенствование ЕТП.

В основу **предложений по повышению производительности труда** проектант имеет возможность заложить перспективное освоение резервов по интенсификации режимов переработки ПМ, механизации и автоматизации выполнения ТО, внедрению многопозиционного оборудования и формующих инструментов, специализации и увеличению объемов производства, технологической рационализации конструкции изделия, научной организации труда и т.д. В каждом из этих направлений деятельности проектант ЕТП может определить наиболее доступные и, следовательно, перспективные возможности. Например, интенсификация режимов переработки ПМ может быть достигнута за счет его ускоренного на-

грева (до 10—20 раз), выравнивания теплового поля нагрева (ТВЧ, СВЧ), сокращения вспомогательной составляющей операционного времени формования (при использовании высокопроизводительного оборудования), замены отверждающихся ПМ на термопластичные материалы (ускорение кратно сокращению выдержки), совмещения процессов пропитки наполнителя и формования ПМ, например по методу волоконной технологии с повышением производительности в 2—5 раз, и других способов.

Применение прогрессивной технологии, механизации и автоматизации ТП — типичный резерв повышения производительности труда. На автоматизированных участках резко повышается использование оборудования, и выпуск продукции возрастает почти в 1,5 раза. При этом производительность труда увеличивается в 3,2 раза, а себестоимость продукции снижается на 14 % по сравнению с себестоимостью, предусматриваемой при работе в полуавтоматическом режиме. Дополнительные капитальные вложения, необходимые для автоматизации процесса, окупаются за счет снижения эксплуатационных затрат менее чем за один год.

Одним из важнейших путей повышения эффективности проектируемых ЕТП считается использование многопозиционного формующего оборудования. Однако для производства литьевых изделий с небольшой выдержкой (до 30 с) применение термопластавтоматов роторного типа экономически эффективно только при выпуске свыше 2 млн шт. изделий в год. Наиболее эффективное использование роторных машин достигается лишь при массовом производстве изделий, требующих выдержки свыше 80 с. В то же время использование револьверных литьевых машин для изделий с выдержкой до 30 с экономически оправдано при вдвое меньшем годовом выпуске — свыше 1 млн шт. изделий. При увеличении выдержки под давлением эффективность использования револьверных машин повышается, что позволяет снизить требования к массовости производства. Например, для изделий с выдержкой свыше 80 с достаточен годовой выпуск свыше 200 тыс. шт.

Специализация производства для выпуска определенного вида полимерных изделий означает приспособленность его участков и рабочих мест, ТП и оборудования, состава операторов и их квалификации к изготовлению технологически однородной продукции. Степень специализации зависит от объема годового производства однородной продукции, т.е. от уровня концентрации производства, определяя в свою очередь его производительность. Однако наиболее эффективный размер производства выбирается исходя из допустимых пределов мощности.

Влияние научной организации труда проявляется в комплексном внедрении передовых мероприятий, прежде всего из арсенала производственного менеджмента. Экономическую эффективность мероприятий можно оценить при помощи показателей сокращения численности персонала и роста повышения производительности труда. В частности, экономия рабочей силы определяется по формуле

$$a = \Delta T_{и}/(\Phi K), \qquad (6.67)$$

где a — относительная экономия численности работников в результате проведения мероприятий, обеспечивающих снижение трудоемкости продукции; $\Delta T_{и}$ — снижение трудоемкости; Φ — годовой фонд времени одного рабочего; K — среднеотраслевой коэффициент выполнения норм по действующим производствам типовых изделий.

Тогда показатель роста производительности труда исчисляется по формуле

$$П = \frac{a}{A - a} \cdot 100\,(\%), \qquad (6.68)$$

где A — расчетная численность промышленно-производственного персонала.

В основу перспективных **предложений по совершенствованию основного экономического показателя ЕТП — технологической себестоимости** — проектант имеет возможность заложить факторы, влияющие на снижение ее затратных составляющих. При этом наиболее рационально рассматривать технологическую себестоимость всей программы выпуска заданной продукции ($С_{тв}$), определяемую по формуле

$$С_{тв} = В\, С_{т}\ \text{(руб.)}, \qquad (6.69)$$

где В — программа выпуска, шт.; $С_{т}$ — технологическая себестоимость единицы продукции (изделия), руб/шт.

Анализ интегрального показателя технологической себестоимости позволяет не только оперировать полными объемами расходных составляющих М, З, $Э_{о}$, И, но и прослеживать динамику их изменения на различных этапах выполнения программы выпуска изделий. Последнее обстоятельство особенно важно, поскольку, как следует из рис. 6.21, динамика изменений различных расходных составляющих имеет неодинаковый характер и, следовательно, по-разному влияет на $С_{тв}$. Прямолинейная зависимость суммирует затраты, пропорциональные нарастанию В, т.е. равные в каждом изделии, — это затраты на материалы $М_{в}$, зарплату $З_{в}$, ремонтно-наладочное обслуживание СТО $Р_{в}$, электроэнергию $Э_{в}$, амортизацию СТО. Амортизационные отчисления касаются не только универсального оборудования ($А_{ув}$), но и универсальных элементов (узлов, деталей) специального оборудования ($А_{св}$), а также универсальной оснастки — приспособлений ($П_{ув}$) и инструментов ($И_{ув}$).

Ломаная линия на рис. 6.21 суммирует разовые затраты, начиная с подготовительной оплаты расходов на запасные специаль-

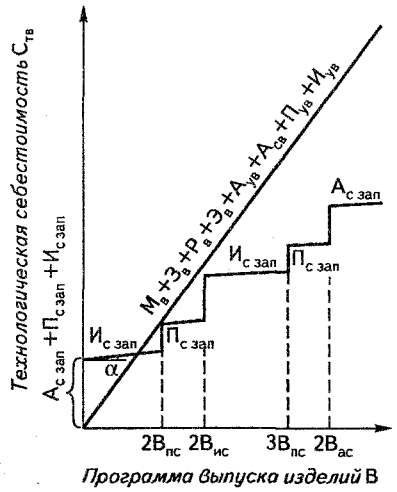


Рис. 6.21. Изменения суммарной технологической себестоимости ($С_{тв}$) в зависимости от роста программы выпуска изделий (В)

ные части оборудования ($А_{с\ зап}$), приспособлений ($П_{с\ зап}$), инструментов ($И_{с\ зап}$) и периодически возобновляя эти расходы по мере ресурсного износа запчастей в период выполнения заданной программы выпуска изделий. Наклон ступеней ломаной линии (угол α) отражает размеры расходов на текущее обслуживание обновленных частей, например на наладку, ремонт и т.п. Высота ступеней равна размеру затрат, осуществляемых после выпуска партии изделий в соответствующий ресурсный период $В_{пс}$, $В_{ис}$, $В_{ас}$.

Разрабатывая предложения по повышению экономической эффективности ЕТП, проектант имеет возможность визуально оценить последствия соответствующих изменений, которые могут проявиться либо в ином наклоне линейных зависимостей и ступеней ломаной линии, либо в иной высоте и протяженности этих ступеней (рис. 6.22). Чем меньше углы наклонов (соответственно меньше постоянные расходы на единицу продукции), ниже высота ступеней (дешевле запасные элементы различных СТО) и больше их протяженность (длительнее ресурсы сменяемых запасных элементов), тем меньше суммарная технологическая себестоимость выпускаемых изделий $С_{тв}$.

Таким образом, намечая направления перспективного совершенствования ЕТП, проектант может построить графические зависимости для необходимого числа вариантов, чтобы при заданной программе изготовления полимерных изделий ($В_{зад}$) наглядно проявился наиболее экономичный путь развития ЕТП. Например, в серии представленных на рис. 6.22 зависимостей вариант *3* ЕТП

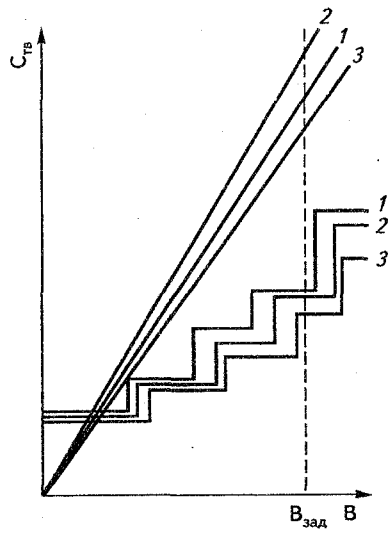


Рис. 6.22. Динамика изменений составляющих $С_{тв}$ в различных вариантах ЕТП

дает минимальную сумму составляющих $С_{тв}$. При сравнении вариантов *1* и *2* их преимущества менее очевидны, поскольку прямые расходы более экономичны в варианте *1*, а амортизационные расходы на специальные элементы СТО — в варианте *2*. Для проектанта сравнительный анализ вариантов *1* и *2* может представить интерес с точки зрения возможности разработки компромиссного предложения, в котором могут быть совмещены достоинства обоих вариантов.

В результате всестороннего рассмотрения факторов, влияющих на эффективность проектных решений ЕТП, намечаются перспективы постоянного совершенствования ЕТП.

6.11. ДОКУМЕНТАЛЬНОЕ ОФОРМЛЕНИЕ ПРОЕКТА ЕТП (ЭТАП № 11)

Заключительный этап работы над проектом ЕТП имеет целью его оформление в виде стандартных технологических документов, их контроль, согласование и утверждение (табл. 6.42).

Согласно ЕСТД технологическая документация — это комплекс текстовых и графических документов, определяющих в отдельности или в совокупности ТП производства (ремонта, контроля и т.д.) изделий и содержащих необходимые данные для организации производства. Перечень ТД регламентирован как го-

сударственными, так и отраслевыми стандартами, в том числе непосредственно в области производства изделий из ПМ, в частности ГОСТ 3.1409—86 «Формы и требования к заполнению и оформлению документов на технологические процессы (операции) изготовления изделий из пластмасс и резины».

Таблица 6.42. **Задачи этапа № 11 и условия для их решения**

Задачи	Основные документы, необходимые для решения задач	Критерии выбора решений
11.1. Разработка стандартной технологической документации (ТД) на проект ЕТП 11.2. Нормоконтроль. Согласование и утверждение ТД	Стандарты Единой системы технологической документации (ЕСТД) Исходная информация на проектирование ЕТП Результаты выполнения предыдущих этапов проектирования ЕТП	Тип производства Требования регламента предприятия

Стандарты ЕСТД определяют правила и порядок разработки, оформления и комплектации ТД, общие для предприятий и организаций, работающих в области производства и переработки различных ПМ. Это создает им возможность без переоформления обмениваться ТД, рационализирует делопроизводство, ускоряет внедрение разработанных ТП.

6.11.1. РАЗРАБОТКА СТАНДАРТНОЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ НА ПРОЕКТ ЕТП

Стандартизованные ТД подразделяются на документы общего и специализированного назначения.

Технологические документы общего назначения предназначены для широкого круга специалистов, не только непосредственно занятых реализацией и контролем исполнения ТП, но и выполняющих административные, планово-экономические, снабженческие и другие общепроизводственные функции. Учитывая многообразие задач, решаемых этими службами, ГОСТ 3.1105—84 «Правила оформления документов общего назначения» предусматривает комплекс ТД общего назначения, включающий следующие документы.

Маршрутная карта (МК) — основной документ общего назначения, вбирающий в себя сведения по всему технологическому маршруту выполнения ТП, начиная с наименования, марки и нормы расхода материала, массы и кода детали (или заготовки), включая номера производственных подразделений (цехов, участков и т. д.), наименования и содержание ТО (процессов) с характеристиками СТО (оборудования, приспособлений, инструментов) и кончая объемом производственной партии с данными о подготовительно-заключительном ($T_{пз}$) и штучном ($T_{шт}$) времени выполнения ТО.

Бланк МК имеет четыре варианта исполнения в зависимости от типа и характера производства. Наиболее информативные МК по содержанию приводимых данных рекомендуется применять для единичных маршрутных ТП, максимально упрощенные формы МК — для типовых маршрутных ТП. Информация, комплексно систематизированная в МК, дифференцируется и дополняется и в других видах ТД общего назначения.

Карта эскизов (КЭ) содержит графическую иллюстрацию (эскизы, схемы, таблицы) ТП, т.е. пояснения к выполнению той или иной ТО или просто технологического перехода. Допускается на одной КЭ выполнять несколько эскизов к различным ТО. В таком случае в графе «Номер операции» должны проставляться соответствующие номера ТО. КЭ разрабатываются по мере необходимости по усмотрению разработчика ТП.

Технологическая инструкция (ТИ) содержит описание специфических приемов работы или метода контроля ТО, правил пользования оборудованием или приборами, мер безопасности и других моментов, для которых необходимы дополнительные разъяснения или обязательные к выполнению требования. Например, допускается в ТИ описание процессов приготовления смол, компаундов, клеев, заливки смолами и компаундами и т.п. Порядок составления ТИ определяется ее назначением.

Комплектовочная карта (КК) содержит данные о деталях, сборочных единицах и материалах, входящих в комплект собираемого изделия. Запись данных должна производиться в технологической последовательности выполнения ТО с указанием норм расхода и количества комплектующих, размеров разовой и общей подачи на смену, а также интервала времени (такта подачи), через который периодически производится разовая подача всего необходимого на рабочие места.

Ведомость расцеховки (ВР) содержит сведения о маршруте прохождения изготавливаемого (или ремонтируемого) изделия по производственным подразделениям. ВР рекомендуется составлять в серийном и массовом производстве, осуществляя запись в следующем порядке: сборочные единицы, детали, материалы, комплекты.

Ведомость оснастки (ВО) содержит перечень специальных и стандартных приспособлений и инструментов, необходимых для выполнения ТП. Запись производят в технологической последовательности по маршрутной карте для каждого рабочего места с указанием номера ТО.

Ведомость материалов (ВМ) содержит нормы расхода материалов, виды и размеры заготовок для каждой детали и сбо-

рочной единицы. Заполнение ВМ осуществляют по разделам, наличие которых определяется составом изделия. Указывается маршрут прохождения сборочных единиц, деталей и материалов по службам предприятия.

Ведомость деталей (сборочных единиц) предназначена для записи данных, необходимых для изготовления (или ремонта) деталей и сборочных единиц, по типовому маршрутному ТП (ВТП) или типовой ТО (ВТО) и применяется совместно с соответствующей МК. Ведомость деталей (ВД) сводит воедино перечень объектов производства, изготавливаемых по данным ВТП или ВТО.

Одновременно даются нормы расхода материалов и заготовок, режимы работы технологического оборудования или механизированного инструмента, объемы производственной партии в штуках и время (трудоемкость) изготовления.

Специализированные технологические документы включают всего два вида ТД — операционную карту и карту технологических процессов. Специализированными эти ТД названы потому, что целевым образом предназначены для регламентирования труда операторов и технологов непосредственно на рабочих местах.

Операционная карта (ОК) содержит описание конкретных ТО с расчленением на последовательно выполняемые технологические переходы с указанием режимов их выполнения, характеристикой объекта производства (детали), используемых СТО, ПМ и вспомогательных материалов. В зависимости от применяемых методов изготовления деталей из ПМ и выполнения сопутствующих действий ГОСТ 3.1409—86 предусматривает различные формы ОК, в частности для прессования, литья под давлением, шприцевания и экструзии. Порядок оформления ОК литья под давлением см. в ГОСТ 3.1409—86 «Формы и требования к заполнению и оформлению документов на технологические процессы (операции) изготовления изделий из пластмасс и резины».

Карта технологических процессов (КТП), или просто технологическая карта (ТК), содержит по существу те же сведения, что и МК, но она относится только к ТО, которые выполняются в каком-то определенном подразделении (цехе, участке и т. д.), руководство которым вверено конкретному технологу. По форме изложения КТП напоминает сборник операционных карт, представленных в заданной последовательности выполнения ТО. Схематичным примером последовательности изложения КТП могут служить описания выполнения ТО в типовых ТП (см. приложение П.22).

При выполнении задачи 11.1 проектант не должен стремиться к формальной разработке полного набора ТД. Выбор состава и форм ТД обусловлен типом производства, видом разрабатываемого ТП и регламентирующими документами, действующими в рамках конкретного предприятия. Например, при документальном оформлении ЕТП нередко в качестве обязательных ТД принимают лишь МК и ОК, а при оформлении типового ТП (ТТП) ограничиваются разработкой КТП (точнее КТТП) и ВТО.

Примечание. В учебном процессе вузов при проектировании ТП в рамках курсового или дипломного задания соответствующими методическими указаниями обычно предписывается оформление ТП в виде сокращенного набора ТД. По этой причине учебная форма основного ТД может условно вбирать в себя сразу содержание МК, КЭ, ВО, ОК и некоторых других ТД (см. табл. 6.43).

Таблица 6.43. **Пример оформления карты технологического процесса (КТП) при выполнении курсового или дипломного проекта в вузах**

№	Наименование ТО	СТО	Режимы выполнения ТО	Эскиз	$t_{шк\,i}$, н.-ч

Итого $T_и = \sum_{i=1}^{m} t_{шк\,i} = \ldots$

6.11.2. НОРМОКОНТРОЛЬ. СОГЛАСОВАНИЕ И УТВЕРЖДЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ

Нормоконтроль — это проверка технологической документации основного и вспомогательного производств на соответствие нормам и требованиям, установленным стандартами и другой нормативно-технической документацией.

Нормоконтроль осуществляется службой стандартизации промышленных предприятий, ответственный представитель которой проверяет и подписывает каждый документ перед сдачей его на размножение или хранение. Порядок нормоконтроля установлен ГОСТ.

Технологические документы на проект ЕТП, прошедшие нормоконтроль, согласуются со службами по их назначению. Укрупненно список служб, обеспечивающих подготовку и организацию производств в соответствии с проектом ЕТП, включает отделы главного технолога (ОГТ), планово-производственный, материального обеспечения, кооперации, основного производства и изготовления оснастки. Утверждающая подпись на предприятии принадлежит главному технологу или главному специалисту по ПМ.

Глава 7

ПРАВИЛА ПРОЕКТИРОВАНИЯ ГРУППОВЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

Создание групповых ТП (ГТП) обусловлено стремлением совершенствовать ЕТП, которые характеризуются рядом недостатков, существенно сдерживающих полную реализацию имеющихся производственных резервов. ЕТП требуют всякий раз самостоятельного проектирования даже при изготовлении близких по конструкции и массе изделий, нередко базируются на различном техническом оснащении, нуждаются в индивидуальной технологической подготовке производства; после выполнения заданной программы выпуска изделий большая часть технологической оснастки остается с частично выработанным ресурсом. Все эти недостатки ЕТП особенно неприемлемы при организации гибких автоматизированных производств (ГАП), что явилось дополнительным стимулом сначала для поиска, а затем для постоянного совершенствования более прогрессивного вида ТП—ГТП.

7.1. ПРИНЦИПИАЛЬНЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ РАЗРАБОТКИ ГТП

Согласно определению (см. раздел 1.1.4) принципиальное отличие ГТП от ЕТП состоит в том, что ГТП проектируется для совместного изготовления группы конструктивно различных изделий, близких по массе и идентичных по полимерному материалу. Многократное увеличение отдачи эффективности ГТП позволяет экономически целесообразно применять методы и средства крупносерийного и массового производства в условиях единичного, мелкосерийного и серийного производства. Как было показано ранее, целесообразность выражается в значительной экономии материально-технических, трудовых, экономических и других ресурсов, а также в повышении производительности труда в 1,3—2,0 раза и в снижении себестоимости продукции на 20—40 %.

Вместе с тем возможности для проектирования ГТП объективно ограничены двумя условиями:

— ГТП разрабатывают только на уровне отдельного предприятия для реализации на конкретном рабочем месте, характеризуемом выбранной формой организации труда (многогнездные формы или сменные блоки), определенным набором средств технического оснащения и заданной мощностью оборудования;

— обязательным условием для разработки ГТП является наличие группы объектов производства с общими технологическими признаками.

Последнее условие требует предварять разработку ГТП группированием изделий по технологическому подобию с учетом основных факторов организации производства. Наиболее рационально эта задача может быть выполнена с помощью технологических классификаторов, которые по совокупности основных признаков полимерных изделий и технологических способов их изготовления позволяют определять технологические коды деталей (ТКД), в структуре которых за каждым признаком закрепляется определенная позиция (см. раздел 6.4.1). На этом основании система построения ТКД и информация, содержащаяся в них, обеспечивают формирование групп, состоящих из оптимального количества деталей с точки зрения достижения выгодных технико-экономических показателей производства.

Рациональность группирования изделий по ТКД обусловлена еще и тем, что в соответствии с современными системами классификации пластмассовых деталей и соответствующей технологической оснастки все изделия из реактопластов могут быть сведены в 20, а из термопластов — в 5 групп. Следовательно, в производственных условиях в принципе можно ограничиться только 25 ГТП. Однако определенные коррективы в это число может внести то обстоятельство, что ГОСТ 14.316—75 «Правила разработки ГТП» требует каждый раз анализа состава группы технологически подобных изделий в комплексе с программами их выпуска и существующей структурой производственных подразделений.

Учитывая реальное многообразие изделий в индивидуально формируемых группах, ГОСТ 14.316—75 декларирует, что при разработке ГТП и выборе общих СТО для его реализации за основу должно быть принято так называемое комплексное изделие, конструкция которого содержит основные элементы, характерные для всех изделий данной группы. При этом проектант ГТП может определять комплексное изделие по одному из трех возможных вариантов:

— определить в качестве комплексного изделия одно из изделий группы;

— выбрать изделие, реально существующее, но отсутствующее в группе;

— создать условную (искусственную) конструкцию изделия с признаками изделий группы.

При значительном разнообразии конструкций изделий в группе, затрудняющем создание искусственного комплексного изделия, его заменяют двумя или несколькими характерными изделиями группы.

7.2. ИСХОДНАЯ ИНФОРМАЦИЯ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ГТП

Типовой состав исходной информации, включающей базовую, руководящую и справочную информацию, был рассмотрен в разделе 5.3.

Руководящая информация для разработки ГТП согласно ГОСТ 14.316—75 должна дополнительно включать данные, содержащиеся:

— в описаниях действующих групповых технологических процессов и типовых операций;

— в классификаторах изделий, оборудования и оснастки;

— в отраслевых, региональных, заводских и других планах специализации производства и развития групповой организации производства.

Дополнительная справочная информация, в свою очередь, должна включать данные, содержащиеся:

— в документации на действующие типовые и единичные ТП;

— в описаниях прогрессивных методов обработки, средств производства и организации производства, в том числе построения АСУП и АСТПП;

— в ведомостях трудоемкости изготовления изделий;

— в материалах по выбору технологических нормативов для проектно-технологических работ, по разработке ГТП и групповой организации производства (формирования производственных подразделений, выбора технологических режимов, норм расхода материалов, определения норм управляемости, допустимых запасов материалов и комплектующих изделий).

7.3. ОСНОВНЫЕ ЭТАПЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ГТП

Основные этапы проектирования ГТП, решаемые при этом задачи и основные документы, обеспечивающие решение задач, определены ГОСТ 14.316—75. Последовательность проектирования ГТП производства изделий из ПМ приведена в табл. 7.1.

Необходимость каждого этапа, состав задач и последовательность их решения в конечном счете определяют проектанты ГТП в зависимости от условий производства и готовности предприятий к организации группового производства заданной продукции. С целью снижения трудоемкости проектной работы проектант вправе использовать современные электронно-вычислительные программы, в том числе и для выполнения отдельных задач, например для кодирования изделий и группирования их по общим технологическим признакам.

Таблица 7.1. **Основные этапы, задачи и документы, определяющие проектирование ГТП производства изделий из ПМ**

Основные этапы	Задачи, решаемые на этапе	Основные документы, необходимые для решения задач
1. Анализ исходных данных для разработки ГТП	Анализ назначения и конструкции изделий Анализ технических требований к свойствам изделий Анализ технологических условий изготовления изделий	Задание на разработку ГТП, содержащее сведения о программе выпуска изделий Конструкторская документация на анализируемые изделия
2. Группирование изделий	Создание укрупненных групп изделий с общим ТКД Разработка или выбор комплексного изделия для каждой группы Разработка предложений по унификации изделий и их элементов	Рабочие чертежи и технологические условия на изготовление изделий Технологические классификаторы деталей из ПМ Руководящие технические, методические и справочные материалы по группированию изделий
3. Количественная оценка групп изделий	Определение типа производства для каждого изделия (единичное, серийное, массовое) Определение ориентировочной трудоемкости изготовления каждой группы изделий	Спецификации конструкторских документов Плановые задания по выпуску изделий Ведомости по трудоемкости изготовления изделий
4. Составление технологического маршрута выполнения ГТП	Анализ действующих ЕТП, ТТП и ГТП изготовления аналогичных изделий Разработка маршрута изготовления комплексного изделия Определение количества и последовательности выполнения ГТП	Документация действующих ЕТП, ТТП и ГТП Чертеж комплексного изделия Технологические условия изготовления групповых изделий Документация перспективных ТП
5. Разработка технологических операций (ТО)	Комплекс задач, соответствующих разделам 6.4—6.9 Укрупненная оценка трудоемкости выполнения каждой ТО в составе ГТП	ГОСТ 14.301—83 и ГОСТ 14.303—73 Действующие нормы времени выполнения конкретных типовых ТО (для укрупненных расчетов).
6. Расчет технико-экономической эффективности вариантов ГТП	Расчет трудоемкости работ каждой групповой ТО и всего маршрута в целом Оценка трудоемкости всех работ с учетом плановых	ГОСТ 14.303—73

Продолжение

Основные этапы	Задачи, решаемые на этапе	Основные документы, необходимые для решения задач
	сроков выпуска изделий и организации их выполнения на поточных линиях, участках групповой обработки и специализированных рабочих местах, в том числе отдельных Сопоставление групповых технологических маршрутов, объединение (разъединение) групп изделий и определение целесообразности совместного изготовления изделий в специализированных производственных подразделениях и на отдельных рабочих местах исходя из технико-экономической оценки, условий и организации производства (загрузка оборудования, оперативно-производственное планирование и др.) Выбор оптимального варианта ГТП	
7. Разработка технических мероприятий для реализации ГТП	Разработка и выдача технических заданий на модернизацию технологического оборудования, установку агрегатных станков и проектирование технологической оснастки	ГОСТ 14.304—73 — ГОСТ 14.307—73
8. Оформление документации на ГТП	Нормоконтроль содержания документов на ГТП* Согласование документации ГТП со всеми заинтересованными службами Утверждение проекта ГТП	Стандарты ЕСТД

* Основной особенностью технологической документации ГТП является комплексное отражение данных одновременно о всей группе изделий.

Глава 8

ПРАВИЛА ПРОЕКТИРОВАНИЯ И ПРИМЕНЕНИЯ ТИПОВЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

Типизация ТП является одним из наиболее прогрессивных направлений совершенствования технологии серийного производства продукции, в том числе изделий из ПМ. Она позволяет:

— сводить большое количество процессов к минимуму и вносить единообразие в изготовление сходных изделий;

— использовать наиболее прогрессивные технологические решения для сокращения сроков технологической подготовки производства и стабилизации качества выпускаемой продукции;

— уменьшать количество типов специального оборудования и оснастки, создавая их на базе типовых схем и унифицированных узлов.

Перечисленные возможности обеспечивают наибольшие преимущества в условиях крупносерийного и массового производств, поэтому использование для них типовых технологических процессов (ТТП) является наиболее характерным. В условиях мелко- и среднесерийного производств при изготовлении изделий небольшими партиями возникают большие потери времени, связанные с переналадкой СТО при переходе от одной номенклатуры изделий к другой. В этих условиях более целесообразно использовать ГТП.

8.1. ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ РАЗРАБОТКИ ТТП

В соответствии с определением (см. раздел 1.4) ТТП — это результат отбора и обобщения множества реально действующих и существующих в виде проектов ТП производства (ремонта, испытания и др.) изделий с общими конструктивно-технологическими признаками. Следовательно, типизация ТП базируется на классификации изделий, заключающейся в разделении их по признакам, содержащимся в конструкторской документации, на отдельные группы, производство которых возможно по общим ТТП. Общность конструктивно-технологических признаков групповых изделий предопределяет выбор единого содержания и последовательности выполнения большинства ТО, включаемых в состав ТТП. При этом для наиболее полного соответствия ТТП возможностям изготовления любого изделия из соответствующей классификационной группы его состав должен предусматривать наибольшее число основных и вспомогательных ТО, характерных для ТП производства наиболее трудоемких образцов изделий.

Типизация ТП может осуществляться на трех уровнях — общегосударственном, отраслевом и предприятия. В последнем случае сферой разработки и использования ТТП становится конкретное предприятие. На общегосударственном (межотраслевом) и отраслевом уровнях типизация ТП нередко завершается стандартизацией ТТП, что предполагает впоследствии обязательность использования ТТП для производства типичных изделий на предприятиях соответствующей подчиненности. Цель стандартизации — полнее использовать научно-технические достижения и передовой опыт, материальные и трудовые ресурсы предприятий. Разработка стандартов на ТТП осуществляется согласно требованиям Государственной системы стандартизации при сравнении вариантов ТТП по их экономической эффективности.

Необходимо отметить, что стандартизация не должна становиться тормозом для развития отраслей, занимающихся переработкой ПМ в изделия. Такая опасность может возникнуть тогда, когда изначально передовая основа ТТП постепенно утрачивает свою прогрессивность под напором новейших достижений науки и техники. Во избежание негативных последствий стандартизованных ТТП стандарты должны своевременно пересматриваться, а проектант ТП обязан критически подходить к рекомендациям регламентирующих документов.

Разработка ТТП на всех уровнях осуществляется в соответствии с положениями ГОСТ 14.303—73 «Правила разработки и применения ТТП» и ГОСТ 14.31—83 «Общие правила разработки ТП», должна учитывать общий современный уровень развития техники и технологии, а также состояние конкретных производств.

8.2. ИСХОДНАЯ ИНФОРМАЦИЯ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТТП

Как и предусмотрено общими правилами проектирования ТП, исходная информация состоит из трех групп информационных документов — базовых, руководящих и справочных.

Базовая информация включает данные конструкторской документации на всю группу изделий с общими конструктивно-технологическими признаками, а также программы выпуска этих изделий.

Руководящая информация помимо данных, рассмотренных в разделе 5.3, должна включать стандарты всех уровней на ТТП и методы управления ими, оборудование и оснастку.

Справочная информация помимо данных, приведенных также в разделе 5.3, включает документацию на действующие ТТП по данному способу изготовления изделий, прогнозы научно-технического прогресса и планы повышения технологического уровня предприятия.

8.3. ОСНОВНЫЕ ЭТАПЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТТП

Основные этапы проектирования ТТП, решаемые при этом задачи и основные документы, обеспечивающие решение задач, определены ГОСТ 4. 303—73. Последовательность проектирования ТТП производства изделий из ПМ приведена в табл. 8.1.

Таблица 8.1. **Основные этапы, задачи и документы, определяющие проектирование ТТП производства изделий из ПМ**

Основные этапы	Задачи, решаемые на этапе	Основные документы, необходимые для решения задач
1. Классификация объектов производства по единым конструктивно-технологическим признакам	Определение характерных конструктивно-технологических признаков изделий Формирование групп из типовых изделий	Методика классификации изделий из ПМ Технологические классификаторы изделий
2. Производственная оценка ТТП	Анализ типа производства (единичное, серийное, массовое) для определения глубины проработки ТТП по группам изделий Ориентировочная оценка трудоемкости изготовления типовых изделий в сформированных группах	Конструкторская документация (рабочие чертежи, технические требования, технологические условия) Плановые производственные задания на выпуск изделий
3. Анализ действующих и проектных ТП на предприятиях заданного типа	Анализ состава ТП по ТО Анализ технологических маршрутов изготовления групповых изделий	Технологическая документация действующих и проектных ТП Технологические условия на изготовление изделий
4. Выбор и обоснование типового технологического способа формования групповых изделий	Выбор наиболее технологичного (по трудоемкости, производительности, оснащенности и т. д.) способа формования Оценка способа по качеству формования	Классификаторы технологических способов формования изделий из ПМ Методики оценки качественных параметров ПМ и изделий из них
5. Выбор и обоснование метода формирования заготовки изделия	Определение вида типовой заготовки изделия Технико-экономическая оценка различных вариантов заготовок изделий и полуфабрикатов ПМ Выбор метода изготовления заготовки типового изделия Выбор исходного полуфабриката ПМ (премикса, преформы, препрега и т. д.)	Классификаторы заготовок изделий и полуфабрикатов ПМ Методики технико-экономической оценки выбора методов формирования заготовок изделий и полуфабрикатов ПМ

Продолжение

Основные этапы	Задачи, решаемые на этапе	Основные документы, необходимые для решения задач
6. Составление технологического маршрута выполнения ТТП	Определение состава и последовательности выполнения операций Определение рациональных средств технического обеспечения (СТО) операций	Технологические маршруты действующих и проектных ТП Классификаторы технологического оборудования и оснастки
7. Разработка технологических операций (ТО)	Выбор рациональной структуры ТО (состава и последовательности выполнения переходов и ходов) Расчет загрузки СТО Определение оптимальных режимов выполнения ТО Нормирование ТО Определение состава операторов и разрядов работ	Структурные схемы ТО в действующих и проектных ТП Стандарты СТО Методики и стандарты по расчету режимов переработки ПМ Методики нормирования ТО Классификаторы профессий и разрядов работ
8. Расчет технико-экономических показателей и выбор наиболее эффективного варианта ТТП	Расчет стандартных технико-экономических показателей вариантов ТТП Анализ качества изделий, достигаемого в различных вариантах ТТП Выбор оптимального варианта ТТП	Методика расчета технико-экономических показателей ТП Методика определения показателей качества изделий из ПМ
9. Оформление документации на ТТП	Нормоконтроль технологических документов (ТД) ТТП Согласование ТД со всеми заинтересованными службами Утверждение проекта ТТП	Стандарты ЕСТД

Окончательный состав задач и последовательность их решения определяет разработчик ТТП в зависимости от конкретного состояния отраслей и предприятий к моменту проектирования ТТП.

8.4. ПРАВИЛА ПРИМЕНЕНИЯ ТТП

В зависимости от конкретных задач технологической подготовки производства разработанная документация на ТТП может использоваться в дальнейшем в качестве:

— рабочей документации для непосредственной организации производства заданного изделия, т. е. ТТП используется без внесения принципиальных изменений, что характерно для изготовления наиболее сложных объектов производства в своей классификационной группе и потому требует реализации всей имеющейся информации о ТТП;

— информационной основы для разработки рабочих ТП (ЕТП, ГТП), если они не нуждаются в использовании всего объема ТТП, что характерно для менее сложных изделий, изготовление которых не требует использования всего состава ТО и технологических переходов;

— исходной базы для разработки стандартов на ТТП;

— исходной базы при формировании информационных фондов (банков данных для САПР ТП и других назначений) различных уровней (общегосударственного, отраслевого и предприятий). Сведения о составе информационных фондов в промышленности сосредоточиваются в информационных центрах организаций—разработчиков соответствующих фондов.

Обобщая сказанное, необходимо еще раз подчеркнуть, что в каком бы качестве ни применялись ТТП, главным условием их разработки и использования считается достигаемый уровень технико-экономических показателей производства продукции. В современных условиях отечественного производства изделий из ПМ это важно постоянно помнить проектантам и организаторам ТП, поскольку у них имеются значительные неиспользованные резервы. Вследствие неиспользования этих резервов средняя энергоемкость единицы продукции в нашей стране в 2,5 раза больше, чем в США; потребление технологической и оборотной воды затратнее на 25 %; производительность труда ниже в 35 раз; обновление оборудования и технологий осуществляется через 20—25 лет вместо 7—8 лет в ведущих промышленных странах. Там, где задача совершенствования технико-экономических показателей проектируемых ТП решается с учетом требований рыночной экономики, предприятия по изготовлению изделий из ПМ оказываются более успешными. В итоге в среднем по стране объемы производства и переработки пластмасс увеличиваются ежегодно на 8—10 % в год.

Контрольные вопросы

К главе 5

1. Назовите и обоснуйте стандартные требования к проектам ТП.
2. Какие требования и условия содержат стандартные правила проектирования ТП?
3. Расскажите о значении и составе базовой информации для принятия решения о начале проектирования ТП.
4. Обоснуйте необходимость руководящей и справочной информации при работе над проектом ТП.
5. Как определяется вид ТП, который предстоит разрабатывать?

К главе 6

1. Какие задачи необходимо выполнять для анализа и уточнения конструкторской документации?
2. Назовите и охарактеризуйте правила выбора способа изготовления заданного полимерного изделия. Как этот выбор зависит от вида ПМ?
3. В чем состоит технологическая рациональность конструкции полимерного изделия? Как ее можно обеспечить?
4. По каким группам свойств необходимо анализировать правильность выбора ПМ для изготовления изделия?
5. С какой целью и как определяется технологический код детали из ПМ?
6. От чего зависят состав и последовательность выполнения технологических операций в проекте ТП?
7. Какие возможности существуют у проектанта для рационализации структуры (маршрута выполнения) ТП?
8. В чем заключаются правила выбора стандартных средств технического оснащения ТП?
9. Изложите порядок определения и оптимизации технологических параметров формования полимерных изделий.
10. Назовите виды материально-технических ресурсов, которые необходимо нормировать при проектировании технологических операций.
11. Как обосновать необходимость нестандартных средств технического оснащения ТП и разработать техническое задание на их конструирование и изготовление?
12. Какие задачи необходимо решать при проектировании ТП для обеспечения безопасного выполнения технологических операций?
13. Расскажите о методике и нормативах организации рабочих мест для выполнения технологических операций при изготовлении изделий из ПМ.
14. Объясните правила размещения спроектированного ТП на отведенных производственных площадях.
15. Каков порядок расчета технико-экономических показателей проекта ТП?
16. На основе какого анализа определяется эффективность, достигнутая в результате проектирования ТП изготовления заданного изделия из ПМ?
17. Назовите состав и изложите порядок оформления технологической документации на проектируемый ТП.

К главе 7

1. Дайте определение группового ТП и приведите примеры их применения.

2. В чем состоят особенности проектирования ГТП?
3. В чем состоят необходимые условия и принципиальные возможности для проектирования ГТП?
4. Назовите состав исходной информации для проектирования ГТП.
5. Охарактеризуйте этапы проектирования ГТП и содержание основных задач, решаемых в ходе его выполнения.

К главе 8

1. Какие ТП называют типовыми? В чем состоят отличия ТТП от единичных и групповых ТП?
2. Назовите правила проектирования ТТП.
3. Охарактеризуйте состав исходной информации для проектирования ТТП.
4. Какова специфика основных этапов проектирования ТТП?
5. Изложите правила применения ТТП при подготовке и организации производства изделий из ПМ.

ПРИЛОЖЕНИЯ

П.1. УСАДКА КОНСТРУКЦИОННЫХ ТЕРМОПЛАСТОВ ПРИ ЛИТЬЕ ПОД ДАВЛЕНИЕМ

Термопласт	Усадка, %	Термопласт	Усадка, %
Полиэтилен низкой плотности (ПЭНП)	2,0—3,0	Модифицированный полифениленоксид	0,5—0,7
Полиэтилен высокой плотности (ПЭВП)	1,0—4,0	Поликарбонат	0,5—0,8
Полипропилен	1,0—2,5	Полиамид 6	0,6—2,5
Полистирол	0,4—0,8	Полиамид 66	1,0—2,5
Ударопрочный полистирол	0,4—1,2	Полиамид 610	0,8—1,9
Сополимер стирола с акрилонитрилом и α-метилстиролом	0,4—0,8	Полиамид 12	0,7—2,0
Сополимер стирола с метилметакрилатом	0,4—0,6	Полиэтилентерефталат	1,0—2,5
АБС-пластики	0,3—0,7	Полибутилентерефталат	1,2—2,4
Полиметилметакрилат	0,2—0,6	Полисульфон	0,7—0,8
Поливинилхлорид	0,1—0,5	Полиацетали	1,5—3,5
Фторлоны	3,0—7,0	Полиимиды	0,7—1,2

Примечание. Усадка стекло- и минералонаполненных материалов с содержанием наполнителя 30 % (мас.): аморфных — 0,1—0,4 %, кристаллизующихся — 0,4—0,8 %.

П.2. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ПЕРЕРАБОТКИ ТЕРМОПЛАСТОВ ЛИТЬЕМ ПОД ДАВЛЕНИЕМ

П.2.1. Технологические режимы переработки материалов на основе полиарилатов (ПАР), полиакрилатов (ПАкр), эфиров целлюлозы (ЭЦ)

Параметры	Технологические режимы литья под давлением для базовых марок		
	ПАР	ПАкр	ЭЦ
Температура цилиндра, °С:			
сопло	220—290	190—250	180—210
I зона	220—290	180—240	180—200
II зона	220—290	180—240	170—180
III зона	215—280	180—240	160—180
Температура формы, °С	70—100	40—60	25—40
Давление, МПа:			
пластикации	0,4—0,8	0,4—0,6	0,2—0,3
впрыска	120—140	100—120	80—120
выдержки под давлением	80—120	80—100	60—80

Параметры	Технологические режимы литья под давлением для базовых марок		
	ПАР	ПАкр	ЭЦ
Время, с:			
впрыска	0,5—2,5	0,5—2,0	0,5—2,0
выдержки под давлением*	25—40	15—30	10—30
охлаждения без давления*	25—60	15—30	10—30
Частота вращения шнека, $мин^{-1}$	40—60	40—80	40—80

* Толщина стенки изделия 1—5 мм.

П.2.2. Технологические режимы переработки материалов на основе полиолефинов

Параметры	Технологические режимы литья под давлением полиэтилена высокой и низкой плотности (ПЭВП, ПЭНП) и полипропилена (ПП)				
	базовые марки ПЭНП	наполненные марки ПЭНП	базовые марки ПЭВП	базовые марки ПП	стеклонаполненные марки ПП
Температура цилиндра, °С:					
сопло	180—230	180—230	180—280	200—250	200—270
I зона	180—220	180—220	180—260	200—230	200—250
II зона	180—200	180—200	180—240	190—220	190—230
III зона	180—190	180—200	180—220	190—210	190—210
Температура формы, °С	15—25	15—25	15—30	20—40	20—40
Давление, МПа:					
пластикации	0,3—0,5	0,3—0,5	0,3—0,5	0,3—0,5	0,3—0,5
впрыска	60—100	80—120	80—120	100—120	120—140
выдержки под давлением	40—60	60—80	60—80	60—80	80—100
Время, с:					
впрыска	0,2—3,0	0,5—2,0	0,2—3,0	0,5—2,0	0,5—2,0
выдержки под давлением*	8—25	8—20	10—25	10—25	10—25
охлаждения без давления*	8—25	8—20	10—25	10—25	10—25
Частота вращения шнека, $мин^{-1}$	40—100	40—100	40—100	40—100	40—100

Параметры	Технологические режимы экструзии полиолефинов				
Температура цилиндра, °С:					
I зона	160—220	—	180—220	180—220	—
II зона	160—200	—	180—210	180—220	—
III зона	160—200	—	180—210	180—220	—
Частота вращения шнека, $мин^{-1}$	40—100	—	—	40—100	—

* Толщина стенки изделия 1—5 мм.

П.2.3. Технологические режимы переработки материалов на основе полистирола

Параметры	Технологические режимы литья под давлением ПС, УПП, АБС-пластиков, сополимеров САН и МСН (базовые марки)*				
	ПС	УПП	АБС	САН	МСН
Температура цилиндра, °С:					
сопло	160—250	160—240	200—260	180—230	180—230
I зона	160—230	160—240	100—260	180—230	180—230
II зона	160—230	160—230	190—240	180—230	180—220
III зона	160—220	160—220	190—240	180—220	180—220
Температура формы, °С	20—40	20—40	40—60	20—45	20—45
Давление, МПа:					
пластикации	0,2—0,4	0,2—0,4	0,2—0,4	0,2—0,4	0,2—0,4
впрыска	80—120	80—100	120—140	100—120	100—120
выдержки под давлением	60—80	60—80	100—120	80—100	80—100
Время, с:					
впрыска	0,5—1,5	0,5—1,5	0,5—1,5	0,5—1,5	0,5—1,5
выдержки под давлением**	10—25	10—25	10—30	10—25	10—25
охлаждения без давления**	10—25	10—25	10—30	10—25	10—25
Частота вращения шнека, $мин^{-1}$	40—100	40—100	40—100	40—100	40—100

* ПС — полистирол; УПП — ударопрочный полистирол; АБС-пластик — сополимер акрилонитрила, бутадиена и стирола; САН — сополимер стирола с акрилонитрилом; МСП — сополимер стирола с метилметакрилатом и нитрилом акриловой кислоты.

** Толщина стенки изделия 1—5 мм.

П.2.4. Технологические режимы переработки материалов на основе поливинилхлорида

Параметры	Технологические режимы литья под давлением материалов на основе поливинилхлорида (ПВХ)	
	базовые марки	пластифицированные марки
Температура цилиндра, °С:		
сопло	160—190	160—180
I зона	160—190	160—180
II зона	160—190	160—180
III зона	160—190	160—180
Температура формы, °С	40—60	40—60
Давление, МПа:		
пластикации	0,2—0,3	0,2—0,3
впрыска	60—100	60—80
выдержки под давлением	60—80	40—80
Время, с:		
впрыска	0,8—2,0	0,8—2,0
выдержки под давлением*	15—30	15—30
охлаждения без давления*	15—30	15—30
Частота вращения шнека, $мин^{-1}$	25—50	25—50

* Толщина стенки изделия 1—5 мм.

П.2.5. Технологические режимы переработки материалов на основе фторопластов

Параметры	Технологические режимы литья под давлением и прессования фторопластов (базовые марки)		
	ФП-4 (прессование)	ФП-40 (прессование)	ФП-3М (литье)
Температура цилиндра, °С:			
сопло	—	—	280—300
I зона	—	—	280—300
II зона	—	—	280—295
III зона	—	—	280—295
Температура формы, °С	290—320	280—295	80—90
Давление, МПа:			
пластикации	—	—	0,6—0,8
впрыска	—	—	140—160
выдержки под давлением	20—30	30—35	120—140
Время, с:			
впрыска	—	—	0,5—2,5
выдержки под давлением*	—	—	20—40
охлаждения без давления*	—	—	20—40
Частота вращения шнека, $мин^{-1}$	—	—	20—40

* Толщина стенки изделия 1—5 мм.

П.2.6. Технологические режимы переработки материалов на основе полиамидов

Параметры	Технологические режимы литья под давлением полиамида 6 (ПА-6) и полиамида 66 (ПА-66)				
	базовые марки ПА-6	стеклонаполненные марки ПА-6	минералонаполненные марки ПА-6	базовые марки ПА-66	стеклонаполненные марки ПА-66
Температура цилиндра, °С:					
сопло	240—260	250—260	250—260	260—280	260—280
I зона	240—260	250—260	250—260	260—280	260—280
II зона	240—260	240—260	240—260	250—270	260—270
III зона	240—260	240—260	240—260	240—260	260—270
Температура формы, °С	60—80	60—80	60—80	80—90	80—90
Давление, МПа:					
пластикации	0,2—0,3	0,3—0,4	0,3—0,4	0,3—0,4	0,3—0,4
впрыска	80—120	100—140	100—140	80—120	120—140
выдержки под давлением	60—90	80—120	80—120	60—90	90—120
Время, с:					
впрыска	0,5—2,0	0,5—2,0	0,5—2,5	0,5—2,0	0,5—2,0
выдержки под давлением*	10—30	10—25	10—25	10—30	10—25
охлаждения без давления*	15—40	10—25	10—25	15—14	10—25
Частота вращения шнека, $мин^{-1}$	60—80	60—80	60—80	60—80	60—80

Продолжение

Параметры	Технологические режимы литья под давлением полиамида 610 (ПА-610) и полиамида 12 (ПА-12)			
	базовые марки ПА-610	стеклонаполненные марки ПА-610	базовые марки ПА-12	стеклонаполненные марки ПА-12
Температура цилиндра, °С:				
сопло	250—260	250—260	250—270	260—270
I зона	250—260	250—260	250—270	260—270
II зона	240—260	250—260	250—270	260—270
III зона	220—250	240—260	240—250	240—250
Температура формы, °С	60—80	60—80	60—70	60—70
Давление, МПа:				
пластикации	0,3—0,4	0,3—0,4	0,2—0,3	0,2—0,3
впрыска	100—140	100—140	80—120	80—120
выдержки под давлением	80—90	80—90	80—90	80—90
Время, с:				
впрыска	0,5—2,5	0,5—2,5	0,3—1,2	0,5—2,0
выдержки под давлением*	10—30	10—25	8—40	8—35
охлаждения без давления*	10—30	10—25	20—30	20—30
Частота вращения шнека, $мин^{-1}$	40—60	40—60	40—60	40—60

Параметры	Технологический режим экструзии ПА-12 (базовые марки)
Температура расплава, °С:	
сопло	250—275
I зона	250—275
II зона	250—275
III зона	250—275
Частота вращения шнека, $мин^{-1}$	40—100

* Толщина стенки изделия 1—5 мм.

П.2.7. Технологические режимы переработки материалов на основе полиацеталей

Параметры	Технологические режимы литья под давлением полиацеталей (ПАц)		
	базовые марки	стеклонаполненные марки	полимер-полимерные смеси
Температура цилиндра, °С:			
сопло	175—195	185—200	185—195
I зона	175—195	185—200	180—195
II зона	175—195	185—195	175—185
III зона	160—180	170—185	160—180
Температура формы, °С	80—90	80—90	80—90
Давление, МПа:			
пластикации	0,2—0,3	0,2—0,3	0,2—0,3
впрыска	90—100	90—140	90—140
выдержки под давлением	70—90	90—110	90—110
Время, с:			
впрыска	0,5—1,0	0,5—2,5	0,5—2,5
выдержки под давлением*	6—40	6—30	6—40
охлаждения без давления*	10—40	6—30	10—40
Частота вращения шнека, $мин^{-1}$	25—50	25—50	25—50

* Толщина стенки изделия 1—5 мм.

П.2.8. Технологические режимы переработки материалов на основе полиалкилентерефталатов

Параметры	Технологические режимы литья под давлением полибутилентерефталата (ПБТ)				
	базовые марки	стеклонаполненные марки	трудногорючие марки	минералонаполненные марки	полимерные смеси с поликарбонатом
Температура цилиндра, °С:					
сопло	240—260	250—270	240—250	240—270	240—270
I зона	240—260	250—270	240—250	240—270	250—270
II зона	240—260	240—260	235—250	240—260	250—270
III зона	240—250	240—260	235—250	240—250	240—260
Температура формы, °С	60—90	70—95	60—90	70—95	80—95
Давление, МПа:					
пластикации	0,2—0,4	0,2—0,4	0,2—0,4	0,2—0,4	0,2—0,4
впрыска	100—140	120—140	100—140	120—140	120—140
выдержки под давлением	80—100	80—120	80—100	80—120	80—120
Время, с:					
впрыска	0,5—1,5	0,5—2,0	0,5—1,5	0,5—2,0	0,5—2,0
выдержки под давлением*	15—45	20—50	15—45	20—50	15—45
охлаждения без давления*	20—60	25—70	20—60	25—70	20—60
Частота вращения шнека, $мин^{-1}$	50—70	50—70	50—70	50—70	50—100

Параметры	Технологические режимы литья под давлением полиэтилентерефталата	
	базовые марки	стеклонаполненные марки
Температура цилиндра, °С:		
сопло	250—260	250—260
I зона	250—260	250—270
II зона	260—270	260—270
III зона	260—270	260—270
Температура формы, °С	120—140	120—140
Давление, МПа:		
пластикации	0,2—0,3	0,2—0,3
впрыска	80—120	120—140
выдержки под давлением	60—90	80—120
Время, с:		
впрыска	0,5—2,5	0,5—2,5
выдержки под давлением*	25—80	25—80
охлаждения без давления*	25—80	25—80
Частота вращения шнека, $мин^{-1}$	40—80	40—80

Параметры	Технологический режим экструзии полиэтилентерефталата
Температура расплава, °С:	
сопло	250—260
I зона	250—270
II зона	260—270
III зона	260—270
Частота вращения шнека, $мин^{-1}$	40—120

* Толщина стенки изделия 1—5 мм.

П.2.9. Технологические режимы переработки материалов на основе поликарбоната

Параметры	Технологические режимы литья под давлением поликарбоната (ПК)		
	базовые марки	стеклонаполненные марки	трудногорючие марки
Температура цилиндра, °С:			
сопло	250—280	250—290	250—290
I зона	250—290	250—290	250—290
II зона	250—280	250—280	250—270
III зона	240—280	250—280	250—280
Температура формы, °С	80—120	80—120	80—120
Давление, МПа:			
пластикации	0,4—1,0	0,4—1,0	0,4—1,0
впрыска	80—120	100—120	100—140
выдержки под давлением	70—90	80—100	90—120
Время, с:			
впрыска	0,5—1,5	0,5—2,0	0,5—2,5
выдержки под давлением*	6—25	6—20	6—20
охлаждения без давления*	8—40	8—35	8—35
Частота вращения шнека, $мин^{-1}$	40—80	40—80	40—80

Параметры	Технологический режим экструзии материалов на основе поликарбоната
Температура расплава, °С:	
сопло	250—290
I зона	250—290
II зона	250—290
III зона	240—270
Частота вращения шнека, $мин^{-1}$	40—100

* Толщина стенки изделия 1—5 мм.

П.2.10. Технологические режимы переработки материалов на основе модифицированного полифениленоксида

Параметры	Технологические режимы литья под давлением модифицированного полифениленоксида (ПФО)	
	базовые марки	стеклонаполненные марки
Температура цилиндра, °С:		
сопло	260—290	260—310
I зона	260—280	260—300
II зона	260—280	260—280
III зона	250—270	260—280
Температура формы, °С	80—100	80—100
Давление, МПа:		
пластикации	0,4—0,6	0,4—0,6
впрыска	100—120	120—140
выдержки под давлением	80—100	100—120
Время, с:		
впрыска	0,5—2,5	0,5—2,5
выдержки под давлением*	15—40	10—40
охлаждения без давления*	15—40	15—35
Частота вращения шнека, $мин^{-1}$	40—80	40—80

* Толщина стенки изделия 1—5 мм.

П.2.11. Технологические режимы переработки материалов на основе полисульфона

Параметры	Технологические режимы литья под давлением материалов на основе полисульфона (ПСФ)		
	базовые марки	стеклонаполненные марки	полимер-полимерные смеси
Температура цилиндра, °С:			
сопло	340—390	360—400	280—315
I зона	340—390	360—400	280—315
II зона	340—380	360—380	280—310
III зона	320—340	340—360	270—300
Температура формы, °С	100—160	120—160	65—100
Давление, МПа:			
пластикации	0,4—0,8	0,4—0,8	0,4—0,8
впрыска	100—140	120—140	100—140
выдержки под давлением	80—100	80—100	60—100
Время, с:			
впрыска	0,5—1,5	0,5—1,5	0,5—1,5
выдержки под давлением*	10—60	10—50	10—50
охлаждения без давления*	15—70	15—60	15—50
Частота вращения шнека, $мин^{-1}$	40—80	40—80	40—80

* Толщина стенки изделия 1—5 мм.

П.3. ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА НЕКОТОРЫХ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Полимерный материал*	Коэффициент теплопроводности λ, Вт/(м · К)	Удельная теплоемкость C, кДж/(кг · К)	Коэффициент температуропроводности $\alpha \cdot 10^7$, $м^2/с$	Температурный коэффициент линейного расширения $\beta \cdot 10^5$, $К^{-1}$
ПЭНП	0,32—0,36	1,8—2,5	1,3—1,5	21—55
ПЭВП	0,42—0,44	2,9—2,1	1,9	17—55
ПП	0,19—0,21	1,93	1,3	11—18
ПС	0,09—0,14	1,16—1,3	0,94	6—7
АБС	0,12	1,24	0,9	8—10
ПВА	0,016—0,017	1,63	0,8	8—9
ПВХ	0,16	1,11	0,118	6—8
ПТФЭ	0,2—0,3	1,38	1,16	8—25
ПА	0,38	2,0	1,73	12—30
ПЭТФ	0,20	0,99	1,56	8—13
ПММА	0,19—0,20	1,3—2,1	0,9—0,11	7—12
ПК	0,31	1,37	0,8—1,9	2—6
ПСФ	0,20—0,22	2,5—4,0	0,6—0,7	5—6
Фенопласты	0,2—0,5	1,0—2,3	0,9	1,0—4,0
Аминопласты	0,28—0,34	1,1—1,9	0,95	1,5—3,3
Эпоксипласты	0,3—0,42	—	—	0,8—2,5
Стеклопластики на основе:				
ФФС	0,26—0,41	0,84—1,47	—	6—10
ЭС	0,29—0,41	0,63—1,47	—	6—10
ПЭС	0,29—0,41	0,84—1,47	—	4—12
КС	0,29—0,41	0,63—1,26	—	8—16
ПИ	0,29—0,35	0,96—1,34	—	6—12

Полимерный материал*	Коэффициент теплопроводности λ, Вт/(м · К)	Удельная теплоемкость *C*, кДж/(кг · К)	Коэффициент температуропроводности $\alpha \cdot 10^7$, м²/с	Температурный коэффициент линейного расширения $\beta \cdot 10^5$, K^{-1}
Углепластики с содержанием УВ 30% (мас.) на основе:				
ПА-66	1,3	—	—	1,26
ПФС	1,4	—	—	0,72
ПСФ	1,48	—	—	0,84
ПЭТ	1,75	—	—	0,6
ПТФЭ	0,6	—	—	2,6

* Названия ПМ см. в Списке основных сокращений.

П.4. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РЕЖИМЫ ОБРАБОТКИ ПЛАСТМАСС РЕЗАНИЕМ

П.4.1. Режимы резания при точении пластмасс

Группа обрабатываемости*	Обрабатываемый материал-представитель	Марка инструментального материала	Скорость резания v, м/с	Подача *S*, мм/об	Глубина резания *t*, мм
Первая	Полиметилметакрилат (органическое стекло)	ВК8	1—5	0,07—0,25	0,2—2,5
		АСПК	5—16,8	0,08—0,12	0,5—1
	Полиэтилен	Р6М5	1,5—6	0,1—0,5	0,5—5
	Винипласт	Р6М5	1,68—4,65	0,1—0,5	0,5—5
	Политетрафторэтилен	ВК8	1,1—5	0,1—0,25	0,5—4
		Р6М5	0,5—5	0,03—0,11	0,25—1
		АСПК	4,2—6,65	0,03—0,11	0,25—0,5
	Полипропилен	Р6М5	1,0—1,75	0,1—0,5	0,5—5
		ВК8	1,7—6,65	0,05—0,4	0,5—1
	Полиамид	Р6М5	1,7—5	0,1—0,3	0,5—1
	Поликапролактам марки Б	Р6М5	1,3—4,75	0,2—0,5	0,5—5
		ВК8	4,2—13,3	0,05—0,45	0,5—1
Вторая	ПТЗ*	Т15К6	1,7—3,4	0,03—0,1	0,25—0,5
	НАМИ-ФБМ*	Т15К6	1,7—4	0,05—0,1	0,25—0,5
		АСБ	3—5	0,03—0,1	0,2—0,5
Третья	Пенопласт	Р6М5	2,5—5	0,05—0,2	0,5—10
Четвертая	Фенопласт К-18-2	ВК3М	1,7—3,4	0,1—0,4	0,5—4
Пятая	Кордоволокнит	ВК6	6,65—13,3	0,05—0,2	0,5—1
	Стекловолокнит АГ-4	ВК2	2,5—5	0,1—0,5	0,5—4
Шестая	Гетинакс	ВК8	2,5—5,0	0,1—0,5	0,5—3
		АСБ	5,7—7,3	0,1—0,5	1—0,3
	Текстолит ПТ, ПТК	ВК8	3,3—6,65	0,1—0,5	1—3
	Стеклотекстолит СТ	ВК2	3,3—4,1	0,1—0,5	0,5—3
		АСБ, АСПК	6,0—7,6	0,1—0,4	0,5—1
	Стеклотекстолит ФН	ВК2	2,5—3,4	0,1—0,5	1—4
	Стеклотекстолит СК-9Ф	ВК2	1,7—2,5	0,1—0,4	1—4
	Стеклопластик 27-63 «С»	ВК2, ВК3	3,4—5,0	0,07—0,43	0,5—3
	Стеклопластик П-5-2	ВК2	0,8—2,0	0,2—0,3	0,5—4
	Органопластик	ВК8	1,8—2,6	0,1—0,4	0,5—4

* См. раздел 3.5.2.

П.4.2. Данные для расчета скорости резания v, м/с, при точении пластмасс

Группа обрабатываемости	Обрабатываемый материал-представитель	Марка инструментального материала	$v = \frac{C_v}{T^m t^{x_v} S^{y_v}}$			
			C_v	m	x_v	y_v
Первая	Полиметилметакрилат (органическое стекло)	ВК8	2,45	0,38	0,33	0,45
	Политетрафторэтилен (ПТФЭ)	ВК8	62	1,1	0,36	0,68
Четвертая	Фенопласт К-18-2	ВК3М	9,24	0,3	0,26	0,38
Пятая	Волокнит	ВК2	3,4	0,16	0,18	0,2
	Стекловолокнит АГ-4В	ВК2				
Шестая	Гетинакс	Р6М5	35	0,82	0,55	0,55
		ВК6М	93,5	0,8	0,55	0,55
		АСПК	8900	1,0	0,08	0,1
		АСБ	5900	1,0	0,08	0,1
	Текстолит ПТ,	Р6М5	16,7	0,46	0,64	0,1
	ПТК	ВК6	41,8	0,56	0,7	0,1
	Стеклотекстолит СТ	ВК2	7,9*	0,18	0,02	0,09
			3,25**	0,18	0,09	0,66
		АСБ	216	1,0	0,1	0,12
		АСПК	3250	1,0	0,1	0,12
	Стеклопластик 27-63 «С»	ВК2	3	0,35	0,32	1
	Стеклопластик П-5-2	ВК2	5	0,58	0,42	0,49
	Органопластик	ВК8	6	0,31	0,05	0,18

Примечание. T — период стойкости инструмента; t — глубина резания; S — подача; эти характеристики устанавливаются опытным путем с учетом общемашиностроительных рекомендаций (например, по П.4.1); C_v — коэффициент, зависящий от вида обрабатываемого материала и геометрии режущего инструмента, условий обработки; m, x_v, y_v — показатели степеней, характеризующие обраба-

тываемые материалы, параметры инструмента и условия резания; как и C_v, они выбираются по специальным таблицам (например, по П.4.2).

* При $S = 0{,}1—0{,}2$ мм/об, $t = 0{,}5—2$ мм.
** При $S = 0{,}21—0{,}4$ мм/об, $t = 1—4$ мм.

П.4.3. Рекомендуемые значения подач при точении пластмасс

Класс обрабатываемого материала	Марка инструментального материала	R_a, мкм*	Подача S, мм/об, при радиусе вершины резца r, мм			
			до 0,5	0,5—1	1—1,5	1,5—2
Термопласты	Быстрорежущая сталь Р6М5, твердые сплавы ВК2, ВК6, ВК8	1,2—1,5	0,02—0,05	0,03—0,06	—	—
		1,5—2,0	0,05—0,07	0,06—0,09	—	—
		2,0—2,5	—	0,09—0,14	0,10—0,15	—
		2,5—4	—	0,14—0,18	0,15—0,20	—
	Алмаз АСБ	0,63	0,01—0,03	—	—	—
		1,25	0,03—0,074	—	—	—
		2,5	0,07—0,15	—	—	—
		5,0	0,11—0,20	—	—	—
Реактопласты	Быстрорежущая сталь Р6М5, твердые сплавы ВК2, ВК6, ВК8	1,25—2,5	0,03—0,05	0,04—0,07	0,05—0,09	—
		2,5—5,0	0,09—0,12	0,1—0,16	0,12—0,18	0,14—0,2
		> 5,0	0,2—0,3	0,2—0,4	0,25—0,5	0,3—0,5
	Алмаз АСБ, АСПК	1—1,25	До 0,1	—	—	—
		1,25—3,75	0,1—0,2	—	—	—
		3,75—6,1	0,2—0,3	—	—	—
		6,1—7,5	0,3—0,4	—	—	—

* R_a — параметр шероховатости обрабатываемой поверхности.

П.4.4. Расчетные зависимости для определения силы резания P_z при точении пластмасс

Группа обрабатываемости	Обрабатываемый материал-представитель	Марка инструментального материала	P_z, Н
Первая	Полиметилметакрилат (органическое стекло)	ВК8	$121\ t^{0,98}\ S^{0,6}$
	Политетрафторэтилен (ПТФЭ)		$36\ t^{0,76}\ S^{0,53}$
	Винипласт		$75\ t\ S^{0,72}$
Четвертая	Фенопласт К-18-2	ВК8	$84\ t\ S^{0,34}$
Пятая	Волокнит	ВК6	$96\ t^{0,77}\ S^{0,43}$
	Стекловолокнит АГ-4В		
Шестая	Гетинакс	ВК6М	$100\ t^{0,98}\ S^{0,96}$
	Стеклотекстолит СТ	ВК2	$186\ t^{0,98}\ S^{0,84}$
	Стеклотекстолит ФН	ВК2	$161\ t^{0,57}\ S^{0,84}$
	Органопластик	ВК8	$112\ t^{0,5}\ S^{0,32}$
	Стеклопластик	ВК8	$174\ t\ S^{0,48}$

П.4.5. Рекомендуемые значения подач при сверлении пластмасс быстрорежущими и твердосплавными сверлами

Обрабатываемый материал	Подача сверла S, мм/об, при R^*_a, мкм				
	2,5—4	4—5	5—7,5	7,5—10	более 10
Термопласты	0,1—0,25	0,25—0,4	0,3—0,5	0,4—0,6	0,6—0,7
Реактопласты	0,1—0,2	0,15—0,3	0,15—0,3	0,2—0,4	0,3—0,8

* R_a — параметр шероховатости поверхности сверления.

П.4.6. Режимы резания при сверлении пластмасс

Группа обрабатываемости	Обрабатываемый материал-представитель	Марка инструментального материала	v, м/с	S, мм/об
Первая	Органическое стекло	Р6М5	0,41—1,34	0,05—0,3
	Полиэтилен	Р6М5	0,83—1,8	0,1—0,4
	Капролон	Р6М5	0,41—0,75	0,12—0,6
	ПТФЭ	Р6М5	0,4—0,75	0,05—0,2
	Винипласт	Р6М5	0,45—0,9	0,1—0,5
Третья	Пенопласт	У8ГА	0,67—4,17	0,3—0,5
Четвертая	Фенопласт	Р6М5	0,16—0,41	0,03—0,15
	К-18-2	ВК6, ВК8	0,66—0,83	0,03—0,15
	Аминопласт	Р6М5	0,33—0,61	0,05—0,15
		ВК6, ВК8	0,83—1,0	0,1—0,15
Пятая	Волокнит	Р6М5	0,16—0,67	0,15—0,25
		ВК6, ВК8	0,5—1,34	0,05—0,65
	Стекловолокнит	Р6М5	0,3—0,5	0,15—0,2
	АГ-4В	ВК6, ВК8	0,5—1,0	0,05—0,25
Шестая	Гетинакс	Р6М5	0,3—0,45	0,2—0,3
		ВК6, ВК8	0,5—0,83	0,1—0,5
	Текстолит ПТ, ПТК	Р6М5	0,3—0,67	0,1—0,6
		ВК6, ВК8	1,0—3,0	0,1—0,5
	Стеклотекстолит СТ	Р6М5	0,25—0,67	0,07—0,65
		ВК6, ВК8	0,5—1,34	0,1—0,6
		АСВ, АСК	2,0—5,0	50—200 мм/мин
	Стеклопластик	Р6М5	0,11—0,5	0,07—0,65
		ВК6, ВК8	0,16—1,1	0,07—0,65
	Боропластик	ВК6, ВК8	0,05—0,37	0,07—0,65
	РТП	ВК6, ВК8	0,25—0,41	0,05—0,4
	П-5-2	ВК6, ВК8	0,16—0,33	0,05—0,4
	ЭФ 32-301	ВК6, ВК8	0,41—0,83	0,05—0,25
	ВСП-4	ВК6, ВК8	0,3—0,67	0,05—0,25
	АГ-4С	ВК6, ВК8	0,6—1,5	0,06—0,2
	СВАМ	ВК6, ВК8	0,3—1,34	0,06—0,2

П.4.7. Данные для подсчета скорости резания при сверлении пластмасс

Группа обрабатываемости	Обрабатываемый материал-представитель	Марка инструментального материала	$v=\frac{C_v D^{x_v}}{T^m S^{y_v}}$			
			C_v	m	x_v	y_v
Четвертая	Аминопласт	ВК8	0,41	0,9	1,18	0,83
	Фенопласт К-18-2	Р6М5	0,359	0,87	0,79	0,32
Пятая	Волокнит	Р6М5	0,658	0,83	0,82	0,27
		ВК8	4,93	0,71	0,6	0,26
	Стекловолокнит АГ-4В	Р6М5	0,286	0,64	0,59	0,26
		ВК8	3,466	0,71	0,6	0,26
Шестая	Гетинакс	Р6М5	0,85	1,15	1,26	0,46
		ВК8	37	1,2	0,78	0,43
	Текстолит ПТ, ПТК	Р6М5	1,06	1,15	1,26	0,46
		ВК8	46,16	1,2	0,78	0,43
	Стеклотекстолит СТ	Р6М5	0,173	0,66	0,6	0,34
		ВК8	0,2	1,16	1,24	0,98
	Стеклотекстолит СТЭФ	ВК6, ВК8	1,8	1,16	1,24	0,98
	Стеклотекстолит КАСТ	Р6М5	0,473	1,17	1,04	0,6
	АГ-4С	Р6М5	0,225	0,56	0,63	0,32
		ВК8	2,19	0,8	0,73	0,3
	Стеклопластик	Р6М5	0,2	0,6	0,14	0,28
		ВК8	0,174	1,3	0,08	0,93
	Боропластик	ВК8	$9\cdot10^{-3}$	0,68	0,76	0,38
	Асбоцемент	Р6М5	0,56	0,46	0,46	0,2

Примечание. Расшифровку к формуле см. в примечании к П.4.2.

П.4.8. Рекомендации по сверлению пластмасс сверлами малого диаметра

Группа обрабатываемости	Обрабатываемый материал-представитель	Материал режущей части сверла	Конструкция сверла, ГОСТ	Геометрические параметры заточки сверла			v, м/с	S, мм/об
				2φ	α	ω		
Первая	Органическое стекло	Р6М5	Перовое	30	5	0	0,5—0,781	0,025—0,3
Четвертая	ПТФЭ	Р6М5	Спиральное	60—90	9—20	10—30	0,41—1,34	0,025—0,1
	Полистирол	Р6М5	»	60	5	—	0,15—0,216	0,05—0,065
	Полиэтилен	Р6М5	»	60—100	—	—	1,0—1,25	0,10—0,2
	Фенопласт К-18-2	Р6М5	ГОСТ 21420—75	—	12	0	0,15—0,2	0,02—0,1
		ВК6	Спиральное	30—35	15—20	8—10	0,83—1,0	0,05—0,15
	Аминопласт	Р6М5	ГОСТ 21420—75	—	12	0	0,3—0,6	0,05—0,15
			ГОСТ 21416—75	30—35	14—16	8—10	0,65—1,1	0,05—0,15
Пятая	Волокнит	Р6М5	ГОСТ 21416—75	100—120	20—24	8—10	0,5—0,7	0,05—0,2
	Стекловолокнит АК-4	Р6М5	ГОСТ 21420—75	—	12	0	0,35—0,41	0,05—0,2
Шестая	Гетинакс, текстолит ПТ, ПТК Стеклотекстолит	Р6М5	ГОСТ 21416—75	100—120	20—24	8—10	30—40	0,06—0,2
		ВК6-ОМ	Спиральное	130	16—20	8—12	0,8—1,34	0,02—0,1

П.4.9. Режимы резания при торцовом фрезеровании пластмасс

Группа обрабатываемости	Обрабатываемый материал-представитель	Быстрорежущая фреза		Твердосплавная фреза	
		v, м/с	S_z, мм/зуб	v, м/с	S_z, мм/зуб
Первая	Органическое стекло	4,16—6,7	0,3—0,5	6,7—8,3	0,3—0,6
	Винипласт	1,66—2,5	0,5—0,8	3,3—5	0,5—0,8
	ПТФЭ	—	—	3,3—6,7	0,3—0,6
Пятая	Стекловолокнит АГ-4В	0,5—0,67	0,1—0,2	3,3—5	0,1—0,2
Шестая	Текстолит ПТ, ПТК	1,66—5	0,1—0,6	5—10	0,01—0,6
	Гетинакс	1,66—4,2	0,01—0,6	1,6—6,7	0,01—1,0
	Стеклотекстолит СТ	1,66—5	0,01—0,6	1,6—10	0,01—0,6

П.4.10. Рекомендуемые значения подач алмазных торцовых фрез

Параметр шероховатости поверхности, мкм	S_z, мм/зуб, при t, мм		
	1	1,5	2
3—12,5	—	0,08—0,25	0,06—0,25
0,32—3,1	0,04—0,08	0,06—0,08	—

П.4.11. Максимально допустимая скорость резания v при торцовом фрезеровании стеклопластиков алмазными фрезами

Обрабатываемый материал	Марка синтетического алмаза	v, м/с
Стекловолокнит АГ-4В	АСБ	12,5
Стеклотекстолит СТЭФ	АСБ	12,5—14,1
Конструкционный стеклопластик	АСБ	10
	АСПК	12,5
Асбоцемент	АСБ	15—16,7

П.4.12. Значения постоянных коэффициентов и показателей степени для расчета скорости резания v при торцовом фрезеровании алмазными фрезами*

Обрабатываемый материал	C_v	m	y_v	x_v	q
Стекловолокнит АГ-4В	$11{,}7 \cdot 10$	3,45	0,38	0,17	0,62
Стеклотекстолит СТЭФ	$9{,}7 \cdot 10$	3,3	0,5	0,53	0,43
Конструкционный стеклопластик	$1{,}38 \cdot 10$	2,63	0,71	0,16	0,79
Асбоцемент	$25 \cdot 10$	3,45	0,38	0,17	0,62

* Скорость резания $v = \frac{C_v}{T^m S_z^{y_v} t^{x_v} B^q}$,

где T — стойкость фрезы, мин; S_z — подача, мм/зуб; t — глубина резания, мм; B — ширина фрезерования, мм.

П.4.13. Режимы резания при фрезеровании пластмасс кольцевыми фрезами

Группа обрабатываемости	Обрабатываемый материал-представитель	Марка зуба фрезы	v, м/с	S_z, мм/об
Первая	Органическое стекло	Р6М5	2,5—3,34	0,05—0,4
Третья	Пенопласт	У7, У8	3,3—8,3	0,1—1,0
Пятая	Стекловолокнит АГ-4В	ВК6, ВК8	3,3—4,16	0,08—0,4
Шестая	Гетинакс	Р6М5	0,83—1,67	0,07—0,4
	Текстолит ПТ, ПТК	Р6М5	1,33—2,7	0,05—0,5
	Стеклотекстолит СТ	Р6М5	0,33—1,5	0,5—0,75
	Стеклотекстолит ЭФ 32-301	ВК6, ВК8	3,3—4,16	0,08—0,4
	Стеклопластик П-5-2	ВК6, ВК8	1,83—2,33	0,08—0,4
	Стеклопластик ВСП-4	ВК6, ВК8	1,16—1,83	0,08—0,4
	Стеклопластики ЖСА, ЖСП	ВК6, ВК8	0,92—1,08	0,08—0,4
	Стеклопластик РТП-170	ВК6, ВК8	0,66—0,83	0,08—0,4
	Стеклопластик АГ-4С	ВК6, ВК8	3,3—4,16	0,08—0,4

П.5. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РЕЖИМЫ ОБРАБОТКИ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ (ПКМ) РЕЗАНИЕМ

П.5.1. Рекомендуемые режимы резания при точении ПКМ

Классификация обрабатываемости		Обрабатываемый материал	Режущий инструмент					Критерий затупления h, мм	Скорость резания v, м/мин	Подача S, мм/об	Глубина резания t, мм
подкласс*	группа		марка инструментального материала	геометрические параметры заточки, град							
				γ	α	φ	φ_1				
1.1	1.1.1	Пенопласт (ПЭ-2, К-40)	Углеродистая сталь У8ГА, Р6М5	10—15	15—20	45	45	0,11—0,15	100—250	0,5—1,0	0,5—5,0
	1.1.2	Поропласт (поролон)	Р6М5	10—15	25	45	0	0,11—0,15	150—300	0,5—1,5	0,5—1,0
1.2	1.2.1	Пресс-порошок	Р6М5, ВК8	8—12	15—20	45	15	0,15—0,2	100—250	0,1—0,4	0,5—4,0
	1.2.2	Фенопласт (К-18-2)	ВК3М, ВК15ХОМ	5—10	20	45	15	0,15—0,2	150—600	0,1—0,4	0,5—4,0
	1.2.3	Аминопласт (МФ)	Р6М5, Р12Ф5М	10—20	15—20	45	15	0,15—0,2	40—110	0,1—0,25	0,5—4,0
1.3	1.3.1	Гетинакс	ВК6М	8—12	20	45	12	0,15—0,25	80—550	0,1—0,4	0,5—4,0
			ПСТМ	0—2	15	45	12	0,1—0,15	80—550	0,1—0,4	0,5—4,0
	1.3.2	Текстолит (ПТ, ПТК)	Р12Ф5М, ВК8	8—12	15—20	45	15	0,15—0,25	60—500	0,1—0,4	0,5—4,0
			ПСТМ	0—2	15	45	15	0,1—0,15	60—500	0,1—0,4	0,5—4,0
	1.3.3	Стеклотекстолит	ВК2	5—8	25	45	15	0,15—0,2	60—500	0,1—0,4	0,5—3,0
			ПСТМ	0—2	20	45	15	0,1—0,25	60—500	0,1—0,4	0,5—3,0
1.4	1.4.1	Стекловолокно (КАСТ-ВЛ-8)	ВК2, ВК3М	5—8	25	45	20	0,2—0,3	60—500	0,1—0,4	0,5—3,0
			ПСТМ	0—2	20	45	20	0,1—0,85	60—500	0,1—0,4	0,5—3,0
	1.4.2	Органопластик (СВМ)	ВК8	10	20	45	45	0,2—0,3	50—200	0,1—0,3	0,5—2,0
			ПСТМ	0—5	20	45	45	0,1—0,25	50—200	0,1—0,3	0,5—2,0
	1.4.3	Боропласт	ВК2, ВК3М, ВК8	5—8	10—15	45	12	0,2—0,5	40—200	0,05—0,15	0,2—1,0
			ПСТМ	0—2	15—20	45	12	0,15—0,25	40—200	0,05—0,15	0,2—1,0
	1.4.4	Углеродное волокно (КМУ-8)	ВК8	8—12	20	45	15	0,2—0,3	100—400	0,05—0,3	0,5—3,0
			ПСТМ	0—5	15—20	45	15	0,1—0,25	100—400	0,05—0,3	0,5—3,0
	1.4.5	Углеродное волокно (КИМФ)	ВК8	8—12	20	45	15	0,2—0,3	100—400	0,05—0,3	0,5—3,0
			ПСТМ	0—5	15—20	45	15	0,1—0,25	100—400	0,05—0,3	0,5—3,0
	1.4.6	Гибридный АП	ВК8	8—12	20	45	15	0,2—0,3	100—400	0,05—0,3	0,5—3,0
			ПСТМ	0,5	15—20	45	15	0,1—0,25	100—400	0,05—0,3	0,5—3,0

* Класс — 1 (ПКМ).

П.5.2. Рекомендуемые режимы резания при фрезеровании ПКМ

Классификация обрабатываемости		Обрабатываемый материал	Режущий инструмент					Критерий затупления h, мм	Скорость резания v, м/мин	Подача S, мм/об
подкласс*	группа		марка инструментального материала	геометрические параметры заточки, град						
				γ	α	φ	φ_1			
1.1	1.1.1	Пенопласт (ПЭ-2, К-40)	Углеродистая сталь У8ГА, Р6М5	15—20	20—25	45	0	0,15	100—500,	0,5—1,0
	1.1.2	Поропласт (поролон)	Р6М5	20—25	25—30	45	0	0,15	300—600	0,5—1,5
1.2	1.2.1	Пресс-порошок	Р6М5, ВК8	10—12	18—20	45	0—10	0,2	250—500	0,06—0,3
	1.2.2	Фенопласт (К-18-2)	Р6М5, ВК8	10—12	18—20	45	0—10	0,2	250—500	0,06—0,3
	1.2.3	Аминопласт (МФ)	Р6М5, Р12М5	10—12	18—20	45	0—10	0,2	250—500	0,06—0,3
1.3	1.3.1	Гетинакс	Р6М5, ВК8	10—12	18—20	45	0—10	0,2	80—750	0,08—0,25
			ПСТМ	0—5	18	45	0—10	0,35	80—750	0,08—0,25
	1.3.2	Текстолит (ПТ, ПТК)	Р12М5, ВК8	8—10	18—20	45	0—10	0,2	100—650	0,06—0,20
			ПСТМ	0—5	18	45	0—10	0,35	100—650	0,06—0,20
	1.3.3	Стеклотекстолит	Р12М5, ВК8	8—10	18	45	0—10	0,3	60—600	0,06—0,15
			ПСТМ	0—5	18	45	0—10	0,35	60—600	0,06—0,15
1.4	1.4.1	Стекловолокнит (КАСТ-ВЛ-8)	Р12М5, ВК8	8—10	18—20	45	0—10	0,3	60—600	0,06—0,15
			ПСТМ	0—5	18	45	0—10	0,25	60—600	0,06—0,15
	1.4.2	Органопластик (СВМ)	Р12Ф5М, ВК8	8—10	18—20	45	0—10	0,3	50—450	0,05—0,15
			ПСТМ	0—5	20	45	0—10	0,25	50—450	0,05—0,15
	1.4.3	Боропластик	ВК8	8—10	15—20	45	0—10	0,35	25—250	0,03—0,20
			ПСТМ	0—(—5)	15	45	0—10	0,25	25—250	0,03—0,20

Продолжение

Классификация обрабатываемости		Обрабатываемый материал	Режущий инструмент					Критерий затупления h, мм	Скорость резания v, м/мин	Подача S, мм/об
подкласс*	группа		марка инструментального материала	геометрические параметры заточки, град						
				γ	α	φ	φ_1			
	1.4.4	Углепластик (КМУ-8)	Р12Ф5М, ВК8	8–10	18–20	45	0–10	0,2	50–500	0,03–0,30
			ПСТМ	0–5	18	45	0–10	0,25	50–500	0,03–0,30
	1.4.5	Углеволокнит (КИМФ)	Р12М5, ВК8	8–10	18–20	45	0–10	0,2	50–500	0,03–0,30
			ПСТМ	0–5	18	45	0–10	0,25	50–500	0,03–0,30
	1.4.6	Гибридный АП	Р12М5, ВК8	8–10	18–20	45	0–10	0,2	50–500	0,03–0,30
			ПСТМ	0–5	18	45	0–10	0,25	50–500	0,03–0,30
1.5	1.5.1	Гетинакс (ПСП-8с)	Р12М5, Р6М5	70–80	3–8	–	–	0,15	250–1500	0,05–0,50
	1.5.2	Стеклотекстолит (ТССП-7-10)	Р12М5, Р6М5	70–80	3–8	–	–	0,15	250–1500	0,05–0,30
	1.5.3	Алюмопласт	Р6М5, Р12М5	70–80	3–8	–	–	0,15	200–1500	0,05–0,30
	1.5.4	Титанопласт	Р12Ф5М, ВК8	65–70	5–10	–	–	0,25	150–800	0,05–0,20

* Класс — 1 (ПКМ).

П.5.3. Рекомендуемые режимы резания при сверлении ПКМ

Классификация обрабатываемости		Обрабатываемый материал	Режущий инструмент							Допустимый износ сверла, мм	Допустимый режим резания	
			инструментальный материал**			геометрические параметры заточки, град					скорость v, м/мин	подача S, мм/об
подкласс*	группа		ПСТМ	ТС	БС	2φ	γ	α	α_1			
1.1	1.1.1	Пенопласт (ПЭ2, К-40)	–	–	+	90	15	20	25	0,10–0,20	90–180	0,1–1,5
		Поропласт (поролон)	–	–	+	—	—	—	—	0,10–0,15	—	—
1.2	1.2.1	Пресс-порошок	–	–	+	90	10	20	25	0,15–0,70	60–100	0,1–0,6
	1.2.2	Фенопласт К-18-2	–	–	+	90	10	20	25	0,15–0,40	80	0,1–0,6
	1.2.3	Аминопласт МФ	–	+	+	90	10	20	25	0,15–0,25	60–100	0,1–0,6
1.3	1.3.1	Гетинакс	+	+	–	90	10–15	25	25	0,12–0,25	90–120	0,1–0,6
	1.3.2	Текстолит (ПТ, ПТК)	+	+	–	90	15	25	25	0,12–0,25	90–120	0,05–0,4
	1.3.3	Стеклотекстолит	+	+	–	90	10	25	25	0,15–0,60	60–100	0,03–0,3
1.4	1.4.1	Стекловолокнит КАСТ-ВЛ-8	+	+	–	100	15	20	25	0,15–0,40	30–70	0,03–0,3
	1.4.2	Органопластик СВМ	+	+	+	70–90	10–15	20	25	0,12–0,40	90–120	0,06–0,4
	1.4.3	Боропластик	+	+	–	90–105	10	20	25	0,30	22	0,03–0,3
	1.4.4	Углепластик КМУ-8	+	+	–	110	5–8	20	25	0,12–0,20	50–80	0,03–0,08
	1.4.5	Углепластик КИМФ	+	+	–	90–110	5–8	20	25	0,12–0,20	50–80	0,03–0,08
	1.4.6	Гибридный АП	+	+	–	90–110	5–8	20	25	0,12–0,20	50–80	0,03–0,08
1.5	1.5.1	Гетинакс ПСП-8с	+	+	+	—	20–25	15–20	25	0,10–0,20	90–120	0,03–0,15
	1.5.2	Стеклотекстолит ТССП-7-10	+	+	–	—	20–25	15–20	25	0,10–0,20	90–120	0,03–0,15
	1.5.3	Алюмосотопласты	–	+	+	—	20–25	15–20	25	0,10–0,20	90–120	0,03–0,15
	1.5.4	Титаносотопласты	–	+	+	—	15–20	15–20	25	0,15–0,25	60–100	0,03–0,15

* Класс — 1 (ПКМ).

** ПСТМ, ТС, БС — марки инструментальной стали. Знак «+»— рекомендуется, «–» — не рекомендуется.

П.6. ПОРЯДОК РАЗРАБОТКИ ПРОЦЕССОВ (ОПЕРАЦИЙ) ТЕХНИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ

Этапы разработки процессов контроля	Задачи, решаемые на этапе	Основные документы, обеспечивающие решение задач
Подбор и анализ исходных материалов для разработки процесса контроля	Ознакомление с объектом контроля и требованиями к изготовлению и эксплуатации. Анализ справочной информации, необходимой для разработки технологического процесса	Конструкторская документация на изделие и технологическая документация на изготовление и испытание изделия. Программа и сроки изготовления изделия. Нормативные документы на перспективные методы и процессы контроля. Производственные инструкции на проведение контроля. Описание прогрессивных методов контроля. Прогнозы научно-технического прогресса и планы повышения технического уровня производства
Классификация объектов контроля	Создание групп объектов контроля, обладающих идентичными контролируемыми признаками. Выбор типовых представителей групп объектов контроля	Классификатор объектов контроля
Выбор объектов контроля	Определение номенклатуры объектов контроля, состояние качества которых влияет на качество выпускаемой продукции (контроль этих объектов обязателен)	Методика выбора объектов контроля (ГОСТ 14.306—74)
Группирование объектов контроля*	Формирование кодового обозначения изделия по классификатору объектов контроля. Отнесение объекта контроля к соответствующей классификационной группе**	Классификатор объектов контроля. Конструкторская документация на изделие
	Анализ действующих единичных, типовых и групповых процессов (операций) технического контроля объектов. Создание укрупненных групп объектов контроля, обладающих идентичными контролируемыми признаками. Разработка или выбор комплексного объекта контроля для каждой группы. Разработка предложений по унификации изделий и их элементов	Документация единичных, типовых и групповых процессов (операций) контроля, действующих на предприятии. Классификатор объектов контроля. Руководящие технические, методические и справочные материалы по группированию объектов контроля

* Этап ГОСТ 14.317—75 не регламентируется.

** При отсутствии соответствующей классификационной группы рабочий процесс (операция) контроля разрабатывается как единичный.

Продолжение

Этапы разработки процессов контроля	Задачи, решаемые на этапе	Основные документы, обеспечивающие решение задач
Количественная оценка групп изделий (объектов контроля)*	Определение типа производства для каждого комплексного объекта контроля	Плановые задания
	Определение трудоемкости контроля каждой группы объектов контроля	Ведомости трудоемкости изготовления изделия
Выбор действующего типового процесса технического контроля или поиск аналога единичного процесса технического контроля	Отнесение объекта к действующему типовому, групповому или единичному процессу контроля с учетом результатов количественной оценки групп изделий (при наличии разработанного перспективного процесса технического контроля на изделие его следует брать за основу при выборе действующего технологического процесса)	Документация типовых, групповых и единичных процессов (операций) контконтроля для данной группы изделий. Документация перспективных процессов технического контроля
Составление технологического маршрута процесса технического контроля	Обеспечение своевременного выявления и устранения дефектов. Обеспечение информации для оперативного регулирования технологического процесса и обратной связи с АСУ и АСУТПП. Определение точек технологического процесса изготовления и ремонта, в которых должен проводиться технический контроль	Методика размещения постов контроля по технологическому процессу изготовления и ремонта изделий
Выбор контролируемых параметров	Определение номенклатуры контролируемых параметров, подвергаемых контролю	Методика выбора контролируемых параметров
Разработка технологических операций технического контроля	Рациональное построение операций контроля. Установление последовательности выполнения переходов контроля	Классификаторы технологических операций и переходов технического контроля
Определение объема контроля	Рациональное назначение выборок в партии объектов контроля	Стандарты и методические материалы системы управления качеством продукции по статистическим методам контроля
Выбор схем контроля	Определение контрольных точек объекта, где осуществляется съем информации о контролируемых параметрах. Выбор поверхностей базирования средств контроля. Оценка точности и надежности базирования по производительности процесса (операции) технического контроля	Методика выбора схемы контроля

Продолжение

Этапы разработки процессов контроля	Задачи, решаемые на этапе	Основные документы, обеспечивающие решение задач
Выбор метода контроля	Определение оптимального метода контроля на базе установленных показателей контроля	Методика выбора методов контроля
Выбор средств контроля	По ГОСТ 14.306—73	ГОСТ 14.306—73
Нормирование процесса контроля*	Установление по номенклатуре исходных данных норм времени, необходимых для проведения контроля. Обоснование профессии исполнителя контроля в зависимости от сложности и содержания операции технического контроля	Классификатор разрядов работ и профессий по техническому контролю. Материальные и трудовые нормативы на процессы контроля
Расчет точности, производительности и экономической эффективности вариантов процессов (операций) технического контроля	Выбор оптимального варианта процесса (операции) технического контроля	Методические указания по методам оптимизации процессов технического контроля
Оформление документации на процессы (операции) ТК	Учет требований Государственной системы обеспечения единства измерений (ГСИ) и Единой системы технологической документации (ЕСТД)	ГОСТ 3.1502—85, ГОСТ 8.010—72, ГОСТ 8.103—73, ГОСТ 2.314—68, ГОСТ 3.1105—84
Разработка документации результатов контроля	Разработка технических паспортов, карт измерений, журналов контроля технологических процессов	ГОСТ 2.314—68, ГОСТ 3.1105—84, ГОСТ 3.1503—74, ГОСТ 3.1504—74, ГОСТ 3.1505—75

П.7. НОРМАТИВЫ РАСХОДА ПЛАСТМАСС НА ПРОИЗВОДСТВО ПРОДУКЦИИ

П.7.1. Норма расхода полиэтилена на производство 1000 м^2 пленки

Толщина пленки, мкм	Норма расхода, кг	Толщина пленки, мкм	Норма расхода, кг	Толщина пленки, мкм	Норма расхода, кг
15	14,3	90	83,5	180	167,0
20	19,0	100	92,8	190	176,2
25	23,5	110	102,0	200	185,5
30	28,2	120	111,3	210	194,8
40	37,2	130	120,6	220	204,0
50	46,4	140	129,9	230	213,3
60	55,7	150	139,1	240	222,6
70	65,0	160	148,4	250	231,9
80	74,2	170	157,7	260	241,2

Продолжение

Толщина пленки, мкм	Норма расхода, кг	Толщина пленки, мкм	Норма расхода, кг	Толщина пленки, мкм	Норма расхода, кг
270	250,4	350	324,6	430	398,8
280	259,7	360	333,9	440	408,1
290	269,0	370	343,2	450	417,3
300	278,2	380	352,4	460	426,6
310	287,5	390	361,7	470	435,9
320	296,8	400	371,0	480	445,5
330	306,0	410	380,3	490	454,4
340	315,0	420	389,5	500	463,7

П.7.2. Нормы расхода полиэтилена высокой плотности на 1000 пог. м труб дренажных гофрированных

Тип труб	Наружный диаметр трубы, мм	Масса 1 пог. м трубы, кг	Нормы расхода, кг
I	50	0,18	181,44
	63	0,25	252,00
	75	0,32	322,56
	90	0,38	383,04
	110	0,47	473,76
	125	0,59	594,72
II	90	0,59	594,72
	110	0,78	786,24
	125	1,12	1128,96
III	50	0,19	191,52
	63	0,26	262,08
	75	0,36	362,88
IV	75	0,32	322,56

П.7.3. Нормы расхода полиэтилена (в кг) на 1000 пог. м напорных труб

Наружный диаметр трубы, мм	Тип трубы из ПЭВП				Тип трубы из ПЭНП			
	легкий	средне-легкий	средний	тяжелый	легкий	средне-легкий	средний	тяжелый
10	—	—	—	54,6	—	—	—	53,55
12	—	—	—	68,25	—	—	—	66,15
16	—	—	—	96,6	—	—	93,45	117,6
20	—	—	—	123,9	—	—	131,25	184,8
25	—	—	158,55	180,6	—	153,3	198,45	284,55
32	—	—	206,85	294,0	199,5	237,3	326,55	463,05
40	—	261,45	300,30	453,6	253,05	382,2	500,85	716,1
50	—	330,75	465,15	702,45	382,2	560,7	782,25	1123,5
63	421,05	521,85	725,55	1113,0	592,2	892,5	1228,5	1764,0
75	504,0	711,9	1030,05	1564,5	845,25	1260,0	1753,5	2499,0
90	675,15	1031,1	1458,5	2236,5	1207,5	1806,0	2499,0	3591,0
110	983,3	1543,5	2194,5	3318,0	1816,5	2667,0	3717,0	5365,5
125	1302,0	1984,5	2824,5	4305,0	2310,0	3475,5	4788,0	7045,5
140	1627,5	2446,5	3517,5	5397,0	2898,0	4347,0	—	—
160	2058,0	3213,0	4588,5	7035,0	3790,5	5659,5	—	—

Продолжение

Наружный диаметр трубы, мм	Тип трубы из ПЭВП				Тип трубы из ПЭНП			
	легкий	средне-легкий	средний	тяжелый	легкий	средне-легкий	средний	тяжелый
180	2625,0	4042,5	5775,0	8883,0	—	—	—	—
200	3423,0	4945,5	7150,5	10920,0	—	—	—	—
225	4074,0	5229,0	9019,0	13860,0	—	—	—	—
250	4399,5	7770,0	11130,0	17115,0	—	—	—	—
280	6310,5	9681,0	13965,0	21420,0	—	—	—	—
315	7392,0	12285,0	17640,0	26355,0	—	—	—	—
355	10069,5	15540,0	22050,0	34440,0	—	—	—	—
400	12705,0	19635,0	28350,0	43890,0	—	—	—	—
450	16065,0	24990,0	35805,0	55230,0	—	—	—	—
560	24885,0	38535,0	55335,0	—	—	—	—	—
630	31500,0	48825,0	70140,0	—	—	—	—	—
710	40005,0	61950,0	88935,0	—	—	—	—	—
800	50715,0	78330,0	113400,0	—	—	—	—	—
900	64050,0	99330,0	—	—	—	—	—	—
1000	78900,0	122850,0	—	—	—	—	—	—
1200	113400,0	176400,0	—	—	—	—	—	—

П.7.4. Нормы расхода непластифицированного ПВХ (в кг) на производство 1 пог. м трубы и трубы с раструбом длиной 5,5 м (ТУ 6-19-231—83)

Наружный диаметр трубы, мм	Тип трубы				Тип трубы с раструбом	
	средне-легкий	средний	тяжелый	особо тяжелый	средний	тяжелый
10	—	—	—	0,047	—	—
12	—	—	—	0,058	—	—
16	—	—	—	0,095	—	—
20	—	—	—	0,144	—	—
25	—	—	0,183	0,223	—	—
32	—	—	0,277	0,359	—	—
40	—	0,351	0,368	0,552	—	—
50	—	0,444	0,580	0,850	—	—
63	—	0,591	0,898	1,356	—	4,961
75	0,675	0,822	1,282	1,913	—	7,084
90	0,813	1,188	1,839	2,743	—	10,163
110	1,219	1,724	2,743	4,099	9,522	15,134
125	1,555	2,239	3,510	5,266	—	—
140	1,934	2,785	4,393	6,590	—	—
160	2,533	3,615	5,749	8,587	19,969	31,845
180	3,174	4,593	7,231	10,930	—	—
200	3,889	5,644	8,944	13,453	—	—
225	4,940	7,105	11,351	16,921	39,307	62,850
250	5,938	8,734	13,873	20,915	—	—
280	7,473	10,930	17,477	26,170	60,433	96,692
315	9,480	13,873	21,966	33,107	76,723	121,916

П.7.5. Нормы расхода непластифицированного ПВХ (в кг) на производство 1000 пог. м труб (ТУ 6-05-1573—72)

Наружный диаметр трубы, мм	Рабочее давление, МПа			
	до 0,25		до 0,60	
	масса 1 пог. м трубы, кг	норма расхода, кг/тыс. пог. м	масса 1 пог. м трубы, кг	норма расхода, кг/тыс. пог. м
10	—	—	0,07	74,41
12	—	—	0,10	106,3
15	—	—	0,14	148,82
20	—	—	0,19	201,97
22	—	—	0,34	361,42
25	0,20	212,6	0,39	308,27
32	0,38	403,94	0,49	520,87
40	0,58	616,54	0,77	818,51
51	0,83	882,29	1,19	1264,97
63	1,17	1243,71	1,74	1849,62
76	1,56	1658,28	2,29	2434,27
83	2,20	2338,6	—	—
96	2,53	2689,39	—	—
102	2,73	2901,99	—	—
114	3,30	3507,9	—	—
140	4,64	4932,32	—	—
166	5,60	5952,8	—	—
250	7,0	7441,0	—	—

П.7.6. Нормы расхода (в кг) непластифицированного поливинилхлорида ПВХ-60 и ПВХ-100 на 1000 пог. м труб (ТУ 6-05-1791—76)

Наружный диаметр трубы, мм	1-й ряд		2-й ряд		3-й ряд		4-й ряд		5-й ряд	
	масса 1 м трубы, кг	норма расхода, кг/тыс. пог.м	масса 1 м трубы, кг	норма расхода, кг/тыс. пог.м	масса 1 м трубы, кг	норма расхода, кг/тыс. пог.м	масса 1 м трубы, кг	норма расхода, кг/тыс. пог.м	масса 1 м трубы, кг	норма расхода, кг/тыс. пог.м
10	—	—	—	—	—	—	—	—	0,045	47,83
12	—	—	—	—	—	—	—	—	0,055	58,46
16	—	—	—	—	—	—	—	—	0,090	95,67
20	—	—	—	—	—	—	—	—	0,137	145,63
25	—	—	—	—	—	—	0,174	184,96	0,212	225,35
32	—	—	—	—	—	—	0,264	280,63	0,342	363,54
40	—	—	—	—	0,334	355,04	0,350	372,05	0,525	558,07
50	—	—	—	—	0,422	448,58	0,552	586,77	0,809	859,96
63	—	—	—	—	0,562	597,4	0,854	907,8	1,29	1371,27
75	—	—	0,642	682,44	0,782	831,26	1,22	1296,86	1,82	1934,66
90	—	—	0,774	822,76	1,13	1201,19	1,75	1860,25	2,61	2774,43
110	0,951	1010,91	1,16	1233,08	1,64	1743,32	2,61	2774,43	3,9	4145,7
125	1,08	1148,04	1,48	1573,24	2,13	2264,19	3,34	3550,42	5,01	5325,63
140	1,21	1286,23	1,84	1955,92	2,65	2816,95	4,18	4443,34	6,27	6665,01
160	1,39	1477,57	2,41	2561,83	3,44	3656,72	5,47	5814,61	8,17	8684,71
180	1,57	1668,91	3,02	3210,26	4,37	4645,31	6,88	7313,44	10,4	11055,2
200	1,74	1849,62	3,70	3933,1	5,37	5708,31	8,51	9046,13	12,8	13606,4
225	1,96	2083,48	4,70	4996,1	6,76	7185,88	10,8	11480,4	16,1	17114,3
250	2,4	2551,2	5,65	6005,95	8,31	8833,53	13,2	14031,6	19,9	21153,7
280	3,11	3305,93	7,11	7557,93	10,4	11055,2	16,6	17645,8	24,9	26468,7
315	3,78	4018,14	9,02	9588,26	13,2	14031,6	20,9	22216,7	31,5	93484,5
355	4,87	5176,81	11,4	12118,2	16,7	17752,1	26,5	28169,5	39,9	42413,7
400	6,10	6484,3	14,5	15413,5	21,1	22429,3	33,7	35823,1	50,8	54000,4
450	7,65	8131,95	18,3	19452,9	26,8	28488,4	42,7	45390,1	—	—

Примечание. Ряды делят ассортимент труб по соотношению толщина стенки—диаметр.

П.8. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПМ

П.8.1. Характеристики сыпучих термопластов в твердом состоянии

Полимер	Насыпная плотность, г/см³	Размер гранул, мм	Плотность (при 293 К), г/см³	Коэффициент трения по стали	Содержание влаги, %*	Содержание летучих, %	Усадка, %
Полиэтилен высокой плотности	0,50—0,55	2×5	0,95	0,12	—	0,25	1,0—3,0
Полиэтилен низкой плотности	0,50—0,55	2×5	0,91—0,93	0,33	—	0,10	2,0—5,0
Полипропилен	0,40—0,50	2×5	0,90	—	—	0,09—0,20	1,9—2,0
Полистирол	0,56—0,63	3×5	1,05—1,08	—	0,15—0,30 (343 К, 2—3 ч)	0,05—0,80	0,4—0,8
Ударопрочный полистирол	—	2×5	1,04—1,06	—	0,10—0,20	0,08—0,10	0,4—1,0
АБС-пластик	0,65—0,75	—	1,04—1,05	—	0,30 (353 К, 3—4 ч)	0,10	0,3—0,7
Сополимеры стирола марок МС, МСН	—	2×5	1,12—1,14	—	0,10 (343 К, 4—5 ч)	0,40—0,80	1,2—2,5
Полиамид ПА-6	0,65—0,75	2×3	1,13—1,14	0,20—0,30	0,20 (363 К, 6—8 ч)	—	1,2—1,7
Полиамид ПА-610	0,60—0,70	2×5	1,08—1,10	0,26—0,32	0,20 (358 К, 6—8 ч)	—	0,8—1,5
Полиамид ПА-12	0,50—0,60	2×4,5	1,01—1,02	0,28—0,30	0,12 (358 К, 5—7 ч)	0,50	0,7—1,5
Полиамид ПА-66	—	—	1,13—1,14	0,15	—	—	1,7—1,8
Поликарбонат	0,65—0,70	2×4	1,19—1,20	0,45—0,55	0,02 (393 К, 8—9 ч)	0,20	0,6—0,8
Полиформальдегид, сополимеры формальдегида	0,60—0,78	4×4	1,41	0,28—0,37	0,01 (363 К, 4 ч)	0,20	1,5—3,5
Полиэтилентерефталат	0,75—0,85	—	1,31—1,32	0,27	0,01 (383 К, 5—7 ч)	—	1,2—1,7** / 0,5—0,7
Полибутилентерефталат	0,73—0,88	—	1,29—1,30	0,15	0,01 (393 К, 8—9 ч)	—	0,9—2,2
Полиметилметакрилат	0,72—0,74	—	1,27—1,31	—	0,01	—	0,2—0,6
Полисульфон	0,70—0,74	2×6	1,18—1,20	0,13—0,17	0,01 (393 К, 8—10 ч)	—	0,7

* В скобках указана температура (T, К) и продолжительность (τ, ч) сушки.
** Числитель — при температуре формования 413 К, знаменатель — 323 К.

П.8.2. Условия определения показателя текучести расплава (ПТР) полимеров

Полимер	Температурный интервал переработки, К	Условия определения ПТР		Температурный интервал эксплуатации, К	Энергия активации вязкого течения, кДж/моль
		нагрузка, Н	температура, К		
Полиэтилен высокой плотности (ГОСТ 16338—85)	473—533	50,0	463	173—343	25—32
Полиэтилен низкой плотности (ГОСТ 16337—77)	453—493	21,6	463	173—373	54—57
Полипропилен (ГОСТ 26996—86)	463—543	21,6	503	263—363	38—46
Полистирол (ГОСТ 20282—86)	453—513	50,0	473	233—343	96
Ударопрочный полистирол (ОСТ 6-05-406—80)	453—503	50,0	473	233—343	73
АБС-пластик (ТУ 6-05-1587—84)	473—513	216,0	483	233—343	—
Сополимеры стирола марок МС, МСН (ГОСТ 12271—76)	453—503	100,0	473	233—338	—
Полиамид ПА-6 (ТУ 6-05-4—88)	503—543	21,6	508	223—353	38—54
Полиамид ПА-610 (ГОСТ 10589—87)	493—543	21,6	508	213—343	38—46
Полиамид ПА-12 (ОСТ 6-05-425—86)	513—553	21,6	508	213—333	43—62
Поликарбонат (ТУ 6-05-1668—80)	523—563	21,6	553	173—393	110—126
Полиформальдегид, сополимеры формальдегида (ТУ 6-05-1543—87)	463—493	21,6	463	213—343	21—25
Полиэтилентерефталат (ТУ 6-05-1984—85)	533—543	—	—	213—443	86—107
Полибутилентерефталат (ТУ 6-05-211-1951—83)	508—533	21,6	523	233—413	71—98
Полиметилметакрилат (ОСТ 6-01-38—81)	463—503	125,0	463	223—363	—
Полисульфон (ТУ 6-05-1969—84)	553—613	21,6	573	213—423	71—77
Полиарилат (ТУ 6-58-3644—89)	553—623	—	—	213—423	—

П.8.3. Теплофизические свойства полимеров

Полимер	Коэффициент теплопроводности λ, Вт/(м·К)	Температаура плавления $T_{пл}$, К	Температура стеклования, T_c, К	Удельная теплота плавления, кДж/моль
Полиэтилен высокой плотности	0,40—0,50 (293—373 К)	393—408	143	7,54—8,38
Полиэтилен низкой плотности	0,29—0,42 (293—343 К)	376—388	138	—
Полипропилен	0,12—0,25 (293—403 К)	433—445	277	8,79—10,89
Полистирол	0,14—0,18 (293—368 К)	—	373	8,38—10,00
Полиамид ПА-6	0,27—0,28 (293—423 К)	488—501	223	21,78—23,46
Полиамид ПА-610	0,19—0,20 (293—423 К)	486—495	—	54,47—56,56
Полиамид ПА-12	0,27—0,28 (293—423 К)	451—453	—	—
Полиамид ПА-66	0,25 (293—423 К)	540	214	44,40—46,00
Поликарбонат	0,20—0,28 (293—423 К)	493—513	416—424	—
Полиформальдегид, сополимеры формальдегида	0,18—0,30 (293—423 К)	446—453	151	7,12
Полиэтилентерефталат	0,21—0,28 (293—513 К)	498—540	347	22,62—24,30
Полибутилентерефталат	0,25—0,30 (293—473 К)	496—500	316	—
Полиметилметакрилат	0,19—0,20 (293—360 К)	—	368—378	—
Полисульфон	0,20—0,22 (293 К)	—	463—468	—

Примечание. Сведения о других теплофизических характеристиках полимеров см. в приложении П.3.

П.8.4. Технологические свойства реактопластов

Типы пресс-материалов	Усадка, %	Удельное давление, МПа		Способность к таблетированию и шнековой пластикации	Температура прессования, °С	Выдержка на отверждение при прессовании и прессе-литье, мин/мм	
		прямого прессования	литьевого прессования			без предварительного подогрева	с предварительным подогревом
Фенопласты:							
общего назначения	0,4—0,8	15—40	15—80	Очень хорошая	160—210	0,2—0,7	0,06—0,4
электроизоляционные	0,3—0,8	14,5—40	40—90	Хорошая	160—210	0,3—0,9	0,1—0,5
влагохимстойкие	0,3—0,9	24—40	60—100	Средняя	160—190	0,7—1,5	0,4—1,0
ударопрочные	0,2—0,8	25—50	—	»	150—180	0,6—1,0	0,3—0,7
жаростойкие	0,2—0,7	25—35	40—90	Хорошая	150—190	0,4—2,1	0,2—1,0
Аминопласты:							
КФА	0,5—1,2	25—35	45—70	»	135—145	0,3—0,7	0,2—0,4
МФБ	0,5—1,3	25—40	40—80	Средняя	155—160	0,5—0,9	0,3—0,5
МФВ	0,4—0,6	25—40	40—70	»	155—170	0,8—1,2	0,4—0,8
МФД	0,8—0,2	25—40	—	Плохая	150—170	0,9—1,2	0,6—0,8
МФЕ	1,0—1,2	25—40	—	»	140—170	0,9—1,3	0,6—0,8
Стеклопластики:							
АГ-4С	0,3	25—35	60—80	»	145—165	1,5—2,5	0,8—1,2
АГ-4В	0,4	25—35	60—80	»	145—170	1,5—2,5	0,8—1,2
ДСВ	0,2	25—35	60—130	Средняя	135—180	1,0—2,5	0,6—1,0
ГСП	0,2	30—40	40—90	»	140—180	1,0—2,0	0,8—1,3
СГ	0,3	20—35	40—70	»	155—165	0,3—0,5	—
СНК-2-27	0,4	20—35	70—120	Плохая	140—160	1,0—2,0	0,8—1,2

П.8.5. Технологические свойства термореактивных пресс-материалов

Марка пресс-материала	Время отверждения по ГОСТ 15882, с/мм	Содержание влаги и летучих, %	Плотность, г/см³	Текучесть по Рашигу, мм	Расчетная усадка, %
Фенопласты:					
03-010-02	50—80	2,0—4,5	1,40	110—190	0,4—0,8
04-010-12	—	2,0—4,5	1,40	90—190	0,4—0,8
Сп-342-02	140	4,5	1,40	100—190	0,4—0,8
Э2-330-02	120—150	8,0	1,40	100—180	0,4—0,8
Э3-340-65	—	—	1,95	90—190	0,4—0,7
Э6-014-30	—	—	1,85	130—200	0,2—0,3
Э10-342-63	—	—	1,85	90—180	0,4—0,8
Вх1-090-34	125	—	1,60	90—190	0,4—0,8
Вх4-080-34	—	—	1,75	90—190	0,3—0,9
Вх5-010-73	—	—	1,75	90—190	0,3—0,7
У1-301-07	—	9,0	1,45	40—140	0,3—0,6
У4-080-02	100	—	1,50	80—190	0,4—0,8
Ж3-010-62	50—80	—	1,85	160—200	0,2—0,7
К-300-21	—	—	1,95	200	0,6
К-114-35	140	2—3	1,75—1,90	120—190	0,4—0,7
К-81-39С	—	—	1,95	200	0,6
КФ-3	—	2—2,5	1,85—1,95	120—180	0,3—0,6
АГ-4В	—	2,0—7,0	1,70—1,90	—	0,15
АГ-4С	—	2,0—5,0	1,7—1,90	—	0,1
ДСВ-2-Р-2М	—	1,5—3,0	1,70—1,85	—	0,15
ДСВ-4-Р-2М	—	1,5—3,0	1,70—1,85	—	0,15
3ПМ	—	1,0	1,70—2,00	—	0,25—0,30
3ЭП-1	—	1,5—2,8	1,70—1,80	—	0,20
КФ-9	—	—	1,50—1,65	160—195	2,5—3,0
КФ-10	—	—	1,80—2,00	165—190	1,0—1,5
Аминопласты:					
группа А1	70—140*	3,0	1,40—1,50	70—160	0,7
группа А2	70—140	3,0	1,40—1,50	70—160	0,7
группа В1	70—140	5,0	1,60—1,85	120—190	—
группа Е1	70—140	2—4	1,70—2,00	120—190	0,2—0,4

* При 140 °С.

П.9. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫБОРУ ОСНОВНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА СЫРЬЯ ПРИ ПЕРЕРАБОТКЕ РАЗЛИЧНЫХ ПОЛИМЕРОВ И КОМПОЗИТОВ НА ИХ ОСНОВЕ*

Показатели качества сырья	Термопласты	Реактопласты	Термоэласто-пласты
Гранулометрический состав	+	+	+
Объемные характеристики**	+	+	+
Сыпучесть	+	+	+
Содержание влаги и летучих	+	+	+
Температурные характеристики и теплостойкость	+	+	+
Усадка (по отформованному бруску или диску)	+	+	+

Продолжение

Показатели качества сырья	Термопласты	Реактопласты	Термоэласто-пласты
Текучесть:			
по вязкости при фиксированной скорости сдвига	+	+	+
по ПТР	+	–	+
по Рашигу	–	+	–
Пластоэластические свойства:			
пластичность, жесткость, эластическое восстановление	–	–	+
коэффициент разбухания экструдата	+	–	+
Реокинетические свойства:			
на ротационном вискозиметре	–	+	+
на виброреометре	–	–	+
Адгезионно-фрикционные свойства	–	+	+
Таблетируемость	–	+	–

* Знак «+» означает необходимость контроля данного показателя качества сырья, «–» — необязательность контроля.

** Это: насыпная плотность (насыпная масса), кг/м^3; удельный объем, м^3/кг; насыпная плотность утряски, кг/м^3; удельный объем утряски, м^3/кг; коэффициент уплотнения (отношение плотности ПМ в отформованном изделии к насыпной плотности сырья).

П.10. УДЕЛЬНЫЕ ВЫДЕЛЕНИЯ ВРЕДНЫХ ВЕЩЕСТВ (ВВ) ПРИ ПЕРЕРАБОТКЕ ПЛАСТМАСС

Процесс переработки, перерабатываемый материал	Выделяющиеся ВВ, определяющие воздухообмен	Удельные выделения ВВ, г/кг	Оборудование, в котором происходит выделение ВВ
Прессование реактопластов:			Гидравлические прессы, реактопластавтоматы, установки ТВЧ
фенопласты порошковые	Фенол	0,65—1,5	
волокниты, стекловолокниты	Фенол	1,5—1,8	
аминопласт	Формальдегид	0,7	
Литье под давлением термопластов:			Термопластавтоматы
полиэтилен	Уксусная кислота	0,3—0,4	
	Оксид углерода	0,8—1,2	
	Ацетальдегид	0,1—0,6	
полипропилен	Уксусная кислота	0,2—1	
	Оксид углерода	0,2—1	
полистирол	Стирол	0,1—0,6	
дакрил	Метилметакрилат	1—5	
Нанесение рисунка на пленку из полиэтилена	Этилацетон	0,5—2	Окрасочная машина

Продолжение

Процесс переработки, перерабатываемый материал	Выделяющиеся ВВ, определяющие воздухообмен	Удельные выделения ВВ, г/кг	Оборудование, в котором происходит выделение ВВ
Экструзия термопластов:			
производство пленки из полиэтилена	Уксусная кислота	0,15—0,18	Пленочный агрегат
	Оксид углерода	0,075—0,9	
	Ацетальдегид	0,15—0,18	
производство труб из полиэтилена	Уксусная кислота	0,09—0,6	Трубный агрегат
	Оксид углерода	0,75—0,9	
	Ацетальдегид	0,25—0,6	
производство пленки из поливинилхлорида	Винилхлорид	0,01—0,06	Экструдер, вальцы, дублирующие машины
	Пластификатор	0,06—0,3	

П.11. МАРОЧНЫЙ АССОРТИМЕНТ ПМ

П.11.1. Марочный ассортимент и области применения конструкционных термопластов

Материал	Марочный ассортимент	Рекомендуемые области применения
Полиэтилен низкой плотности	Базовые марки для литья под давлением	Детали технического и бытового назначения, пробки, стаканы, заглушки, канистры, трубы, листы, шланги, щетки и др.
	Пленочные марки	Изоляция кабелей, покрытия, упаковки для продуктов и обоев, пакеты, пленки и др.
	Наполненные минеральным наполнителем марки	Крышки, вентиляционные короба, погонажные изделия, футеровка химического оборудования, бочки, корпуса и ламинаты
Полиэтилен высокой плотности	Базовые марки для литья под давлением и экструзии	Детали технического и бытового назначения, крыльчатки вентиляторов, топливные бачки, ручки, каркасы, трубы, изоляция кабелей, покрытия, ламинаты
	Наполненные марки	Детали технического назначения, корпуса, сердечники, ящики, кожухи, ролики, мебельная фурнитура и др.
Полипропилен	Базовые марки для литья под давлением и экструзии	Детали технического и бытового назначения, трубы, фланцы, листы, детали дождевальных установок, ручки, гайки, корпуса радиоаппаратуры, панели, тара, фильтровальные ткани, тросы и канаты, корпуса аккумуляторов и автомобилей, ящики и др.

Продолжение

Материал	Марочный ассортимент	Рекомендуемые области применения
	Наполненные марки	Профильно-погонажные изделия, ручки, заглушки, решетки, корпуса фар, воздуховоды, технологическая оснастка, корпуса машин и др.
Поливинилхлорид	Экструзионные пластифицированные и наполненные марки	Профильно-погонажные изделия строительного назначения, трубы, шланги, армированные элементы стеклопакетов. Пленка, кабельный пластикат, искусственная кожа, линолеум, декоративно-отделочные материалы, тара, листы, уплотнители, вибропоглощающие прокладки, шланги, медицинская техника, пластизоли и др.
	Литьевые марки	Корпуса, кожухи, фитинги, арматура
Полистирол и его сополимеры:	Базовые марки для литья под давлением и экструзии	
полистирол общего назначения, блочный, суспензионный, эмульсионный		Электротехнические изделия, корпуса, нити, осветительная арматура, световоды, высокочастотные диэлектрики, подносы, пуговицы, корпуса кассет, игрушки, втулки, кожухи, посуда и др.
ударопрочный полистирол		Мебельная фурнитура, облицовка холодильников, корпуса радиоаппаратуры, канцелярские товары и др.
сополимер стирола с акрилонитрилом и бутадиеном (АБС-пластик)		Корпусные облицовочные детали стиральных машин, пылесосов, салонов автомобилей, ручки, корпуса радиоаппаратуры
сополимер стирола с нитрилом акриловой кислоты или альфаметилстиролом		Осветительная арматура, фонари, клавиши, линзы, рукоятки, канцелярская техника
сополимеры с метилметакрилатом и нитрилом акриловой кислоты		Крышки магнитофонов, корпуса авторучек, приборов, телефонных аппаратов, зубные щетки, приборные шкалы и др.
Фторлоны:	Базовые марки для прессования, литья под давлением и экструзии	
фторопласт-4 и его модификации		Детали технического назначения: химстойкая арматура, трубы, уплотнения, сальники, подшипники, трубки, изоляция проводов, покрытия посуды и нагревательных приборов
фторопласт-3 и его модификации		Втулки, седла клапанов, конденсаторная пленка, антифрикционные покрытия

Продолжение

Материал	Марочный ассортимент	Рекомендуемые области применения
фторопласт-40 и его модификации	"	Уплотнительные насадочные кольца, пленка, изоляция электрических плат, арматура трубопроводов
Полиакрилаты	Базовые марки для экструзии и литья под давлением	Стекла, фонари, светотехническая арматура, светофильтры, линзы, экраны, остекление транспортных средств
Этролы	То же	Оправы очков, игрушки, спортинвентарь, канцелярские товары, облицовка рулевых колес автомобилей
Полиамиды 6, 610, 66 и 12	»	Конструкционные, антифрикционные электроизоляционные изделия, втулки, муфты, подшипники, корпуса, кожухи, электроустановочная арматура, трубки, шестерни, детали транспортных средств
	Стекло- и минералонаполненные марки	Детали электроинструмента, корпуса реле и магнитных пускателей, направляющие, рейки, подшипники
Поликарбонат	Базовые марки для экструзии и литья под давлением	Детали остекления, светотехники, электротехнические, соединители, корпуса бытовой техники, медицинская аппаратура, компакт-диски, листы, конденсаторная пленка
	Стеклонаполненные марки	Электроаппаратура, панели, сердечники, корпуса, платы
	Полимер-полимерные смеси	Кожухи, бамперы, решетки, панели, декоративные детали
Полиацетали	Базовые марки для литья под давлением	Конструкционные и антифрикционные детали, подшипники, шестерни, корпуса, детали приборов, арматура водоснабжения, мебельная и квартирная фурнитура, детали транспортных средств
	Стеклонаполненные марки	Корпуса, каркасы, сердечники, клавиши, направляющие
Полиалкилентерефталаты (ПБТ и ПЭТФ)	Базовые марки для экструзии и литья под давлением	Корпусные электротехнические детали, катушки, сердечники, корпуса приборов и инструментов, щетина, конденсаторные пленки, бутылки, упаковка, разъемы, электробытовые приборы

Продолжение

Материал	Марочный ассортимент	Рекомендуемые области применения
	Стекло- и минералонаполненные марки	Детали электротехнического назначения, установочная арматура, разъемы
Полисульфон	Базовые марки для экструзии и литья под давлением	Детали медицинской техники, электроники, корпуса и кожухи электронных устройств, покрытия проводов, пленки и др.

П.11.2. Марочный ассортимент и области применения основных термореактивных пресс-материалов и литьевых ПМ

Материал	Марки	Рекомендуемые области применения
Фенопласт общего назначения прессовочный	02-010-02	Малонагруженные изделия общего назначения при $T = -60 \ldots +60$ °С
	03-010-02	Армированные и неармированные детали технического и бытового назначения при $T = -50 \ldots +100$ °С
	04-010-12	Для условий повышенной влажности
	08-010-72	Детали узлов сухого трения
	010-200-72	Крупногабаритные изделия сложной конфигурации, работающие при повышенных нагрузках и вибрациях
	028-210-02	Армированные и неармированные изделия технического назначения
Фенопласт литьевой гранулированный общего назначения	020-210-75СК	Изделия общего назначения
Фенопласт электроизоляционный прессовочный	Э 2-330-02	Изделия с высокими диэлектрическими показателями
	Э 2-330-02	Изделия электрического назначения, работающие в среде масла и бензина
	Э 3-340-65	Изделия электротехнического назначения для сухого и влажного климата
	Э 4-100-30	Изделия для условий повышенной влажности, ТВЧ и высоких напряжений
	Э 6-014-30	Электро- и радиотехнические детали при $T = -60 \ldots +250$ °С
	Э 22-451-44	Ударопрочные детали в условиях токов высокой частоты

Продолжение

Материал	Марки	Рекомендуемые области применения
Фенопласт литьевой электротехнический гранулированный	Э 24-122-02	Изделия с повышенной водостойкостью, в условиях ударных и вибрационных нагрузок, циклических температур
	Э 28-0118-81	Изделия, эксплуатирующиеся при $T \leq 250$ °С
	Э 33-010-48	Тонкостенные армированные изделия при повышенных температурах
Фенопласты влагохимстойкие	Вх 1-090-34	Детали с повышенными кислото- и водостойкостью
	Вх 2-090-34, Вх 2-090-68	Повышенная кислотостойкость при высоких температурах
	Вх 4-080-34	Армированные и неармированные изделия, водостойкие с повышенной ударной вязкостью
	Вх 9-304-05	Кислотостойкие изделия
Фенопласты жаростойкие	Ж 2-010-60	Изделия с высокими диэлектрическими показателями, теплостойкостью, ударной прочностью
	Ж 3-010-62	Детали сложной конфигурации, жаропрочные, водостойкие
	Ж 7-010-83	Высокие теплостойкость и диэлектрические показатели
Фенопласт литьевой жаростойкий	Ж 7-010-83Л	Повышенная механическая прочность и теплостойкость
	Ж 9-010-00	Повышенная стойкость к нагреванию
	Ж 9-010-60Т	Изделия низковолновой аппаратуры в тропическом климате
Фенопласты ударопрочные	У 1-301-07, У 2-301-07	Высокая механическая прочность при статическом изгибе и кручении
	У 4-080-02	Высокие диэлектрические показатели
	У 7-370-44, У 9-370-44	Высокие механическая прочность, маслостойкость, диэлектрические показатели
Фенопласты специальные безаммиачные	СП 1-342-02	Армированные и неармированные детали конструкционного назначения
	СП 3-342-02	Повышенные механические показатели, бензомаслостойкость
	СП-7	Самозатухающие изделия

Продолжение

Материал	Марки	Рекомендуемые области применения
Аминопласты общего назначения	КФА-1	Широкая гамма цветов, изделия технического и бытового назначения
	КФА-2	Непрозрачные детали бытового и технического назначения, контактирующие с сыпучими пищевыми продуктами, канцтовары, игрушки, галантерейная тара и др.
	КФА-2-ПРГ	Гранулированный материал, применение аналогично применению КФА-2
	МФБ-1	Меламиноформальдегидный пресс-материал для электротехнических изделий, стойкий к бытовым химикатам, растворителям
	МФВ1, МФВ3, МФВ4	Изделия дуго-, крекингстойкие, детали узла зажигания автомобилей, изделия электротехнического назначения
Эпоксипласты	УП-217, УП-2196, УП-2198 и др.	Высокопрочные изделия электротехнического, конструкционного назначения, для тропического климата; интервал температур от –60 до +200 °С
Стеклопластики на основе ПЭНП	Премиксы ПСК-5, ПСК-20 и их разновидности	Конструкционные и электротехнические изделия сложной формы, получаемые прямым и литьевым прессованием
Стеклопластики на основе кремнийорганических связующих	ДВПМ-1, ДВПМ-3, РТП-200, РТП-170, РТП-100	Изделия, получаемые литьевым прессованием для работы при температурах до 400 °С, армированные и неармированные, радио-, электротехнического и общего назначения

П.12. КОДЫ ОСНОВНЫХ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРИЗНАКОВ ДЕТАЛЕЙ ИЗ ПМ, ОБРАЗУЮЩИЕ ТКД

П.12.1. Коды размерных характеристик тел вращения

Код	Наибольший наружный диаметр, мм	Код	Длина, мм	Код	Диаметр центрального отверстия, мм
1	До 4 вкл.	1	До 0,2 вкл.	1	До 3 вкл.
2	Св. 4 до 6 »	2	Св. 0,2 до 0,5 »	2	Св. 3 до 10 »
3	» 6 » 10 »	3	» 0,5 » 0,8 »	3	» 10 » 16 »
4	» 10 » 16 »	4	» 0,8 » 1,6 »	4	» 16 » 20 »
5	» 16 » 25 »	5	» 1,6 » 2,5 »	5	» 20 » 25 »
6	» 25 » 32 »	6	» 2,5 » 6 »	6	» 25 » 35 »
7	» 32 » 40 »	7	» 6 » 10 »	7	» 35 » 50 »

Продолжение

Код	Наибольший наружный диаметр, мм	Код	Длина, мм	Код	Диаметр центрального отверстия, мм
8	Св. 40 до 60 вкл.	8	Св. 10 до 25 вкл.	8	Св. 50 до 60 вкл.
9	» 60 » 80 »	9	» 25 » 45 »	9	» 60 » 80 »
А	» 80 » 100 »	А	» 45 » 56 »	А	» 80 » 100 »
Б	» 100 » 120 »	Б	» 56 » 75 »	Б	» 100 » 125 »
В	» 120 » 150 »	В	» 75 » 95 »	В	» 125 » 160 »
Г	» 150 » 180 »	Г	» 95 » 120 »	Г	» 160 » 200 »
Д	» 180 » 200 »	Д	» 120 » 150 »	Д	» 200 » 250 »
Е	» 200 » 220 »	Е	» 150 » 200 »	Е	» 250 » 320 »
Ж	» 220 » 320 »	Ж	» 200 » 250 »	Ж	» 320 » 400 »
И	» 320 » 400 »	И	» 250 » 300 »	И	» 400 » 500 »
К	» 400 » 630 »	К	» 300 » 350 »	К	» 500 » 800 »
Л	» 630 » 800 »	Л	» 350 » 500 »	Л	» 800
М	» 800 » 1000 »	М	» 500 » 710 »		
Н	» 1000 » 1250 »	Н	» 700 » 1000 »		
П	» 1250 » 1600 »	П	» 1000 » 1400 »		
Р	» 1600 » 2000 »	Р	» 1400 » 2000 »		
С	» 2000 » 2500 »	С	» 2000 » 2800 »		
Т	» 2500 » 3150 »	Т	» 2800 » 4000 »		
У	» 3150 » 4000 »	У	» 4000 » 6000 »		
Ф	» 4000 » 5000 »	Ф	» 6000 » 8000 »		
Ц	» 5000 » 6300 »	Ц	» 8000 » 10000 »		
Ш	» 6300 » 8000 »	Ш	» 10000		
Щ	» 8000				

П.12.2. Коды размерных характеристик трехмерных деталей

Код	Ширина, мм	Код	Длина, мм	Код	Высота, мм
1	До 16 вкл.	1	До 25 вкл.	1	До 16 вкл.
2	Св. 16 до 40 »	2	Св. 25 до 45 »	2	Св. 16 до 40 »
3	» 40 » 75 »	3	» 45 » 75 »	3	» 40 » 75 »
4	» 75 » 95 »	4	» 75 » 120 »	4	» 75 » 110 »
5	» 95 » 120 »	5	» 120 » 180 »	5	» 110 » 140 »
6	» 120 » 150 »	6	» 180 » 300 »	6	» 140 » 200 »
7	» 150 » 180 »	7	» 300 » 360 »	7	» 200 » 250 »
8	» 180 » 220 »	8	» 360 » 450 »	8	» 250 » 300 »
9	» 220 » 300 »	9	» 450 » 600 »	9	» 300 » 340 »
А	» 300 » 380 »	А	» 600 » 750 »	А	» 340 » 400 »
Б	» 380 » 480 »	Б	» 750 » 850 »	Б	» 400 » 480 »
В	» 480 » 560 »	В	» 850 » 950 »	В	» 480 » 560 »
Г	» 560 » 750 »	Г	» 950 » 1180 »	Г	» 560 » 670 »
Д	» 750 » 950 »	Д	» 1180 » 1500 »	Д	» 670 » 750 »
Е	» 950 » 1180 »	Е	» 1500 » 1900 »	Е	» 750 » 950 »
Ж	» 1180 » 1500 »	Ж	» 1900 » 2360 »	Ж	» 950 » 1180 »
И	» 1500 » 1800 »	И	» 2360 » 2800 »	И	» 1180 » 1800 »
К	» 1800 » 2360 »	К	» 2800 » 3750 »	К	» 1800 » 3000 »
Л	» 2360 » 3000 »	Л	» 3750 » 4750 »	Л	» 3000 » 3750 »
М	» 3000 » 3750 »	М	» 4750 » 5600 »	М	» 3750
Н	» 3750	Н	» 5600 » 7500 »		
		П	» 7500		

П.12.3. Коды размерных характеристик тонкопогонажных изделий

Код	Ширина или наибольший наружный диаметр, мм	Код	Длина, мм	Код	Толщина листа, полосы, ленты, стенки трубы или диаметр прутка, проволоки, мм
1	До 5 вкл.	1	До 6 вкл.	1	До 0,5 вкл.
2	Св. 5 до 10 »	2	Св. 6 до 10 »	2	Св. 0,5 до 0,8 »
3	» 10 » 12 »	3	» 10 » 20 »	3	» 0,8 » 1,0 »
4	» 12 » 16 »	4	» 20 » 32 »	4	» 1,0 » 1,2 »
5	» 16 » 20 »	5	» 32 » 45 »	5	» 1,2 » 1,6 »
6	» 20 » 25 »	6	» 45 » 75 »	6	» 1,6 » 2,0 »
7	» 25 » 30 »	7	» 75 » 120 »	7	» 2,0 » 2,5 »
8	» 30 » 40 »	8	» 120 » 180 »	8	» 2,5 » 3,0 »
9	» 40 » 50 »	9	» 180 » 250 »	9	» 3,0 » 4,0 »
А	» 50 » 60 »	А	» 250 » 360 »	А	» 4,0 » 5,0 »
Б	» 60 » 75 »	Б	» 360 » 500 »	Б	» 5,0 » 6,0 »
В	» 75 » 100 »	В	» 500 » 750 »	В	» 6,0 » 8,0 »
Г	» 100 » 150 »	Г	» 750 » 1000 »	Г	» 8,0 » 10 »
Д	» 150 » 220 »	Д	» 1000 » 1400 »	Д	» 10 » 14 »
Е	» 220 » 250 »	Е	» 1400 » 2000 »	Е	» 14 » 16 »
Ж	» 250 » 320 »	Ж	» 2000 » 2800 »	Ж	» 16 » 25 »
И	» 320 » 400 »	И	» 2800 » 4000 »	И	» 25 » 32 »
К	» 400 » 500 »	К	» 4000	К	» 32 » 50 »
Л	» 500			Л	» 50

П.12.4. Коды групп полимерных материалов*

70	Пластмассы, полимеры, синтетические смолы		
71	Синтетические смолы Пластмассы на основе синтетических смол и целлюлозы	термопластичные	без наполнителя
72			с порошковым или с волокнистым наполнителем
73			слоистые с газообразным наполнителем
74		термореактивные	без наполнителя
75			с порошковым наполнителем
76			с волокнистым наполнителем
77			слоистые
78			с газообразным наполнителем
80	Резина, древесина и материалы на ее основе, бумажные и текстильные материалы, кожа		
81	Резина		мягкая
82			жесткая (эбонитовая)
83			пористая
85	Древесина и материалы на ее основе		

* Фрагмент «Технологического классификатора деталей машиностроения и приборостроения» 1—85—142.

П.12.5. Коды видов деталей по технологическому методу изготовления

Код	Метод изготовления детали
1	Литье под давлением
2	Ковка и объемная штамповка
3	Листовая штамповка
4	Обработка резанием
5	Термическая обработка
6	Формование из полимерных материалов, керамики, стекла и резины
7	Нанесение покрытия
8	Электрофизическая или электрохимическая обработка
9	Порошковая металлургия

П.12.6. Коды площадей формования

Код	Площадь формования, см²
1	До 4 вкл.
2	Св. 4 до 6,3 »
3	» 6,3 » 10 »
4	» 10 » 16 »
5	» 16 » 25 »
6	» 25 » 40 »
7	» 40 » 63 »
8	» 63 » 100 »
9	» 100 » 160 »
А	» 160 » 250 »
Б	» 250 » 400 »
В	» 400 » 630 »
Г	» 630 » 1000 »
Д	» 1000 » 1600 »
Е	» 1600 » 2500 »
Ж	» 2500 » 4000 »
И	» 4000 » 6300 »
К	» 6300 » 10000 »
Л	» 10000 » 12500 »
М	» 12500 » 16000 »
Н	» 16000

П.12.7. Коды уточненной группы материала

Технологическая классификация деталей, изготавливаемых формованием из полимерных материалов	Раздел
	6
Уточненная группа материала	Номер признака
	2

Код	Код по П.12.4	Уточненная группа материала		
0		Без уточнения		
1	71, 72	Полиолефины (включая наполненные)	полиэтилен	высокой плотности
2				низкой плотности
3				средней плотности
4			полипропилен и его композиции	
5			сополимеры пропилена	
6			сополимеры этилена	
7		Полистирол и сополимеры стирола (включая наполненные)	ударопрочный	
8			блочный, суспензионный, эмульсионный	
9			полистирол вспенивающийся	
А			сополимеры стирола	
Б			сополимеры производных стирола	
В		Смолы на основе фурфурола и его производных		
Г		Смолы карбамидные		
Д		Полиамиды (включая наполненные)	смолы, получаемые реакцией поликонденсации	
Е			смолы, получаемые реакцией полимеризации	
Ж			композиции полиамида, включая стеклонаполненные	
И		Смолы полиамидные		
К		Поливинилхлорид	смола поливинилхлоридная	
Л			сополимеры винилхлорида	
М		Этрол и его композиции		
Н		Полиацетали		
П		Полиакрилаты		
Р		Полиуретаны		
С		Смолы полиэфирные	поликарбонат	
Т			полиформальдегид	
У			ацетилцеллюлоза	
Ф			пентапласты	
Ц			фторопласты	
Ш			полиарилаты	
Э			материалы листовые из термопластов	
1	73	Пенопласты на основе термопластов	на основе полиолефинов	
2			на основе поливинилхлорида	
3			на основе фторопластов	
4			на основе полистирола	
5			на основе поливинилацеталей	
6			на основе полиакрилатов	
1	74, 75,	Материалы термореактивные		
2	76, 77	На основе фенолоформальдегидных смол (фенопласты новолачного типа)	пресс-порошки	
3			волокниты	

Продолжение

Технологическая классификация деталей, изготавливаемых формованием из полимерных материалов	Раздел
	6
Уточненная группа материала	Номер признака
	2

Код	Код по П.12.4	Уточненная группа материала	
4		На основе фенолоформальдегидных смол (фенопласты резольного типа)	пресс-прошки
5			волокниты
6			стекловолокниты
7		На основе карбамидных смол (аминопласты)	на основе мочевиноформальдегидных смол
8			на основе меламиноформальдегидных смол
9			на основе мочевиномеламиноформальдегидных смол
А		На основе фуриловых и фурфурольных смол	
Б		На основе кремнийорганических смол	с наполнителем
В			без наполнителя
Г		Эпоксидные пресс-материалы и компаунды	
Д		Полиэфирные пресс-материалы и препреги	
Е		Материалы слоистые на основе фенолоформальдегидных смол	
Ж		Материалы слоистые прочие	
1	78	Пенопласты на основе реактопластов (поропласты)	на основе фенолоформальдегидных смол
2			на основе карбамидных смол
3			на основе полиуретановых смол
4			на основе эпоксидных смол

П.12.8. Коды квалитета

Технологическая классификация деталей, изготавливаемых формованием из полимерных материалов и резины	Раздел
	6
Квалитет	Номер признака
	3

Код	Квалитет
1	17, 16, 15, 14
2	13, 12
3	11, 10, 9
4	8, 7, 6, 5
5	4, 3, 2
6	1, 0, 01

П.12.9. Коды технологических требований к деталям с поднутрениями и резьбами

Технологическая классификация деталей, изготавливаемых формованием из полимерных материалов	Раздел
	6
Характеристика технологических требований по наличию усложняющих элементов	Номер признака
	4

Код	Усложняющие элементы*	
	боковые: отверстия, пазы, выемки, ребра, выступы, «обратный конус» и другие подобные элементы	резьба
0	–	–
1	+	–
2	–	+
3	+	+

* Знак «+» означает наличие усложняющего элемента, знак «–» — его отсутствие.

П.12.10. Коды технологических требований к деталям с выступами и сквозными отверстиями

Технологическая классификация деталей, изготавливаемых формованием из полимерных материалов	Раздел
	6
Характеристика технологических требований	Номер признака
	4

Код	Количество элементов, определяющих развитость поверхности детали
0	Без усложняющих элементов
1	До 5 вкл.
2	Св. 5 до 10 »
3	» 10 » 20 »
4	» 20 » 50 »
5	» 50 » 100 »
6	» 100 » 200 »
7	» 200 » 400 »
8	» 400

П.12.11. Коды дополнительной обработки*

Технологическая классификация деталей, изготавливаемых формованием из полимерных материалов			Раздел
			6
Дополнительная характеристика			Номер признака
			5
Код	Термообработка или другие процессы стабилизации свойств материала в детали	Отделка поверхности (полирование, металлизация, окрашивание, лакирование, тиснение, печать)	Сборка, комплектование
0	–	–	–
1	+	–	–
2	–	+	–
3	+	+	–
4	–	–	+
5	+	–	+
6	–	+	+
7	+	+	+

* Знак «+» означает наличие дополнительных операций обработки деталей, знак «–» — его отсутствие.

П.12.12. Коды толщины деталей

Технологическая классификация деталей, изготавливаемых формованием из полимерных материалов	Раздел
	6
Характеристика толщины	Номер признака
	6

Код	Максимальная толщина стенки, мм
1	До 1,6 вкл.
2	Св. 1,6 до 2,5 »
3	» 2,5 » 4 »
4	» 4 » 6,3 »
5	» 6,3 » 8 »
6	» 8 » 10 »
7	» 10 » 12 »
8	» 12 » 14 »
9	» 14 » 16 »
А	» 16 » 18 »
Б	» 18

П.12.13. Коды массы деталей

Технологическая классификация деталей, изготавливаемых формованием из полимерных материалов	Раздел
	6
Характеристика массы	Номер признака
	7

Код	Масса, кг	Код	Масса, кг
1	До 0,003 вкл.	Д	Св. 10 до 16 вкл.
2	Св. 0,003 до 0,006	Е	» 16 » 25 »
3	» 0,006 » 0,012 »	Ж	» 25 » 40 »
4	» 0,012 » 0,025 »	И	» 40 » 63 »
5	» 0,025 » 0,05 »	К	» 63 » 100 »
6	» 0,05 » 0,1 »	Л	» 100 » 160 »
7	» 0,1 » 0,2 »	М	» 160 » 250 »
8	» 0,2 » 0,5 »	Н	» 250 » 400 »
9	» 0,5 » 1,0 »	П	» 400 » 630 »
А	» 1,0 » 1,6 »	Р	» 630 » 1000 »
Б	» 1,6 » 2,5 »	С	» 1000 » 1600 »
В	» 2,5 » 4,0 »	Т	» 1600 » 2500 »
Г	» 4,0 » 10 »	У	» 2500 » 5000 »
		Ф	» 5000 » 10000 »
		Ц	» 10000 » 20000 »
		Ш	» 20000

П.13. СОДЕРЖАНИЕ И ПОРЯДОК ОБОЗНАЧЕНИЯ ПРИЗНАКОВ КОНСТРУКТОРСКОГО КОДА ДЕТАЛЕЙ ИЗ ПМ СОГЛАСНО КЛАССИФИКАТОРУ ЕСКД

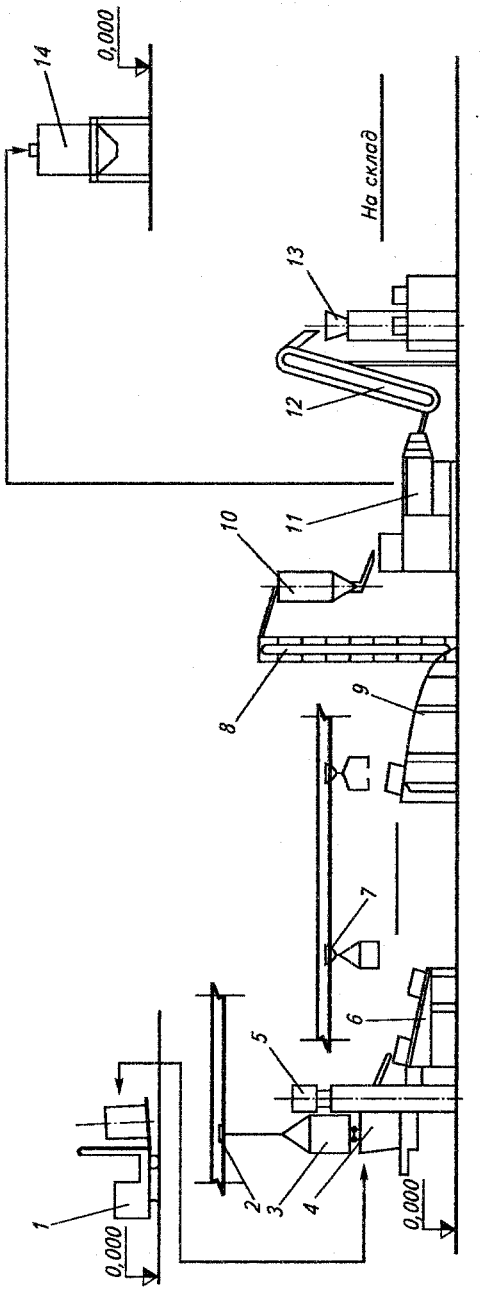
АБВГ — Код организации-разработчика

735214 — Код классификационной группировки конструктивных признаков: класс детали — не тела вращения корпусные, опорные, емкостные; подкласс — емкостные (кожухи, крышки, капоты, коробки, футляры, баки, поддоны и др.); группа — все, кроме полученных термоформованием из листов, полос и лент; подгруппа — из твердых материалов с наружной поверхностью призматической; вид — все, кроме откидных, без патрубков, с отверстиями

273 — Порядковый регистрационный номер (условный)

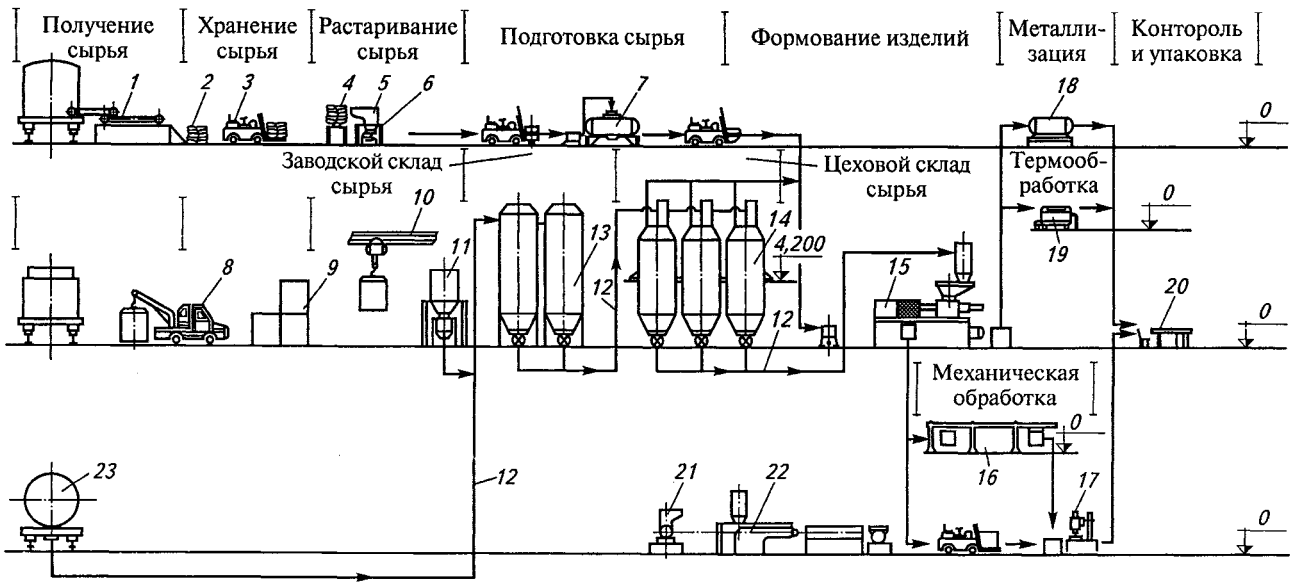
П.14. НЕКОТОРЫЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СХЕМЫ ПРОИЗВОДСТВА ИЗДЕЛИЙ ИЗ ПМ НА БАЗЕ ТТП

П.14.1. Технологическая схема изготовления изделий прессованием на прессах-автоматах



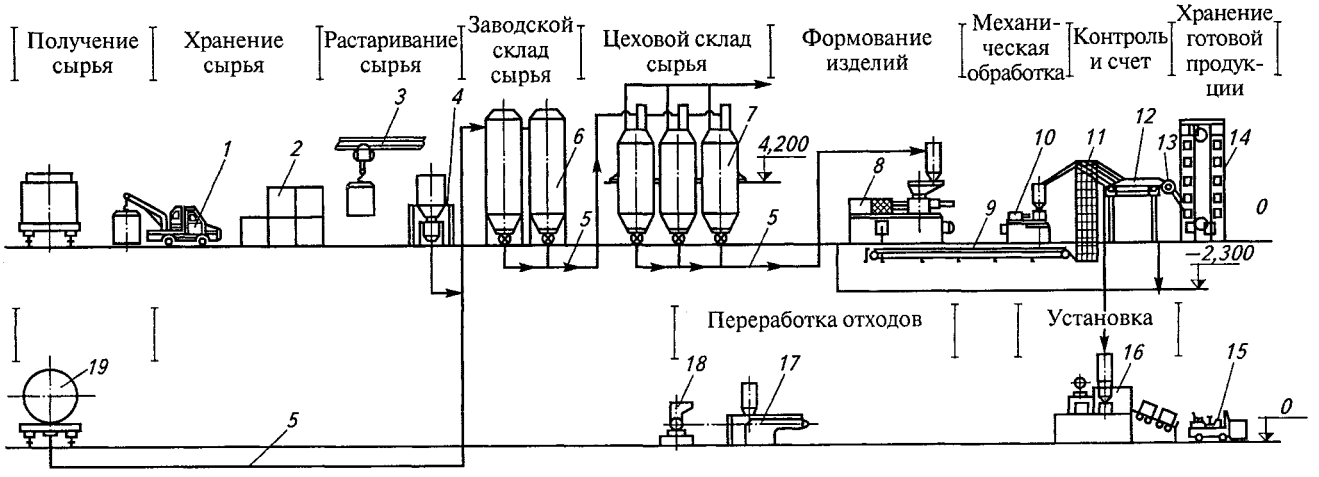
1 — электроштабелер; *2* — таль ручная передвижная; *3* — мягкий контейнер; *4* — бункер загрузочный; *5* — пресс-автомат гидравлический; *6* — стол загрузочный; *7* — конвейер подвесной; *8* — вертикальный скребковый транспортер; *9* — стол разгрузочный; *10* — бункер приемный; *11* — барабан галтовочный; *12* — наклонный скребковый транспортер; *13* — автомат для упаковки изделий насыпью; *14* — бункер-накопитель для облоя

П.14.2. Технологическая схема производства литьевых изделий из термопластов в полуавтоматическом и автоматическом режимах



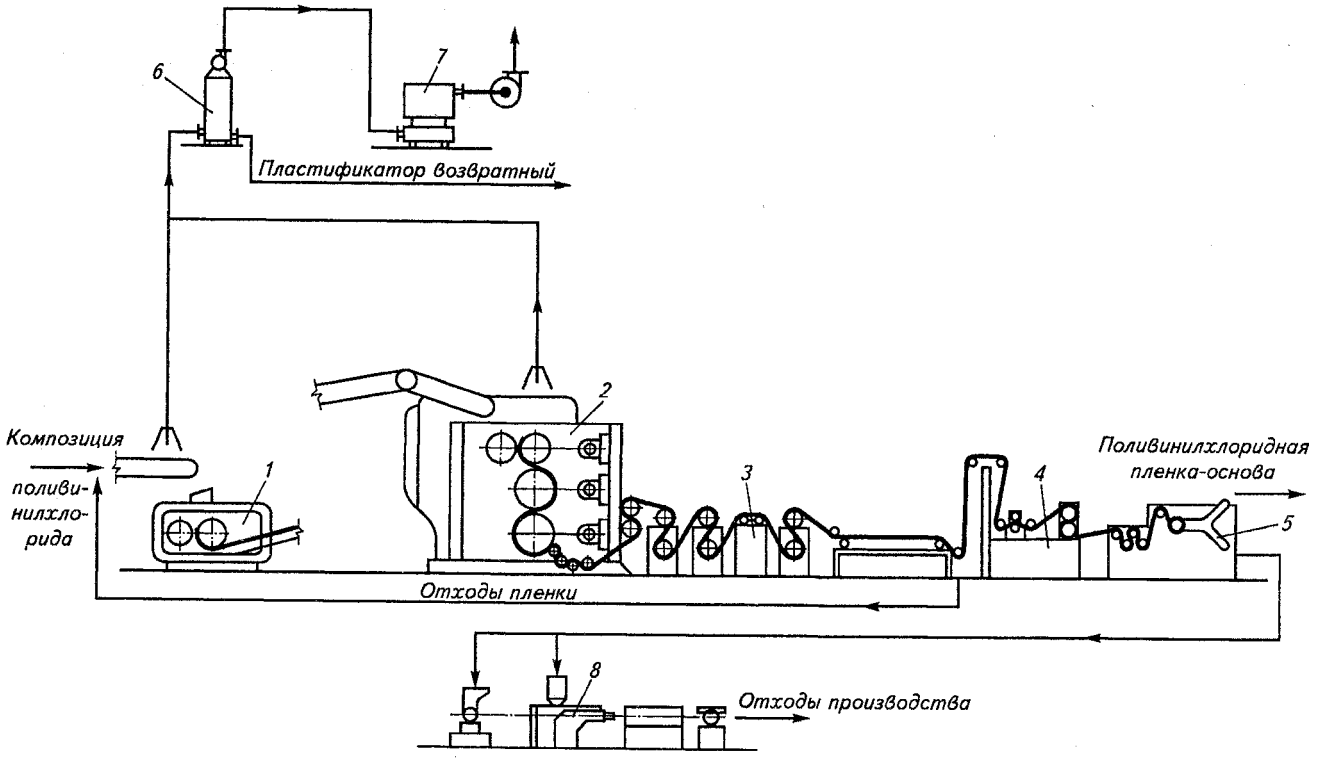
1 — система транспортеров; *2* — поддон; *3* — электропогрузчик; *4* — стол подъемный; *5* — растарочная установка для вскрытия мешков; *6* — контейнер технологический; *7* — сушилка вакуумная; *8* — автокран; *9* — контейнер мягкий; *10* — подвесная кран-балка; *11* — растарочная установка для вскрытия контейнеров; *12* — пневмотранспорт; *13* — силосы для хранения сырья (заводской склад); *14* — емкости хранения сырья (цеховой склад); *15* — литьевая машина; *16* — конвейер; *17* — станок механической обработки; *18* — установка вакуумной металлизации; *19* — ванна термообработки; *20* — стол упаковки; *21* — дробилка; *22* — гранулятор для переработки отходов; *23* — цистерна

П.14.3. Технологическая схема производства литьевых изделий из термопластов на автоматической линии



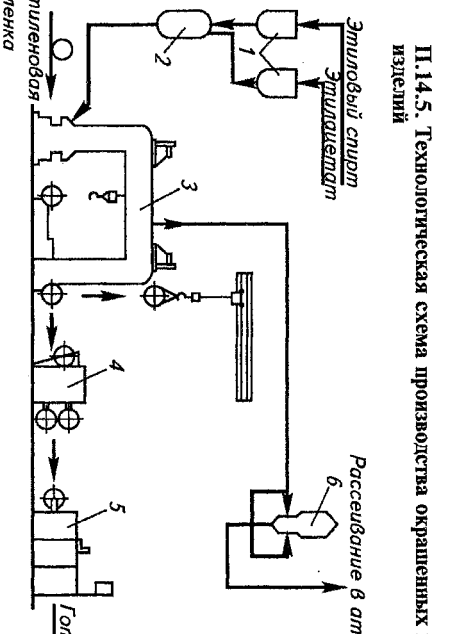
1 — автокран; *2* — контейнер мягкий; *3* — подвесная кран-балка; *4* — растарочная установка для вскрытия контейнеров; *5* — пневмотранспорт; *6* — силосы для хранения сырья (заводской склад); *7* — емкости хранения сырья (цеховой склад); *8* — литьевая машина; *9* — транспортер; *10* — автомат механической обработки; *11* — транспортер вертикальный; *12* — транспортер горизонтальный; *13* — счетное устройство; *14* — автоматизированный склад продукции; *15* — электропогрузчик; *16* — автомат упаковки; *17* — гранулятор для переработки отходов; *18* — дробилка; *19* — цистерна

П.14.4. Технологическая схема производства поливинилхлоридной пленки



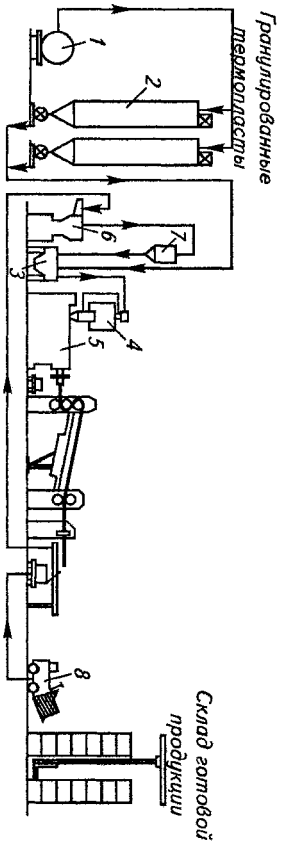
1 — вальцы; *2* — каландр; *3* — тянущее устройство; *4* — тиснильное устройство; *5* — охлаждающее устройство; *6* — волокнистый фильтр; *7* — сорбционно-каталитический реактор; *8* — линия переработки отходов

П.14.5. Технологическая схема производства окрашенных пленочных изделий



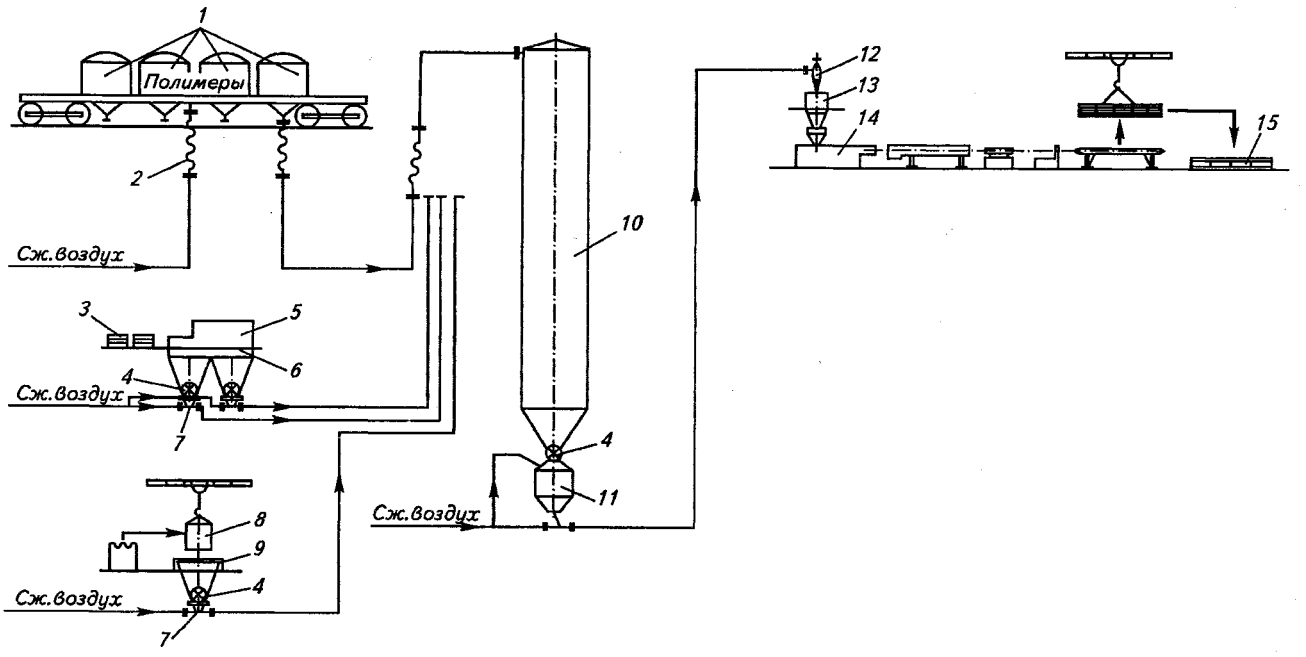
1 — мерники; *2* — аппарат для разбавления краски с механическим перемешиванием; *3* — печатная машина; *4* — бобинорезательная машина; *5* — линия сварки пленки; *6* — установка каталитического окисления

П.14.6. Технологическая схема производства листов из термопластов экструзией



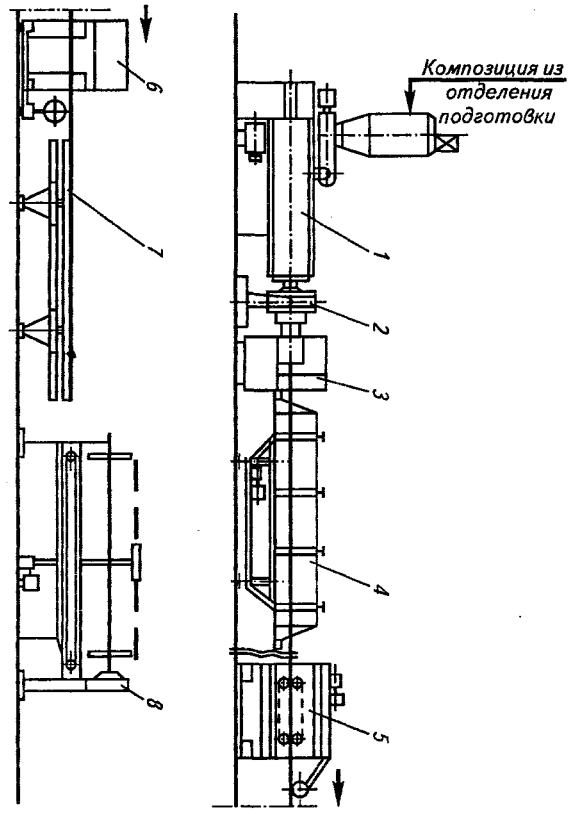
1 — железнодорожный вагон «Полимер»; *2* — силосы; *3* — емкость для темперирования; *4* — установка подсушки гранул; *5* — листовальный агрегат; *6* — дробилка; *7* — бункер измельченных отходов; *8* — автопогрузчик

П.14.7. Технологическая схема производства полиэтиленовых труб



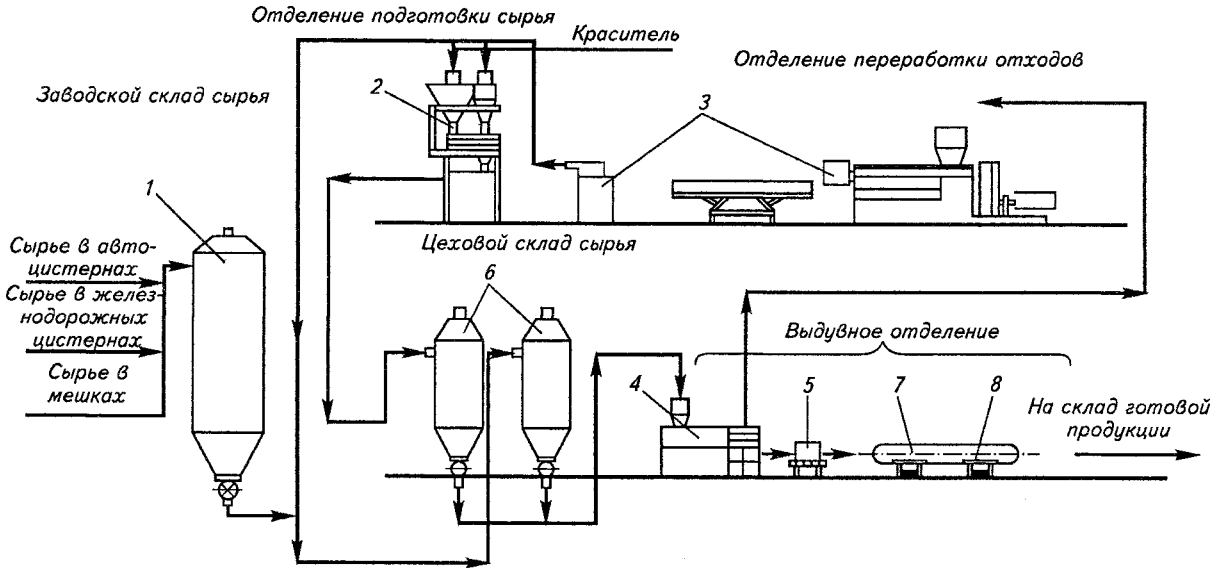
1 — железнодорожные вагоны «Полимер»; *2* — соединительный рукав; *3* — мешки с сырьем; *4* — шлюзовой питатель; *5* — мешкоопорожняющая машина; *6* — бункер; *7* — эжектор; *8* — плоский поддон; *9* — растарочная установка; *10* — силосная башня; *11* — камерный питатель; *12* — центробежный разгрузчик; *13* — промежуточная емкость; *14* — трубная линия; *15* — пакеты труб

П.14.8. Принципиальная технологическая схема производства труб из ПВХ



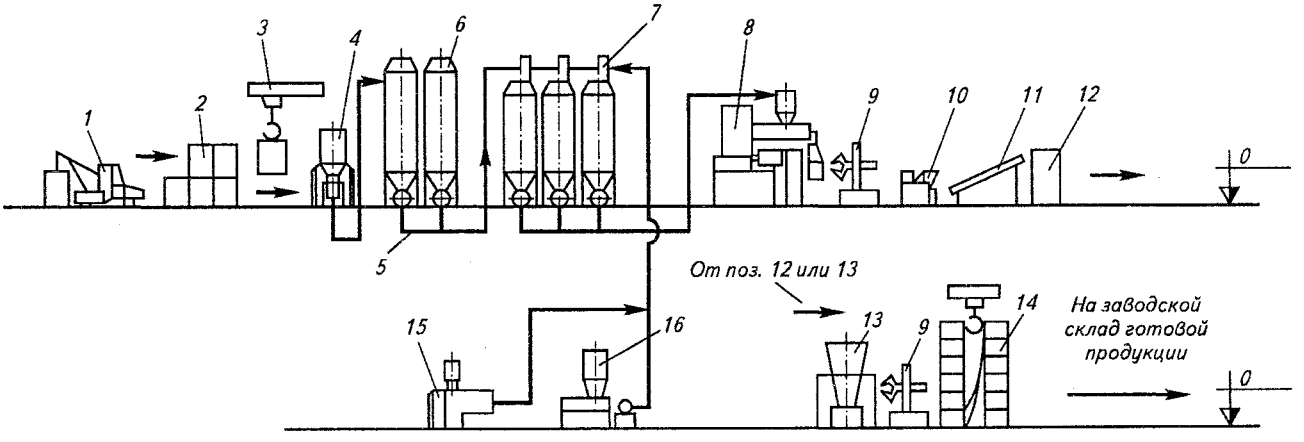
1 — экструдер; *2* — головка экструдера; *3* — вакуумная ванна с калибрующим устройством; *4* — ванны охлаждения (2—3 ванны); *5* — тянущее и счетно-маркирующее устройство; *6* — отрезное устройство; *7* — приемное устройство; *8* — устройство для оформления раструба и упаковочный стенд

П.14.9. Технологическая схема производства выдувных изделий



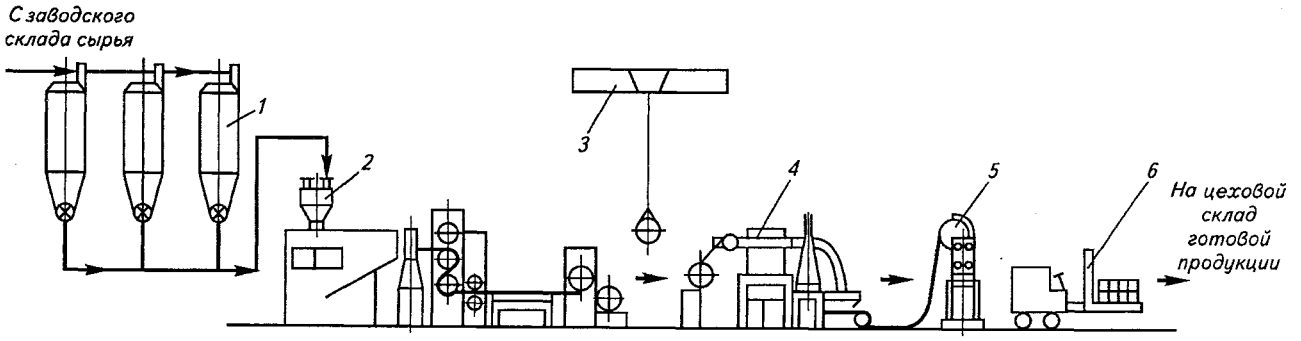
1 — емкость для хранения сырья; *2* — смеситель-дозатор; *3* — агрегат для переработки отходов; *4* — агрегат для производства выдувных изделий; *5* — стенд для испытания выдувных изделий; *6* — промежуточные емкости для сырья; *7* — конвейер; *8* — стол для упаковки

П.14.10. Технологическая схема производства объемных изделий методом раздува в автоматическом режиме работы оборудования



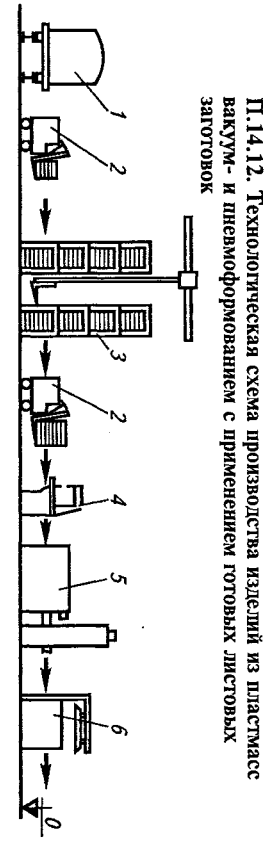
1 — автокран; *2* — мягкий контейнер; *3* — подвесная кран-балка; *4* — растарочная установка; *5* — пневмотранспорт; *6* — емкости заводского склада сырья; *7* — емкости цехового склада сырья; *8* — экструзионный агрегат для производства объемных изделий; *9* — манипулятор для отбора готовых и упакованных изделий; *10* — автомат для механической обработки с отделением облоя; *11* — конвейер; *12* — автомат для испытания готовых изделий; *13* — автомат для упаковки готовых изделий; *14* — склад-штабелер готовой продукции; *15* — агрегат для переработки отходов; *16* — установка для смешения и подкрашивания сырья

П.14.11. Технологическая схема производства изделий из пластмасс вакуум- и пневмоформованием совместно с производством листовой заготовки



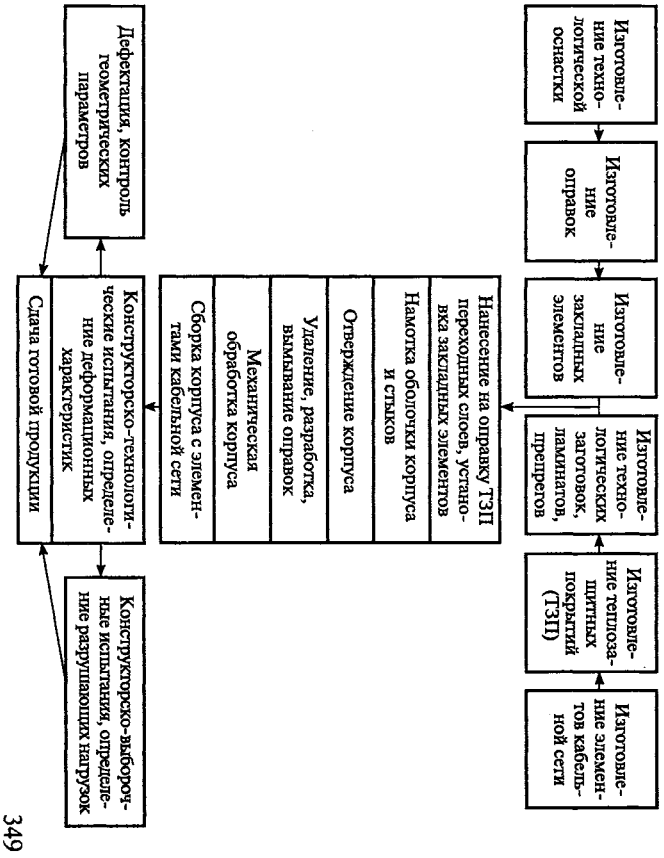
1 — емкость цехового склада сырья; *2* — листовальный агрегат; *3* — кран-балка для транспортирования рулонов; *4* — вакуум-формовочная машина; *5* — измельчитель отходов (или измельчитель и гранулятор); *6* — электропогрузчик

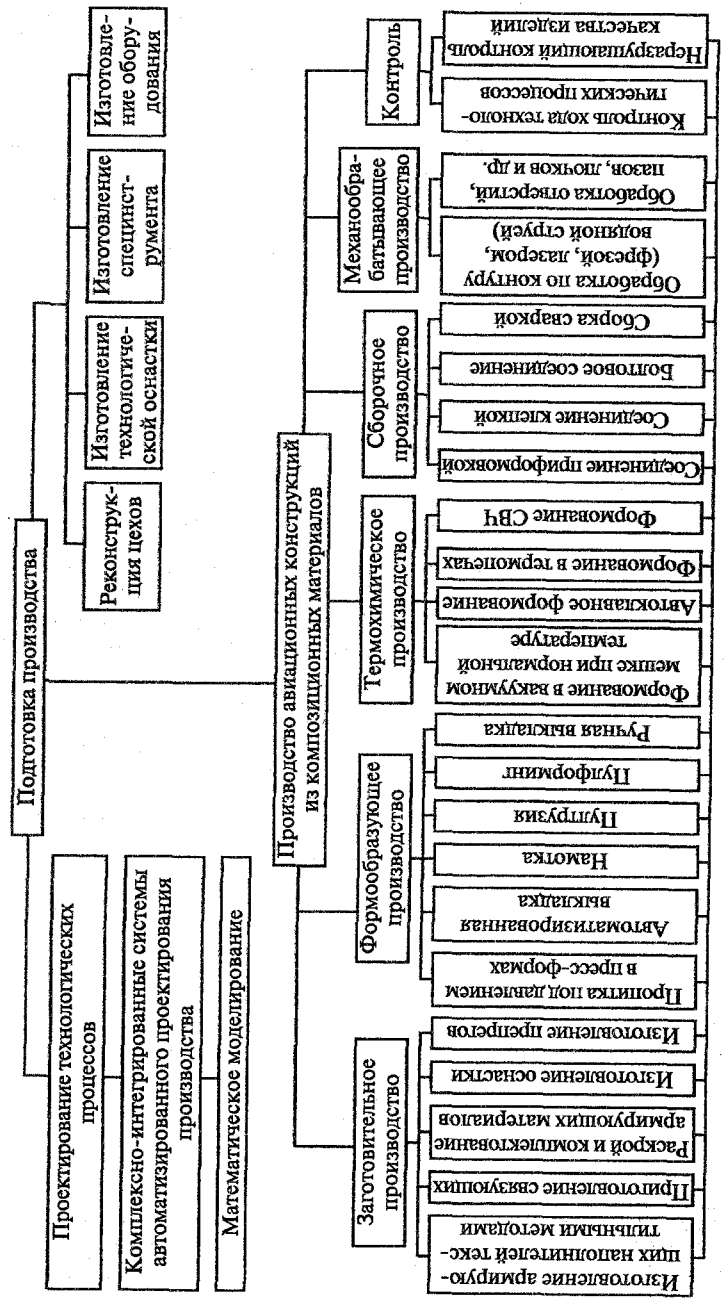
П.14.12. Технологическая схема производства изделий из пластмасс вакуум- и пневмоформованием с применением готовых листовых заготовок



1 — железнодорожный вагон; *2* — электропогрузчик; *3* — склад-штабелер для листовых материалов; *4* — ленточная пила или пресс для вырубки заготовок; *5* — машина для вакуум- и пневмоформования; *6* — манипулятор; *7* — автомат для вырубки готовых изделий; *8* — измельчитель отходов (или измельчитель и гранулятор); *9* — склад-штабелер готовой продукции

П.14.13. Технологическая схема изготовления изделий из армированных пластиков намоткой (на примере изготовления корпуса твердотопливного ракетного двигателя)





П.14.14. Производственная схема изготовления конструкций из армированных пластиков (волокнистых композиционных материалов) в авиационной промышленности

П.15. ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ПЕРЕРАБОТКИ ПМ

П.15.1. Термопластавтоматы отечественного производства и производства стран СНГ

П.15.1.1. Технические характеристики термопластавтоматов серии 221 производства ГП «Красмашзавод»

Параметры	ДК-160	ДК-250	ДК-400
Усилие запирания формы, кН	1600	2500	4000
Высота устанавливаемого инструмента, мм	200—400	250—500	380—820
Наибольший ход подвижной плиты, мм	400	500	710
Диаметр шнека, мм	50	60	70
Расстояние между колоннами в свету, мм:			
горизонтальное	500	500	710
вертикальное	400	500	710
Объем впрыска, $см^3$	300	630	1250
Объемная скорость впрыска, $см^3/с$	210	300	350
Давление литья, МПа	160	170	170
Пластикационная способность по полистиролу, кг/ч	135	250	270
Мощность обогрева цилиндра, кВт	10,8	17,5	26
Мощность главного привода, кВт	22	30	44
Число сухих циклов, $мин^{-1}$	40	31	20
Масса, кг	5800	8500	19500
Габариты в плане, мм	4600×1300	5400×1200	8400×2000
Высота над уровнем пола, мм	1975	2200	2600

П.15.1.2. Технические характеристики термо- и реактопластавтоматов производства ОАО «Термопластавтомат», г. Хмельницкий

Параметры	Термопластавтоматы						Реактопластавтоматы		
	ДК 3327.Ф1	ДК 3330.Ф1	ДЕ 3132250Ц1	ДА 3032-02	ДК 3334.Ф1	Д 31336-1000	ДК 3727.Ф1	ДК 3730.Ф1	ДЕ 3732250Ц1
Литьевой узел									
Диаметр шнека, мм	36	40	50	55	60	90	36	40	50
Давление литья, МПа	140	178	150	160	150	140	140	178	150
Рабочий объем впрыска, $см^3$	105	178	300	400	720	1250	105	165	300
Скорость литья, $см^3/с$	75	117	185	295	273	350	75	—	—
Пластикационная способность по ПС, кг/ч, не менее	—	60	80	125	150	238	200	—	—
Мощность обогрева цилиндра пластикации, кВт	6,20	7,00	9,50	11,00	16,26	12,32	—	2,20	—
Узел запирания формы									
Усилие запирания, кН	550	1150	1750	1600	2500	4000	550	1150	1750
Длина хода плиты, мм	250	320	400	400	500	630	250	320	400
Высота устанавливаемого инструмента, мм	140—250	160—320	200—400	200—400	250—500	320—630	140—250	160—320	200—400

П.15.1.3. Технические характеристики литьевых машин Одесского ПО «Прессмаш»

Параметры	Д 3334.Ф1	Д 3136-1000	Д 3138.2	ДЕ 3140.2
Узел запирания				
Усилие запирания инструмента, кН	2500	4000	6300	10 000
Расстояние между колоннами в свету, мм:				
по горизонтали	500	630	800	1000
по вертикали	500	630	800	1000
Размер стороны крепежной плиты, мм	—	—	1260	—
Высота инструмента, мм	250—500	320—630	400—800	500—1000
Максимальное расстояние между крепежными плитами, мм	1000	1260	1650	2120
Ход подвижной плиты при наибольшей высоте инструмента, мм	500	630	850	1120
Тип механизма запирания	2	1	1	1
Узел пластикации и впрыска				
Диаметр шнека, мм	60	90	100	125
Объем впрыска, $см^3$	600	1250	2500	5000
Давление литья, МПа	140	140	140	150
Объемная скорость впрыска, $см^3/с$	250	465	600	680
Крутящий момент на шнеке, Н · м	—	—	600	—
Общие данные машины				
Число сухих циклов, $мин^{-1}$	29,0	14,3	12,5	7,5
Суммарная установленная мощность, кВт	44,0	49,3	102	126
Габаритные размеры, мм:				
длина	5400	7700	8650	10870
ширина	1500	1650	2320	2700
высота	1990	2590	2450	2500
Масса, кг	8950	18200	30000	45000

Примечание. В связи с большим объемом применения ТПА зарубежного производства (Германии, Австрии, Италии, Южной Кореи, Тайваня, Китая и некоторых других стран) при выборе литьевого оборудования рекомендуется анализировать также и их данные, используя для этого соответствующие справочники и каталоги.

П.15.2. Гидравлические прессы, производимые предприятиями РФ и СНГ

П.15.2.1. Технические характеристики отечественных полуавтоматических гидропрессов

Параметры	ДБ 2424	ДБ 2426	ДБ 2428	ДБ 2430	ДБ 2432	ДБ 2434	ДБ 2436	ДА 2228
Усилие, кН:								
номинальное	250	400	630	1000	1600	2500	4000	6300
возврата	67	105	170	250	350	640	960	—
выталкивателя	52	60	89	125	200	315	500	800
Ход подвижной плиты, м	0,25	0,32	0,32	0,40	0,50	0,50	0,63	0,63
Скорость подвижной плиты, мм/с:								
при холостом ходе ползуна	105	83	115	70	70	62	60	50
при рабочем ходе ползуна	2,5	2	2,5	2	2,7	2,2	2	2
при подъеме ползуна (размыкание)	118	77	115	70	70	55	58	40
Ход выталкивателя, м	0,125	0,160	0,160	0,200	0,250	0,250	0,320	0,320
Скорость выталкивателя, мм/с:								
при подъеме	14	13	35	23	20	19	22	75
при опускании	22	21	45	46	65	106	65	130
Максимальное расстояние между плитами, м	0,500	0,500	0,800	0,800	0,800	0,900	0,125	0,126
Размеры стола, м	0,4× 0,4	0,5× 0,5	0,5× 0,5	0,63× 0,63	0,8× 0,8	1,0× 1,0	1,25× 1,25	1,4× 1,4
Высота стола над уровнем пола, м	0,730	0,730	0,785	0,800	0,850	0,850	0,850	0,850
Мощность электродвигателя, кВт	2,8	2,8	2,8	2,8	4,5	4,5	10	20
Габаритные размеры, мм:								
длина	1500	1700	1000	1800	1200	2300	2700	2700
ширина	400	400	1100	700	1900	1000	1300	2300
высота	200	2200	2300	2600	3000	3300	3900	5300
Масса, кг	680	1200	1600	1500	3700	6300	10300	30000

П.15.2.2. Технические характеристики прессов-полуавтоматов, выпускаемых Оренбургским АО «Гидропресс»

Параметры	ДЕ 2428	ДЕ 2430	ДЕ 2432	ДЕ 2434	ДЕ 2436
Номинальное усилие пресса, кН	630	1000	1600	2500	4000
Ход ползуна, мм	450	500	560	630	710
Наибольшее расстояние между столом и ползуном, мм	710	800	900	1000	1120
Размеры стола, мм	560×500	630×560	710×630	800×710	900×800
Номинальное усилие нижнего выталкивателя, кН	125	200	315	500	630
Ход нижнего выталкивателя, мм	160	200	250	320	400
Скорость холостого хода ползуна, мм/с:					
вниз	350	350	350	350	350
вверх	220	200	230	190	170
Скорость (регулируемая) рабочего хода ползуна, мм/с, при усилии:					
до 30 % от номинального	50—7,0	50—6,5	50—7,0	50—6,0	50—5,5
св. 30 % от номинального	7,0	6,5	7,0	6,0	5,5
Скорость рабочего хода нижнего выталкивателя, мм/с, при усилии:					
до 30 % от номинального	70	65	65	60	60
св. 30 % от номинального	35	30	35	30	30
Скорость холостого хода нижнего выталкивателя, мм/с	70	65	65	60	60
Мощность привода, кВт	4	5,5	7,5	15	18,5
Габаритные размеры, мм:					
длина	1960	2060	2270	2500	2620
ширина	1050	1100	1200	1350	1450
высота	3000	3300	3650	4200	4600
Масса, кг	2800	3400	5000	8000	12500

П.15.2.3. Технические характеристики прессов-автоматов для изготовления изделий из пресс-порошка

Параметры	АКДЕ 2428.01	АКДЕ 2430.01	АКДЕ 2432.01
Номинальное усилие пресса, кН	630	1000	1600
Ход ползуна, мм	450	500	560
Наибольшее расстояние между столом и ползуном, мм	710	800	900
Размеры стола, мм	560×500	630×560	710×630
Мощность привода, кВт	4	5,5	7,5
Ход выталкивателя, мм	160	200	250
Скорость рабочего хода выталкивателя, мм/с	70	65	65
Объем дозировочных стаканов, $см^3$	80—120	80—120	110—170
Размеры съемной плиты, мм	500×400	500×400	600×500
Габаритные размеры, мм:			
длина	1900	2100	2200
ширина	2100	2200	2300
высота	3000	3300	3600
Масса, кг	3500	4100	6000

Примечание. Для приведенных в таблице моделей число гнезд загрузочной плиты — 1; 2 и 4; межосевое расстояние гнезд загрузочной плиты вглубь 120—200 мм, слева направо 100—150 (для мод. АКДЕ 2432.01 — 120—250 мм); регулируемая скорость рабочего хода ползуна 7—50 мм/с (для модели АКДЕ 2430.01 — 6,5—50 мм/с).

П.15.2.4. Технические характеристики прессов-автоматов для изготовления изделий из таблетированного пресс-материала

Параметры	АКДЕ 2428.31	АКДЕ 2430.31	АКДЕ 2432.31
Номинальное усилие пресса, кН	630	1000	1600
Ход ползуна, мм	450	500	560
Наибольшее расстояние между столом и ползуном, мм	710	800	900
Размеры стола, мм	560×500	630×560	710×630
Мощность привода, кВт	4	5,5	7,5
Ход выталкивателя, мм	160	200	250
Скорость рабочего хода выталкивателя, мм/с	70	65	65
Размеры таблеток, мм:			
диаметр	30—40	30—40	40—60
высота	15—30	15—30	20—30
Размеры съемной плиты, мм	500×400	500×400	600×500
Габаритные размеры, мм:			
длина	2100	2200	2500
ширина	2300	2400	2500
высота	3000	3300	3600
Масса, кг	3800	4400	6100

Примечание. Для приведенных в таблице моделей число гнезд загрузочной плиты — 1; 2 и 4; межосевое расстояние гнезд загрузочной плиты вглубь 120—200 мм, слева направо 100—150 (для мод. АКДЕ 2432.31 — 120—250 мм); вместимость магазина таблеток 210—320 шт.; регулируемая скорость рабочего хода ползуна 7—50 мм/с (для мод. АКДЕ 2430.31 — 6—50 мм/с).

П.15.2.5. Технические характеристики прессов-полуавтоматов, выпускаемых Днепропетровским заводом тяжелых прессов

Параметры	ДЕ 2238А	ДЕ 2240А	ДЕ 2243	ДЕ 2245
Номинальное усилие пресса, кН	6300	10000	20000	31500
Ход ползуна, мм	800	1000	1400	1400
Наибольшее расстояние между столом и ползуном, мм	1600	1800* 2250	2400* 3000	3000
Размеры стола, мм	1400×1250	1250×1500	1650×2000	2000×2500
Номинальное усилие нижнего выталкивателя, кН	1000	1600	3000	4000
Ход нижнего выталкивателя, мм	450	250	250	700
Скорость ползуна, мм/с, при ходе:				
холостом	100	60	50	60
рабочем	2,5	1,7—7,8	1,6—4,5	1,1—4,5
возвратном	40	9—43	9—27	27
Мощность привода, кВт	31	28	42	64
Габаритные размеры, мм:				
длина	—	6400	7000	10000
ширина	—	5030	5740	6200
высота	—	5850	7900	9000
Масса, кг	31000	72000	140000	266000

* В числителе и знаменателе — данные для двух типоразмеров.

П.15.3. Автоматизированные прессовые комплексы (АПК)

П.15.3.1. Технические характеристики АПК на базе роторного пресса и шнекового пластикатора

Параметры	ЛПИ-160	«Rotormatic»-P16028-8	АПК на базе пластикатора ПВЧ-63В и двух прессов Д 2724
Усилие пресса, кН	1600	200	250
Число позиций в комплексе	16	8	20
Общая продолжительность цикла прессования, с	1152	160	143—430
Продолжительность выдержки под давлением, с	823	80	100—300
Производительность, шт/мин	0,8	3,0	3,0—8,5
Установленная мощность, кВт	100	—	46,5
Габаритные размеры, мм:			
длина	6350	—	6000
ширина	5750	—	7000
высота	2900	—	3000

П.15.3.2. Технические характеристики АПК на базе гидравлического пресса и шнекового пластикатора

Параметры	«Duromatic»+ +«Jolli»	«Duromatic»+ +«Jolli»-robot	АКДБ 2432А	ДГ 2432А + +ПВЧ-63В
Усилие пресса, кН	100—1750	100—1750	1600	1600
Число позиций прессования	1	1	1	2
Число гнезд в пресс-форме	1—10	3—15	1—6	1—7
Число цилиндров пластикации	1	3	1	1
Производительность, кг/ч	48	144	30	60
Установленная мощность, кВт	30,7	54,9	17,5	35

П.15.3.3. Технические характеристики АПК на базе объемного дозатора и роторного пресса

Параметры	2138	ЛПИ-10	Д 2724	РПК 250	РПК 630	РПК 1000
Усилие пресса, кН	160	100	250	250	630	1000
Число позиций в роторе	30	36	10	8	8	8
Продолжительность технологического цикла, с	180—500	39	143—430	150—960	120—600	100—1200
Время выдержки, с	156—434	36	100—300	103—660	83—412	69—825
Производительность, шт/ч^2	216—600	3000	90—240	30—204	48—240	90—288
Установленная мощность, кВт	38,0	75,0	26,2	19,5	19,5	19,5
Габаритные размеры, мм:						
длина	2550	2550	2500	5400	5960	6210
ширина	3000	2040	3350	3100	3300	3520
высота	2100	2500	3120	2940	3210	3760
Масса, т	—	12,0	13,8	17,2	19,9	23,9

П.15.4. Экструзионное оборудование

П.15.4.1. Технические характеристики одночервячных экструдеров ОАО «Кузполимермаш»

Параметры	ЧП 32×25	ЧП 45×25	ЧП 62×25	ЧП 63×30	ЧП 90×30	ЧП 90×25	ЧП 125×20	ЧП 125×27
Диаметр червяка, мм	32	45	63	63	90	90	125	125
Производительность, кг/ч:								
по ПЭВД	—	—	120	—	—	—	360	—
по ПЭНД	60	140	—	275	300	—	—	250
по ПВХ	35	95	—	200	—	—	—	—
Частота вращения червяка, об/мин	30—300	35—350	2,5—125	25—250	10—100	10—100	8—80	0,5—50
Установленная мощность, кВт	14,57	41,9	62	96	142	137	142	142
Габаритные размеры, мм:								
длина	1500	2490	2550	2865	4130	3680	4130	4660
ширина	2120	2880	1205	2400	3700	3700	3700	3700
высота	1600	1600	860	2200	1800	1800	1800	1800
Масса, кг	905	1830	1630	2590	4400	4300	4400	4400

П.15.4.2. Технические характеристики двухчервячных конических экструдеров

Параметры	E2K-40/85	E2K-60/128	E2K-80/170
Диаметр червяков, мм	40—84	60—127,5	80—169
Длина червяков, мм	880	1340	1780
Производительность, кг/ч:			
по трубам	20—80	80—280	280—700
по профилям	10—50	50—180	180—400
Установленная мощность, кВт	30	55	122
Масса, кг	2500	4200	7200

П.15.4.3. Технические характеристики линий для производства капилляров и шлангов

Параметры	ЛТ32-0,5/3-2	ЛТ32-4/10ЧП*	ЛТ-45-10/25
Максимальная производительность, кг/ч, не менее	14—28	14—28	14—28
Номенклатура выпускаемых изделий:			
внутренний диаметр, мм	0,5—3,0	3,8—10	10—25
толщина стенки, мм	0,3—1,0	0,6—2,0	1,0—4,2
длина трубы в бухте, м, не более	7000	5000	150—850
Скорость отвода изделия, м/с	0,033—1,666	0,033—0,333	0,05—0,5
Общая установленная мощность, кВт, не более, в том числе:	20,3	19,74	53,75
электродвигателей	15,05	14,57	45,63
электронагревателей	5,25	5,17	8,12
Электроснабжение — сеть трехфазного тока:			
напряжение, В	380/220	380/220	380/220
частота, Гц	50	50	50
Объемный расход воды, $м^3$/ч, не более	0,6	0,6	1,5
Объемный расход сжатого воздуха при $t = 200$ °С, $м^3$/ч, не более	0,5	0,5	0,5
Габаритные размеры, мм:			
длина	9000	9920	19490
ширина	1530	855	1680
высота	1815	1815	2000
Масса, кг, не более	2200	2100	5300

* Для производства труб из ПВХ.

П.15.4.4. Технические характеристики линий для производства рукавной одно- и пятислойной пленки ГУП «Химполимермаш», г. Златоуст

Параметры	УРП-1500-6	УРП-1500-3М1	ЛРП-5	ЛРП-9	ЛРП-11	УРП-1500-3М4(3М5)
Производительность, кг/ч	До 800	До 250	До 400	До 270	ПЭНП — до 70, ПЭВП — до 35	До 200
Перерабатываемый материал	ПЭНП, ПЭВП	ПЭНП, ПЭВП	ПЭНП, композиции	ПЭНП, композиции	ПЭНП, ПЭВП	ПЭНП, ПЭВП
Номинальная толщина пленки, мкм	40—150	40—250	80—90	20—150	8—100	40—150
Разнотолщинность пленки, %	± 10	± 10	± 5—7	± 7	± 5	± 10
Максимальная ширина пленочного полотна в сложенном виде, мм	1500	1500	1400—1800	1500	800	1500—5300
Линейная скорость приема пленки, м/мин (регулируемая бесступенчато)	4—40	4—40	3—30	4—40	4—80	4—40
Максимальный наружный диаметр наматываемого рулона, мм	300	300	800	700	700	700
Диаметр шнека, мм, и отношение длины к диаметру	63/25:1	90/25:1	90/30:1	63/28:1	45/30:1	90/25:1
Охлаждение червячных прессов	Вода	Вода	Воздух, вода	Воздух, вода	Воздух, вода	Вода
Габаритные размеры, мм:						
длина	6000	7500	14500	12500	5100	7500
ширина	4000	4200	6000	8500	3000	4200
высота	5000	6350	8600	9200	5000	7700

П.15.4.5. Технические характеристики кольцевых угловых головок для производства однослойных и многослойных пленок

Параметры	ГК2	ГК3	ГК5	ГВ3
Вид головки	Кольцевая Ø250 мм, с кольцом обдувочным 250	Кольцевая Ø400 мм, с кольцом обдувочным 400	Кольцевая Ø145 мм, с кольцом обдувочным 145	Кольцевая Ø650 мм, с внутренним и наружным охлаждением рукава
Машины, комплектуемые данной головкой	УРП-1500-3М1, УРП-1500-6	УРП-1500-6, УРП-1500-3М1	УРП-1500-3М1, УРП-1500-6	УРП-1500-3М1
Толщина пленки, мм	25—100	40—150	25—100	15—100

Продолжение

Параметры	ГК2	ГК3	ГК5	ГВ3
Ширина рукава в сложенном виде, мм:				
обычная пленка	900—1400	1500	550—800	1500—2200
термоусадочная пленка	1400—1500	1500—2500	800—1150	220—2500
Кольцевая щель при сменных кольцах, мм	0,6; 0,8; 1,2	0,6; 0,8; 1,2	1,0	0,6; 0,8; 1,2
Габаритные размеры, мм:				
диаметр	1150	1300	1150	1300
высота	480	485	490	485
Масса, кг, не более	324	401	330	401

П.15.4.6. Технические характеристики линий для производства рукавной пленки

Параметры	ЛДПР-500	ЛДПР 36-1000	ЛДПР 63/63-1000М	ЛДПР 63-1500М
Ширина пленки в сложенном виде, мм	90—500	600—1000	До 1000	До 1500
Производительность, кг/ч (в зависимости от толщины пленки)	До 25	До 110	До 110	До 110
Скорость приема пленки, м/мин	—	3—30	3—30	3—30
Диаметр наматываемых рулонов, мм	До 400	До 600	До 600	До 500
Число одновременно наматываемых рулонов	2	2	2	2
Толщина пленки, мм	0,03—0,15	0,04—0,2	0,09	0,04—0,15
Расход воды, $м^3/ч$	0,5	1,5	3,0	1,5
Расход сжатого воздуха, $м^3/ч$	0,2	0,2	0,2	0,2
Установленная мощность, кВт	22,898	71,22	135,4	71,22
Габаритные размеры, мм:				
длина	2135	7360	7360	7360
ширина	1200	3300	5000	3300
высота	3100	5700	5800	5500
Масса, кг	—	8270	10475	7950

П.15.5. Технические характеристики установок для механопневмоформования

Параметры	УМПФ-63	УМПФ-100	УМПВФ-160	УМПФ-250	УМПВФ-250-3
Усилие, кН:					
смыкания	630	1000	1600	2500	2500
механической вытяжки и вырубки отверстий и пазов	90	125	200	400	400
Пневматическое давление формования, МПа	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
Мощность нагрева, кВт	11	19,5	23,4	30	53,6
Установленная мощность электрооборудования, кВт	—	30	34	40	64
Общая потребляемая мощность, кВт	7,2	17,6	21,0	36,1	38,0
Удельная энергоемкость на одно изделие, кВт·ч/шт.	—	0,25	0,31	0,33	0,42

Продолжение

Параметры	УМПФ-63	УМПФ-100	УМПВФ-160	УМПФ-250	УМПВФ-250-3
Расход:					
сжатого воздуха, $м^3/ч$	8	11	15	21	27
воды на охлаждение, л	2,5	5	7	10	16
Габаритные размеры изделия, мм:					
длина	600	900	1100	1800	3000
ширина	500	550	650	800	800
высота	250	280	320	440	440
Производительность, шт/ч	30	30	30	28	26
Максимальный годовой объем переработки термопластов, т	160	260	400	800	1600
Габаритные размеры, мм:					
длина	3400	5400	6620	10270	8000
ширина	1000	1700	2120	2340	3700
высота	2600	2900	3080	3965	3440
Масса, т	3,8	7,0	9,2	14,0	19,0

П.15.6. Технические характеристики отечественных станков спиральной и продольно-поперечной намотки

Параметры	РПН-380 Т400	ССППН Т250М	НК-9ПУ	НК-10ПУ	НК-11ПУ	СНП-2	СНП-4М КУ-319	КУ-320	КУ-421
Максимальный диаметр наматываемого изделия, мм	380	1000	500	1600	2500	700	2000	2500	2500
Максимальная длина наматываемого изделия, мм	3500	4000	2000	4000	10000	2200	6300	7000	9000
Углы намотки, град	10—90	30—90	10—90	5—90	5—90	12—90	10—90	10—90	10—90
Точность укладки, мм	1,5	—	—	—	—	2	2	2	2
Максимальная скорость перемещения каретки, м/мин	160	—	24	30	30	12	12	12	12
Число управляемых «координат»	2	2	5	5	5	5	5	5	5
Максимальная масса оправки с изделием, кг	800	3000	—	—	—	1000	16000	8000	23000
Максимальная ширина сформированной ленты, мм	200	200	25	—	—	15	80	80	80
Максимальное натяжение ленты, Н	600	2000	500	—	—	300	2000	1200	250 (300)
Габаритные размеры, мм:									
длина	5600	8100	6420	—	—	5000	16000	16000	22300
ширина	6930	4450	4050	—	—	2000	6000	9000	7500
высота	1950	2200	1690	—	—	1900	3500	3500	3500
Масса, кг	2200	10000	3500	—	—	13000	55000	66000	77000

П.15.7. Технические характеристики автоклавов различных моделей

Параметры	А25.576	А25.578	А25.580	А25.582	А25.584
Диаметр изделия, загружаемого в автоклав, мм	800	2000	3000	3000	4500
Длина изделия, мм	1000	6000	8000	16000	26000
Рабочее давление, МПа	3,0	1,6	1,6	1,6	1,6
Максимальная рабочая температура, °С	450	380	380	380	250

П.15.8. Технические характеристики оборудования для механической обработки изделий из ПМ

Параметры	Установка центробежная А52.00.000	Установка вибрационная тороидальная ВС-600	Машина вибрационная 313СП-62	Автомат обработки донышка электропатрона АГ.01.00.000
Производительность, шт/ч	2450	1180	1080	3500
Мощность, кВт	5,5	7,7	7,7	1,7
Давление в пневмосистеме, МПа	0,6	—	—	—
Размеры оборудования в плане, мм	4000×3000	2950×2950	3000×3000	1320×1280
Изготовитель	НПО «Пластик»	—	Завод им. К. Маркса, Санкт-Петербург	Рижский опытный завод сельхозмашиностроения

П.15.9. Сушильное оборудование

П.15.9.1. Технические характеристики вакуум-гребковых сушилок с реверсивным ротором

Параметры	СВГР-0,2	СВГР-1,2	СВГР-1,5
Емкость аппарата, м^3	0,2	1,2	1,5
Давление пара в рубашке, МПа	0,6	0,4	0,3
Остаточное давление, мм рт. ст.	40	40	40
Поверхность теплообмена, м^2	1,5	4,0	5,25
Время вращения мешалки в одном направлении, мин	5	1—10	1—10
Частота вращения мешалки, об/мин	2	6	7,5/10/15
Электродвигатель привода мешалки:			
мощность, кВт	1,7	7,5	4,8/5,7/7,5
частота вращения, об/мин	930	1500	750/1000/1500
Габаритные размеры, мм:			
длина	2400	2970	4060
ширина	1267	1319	1410
высота	860	2970	3120
Масса, кг	630	3230	3370

П.15.9.2. Технические характеристики различного сушильного оборудования

Параметры	Сушилки роторные вакуум-барабанные*		
	РВ-0,5-0,32-ВК-02	РВ-0,8-1,6ВК-02	РВ-1,2-4ВК-02
Объем, м^3	0,32	1,6	4
Площадь поверхности теплообмена, м^2:			
корпуса	2,4	7,7	15
ротора	0,75	4,7	4,7
Установленная мощность, кВт	1,5	7,5	13
Габаритные размеры, мм:			
длина	3865	6240	7565
ширина	1100	1600	1850
высота	2165	3390	3697
Масса, кг	2120	4865	8565

Параметры	Сушилки гранул с загрузчиком-циклоном**		
	СГ-100	СГ-300	ЗГВ-500
Производительность, кг/ч, не более	100	300	500
Температура нагрева воздуха, °С	50—160	50—160	—
Емкость бункера, м^3	0,1	0,15	0,15
Высота подачи материала, м, не более	6	6	6
Длина транспортного трубопровода, м	10	10	10
Мощность, кВт:			
нагревателей	6	12	—
воздуховсасывающего агрегата	—	—	0,66
установленная	8,2	14,16	—
Габаритные размеры бункера, мм, не более	950×600×905	950×600×905	950×600×905
Габаритные размеры с циклоном, мм, не более	900×700×1510	1050×720×1670	—
Масса, кг, не более	250	300	84

* Производитель — Первомайский завод «Химмаш».
** Производитель — ОАО «Кузполимермаш» (г. Кузнецк).

П.15.9.3. Технические характеристики отечественных обычных (мод. СНОЛ и ШС) и вакуумных (мод. СНВС и ШСВ) сушильных шкафов

Параметры	СНОЛ-3,5 (ТУ 16-531-409—72)	ШС-3 (ТУ 79-335—72)	СНВС-3,5-41 (ТУ 16-531-545—75)	ШСВ-4,5 (ОСТ 26-01-603—72)	ШСВ-16К (ОСТ 26-01-603—72)	ШСВ-35 (ОСТ 26-01-936—73)
Мощность, кВт	2,4	0,575	—	—	—	—
Напряжение (В) и частота (Гц) электросети	220 и 50	220 и 50	—	—	—	—
Диапазон регулирования температуры, °С	50—350	—	50—350	—	—	—
Размеры рабочего пространства, мм	350×350××350	—	30×450××400	∅1200	∅1500	∅2200
Поверхность, м²:						
загрузки	—	—	—	4,5	16	33
нагрева	—	—	—	10	32,5	77
Габаритные размеры шкафа, мм:						
длина	680	605	600	1185	1800	—
ширина	810	470	555	1410	1710	—
высота	870	410	1440	2050	2270	—
Масса, кг	80	—	165	846	2130	—
Завод-изготовитель	Завод лабораторных электропечей (г. Утена)	Завод «Электроделo» (г. Санкт-Петербург)	Завод лабораторного электротермического оборудования (г. Тула)	Завод электрооборудования (г. Коростень)		

*П.15.9.4. Технические характеристики циркуляционных сушилок**

Парметры	УПГ-50	УПГ-100	УПГ-150	УПГ-450	СП-30М	СП-60	СП-100	МТ-50
Производительность по ПЭ, кг/ч	50	100	150	450	—	—	—	—
Температура нагрева воздуха (гранул), °С	80	80	80	80	70	70	70	≤250
Масса материала, загружаемого в бункер для сушки, кг	—	—	—	—	30	60	100	50
Продолжительность сушки, мин	—	—	—	—	15—60	15—60	20—60	20—60
Установленная мощность, кВт	—	—	—	—	4,6	11,1	17	11,1
Габаритные размеры без загрузчика, мм:								
длина	600	955	995	1255	1030	1310	1730	2120
ширина	435	660	660	830	1425	1940	1860	1350
высота	800	2000	2000	2055	2300	2790	2980	620
Масса, кг	88	620	650	840	1230	1530	2100	150

* Изготовитель сушилки МТ-50 — фирма «Баттенфельд» (ФРГ), сушилок СП — завод дезхимоборудования (г. Пенза), сушилок УПГ — ОАО «Кузполимермаш» (г. Кузнецк).

П.15.9.5. Технические характеристики циркуляционных сушилок с регенерацией циркулирующего воздуха фирмы «Мотан» (Германия)

Параметры	МД 11	МД 22	МД 44	МД 63	МД 84
Мощность по регенерируемому воздуху, м³/ч	100	200	400	600	800
Температура сушки, °С	40—160	40—160	40—160	40—160	40—160
Потребляемая мощность, кВт	7,2	25,2	25,2	49,5	49,5
Давление воздуха, МПа	0,3—1,0	0,3—1,0	0,3—1,0	0,3—1,0	0,3—1,0
Масса, кг	233	470	530	750	860
Производительность по ПЭ (при сушке до остаточной влажности 0,02 %), кг/ч	40	85	170	260	340

П.15.10. Технические характеристики оборудования для смешения компонентов ПМ (скоростные центробежные фрезерно-лопастные смесители)*

Параметры	ФЛ-0,16-24-01	ФЛ-0,63-24У-01
Объем смесителя, м³:		
номинальный	0,16	0,63
рабочий	≤0,125	≤0,5
Установленная мощность, кВт	11	30
Габаритные размеры, мм:		
длина	1870	2488
ширина	960	1773
высота	1390	1874
Масса, кг	1060	2230

* Завод-изготовитель — «Димитровград-химмаш».

П.15.11. Линии для производства препрегов армированных пластиков

П.15.11.1. Технические характеристики линий серии УЛС-4ПСТ для производства препрегов с применением растворов связующих

Параметры	УЛС-3М	УПСТ-300	УПСТ-1000М	УПСТ-1600
Пропитываемый наполнитель	Стеклянные, углеродные, органические жгуты, нити, ткани	Углеродные ткани	Стеклянные, углеродные, органические ткани	Стеклянные, углеродные, органические ткани
Ширина, мм:				
однонаправленных лент	5—50	—	—	—
тканей	100	300	1000	1600
Мощность нагревателей сушильной камеры, кВт	36	100,8	100	142,5
Наибольшая температура сушки, °С	300	150	150	150
Наибольшая скорость протягивания ленты, м/мин	20	5	2	2
Емкость пропиточной ванны, л	5	7	10	15

Продолжение

Параметры	УЛС-3М	УПСТ-300	УПСТ-1000М	УПСТ-1600
Наибольший расход растворителя, кг/ч	6	9	12	20
Производительность вентиляционной системы сушильной камеры, $м^3/ч$	500	850	1250	2000
Габаритные размеры, мм:				
длина	10000	7600	7200	7520
ширина	2800	2250	5250	6900
высота	4800	5500	5500	5350
Масса, кг	5000	7120	12000	14000

Примечание. Метод сушки — конвективно-радиационный.

П.15.11.2. Технические характеристики линий серии МЛП для производства препрегов с применением растворов смол

Параметры	МЛП-303ВТ	МЛП-305ВТ	МЛП-1003ВТ	МЛП-1005ВТ
Пропитываемый наполнитель	Углеродные, органические, стеклянные ткани	Углеродные, органические, стеклянные ткани	Углеродные, органические, стеклянные ткани	Стеклянные, органические ткани
Ширина ткани, мм	300	300	1000	1000
Мощность нагревателей сушильной камеры, кВт	112	178	185	281
Наибольшая температура сушки, °С	240	240	150	150
Наибольшая скорость протягивания ткани, м/мин	5	10	3	5
Емкость пропиточной ванны, л	5	5	15	15
Наибольший расход растворителя, кг/ч	16	30	42	72
Производительность вентиляционной системы сушильной камеры, $м^3/ч$	850	1400	2000	3400
Габаритные размеры, мм:				
длина	11000	11000	10000	1000
ширина	4800	4800	7125	7125
высота	11000	9000	11000	9000
Площадь линии, $м^2$	51,6	51,6	77	77
Масса, кг	13000	15000	22000	25000

Примечание. Метод сушки — конвективно-радиационный.

П.15.11.3. Техническая характеристика линии МЛП-300ГО для производства препрегов с применением расплавов смол

Параметры	Значения параметров
Пропитываемый наполнитель	Стеклянные, углеродные, органические жгуты и нити, ткани
Ширина ленты или ткани, мм	300
Метод сушки	Конвективный
Скорость протягивания ленты, м/мин	1—10

Продолжение

Параметры	Значения параметров
Наибольшая температура нагрева фильеры и сушильной камеры, °С	240
Наибольшая температура нагрева каландров и роликов, °С	150
Суммарная мощность электронагревателей и двигателей, кВт	85
Число приемных катушек	5
Габаритные размеры, мм (длина, ширина, высота)	2000×3700×2800
Масса, кг	20000

П.15.11.4. Техническая характеристика линии УНС-300 для производства препрегов с применением порошкообразных связующих

Параметры	Значения параметров
Пропитываемый наполнитель	Углеродные ткани
Ширина ленты или ткани, мм	200
Метод сушки	Конвективно-радиационный
Скорость протягивания ленты, м/мин	1—5
Наибольшая температура нагрева сушильной камеры, °С	150
Наибольшее напряжение высоковольтного источника системы электростатического распыления, В	50000
Габаритные размеры, мм (длина, ширина, высота)	5000×2700×2200
Масса, кг	3000

П.15.12. Технические характеристики установок для продольной резки препрегов

Параметры	УРСТ-300М	УРСТ-1000
Вид препрега	Стеклянные, углеродные ткани	Стеклянные, углеродные ткани
Ширина ткани, мм	300	1000
Скорость протягивания ткани, м/мин	20	10
Режущий инструмент	Приводные дисковые ножи	Приводные дисковые ножи
Мощность нагревателя режущего устройства, кВт	0,375	0,375
Мощность электродвигателей на валках приемного устройства, кВт	2×0,375	2×0,375
Габаритные размеры, мм (длина, ширина, высота)	3400×1400×1800	3400×1400×1800
Масса, кг	2000	2000

Примечание. Режущий инструмент — приводные дисковые ножи.

П.15.13. Технические характеристики оборудования для гранулирования пластмасс

Параметры	ЛГП-40*	ЛГП-60*	ЛГП-190*	ЛГТВ-250**	ЛГТВ-75***
Производительность, кг/ч	28—40	45—60	110—190	До 250	75
Установленная мощность, кВт	12	17	52,5	195	43
Габаритные размеры, мм:					
длина	4000	4700	5600	8400	5100
ширина	590	750	2500	4300	2300
высота	1770	1770	2000	5800	3500
Масса, кг	1440	1650	3600	11930	1380

* Линия гранулирования пластмасс на базе дискового экструдера; завод-изготовитель — «Днепрополимермаш» (г. Днепропетровск, Украина).

** Линия гранулирования вторичных термопластов (для переработки как кусковых, так и пленочных отходов; завод-изготовитель — ПО «Большевик» (г. Киев, Украина).

*** Линия гранулирования кусковых технологических отходов и бракованных изделий; завод-изготовитель — «Кузполимермаш» (г. Кузнецк).

П.15.14. Технические характеристики ротационных таблеточных машин

Параметры	МТР-6,5-2*	МТР-3А*	Р-16*	Р-22*	Р-32*	Р-53*	Р5-213*	280-474*
Номинальное усилие, кН	65	90	160	80	80—180	150	150	200
Максимальный диаметр таблетки, мм	20; 25	30	35	20—25	20—44	60	35	30
Максимальная глубина заполнения матрицы, мм	20	50	50	30	16—55	60	51	30
Число комплектов пуансонов и матриц	24	15	21	18—24	21—41	12	21	47
Производительность машины, тыс. шт/ч	16,5	6,6—8,87	34	32,4—43,2	30—177,1	10,8	9,7—19,5	338
Мощность привода, кВт	4,25	7,0	7,5	1,5	7,5	4,0	3,7	11,1
Габаритные размеры, мм:								
длина	1000	1880	1420	800	1600	1400	1730	1150
ширина	900	1450	1220	800	1250	1300	1680	1150
высота	1810	1810	1820	1600	1600	2400	2340	1900
Масса, кг	1120	3800	3500	790	2600	4000	2700	6700

Параметры	МТТ-32*	МТТ-63-1*	МТТ-100*	ТПМ-255*	ТПМ-4005*	126*	1506*
Номинальное усилие, кН	320	630	1000	250	400	120	1520
Максимальный диаметр таблетки, мм	60; 75	85; 100	100; 130	70	35; 70; 90	44	230
Глубина заполнения матрицы, мм	90	110	150	130	185	51	190
Производительность машины, шт/ч	1300	750	400	900	600—1800	2100	350
Габаритные размеры, мм:							
длина	1500	1600	2200	2120	3000	1370	2750
ширина	850	850	1000	790	900	1070	1900
высота	1810	1880	2120	1700	1920	1600	1600
Масса, кг	220	2800	4700	1400	1700	1000	5900

Изготовители машин:

* АООТ «Машиностроительный завод «Металлист» (Россия).

2* Фирма «Fette» (Германия).

3* Фирма «Manesty» (Великобритания).

4* Фирма «Colton» (США).

5* Нововолынский завод (Украина).

6* Фирма «Bypli» (Великобритания).

П.15.15. Генераторы ТВЧ для предварительного подогрева ПМ

П.15.15.1. Технические характеристики некоторых отечественных генераторов ТВЧ

Параметры	В4Д-0,63/40-НП	В4Д-1,4/40-НП	В4Д-4/40-НП	В4Д-4/81-НП	В4Д-6,3/40-НП	В4Д-10/40-НП	В4Д-10/81-НП
Колебательная мощность, кВт	0,63	1,6	4,0	4,0	6,3	10,0	10,0
Рабочая частота*, МГц	40,68	40,68	40,68	81,36	40,68	40,68	81,36
Максимальная масса единовременной загрузки пресс-порошка, г	170	160	1000	1000	1200	1600	1600
Номинальная загрузка, г	80	210	510	150	800	1300	360
Время нагрева номинальной загрузки, с	30	30	30	10	30	30	10

* Допустимое отклонение ±1 %.

П.15.15.2. Технические характеристики генераторов ТВЧ для подогрева пресс-материалов

Параметры	ВЧ-Д2-1,6/40	ВЧ-Д3-6/81	ВЧ-Д2-2,5/81
Колебательная мощность, кВт	3,7	12	5,2
Рабочая частота, МГц	40	81	81
Габаритные размеры, мм:			
длина	650	1050	950
ширина	530	700	700
высота	620	1750	1700
Масса, кг	210	400	350

П.15.16. Роторные измельчители отходов производства изделий из ПМ

*П.15.16.1. Технические характеристики роторных измельчителей пластмасс**

Параметры	ИПР-150М	ИПР-300М	ИПР-450М
Производительность, кг/ч	50—150	900	350—1000
Диаметр ротора, мм	150	300	450
Установленная мощность, кВт	3	20	27,6
Габаритные размеры, мм:			
длина	960	1380	1885
ширина	590	1100	1600
высота	1410	1940	2285
Масса, кг	278	1155	2800

* Завод-изготовитель — ОАО «Кузполимермаш» (г. Кузнецк).

П.15.16.2. Технические характеристики роторных измельчителей типа ИПР

Параметры	100-1-А	150М	300М	450М
Производительность, кг/ч	25—60	50—150	150—350	200—1500
Наибольшие размеры, мм:				
загружаемых отходов (листа толщиной до 5 мм)	100×50×50	150×75×75	300×150×150	400×200×200
получаемой крошки	5	5	5	5
Диаметр, мм:				
отверстий калибровочной решетки	6—8	6—8	6—8	6—8
ротора	100	150	350	450
Частота вращения ротора, об/мин	1500	1300	760	700
Число ножей:				
подвижных	3	3	9	15
неподвижных	2	2	2	3
Рабочая длина ножей, мм	130	195	400	600
Мощность привода, кВт	1	1,6	18,5	27,5
Габаритные размеры, мм	520×460××1015	740×600××1388	1380×1100××1940	1885×1600××2800
Масса, кг	80	253	1215	2800

Примечание. Измельчители ИПР-100-1-А и ИПР-150М подвижные, а ИПР-300М и ИПР-450 — стационарные.

П.16. РЕКОМЕНДУЕМЫЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ВЫПОЛНЕНИЯ ОСНОВНЫХ ТО

П.16.1. Режимы сушки конструкционных термопластов

Термопласты	Содержание влаги перед переработкой, %	Режимы сушки	
		температура °С	продолжительность, ч
Полистирол	0,05	75±5	2
Поликарбонат	0,02	115±5	6*
Полисульфон	0,02	135±5	4*
ПЭВП	0,04	85±5	1
ПЭНП	0,04	75±5	1
Полипропилен	0,04	70±5	1
Полиамид 6	0,2	80±5	2—4*
Полиамид 66	0,2	80±5	2—4*
Полиамид 12	0,2	80±5	2—4
Полиацетали	0,2	80±5	2—4
Полибутилентерефталат	0,02	120±5	4—6*
Полиэтилентерефталат	0,02	120±5	4—6*
Полифениленоксид модифицированный	0,02	85±5	2

* Для сушки в вакууме.

П.16.2. Режимы предварительного подогрева ПМ

П.16.2.1. Режимы предварительного подогрева в термошкафах

Марки пресс-материалов	Предварительный подогрев		Прессование						
			температура, °С		удельное давление, МПа		выдержка на 1 мм толщины детали, мин		
	температура, °С	время, мин	без предварительного подогрева	с предварительным подогревом	прямое прессование	литьевое прессование	без предварительного подогрева	с предварительным подогревом	
								прямое прессование	литьевое прессование
О3-010-02 (К-18-2)	170—190	3—6	150—160	175—185	25—35	40—70	1—1,5	0,8—1,0	0,6—0,8
Э2-330-02 (К-21-22)	80—100	10—20	150—160	145—165	25—35	40—70	1,5—2,0	1,5—2,0	—
У4-080-02 (ФКП-1)	120—130	5—6	155—165	170—180	25—35	50—80	1,0—1,5	1,0	—
Сп1-342-02 (К-214-2)	150—160	6—12	145—155	150—160	25—35	60—80	2,0	1,0—1,75	—
Э3-340-65 (К-211-3)	130—140	6—12	150—160	170—200	30—40	70	До 2,5	1,5—2,0	—
У1-301-07 (волокнит)	—	—	150—160	160—170	40—45	75—100	1,0	0,6	—
У5-301-41 (К-6)	110—120	6—10	170—180	175—185	40—50	75—100	1,5	1,5	—
АГ-4В, АГ-4С	120—130	5—7	140—150	145—155	30—40	70—100	2,5	1,0	—
Аминопласт	80—90	20—30	135—150	150—170	25—35	50—80	1,0—1,5	0,4—0,6	—
К-79-79 (мелалит)	100—110	5—15	145—155	155—165	35—45	70—100	1,5	1,0—2,0	—

П.16.2.2. Режимы предварительного подогрева токами высокой частоты

Пресс-материалы	Навеска, г	Число слоев	Зазор между верхним электродом и таблетками, мм	Параметры подогрева (генератор ТВЧ мощностью 1,3 кВт и частотой 17—20 МГц)				
				продолжительность, мин	температура, °С	сточный ток, А		анодный ток, А
						начало	конец	
Фенопласт порошкообразный резольный*	2—50	1—2	10—15	0,75—1,25	90—100	140—220	130—200	0,4—0,5
Фенопласт порошкообразный новолачный[2*]	2—50	1—2	9—15	0,50—1,00	100—120	130—200	120—180	0,3—0,4
	50—200	1—2	8—12	1,00—1,50	100—120	130—160	120—150	0,4—0,5
	200	1—2	6—12	0,50—2,25	100—200	120—150	110—140	0,4—0,5
Фенопласт волокнистый[3*]	10—40	1	20—25	0,50—1,50	60—80	180—250	150—230	0,4—0,7
Аминопласт	15—20	1	7—15	0,65—1,00	80—90	160—220	150—210	0,3—0,4

* Марки Сп-1-342-02 (К-214-2), Сп3-342-02 (К-214-22), Э1-340-02 (К-211-2), Э6-014-30 (К-124-38), Вх6-342-70 (К-214-71).
[2*] Марки 01-030-02 (К-20-2), 03-010-02 (К-18-2), Вх1-090-34 (К-18-36), Ж1-010-40 (К-18-53).
[3*] Марки У1-301-07 (волокнит), У4-080-02 (ФКП-1).

П.16.2.3. Режимы предварительного подогрева листовых термопластов при комбинированном способе подведения тепла в электронагревательном устройстве (ЭНУ)

Полимерные материалы	Толщина, мм	Температура воздуха, подаваемого в поддон, °С	Общее время выдержки заготовки в ЭНУ, мин	Время работы кварцевых излучателей, мин
Ударопрочный полистирол	6±0,25	120	1,8—2,0	1,0
Сополимер СНП	6±0,25	140	2,0	1,4—1,5
АБС-пластик	6±0,25	135	2,0	1,0
	2±0,25	135	0,8	0,5
Полиметилметакрилат	6±0,75	150	2,0	1,0—1,3

П.16.3. Режимы прессования изделий из различных ПМ

П.16.3.1. Режимы переработки премиксов и препрегов

Марки премиксов и препрегов	Усадка, %	Удельное давление, МПа		Температура прессования или литья, °С	Выдержка при прессовании или литье, мин/мм	Срок хранения, месяцы
		прямого прессования	литьевого прессования	литья под давлением		
Премиксы ПСК-5, ПСК-5М, ПСК-5Т, ПСК-5П	0,4	5—10	15—25	30—60	130—150	0,5—2,5	4
Премиксы ПСК-5РМ, ПСК-5РКМ	0,08	4—8	10—20	—	130—150	0,5	4
Премиксы ПСК-20, ПСК-20Т, ПСК-20Н, ПСК-20П, ПСК-20НТ	0,4	7—150	15—30	30—70	135—150	0,5—2,5	4
Препрег АП-70-151	—	1—7	—	—	140—155	1,5	2
Препрег ППМ-5М	—	7,5	—	—	140	1,5—2,0	3
Препрег ППМ-6	—	6,5—8,5	—	—	120	1,5—2,0	3

П.16.3.2. Режимы переработки стеклопластиков на основе фенолоформальдегидных олигомеров

Стеклопластики	Способность к таблетированию и шнековой пластикации	Удельное давление, МПа		Температура прессования или литья, °С	Выдержка при прессовании или литье, мин/мм	
		прямого прессования	литьевого прессования		без предварительного подогрева	с предварительным подогревом
АГ-4С	Плохая	25—35	60—80	145—165	1,5—2,5	0,8—1,2
АГ-4В	»	25—35	60—80	145—170	1,5—2,5	0,8—1,2
ДСВ	Средняя	25—25	60—130	135—180	1,0—2,5	0,6—1,0
ГСП	»	30—40	40—90	140—180	1,0—2,0	0,8—1,3
СГ	»	20—35	40—70	155—165	0,3—0,5	—
СНК-2-27	Плохая	20—35	70—120	140—160	1,0—2,0	0,8—1,2

*П.16.3.3. Режимы переработки стеклопластиков на основе кремнийорганических связующих**

Марки стеклопластиков	Усадка, %	Удельное давление, МПа		Температура прессования или литья, °С	Выдержка при прессовании или литье, мин/мм	
		прямого прессования	литьевого прессования		без предварительного подогрева	с предварительным подогревом
ДВПМ-1П; ДВПМ-3П	0,25	30—40	50—60	190—200	6—10	3—7
РТП-200	0,1—0,4	30—40	—	125—140	8—10	5—7
РТП-170	0,1—0,4	30—40	—	125—140	8—10	5—7
РТП-100	0,1—0,4	30—40	—	130—150	8—10	5—7

* Способность к таблетированию плохая.

П.16.3.4. Режимы переработки эпоксидных пластиков литьевым прессованием

Параметры	УП-284С	УП-2196	УП-2198	УП-2245	УП-2245Д	УП-321	УП-326	УП-2214	УП-7-200Л1	УП-7-200П2	УП-7-200Л3	УП-7-250Л1
Температура, °С:												
пуасона	145—150	150—155	125—130	165—170	165—180	150—160	175—180	180—190	200	190	200	210
матрицы	135—140	145—150	120—125	155—160	165—175	145—155	170—175	180—185	200	190	200	210
Удельное давление, МПа	20—25	20—30	5,0—15,0	2,0—4,0	3,0—4,0	3,0—5,0	3,0	4,0—10	5—20	10—20	5—10	8
Выдержка в пресс-форме, мин/мм	0,6	1,5	2,5	1,5	1,0	1,0	1,5	1,0	0,5—0,8	0,4—0,7	0,5—0,7	0,5—0,7
Минимальная выдержка, мин	4	10	15	4	3	3	6	6	—	—	—	—
Температура дополнительной термообработки изделий в течение 8 ч	160	160	160	180	175	175	175	220	175	175	175	220

П.16.3.5. Режимы прессования изделий из пресс-материалов

Марки пресс-материалов	Прямое прессование			Литьевое (трансферное) прессование		Выдержка под давлением, мин/мм		Термообработка изделий	
	температура, °С		удельное давление, МПа	температура, °С	удельное давление, МПа	при передварительном подогреве	без предварительного подогрева	температура, °С	выдержка, ч
	при предварительном подогреве	без предварительного подогрева							
Фенопласты:									
03-010-02	160—190	150—180	24—34	160—190	49—78	0,25—0,5	0,3—0,7	120—150	2—4
04-010-12	170—190	—	24—34	—	—	0,7—0,8	—	120—140	4
Сп1-342-02	160—190	150—180	29—39	160—190	49—88	0,5—0,8	0,7—1,0	120—150	2—4
Сп3-342-02	160—190	150—180	29—39	160—190	49—88	0,5—0,8	0,7—1,0	120—150	2—4
Э1-340-02	160—190	150—180	29—39	160—190	49—88	0,5—0,8	0,7—1,0	120—150	2—4
Э2-330-02	160—190	150—180	24—39	160—190	49—78	0,5—0,8	0,7—1,0	120—150	2—4
Э3-340-65	170—200	170—190	39—59	170—200	59—98	0,7—1,2	1,0—1,5	120—150	2—4
Э6-014-30	170—200	170—190	39—59	170—200	59—98	0,7—1,2	1,0—1,5	180—250	4
Э10-342-63	170—190	—	24—44	150—170	49—78	0,5—0,8	—	—	—
Вх1-090-34	160—180	150—170	29—49	160—180	49—78	0,3—0,7	0,5—0,8	—	—
Вх4-080-34	170—180	150—170	39—59	160—180	59—98	1,0—1,5	1,0—1,5	—	—
Вх5-010-73	160—170	150—170	24—34	—	—	1,0—2,5	—	—	—
У1-301-07	160—180	150—180	24—84	—	—	1,0—1,5	—	—	—
К-114-35	160—170	150—160	30—40	160—170	60—80	0,8—1,0	1,0—1,5	—	—
К-81-39С	—	—	—	140—160	50—100	—	1,5—2,5	150	3
КФ-3	175—185	165—175	40—50	175—185	75—100	0,8—1,0	1,0—1,5	—	—
АГ-4В	160—180	150—180	29—59	160—180	69—118	0,5—0,8	0,7—1,0	140—150	2—3
АГ-4С	150—180	140—170	29—59	150—180	69—118	0,5—0,8	0,7—1,0	140—150	2—3
ДСВ-2-Р-2М, ДСВ-4-Р-2М	150—180	140—170	29—59	150—180	69—118	0,5—0,8	0,7—1,0	150	2—3
ВПМ	180—190	170—180	40—50	180—190	75—80	1,5—2,0	2,0—2,5	—	—
ВЭП-1	—	195—205	39	—	—	—	1,0—5,0	195—205	4
КФ-9	—	140—160	30	170—180	50—70	—	1,0—1,5	195—205	5
КФ-10	160—175	—	30	175—185	49—69	2,0—4,5	—	195—205	12
27-63С	175	—	10—15	—	—	1,5—3,0	—	160	6

Продолжение

Марки пресс-материалов	Прямое прессование			Литьевое (трансферное) прессование		Выдержка под давлением, мин/мм		Термообработка изделий	
	температура, °С		удельное давление, МПа	температура, °С	удельное давление, МПа	при предварительном подогреве	без предварительного подогрева	температура, °С	выдержка, ч
	при предварительном подогреве	без предварительного подогрева							
П-3-1	125	—	25—35	—	—	1,5—3,0	—	125	10
СНК-2-27	—	140—150	39—59	140—150	69—147	—	1,0—3,0	—	—
ГСП-16, ГСП-24, ГСП-32	—	150—160	29—49 (300—500)	150—160	59—98 (600—1000)	—	1,0—2,0	145—155	3
Аминопласты:									
группа А1	140—150	135—145	24—39	130—145	49—98	0,8—1,0	1,0—1,5	70—80	10—12
группа А2	135—160	130—155	29—39	135—160	49—98	0,5—0,8	0,7—1,0	70—80	10—12
группа В1	150—180	140—170	29—39	160—170	49—98	0,7—1,0	0,8—1,2	—	—
группа Е1	160—170	—	24—34	160—170	49—78	0,4—0,6	—	—	—
Ариллоксы:									
100,100К	280—290	—	15—20	—	—	—	—	160—170	3

П.16.4. Температурные режимы раздувного формования пластмассовых изделий

Полимеры	Температура, °С		Усадка, %
	расплава	формы	
Полиэтилен низкой плотности	125—160	15—30	1,2—2,0
Полиэтилен высокой плотности	160—220	15—30	1,5—3,5
Полипропилен	180—240	30—60	1,2—2,0
Поливинилхлорид непластифицированный	175—190	15—30	0,6—0,8
Поликарбонат	240—280	50—70	0,5—0,8
Полистирол	160—240	40—65	0,5—0,8
Полиметилметакрилат	260—270	40—60	0,5—0,8
Полиамид	250—270	20—40	0,5—2,2
Поливинилацетат и сополимеры	175—190	80—100	1,0—3,0

П.16.5. Длительность цикла механопневмоформования типичных изделий из ПМ

Изделие	Материал	Габариты изделия, мм	Толщина листа, мм	Масса изделия, кг	Длительность цикла формования, мин
Мойка на два отделения	Ударопрочный полистирол; АБС-пластик	800×600×198	6	3,3	2,2
Мойка с дренажной полкой	Ударопрочный полистирол; СНП	800×500×182	6	2,8—3,0	2,2
Светорассеиватель светильника верхнего света	Полиметилметакрилат (органическое стекло)	678×624×45	4	1,85	1,8—2,0
Ванна бытовая	То же	1675×760×460	8	12,5	3,0
Ванночка детская	Ударопрочный полистирол	900×450×250	6	2,7	2,1
	Органическое стекло	900×450×250	6	3,0	2,2
Ящик для рассады	Ударопрочный полистирол; АБС-пластик	720×255×154	4	0,83	1,7
Умывальник	То же	500×400×160	5	1,3	2,1
		600×450×175	5	1,7	2,1
Облицовочная плитка «групповая»	Ударопрочный полистирол	500×500×8	2	0,6	0,8

Примечание. Режимы предварительного подогрева — см. П.16.2.

П.16.6. Режимы спиральной намотки

(на примере изготовления двутавровых профильных элементов с двумя коаксиальными слоями из эпоксифенопластика, армированного углеродными жгутами ВМН-5 и органическими нитями СВМ)

Технологические параметры намотки	Значения параметров
Скорость протяжки, мм/мин	240
Частота вращения обмотчика, об/мин:	
первого	240
второго	480
Шаг спиральной обмотки, мм:	
первого слоя	1
второго слоя	0,5
Усилие натяжения:	
основной арматуры, Н/жгут	5—8
обмоточной нити первого слоя, Н	2,5
обмоточной нити второго слоя, Н	8,5
Давление прессования, МПа	2,0

П.16.7. Распределение температур в канале фильеры при пултрузии армированных пластиков (АП) методом волоконной технологии

Материал матричных волокон*	Рекомендуемая температура на границах зон фильеры, °С				
	вход	I—II	II—III	III—IV	выход
ПП	120	215	230	210	60
ПКА	120	250	260	225	70
ПЭТФ	150	250	270	200	120
ПСу	180	300	310	285	130
ПЭЭК	250	400	425	360	180

* ПП — полипропилен; ПКА — поликапроамид; ПЭТФ — полиэтилентерефталат; ПСу — полисульфон; ПЭЭК — полиэфирэфиркетон.

П.16.8. Параметры лазерной резки полимерных композиционных материалов (ПКМ) и волокнистых полуфабрикатов

ПКМ или полуфабрикаты	Толщина, мм	Скорость резания, м/с	Ширина реза, мм
Стеклоткань МКТ	5	0,8	0,5
Стеклоткань ТСФ	1,5	5,0	0,4
Кварцевая ткань	5	0,50	0,5
Стеклопластики на основе	3	0,25	0,4
ткани МКТ и эпоксидного	6	0,10	0,4
связующего	9	0,05	0,7
Стеклотекстолит ПСД-Д	15	0,01	0,8
Органопластик	5	1,50	0,5
Боропластик	3	0,30	0,4
Углепластик	3	0,50	0,5
Кварцевое стекло	1	0,02	0,2

П.17. ТИПОВОЙ ПРОФЕССИОНАЛЬНО-КВАЛИФИКАЦИОННЫЙ СОСТАВ РАБОЧИХ В ПРОИЗВОДСТВЕ ИЗДЕЛИЙ ИЗ ПЛАСТМАСС

П.17.1. Типовой профессионально-квалификационный состав рабочих производств литьевых изделий

Профессии рабочих	Распределение рабочих по разрядам*							Ссылка на ЕТКС**
	1	2	3	4	5	6	без разряда	
	Производственные рабочие							
Литейщик пластмасс	—	—	×	×	×	—	—	Вып. 27, разд. 1, § 53, 54
Помощник мастера	—	—	—	×	×	—	—	Вып. 24, § 187
Дробильщик	—	×	×	—	—	—	—	Вып. 24, § 158
Аппаратчик смешения	—	—	×	×	—	—	—	Вып. 24, § 129, 130
Обработчик литьевых и прессованных изделий	—	×	×	×	—	—	—	Вып. 27, разд. 1, § 70—72
Укладчик-упаковщик	—	×	×	×	—	—	—	Вып. 1, § 301—303
Комплектовщик	—	×	—	—	—	—	—	Вып. 19, § 166
	Вспомогательные рабочие							
Наладчик литьевых машин	—	—	—	×	×	—	—	Вып. 27, разд. 1, § 65, 66
Слесарь-ремонтник	—	—	—	×	—	—	—	Вып. 2, разд. 8, § 145
Слесарь-электрик по ремонту электрооборудования	—	—	—	×	—	—	—	Вып. 2, разд. 8, § 154
Слесарь по КИП и автоматике	—	—	×	×	—	—	—	Вып. 2, разд. 8, § 90, 91
Транспортировщик	—	×	×	—	—	—	—	Вып. 1, § 297
Машинист сшивальной машины	—	×	—	—	—	—	—	Вып. 41, § 152
Контролер	—	—	—	×	—	—	—	Вып. 19, § 170
Лаборант по физико-механическим испытаниям	—	—	×	—	—	—	—	Вып. 1, § 118
Кладовщик	—	—	—	—	—	—	×	—
Уборщик производственных помещений	—	—	—	—	—	—	×	—

* Крестиками отмечены имеющиеся для данной профессии разряды.
** Указаны номера выпуска, раздела и параграфов ЕТКС.

П.17.2. Типовой профессионально-квалификационный состав рабочих производств прессованных изделий

Профессии рабочих	Распределение рабочих по разрядам*							Ссылка на ЕТКС**
	1	2	3	4	5	6	без разряда	
Производственные рабочие								
Прессовщик	×	×	×	×	×	—	—	Вып. 27, разд. 1, § 84—88
Обработчик литьевых и прессованных изделий	×	×	×	×	—	—	—	Вып. 27, разд. 1, § 70
Укладчик-упаковщик	—	×	×	×	—	—	—	Вып. 1, § 301—303
Таблетировщик	—	×	×	—	—	—	—	Вып. 2, § 207—208
Загрузчик-выгрузчик	—	×	×	—	—	—	—	Вып. 2, § 160
Комплектовщик	—	×	—	—	—	—	—	Вып. 19, § 166
Помощник мастера	—	×	—	×	×	—	—	Вып. 24, § 187
*Вспомогательные рабочие****								
Наладчик кузнечно-прессового оборудования	—	—	—	—	—	—	—	Вып. 2, разд. 4, § 45, 46

* Крестиками отмечены имеющиеся для данной профессии разряды.
** Указаны номера выпуска, раздела и параграфов ЕТКС.
*** Квалификация вспомогательных рабочих остальных профессий принимается по П.17.1.

П.17.3. Типовой профессионально-квалификационный состав рабочих экструзионных производств

Профессии рабочих	Распределение рабочих по разрядам							Ссылка на ЕТКС
	1	2	3	4	5	6	без разряда	
Производственные рабочие								
Машинист экструдера	—	×	×	×	×	×	—	Вып. 27, § 61—63
Машинист выдувных машин	—	×	×	×	×	—	—	Вып. 17, § 71а—71г
Укладчик-упаковщик	—	×	×	×	—	—	—	Вып. 1, § 301—303
Загрузчик-выгрузчик	—	×	×	—	—	—	—	Вып. 24, § 160
Дробильщик	—	×	×	×	—	—	—	Вып. 24, § 158
Машинист гранулирования пластмасс	—	—	×	×	—	—	—	Вып. 27, § 56
Помощник мастера	—	—	—	×	×	—	—	Вып. 24, § 187
*Вспомогательные рабочие**								
Наладчик экструзионных машин	—	—	—	×	×	—	—	Вып. 27, § 67—68

* Вспомогательные рабочие остальных профессий — см. П.17.1.

П.18. ПЕРЕЧЕНЬ НОРМАТИВНЫХ ДОКУМЕНТОВ ДЛЯ ИНЖЕНЕРНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВА ИЗДЕЛИЙ ИЗ ПМ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ И РЕКОНСТРУКЦИИ ЗАВОДСКИХ ПОМЕЩЕНИЙ

№ п/п	Наименование нормативного документа	Шифр документа
1	Инструкция о составе, порядке разработки, согласовании и утверждении проектно-сметной документации на строительство предприятий, зданий и сооружений	СНиП 1.02.01—85
2	Благоустройство территорий	СНиП Ш-10—75
3	Противопожарные нормы	СНиП 2.01.02—85
4	Строительная климатология и геофизика	СНиП 2.01.01—82
5	Естественное и искуственное освещение	СНиП П-4—79
6	Нагрузки и воздействия	СНиП 2.01.07—83
7	Защита от шума	СНиП П-12—77
8	Фундаменты машин с динамическими нагрузками	СНиП 2.02.05—87
9	Полы	СНиП 2.03.13—88
10	Защита строительных конструкций от коррозии	СНиП 2.03.11—85
11	Внутренний водопровод и канализация зданий	СНиП 2.04.01—85
12	Отопление, вентиляция и кондиционирование	СНиП 2.04.05—86
13	Водоснабжение. Наружные сети и сооружения	СНиП 2.04.02—84
14	Канализация. Наружные сети и сооружения	СНиП 2.04.03—85
15	Производственные здания	СНиП 2.09.02—85
16	Административные и бытовые здания	СНиП 2.09.04—87
17	Складские здания	СНиП 2.11.01—85
18	Санитарные нормы проектирования промышленных предприятий	СН 245—71
19	Воздух рабочей зоны. Общие санитарно-гигиенические требования	ГОСТ 12.1.005—76
20	Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности	ГОСТ 12.1.007—76
21	Правила устройства электроустановок	ПУЭ (шестое издание)
22	Определение категорий помещений и зданий по взрывопожарной и пожарной опасности	НПБ 105-95/МВД России

П.19. САНИТАРНЫЕ НОРМЫ БЕЗОПАСНЫХ УРОВНЕЙ СОДЕРЖАНИЯ ВРЕДНЫХ ВЕЩЕСТВ (ВВ) В ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЕ

Вещество	Воздух рабочей зоны		Атмосферный воздух населенных мест			Вода водоемов			
						санитарно-бытового назначения		рыбохозяйственного назначения	
	ПДК, мг/м³	класс опасности ВВ	ПДК, мг/м³ максимально разовая	ПДК, мг/м³ среднесуточная	класс опасности ВВ	ПДК, мг/м³	лимитирующий показатель вредности*	ПДК, мг/м³	лимитирующий показатель вредности*
Азота оксиды	5	II	0,6	0,06	III	—	—	—	—
Акриламиды	0,2	II	—	—	—	0,01	Сан.-токс.	—	—
Акрилонитрил	0,5	II	—	0,03	II	2	Сан.-токс.	—	—
Акролеин	0,2	II	0,03	0,03	II	—	—	—	—
Аминопласты (пресс-порошки)	6	II	—	—	—	—	—	—	—
Аммиак	20	IV	—	0,04	IV	2	Общесан.	0,05	Токс.
Анилин	0,1	II	—	0,03	II	0,1	Сан.-токс.	0,0001	Токс.
Ацетальдегид	5	III	—	0,01	III	0,2	Органолеп.	—	—
Ацетон	200	IV	—	0,35	IV	—	Общесан.	0,05	Токс.
Бензин	100	IV	—	—	—	—	—	—	—
Бензол	5	II	—	0,1	II	0,5	Сан.-токс.	0,5	Токс.
Бутилацетат	200	IV	—	0,1	IV	0,1	Общесан.	—	—
Винилацетат	10	III	—	0,15	III	0,2	Сан.-токс.	—	—
Дибутилсебацинат	10	III	—	—	—	—	—	0,0001	Токс.
Дибутилфталат	0,5	II	—	—	—	0,2	—	—	—
Диоктилсебацинат	10	III	—	—	—	0,05	Органолеп.	—	—
Дихлорэтан	10	II	3	1	II	2	Органолеп.	—	—
Капролактам	10	III	0,06	0,06	III	1	Общесан.	—	—
Капрон	5	III	—	—	—	—	—	—	—
Кислота уксусная	5	III	0,2	0,06	III	—	Общесан.	0,01	Токс.
Ксилол	50	III	0,2	0,2	III	0,05	Органолеп.	0,05	Органолеп.
Лавсан	5	III	—	—	—	—	—	—	—
Метиленхлорид	50	IV	8,8	—	IV	7,5	Органолеп.	9,4	Токс.
Метилхлорид	5	II	—	—	—	—	—	—	—
Озон	0,1	I	0,16	0,03	I	—	—	—	—
Полиамидный пресс-порошок ПМ-69	5	III	—	—	—	—	—	—	—
Полиарилат Ф-1	10	IV	—	—	—	—	—	—	—
Поливинилхлорид	6	III	—	—	—	—	—	—	—
Полиформальдегид	5	III	—	—	—	—	—	—	—
Полиэтилен НД	10	III	—	—	—	—	—	0,75	Токс.
Пропилен	—	—	3	3	III	0,5	Органолеп.	—	—
Смолы фенолоформальдегидные (летучие по фенолу)	0,1	II	—	—	—	—	—	—	—
Смолы эпоксидные (летучие по эпихлоргидрину):									
УП-650	0,3	II	—	—	—	—	—	—	—
УП-650т	0,3	II	—	—	—	—	—	—	—
УП-2124	2	II	—	—	—	—	—	—	—
ЭД-5	1	II	—	—	—	—	—	—	—
Э-4	1	II	—	—	—	—	—	—	—
ЭА	0,1	II	—	—	—	—	—	—	—
ДЭГ-1	0,2	II	—	—	—	—	—	—	—
Э-181	0,2	II	—	—	—	—	—	—	—
Эпокситрифенольная смола	1	II	—	—	—	—	—	—	—
Спирт изопропиловый	—	—	0,6	0,6	III	0,25	Органолеп.	—	—
Спирт метиловый	5	III	1	0,5	III	3	Сан.-токс.	0,1	Сан.-токс.
Спирт этиловый	1000	IV	5	5	IV	—	—	—	—
Стеклопластик полиэфирмалеиновый	5	III	—	—	—	—	—	—	—
Стирол	5	III	0,003	0,003	III	0,1	Органолеп.	0,1	Органолеп.
Толуол	50	III	0,6	0,6	III	0,5	Органолеп.	1,5	Органолеп.
Трифторхлорэтилен	5	III	—	—	—	—	—	—	—
Углерода оксид	20	IV	5	3	IV	—	—	—	—
Фенол	0,3	II	0,01	0,01	II	0,001	Органолеп.	0,001	—
Фенопласты	6	III	—	—	—	—	—	—	—
Формальдегид	0,5	II	0,035	0,003	II	0,05	Сан.-токс.	0,25	Токс.
Фтороводород	0,05	I	0,02	0,005	II	—	—	—	—
Фторопласт	10	III	—	—	—	—	—	—	—
Хлороводород	5	II	0,2	0,2	II	—	—	—	—
Циклогексан	80	IV	1,4	1,4	IV	0,1	Сан.-токс.	0,01	Токс.
Этилацетат	200	IV	0,1	0,1	IV	—	—	0,2	Сан.-токс.

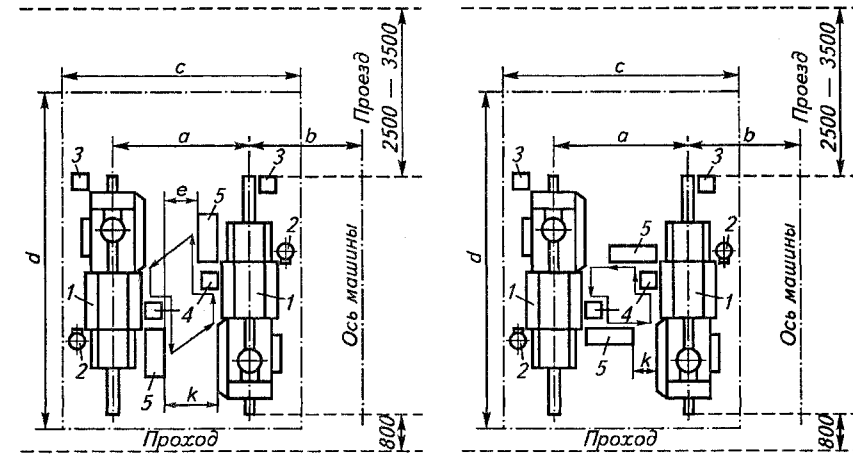
* «Сан.-токс.» — санитарно-токсикологический; «Общесан.» — общесанитарный; «Органолеп.» — органолептический; «Токс.» — токсикологический.

П.20. ХАРАКТЕРИСТИКА ГОРЮЧЕСТИ ПОЛИМЕРОВ И ПМ ПО КИСЛОРОДНОМУ ИНДЕКСУ (КИ)

№ п/п	Полимеры и полимерные материалы	КИ, % (об.)
1	Полиацетали	14,9
2	Полиформальдегид	15,0
3	Полиэтиленоксид	15,0
4	Полиметиленоксид	15,7
5	Полиуретановые пены	16,5
6	Хлопок	16,0—17,0
7	Ацетат целлюлозы	16,8—18,1
8	Пены из бутадиен-стирольного каучука	16,9
9	Полибутадиеновые пены	17,1
10	Пены из натурального каучука	17,2
11	Полиметилметакрилат	17,3
12	Полиэтилен	17,4
13	Полипропилен	17,4
14	Полистирол	17,8
15	Полиакрилонитрил	18,0
16	Сополимеры стирола с акрилонитрилом	18,0—19,1
17	Поли-4-метилпентен-1	18,0
18	Полибутадиен	18,3
19	АБС-пластики	18,3—18,8
20	Полипропилен с 30 % стеклянного наполнителя	18,5
21	Полиизопрен	18,5
22	Вискозное волокно	18,7—18,9
23	Бутират целлюлозы	18,8—19,9
24	Целлюлоза	19,0
25	Полиэтилен с 50 % стеклянного наполнителя	19,6
26	Эпоксидная смола	19,8
27	Полиэтилентерефталат	20,0
28	АБС-пластик с 20 % стеклянного наполнителя	21,6
29	Поливинилкарбазол	21,6
30	Этиленпропиленовый каучук	21,9
31	Поливиниловый спирт	22,5
32	Поликарбонат	22,5—28,0
33	Поливинилфторид	22,6
34	Полибутилентерефталат	23,2
35	Полиамид 66	24—29
36	Хлорированный полиэтилен высокой плотности (20 % Cl)	24,5
37	Полиамид 612	25,0
38	Ароматические полиамиды (волокно)	28,5
39	Полифениленоксид	29,0
40	Полидихлорстирол	30,0
41	Силиконовый каучук, наполненный диоксидом кремния	30,0
42	Поли-2,6-диметилфениленоксид	30,5
43	Полисульфоны	30—32
44	Поли-2,6-дифенилфениленоксид	33,7
45	Фенолоформальдегидная смола	35,0
46	Полиимид	36,5
47	Неопрен	40,0
48	Алкидная смола	41,0
49	Полибензимидазол	41,5
50	Поливинилиденфторид	43,7
51	Поливинилхлорид (жесткий)	45—49
52	Поливинилхлорид хлорированный	45—60
53	Поливинилиденхлорид	60,0
54	Полихлортрифторэтилен	95,0
55	Политетрафторэтилен	95,0

П.21. ТИПОВЫЕ ПЛАНИРОВКИ РАБОЧИХ МЕСТ ОСНОВНЫХ ТО ИЗГОТОВЛЕНИЯ ИЗДЕЛИЙ ИЗ ПЛАСТМАСС

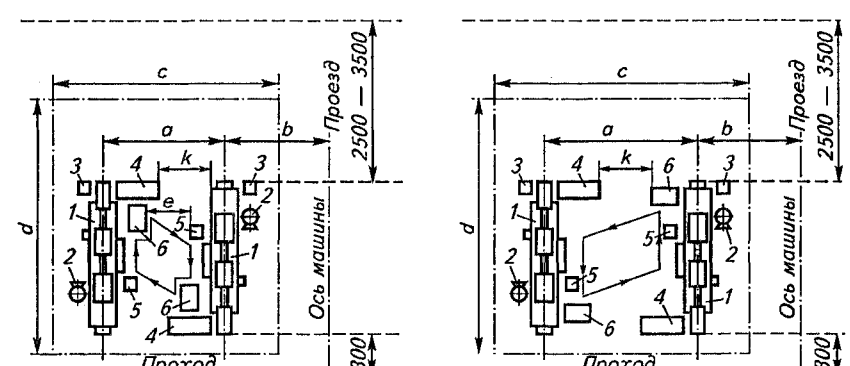
П.21.1. Расположение на рабочем месте двух литьевых машин со встроенными электрошкафами (группа I) и оргоснастки



Рекомендуемое — Допустимое

1 — литьевая машина; *2* — термостатирующий агрегат; *3* — пневмозагрузчик; *4* — лоток для полуфабрикатов (готовой продукции); *5* — рабочий стол

П.21.2. Расположение на рабочем месте двух литьевых машин с одним электрошкафом (группа II) и оргоснастки

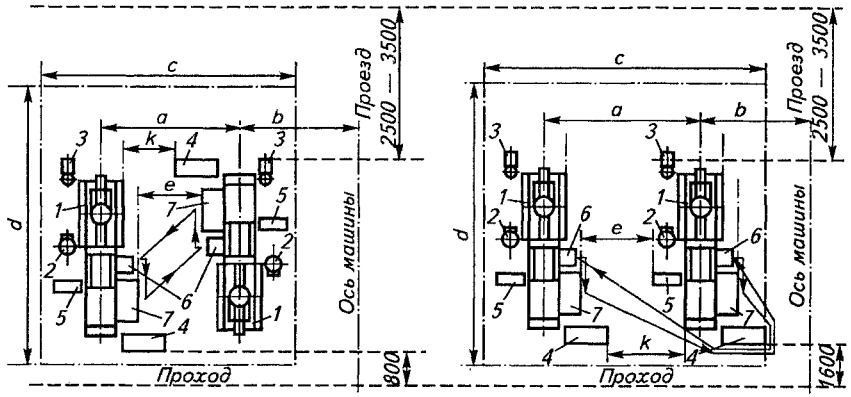


Рекомендуемое — Допустимое

1 — литьевая машина; *2* — термостатирующий агрегат; *3* — пневмозагрузчик; *4* — электрошкаф; *5* — лоток для полуфабрикатов (готовой продукции); *6* — рабочий стол

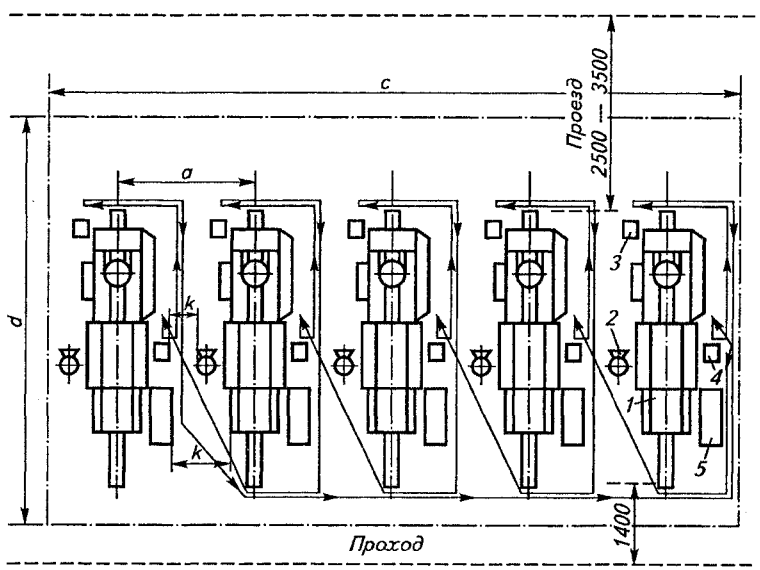
25 Г. С. Головкин

П.21.3. Расположение на рабочем месте двух литьевых машин с двумя электрошкафами (группа III) и оргоснастки



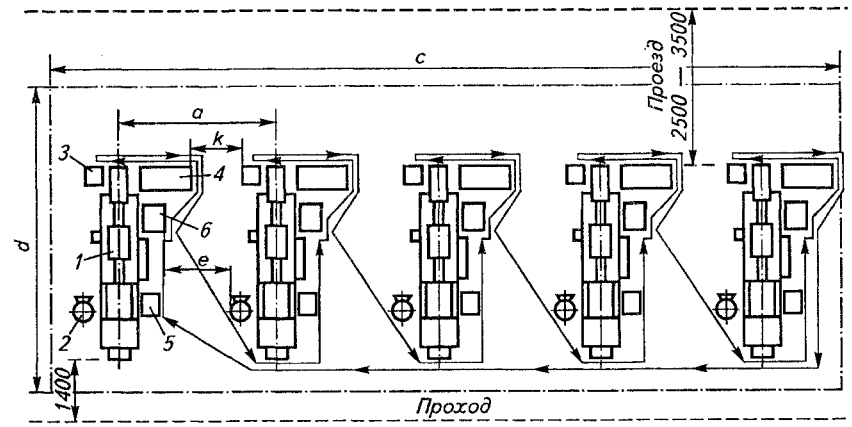
1 — литьевая машина; *2* — термостатирующий агрегат; *3* — пневмозагрузчик; *4, 5* — электрошкафы; *6* — лоток для полуфабрикатов (готовой продукции); *7* — рабочий стол

П.21.4. Расположение на рабочем месте пяти литьевых машин группы I и оргоснастки



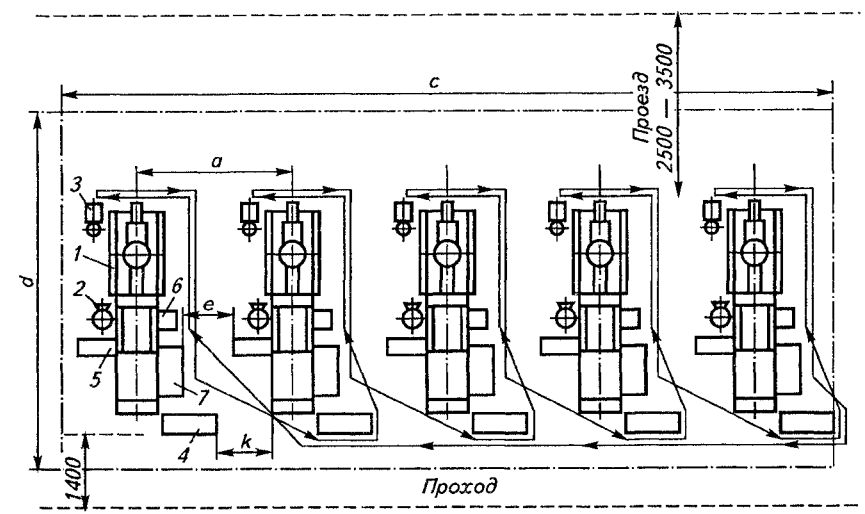
1 — литьевая машина; *2* — термостатирующий агрегат; *3* — пневмозагрузчик; *4* — лоток для полуфабрикатов (готовой продукции); *5* — рабочий стол

П.21.5. Расположение на рабочем месте пяти литьевых машин группы II и оргоснастки



1 — литьевая машина; *2* — термостатирующий агрегат; *3* — пневмозагрузчик; *4* — электрошкаф; *5* — лоток для полуфабрикатов (готовой продукции); *6* — рабочий стол

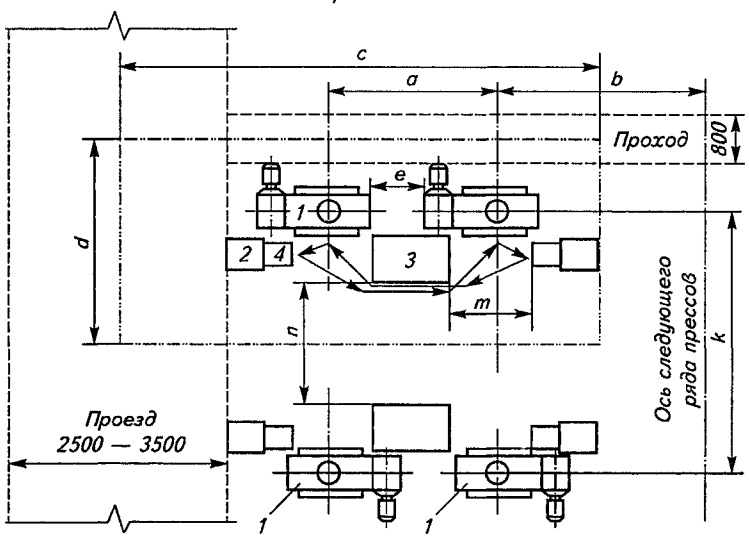
П.21.6. Расположение на рабочем месте пяти литьевых машин группы III и оргоснастки



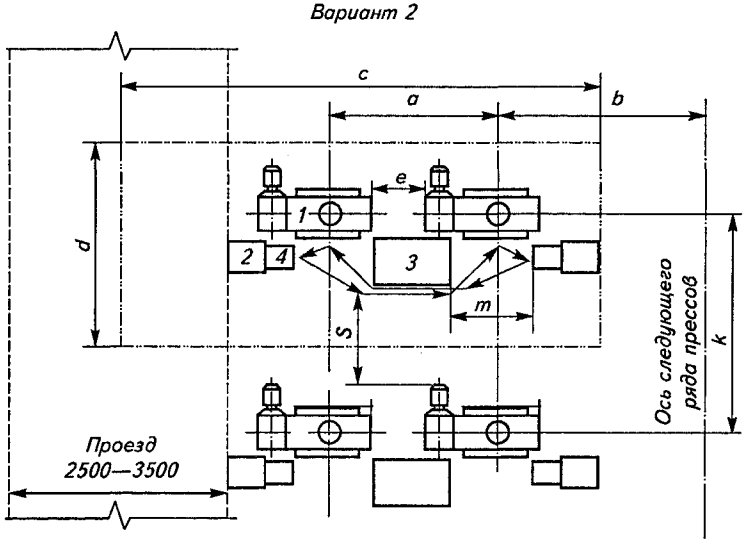
1 — литьевая машина; *2* — термостатирующий агрегат; *3* — пневмозагрузчик; *4, 5* — электрошкафы; *6* — лоток для полуфабрикатов (готовой продукции); *7* — рабочий стол

П.21.7. Расположение на рабочем месте прессов-полуавтоматов с группой оснащения I: один рабочий стол на два пресса, ВЧУ со столом на каждый пресс

Вариант 1



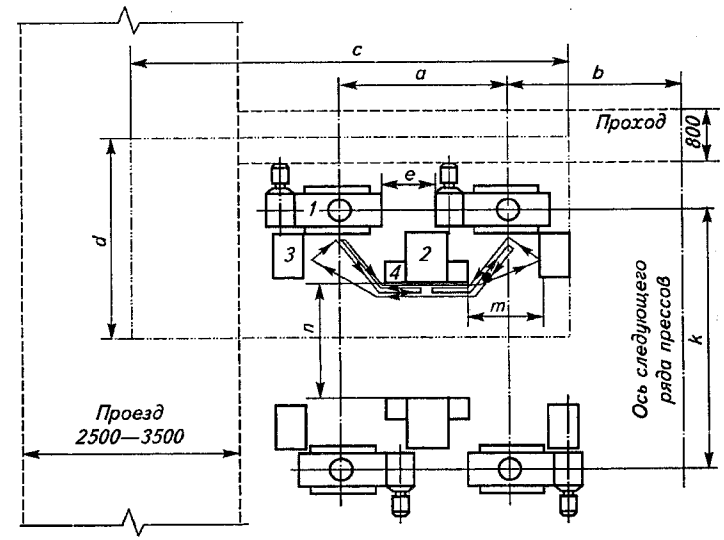
Вариант 2



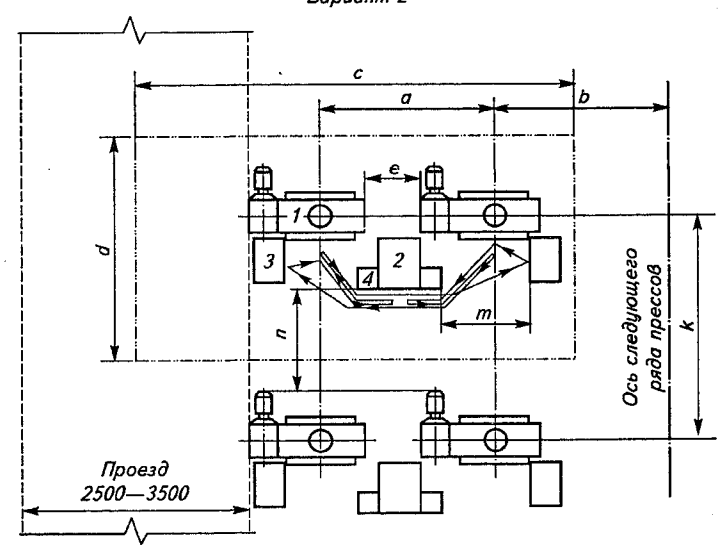
1 — пресс-полуавтомат; *2* — высокочастотная установка (ВЧУ); *3* — рабочий стол к прессам; *4* — рабочий стол к ВЧУ

П.21.8. Расположение на рабочем месте прессов-полуавтоматов с группой оснащения II: рабочий стол у каждого пресса; одна ВЧУ (каждая с двумя столами) на два пресса

Вариант 1

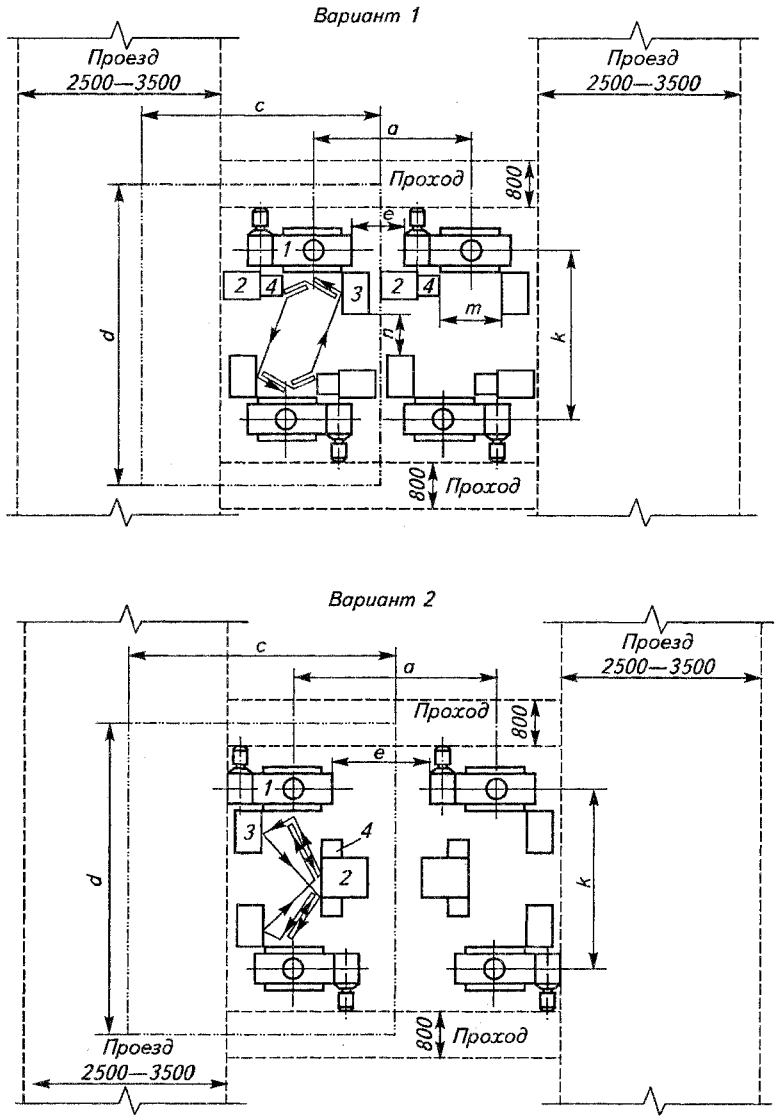


Вариант 2



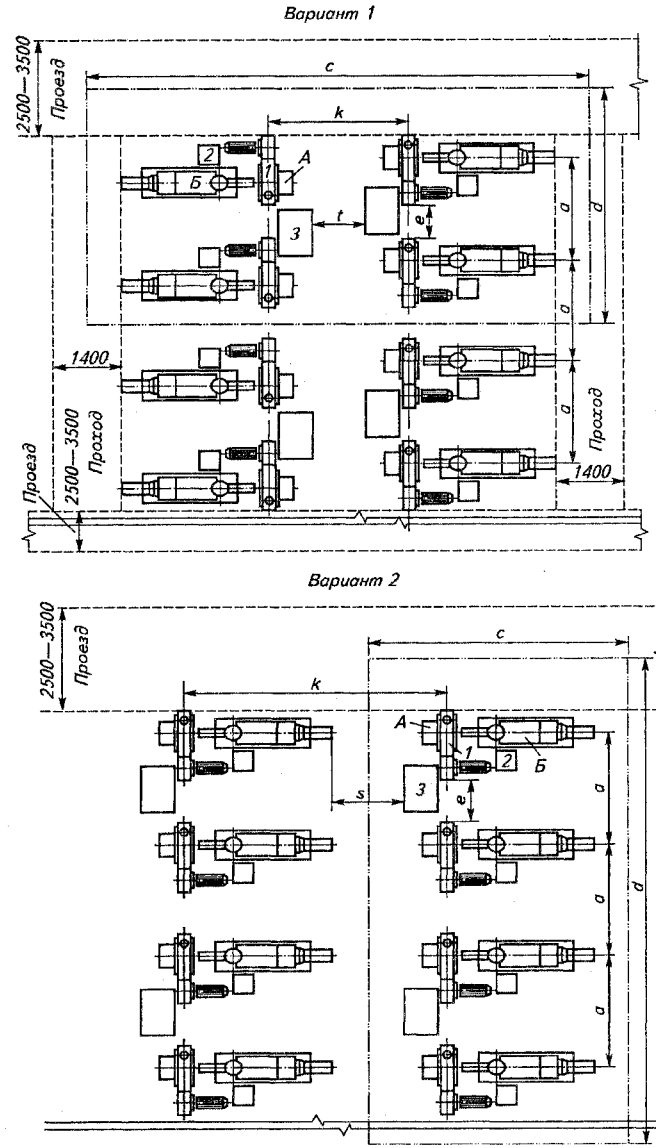
1 — пресс-полуавтомат; *2* — высокочастотная установка (ВЧУ); *3* — рабочий стол к прессу; *4* — рабочий стол к ВЧУ

П.21.9. Расположение на рабочем месте прессов-полуавтоматов с группой оснащения III: у каждого пресса рабочий стол и ВЧУ со своими рабочими столами



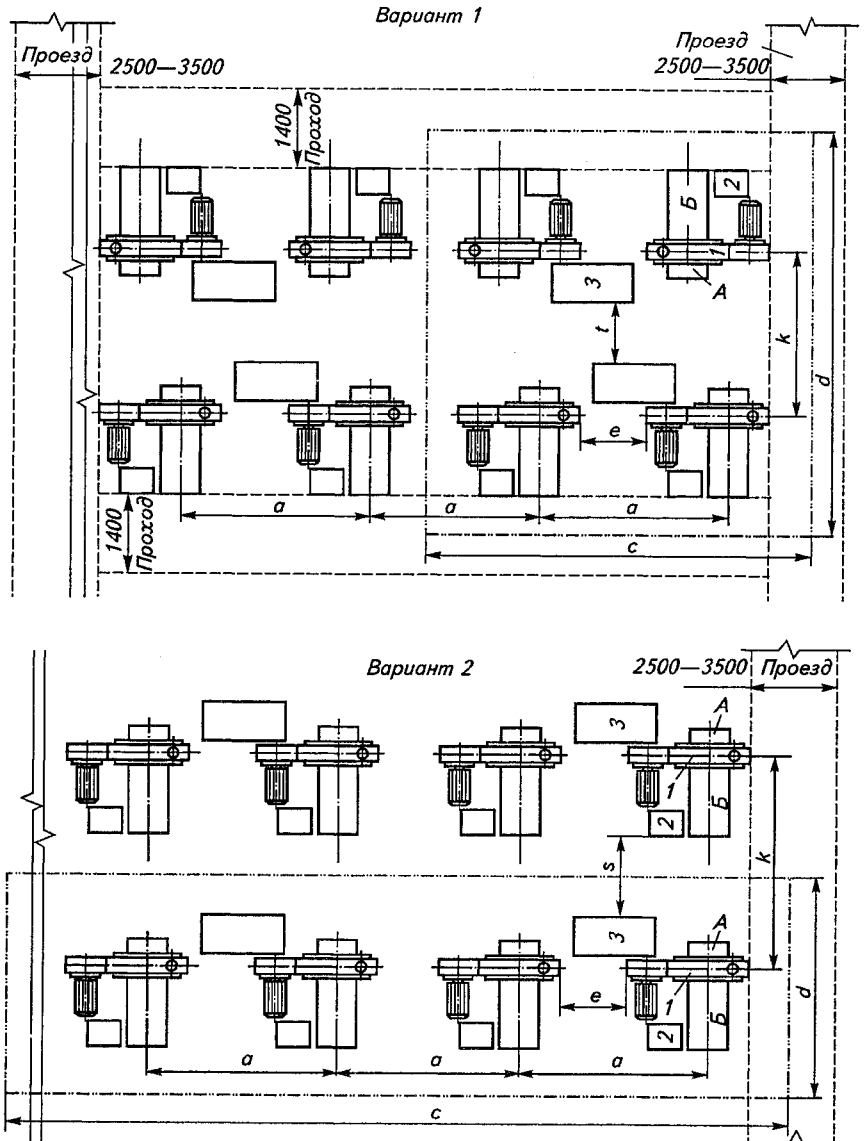
1 — пресс-полуавтомат; *2* — высокочастотная установка (ВЧУ); *3* — рабочий стол к прессу; *4* — рабочий стол к ВЧУ

П.21.10. Расположение на рабочем месте прессов-автоматов с порошковой приставкой (устройство для автоматической загрузки порошковой композиции в пресс-формы)



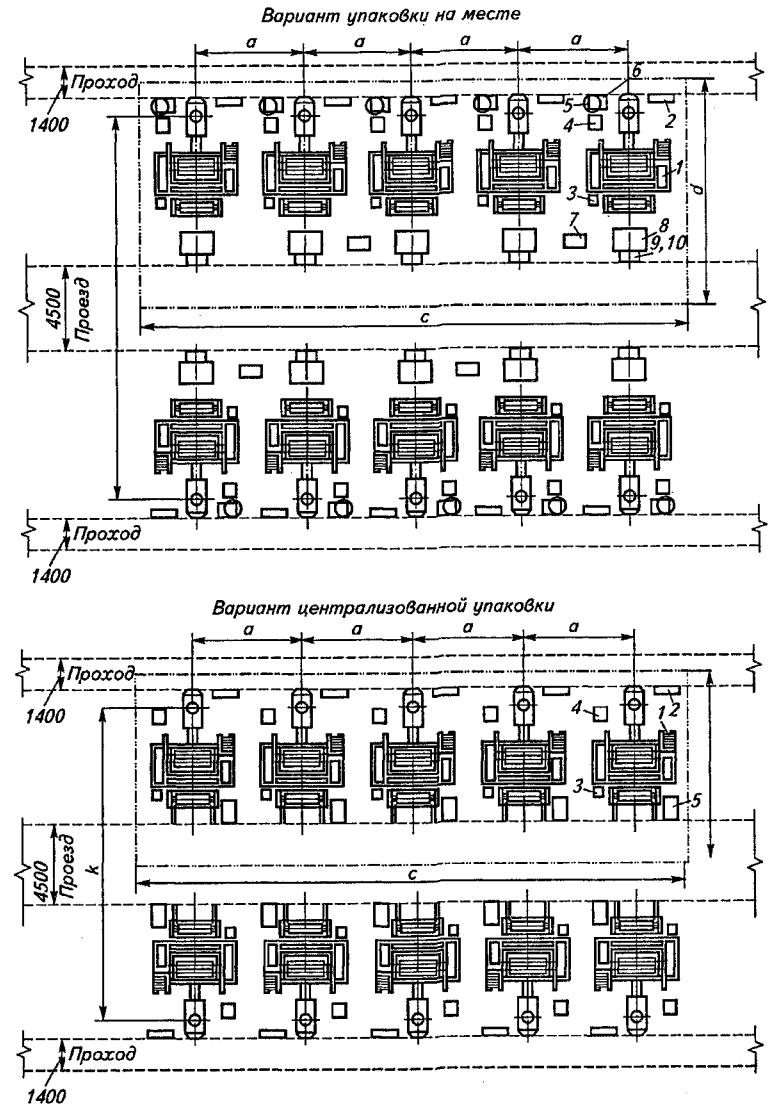
1 — пресс-автомат (*А* — устройство для выгрузки изделий; *Б* — порошковая приставка); *2* — винтовой загрузчик; *3* — рабочий стол (один на два пресса в обоих вариантах)

П.21.11. Расположение на рабочем месте прессов-автоматов со шнековой приставкой



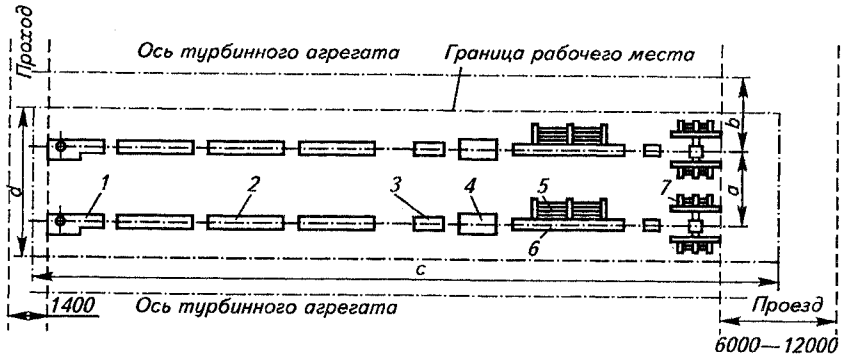
1 — пресс-автомат (*А* — устройство для выгрузки изделий; *Б* — шнековая приставка); *2* — винтовой загрузчик; *3* — рабочий стол (один на два пресса в обоих вариантах)

П.21.12. Расположение на рабочем месте агрегатов для производства пленки



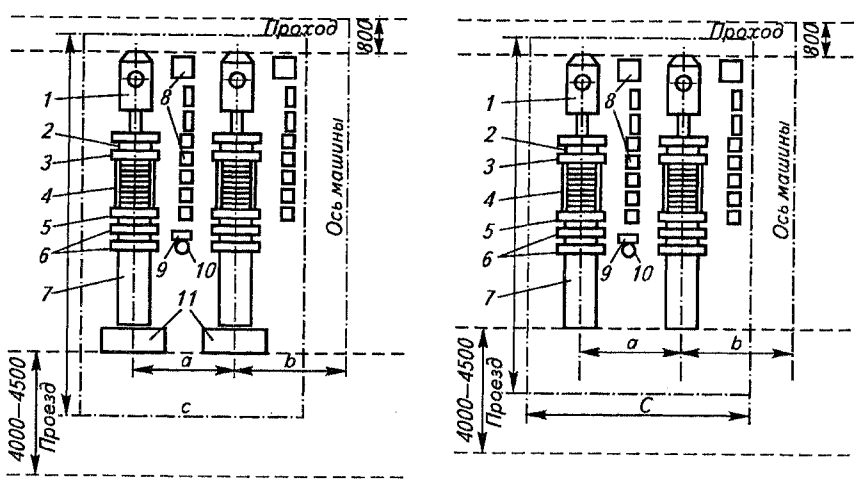
1 — агрегат для производства пленки УРП-1500; *2* — шкаф управления нагревом; *3* — пульт управления; *4* — установка подогрева и подсушки гранул; *5* — пневмозагрузчик производительностью 200 кг/ч (в варианте централизованной упаковки *5* — стол оператора); *6* — контейнер для сырья; *7* — стол оператора; *8* — стол для упаковки рулонов; *9* — весы; *10* — подставка под весы

П.21.13. Расположение на рабочем месте агрегатов для производства труб



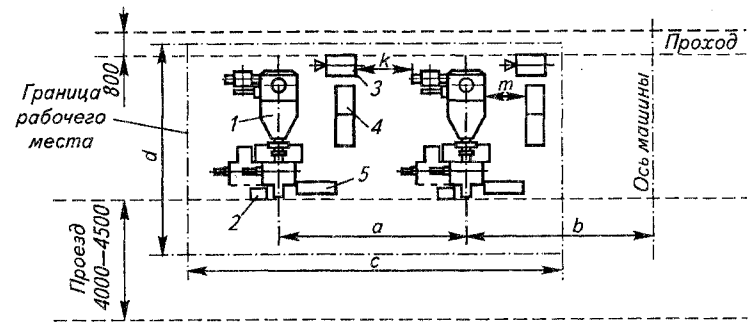
1 — червячный пресс; *2* — охлаждающее устройство; *3* — тянущее устройство; *4* — отрезное устройство; *5* — пакетирующее устройство; *6* — приемное устройство; *7* — намоточное устройство

П.21.14. Расположение на рабочем месте листовальных агрегатов (вариант упаковки на месте)



1 — червячный пресс ЧП-150; *2* — глянцующее устройство; *3* — сглаживающий каландр К-1500; *4* — рольганг; *5* — тянущий механизм; *6* — ножницы; *7* — укладчик листов; *8* — пульт управления; *9* — рабочий стол; *10* — стул; *11* — стол упаковки

П.21.15. Расположение на рабочем месте выдувных агрегатов



1 — выдувной агрегат; *2* — лоток для облоя; *3* — трансформатор; *4* — электрошкаф; *5* — рабочий стол

П.22. ТИПОВАЯ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ОПЕРАЦИЙ ПРИ ФОРМОВАНИИ СТЕКЛОПЛАСТИКОВЫХ ИЗДЕЛИЙ МЕТОДАМИ КОНТАКТНОГО ФОРМОВАНИЯ И ПРЕССОВАНИЯ

П.22.1. Контактное формование

Подготовка

1. Очистить форму от остатков заполимеризовавшейся смолы, грязи, пыли.
2. Зашпатлевать форму в местах повреждений.
3. Нанести на рабочие поверхности формы разделительный слой; выдержать до высыхания 2—3 ч.
4. Проверить качество нанесения разделительного слоя.
5. Установить в форму и закрепить металлическую арматуру (в случае необходимости).

Раскрой стеклоткани

Раскроить стеклоткань в соответствии с рекомендациями инструкции.

Приготовление связующего

Подготовить и смешать компоненты связующего в соответствии с инструкцией.

Формование

1. Нанести связующее на рабочие поверхности.
2. Уложить на форму сухую стеклоткань и прибить сухой кистью по форме до появления связующего на лицевой поверхности. т.е. до полной пропитки (при наличии воздушных пузырей равномерным простукиванием сухой кистью от центра к периферии добиться полного их удаления), продолжить формование в указанной последовательности до укладки последнего слоя (число переходов зависит от набора раскроенной ткани в пакете).
3. Выдержать 24 ч.

Съем изделия

Снять изделие с формы.

Контроль изделия

1. Подвергнуть изделие наружному осмотру (отсутствие расслоений, непропитанных мест и т.д.).
2. Проверить толщину изделия.

Термообработка

Произвести термообработку через 1 сут после съема по установленному режиму с последующим контролем изделия.

П.22.2. Прессование

Подготовка

1. Очистить резиновый чехол от натеков заполимеризовавшейся смолы, пыли.
2. Очистить полуформы, промыть горячей водой с мылом и протереть насухо чистой ветошью.
3. Нанести на рабочие поверхности формы разделительный слой; выдержать до высыхания при 30—40 °С в течение 30—40 мин.

Раскрой стеклоткани

Раскроить стеклоткань в соответствии с рекомендациями инструкции.

Приготовление связующего

Подготовить и смешать компоненты в соответствии с инструкцией.

Формование

1. Пропитать раскроенную стеклоткань связующим.
2. Выложить слои на резиновом чехле (стыки слоев равномерно разнести по контуру изделия).
3. Установить части матрицы над резиновым чехлом; собрать их; скрепить матрицу с плитой.
4. Подать в чехол воздух под давлением 0,15—0,30 МПа, затем перекрыть кран и отсоединить форму от воздушной системы.
5. Установить форму в термокамеру, нагреть до заданной температуры, выдержать в течение 2 ч.
6. Извлечь форму из термокамеры.

Съем изделия

1. Снять давление в резиновом чехле.
2. Отсоединить форму от плиты и извлечь резиновый чехол.
3. Разъединить полуформы и раскрыть форму.

Контроль изделия

1. Подвергнуть изделие наружному осмотру (отсутствие складок, расслоений, непропитанных мест и т.д.).
2. Проверить толщину изделия.

Термообработка

Произвести термообработку через 1 сут после съема по установленному режиму с последующим контролем изделия.

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Автоматизированные производства изделий из композиционных материалов / В.С. Балакирев, А.А. Большаков, А.В. Заев и др.; Под ред. В.С. Балакирева. — М.: Химия, 1990. — 240 с.

Армированные пластики: Справочное пособие / В.А. Бунаков, Г.С. Головкин, Г.П. Машинская и др.; Под ред. Г.С. Головкина, В.И. Семенова. — М.: МАИ, 1997. — 404 с.

Балабанов А.Н. Технологичность конструкций машин. — М.: Машиностроение, 1987. — 336 с.

Басов Н.И., Любартович В.А., Любартович С.А. Контроль качества полимерных материалов / Под ред. В.А. Брагинского. — 2-е изд., перераб. — Л.: Химия, 1990. — 112 с.

Буланов И.М., Воробей В.В. Технология ракетных и аэрокосмических конструкций из композиционных материалов: Учебник для вузов. — М.: МГТУ, 1998. — 516 с.

Волоконная технология переработки термопластичных композиционных материалов / Г.С. Головкин, В.А. Гончаренко, В.П. Дмитренко и др.; Под ред. Г.С. Головкина. — М.: МАИ, 1993. — 232 с.

Воробей В.В. Технология производства конструкций из композиционных материалов: Учебное пособие для вузов. — М.: МАИ, 1996. — 184 с.

Головкин Г.С., Дмитренко В.П. Научные основы производства изделий из термопластичных композиционных материалов. — М.: РУСАКИ, 2005. — 472 с.

Гуль В.Е., Кулезнев В.Н. Структура и механические свойства полимеров: Учебник для вузов. — 4-е изд., перераб. и доп. — М.: Изд-во «Лабиринт», 1994. — С. 288—298.

Гурова Т.А. Технический анализ и контроль производства пластмасс: Учебное пособие для вузов. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Высшая школа, 1980. — 200 с.

Допуски и посадки: Справочник. В 2-х т. — Л.: Машиностроение. Т. 1, 1982, 544 с.; Т 2, 1983, 448 с.

Единая система технологической подготовки производства. — М.: Издательство стандартов, 1984. — 360 с.

Забашта В.Ф. Технологическая подготовка производства конструкций из композиционных материалов. — Киев: Техника, 1993. — 147 с.

Зайцев Н.Л. Экономика промышленного предприятия. Практикум: Учебное пособие для вузов. — М.: ИНФРА-М, 2001. — 192 с.

Изделия из пластмасс: Справочное руководство по выбору, применению и переработке / С.Г. Балянский, М.Л. Кацевман, Е.Б. Файнштейн и др.; Под ред. А.Я. Малкина и М.Л. Кербера. — М.: НПКП «Радиапласт», 1992. — 201 с.

Калинчев Э.Л., Саковцева М.Б. Выбор пластмасс для изготовления и эксплуатации изделий: Справочное пособие. — Л.: Химия, 1987. — 416 с.

Кириллова Э.И., Шульгина Э.С. Старение и стабилизация термопластов. — Л.: Химия, 1988. — 240 с.

Кисиль Е.К. Основы экологии и техники безопасности при переработке пластмасс: Учебное пособие для вузов / Под ред. С.К. Абрамова. — Ростов-на-Дону.: РИАТМ, 1993. — 47 с.

Кривов Г.А., Лупкин Б.В. Механическая обработка полимерных композиционных материалов резанием. В кн.: Технология производства изделий и интеграль-

ных конструкций из композиционных материалов в машиностроении / Под ред А.Г. Братухина, В.С. Боголюбова, О.С. Сироткина. — М.: Готика, 2003. — С. 219—290.

Крысин В.Н., Крысин М.В. Технологические процессы формования, намотки и склеивания конструкций. — М.: Машиностроение, 1989. — 240 с.

Литьевое оборудование для переработки пластмасс отечественного и зарубежного производства: Каталог / Составители А.Е. Вардомская, А.Г. Марков. — М.: НПО «Технология», 1991. — 204 с.

Менеджмент систем качества: Учебное пособие для вузов / М. Г. Круглов, С.К. Сергеев, В.А. Такташов и др. — М.: ИПК «Издательство стандартов», 1997. — 368 с.

Нормирование расхода материальных ресурсов в машиностроении: Справочник / Г. М. Покараев, А. А. Зайцев, О. В. Карасев и др.; Под ред. Г. М. Покараева и др. В 2-х т. — М.: Машиностроение, 1998. Т. 1 — 372 с.; Т. 2 — 399 с.

Оленев Б.А., Мордкович Е.М., Калошин В.Ф. Проектирование производств по переработке пластических масс. — М.: Химия, 1982. — 256 с.

Организация и планирование машиностроительного производства (производственный менеджмент): Учебник для вузов / К.А. Грачева, М.К. Захарова, Л.А. Одинцова и др.; Под ред. Ю.В. Скворцова, Л.А. Некрасова. — М.: Высшая школа, 2003. — 470 с.

Основы проектирования заводов по переработке пластических масс: Методич. пособие / Составители М.Л. Кербер, Е.М. Мордкович. — М.: РХТУ, 1996. — 80 с.

Основы технологии переработки пластмасс: Учебник для вузов / С.В. Власов, Л.Б. Кандырин, В.Н. Кулезнев и др. — М.: Химия, 2004. — 600 с.

Палей М.А., Романов А.Б., Брагинский В.А. Допуски и посадки. В 2-х ч.; 8-е изд., перераб. и доп. — СПб.: Политехника, 2001. — Ч. 1 — 576 с.; Ч. 2 — 608 с.

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

Производство изделий из полимерных материалов: Учебное пособие для вузов / В.К. Крыжановский, М.Л. Кербер, В.В. Бурлов, А.Д. Паниматченко. — СПб.: Профессия, 2004. — 464 с.

Ремизов Д.Д., Бочков В.С., Брагинский В.А. Допуски и посадки полимерных опор. — М.: Машиностроение, 1985. — 208 с.

Справочник по композиционным материалам. В 2-х кн. Кн. 2 / Под ред. Дж. Любина: Пер. с анг. под ред. Б.Э. Геллера. — М.: Машиностроение, 1988. — 584 с.

Справочник по технологии изделий из пластмасс / Г.В. Сагалаев, В.В. Абрамов, В.Н. Кулезнев, С.В. Власов и др.; Под ред. Г.В. Сагалаева и др. — М.: Химия, 2000. — 424 с.

Стрельцов К.Н. Переработка термопластов методами механопневмоформования. — Л.: Химия, 1981. — 232 с.

Технический контроль в машиностроении: Справочник проектировщика / В.Н. Чупырин, И.М. Дунаев, В.Г. Шолкин и др.; Под ред. В.Н. Чупырина, А. Д. Никифорова. — М.: Машиностроение, 1987. — 512 с.

Технологичность конструкции изделия: Справочник / Ю.А. Амиров, Т.К. Алферова, П.Н. Волков и др.; Под ред. Ю.Д. Амирова. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Машиностроение, 1990. — 768 с.

Технология машиностроения: Учебник для вузов. В 2-х т. Т. 1. Основы технологии машиностроения / В.М. Бурцев, А.С. Васильев, А.М. Дальский и др.; Под ред. А.М. Дальского. — 2-е изд. — М.: МГТУ, 2001. — 564 с.

Технология производства изделий и интегральных конструкций из композиционных материалов в машиностроении / В.С. Боголюбов, Г.Р. Борох, А.Г. Братухин и др.; Под ред. А.Г. Братухина, В.С. Боголюбова, О.С. Сироткина. — М.: Готика, 2003. — 516 с.

Технология производства препрегов для полимерных композиционных материалов / В.М. Виноградов, Г.С. Головкин, А.И. Горохович и др. — Уфа: УГАТУ, 1995. — 92 с.

Технология сборки самолетов: Учебник для вузов / В.И. Ершов, В.В. Павлов, М.Ф. Каширин, В.С. Хухорев. — М.: Машиностроение, 1986. — 456 с.

Филатов В.И., Корсаков В.Д. Технологическая подготовка процессов формования изделий из пластмасс. — Л.: Политехника, 1991. — 352 с.

Штучный Б.Н. Механическая обработка пластмасс: Справочник. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Машиностроение, 1987. — 152 с.

Учебное издание

Головкин Геннадий Сергеевич

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ИЗДЕЛИЙ ИЗ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Учебное пособие для вузов

Художественный редактор *В. А. Чуракова*
Технический редактор *М. В. Федорова*
Компьютерная верстка *С. И. Шаровой*
Компьютерная графика *А. Л. Бухаревой*
Корректор *Н. С. Седова*

Сдано в набор 27.02.06. Подписано в печать 19.12.06.
Формат 60×88$^{1}/_{16}$. Бумага офсетная. Гарнитура Ньютон.
Печать офсетная. Усл. печ. л. 24,5. Изд. № 046.
Тираж 1000 экз. Заказ № 2046

ООО «Издательство «КолосС»,
101000, Москва, ул. Мясницкая, д. 17.
Почтовый адрес: 129090, Москва, Астраханский пер., д. 8.
Тел. (495) 680-99-86, тел./факс (495) 680-14-63,
e-mail: koloss@koloss.ru, наш сайт: www.koloss.ru

Отпечатано с готовых диапозитивов
в ОАО «Марийский полиграфическо-издательский комбинат»
424002, г. Йошкар-Ола, ул. Комсомольская, 112

ISBN 978-5-9532-0425-5

9 785953 204255