

Министерство образования Республики Беларусь
БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра «Машины и технология обработки
металлов давлением им. С.И. Губкина»

ГОРЯЧАЯ И ЛИСТОВАЯ ШТАМПОВКА,
КУЗНЕЧНО-ШТАМПОВОЧНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ.
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ ТЕМАТИКА

Методическое пособие
по дипломному проектированию для студентов специальности
1-36 01 05 «Машины и технология обработки
материалов давлением»

Минск
БНТУ
2012

УДК [621.73+621.97]:378.147.091.313(077.8)

ББК 34.5я7

Г 67

Авторы:

*В.И. Василевич, Л.М. Давидович, Д.М. Иваницкий, Л.А. Исаевич,
В.С. Карпицкий, М.В. Кудин, М.В. Логачев, В.И. Любимов,
П.С. Овчинников, О.А. Шиманович*

Под редакцией *Л.А. Исаевича*

Рецензенты:

чл.-кор. НАН Беларуси, д-р техн. наук, профессор *А.П. Ласковнев*;
д-р техн. наук, профессор *В.Н. Ковалевский*

Г 67 Горячая и листовая штамповка, кузнечно-штамповочное оборудование. Научно-исследовательская тематика: методическое пособие по дипломному проектированию для студентов специальности 1-36 01 05 «Машины и технология обработки материалов давлением» / В.И. Василевич [и др.]; под ред. Л.А. Исаевича. – Минск: БНТУ, 2012. – 181 с.

ISBN 978-985-525-567-4.

Методическое пособие предназначено для студентов дневной и заочной форм обучения, а также руководителей дипломных проектов, специализирующихся в технологии горячей и листовой штамповки, кузнечно-штамповочном оборудовании и проведении научных исследований, связанных с обработкой материалов давлением. В данной работе изложены вопросы, решение которых должно найти отражение в дипломном проекте, указан объем, содержание и правила оформления проекта, приведены методики разработки технологических процессов и конструкции оборудования, а также расчета технологических параметров и экономической эффективности с указанием рекомендуемой литературы и необходимых форм для заполнения полученными данными.

УДК [621.73+621.97]:378.147.091.313(077.8)

ББК 34.5я7

ISBN 978-985-525-567-4

© БНТУ, 2012

1 НАЗНАЧЕНИЕ И ХОД ВЫПОЛНЕНИЯ ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТА

Дипломный проект является квалификационной работой студента, предназначенной для объективного контроля степени сформированности знаний, умений и навыков решать задачи профессиональной деятельности, установленные образовательным стандартом специальности и предусматривающие проектирование технологического процесса, оборудования или проведение научных исследований, которые отвечают требованиям задания к дипломному проектированию. Проект должен быть выполнен с учетом самого передового опыта, прогрессивных технологий и новейших достижений в области горячей и холодной штамповки, а также производства кузнечно-прессовых машин, обеспечивающих улучшение технико-экономических показателей проектируемой или модернизируемой машины по сравнению с существующими аналогами. В используемых для этого организационно-технических решениях необходимо стремиться к наименьшим затратам при заданной производственной программе выпуска продукции, рациональному расходу материалов, минимизации потребляемой энергии, увеличению производительности оборудования за счет повышения его быстроходности и средств автоматизации. При этом должное внимание следует уделить повышению надежности и долговечности проектируемых машин за счет их рациональной конструкции и выбора конструкционных материалов, снижению трудоемкости и себестоимости изготовления продукции, обеспечению безопасных условий труда и промсанитарии, соблюдению экологических требований. В проекте должны быть учтены действующие стандарты, нормативы и технические условия на изготовление деталей.

Дипломное проектирование является завершающим этапом обучения в вузе и выполняется после сдачи студентом всех семестровых экзаменов и зачетов по изучаемым дисциплинам, лабораторным работам и производственным практикам, защиты

всех курсовых работ и проектов, получения зачета по преддипломной практике и оценки по государственному экзамену.

Студент выполняет проект самостоятельно. Для руководства дипломным проектированием назначается руководитель от кафедры «Машины и технология обработки металлов давлением» и дополнительно два консультанта от соответствующих кафедр: по организации и экономике производства, по охране труда. Кроме того, для оценки соответствия выполненного проекта действующим стандартам, нормам и техническим условиям осуществляется нормоконтроль одним из назначенных преподавателей кафедры.

Руководитель дипломного проекта руководит преддипломной практикой студента, консультирует его и осуществляет контроль выполнения им календарного графика, утвержденного кафедрой. Для этого руководитель обязан предварительно составить задание к дипломному проектированию, разработать совместно со студентом календарный график работы над проектом и контролировать его выполнение, а также рекомендовать студенту необходимую литературу.

Ответственность за принятые в дипломном проекте решения, качество его исполнения и своевременное выполнение проекта несет автор (студент-дипломник).

Для контроля за соблюдением календарного графика работы над проектом кафедрой создаются рабочие комиссии (не менее трех преподавателей в каждой), которые оценивают ритмичность работы студента-дипломника (не менее трех раз в течение периода дипломного проектирования). Комиссии проверяют соответствие выполненного объема работ календарному графику. Результаты проверки докладывают на заседании кафедры и передают в деканат. Выводы рабочих комиссий являются основой для принятия решения о возможности допуска студента к защите дипломного проекта.

Законченный дипломный проект, подписанный студентом, консультантами и преподавателем, осуществляющим нормоконтроль, представляется руководителю, который подписывает его и

составляет отзыв. После этого проект и отзыв руководителя передаются на утверждение заведующему кафедрой, который с учетом выводов рабочей комиссии решает вопрос о возможности допуска студента к защите дипломного проекта. Допущенный к защите проект направляется заведующим кафедрой на рецензирование. С содержанием полученной рецензии студент должен быть ознакомлен до защиты дипломного проекта.

Работа над дипломным проектом и его защита должны выявить техническую и экономическую подготовку студента, глубину его теоретических знаний и практических навыков, умение ставить и решать инженерные задачи в области технологии горячей или листовой штамповки, а также кузнечно-прессового оборудования.

Порядок защиты дипломного проекта определяется Положением о Государственных экзаменационных комиссиях высших учебных заведений Республики Беларусь (утверждено приказом Министра образования Республики Беларусь от 27.06.1997 № 365).

2 ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ К ДИПЛОМНОМУ ПРОЕКТУ

Дипломный проект состоит из пояснительной записки объемом 90–120 листов формата А4 и графической части, содержащей 10–12 листов формата А1. В объем графической части должны входить рабочие чертежи деталей проектируемого объекта, выполненные на 1–2 листах формата А1.

2.1 Требования к оформлению пояснительной записки дипломного проекта

Пояснительная записка к дипломному проекту включает:

- титульный лист (приложение 1);
- задание к дипломному проектированию;
- реферат, оформленный в соответствии с ГОСТ 7.9 (приложение 2);
- ведомость объема дипломного проекта;
- содержание;
- введение;
- изложение разделов проекта, предусмотренных заданием к дипломному проектированию (описание, расчеты и т. д.);
- выводы;
- список использованных источников (ГОСТ 7.1);
- приложение (текстовую конструкторскую документацию, предусмотренную заданием – спецификации, технологические карты и т. д.).

Пояснительная записка выполняется в соответствии с ГОСТ 2.105 и ГОСТ 2.106 и оформляется на белой бумаге формата А4 (210×297 мм) ГОСТ 6656.

Текст пояснительной записки выполняют с применением печатающих и графических устройств вывода ЭВМ шрифтом Times New Roman Cyr черного цвета с высотой символов 14 пт через полтора интервала.

Содержание включают в общее количество листов пояснительной записки. Слово «содержание» записывают в виде заголовка симметрично тексту с прописной буквы. Наименования, включенные в содержание, записывают с абзацевого отступа строчными буквами, начиная с прописной.

Пояснительную записку составляют по формам 9 и 9а (ГОСТ 2.106). Расстояние от рамки формы до границ текста в нача-

ле и в конце строк должно быть не менее 5 мм, а от верхней или нижней строки текста до верхней или нижней рамки должно быть не менее 10 мм. Абзацный отступ составляет 15–17 мм.

Текст пояснительной записки должен быть разделен на разделы, нумеруемые арабскими цифрами без точки. Каждый раздел пояснительной записки следует начинать с нового листа. Разделы состоят из подразделов. Подразделы должны иметь нумерацию в пределах каждого раздела. Номер подраздела состоит из номера раздела и подраздела, разделенных точкой. В конце номера подраздела точки не ставят. Например: 1.3 – третий подраздел первого раздела. Заголовки разделов и подразделов записывают с абзацного отступа, с прописной буквы, без точки в конце, не подчеркивая. Переносы слов в заголовках не допускаются. Если заголовок состоит из двух предложений, их разделяют точкой. Разделы, как и подразделы, могут состоять из одного или нескольких пунктов. Они проставляются в пределах каждого подраздела. Номер пункта проставляется аналогично номеру подраздела. Например: 1.3.1 – первый пункт третьего подраздела первого раздела. Пункты, как правило, заголовков не имеют.

Расстояние между заголовком и текстом должно быть равно 3–4 одинарным интервалам. Расстояние между заголовком раздела и подраздела должно быть равно 2–3 одинарным интервалам.

При оформлении пояснительной записки следует применять стандартизованные единицы физических величин, их наименование и обозначение должно соответствовать ГОСТ 8.417.

Наряду с единицами СИ, при необходимости, в скобках допускается указывать единицы ранее применявшихся систем, разрешенных к применению. Применение в пояснительной записке разных систем обозначения физических величин не допускается. В обозначении единиц физических величин точку как знак сокращения не ставят.

Недопустимо отделять единицу физической величины от числового значения (переносить их на разные строки или страницы).

Округление числовых значений величин до первого, второго, третьего и т. д. десятичного знака для различных типоразмеров, марок и т. п. изделий одного наименования должно быть одинаковым. Например, если градация толщины стальной горячекатаной ленты 0,25 мм, то весь ряд толщин ленты должен быть указан с таким же количеством десятичных знаков, например 1,50; 1,75; 2,00.

Дробные числа необходимо приводить в виде десятичных дробей, за исключением размеров в дюймах, которые следует записывать $1/4''$; $1/2''$.

Оформление формул

В формулах в качестве символов следует применять обозначения, установленные соответствующими государственными стандартами.

Все имеющиеся в пояснительной записке формулы должны быть пояснены. Пояснения обозначений, символов и числовых коэффициентов, если они не пояснены ранее в тексте, следует приводить непосредственно под формулой в той же последовательности, в какой они даны в формуле. Первая строка расшифровки должна начинаться со слова «где» без двоеточия после него.

Формулы, следующие одна за другой и не разделенные текстом, разделяют запятой.

Переносить формулы на следующую строку допускается только на знаках выполняемых операций, причем знак в начале следующей строки повторяют. При переносе формулы на знаке умножения применяют знак « \times ».

Формулы должны нумероваться сквозной нумерацией арабскими цифрами, которые записывают на уровне формулы справа в круглых скобках. Ссылки в тексте на порядковые номера формул дают в скобках, например, в формуле (1). Допускается нумерация формул в пределах раздела. В этом случае номер формулы состоит из номера раздела и порядкового номера формулы, разделенных точкой, например (2.1).

Оформление рисунков

Все рисунки, входящие в пояснительную записку, должны быть выполнены в соответствии с требованиями стандартов ЕСКД и пронумерованы арабскими цифрами сквозной нумерацией. Если рисунок один, то он обозначается «Рисунок 1».

Допускается нумеровать рисунки в пределах раздела. В этом случае номер рисунка состоит из номера раздела и порядкового номера рисунка, разделенных точкой. Например, Рисунок 2.1.

При ссылках на рисунок следует писать «... в соответствии с рисунком 1» при сквозной нумерации и «... в соответствии с рисунком 2.1» при нумерации в пределах раздела.

Рисунки должны иметь наименование и, при необходимости, могут иметь пояснительные данные (подрисовочный текст). Слово «Рисунок» и наименование помещают после пояснительных данных и располагают следующим образом: Рисунок 2.1 – Пресс кривошипный.

Оформление таблиц

Цифровой материал, как правило, оформляют в виде таблиц, которые следует нумеровать арабскими цифрами сквозной нумерацией.

Допускается нумеровать таблицы в пределах раздела. В этом случае номер таблицы состоит из номера раздела и порядкового номера таблицы, разделенных точкой.

Слово «Таблица» указывают один раз слева над первой частью таблицы, над другими частями пишут слова «Продолжение таблицы...» с указанием номера таблицы.

При наличии заголовка таблицы его располагают следующим образом: Таблица 3 – Физические свойства огнеупорных материалов. Точка в конце заголовка таблицы не ставится.

На все таблицы должны быть приведены ссылки в тексте, при ссылке следует писать слово «таблица...» с указанием ее номера.

Заголовок граф и строк таблицы следует писать с прописной буквы, а подзаголовки граф – со строчной, если они составляют одно предложение с заголовком, или с прописной, если они имеют самостоятельное значение. В конце заголовков и подзаголовков граф таблицы точки не ставят. Заголовки и подзаголовки граф указывают в единственном числе.

Высота строк таблицы должна быть не менее 8 мм. Графу «Номер по порядку» в таблицу не включают. При необходимости нумерации показателей, параметров и т. д. порядковые номера указывают в боковике таблицы перед их наименованием.

В тексте пояснительной записки не допускается:

– применять для одного и того же понятия различные научно-технические термины;

– применять сокращения слов, кроме установленных правилами русской орфографии и соответствующими государственными стандартами;

– сокращать обозначения единиц физических величин, если они употребляются без цифр, за исключением единиц физических вели-

чин в головках и боковиках таблиц и в расшифровках буквенных обозначений, входящих в формулы и рисунки.

В тексте пояснительной записки, за исключением формул, таблиц и рисунков, не допускается:

- применять математический знак минус (–) перед отрицательными значениями величин (следует писать слово «минус»);

- применять знак «диаметра» для обозначения диаметра (следует писать слово «диаметр»). При указании размера или предельных отклонений диаметра на чертежах, помещенных в тексте документа, перед размерным числом следует писать знак «диаметр»;

- применять без числовых значений математические знаки, например, > (больше), < (меньше), = (равно), ≥ (больше или равно), ≤ (меньше или равно), ≠ (не равно), а также знаки № (номер), % (процент);

- применять индексы стандартов, технических условий и других документов без регистрационного номера.

Список использованных источников следует оформлять на отдельном листе. Заголовок необходимо располагать по центру и писать с прописной буквы без точки в конце. Ссылки в тексте на использованные источники приводят в квадратных скобках.

Сведения об источниках следует располагать в порядке появления ссылок на источник в тексте пояснительной записки и оформлять в соответствии с ГОСТ 7.1.

2.2 Требования к выполнению сборочных чертежей

Сборочный чертеж должен содержать:

- а) изображение сборочной единицы, дающее представление о расположении и взаимной связи составных частей, соединяемых по данному чертежу, и обеспечивающее возможность осуществления сборки и контроля сборочной единицы. Допускается на сборочных чертежах помещать дополнительные схематические изображения соединения и расположения составных частей изделия;

- б) размеры, предельные отклонения и другие параметры и требования, которые должны быть выполнены или проконтролированы по данному сборочному чертежу. Необходимо указывать, в качестве справочных размеров, размеры деталей, определяющие характер сопряжений;

в) указания о характере сопряжения и методах его осуществления, если точность сопряжения обеспечивается незадаанными предельными отклонениями размеров, а подбором, пригонкой и т. п., а также указания о выполнении неразъемных соединений (сварных – ГОСТ 2.312, паяных ГОСТ 2.313 и др.);

г) номера позиций составных частей, входящих в изделие;

д) габаритные размеры изделия;

е) установочные, присоединительные и другие необходимые справочные размеры;

ж) техническую характеристику изделия (при необходимости);

з) координаты центра масс (при необходимости).

При указании установочных и присоединительных размеров должны быть нанесены:

– координаты расположения, размеры с предельными отклонениями элементов, служащих для соединения с сопрягаемыми изделиями;

– другие параметры, например, для зубчатых колес, служащих элементами внешней связи, модуль, количество и направление зубьев.

На сборочном чертеже допускается изображать перемещающиеся части изделия в крайнем или промежуточном положении с соответствующими размерами. Если при изображении перемещающихся частей затрудняется чтение чертежа, то эти части допускается изображать на дополнительных видах с соответствующими надписями, например: «Крайнее положение каретки поз. 5».

На сборочном чертеже изделия допускается помещать изображение пограничных (соседних) изделий («обстановки») и размеры, определяющие их взаимное расположение.

Составные части изделия, расположенные за обстановкой, изображают как видимые. При необходимости допускается изображать их как невидимые.

Предметы «обстановки» выполняют упрощенно и приводят необходимые данные для определения места установки, методов крепления и присоединения изделия. В разрезах и сечениях «обстановку» допускается не штриховать.

Если на сборочном чертеже необходимо указать наименования или обозначения изделий, составляющих «обстановку», или их элементов, то эти указания помещают непосредственно на изображении «обстановки» или на полке линии-выноски, проведенной от

соответствующего изображения, например: «Автомат давления (обозначение)»; «Патрубок маслоохладителя (обозначение)» и т. п.

Сборочные чертежи следует выполнять, как правило, с упрощениями, соответствующими требованиям стандартов ЕСКД (ГОСТ 2.109, ГОСТ 2.315 и т. д.).

На сборочных чертежах допускается не показывать:

- фаски, скругления, проточки, углубления, выступы и другие мелкие элементы;

- зазоры между стержнем и отверстием;

- крышки, щиты, кожухи, перегородки и т. п., если необходимо показать закрытые ими составные части изделия. При этом над изображением делают соответствующую надпись, например: «Крышка поз. 5 не показана»;

- видимые составные части изделий или их элементы, расположенные за сеткой, а также частично закрытые впереди расположенными составными частями.

На сборочных чертежах, включающих изображения нескольких одинаковых составных частей (колес, опорных катков и т. п.), допускается выполнять полное изображение одной составной части, а изображения остальных частей – упрощенно в виде внешних очертаний.

Сварное, паяное, клееное и тому подобное изделие из однородного материала в сборе с другими изделиями в разрезах и сечениях штрихуют в одну сторону, изображая границы между деталями изделия сплошными основными линиями.

На сборочном чертеже все составные части сборочной единицы нумеруют в соответствии с номерами позиций, указанными в спецификации этой сборочной единицы. Номера позиций наносят на полках линий выносок, проводимых от изображений составных частей.

Номера позиций располагают параллельно основной надписи чертежа вне контура изображения, группируют в колонку или строчку по возможности на одной линии и наносят на чертеже, как правило, один раз. Допускается повторно указывать номера позиций одинаковых составных. Размер шрифта номеров позиций должен быть на один-два номера больше, чем размер шрифта, принято для размерных чисел на том же чертеже.

Допускается делать общую линию-выноску с вертикальным расположением номеров позиций:

– для группы крепежных деталей, относящихся к одному и тому же месту крепления. Если крепежных деталей две и более и при этом разные составные части крепятся одинаковыми крепежными деталями, то количество их допускается проставлять в скобках после номера соответствующей позиции и указывать только для одной единицы закрепляемой составной части, независимо от количества этих составных частей в изделии;

– для группы деталей с отчетливо выраженной взаимосвязью, исключаяющей различное понимание, при невозможности подвести линию-выноску к каждой составной части.

2.3 Требования к выполнению спецификаций

В спецификацию вносят составные части, входящие в специфицируемое изделие, а также конструкторские документы, относящиеся к этому изделию и к его неспецифицируемым составным частям. Составляют ее на отдельных листах на каждую сборочную единицу, комплекс и комплект на формах 1 и 1а ГОСТ 2.106.

Спецификация в общем случае состоит из разделов, которые располагают в следующей последовательности:

- 1) документация;
- 2) комплексы;
- 3) сборочные единицы;
- 4) детали;
- 5) стандартные изделия;
- 6) прочие изделия;
- 7) материалы;
- 8) комплекты.

Наличие тех или иных разделов определяется составом специфицируемого изделия. Наименование каждого раздела указывают в виде заголовка в графе «Наименование» и подчеркивают.

В разделе «Стандартные изделия» записывают изделия, примененные по стандартам:

- межгосударственным;
- государственным;
- отраслевым;

– предприятий.

В пределах каждой категории стандартов запись необходимо производить по группам изделий, объединенных по их функциональному назначению (например, подшипники, крепежные изделия, электротехнические изделия и т. п.), в пределах каждой группы – в алфавитном порядке наименований изделий, в пределах каждого наименования – в порядке возрастания обозначений стандартов, а в пределах каждого обозначения стандарта – в порядке возрастания основных параметров или размеров изделия.

В раздел «Прочие изделия» вносят изделия, примененные по техническим условиям. Запись изделий необходимо производить по группам, объединенным по их функциональному назначению; в пределах каждой группы – в алфавитном порядке наименований изделий, а в пределах каждого наименования – в порядке возрастания основных параметров или размеров изделия.

В раздел «Материалы» вносят все материалы, непосредственно входящие в специфицируемое изделие.

Графы спецификаций заполняют в соответствии с ГОСТ 2.106, ГОСТ 2.201 и классификатором ЕСКД.

3 ТЕХНОЛОГИЯ ГОРЯЧЕЙ ШТАМПОВКИ

В качестве тем дипломного проекта по технологии горячей штамповки могут быть:

- кузнечно-штамповочный цех (КШЦ), участок завода по выпуску определенной продукции;
- специализированный кузнечно-штамповочный цех (участок) завода по выпуску определенной продукции.

Графическая часть проекта включает:

- технологический раздел, в котором должны быть представлены чертежи деталей и поковок-представителей, выбранных для разработки техпроцесса горячей штамповки, переходов штамповки, сборочные чертежи штамповой оснастки (6–8 листов формата А1), а также рабочие чертежи штампов (1 лист формата А1);
- специальную конструкторскую разработку (2–3 листа формата А1);
- план проектируемого цеха или участка (1 лист формата А1).

Содержательная часть расчетно-пояснительной записки должна включать: общую, технологическую, организационно-техническую, специальную части, охрану труда, требования экологии, экономическую часть и выводы по проекту.

3.1 Общая часть проекта

Введение. Краткое освещение вопросов прогрессивности процессов обработки металлов давлением, используемых в проектируемом цехе. Сопоставление его с базовым предприятием. Характеристика базового цеха (прототипа), изделий, выпускаемых этим цехом, масштаб выпуска, применяемое оборудование, технологические процессы, инструмент. Цель проекта. Предполагаемые изменения сравнительно с базовым цехом в технологии, оборудовании, механизации, планировке, организации и т. д. Предполагаемые благоприятные результаты предлагаемого в проекте варианта ресурсосберегающих технологий сравнительно с показателями работы базового цеха в смысле сокращения трудовых и материальных затрат и увеличения производительности.

Исходные данные для проектирования. Проектирование кузнечно-штамповочного производства может основываться на методе укрупненного или детального расчета. Первый применяется при проектировании КШЦ массового или серийного производства с

большой номенклатурой изготавливаемых поковок, второй – для цехов и участков с небольшой номенклатурой поковок.

Порядок выполнения дипломного проектирования методом укрупненного расчета заключается в следующем:

- все поковки, изготавливаемые ковкой и горячей штамповкой, входящие в комплект выпускаемого изделия, делят по принципу однородности технологии, типу и мощности технологического оборудования, приблизительно близкие по массе, размерам, форме и другим признакам на 10–15 групп и сводят данные в таблицу (форма 1, приложение 4);

- из всей номенклатуры поковок выбираются типовые представители, изготавливаемые на различном оборудовании (при выборе типовых представителей предпочтение отдают поковкам, изготовление которых возможно с применением более рациональных технологических процессов: штамповка на горизонтально-ковачной машине (ГКМ), выдавливание, закрытая штамповка на кривошипном горячештамповочном прессе (КГШП) и молотах и др.);

- для каждой выбранной поковки-представителя разрабатывается подробный технологический процесс ее изготовления и производится нормирование штамповочных операций;

- используя эти данные, далее по укрупненным показателям и соответствующим формулам производят необходимые расчеты технологической части проекта.

При детальном методе проектирования все расчеты выполняются на основании подробно разработанных технологических процессов всех штампованных поковок, входящих в комплект изделия.

Основой для проектирования цеха или участка горячей штамповки является годовая производственная программа. В задании к проектированию годовая производственная программа задается укрупненно, т. е. указывается количество комплектов штампованных поковок, и оформляется по форме 2 (приложение 4). Количество запасных частей устанавливается на основании существующих норм расхода запасных частей или особых указаний в задании к проектированию с приложением спецификации запасных частей и указанием их годового выпуска. При укрупненном проектировании количество запасных частей задают в пределах 5–20 % от заданной годовой производственной программы по трудоемкости или по числу комплектов штампованных поковок. При детальном проекти-

ровании годовую производственную программу цеха (участка) оформляют в виде спецификации по форме 3 (приложение 4).

Краткое описание проектируемого цеха [1, 2]. Назначение проектируемого цеха. Характеристика выпускаемых цехом изделий. Производственная программа цеха. Сводная ведомость технологических процессов (номенклатуры цеха). Тип производства, класс цеха. Участки цеха, уровень их специализации. Марки и сортамент материала, подвергаемого обработке. Типы используемого в цехе оборудования и штампов. Механизация и автоматизация основных и вспомогательных операций в цехе. Подъемно-транспортные средства. Тип здания, природно-климатические условия района строительства. Учет при проектировании вопросов техники безопасности, промышленной санитарии и требований гражданской обороны (ГО) объекта.

3.2 Технологическая часть проекта

Разработка технологических процессов [3]. Исходными данными для разработки технологического процесса являются: чертеж детали; годовой объем ее выпуска; основные сведения об используемом оборудовании (возможные варианты) для изготовления штампованной поковки (заготовки) для данной детали; нормативно-справочные материалы, каталоги оборудования, применяемого в кузнечно-штамповочном производстве.

Разработку технологического процесса производства поковок целесообразно производить в порядке следующих этапов:

- 1) анализ конструкции детали, объема ее выпуска и предполагаемого для изготовления поковки кузнечно-штамповочного и нагревательного оборудования;
- 2) выбор способа изготовления поковки для данной детали;
- 3) разработка чертежа поковки;
- 4) выбор типа исходной заготовки, расчет ее объема и размеров, определение способа и устройств для ее изготовления, а также основных технологических параметров отрезки;
- 5) выбор, обоснование и расчет переходов формоизменения заготовки;
- 6) установление температурного интервала формоизменения заготовки, выбор способа и устройств для ее нагрева, расчет основных параметров нагревательных устройств;

7) выбор технологической смазки, способа и устройств для ее нанесения на поверхности ручьев и заготовку;

8) расчет усилий и выбор ведущего кузнечно-штамповочного оборудования;

9) методика конструирования и выбор типа технологической формоизменяющей оснастки;

10) определение основных технологических параметров отделочных операций (обрезка облоя и удаление перемычек, правка, термообработка, очистка от окалины, калибровка);

11) обоснование вида термической обработки поковки (разупрочняющая и упрочняющая термообработка);

12) разработка организационных и технических мероприятий по контролю качества поковок;

13) разработка организационных и технических мероприятий по технике безопасности, охране труда и окружающей среды;

14) заполнение технологической карты.

Анализ конструкции детали, в свою очередь, предполагает: установление условий эксплуатации детали, требований к физико-механическим и технологическим свойствам материала; оценку предполагаемых технологических операций металлообработки; возможное изменение конструкции детали для упрощения обработки давлением и экономии материала; возможность замены материала для повышения технологичности обработки; изменение шероховатости поверхностей для уменьшения припусков и последующей механической обработки; возможное расчленение сложной и большой детали на части с последующей сваркой отдельных поковок; объединение в одной поковке нескольких одинаковых или разных заготовок с последующим их разделением; замену механической обработки отдельных поверхностей калибровкой.

Анализ объема выпуска детали тесно связан с выбором способов и устройств для получения нужной поковки. При индивидуальном и мелкосерийном производстве следует применять ковку, универсальный инструмент и оборудование. С увеличением объема выпуска создаются экономические условия применения более совершенных высокоэффективных способов обработки давлением, технологической оснастки и кузнечно-штамповочного оборудования, обеспечивающих высокое качество поковок, минимальные отходы

материала, большую производительность, значительную стойкость штампов и оптимальные условия труда.

Разработка техпроцесса для действующего кузнечно-штамповочного производства предполагает ориентацию исполнителя на уже функционирующее оборудование, однако не исключает выбор современных его видов, легко компонуемых с уже установленным в механизированных (автоматизированных) штамповочных линиях.

Выбор способа изготовления поковки оказывает основное влияние на весь технологический процесс, поэтому разработку этого этапа надо начинать с оценки возможности применения наиболее прогрессивного варианта штамповки и по ходу анализа вносить соответствующие изменения (например, идти от закрытой штамповки к выдавливанию, стремиться к использованию предварительно фасонированной заготовки, осуществлять формоизменение заготовок обжатием и электровысадкой, применять штамповочные автоматы и электронагрев, осуществлять штамповку поковок в разъемных матрицах, малоотходную открытую штамповку, применять прогрессивные способы отделки поковок).

При анализе возможных вариантов штамповки следует отдавать предпочтение тем, которые обеспечивают высокое качество, наибольший коэффициент использования металла, благоприятные условия труда. Одним из результатов выполнения этого этапа является установление общих очертаний будущей поковки.

Разработка чертежа поковки производится на основании ГОСТ 7505–89 [4], который устанавливает наибольшие величины припусков и допусков на размеры, кузнечных напусков, отклонений формы и наименьших радиусов закругления наружных углов. При этом предполагается тщательный анализ исходных данных (чертежа готовой детали с техническими условиями).

При выборе положения и конфигурации поверхности разъема штампа следует исходить из следующих положений:

- необходимо обеспечить смыкание и свободный разъем частей штампа;

- положение плоскости разъема должно обеспечивать свободное удаление поковки из полости штампа;

- разъем в большинстве случаев следует устанавливать в плоскости двух наибольших взаимоперпендикулярных размеров поковки (отклонения допускаются в том случае, если при ином раземе

достигается снижение массы поковки, экономия на отходах в результате уменьшения периметра среза заусенца, упрощения обрезного инструмента и заготовительных переходов);

- при установлении плоскости разъема следует учитывать, что заполнение окончательного ручья штампа за счет осаживания предпочтительнее, чем заполнение его выдавливанием;

- труднозаполняемые части формы окончательного ручья (полости под тонкие и высокие ребра, бобышки и т. д.) следует располагать в верхней части штампа;

- для поковок с негоризонтальным разъемом следует увязать наклон фигуры к горизонтальной плоскости с конструкцией замка молотового штампа.

При закрытой штамповке круглых в плане поковок положение разъема, так же как и при открытой, выбирается с учетом удобства удаления поковки из штампа. Однако плоскость разъема назначают по верхней (на молотах и прессах) или по нижней (на молотах) торцевой поверхности детали, в той ее части, которая имеет наибольшую площадь поперечного сечения и вертикальные прилегающие к ней стенки.

Штампы ГKM имеют две плоскости разъема: между двумя полуматрицами и между полуматрицами и пуансоном. Поэтому при разработке чертежа поковки необходимо определить, какая часть поковки в формовочном ручье будет деформироваться в матрицах, а какая – в пуансоне.

Припуски, допуски и кузнечные напуски устанавливаются в зависимости от конструктивных характеристик поковки, приведенных в [4] (в дальнейших расчетах они будут опосредованы через исходный индекс поковки), и определяются исходя из шероховатости обработанной поверхности детали, изготавливаемой из поковки, а также в зависимости от величины размеров и массы поковки.

Припуски на механическую обработку назначаются только на обрабатываемые поверхности поковки и состоят из основной и дополнительной составляющих. Последняя (дополнительный припуск) учитывает отклонения формы поковки (смещение, изогнутость, неплоскостность, непрямолинейность и т. п.).

Основные припуски назначаются в зависимости от исходного индекса, линейных размеров обработанных деталей и шероховатости их поверхностей. При этом исходный индекс определяют в

зависимости от массы, марки стали, степени сложности и класса точности штампованной поковки.

С учетом исходного индекса и конкретных характеристик обработанных поверхностей детали (линейных размеров и шероховатости поверхности) находят значения соответствующих основных припусков, которые назначают на одну сторону номинального размера поковки (детали).

Припуски на толщину поковки, подвергаемой холодной или горячей калибровке, устанавливают с учетом особенностей формоизменения заготовки.

Дополнительные припуски, учитывающие смещение поковки, изогнутость, отклонения от плоскостности и прямолинейности, межцентрового и межосевого расстояний, определяют исходя из формы поковки, технологии ее изготовления и класса точности.

Разрешается округлять линейные размеры поковки с точностью до 0,5 мм.

Допуски и допускаемые отклонения линейных размеров поволоков назначают в зависимости от исходного индекса и размеров поковки. Причем допускаемые отклонения внутренних размеров поволоков устанавливают с обратными знаками.

Допускаемые отклонения размеров толщины, учитывающие недоштамповку, устанавливаются по наибольшей толщине поковки и распространяются на все размеры ее толщины.

Допуск размеров, не указанный на чертеже поковки, принимается равным 1,5 допуска соответствующего размера поковки с равными допускаемыми отклонениями.

Допускаемая величина смещения по поверхности разъема штампа определяется в зависимости от массы поковки, конфигурации поверхности разъема штампа и класса точности. Допускаемая величина заусенца, образовавшегося по контуру пуансона при штамповке в закрытых штампах (безоблойной), определяется в зависимости от массы и максимального размера поперечного сечения поковки по поверхности разъема.

Штамповочные уклоны устанавливают при штамповке на молотах и прессах на всех вертикальных поверхностях поволоков, а при изготовлении последних на ГКМ – на всех поверхностях выступов, углублений и сквозных отверстий, выполняемых пуансонами.

На поверхностях отверстий в поковках, изготовленных на ГКМ, штамповочный уклон не должен превышать 3° . На молотовых поковках, имеющих элементы в виде ребра, выступа, реборды с отношением их высоты к ширине более 2,5, допускается штамповочный уклон до 10° на внешней поверхности и до 12° на внутренней. Допускаемые отклонения штамповочных уклонов составляют $\pm 0,25$ их номинальной величины.

Впадины и углубления в поковке, когда их оси параллельны направлению движения одной из подвижных частей штампа, а диаметр или наименьший поперечный размер не менее 30 мм, выполняют глубиной до 0,8 их диаметра или наименьшего поперечного размера при изготовлении на молотах и прессах и до трех диаметров при изготовлении на ГКМ.

В поковке выполняют сквозные отверстия при двустороннем углублении, если при ее изготовлении их оси параллельны направлению движения одной из подвижных частей штампа, диаметр сквозного отверстия не менее 30 мм, а толщина поковки в месте пробивки не более диаметра пробиваемого отверстия.

При штамповке поковок с глухими полостями или сквозными отверстиями стремятся получить наметки возможно большего объема, что обеспечивает экономию металла и уменьшение механической обработки.

При штамповке поковок большой высоты с отверстием ограничиваются получением лишь глухих наметок без последующей пробивки перемычек. Действующий стандарт для глухих наметок устанавливает предельную глубину до 0,8 их диаметра. При этом если глухая наметка не ограничена глубиной выемки готовой детали, то полное округление вершины полости рекомендуется производить одним радиусом.

При штамповке на молотах и прессах сквозные отверстия получают путем последующей пробивки перемычек, предварительно оформляемых в ковочных штампах. Излишне толстая перемычка затрудняет пробивку отверстия, а слишком тонкая снижает стойкость кузнечных знаков.

Для двусторонней наметки рекомендуется смещать поверхность внутреннего разъема, а с ним и перемычку по отношению к поверхности внешнего разъема, что значительно облегчает центрирование

поковки в окончательном ручье, причем смещение в направлении нижней половины штампа предпочтительнее.

Чертеж холодной поковки является основным технологическим документом в цехе. Разрабатывают его на основе чистового чертежа детали.

Готовую деталь на чертеже поковки показывают штрихпунктирной линией с двумя точками, давая лишь необходимые контуры детали, наглядно показывающие наличие припуска на обработку. Подобное изображение готовой детали следует давать преимущественно в разрезах и сечениях только один раз, не повторяя его в других проекциях поковки [5].

При оформлении чертежа поковки последнюю изображают в том же положении, которое она занимает в штампе, масштаб вычерчивания 1:1. Допустимы уменьшение масштаба (1:2) при изображении крупногабаритных поволоков (свыше 750 мм) и увеличение (2:1) для поволоков сложных форм размером менее 50 мм. В случае вычерчивания поковки в масштабе 1:2 сложные сечения даются в натуральную величину.

Система простановки размеров поковки должна полностью соответствовать системе размеров детали и учитывать: исходные базы механической обработки; удобство проверки величины припуска путем сравнения размеров на чертеже поковки с размерами готовой детали; удобство проверки размеров на поковке; простоту разметки поковки при контроле. На чертеже холодной поковки не следует указывать размеры, определяющие линию разъема, сама же она изображается тонкой штрихпунктирной линией, обозначенной на концах знаком X.

Поскольку чертеж холодной поковки необходим при приеме поволоков, все размеры на нем проставляются с допусками. Технические требования к поковке устанавливаются по ГОСТ 8479–70 [6].

В первом пункте технических требований указывают группу поковки согласно предполагаемых режимов испытания и твердость материала поковки.

Во втором пункте технических требований указывают класс точности, группу стали, степень сложности поковки и исходный индекс.

Далее устанавливают возможное смещение по поверхности разъема штампов и допускаемую величину остаточного облоя, точность неоговариваемых размеров поковки (отмечают повторяемость пре-

дельных отклонений для ряда размеров поковки – на самом чертеже допускаемые отклонения размеров в этом случае опускаются).

В последующих пунктах технических требований оговариваются допускаемые отклонения от соосности непробитых отверстий (наметок) в поковках, от концентричности пробитых отверстий, по изогнутости, неплоскостности и непрямолинейности (для плоских поверхностей), по радиальному биению (для цилиндрических поверхностей). Отмечаются допускаемые отклонения межосевого расстояния, даются допускаемые отклонения торца стержня поковки после отрезки заготовок от прутка, не подвергаемого последующей деформации при штамповке.

По мере необходимости отмечаются также необозначенные на чертеже радиусы закруглений и штамповочные уклоны. Здесь же указываются допуски на радиусы закруглений.

При предъявлении к поковке особых условий в технические требования могут быть включены также указания мест отпечатков при испытании твердости, места клеймения, мест образцов, вырезаемых для механических испытаний. В последнем случае место отбора образца для испытаний можно наносить на изображении поковки сплошной тонкой линией, а размеры образца указывать в технических требованиях чертежа.

Следует отметить, что при назначении технических требований на поковку должны быть четко проанализированы технические возможности ее изготовления.

Чертеж горячей поковки составляется по чертежу холодной и вычерчивается в том же масштабе. Номинальные размеры на чертежах горячей и холодной поковок отличаются между собой на величину тепловой усадки, разной для различных металлов и сплавов. Кроме этого, приходится учитывать неравномерность усадки отдельных (тонких и длинных быстростынущих) элементов поковки.

Для ориентировочных расчетов температуру окончания штамповки стали принимают равной 900–1000 °С, что соответствует линейной усадке примерно 1,2–1,5 %.

Размеры на чертеже горячей поковки даются без допусков, с учетом особенностей изготовления штампа и разметки шаблонов. Для этого необходимо указывать полностью все данные для построения линии разъема, проставляя от нее размеры по высоте. Для об-

легчения разметки напусков, образуемых штамповочными уклонами, следует указывать их горизонтальные отрезки.

Выбор типа исходной заготовки, расчет ее объема и размеров.

Для изготовления поковок применяют литые, катаные, прессованные, калиброванные и предварительно фасонированные заготовки.

В общем случае объем заготовки при открытой штамповке состоит из объемов поковки, облоя, клещевины, выдры и угара. При закрытой штамповке отсутствуют клещевина и облой, а при наличии компенсаторов учитывается вытесняемый в них избыток металла заготовки.

Объем поковки рассчитывают по ее номинальным размерам с добавлением к вертикальным размерам половины положительного допуска на соответствующий размер [7, 8].

Объем облоя определяют как

$$V_{об} = F_{об} L, \text{ мм}^3,$$

где $F_{об} = \kappa F_k$ – средняя площадь поперечного сечения облоя, мм^2 ;

L – периметр поковки линии разреза, мм;

F_k – площадь поперечного сечения облойной канавки, мм^2 ;

$\kappa = 0,1 \dots 0,8$ – коэффициент, учитывающий степень заполнения канавки.

Расход металла на угар при электронагреве и безокислительном нагреве – 0,5–0,8 %, при пламенном нагреве – 2 % от массы поковки. Если в процессе штамповки заготовку подогревают, то угар увеличивают еще на 50 %.

При открытой штамповке на КГШП для определения объема облоя может быть использовано выражение

$$V_{об} = V_{мост} + V_{маг} = L(vh_{об} + h^1 B), \text{ мм}^3,$$

где $V_{мост}$ – объем мостика облоя, мм^3 ;

$V_{маг}$ – объем металла в магазине облоя, мм;

$h_{об}$ – толщина мостика, мм;

v – ширина мостика, мм;

$h^1 = 2h_{об}$ – средняя толщина облоя по магазину;

B – ширина облоя в магазине. Для поковки массой до 0,5 кг принимают $B = 10$ мм, массой до 2 кг – $B = 15$ мм, при массе более 2 кг – $B = 20$ мм. При сложной форме поковки значение B удваивают.

Выбор формы поперечного сечения заготовки зависит от конфигурации поковки. Наиболее часто используют круглые или квадратные заготовки.

При штамповке в торец размеры круглой заготовки выбирают из условия $L_{\text{заг}}/D_{\text{заг}} = 1,5 \dots 2,5$. Определив $D_{\text{заг}}$, по сортаменту проката подбирают ближайшее значение диаметра, а затем уточняют длину заготовки.

При штамповке поковок плашмя рекомендуют [9] площадь поперечного сечения заготовки ($F_{\text{заг}}$) определять в пределах от $1,02S_{\text{ср}}$ до $1,3S_{\text{ср}}$, где $S_{\text{ср}}$ – площадь сечения средней расчетной заготовки по эпоре поперечных сечений.

При штамповке поковок на ГКМ диаметр исходной заготовки можно определить в зависимости от группы поковок в соответствии с требованиями [8, 9]. Расчетный диаметр заготовки уточняют до ближайшего значения по сортаменту. Затем определяют объем и длину высаживаемой части прутка.

Выбор способа и устройств для резки заготовок тесно связан с требуемым уровнем качества заготовок для штамповки. В большинстве случаев резку заготовок можно успешно осуществлять на сортовых ножницах. Из технологических параметров необходимо рассчитывать усилие резки, осевой и радиальный зазоры, усилие прижима заготовки и угол наклона прутка [7–9].

Выбор, обоснование и расчет переходов формоизменения заготовки. Для распределения металла в заготовке в соответствии с формой и размерами поковки на различном оборудовании применяется ряд заготовительных операций: в молотовых штампах протяжка, подкатка, пережим и пр.; вальцовка, периодическая прокатка, поперечная прокатка клиновым инструментом, комбинированные операции и т. д.

При многоручевой штамповке на молотах наиболее трудоемки и нерациональными являются заготовительные переходы – протяжка и подкатка. Выполнение протяжки и подкатки на КГШП из-за их конструктивных особенностей затруднительно и в большинстве случаев вообще невозможно. В связи с этим в кузнечном производстве целесообразно распределение металла и профилирование заготовки осуществлять на специализированном оборудовании.

Необходимое сочетание заготовительных переходов в значительной степени зависит от величины площадей поперечных сече-

ний поковки с учетом площади поперечного сечения облоя и соотношения этих величин. Представление о характере изменения суммарных площадей поперечных сечений поковки S_n с облоем $S_{об}$ дает расчетная заготовка и ее эпюра сечений, методика подробного построения и расчета которых освещена в работах [7–9].

Выбор рационального сочетания операций при штамповке поковки имеет свои особенности для каждого конкретного случая ее изготовления. Тем не менее, следует при выборе операций рекомендовать следующий порядок действий: определить форму поковки и произвести набор возможных переходов при ее изготовлении по классификации поковок [7–9].

При штамповке поковок с удлиненной осью на паровоздушном штамповочном молоте (ПШМ) и КГШП следует произвести построение расчетной заготовки и эпюры сечений по существующей методике [7–9]; осуществить выбор рационального сочетания заготовительных ручьев молотовых штампов, предназначенных для распределения металла заготовки, на основании диаграммы « α – β » по методике [7–9]; предусмотреть возможность выполнения заготовительных операций на ковочных вальцах, ГКМ и другом оборудовании; разработку технологического процесса вальцовки заготовок под последующую штамповку производить в соответствии с методикой [10–12]; в условиях крупносерийного и массового производства целесообразно для производства некоторых поковок применять в качестве профилированной заготовки периодический прокат; произвести выбор штамповочных ручьев.

При производстве поковок на молотах могут иметь место следующие варианты применения штамповочных ручьев: только окончательного; предварительного и окончательного; заготовительно-предварительного и окончательного.

При штамповке на кривошипных прессах поковок удлиненных форм деформирование заготовки в каждом ручье происходит за одно обжатие, вследствие чего применение предварительного ручья, обеспечивающего получение промежуточной плавной формы, оправдано почти во всех случаях. Исключение составляет лишь штамповка поковок с простой формой поперечных сечений, когда заготовительными операциями – вальцовкой, периодической прокаткой и т. д. – обеспечивается достаточно совершенное распределение металла.

Для поковок, штампуемых плашмя, заготовка может быть штучной или рассчитанной на несколько поковок (мерной) в зависимости от ее размеров и параметров применяемого оборудования. В этом случае при ее выборе следует пользоваться методикой, изложенной в работах [7–9].

При штамповке поковок круглых и квадратных в плане (штамповка осадкой в торец) следует [7–9]: выбрать заготовительные ручки; проанализировать возможность и целесообразность применения выдавливания; изучить возможность совмещенной штамповки; выбрать штамповочные ручки, обратив внимание на возможность безоблойной штамповки.

При штамповке поковок выдавливанием следует [7–9]: предусмотреть необходимость введения осадки в качестве первой операции; рассчитать количество штамповочных переходов; предусмотреть возможность открытого штамповочного ручья или доштамповки в открытом штампе; при штамповке поковок с полостью или сквозным отверстием предусмотреть необходимую комбинацию формовочно-прошивных, штамповочно-прошивных и прошивных ручьев.

При штамповке поковок на ГKM необходимо [7–9]: рассчитать количество наборных переходов; рассчитать необходимое количество формовочно-прошивных переходов; проанализировать необходимость применения обрезающего или отрезного ручья. Далее следует определить исходный диаметр заготовки с уточнением его по сортаменту и определить объем высаживаемой части. Здесь же обязательно должна быть предусмотрена возможность штамповки «от прутка» и определена длина штанг, поступающих на штамп.

Установление температурного интервала штамповки. Современная технология горячей объемной штамповки требует безокислительного нагрева заготовок, доведения до минимума обезуглероженного слоя, обеспечения высокой культуры нагрева.

Этим условиям наиболее полно отвечает индукционный нагрев, имеющий ряд технологических преимуществ перед обычным пламенным (нагрев заготовок с минимальной окалиной, обеспечение постоянства температуры и любого темпа нагрева, быстрый пуск и остановка нагревателя, возможность механизации и автоматизации процессов нагрева, культура нагрева и т. п.).

Конечная структура и механические свойства деформированного металла зависят от термомеханического режима горячей штампов-

ки, определяемого наряду с температурой обработки такими основными факторами, как степень, скорость деформации и вид напряженного состояния в процессе обработки.

Температурный интервал штамповки при этом играет основную роль: максимальная температура нагрева обеспечивает наивысшую пластичность обрабатываемого металла, а минимальная температура в конце штамповки предотвращает нежелательный рост зерен. Главными факторами, определяющими указанный допустимый интервал температур штамповки, являются химический состав сплава и его физические свойства. Необходимый интервал температур штамповки определяется временем, нужным для выполнения данной операции, и лежит в пределах допустимого. Температурный интервал для штамповки легированных и высоколегированных сталей устанавливают по таблицам [9, 13].

Целесообразно снижать верхнюю границу температурного интервала штамповки из-за необходимости уменьшения чрезмерного окалинообразования и обезуглероживания металла, а также обеспечивать окончание штамповки при температуре, близкой к температуре рекристаллизации сплава (рациональный температурный интервал).

Выбор технологической смазки при штамповке. Технологическая смазка при горячей штамповке применяется с целью снижения трения и усилия деформирования, охлаждения инструмента и предотвращения его разупрочнения, улучшения качества поверхности изделий при уменьшении износа инструмента.

В современном кузнечно-штамповочном производстве применяют: солевые смазки (водный раствор поваренной и других солей с концентрацией от 5 % до насыщенного); масляные смазки, состоящие из масел с добавкой 20–40 % наполнителей (графит, дисульфид молибдена и др.); водные суспензии графита (от 5 до 40 %) с добавкой стабилизирующих веществ (сульфитный щелок, жидкое стекло и др.); водные растворы органических соединений с добавкой графита и различных стабилизирующих веществ; стеклосмазки и эмали, которые играют еще и защитную роль.

Графит, входящий в состав жидких смазок, обладает наибольшей способностью разделять трущиеся поверхности. Смазка в виде суспензии графита в масле остается наиболее распространенной, несмотря на один ее большой недостаток – образование дыма и за-

грязнение штампа продуктами сгорания. На ряде заводов в качестве бездымной смазки применяется сульфатноспиртовая барда, являющаяся отходом целлюлозно-бумажного производства.

В этой части проекта необходимо, руководствуясь соответствующими рекомендациями, обосновать выбор конкретных технологических смазок, способа и устройства нанесения смазки на заготовку и на поверхность ручьев штампа.

Выбор ведущего кузнечно-штамповочного оборудования и расчет потребных усилий штамповки. Усилие штамповки является определяющим при выборе соответствующего оборудования, однако в некоторых случаях оно должно подбираться исходя из условия размещения в штамповом пространстве технологической оснастки.

Массу падающих частей (кг) паровоздушного молота двойного действия для штамповки в открытых штампах рассчитывают, пользуясь рекомендациями [13–14]. Те же источники позволяют правильно выбрать усилие КГШП и другого ведущего оборудования. Затем по соответствующему стандарту приводится техническая характеристика выбранного оборудования.

Методика конструирования технологической формоизменяющей оснастки. Выбор оптимального варианта конструкции штампа является важнейшим этапом разработки технологического процесса. Конструирование штампов включает два основных вопроса: конструирование штамповочных и заготовительных ручьев штампа; конструирование штампа.

В зависимости от оборудования, на котором производится штамповка (ПШМ, КГШП, ГКМ и т. д.), и количества ручьев необходимо рассмотреть вопросы возможного разделения операций, выноса заготовительных и завершающих операций на специальные или более производительные виды кузнечно-штамповочного оборудования, одновременной штамповки нескольких заготовок, использования заготовок из периодического проката и др. Следует обратить внимание на возможность производства поковки методом малоотходной штамповки.

Конструирование ручьев молотового штампа. Исходными данными для конструирования ручьев молотового штампа являются:

- чертеж поковки (инспекционный чертеж поковки);
- чертеж горячей поковки;

- расчетная заготовка и эпюра сечений;
- вид и размеры исходной заготовки;
- параметры облойной канавки.

Размеры окончательного штамповочного ручья соответствуют размерам горячей поковки. В плоскости разреза окончательного ручья конструктивно выполняется облойная канавка, размеры которой выбираются по таблице [7, 8]. Предварительный штамповочный и заготовительно-предварительный ручьи также изготавливаются по чертежам горячей поковки соответствующих переходов.

Размеры, отличные от чертежа горячей поковки, проставляются на чертеже штампа. При необходимости конструируются клещевая выемка и литниковая канавка. Следует помнить, что для поковок, круглых в плане, клещевая выемка может выполняться в виде «лыски» и служить только для захвата поковок за облой, литниковая канавка в этом случае отсутствует, и обмер ручья производится шаблоном. В ряде случаев литниковая канавка может быть заварена, и на чертеже ее следует показывать штрихпунктирными линиями. Клещевая выемка может выполняться сплошной для предварительного и окончательного штамповочных ручьев.

Заготовительные ручьи молотового штампа следует конструировать в соответствии с рекомендациями [7, 8]. Необходимо обратить внимание на то, что для различного типа поковок применяются разные высадочные ручьи: высадочный ручей для удлиненных в плане поковок и высадочный ручей для поковок круглых и квадратных в плане.

Отрубной передний нож имеет большую производительность, но при его использовании возможен зажим поковки между штампом и станиной молота, задний – меньшую производительность (в этом случае возможность зажимов исключается).

Конструирование молотового штампа. При конструировании молотового штампа следует решить следующие вопросы:

1. *Взаимное расположение штамповочных ручьев.* Если окончательный штамповочный ручей расположен в центре штампа (центр ручья совпадает с центром штампа), то ось верхней гравюры предварительного штамповочного ручья следует сместить относительно нижней на величину перекоса. Окончательный и предварительный штамповочный ручей необходимо располагать по обе стороны от центра штампа, причем центры ручьев должны лежать на одной линии с центром штампа, окончательный – на расстоянии $1/3$, предва-

рительный – на $2/3$ от общего расстояния между ручьями. Для уменьшения сдвига это расстояние должно быть минимальным (его необходимо проверить по толщине стенки между гравюрами ручьев). Труднозаполняемые участки ручья следует располагать в верхнем штампе ближе к клещевине. Рекомендуется проверить возможность сближения штамповочных ручьев за счет их поворота для сокращения площади штампа и удобства передачи поковки из ручья в ручей.

2. *Порядок расположения ручьев на зеркале штампа.* Ручьи должны располагаться в порядке технологического процесса – первый со стороны нагревательного устройства, допускается изменение направления движения поковки по зеркалу штампа только один раз [7, 8, 15, 16].

3. *Установить метод уравнивания сдвигающих усилий.* Наиболее экономичный – сдваивание поковок («валетом»). При штамповке одной поковки следует изменять расположение линии разъема путем ее наклона или конструировать контрзамок.

4. *Установить расстояние между ручьями и отдельными их элементами* между ручьем и клещевой выемкой, между гравюрами поковок при многоштучной штамповке [7, 8].

5. *Установить габариты штампа* в соответствии с размерами и расположением ручьев, площадью поверхности соударения (300 см^2 на 1 т массы падающих частей) и площадью опорной поверхности хвостовика (450 см^2 на 1 т массы падающих частей). Установить возможное смещение центра штампового кубика относительно центра штампа (последнее должно быть не более допустимого). Проверить высоту штампа в соответствии с глубинами ручьев и возможностью его восстановления. Проверить массу верхнего штампа.

Габариты штампа проверить по размерам штампового пространства молота и установить размеры крепежных деталей (хвостовик, шпонка, клин).

6. *Составить чертеж штампа.* Данный чертеж выполняется контурными линиями со всеми необходимыми разрезами и сечениями, простые сечения можно накладывать на чертеж. Все размеры следует проставлять от контрольного угла, включая разметку осей штампа и ручьев, за исключением глубины выемки под клещевину, которая размечается от края фигуры ручья, и ширины заготовительного ручья открытого типа, расположенного с противоположной стороны от контрольного угла. Размеры штамповочных ручьев на

чертеже штампа не проставляются, указывается чертеж горячейковки (чистой и черновой), по которому они изготовлены, проставляются размеры, отличные от указанных чертежей. Для нормализованных облойных канавок проставляются размеры только ширины мостика и магазина и глубины последнего. Размеры стандартного хвостовика и шпоночного паза не проставляются, указываются их номера по стандарту. Допуски на размеры и шероховатость поверхностей указываются в технических условиях.

При конструировании штампа следует проверить возможность применения вставок для штамповочных и гибочных ручьев, а также изготовления отдельных ручьев в виде вкладышей.

Марку штамповой стали и сталей для отдельных деталей штампа подобрать в зависимости от режима работы и массы падающих частей [7, 8].

Конструирование штампов КГШП. Каждый ручей прессового штампа выполнять в отдельной паре вставок. Вставки могут быть призматические и цилиндрические (предпочтение отдавать призматическим). Необходимо предусмотреть применение вкладышей в ручьях с целью экономии штамповой стали.

Основные положения конструирования штамповочных ручьев те же, что и для штампов паровоздушных молотов. Однако следует учитывать особенности штамповки на КГШП [7, 8, 15, 16]:

- горизонтальные поверхности ручьевых вставок при штамповке не должны соприкасаться;
- размеры ручьев необходимо взаимно увязывать так, чтобы окончательный ручей по возможности заполнялся в процессе осадки;
- для вставок с кривой линией разъема следует предусматривать контрзамки в виде лысок во избежание смещения вставок вдоль и поперек штампа;
- на вставках без толкателей должны предусматриваться отверстия для свободного хода выталкивателей пакета;
- на каждой вставке рекомендуется выполнять два транспортных отверстия;
- в глубоких полостях штамповочных ручьев следует предусматривать газовые каналы.

При конструировании толкателей в штамповых вставках необходимо:

- увязывать стыковку толкателей с выталкивателями пакета;

– поскольку толкатели могут действовать на поковку, пленку под пробивку или облой, увязать их конструктивное взаимодействие с выталкивателями пакета;

– если необходимое расположение толкателей не совпадет с расположением выталкивателей у пакетов (блоков), то передачу им движения предусмотреть через траверсы.

При конструировании штамповочных ручьев штампов КГШП полагается:

– установить форму и размеры облойной канавки в зависимости от усилия пресса. Проверить необходимость изготовления в плоскости разъема «зон торможения» для оформления труднозаполнимых участков гравюры;

– во избежание зажимов предусмотреть изготовление наметки под отверстие с магазином (при оформлении полостей большого диаметра);

– для заполнения окончательного штамповочного ручья осадкой ширину предварительного ручья в плоскости разъема делать несколько меньше, чем в окончательном, а глубину большей;

– для круглых в плане поковок рассмотреть возможность штамповки в закрытых штампах. В этом случае следует применять буферные устройства.

При выполнении проекта следует применять нормализованные пакеты (блоки) штампов КГШП. Размеры вставок подбирать в зависимости от усилия пресса.

На чертежах изображать вид спереди на вставки в сборе (фронтальная проекция штампа в сомкнутом состоянии) со всеми необходимыми разрезами и сечениями и план низа.

При конструировании штампа КГШП для штамповки поковок, штампуемых выдавливанием (класс Б), следует в каждом конкретном случае решать вопросы:

– возможности применения универсального пакета (блока) штампов;

– возможности применения вставок стандартной формы;

– замены механических выталкивателей пресса на гидравлические для увеличения их хода;

– незначительной реконструкции деталей универсального пакета (блока).

В самом общем случае следует конструировать специальные штампы и увязывать их только с габаритами штампового пространства КГШП и его усилением.

Расчет переходов и конструирование сектор-штампов для горячей вальцовки заготовок. Данный вопрос широко изложен в работах [10–12]. Исходными данными для разработки переходов вальцовки являются чертеж поковки и эпюра ее сечений.

При разработке технологического процесса вальцовки необходимо решить следующие вопросы:

- построить чертеж вальцованной заготовки;
- определить размеры исходной заготовки;
- определить размеры вальцованной заготовки, т. е. размеры сечений и длины отдельных ее участков с учетом усадки (второй переход);
- рассчитать размеры первого «овального» перехода (размеры овалов в характерных сечениях, длины отдельных участков);
- определить усилие вальцовки первого и второго переходов, выбрать тип и размеры ковочных вальцев;
- определить размеры гравюр сектор-штампов первого и второго переходов; глубины вреза калибров, рабочие радиусы ручьев, длины отдельных участков и центральные углы;
- в соответствии с размерами валков ковочных вальцев сконструировать сектор-штампы.

Для чего необходимо: установить размеры секторов характерных участков гравюры, способ крепления сектор-штампов, углы захвата заготовки; вычертить сектора со всеми необходимыми разрезами и сечениями; сконструировать клещи.

Конструирование штампов ГКМ. Исходными данными для проектирования служит чертеж поковки. При разработке технологического процесса штамповки поковок на ГКМ необходимо решить следующие вопросы:

- установить диаметр и длину заготовки на одну поковку, а также тип заготовки в зависимости от способа штамповки и способа фиксации последней в штампе (от прутка, из штучной заготовки по упору в клещи и т. д.);
- установить тип окончательного формовочного перехода, тип разъема;
- произвести расчет и выбор формы предварительных наборных и формовочно-прошивных переходов;

- установить потребность в обрезном и отрезном ручьях;
- определить усилие штамповки и выбрать ГКМ по максимальному усилию;
- в соответствии с переходами штамповки (с учетом усадки) определить размеры ручьев штампа и конструкции отдельных его деталей и элементов;
- вычертить общий вид штампа, проставив его габаритные размеры, закрытую высоту и др.;
- выполнить рабочие чертежи деталей штампа с указанием материала, твердости, допусков на изготовление, шероховатости поверхности и т. д.

При конструировании ручьевых вставок [7, 8, 15, 16] следует помнить, что желательно выполнять все ручьи в отдельных вставках – для формовочно-прошивных и наборных переходов изготавливать вставки с буртом. Если же габариты штампового пространства не позволяют их установку, то изготавливать вставки без буртов, крепить две вставки одним болтом или объединять несколько ручьев в одну вставку. Всегда во вставках должны быть изготовлены пережимной, обрезной ручьи и отрезной нож.

Методика назначения и расчета отделочных операций горячей объемной штамповки. К отделочным операциям горячей объемной штамповки относятся: обрезка облоя и пробивка перемычек, правка поковок, калибровка поковок и очистка их от окалины.

В зависимости от материала поковки, ее размеров, последующих операций (правки) и типа производства устанавливают способ обрезки и пробивки поковок.

Горячей обрезке и пробивке подвергаются поковки; из высокоуглеродистых ($C > 0,5 \%$) и высоколегированных ($C < 0,25 \%$) сталей; крупные поковки; поковки, требующие после обрезки и пробивки горячей правки или гибки. Холодной обрезке и пробивке подвергаются мелкие и средние поковки из малоуглеродистых (до $0,5 \%$ C) и малолегированных сталей и поковки из цветных сплавов.

Далее определяют усилие обрезки и пробивки. Для горячей пробивки и обрезки применяют обрезные (двухстоечные закрытые) прессы. Номинальное усилие прессы для горячей обрезки необходимо увязать с основным кузнечным оборудованием (паровоздушные молоты, КГШП). Следует предусмотреть установку маркетного устройства для одновременной правки поковок. Для холодной обрезки применяют

одностоечные открытые кривошипные прессы и двухстоечные закрытые кривошипные прессы. Затем при необходимости конструируют штамп для обрезки облой и пробивки перемычки [16, 17].

Правку следует назначать в тех случаях, когда вследствие специфики процесса штамповки или термической обработки возможно искривление поковки (искривление при удалении из штампа, искривление при образке или транспортировке, искривление при термической обработке). Следует учитывать экономическую целесообразность правки. Наиболее производительной и экономичной является холодная правка на фрикционных молотах и прессах или на обрезных, осуществляемая после термической обработки и очистки от окалины. Особо крупные поковки (валы, оси и т. д.) требующие для правки перегиба, правят на правильных гидравлических прессах. Горячая правка на обрезных прессах наиболее целесообразна, если она производится с одного со штамповкой и обрезкой нагрева. В этом случае правка производится или в окончательном ручье молотового штампа, или в совмещенном штампе обрезного пресса, или боковым ползуном обрезного пресса в специальном штампе.

Калибровку применяют для повышения точности формы и размеров поковки, снижения шероховатости поверхности, исключения обработки поковки резанием. Различают калибровку плоскостную и объемную, а по температурным условиям – холодную и горячую. Калибровка поковок позволяет значительно повысить точность геометрических размеров. Холодную плоскостную калибровку поковок выполняют на чеканочных кривошипноколенных и винтовых прессах [7, 8]. Объемную калибровку обычно производят в горячем состоянии. Ее можно вести на штамповочных молотах, винтовых фрикционных прессах и кривошипных горячештамповочных прессах. Облой, получаемый после калибровки, обрезают в холодном состоянии. Оборудование для калибровки устанавливают сразу после штамповочного оборудования.

Одной из завершающих технологических операций изготовления штампованных поковок является очистка их от окалины, осуществляемая после термообработки поковок. В зависимости от массы, формы и размеров поковок применяют их очистку от окалины травлением в растворах кислот, в галтовочных барабанах, дробеструйную и дробеметную очистку. Из перечисленных видов очистки для

стальных поковок целесообразно использовать способ дробеметной очистки как наиболее оптимальный.

Термическая обработка поковок в кузнечно-штамповочных цехах включает разупрочняющую (первичную) и упрочняющую (вторичную) обработку. Первую проходят поковки, изготавливаемые из цементуемой углеродистой и легированной стали, а также поковки подшипниковых колец. Поковки этой группы подвергаются отжигу или нормализации. К упрочняющим видам термообработки поковок (вторичной термообработки) относят улучшение и термомеханическую обработку. Последняя в кузнечно-штамповочном производстве реализуется в виде высокотемпературной термомеханической обработки (ВТМО) или низкотемпературной термомеханической обработки (НТМО), которые могут быть использованы при поточном производстве поковок. Штамповка поковок в поточных механизированных (автоматизированных) линиях наиболее экономична, поскольку предусматривает термообработку поковок непосредственно после штамповки за счет использования остаточного ковочного тепла. Естественно, что подобный подход требует выполнения целого комплекса организационно-технических решений и может быть реализован только в современных специализированных кузнечно-штамповочных цехах [2].

Разработка мероприятий по контролю качества поковок. Наряду с производственными операциями, технологический процесс включает операции контроля. Оптимальный технологический процесс обеспечивает наилучшие режимы обработки с учетом свойств деформируемых материалов.

В сложных случаях штамповки необходимо предусматривать подготовку заготовок на ковочных вальцах или применение в качестве заготовки периодического проката с соответствующим распределением металла для устранения образования складок, зажимов и утяжин. Необходимо выполнять требования к толщине облоя, линии разъема и т. д., а также учитывать технологию обработки и конструкцию штампов. При разработке процессов автоматической штамповки необходимо предусматривать выполнение дополнительных требований к промежуточной форме и размеру поковки после предварительной штамповки для надежного ее захвата автоматическими устройствами и передачи в следующий ручей штампа.

В производственных условиях причинами брака могут быть дефекты исходного материала, дефекты заготовок при резке и нагреве, а также отклонения от установленного технологического процесса. Таким образом, даже все звенья отлаженного технологического процесса необходимо постоянно контролировать. В крупносерийном производстве целесообразен статистический контроль штампованных поковок и режимов их обработки, обеспечивающий высокое качество изделий. При этом применяют выборочный контроль или используют статистические данные. Методы контроля качества поковок определяются в зависимости от цели контроля [7–9].

Разработка организационных и технических мероприятий по технике безопасности в кузнечно-штамповочных цехах включает:

- создание безопасной конструкции штампов, содержащих необходимые элементы для подъема, транспортировки, установки и объема, крепления и наладки;

- выбор безопасного, удобного и совершенного кузнечного ручного инструмента;

- широкое применение средств автоматизации и механизации для загрузки нагревательных устройств, выдачи и транспортировки заготовок, передачи их из ручья в ручей, удаления отходов и извлечения поковок [18];

- применение высокоэффективных бездымных технологических смазок, совершенных способов и устройств для нанесения их на поверхность заготовки и штампа;

- выбор прогрессивных видов оборудования для нагрева заготовок, термообработки, очистки поковок от окалины, правки и калибровки;

- разработку организационных мероприятий по безопасности труда и охране окружающей среды.

Вопросы техники безопасности разрабатываются студентом в процессе всего проектирования принятых технологических процессов в цехе, но этим далеко не исчерпываются. Комплекс мероприятий по обеспечению безопасных условий труда, промышленной санитарии и пожарной безопасности при проектировании кузнечно-штамповочных цехов подробно освещается в работах [19, 20] и оформляется в дипломном проекте отдельным разделом, консультация по которому производится преподавателями кафедры «Охрана труда».

Заполнение технологической карты является завершающим этапом разработки технологического процесса. Наличие ее обязательно для всех поковок-представителей, технологический процесс получения которых штамповкой (ковкой) подробно разрабатывается в дипломном проекте.

3.3 Организационно-техническая часть проекта

Исходные данные. Машиностроительные заводы в большинстве своем относятся к прерывному производству. Поэтому режим работы основных их цехов прерывный, двухсменный. Однако на этих заводах имеются участки или агрегаты, которые по производственно-техническим условиям должны работать непрерывно. В этом случае для них принимается трехсменная работа (гибкие производственные модули и системы, отдельные узкие участки, уникальное оборудование, участки термообработки).

С учетом вышесказанного в расчетах при проектировании ориентируются на рабочую неделю продолжительностью 41 ч для участков и цехов с нормальными условиями работы. Номинальный годовой фонд времени в этом случае для одного рабочего и единицы оборудования составляет 2070 ч, при двухсменной работе для единицы оборудования – $2 \cdot 2070 = 4140$ ч, при трехсменной работе по прерывному режиму для единицы оборудования – $3 \cdot 2070 = 6210$ ч.

В конкретных расчетах используются значения действительного (эффективного) годового фонда времени работы оборудования, определяемого путем исключения из номинального фонда затрат времени, неизбежных для производства [1].

В практике проектирования различают годовую общую станкоемкость (T , станко-часы), необходимую для выполнения всей годовой производственной программы цеха (участка) с учетом переналадок оборудования в рабочие смены, и годовую технологическую (расчетную) станкоемкость $T_{об}$, необходимую также для выполнения всей годовой производственной программы цеха, но уже без учета этих переналадок. В связи с этим и определяется общая удельная станкоемкость $t = |T/\Pi|$ и технологическая удельная станкоемкость $t_{техн} = T_{об}/\Pi$ в часах, где Π – годовая производственная программа выпуска продукции цехом (участком) в шт. или т.

Трудовые затраты на изготовление продукции оцениваются в зависимости от круга работников, принимаемых в расчет, по трудоемкости: $T_{тр.р}$ – технологической (по только основным рабочим цеха); $T_{тр.в}$ – производственной (по основным и вспомогательным рабочим); $T_{тр.ц}$ – цеховой (по всем работающим в цехе).

При необходимости можно использовать и понятие заводской трудоемкости, составляющей долю трудовых затрат всего промышленно-производственного персонала предприятия, приходящуюся на продукцию, выпускаемую цехом. Значения этих трудоемкостей, соотнесенные с годовой производственной программой цеха, дают удельные показатели трудоемкости в часах (чел.-ч) на единицу (шт. или т) продукции цеха.

Аналогично могут быть подсчитаны показатели трудоемкости участков цеха и отдельных видов продукции (поковок, комплектов и т. д.), выпускаемых цехом. Данные для этого берут из технологических (операционных) карт.

Определение потребного количества производственного оборудования. Выбор основного производственного (ведущего) оборудования тесно связан с принятым технологическим процессом изготовления поковки, на основании данных которого выбирается тип и мощность этого оборудования. Подбор оборудования, необходимого для выполнения заданной программы, включает две стадии. Первая совпадает с проектированием технологического процесса и заключается в подборе типажа кузнечно-штамповочного оборудования по принятому способу изготовления поковок. Здесь же определяется мощность оборудования (усилие, масса падающих частей) отвечающая размерам и свойствам материала обрабатываемой поковки и условиям обработки. На второй стадии производится определение количества потребного оборудования и характеристика его загрузки.

Количество основного производственного оборудования рассчитывают двумя методами: по укрупненным показателям (метод укрупненного проектирования) и по технологическому процессу (метод детального проектирования). Применение того или иного метода определяется характером производства, видом заданной программы и глубиной проработки технологической части проекта.

Первый метод применяют при проектировании цехов индивидуального и мелкосерийного производства, когда их программа задана в виде массы поковок и имеются обобщенные показатели аналогич-

ного производства. Метод детального проектирования применяют при проектировании цехов (участков) крупносерийного и массового производства, когда производственная программа последних задается в виде спецификации поковок и имеется детальная проработка принятых технологических процессов.

Суммарная загрузка (станкоемкость, ч) производственного оборудования каждого типоразмера определяется из выражения

$$T_{об}^I = П'/Н',$$

где П' – масса в кг или число в шт. кованных или штампованных поковок, заданные программой для данного типоразмера оборудования;

Н' – часовая производительность (норма выработки) данного оборудования в кг или шт.

Принимаемая производительность горячештамповочного оборудования должна быть средней величины, отличающейся от максимальной (темповой) производительности до 30 %. Ориентировочная средняя часовая производительность (при укрупненных расчетах) КГШП и ГКМ при изготовлении поковок за один ход ползуна, т. е. в одном ручье, принимается по соответствующим таблицам [2]. При штамповке в два перехода применяется коэффициент корректировки 0,8; в три перехода – 0,75; в четыре – 0,7.

Производительность других видов кузнечно-штамповочного оборудования оценивается укрупненными показателями при сопоставлении ее с производительностью КГШП. Производительность штамповочных молотов двойного действия принимается в размере 75 % от производительности КГШП, при этом учитывается, что 1 т массы падающих частей паровоздушного молота двойного действия эквивалентна усилию (13 МН) КГШП. При штамповке на гидропрессах их производительность определяется в размере 50–70 % для обычных прессов усилием 10–63 МН и 67–85 % – для быстроходных прессов (меньшее значение принимается для более мощных прессов).

При детальных расчетах часовая производительность каждого типа оборудования может быть получена при определении норм выработки для деталей-представителей согласно разработанному для них техпроцессу (см. технологические карты). В этом случае производится разбивка технических операций на отдельные приемы, которые сводятся в таблицу (форма 4, приложение 4), при условии, что вспомогательные операции не будут сдерживать основные.

Произведенное нормирование операций позволяет затем определить норму штучного времени ($T_{шт}$) и норму выработки (H).

Необходимое количество единиц производственного оборудования каждого типоразмера определяется по формуле

$$n_p^1 = \frac{T_{об}^1}{\Phi_{об}(1-\xi)\beta} = \frac{\Pi^1}{\Phi_{об}(1-\xi)\beta} = \frac{T_{шт}^1 \Pi^1}{60\Phi_{об}(1-\xi)\beta}, \text{ шт.}, \quad (3.1)$$

где $\Phi_{об}$ – эффективный (действительный) годовой фонд времени единицы оборудования при принятой сменности работы, ч [1];

ξ – коэффициент, учитывающий потери времени работы оборудования, вызванные его переналадкой в рабочие смены;

β – коэффициент, учитывающий простои оборудования при его техническом обслуживании и частично при текущем ремонте в рабочие смены ($\beta = 0,95$). Ориентировочно принимается, что общая продолжительность переналадок единицы оборудования в течение года в рабочие смены составляет 6–13 % от $\Phi_{об}$. Меньшие значения соответствуют массовому и крупносерийному производству, большие – мелкосерийному.

Показателем, отражающим полноту использования оборудования, является коэффициент загрузки оборудования, который может быть определен двояко:

$$K_3^1 = \frac{T_{об}^1}{n_p^1 \Phi_{об}} = (1-\xi)\beta \text{ и } K_3^1 = \frac{n_p^1}{n_{\phi}^1}. \quad (3.2)$$

В приведенных формулах расчетное количество единиц определенного типоразмера (n_p^1) округляют до ближайшего большего (иногда меньшего) целого числа фактически устанавливаемого оборудования (n_{ϕ}^1). Рассчитанная загрузка оборудования должна быть в пределах допустимой [2].

Приведенный расчет оборудования ведут по каждому его типоразмеру и полученные результаты сводят в соответствующие таблицы (форма 5, приложение 4). Общее количество оборудования определяют суммированием.

Загрузку оборудования, работающего в агрегате с главной штамповочной машиной (ведущим оборудованием), определяют по производительности последней. Если же производительность комплектующих машин ниже производительности ведущего оборудования, то расчет надо вести по норме выработки, соответствующей каждой машине.

Оборудование, входящее в агрегат ведущей штамповочной машины, обычно принимают без расчета (например, нагревательные установки, ковочные вальцы, прессы горячей обрезки и пр.) из условия комплектности с ведущим оборудованием [13, 14].

Число прессов для холодной обрезки определяют исходя из условия, что холодную обрезку будут проходить все поковки, изготавливаемые на молотах с массой падающих частей до 1500 кг включительно (на прессах до 16 МН). По количеству этих поковок в программе и среднечасовому съему с единицы оборудования определяется нужное количество прессов для холодной обрезки. Иногда потребное число единиц обрезного оборудования принимается по установившемуся соотношению: один обрезной пресс – на два молота, и на три КГШП – два обрезных прессы.

Количество чеканочных прессов определяется из расчета того, что чеканке подвергается около 30–35 % всех штампуемых поковок. Прессы и молоты для холодной правки определяются из расчета того, что правку обычно проходят до 20–25 % штампуемых поковок.

Расчет оборудования цеха завершается сводной ведомостью (форма 6, приложение 4), которая обычно составляется по отделениям и участкам. Заполняют ведомость по группам оборудования. Кроме группы производственного оборудования в те же ведомости вносят, по мере его определения, остальное оборудование, устанавливаемое в цехе. При этом итоговое количество оборудования и средний коэффициент загрузки следует указывать по каждому отделению и участку и по всему цеху в целом. Отдельные виды оборудования заносятся в ведомость в порядке возрастания размеров, усилий, мощности, грузоподъемности и т. д.

Выбор типа и расчет количества нагревательных печей и устройств. Расчет нагревательных печей и устройств проводят после того, как определены тип, мощность, производительность и количество основного производственного оборудования. При проектировании необходимо установить типы нагревательных печей и устройств, и определить размеры (для печей – площадь пода) и ко-

личество нагревательных устройств в целом по цеху и для отдельных штамповочных агрегатов.

Исходные данные для расчета берут из годовой производственной программы цеха (участка), заданной в виде массы поковок. Необходимые сведения о максимальной производительности каждой единицы ковочно-штамповочного оборудования по нагреваемому металлу (т/ч) содержатся в таблицах [2, 13, 14]. Выбор типа нагревательных печей и устройств зависит от ряда факторов; типа производства, вида нагреваемого металла и размера нагреваемой заготовки, источника тепла (вида топлива).

Расчет пламенных печей (применительно к группе оборудования) сводится к определению общей площади пода по формуле

$$F^1 = \Pi_n^1 / f, \text{ м}^2, \quad (3.3)$$

где F^1 – площадь пода печи, м^2 ;

Π_n^1 – масса нагреваемого металла, кг/ч ;

f – удельная часовая производительность печи (напряженность пода), $\text{кг}/(\text{ч}\cdot\text{м}^2)$ [2, 13, 14].

Для штамповочных молотов, КГШП, ГКМ и т. п., на которых поковка штампуется с одного нагрева, величина Π_n^1 должна соответствовать часовой производительности данного штамповочного оборудования.

В случае установки печей у ковочных молотов и прессов количество печей и размеры их пода должны обеспечивать не только первичный нагрев заготовки, но и повторные нагревы и подогревы [2]. При укрупненных расчетах в этом случае принимается, что масса нагреваемого металла для ковочных молотов с массой падающих частей 1 т и выше в среднем равна 1,5–2,25 – кратной массе поковок, снимаемых с молота в час. При ковке слитков на гидравлических ковочных прессах при приближенном подсчете подов печей следует в качестве нагреваемой массы металла брать 4,5–5-кратную массу поковок, получаемых с прессы в час.

После расчета общей площади пода печей определяют их количество, подбирая стандартные типоразмеры печей по каждой группе оборудования исходя из перечисленных факторов. Результаты расчета печей сводят в соответствующую ведомость.

Расчет индукционных нагревателей сводится к выбору частоты тока в зависимости от диаметра заготовки и продолжительности

нагрева [2]. Мощность питающих генераторов определяется исходя из удельного расхода электроэнергии [2, 13, 14]. Параметры серийных нагревателей приведены в литературе [13, 14]. Все выбранные индукционные нагреватели заносят в соответствующую ведомость.

Термические печи кузнечных цехов рассчитывают укрупненно по нормативному удельному съему и годовому фонду времени [1] исходя из массы годового выпуска поковок, проходящих тот или другой вид термической обработки по формуле

$$K_T = \frac{\Pi_T^1 \cdot 1000}{F f_T \Phi_{об}}, \text{ шт.}, \quad (3.4)$$

где K_T – потребное количество печей данного типа с площадью пода печи F , (m^2);

Π_T^1 – годовая программа термически обрабатываемых поковок, т;

f_T – удельная производительность термической печи, $kg/(ч \cdot m^2)$ [2].

Расчет численности работающих. Состав работающих в цехе делится на две основные группы: рабочие и служащие. Рабочие, в свою очередь, делятся на производственных и вспомогательных, а служащие – на инженерно-технических работников (ИТР), счетно-контрольный персонал (СКП) и младший обслуживающий персонал (МОП).

Численность работающих в цехе (на участке) определяют в зависимости от вида трудоемкости (чел.-ч), используемой в расчетах и действительного (эффективного) фонда рабочего времени. Так, в частности, число основных (производственных) рабочих определяется по формуле

$$P_{пр} = \frac{T_{тр.р}}{\Phi_p}, \text{ чел.}, \quad (3.5)$$

где $\Phi_{об}$ – действительный (эффективный) годовой фонд времени одного рабочего, ч.

Число производственных рабочих в общем случае [2] при укрупненных расчетах может быть определено по трудоемкости в человеко-часах, затрачиваемой на выпуск 1 т поковок или по производительности, выраженной годовым выпуском поковок (т) на одного производственного рабочего.

При детальном проектировании для определения количества производственных рабочих необходимо знать состав бригад на разных штамповочных агрегатах [2]. Число производственных рабочих в этом случае определяется по годовой загрузке оборудования, выраженной в часах, или по количеству единиц оборудования с учетом коэффициента его загрузки и бригадности по формуле

$$P_{\text{пр}} = \frac{\Phi_{\text{об}} \cdot n_{\text{ф}}^1 \cdot K_3^1 \cdot \text{Ч}_6}{100 \cdot \Phi_{\text{р}}}, \text{ чел.}, \quad (3.6)$$

где $\Phi_{\text{об}}$ – действительный (эффективный) годовой фонд времени работы оборудования, ч;

$n_{\text{ф}}^1$ – принятое число единиц однотипного оборудования;

K_3^1 – коэффициент загрузки оборудования, % ;

Ч_6 – число членов бригады, обслуживающих данный агрегат, чел.

На основании анализа необходимого числа рабочих по обслуживанию каждого типа кузнечно-штамповочного и нагревательного оборудования определяется состав основных (производственных) рабочих.

Число вспомогательных рабочих принимается в процентном отношении от числа производственных. В зависимости от масштабов производства, уровня механизации, основных и вспомогательных работ, особенностей производственного процесса количество вспомогательных рабочих составляет 90–110 % от числа производственных.

Инженерно-технический персонал составляет примерно 8–12 %, счетно-конторский – 2–3 %, младший обслуживающий – 1–2 % от общего количества рабочих.

На основании выполненных расчетов составляется сводная ведомость работающих в цехе (форма 7, приложение 4).

Определение расхода материалов. При проектировании кузнечно-штамповочных цехов определяют расход основных и вспомогательных материалов.

При укрупненных расчетах общую годовую потребность металла (без разбивки его на марки, размеры поперечного сечения и пр.) определяют путем умножения массы поковок на коэффициенты, учитывающие потери металла, по формулам:

$$Q_m = \Pi \cdot K_{\text{рм}}, \text{ т}, \quad Q_m = \frac{\Pi}{K_{\text{им}}}, \text{ т}, \quad (3.7)$$

где $K_{\text{рм}}$ – коэффициент расхода металла, величина, обратная коэффициенту использования металла;

$K_{\text{им}}$ – коэффициент использования металла в кузнечном цехе (выход годного) – это укрупненный выход годного, определяемый отношением массы поковок к массе заготовок ($G_{\text{п}}/G_3$), колеблется в довольно широких пределах для разных кузнечно-штамповочных производств.

В некоторых случаях кроме суммарной массы металла дается его масса с разбивкой на углеродистые и легированные конструкционные, а также инструментальные стали. Это облегчает выбор оборудования для первичного отжига и нормализации поковок и составление предварительной калькуляции стоимости последних.

При детальном расчете расход металла определяют на основании данных, полученных при разработке технологических процессов изготовления отдельных поковок и деталей из них.

Расчет вспомогательных материалов обычно ведется на основании соответствующих опытных данных по нормам расхода [1]. В цехах, оснащенных ковочным оборудованием, в среднем расход вспомогательных материалов колеблется от 28 до 40 кг на 1 т выпуска. В штамповочных цехах для определения площади склада вспомогательных материалов можно воспользоваться следующими укрупненными данными их расхода на 1 т штампованных поковок: смазочные материалы, включая смазку штампов, 10 кг; промывочные материалы – 2 кг; обтирочные материалы – 0,7 кг; материалы для ремонта нагревательных установок – 5 кг; прочие вспомогательные материалы – 3 кг.

Расчет годовой потребности в штампах. Годовая потребность цеха (участка) в штампах складывается из количества штампов основного фонда (т. е. всей номенклатуры штампового инструмента по сводной ведомости технологических процессов) и штампов-дублеров. Число последних зависит от программы выпуска поковок и типа штампа и определяется по таблице 3.1.

Как правило, при проектировании кузнечно-штамповочных цехов расчет расхода штампов ведут укрупненно по удельным показателям расхода штамповой стали в килограммах на 1 т выпускаемых

поковок [2]. Данные соответствующей таблицы составлены с учетом средней стойкости штампов, их сменных деталей, числа восстановлений и учитывают все виды штампов, которые требуются для изготовления поковки, включая подготовительные и отделочные операции (срок службы отдельных элементов штампа, например, пакета штампа КГШП, принят 5 лет).

Расход инструмента и приспособлений на 1 т выпуска в цехахковки составляет в среднем 25–30 кг для молотовых поковок и 35–40 – для прессовых.

Таблица 3.1 – Показатели для выбора количества штампов-дублеров

Группа штампов	Число штампов-дублеров при годовом выпуске поковок, шт		
	20 000	40 000	60 000
Кузнечно-штамповочные и высадочные	1	2	3
Обрезные и отрезные	1	2	3
Гибочные	–	1	2
Правочные и чеканочные	–	1	2

При детальном проектировании количество штампов рассчитывается исходя из их стойкости до полного износа.

Определение потребности в подъемно-транспортных средствах цеха. Подъемно-транспортное оборудование в кузнечно-штамповочных цехах может быть разбито на две основные группы: обслуживающее определенные агрегаты и обслуживающее весь цех. К первой группе относится технологический (межоперационный) транспорт, непосредственно участвующий в выполнении технологического процесса и являющийся как бы частью производственного агрегата. Ко второй – оборудование, осуществляющее общецеховые подъемно-транспортные операции.

Размеры и количество подъемно-транспортного оборудования первой группы определяются в соответствии с потребной механизацией и автоматизацией рабочих мест. Необходимость в общецеховом транспорте, его количество и грузоподъемность зависят от конкретных особенностей проектируемого цеха, величины и направления грузопотока.

Мостовые краны (кран-балки) принадлежат к универсальным подъемно-транспортным средствам, используемым в кузнечно-

штамповочных цехах и на складах. Грузоподъемность мостовых кранов в цехах горячей объемной штамповки определяется массой наиболее часто ремонтируемых узлов оборудования или наибольшей массой штампа (у ПШМ – массой падающих частей, включая массу верхней половины штампа; у КГШП – массой ползуна и пр.).

Ориентировочно число мостовых кранов принимают из расчета: для штамповочных участков – один кран на 60–70 м длины пролета; для специализированных кузнечно-штамповочных цехов – один кран на 70–100 м длины пролета; для складов металла, заготовок и готовой продукции – один кран на 40–50 м длины пролета склада. При грузоподъемности 5 т предпочтительно применять кран-балки, а не мостовые краны, т. к. для управления ими не нужен крановщик. На термических участках, генераторных ТВЧ и ремонтных службах используют кран-балки грузоподъемностью от 1–5 т до 20 т. Их количество определяют из расчета один кран-балка на 60 м длины пролета, но не менее одного крана.

Конвейеры применяются, как правило, в крупных кузнечно-штамповочных цехах крупносерийного (массового) производства при длине трассы до 300 м. При этом подвесные толкающие конвейеры с автоматическим адресованием обеспечивают возможность программного перемещения грузов к различным местам в цехе и их адресного складирования, цепные (одно-, двух- и трехрядные) транспортеры используются в нагревательных установках (печах) и для подачи заготовок к прессам и штамповочным молотам. Скребок-транспортёры служат для удаления поковок из прямков горизонтально-ковочных машин, траковые – для удаления облоя от обрезных прессов.

Наибольшее распространение в цехах получил безрельсовый напольный транспорт, позволяющий мобильно перестраивать грузовые потоки. Необходимое количество единиц безрельсового электротранспорта (электрокаров, электропогрузчиков и др.) устанавливают исходя из годовых норм перевозки грузов: электрокара грузоподъемностью до 1,5 т – 4000 т; до 5 т – 7000 т; электропогрузчика грузоподъемностью до 3,2 т – 10 000 т, до 5 т – 12 000 т годового выпуска поковок.

Энергетические потребности кузнечно-штамповочных цехов. В кузнечно-штамповочных цехах в качестве энергоносителей для производственных целей используется топливо, электроэнер-

гия, пар, сжатый воздух и вода. К непроизводительной энергии относится энергия, расходуемая на освещение, отопление, вентиляцию, санитарно-гигиенические и бытовые нужды.

Для определения потребного количества топлива при проектировании цехов используют удельные показатели расхода условного топлива (теплота сгорания 1 кг $2,94 \cdot 10^4$ кДж) на 1 т заготовок и поковок при их нагреве и термообработке. Согласно практическим данным на нагрев 1 т стальных заготовок расходуется условного топлива, кг:

перед резкой заготовок – 100,

перед штамповкой в печах толкательных и с вращающимся подом – 250,

в камерных и конвейерных – 350,

перед ковкой из проката – 400,

из слитка – 500,

на термообработку 1 т деталей – 110–125.

При определении расхода электроэнергии на производственные нужды сначала находится установленная мощность, равная сумме мощностей всех потребителей: $N_y^1 = \sum N_i$, взятых по их паспортным данным, а затем определяется активная (потребляемая) мощность путем умножения установленной мощности на коэффициент спроса каждого потребителя: $N_y^1 = \sum N_i \cdot K_c$. Подобный расчет производится по группам оборудования, имеющего однородный характер работы. Для токоприемников, мощность которых приведена в кВА, мощность в кВт находят путем умножения мощности в кВА на соответствующий $\cos \varphi$ для однофазного тока или на $\sqrt{3} \cos \varphi$ для трехфазного тока. Далее годовой расход электроэнергии по каждой группе токоприемников определяется с учетом действительного годового фонда времени работы оборудования и коэффициента его загрузки по формуле

$$W^1 = N_n^1 \cdot \Phi_{об} \cdot K_3^1, \text{ кВт}\cdot\text{ч.} \quad (3.8)$$

При укрупненных расчетах расхода электроэнергии используются ориентировочные показатели удельной мощности и расхода энергии на 1 т годового выпуска поковок [1, 2]. Что касается расхо-

да энергии на освещение, то можно ориентироваться на нормы расхода электроэнергии на освещение 1 м² площади здания: для производственных помещений в фонарных зданиях – 18 Вт·ч ; в бесфонарных зданиях при освещении газоразрядными лампами – 25–28 Вт·ч; для складских и бытовых помещений – 10 Вт·ч.

При этом в средних широтах (40–60°) продолжительность освещения в году для производственных помещений в фонарных зданиях принимается в размере 2200 ч, в бесфонарных зданиях – 4900 ч, для остальных помещений – 500 ч.

Расчет расхода пара ведущим кузнечно-штамповочным оборудованием ведется исходя из среднего часового расхода, который с достаточной степенью точности при работе молотов определяется по эмпирической формуле

$$Q_{\text{ч}}^{\text{ср}} = K\sqrt{G}, \text{ т}, \quad (3.9)$$

где $K = 1$ для ПШМ и $K = 0,93$ для ковочных молотов;

G – масса падающих частей молота.

В формуле принято, что среднее использование молотов составляет 75 % по времени.

Суммарный часовой расход пара по цеху определяют как сумму средних часовых расходов пара отдельными потребителями, при этом следует учитывать потери пара в трубопроводах, составляющие 25 % от общего расхода пара. Средний часовой расход пара учитывается при составлении калькуляции себестоимости готовой продукции. При проектировании котельных за основу берется максимальный часовой расход пара, который примерно в 2 раза выше его среднего часового расхода с учетом вышеназванных потерь. Годовой расход пара каждой группой потребителей определяется исходя из среднечасового расхода этой группы, ее фонда времени, коэффициентов загрузки оборудования и потерь на утечку и конденсацию. Общий годовой расход при этом определяется путем суммирования по группам оборудования.

Для обдува штампов расход пара составляет (в % от расхода на работу молота с массой падающих частей) для молотов с массой падающих частей 0,5–1,5 т – 14 %; 2–4 т – 8 %; свыше 4 т – 5 %. Расход пара на нагрев и подогрев баков в травильном отделении принимают равным 180–200 кг на 1 т поковок, подвергаемых травлению. В слу-

чаях применения пара для нужд отопления и вентиляции его расход ведется исходя из возмещения тепловых потерь здания [2].

Расход сжатого воздуха рассчитывается теми же методами, что и расход пара. При этом условно полагают, что оборудование работает на паре, и, определяя его расход, полученные данные затем пересчитывают на воздух. В среднем при работе молотов 1 кг пара эквивалентен 1,15 м³ воздуха; с учетом разницы в потерях обоих энергоносителей эквивалентность выражается соотношением 1 кг пара – 1,08 м³ воздуха. При подогреве воздуха до 160° принимают, что 1 кг пара эквивалентен 0,75 м³ воздуха.

Среднечасовой расход воздуха по цеху может быть определен также с учетом удельного расхода воздуха на 1 т поковок (q_v) [1, 2] по формуле

$$Q_{\text{ср}}^{\text{в}} = \frac{\Pi \cdot q_v \cdot \kappa_3}{\Phi_{\text{об}}}, \text{ м}^3/\text{ч}, \quad (3.10)$$

где Π – годовая производственная программа выпуска поковок, т;

$\Phi_{\text{об}}$ – действительный фонд работы оборудования;

κ_3 – коэффициент его загрузки. Максимально-часовой расход воздуха по цеху принимают на 30 % больше среднечасового.

Расчет потребности цеха в воде выполняется на основании справочных данных потребности в воде при различных основных и вспомогательных операциях, применяемых в кузнечно-штамповочных цехах. При укрупненной методике определения потребности цеха в воде на производственные нужды пользуются нормами расхода на 1 т годового выпуска поковок [1, 2].

3.4 Специальная часть проекта

Содержание специальной (конструкторской) части и порядок ее выполнения должен быть следующим.

1. Начальная стадия работы заключается в собирании и подготовке исходных данных: технических заданий, чертежей общих видов машин, узлов и механизмов; технических, организационных и экономических данных промышленности и исследовательских институтов; литературы, каталогов, нормативов, схем и других материалов.

Эта работа выполняется студентом в период прохождения преддипломной практики.

2. Составление технической характеристики и разработка принципиальной кинематической схемы проектируемого оборудования, установление и уточнение отдельных его параметров. Эта разработка должна производиться на основе собранных материалов, а также анализа существующих конструкций машин и изучения литературных источников.

3. Разработка подробной кинематической схемы. При этом для автоматов или полуавтоматов, горизонтально-ковочных машин и т. д. должна быть разработана цикловая диаграмма взаимодействия основных механизмов, для гидропрессовых установок – подробные гидравлические схемы и т. п.

4. Составление всех необходимых расчетов: кинематических, прочностных, энергетических, тепловых и т. д. – с построением необходимых графиков и вычерчиванием соответствующих эскизов.

5. Расчет экономической эффективности предложенной новой конструкции или модернизированной существующей.

6. Разработка чертежей общего вида и основных узлов.

Научно-исследовательская часть, выполняемая в качестве специальной части проекта, должна находиться в тесной увязке с его остальными разделами и разрабатываться с учетом экспериментальных данных, полученных студентом при выполнении НИРС, как результат теоретического или экспериментального изучения конкретного процесса обработки металлов давлением.

Исследовательская часть может заключаться и в проведении научного исследования или выполнения экспериментальной работы в области кузнечно-прессовых машин и технологии горячей обработки металлов (исследование процессовковки-штамповки, анализ методов расчета оборудования), необходимых для предприятия-базы преддипломной практики.

При выполнении дипломного проекта поощряется полное или частичное сочетание указанных моментов. При этом студент еще при обучении на младших курсах нацеливается на выполнение исследовательской темы и, углубляя ее анализ в процессе текущего обучения, выходит на дипломный проект с достаточно серьезной проработкой концепции того или другого вопроса.

Пояснительная записка в этом случае должна содержать критический анализ и обобщение литературных данных по рассматриваемой проблеме, а в графической части проекта должны быть представлены чертежи, графики, таблицы, диаграммы и т. п., дающие исчерпывающее представление о проделанной работе и принятом решении в плане изменения конструкции узла, уточнения расчета механизма конкретного типа оборудования и т. д.

3.5 Экономическая часть

В экономической части дипломного проекта расчетами подтверждается технико-экономическая эффективность разработанных технологических процессов, выбранных методов организации производства и спроектированного на этой основе цеха (участка). Здесь выполняются достаточно полные технико-экономические расчеты и устанавливаются размеры затрат на строительство запроектированного цеха. Экономическая часть проекта позволяет сделать выводы о технико-экономической целесообразности и эффективности предлагаемого производства.

В завершении этого раздела студент должен представить технико-экономические показатели спроектированного цеха (участка) для подтверждения эффективности разработанного производства. Комплекс полученных числовых данных должен быть сопоставлен с показателями базового завода.

Технико-экономический эффект должен быть обоснован, т. е. следует четко выделить все то новое, прогрессивное, что внесено, предложено или сконструировано дипломником.

Методика выполнения экономической части более подробно изложена в разделе 9 данного пособия.

4 ТЕХНОЛОГИЯ ЛИСТОВОЙ ШТАМПОВКИ

4.1 Тематика, содержание, объем и структура дипломного проекта

Темой дипломного проектирования по технологии листовой штамповки может быть:

- проект прессового цеха (участка) машиностроительного или приборостроительного завода;
- проект автоматизированного прессового цеха (участка);
- проект реконструкции действующего прессового цеха (участка) названных заводов.

Графическая часть проекта включает:

- технологический раздел, в котором должны быть представлены сборочные чертежи штампов (6–8 листов), рабочие чертежи деталей штампов (1 лист);
- специальную конструкторскую разработку (2–3 листа);
- план цеха (участка) объемом 1 лист.

Для выполнения технологического раздела проекта могут быть использованы чертежи сложных и оригинальных штампов, чертежи штампов-автоматов и полуавтоматов, выполненных в соответствии с [21]. При этом следует помнить, что все штампы простого, последовательного и совмещенного действия, подобранные на заводе, которые могут быть механизированы или автоматизированы, необходимо представить в дипломном проекте со средствами механизации и автоматизации.

Пояснительная записка строится по следующему примерному плану:

Введение.

1 Характеристика действующего и проектируемого цеха (участка).

1.1 Характеристика действующего цеха (участка).

1.2 Характеристика проектируемого цеха (участка).

1.3 Исходные данные для проектирования.

1.4 Определение методики проектирования.

2 Технологическая часть проекта (разработка технологических процессов изготовления деталей с подробным анализом, соответствующими расчетами каждой операции и выбором технологического оборудования).

- 3 Технические расчеты проектируемого цеха (участка).
- 3.1 Техническое нормирование.
- 3.2 Расчет количества технологического оборудования.
- 3.3 Расчет количества штампов.
- 3.4 Расчет численности работающих.
- 3.5 Расчет основных и вспомогательных материалов.
- 3.6 Расчет энергетических потребностей.
- 3.7 Расчет площадей цеха (участка).
- 3.8 Выбор и определение количества подъемно-транспортных средств и общецехового транспорта.
- 4 Организационно-техническая часть проекта.
- 4.1 Выбор типа здания и планировка цеха (компоновка участков и отделений).
- 4.1 Организация производственного процесса.
- 4.2 Организация грузопотоков.
- 4.3 Мероприятия по обеспечению качества продукции и организация технического контроля.
- 4.4 Организация штампового хозяйства.
- 4.5 Организация ремонтных служб.
- 4.6 Организация складского хозяйства.
- 4.7 Организация управления цехом (штатное расписание).
- 5 Специальная (конструкторская) часть проекта.
- 5.1 Обоснование выбора типа проектируемого оборудования (приспособления) и разработка технического задания на его проектирование.
- 5.2 Описание устройства и принципа работы оборудования (приспособления).
- 5.3 Кинематический расчет.
- 5.4 Расчет усилий и мощности привода.
- 5.5 Прочностные расчеты.
- 6 Охрана труда.
- 6.1 Производственная санитария, техника безопасности и пожарная профилактика.
- 6.2 Индивидуальное задание.
- 7 Экономическая часть проекта.
- 7.1 Исходные данные, необходимые для экономического обоснования проекта.
- 7.2 Расчет прямых капитальных вложений.

7.3 Расчет себестоимости продукции.

7.4 Основные технико-экономические показатели цеха (участка).

Выводы по проекту.

Список использованной литературы.

Приложение.

4.2 Методические указания к дипломному проектированию

4.2.1 Введение

Во введении на основе анализа материалов, собранных во время прохождения преддипломной практики, освещаются вопросы, позволяющие определить основные цели дипломного проекта и задачи, которые необходимо решить для его успешного выполнения. Определяются основные технические и организационные подходы, позволяющие разработать проект более совершенного с точки зрения технико-экономической эффективности производства по сравнению с базовым.

4.2.2 Характеристика действующего и проектируемого производства

Характеристика действующего производства. Характеристика выпускаемой в цехе продукции. Тип производства и производственная программа цеха. Структура цеха, специализация участков и отделений цеха. Марки и сортамент обрабатываемых материалов. Состав технологического оборудования и типы применяемых штампов. Средства механизации и автоматизации технологических процессов. Подъемно-транспортное оборудование. Способы складирования материалов, заготовок, штампов. Организация ремонта штампов, оборудования и другие вопросы.

Характеристика проектируемого производства. Определяются основные направления, принятые при проектировании участка (использование современного высокопроизводительного, в том числе автоматизированного, штамповочного оборудования, применение новых ресурсо- и энергосберегающих технологий; использование новых материалов; применение рулонного проката; совершенствование организации производства и др.)

Определение методики проектирования. Проектирование холдноштамповочного производства может основываться на методе укрупненного или детального расчета. Первый применяется при проектировании прессовых цехов массового и серийного производства с большой номенклатурой штампованных деталей, второй – для цехов и участков с небольшой номенклатурой изготавливаемых деталей.

Порядок выполнения дипломного проектирования методом укрупненного расчета заключается в следующем:

- все штампованные детали, входящие в комплект выпускаемого изделия, делят по принципу однородности технологии, близкие по размерам, форме и другим признакам, на 7–10 групп (разбивка на группы производится по форме 8, приложение 4);

- от каждой группы выбирается типовой представитель, т. е. деталь с наибольшим числом признаков данной группы и количеством штамповочных операций, близким к среднему их числу для одной детали данной группы;

- для каждой выбранной детали-представителя разрабатывается подробный технологический процесс и производится нормирование штамповочных операций;

- используя эти данные, далее по укрупненным показателям и соответствующим формулам производят необходимые расчеты технологической части проекта.

При детальном методе проектирования все расчеты выполняются на основании подробно разработанных технологических процессов всех штампованных деталей, входящих в комплект изделия.

Исходные данные для проектирования и уточненная производственная программа. Основой для проектирования цеха или участка листовой штамповки является годовая производственная программа. В задании на проектирование годовая производственная программа задается укрупненно, т. е. указывается количество комплектов штампованных деталей. Количество запасных частей устанавливается на основании существующих норм расхода запасных частей или особых указаний в задании на проектирование. При укрупненном проектировании количество запасных частей задают в пределах 5–20 % от заданной годовой производственной программы по трудоемкости или по числу комплектов штампованных деталей. При детальном проектировании годовую производственную программу цеха (участка) оформляют в виде спецификации по форме 9 (приложение 4).

4.2.3 Технологическая часть проекта

Технологическая часть дипломного проекта включает разработку технологических процессов изготовления деталей-представителей. Прежде чем приступить к разработке технологического процесса изготовления детали-представителя, необходимо вычертить на формате А4 рабочий чертеж (эскиз) этой детали с указанием всех необходимых размеров и технических условий на ее изготовление, а также привести сведения о материале детали и его свойствах.

Разработка технологических процессов листовой штамповки предусматривает: анализ технологичности формы или конструктивных элементов детали; определение формы и размеров заготовки и расхода материала при рациональном его использовании; установление наиболее рационального технологического процесса, обеспечивающего изготовление требуемых деталей; выбор типа и технологической схемы штампа; подбор типа и мощности технологического оборудования.

Анализ технологичности детали. Под технологичностью детали понимают такое сочетание основных элементов ее конструкции, которое обеспечивает наиболее простое изготовление в производстве и высокие качества в эксплуатации.

Из этого определения следует, что для деталей, получаемых путем отрезки, вырубки и пробивки, конфигурация внешнего контура должна быть такой, чтобы количество отходов было минимальным; форма детали должна быть простой, без резких переходов, узких и длинных открытых прорезей. Ширина выступов или впадин должна быть больше толщины материала. Стороны вырубаемого контура должны сопрягаться плавными кривыми возможно большего радиуса, т. к. малые радиусы понижают стойкость штампа, затрудняют его изготовление и ухудшают поверхность среза. Минимальные размеры пробиваемых отверстий зависят от их формы, механических свойств штампуемого материала, конструкции пробивного штампа и приведены в справочной и учебной литературе [22, 23]. При пробивке отверстий в согнутых или вытянутых деталях необходимо выдерживать определенное расстояние между отверстиями и вертикальной стенкой детали во избежание захода края отверстия на сопряженную часть стенок.

Для деталей, получаемых путем гибки, следует обратить внимание на правильный выбор радиусов сопряжения боковых полок с дном и размеры этих полок, т. к. неправильно выбранные радиусы приводят к усложнению технологического процесса, увеличению брака, а, следовательно, к повышению стоимости изготовления штампуемых деталей. Обычной гибкой можно получить детали, у которых высота полок больше двойной толщины материала, иначе следует предварительно выдавливать канавки. Когда для обеспечения процесса гибки в заготовке делают предварительные надрезы или вырезы, их ширину следует выбирать больше толщины материала. При гибке без выреза необходимо удалять линию гибки от кромки детали на величину не менее радиуса гибки.

Для деталей, получаемых путем вытяжки и формовки, особое внимание должно быть обращено на правильный выбор радиусов сопряжения стенок с дном и фланцем, соотношение размеров, характеризующих поперечное сечение и высоту вытягиваемой детали. Обычно радиус сопряжения внутренних стенок с дном для материалов толщиной от 1 до 6 мм составляет от 2 до 10 мм, а наружных стенок с фланцем – от 3 до 12 мм. Эти значения могут быть уменьшены при необходимости до $(0,1-0,4)s$, но при условии введения дополнительной операции калибровки. При изготовлении вытяжкой или гибкой несимметричных деталей следует рассмотреть возможность получения спаренных деталей, что в ряде случаев является технологически выгодным, а часто единственно приемлемым решением, т. к. улучшаются условия деформации металла и сокращается количество штампов.

Определение формы и размеров заготовки. Для деталей, получаемых вырубкой-пробивкой, определение формы и размеров заготовки не представляет никакой трудности, т. к. они полностью соответствуют рабочему чертежу детали. Для определения длины заготовки при гибке по кривой определенного радиуса часто пользуются способом развертки детали, основанным на том, что нейтральный слой сохраняет при гибке свои первоначальные размеры. Поэтому для определения длины заготовки, обеспечивающей после гибки получение заданных размеров детали, необходимо:

- 1) определить положение нейтрального слоя деформации;
- 2) разбить контур штампуемой детали на элементы, представляющие собой отрезки прямой и части окружностей;

3) просуммировать длины этих отрезков. Длины прямых участков суммируются без изменения, а длины криволинейных участков – с учетом деформации материала и соответственного смещения нейтрального слоя. Формулы для расчета длины разверток гнутых деталей при различных исходных данных на рабочем чертеже и различных формах сопряжений приведены в работах [22–25].

При изготовлении сложных и ответственных деталей рекомендуется уточнять длину их заготовки опытным путем, т. к. не всегда удается совершенно точно подсчитать ее теоретически из-за влияния следующих факторов: свойств материала, скорости деформации, конструкции штампов, качества обработки их рабочих поверхностей и т. п.

В случае гибки под углом без закруглений (с относительно острым углом) или с закруглениями очень малого радиуса ($r < 0,3s$), что сопровождается значительным утонением металла в местах перегиба, пользоваться приведенным способом развертки для определения размера заготовки нельзя, а необходимо исходить из равенства объема металла заготовки и изогнутой детали с учетом необходимого количества металла для образования угла.

Правильное определение размера и формы плоской заготовки для вытяжки полых деталей произвольной формы позволяет наиболее полно использовать процесс вытяжки и дает возможность повысить коэффициент использования металла. Конфигурация и размеры заготовки, в основном, зависят от формы и размеров вытягиваемой детали, свойств материала с учетом его анизотропии, способа вытяжки, величины усилия прижима, геометрии рабочих частей штампа, смазки и т. д.

Для определения размеров плоской заготовки при вытяжке полых тел исходят из условий равенства поверхностей (для деталей со стенками одинаковой толщины, т. е. деталей, вытягиваемых без утонения стенок), равенства объемов, весов заготовки и вытягиваемой детали (для деталей, имеющих разную толщину стенок и дна, т. е. при вытяжке с утонением материала). Расчет размеров заготовки производят аналитическим, графо-аналитическим и графическим способом.

На практике встречаются следующие случаи вытяжки деталей различной конфигурации, требующие различных способов расчета размеров заготовки:

1. Вытяжка деталей, имеющих форму тела вращения. Для данного случая вытяжки заготовки имеют форму круга. Расчет диаметра за-

готовки производится с учетом припуска на обрезку. Величина припуска на обрезку берется по таблицам, приведенным в работах [22, 24].

Перед проведением расчета вычерчивается деталь с учетом припуска на обрезку. Затем чертеж детали разбивается на отдельные участки геометрически простой формы, площади или объем которых определяются по формулам [22, 24], суммируются и затем подставляются в расчетные формулы для определения диаметра заготовки [22–24].

Если вытягиваемая деталь имеет сложную форму, то для определения ее поверхности, а значит, и диаметра заготовки, следует использовать правило Гюльдена, согласно которому площадь поверхности тела вращения, образованного кривой произвольной формы при вращении ее вокруг оси, находящейся в той же плоскости, равна произведению длины образующей кривой на длину окружности, описанной центром тяжести образующей.

Определение длины образующей и положения ее центра тяжести производят чаще всего графическим и графо-аналитическим способом [22, 24].

2. *Вытяжка деталей, имеющих форму коробок* (квадратных, прямоугольных). При вытяжке неглубоких прямоугольных изделий заготовка также имеет форму прямоугольника со срезанными по кривой углами, при вытяжке высоких коробок – форму эллипса или овала.

Для нахождения формы и размеров заготовки в этом случае чаще всего пользуются графо-аналитическим методом исходя из следующих основных положений:

– площадь заготовки должна быть равна площади поверхности отштампованной детали с учетом припуска на обрезку кромок;

– полученный в результате подсчета и графического построения прерывистый контур заготовки должен быть откорректирован таким образом, чтобы заготовка имела плавный контур без резких переходов, причем прибавляемые и убавляемые для этого площади должны быть равны между собой. Чрезмерный избыток металла в углах коробки приводит к образованию складок, рванин и трещин; при недостатке металла получается неполная высота коробки в углах, часто с выемками у верхнего ее края.

Следует учитывать также, что при вытяжке коробок, особенно высоких, некоторый объем металла перемещается с углового участка на прямые стенки. Поэтому при определении размеров и формы заго-

товки следует различать низкие и высокие коробки, без фланца и с фланцем, в зависимости от чего методика расчета будет различная.

Низкими прямоугольными коробками обычно считают такие, которые вытягивают за одну операцию. При определении размеров и формы заготовки для вытяжки подобных коробок можно считать, что вытяжка происходит лишь в углах, а прямые боковые стенки просто отгибаются. Поэтому прямые боковые стенки разворачивают, как при гибке, а углы определяют, как при вытяжке, и затем полученную ступенчатость контура заготовки в углах устраняют, создавая плавный их переход к прямым стенкам [22, 24, 26].

Вытяжка высоких прямоугольных и квадратных коробок осуществляется за несколько последовательных операций. Заготовка имеет форму овала или круга, радиусы или диаметры которых определяют из равенства суммарной площади элементов готового изделия и площади плоской заготовки [22, 24, 26].

3. Вытяжка деталей сложной и несимметричной конфигурации. Способ определения размеров и формы заготовки для деталей с любым очертанием в плане заключается в разбивке его контура на ряд простейших элементов, графическом определении развертки и размеров заготовки для этих элементов, построении на этом основании общей заготовки и плавном закруглении ее углов с тем расчетом, чтобы площади убавляемых и прибавляемых участков были одинаковыми [27]. При вытяжке деталей весьма сложной формы размеры заготовки определяют путем изготовления слепка готовой детали из грубой марли, пропитанной воском. Постепенно расправляя восковой слепок, можно по нему установить как промежуточные формы матриц вытяжных штампов, так и форму плоской заготовки, по которой изготавливается вырубной штамп.

Вопросы определения формы и размеров заготовок при гибке, вытяжке широко освещены в справочной и учебной литературе [22–26]. При определении размеров заготовки в пояснительной записке следует представить чертеж детали с обозначением элементов, входящих в расчетные формулы.

Раскрой материала. После определения формы и размеров заготовки приступают к раскрою материала, т. е. к определению размеров полосы, ленты или листа, а также взаимному расположению штампуемых из них деталей. Раскрой материала во многом определяет экономию материала в штамповочном производстве, поэтому

ему уделяется большое внимание. Выбор раскроя материала в большей степени зависит от конструкции штампуемой детали.

Определяя рациональность того или иного раскроя, необходимо учитывать не только его экономичность с точки зрения использования материала. Раскрой должен обеспечить высокое качество детали, высокую производительность при вырезке, простоту конструкции штампа и наивысшую стойкость его рабочих частей, а также удобство и безопасность работы на штампе. Вопросы раскроя материала наиболее полно отражены в работах [22–25].

Наиболее распространенной заготовкой при вырубке, гибке и вытяжке является полоса (лента). Под раскроем полосы понимается расположение штампуемых деталей (заготовок) на полосе, определяющее положение смежных контуров, отсутствие или наличие перемычек, их величину.

По способу вырубki различают следующие типы раскроя:

- с отходами-перемычками по всему контуру вырезаемой детали;
- с частичными отходами;
- без отходов.

В соответствии с этим раскрой называется с перемычками-отходами, малоотходным и безотходным. Вырубка с перемычками дает более точные детали, так как перемычки по всему контуру позволяют компенсировать погрешности подачи материала. Безотходная штамповка применяется для изготовления деталей простой конфигурации и небольшой точности (не выше 14-го качества) и заготовок, которые подвергаются дальнейшей механической обработке.

Анализ различных форм деталей и способов их расположения показывает, что не существует форм деталей, которые располагаются только им одним присущим способом, так же как не существует способа расположения, применяемого только для одной формы деталей. Применяемые на практике способы раскроя в зависимости от способа расположения вырезаемых деталей в полосе могут быть сведены к следующим основным: прямой, наклонный, встречный прямой, встречный наклонный, комбинированный, многорядный, с вырезкой перемычки.

При выборе способа расположения детали на полосе рекомендуется учитывать следующее. При расположении деталей поперек полосы или с наклоном повышается производительность труда благодаря уменьшению шага подачи.

Прямоугольные детали целесообразно располагать вдоль полосы меньшей стороной, чтобы по длине полосы поместилось наибольшее число деталей. Этим достигается экономия материала и повышение производительности.

При расположении деталей неправильной геометрической формы следует добиваться так называемого «линейного эффекта», при котором экономия материала достигается благодаря заходу деталей друг в друга.

При вырубке деталей сложной конфигурации наклонное расположение обычно дает возможность лучше использовать материал, чем прямое. При этом в начале и в конце полосы получается не менее двух деталей (при вырубке в один ряд), вырезанных не полностью. Поэтому, прежде чем принять такой способ раскроя, необходимо проверить, насколько он целесообразен, и подсчитать количество целых деталей, получаемых из полосы, сравнив эти результаты с результатами при прямом расположении деталей на полосе. Экономия материала при штамповке деталей сложной формы может быть достигнута при встречном их расположении. Круглые и многоугольные детали целесообразно располагать в несколько рядов в шахматном порядке.

Многорядное расположение с точки зрения экономии материала выгоднее однорядного. Оно позволяет повысить экономичность раскроя на 5–16 %, главным образом, за счет уменьшения величины боковых перемычек, приходящихся на деталь, а при смещенных рядах (шахматном расположении) – за счет уменьшения междетальных отходов и межрядовых перемычек. Однако переход на многорядное расположение должен быть обоснован технико-экономическим расчетом.

Значительная экономия материала достигается при групповом (комбинированном) расположении, когда междетальные отходы и технологические отходы от крупных деталей или заготовок используются для изготовления мелких деталей. Эффективно также расположение, при котором подбираются разные детали взаимно вписывающимися контурами разверток.

При вырубке фигурных деталей весьма затруднительно найти рациональный способ их расположения на полосе аналитическим путем, а в некоторых случаях и невозможно. Следует пользоваться графическим методом. Для этого из бумаги вырезают 2–3 шаблона

штампуют детали с припуском по контуру на величину перемычек и находят наивыгоднейшее расположение их на полосе, при котором коэффициент использования материала будет наибольшим.

Экономичность раскроя в значительной степени зависит от правильной величины перемычек между вырезаемыми деталями и по краям полосы. Величина же этих перемычек зависит от следующих факторов:

- конфигурации детали: чем сложнее контур и чем меньше радиусы закругления, тем больше должны быть перемычки;
- размеров детали: с увеличением их перемычка увеличивается;
- толщины штампуемого материала;
- механических свойств штампуемого материала: с увеличением пластических свойств материала ширина перемычек увеличивается, с увеличением твердости и предела прочности – уменьшается;
- способа подачи полосы, типа упоров (при ручной подаче) и типа захватного органа (при автоматической подаче); при подаче материала автоматической валковой или клещевой подачей величина перемычек уменьшается на 20 %, крючковой – увеличивается на 10–20 % по сравнению с табличными;
- способа вырезки: производится обычная вырезка или с поворотом полосы; при вырезке с поворотом полосы ширина перемычки увеличивается на 30 % по сравнению с табличными вследствие искривления полосы после первого пропуска через штамп;
- необходимости последующей зачистки вырезаемой заготовки; если требуется зачистка, то размер перемычек следует увеличить на 20–30 %.

Для определения минимальной величины перемычек для стальной полосы пользуются таблицами, приведенными в работах [22–24]. Для других материалов табличные значения следует умножить на поправочный коэффициент [22–24]. Уменьшение величины перемычек может быть достигнуто применением бокового прижима и путем точной фиксации ленты ловителями.

Рациональный раскрой полосы (ленты) характеризуется коэффициентом использования материала в процентах и определяется по формуле, представляющей собой отношение площади штампуемой детали к площади заготовки.

После того как установлены расположение деталей и величина перемычки, определяют ширину полосы. Подсчет номинальной

ширины полосы производится по формулам, приведенным в литературе [22–24].

Допуски на ширину для стандартных полос и лент, подставляемые в расчетные формулы, принимаются по соответствующим государственным стандартам для данного материала, допуски на ширину полос, нарезанных из листа на гильотинных или многодисковых ножницах – по таблице [24].

Полученные результаты подсчета ширины полос следует округлять до ближайшего целого числа в большую сторону.

Разрезку листа на полосы нужно производить с таким расчетом, чтобы от него оставалось возможно меньше отходов. При этом необходимо учитывать, что расположить полосу на листе можно и в продольном и в поперечном направлениях. Вопрос о целесообразном раскрое листа приходится решать в каждом отдельном случае, учитывая как экономию металла, так и производительность труда. Если позволяют габаритные размеры ножниц, лучше всего располагать полосы вдоль длинной стороны листа, т. к. продольный раскрой листа всегда производительнее поперечного ввиду того, что в этом случае получается из полосы большее количество деталей, а количество концевых отходов уменьшается. Если вырубаемые детали подвергаются при последующей обработке гибке, необходимо считаться и с расположением линии гибки относительно направления прокатки листа. Также следует помнить, что желательно резать широкие, а не узкие полосы (располагая соответственно детали на полосе), т. к. при этом требуется меньшее количество резов, а также меньшая величина подачи при штамповке. На производстве часто применяют групповой раскрой, когда лист раскраивают на полосы неодинаковой ширины, из которых штампуют различные детали. При групповом раскрое удается увеличить коэффициент использования листа.

Целесообразность того или иного раскроя листа сводится к определению количества деталей, получаемых из одной полосы, количества полос, получаемых из листа, общего количества деталей (заготовок) и коэффициента использования материала [22–25].

Следует иметь в виду, что при крупносерийном и массовом производстве необходимо стремиться заменять листовую материал лентой и широкими рулонами, т. к. это позволяет получить наиболее выгоднейший раскрой материала и максимально автоматизировать процессы штамповки.

С развитием вычислительной техники стала возможна оптимизация раскроя с помощью ЭВМ [27].

В пояснительной записке при разработке данного раздела необходимо привести эскизы раскроя полосы (ленты) и листа.

Установление наиболее рационального технологического процесса. Приступая к построению технологического процесса штамповки детали, следует сразу же установить характер, количество, последовательность и совмещенность операций холодной штамповки.

Характер операций определяется, в основном, геометрической формой и конфигурацией штампуемых деталей, состоянием их поверхности (гладкая или рельефная), наличием вырезов или отверстий и т. п.

Количество и последовательность операций определяются конфигурацией и сочетанием конструктивных элементов детали, требуемой точностью и необходимостью соблюдения баз обработки.

Большое разнообразие штампованных деталей и различных сочетаний конструктивных элементов вместе с разнообразными техническими требованиями не позволяет установить типовое решение, применимое для любого случая. Поэтому при разработке технологического процесса нужно придерживаться следующих общих положений.

Во всех случаях необходимо стремиться принимать наименьшее количество операций и увеличивать производительность штамповки. Только в мелкосерийном производстве может оказаться экономически более выгодным разделение технологического процесса штамповки на простейшие операции, которые выполняются в простых и недорогих штампах.

При повышенных требованиях к геометрической форме плоских деталей, полученных вырубкой-пробивкой, следует предусматривать правку их в штампе, для деталей с повышенной чистотой среза – зачистку после вырубки-пробивки или чистовую вырубку-пробивку.

При изготовлении изогнутых деталей с отверстиями последовательность операций зависит от точности расположения отверстия относительно базы. При повышенной точности их расположения пробивку отверстий следует производить после гибки, при пониженной – перед гибкой. Если отверстия расположены близко к линии изгиба, то в процессе гибки может искажаться их форма, поэтому пробивку отверстий в этом случае следует производить после гибки.

При изготовлении полых деталей с фланцем, но без дна, для низких деталей следует применять отбортовку, а для высоких – неглубокую вытяжку с последующей пробивкой и отбортовкой.

В зависимости от соотношения высоты и диаметра вытягиваемой детали, а также от относительной толщины заготовки, вытяжка может быть осуществлена за одну или несколько операций. Для расчета потребного числа операций при вытяжке целесообразно использовать расчет по коэффициентам вытяжки [22–25].

В целях увеличения производительности, уменьшения количества штампов и прессов вместо обычной раздельной штамповки применяется комбинированная штамповка, заключающаяся в объединении нескольких операций в одну в одном и том же штампе. По этому принципу можно объединить как несколько операций одной и той же группы (отрезка и пробивка, вырубка и пробивка и т. д.), так и несколько операций различных групп (отрезка и гибка, вырубка и вытяжка и т. д.). Комбинированная штамповка может быть осуществлена на универсальных и многопозиционных прессах.

Объединение операций можно осуществлять либо в штампах последовательного действия (все необходимые операции производятся последовательно в направлении подачи полосы или штучной заготовки на протяжении нескольких ходов пресса, но при установленном режиме за каждый ход пресса получается готовая деталь) либо в штампах совмещенного действия (все операции производятся последовательно или одновременно в направлении перемещения ползуна пресса).

В некоторых случаях объединение операций производится по тому и другому принципу: в начале процесса – путем последовательной штамповки, а в конце – совмещенной штамповки.

Достоинством комбинированной штамповки в последовательных штампах является возможность получения изделий любой сложности при достаточной прочности и стойкости рабочих частей штампа. Недостатком этого метода является пониженная точность, вызванная погрешностями при подаче полосы.

Комбинированная последовательная штамповка применяется для изготовления плоских, гнутых и полых деталей размером до 150 мм 12–14-го квалитетов точности.

В последнее время на практике преимущественно применяется комбинированная совмещенная штамповка, осуществляемая на

совмещенных штампах. Применяется она для изготовления деталей с наибольшим размером до 600 мм и может обеспечить 8–12-й качества точности. Число совмещенных операций не может превышать четырех. Возможность совмещения зависит от толщины штампуемого материала, которая не должна превышать 8 мм, и размеров штампуемой детали, т. к. при определенных соотношениях наружного и внутреннего контуров детали толщина стенок у пуансонов и матриц получается слишком малой, затрудняя их изготовление и термообработку. При этом способе штамповки труднее автоматизировать подачу полосы (ленты), и прежде чем решить, какой тип механизации может быть использован, необходимо установить способ удаления отштампованной детали. Совмещенная штамповка на быстроходных прессах-автоматах не рекомендуется вследствие расстройств пружинно-буферной системы.

Комбинированная штамповка в штампах последовательного действия осуществляется по различным схемам. Наиболее распространенной схемой является комбинированная штамповка в полосе с вырезкой готовых деталей на последнем переходе. Штампы этой схемы допускают применение прессов с любым числом двойных ходов в минуту. В этих штампах легко автоматизировать подачу полосы. При шагах перемещения менее 50 мм механизм подачи может быть встроен в штамп, а при больших перемещениях он является дополнительным узлом прессы. Преимуществом этого способа штамповки следует считать возможность объединения большого числа переходов, т. е. использование его для изготовления деталей сложной конфигурации. Факторами, ограничивающими применение этого способа штамповки, являются габаритные размеры деталей (линейный размер в направлении подачи менее 150 мм) и толщина материала детали (более 0,2 мм).

Комбинированная последовательная штамповка в полосе с вырезкой заготовки перед формоизменяющими переходами и запрессовкой вырезанной заготовки обратно в полосу применяют для деталей, требующих одного формоизменяющего перехода, при условии, что толщина штампуемого материала равна 0,3–2,0 мм. Штампы, построенные по этой схеме, используются для деталей сравнительно небольших габаритных размеров, штампуемых на прессах с числом двойных ходов до 150 в минуту.

Комбинированную штамповку в полосе с вырезкой заготовки перед формоизменяющим переходом и передачей этой заготовки на

последующие формоизменяющие переходы специальными шиберными, револьверными и грейферными механизмами следует применять для материала толщиной 0,5–6 мм. Если для транспортировки заготовки используется шиберный механизм, число переходов должно быть не более трех, если же вырезанная заготовка перемещается револьверным механизмом, то число формоизменяющих переходов может быть увеличено до 6, а в отдельных случаях и более. Штампы, построенные по этой схеме, применяются при работе на прессах с числом двойных ходов не более 250 в минуту.

Комбинированную штамповку штучных заготовок следует применять для деталей, требующих, в основном, формоизменяющих переходов. Устанавливать штампы, работающие по этой схеме, при работе на автоматическом цикле можно на прессах с числом двойных ходов менее 120 в минуту.

Комбинированная штамповка может осуществляться на многопозиционных прессах-автоматах. Прессы-автоматы являются одним из наиболее прогрессивных видов прессового оборудования. За один рабочий ход на них можно отштамповать детали, требующие различных операций: вырезных, вытяжных, гибочных, отрезных и др.

В настоящее время на многопозиционных прессах допускают штамповку деталей размером до 600 мм и толщиной до 5–6 мм.

Опыт эксплуатации многопозиционных прессов для вытяжки позволяет дать некоторые рекомендации по разработке технологических процессов. Детали, высота которых более 0,5 диаметра, следует вытягивать открытой стороной вниз (нижнее расположение пуансонов). Если деталь не имеет фланца, на первых операциях ее вытягивают с фланцем, потом производится отрезка фланца небольших размеров, а затем – окончательная вытяжка без изменения диаметра. Детали без дна на первых операциях вытягивают в виде колпачков, затем в дне пробивают отверстия и затем разбортовывают.

В массовом производстве при изготовлении деталей сложной конфигурации широкое распространение получили специальные прессы-автоматы.

При выборе способов штамповки большое внимание следует уделять механизации и автоматизации как отдельных операций, так и всего процесса в целом, созданию специализированных автоматических штамповочных линий и даже целых участков по комплексной автоматизации процесса изготовления изделия.

Тип автоматической подачи, выбираемый в каждом конкретном случае, зависит от размеров и точности штампуемой детали, толщины материала, шага подачи, производительности, обусловленной производственной программой.

Вопросы, связанные с автоматизацией штамповочных процессов, подробно освещены в работах [13, 18, 28].

Таким образом, изготовление штампованных деталей при соблюдении всех требований технологического характера может быть осуществлено различными технологическими способами и вариантами технологического процесса.

Наиболее рациональным вариантом будет тот, который обеспечивает наименьшую себестоимость деталей и является наивыгоднейшим с экономической точки зрения. Следовательно, вопросы экономической целесообразности имеют решающее значение при выборе нового технологического процесса, при проектировании нового производства или при рационализации существующих технологических процессов. Определение экономической эффективности различных вариантов технологических процессов холодной штамповки довольно подробно приведено в работе [22].

Системы автоматизированного проектирования процессов штамповки позволяют интенсифицировать разработку и нормирование и оптимизировать технологические процессы листовой штамповки. С помощью САПР ТП производят расчет размеров развертки пространственных деталей (изогнутых и полых); выбор рационального варианта с расчетом раскроя в листе, ленте, полосе, коэффициента использования штампуемого материала; выбор оптимального маршрута технологического процесса и формирование технологического задания на проектирование штампов для данных операций или переходов.

Выбор типа и технологической схемы штампа. При выборе типа штампа следует руководствоваться следующим. При изготовлении мелких деталей целесообразно применять комбинированные штампы, дающие полностью законченные детали, т. к. пооперационная штамповка с установкой заготовок вручную пинцетом недостаточно производительна и небезопасна. Сложные комбинированные штампы оказываются целесообразными и в случае штамповки крупных деталей, т. к. один крупный штамп обходится дешевле, чем два таких же крупных однооперационных штампа. Иногда воз-

никают трудности при выборе типа штампа совмещенного или последовательного действия. Оба типа штампов, как и сами способы штамповки (рассмотренные выше), имеют достоинства и недостатки, непосредственно отражающиеся на качестве, точности и стоимости детали. В литературе [22, 29, 30] даны общие указания по выбору штампа совмещенного или последовательного типа в крупносерийном и массовом производстве в зависимости от размеров и степени точности деталей.

В массовом производстве мелких деталей, не требующих большой точности, штампы последовательного действия получили широкое применение, т. к. они обеспечивают большую производительность. При изготовлении крупных деталей чаще всего применяют штампы совмещенного типа.

При изготовлении мелких деталей в массовом производстве в целях значительного увеличения производительности и экономии металла следует применять многорядные последовательные штампы, имеющие от 2 до 11 рядов и изготавливающие за каждый ход пресса такое же количество готовых деталей. Применение многорядных штампов выгодно еще тем, что их стоимость возрастает меньше, чем рядность штамповки.

При выборе типа штампа так же, как и при установлении способа штамповки, большое внимание должно уделяться вопросу механизации и автоматизации штамповочных операций. Применение автоматических и полуавтоматических штампов позволяет почти полностью использовать число ходов пресса, увеличить в 3–5 раз производительность.

Многооперационные последовательные штампы являются наиболее совершенными с точки зрения механизации процесса штамповки, т. к. у них полностью механизированы межоперационная передача заготовок и удаление готовых деталей. При применении автоматической подачи ленты эти штампы представляют собой полный автомат, для которого требуется лишь установка нового рулона ленты и периодическое наблюдение за износом рабочих частей и качеством деталей. При применении штампов совмещенного типа задача механизации процесса штамповки полностью решается только в случае автоматической подачи заготовок и удаления деталей.

Итак, в результате решения основных технологических вопросов, а именно: установления характера, количества, последователь-

ности и совмещенности операций холодной штамповки, выявляется технологическая схема штампа, которая должна отражать:

- 1) тип штампа в соответствии с характером производимых деформаций;
- 2) количество одновременно выполняемых операций или переходов (совмещенность операций);
- 3) способ выполнения операций по времени (последовательно или параллельно);
- 4) количество одновременно штампуемых деталей;
- 5) схему расположения рабочих частей штампа;
- 6) способ подачи и фиксации материала или заготовки в штампе;
- 7) способ удаления деталей и отходов.

Выбор типа и мощности технологического оборудования.

Выбор прессы производится по следующим основным технологическим параметрам: усилию, мощности, величине хода, закрытой высоте, размерам стола прессы и размерам рабочей части ползуна.

Выбор прессы по усилию производится следующим образом. Вначале определяют усилие, необходимое для выполнения технологической операции, при комбинированной штамповке – суммарное усилие всех операций или переходов. Расчет усилий технологических операций производится по соответствующим формулам, приведенным в учебной и справочной литературе [22–26]. В пояснительной записке все расчеты усилий должны быть приведены с написанием формулы и указанием численных значений всех параметров, входящих в эти формулы. При выборе соответствующих параметров или коэффициентов из таблиц, графиков следует давать ссылку на используемую литературу.

Далее определяют усилия сжатия буферов и выталкивателей (при работе на простом или совмещенном штампе, когда для выталкивания детали из матрицы и снятия полосы с пуансона применяется буферное устройство, определяют усилия снятия и выталкивания), суммируют их с технологическим усилием и сравнивают с номинальным усилием прессы.

Усилие, развиваемое прессом, должно быть больше усилия, требуемого для штамповки по расчету.

При этом следует иметь в виду, что в каталогах и в паспорте прессы указано номинальное усилие, создаваемое в конце рабочего хода (угол $\alpha = 20\text{--}30^\circ$). В другом положении ползуна усилие будет

меньше. Это необходимо учитывать при операциях, требующих большой величины рабочего хода, например, при глубокой вытяжке. Поэтому номинальное усилие пресса может быть полностью использовано для вырубки, пробивки, чеканки и гибки, но не может быть использовано для глубокой вытяжки. В связи с этим номинальное усилие пресса при использовании его для вытяжных работ должно быть увеличено. Приблизленно считают, что наибольшее усилие вытяжки должно составлять при глубокой вытяжке $0,5-0,6 R_{ном}$, а при неглубокой – $0,7-0,8 R_{ном}$.

При совмещенных операциях вырубка-вытяжка или вырубка-вытяжка и отрезка также возможна перегрузка пресса, т. к. вырубной переход выполняется задолго до достижения усилия номинальной величины.

При выборе многопозиционного пресса-автомата номинальное усилие пресса необходимо взять в 1,5–2 раза выше суммарного расчетного усилия, т. к. опасным является не превышение номинального усилия в конце хода, а выход за пределы допустимого усилия пресса суммарного усилия вытяжных переходов.

Для формоизменяющих операций – гибки, глубокой вытяжки и формовки – пресс следует выбирать также и по мощности (работе), т. к. затрачиваемая работа на деформацию металла значительна, и пресс может быть перегружен не по усилию, а чаще всего по работе. Расчетные формулы для определения работы деформирования приведены в работах [22, 23]. Найденную величину работы суммируют с работой сжатия буфера и выталкивателя и сравнивают с работой, которую может произвести пресс за один рабочий ход.

Следует помнить, что величина полезной работы, которую может выполнять пресс при непрерывном действии, почти в два раза меньше, чем при работе этого же пресса на одиночных ходах.

Выбор пресса по величине хода имеет особое значение для вытяжных и гибочных работ, требующих большой величины хода пресса. Обычно величина хода пресса для вытяжки берется в 2,5 раза больше высоты вытягиваемой детали, чтобы обеспечить удобство установки заготовки и удаления готовой детали. Для вырубных работ достаточно иметь ход пресса на 2–3 мм больше величины просвета между матрицей и съёмником. На прессах с регулируемым по величине ходом необходимо устанавливать такую вели-

чину хода пресса, чтобы верхняя часть штампа не сходила в верхней мертвой точке с направляющих колонок.

Закрытая высота пресса – расстояние от подштамповой плиты до ползуна пресса в его нижнем положении при наибольшей величине хода и наименьшей длине шатуна – является очень важной характеристикой при работе пресса. Она должна быть больше на 5–7 мм закрытой высоты штампа. Таким образом, закрытая высота пресса определяет максимальную высоту штампа, который может быть установлен на данном прессе.

Размеры стола и ползуна пресса должны соответствовать размерам штампа, который изготавливается в соответствии с габаритными размерами штампуемой детали, а размеры отверстия в столе пресса должны обеспечивать возможность выпадения деталей и отходов при работе на провал. Часто бывает, что размеры штампа, в основном, и влияют на выбор пресса, – например, в автомобильной и авиационной промышленности, где штампуются крупногабаритные детали из тонкого материала.

Число ходов пресса должно обеспечивать достаточно высокую производительность штамповки. Поэтому берется оно возможно большим и должно соответствовать характеру работы и типу штампа.

Выбор гильотинных ножниц для резки листового материала можно производить по расчетному усилию резания. Однако ввиду того, что в паспорте ножниц содержатся указания о предельной толщине, наибольшей длине разрезаемых стальных листов и предела прочности разрезаемого материала на растяжение, выбор ножниц чаще всего производится по этим параметрам. При резке металла с пределом прочности, отличным от указанного в паспорте, делается перерасчет, т. е. определяется допустимая толщина резки данного материала [22].

Основные параметры кузнечно-прессовых машин регламентированы соответствующими государственными стандартами, а также приведены в каталогах.

4.2.4 Технические расчеты проектируемого цеха (участка)

Техническое нормирование. Основной целью технического нормирования является определение трудоемкости изготовления деталей. Расчет нормы штучного времени производится по формуле

$$T_{\text{шт}} = (T_o + T_v) \left(1 + \frac{\alpha + \beta}{100} \right), \quad (4.1)$$

где $T_{\text{шт}}$ – штучное время, мин;

T_o – основное (машинное) время, мин;

T_v – вспомогательное время, мин;

α – время на обслуживание рабочего места в процентах от оперативного;

β – время на отдых и личные надобности в процентах от оперативного времени. Основное время рассчитывается по формуле

$$T_o = \frac{1}{n} K_1, \quad (4.2)$$

где n – число двойных ходов ползуна пресса (ножниц) в минуту;

K_1 – коэффициент, учитывающий время срабатывания механизма включения пресса (ножниц).

Вспомогательное время (T_v) учитывает время, необходимое на взятие заготовки, установку ее в штамп, продвижение, перевертывание заготовки (полосы), удаление детали и отхода, включение и выключение пресса (ножниц) и др. При нормировании вспомогательного времени следует тщательно определить содержание работы, выполняемой при штамповке (см. с. 5, 6 [31]). При расчете нормы штучного времени вспомогательное время на установку и снятие деталей учитывается полностью, т. к. запрещается снимать и устанавливать детали при движущемся ползуне. Вместе с тем, при нормировании следует учитывать возможные случаи перекрытия вспомогательного времени основным, если такое перекрытие не влечет за собой нарушения правил техники безопасности.

Основное время (время одного двойного хода) для механических прессов и гильотинных ножниц с различным числом двойных ходов в минуту и различными механизмами (муфтами) включения приведено в карте 2 [31], а вспомогательное время на включение пресса (ножниц) на рабочий ход в зависимости от способа его включения – в карте 1 [31].

Нормативы времени на выполнение вспомогательных операций при холодной штамповке на прессах приведены в картах 4–35, при

резке листов и полос на гильотинных ножницах – в картах 36–41, при выполнении других видов вспомогательных работ – в картах 42–47, нормативы времени на оргтехобслуживание, отдых и личные надобности – в карте 49 [31]. При измененных по сравнению с принятыми в нормативных картах условиях работы следует пользоваться поправочными коэффициентами, приведенными в карте 48 [31].

Определяя норму штучного времени при резке листа на полосы и разрезке полосы на штучные заготовки, необходимо норму штучного времени на лист или полосу делить на количество заготовок, получаемых из одного листа или полосы.

Примеры расчета норм штучного времени приведены в [31].

Все данные, необходимые для расчета нормы штучного времени, сводятся в таблицу (форма 10, приложение 4).

Расчет количества технологического оборудования. После нормирования операций технологических процессов изготовления всех деталей-представителей по каждой операции определяют суммарную трудоемкость, необходимую для годового выпуска всех деталей, входящих в группу:

$$T = T_{\text{шт}} N n_{\text{д}}, \quad (4.3)$$

где $T_{\text{шт}}$ – норма времени на данную операцию;

N – годовая программа;

$n_{\text{д}}$ – количество деталей в группе.

Результаты расчета по каждому виду и типоразмеру оборудования сводятся в таблицу (форма 11, приложение 4).

Рассчитанные значения трудоемкости соответствуют времени производительной работы оборудования, т. е. не учитывают затраты времени на переналадки. Время на переналадки, выполняемые в рабочие смены в течение года, можно принимать укрупненно в процентах к годовой загрузке оборудования T , используя коэффициент β , который в среднем колеблется в пределах 1,05–1,2:

$$T_{\text{н}} = \beta T. \quad (4.4)$$

Дифференцированные значения коэффициента β для различных видов оборудования и условий работы могут быть определены на основании данных табл. 19 и 20 [32], табл. IX.38 и IX.39 [33].

Количество оборудования каждого типоразмера, потребное для выполнения годовой производственной программы, определяется по формуле

$$e_p = \frac{T + T_n}{\Phi_d K_3 K_{вн}} = \frac{\beta T}{\Phi_d K_3 K_{вн}}, \quad (4.5)$$

где Φ_d – действительный годовой фонд времени работы оборудования, ч (табл. V.2 [33], табл. 8.5 [2]);

K_3 – допускаемый коэффициент загрузки оборудования, учитывающий возможные простои оборудования по организационно-техническим причинам (табл. 16 [32], табл. IX.40 [33], табл. 10.1 [2]);

$K_{вн}$ – коэффициент, учитывающий выполнение норм ($K_{вн} = 1,2$).

Фактический коэффициент загрузки оборудования определяется по формуле

$$K_{зф} = \frac{\beta T}{\Phi_d K_{вн} e_\phi}, \quad (4.6)$$

где e_ϕ – принятое количество единиц оборудования.

Данные по расчету количества оборудования сводятся в таблицу (форма 12, приложение 4).

Для расчета потребного количества автоматизированных (автоматических) и механизированных поточных линий удобнее пользоваться нормой производительности линии. Поточная линия характеризуется тактом выпуска – интервалом времени, через который периодически производится выпуск деталей. За каждое рабочее движение с линии может сходиться одна или несколько деталей. Такт автоматизированной линии определяется по наиболее трудоемкой операции или наименее производительному оборудованию. Теоретическая (средняя часовая) производительность автоматической линии рассчитывается по формуле

$$Q_{ч} = \frac{60g}{t_{ц}}, \quad (4.7)$$

где g – количество деталей, производимых за один цикл работы линии, шт.;

$t_{ц}$ – продолжительность цикла работы линии, мин.

Годовую производительность линии определяют по формуле

$$Q = Q_{\text{ч}} \Phi_{\text{д}} K_3 \frac{x}{t+x}, \quad (4.8)$$

где t – продолжительность одной переналадки, ч (табл. 17–20 [32], табл. IX.36–IX.39 [33]);

$x = a / Q_{\text{ч}}$ – продолжительность изготовления одной партии деталей, ч;

a – величина оптимальной партии деталей (принимается по табл. 21 [32], табл. IX.3 [33], табл. 10.2 [2]).

Коэффициент загрузки автоматической линии K_3 зависит от числа закрепленных за линией деталей. Для листоштамповочных специализированных линий $K_3 = 0,85 \dots 0,9$, для универсальных линий – $0,75 \dots 0,8$.

Потребное количество автоматизированных линий определяется по формуле

$$e = \frac{\Pi}{Q} = \frac{N n_{\text{д}}}{Q}, \quad (4.9)$$

где Π – суммарный годовой объем выпуска деталей, закрепленных за линией, шт.;

Q – годовая производительность линии, шт.;

N – годовая программа;

$n_{\text{д}}$ – количество типоразмеров деталей, обрабатываемых на линии.

Загрузка принятого количества автоматических линий должна приближаться к 100 %.

Сводные данные по составу устанавливаемого в цехе оборудования заносятся в таблицу (форма 13, приложение 4).

Расчет количества штампов. Фонд штампов состоит из основных штампов и штампов-дублеров. Количество штампов основного фонда, потребное для изготовления деталей каждой группы, определяется путем умножения среднего количества операций на деталь (принимается по техпроцессу на деталь-представитель) на число деталей в группе. Общее количество основных штампов, необходимое для изготовления всех штампованных деталей, входя-

ших в комплект изделия, определяется путем суммирования данных по каждой из групп.

Количество штампов-дублеров при укрупненном проектировании принимается в процентном отношении от количества основных штампов в зависимости от годового выпуска деталей (табл. 42 [32], табл. IX.28 [33]).

Годовой расход штампов зависит от стойкости штампов до полного износа и годовой программы выпуска деталей. Данные по стойкости штампов приведены в табл. IX.29 [33], а годовой расход штампов – в табл. 43 [32], табл. IX.30 [33], табл. 10.6 [2].

Сводная ведомость потребности в штампах составляется по форме 14 (приложение 4).

Определение состава и численности работающих в цехе (на участке). Контингент производственных и вспомогательных рабочих цехов листовой штамповки приведен в табл. 22 [32]. Численность производственных рабочих, непосредственно занятых выполнением технологических операций, определяют по формуле

$$P = \frac{T_c}{\Phi_p K_{вн}}, \quad (4.10)$$

где T_c – суммарная трудоемкость годовой программы всего комплекта штампованных деталей, ч;

Φ_p – действительный годовой фонд времени работы рабочего, ч (табл. V [33]);

$K_{вн}$ – коэффициент, учитывающий выполнения норм ($K_{вн} = 1,2$).

Суммарная трудоемкость

$$T_c = \sum(T_i g_i (1 + \alpha_i)),$$

где T_i – годовая загрузка i -го типоразмера прессового оборудования;

g_i – количественный состав производственной бригады на единицу i -го типоразмера оборудования, плотность бригад рабочих (табл. 15, [32], табл. IX.41 [33]);

α_i – коэффициент, учитывающий потери времени рабочими (табл. 16 [32], табл. 10.3 [2]).

Численность производственных рабочих, обслуживающих автоматическое оборудование, определяют по формуле

$$P_{\text{пр}} = Sg_i e(1 + \alpha_i), \quad (4.11)$$

где S – режим работы оборудования (2-, 3-сменный);

e – количество единиц автоматического оборудования (прессов, линий).

Численность остальных категорий работающих определяют по табл. 23, [32], табл. V.4, V.5, V.7 [33], табл. 10.4 [2].

Результаты расчета численности работающих сводятся в таблицу (форма 15, приложение 4). Все категории работающих необходимо разбить по должностям, профессиям, специальности и квалификации. Структуру должностей, специальностей и квалификаций рекомендуется устанавливать на основе заводских данных. В таблице (форма 15, приложение 4) для основных и вспомогательных рабочих указывается квалификационный разряд, а для инженерно-технических работников, служащих и младшего обслуживающего персонала – должностной оклад (по заводским данным).

Расчет основных и вспомогательных материалов. Для каждой группы деталей по детали-представителю подсчитывают годовую потребность в металле (отдельно по каждой марке и сорту)

$$M = \frac{\Pi}{K_m},$$

где Π – масса выпускаемых деталей в год из данного металла, т;

K_m – коэффициент использования металла.

Годовую потребность во вспомогательных материалах (смазочные, обтирочные, промывочные и др.) определяют по усредненным нормам на единицу основного оборудования (табл. 38 [32], табл. IX.31 [33], табл. 10.7 [2]).

Расчет энергетических потребностей. Основными видами энергии, используемой в цехах листовой штамповки, являются: электроэнергия, сжатый воздух, пар, вода, природный и углекислый газ, кислород и ацетилен.

Электроэнергия используется для привода основного, вспомогательного и подъемно-транспортного оборудования, средств механи-

зации и автоматизации, для питания нагревательных устройств, сварочных аппаратов и др. Для расчета необходимого количества электроэнергии все потребители ее разбиваются на группы по принципу однородности (например, группа прессов, гильотинных ножниц, группа нагревательных устройств и т. д.), а также по типоразмерам или по загруженности (например, прессы крупные, средние, мелкие или прессы весьма загруженные, среднезагруженные и т. д.). По каждой группе определяют установленную мощность N_y (сумма мощностей всех токоприемников, входящих в группу)

$$N_y = \sum N_i, \quad (4.12)$$

где N_i – мощность каждого токоприемника в отдельности, кВт.

Мощность каждого токоприемника берут по паспортным данным и указывают в киловаттах (кВт). Для тех токоприемников, для которых мощность указана в киловольтамперах (кВ·А), мощность в кВт вычисляется по формуле:

$$N = S \cos \varphi, \quad (4.13)$$

где N – активная мощность, кВт;

S – полная (активная и реактивная) мощность, кВА.

Для листоштамповочных цехов $\cos \varphi = 0,85$.

Годовой расход силовой электроэнергии по каждой группе токоприемников определяют по формуле [34]

$$W = \frac{N_y K_{вр} K_N K_{\omega} \Phi_d}{\eta_s}, \quad (4.14)$$

где $K_{вр}$ – коэффициент загрузки двигателей по времени ($K_{вр} = 0,8$);

K_N – коэффициент загрузки двигателей по мощности ($K_N = 0,8$);

K_{ω} – коэффициент, учитывающий потери электроэнергии в сети завода ($K_{\omega} = 1,05$);

η_s – средний коэффициент полезного действия электродвигателей (для механических прессов $\eta_s = 0,60$, для кривошипных и дисковых ножниц $\eta_s = 0,65$).

Сжатый воздух в целях листовой штамповки применяют для включения пневматических муфт прессов, привода средств механизации и автоматизации, пневматических прижимов и съемников, сдува деталей, пневматических инструментов и др. Для подсчета расхода сжатого воздуха потребители разбиваются на группы по принципу однородности. Годовой расход сжатого воздуха каждой группы (м^3) составляет

$$Q_{\text{сж.в}} = (\sum g_{\text{сж.в}}) \Phi_{\text{д}} K_3 K_y, \quad (4.15)$$

где $g_{\text{сж.в}}$ – среднечасовой расход каждого потребителя, м^3 ;

$\Phi_{\text{д}}$ – действительный подовой фонд времени работы оборудования при принятой сменности, ч;

K_3 – коэффициент загрузки оборудования;

K_y – коэффициент, учитывающий потери воздуха вследствие утечки: $K_y = 1,4 \dots 1,5$.

Среднечасовые нормы расхода сжатого воздуха прессовым оборудованием и средствами механизации и автоматизации приведены в табл. 27–28 [32], табл. VI.2–VI.4 [33], табл. 10.17, 10.16 [2].

Вода в листоштамповочных цехах используется на производственные и санитарно-технические цели. В технологическую часть проекта включается только вода, идущая на производственные надобности (моечные установки, сварочные аппараты, ванны для травления, галтовочные виброустановки, гидравлические подушки прессов и др.). Расход воды в моечных установках составляет в среднем $0,2\text{--}0,5 \text{ м}^3/\text{ч}$ на 1 т промываемых деталей. На охлаждение системы гидравлической подушки пресса расходуется $2\text{--}3 \text{ м}^3/\text{ч}$ при непрерывной его работе. Нормы расхода воды галтовочными виброустановками приведены в табл. 29 [32], табл. 10.19 [2].

Нормы расхода различных видов энергии на непроизводственные цели (освещение, отопление, вентиляцию, санитарно-технические, бытовые нужды и др.) приведены на с. 124–125 [33].

Расчет площадей цеха (участка) производится в соответствии с методическими указаниями, приведенными в разделе 5 настоящего пособия.

Выбор и определение количества подъемно-транспортных средств и общецехового транспорта. В цехах листовой штампов-

ки для транспортировки и подъема грузов используют мостовые краны, кран-балки, тельферы, краны-штабелеры, подвесные конвейеры, напольные и подпольные транспортеры, колесные и рельсовые приводные тележки, электро- и автокары, погрузчики, тягачи, автомобильный и железнодорожный транспорт.

Мостовые краны служат для транспортировки материалов, заготовок, деталей, штампов, деталей и узлов прессов, для установки средних и крупных штампов на прессы, монтажа и демонтажа прессов. В цехах мелкой штамповки вместо кранов могут использоваться кран-балки. Методика определения грузоподъемности и числа мостовых кранов и кран-балок приведена в [2, 32, 33].

Электротельферы на подвесных монорельсах используются, в основном, на складах и в кладовых, а также для обслуживания отдельных агрегатов в цехе [33].

Краны-штабелеры применяются для обслуживания механизированных и автоматизированных складов [33].

Подвесные конвейеры используют для перемещения отштампованных деталей в отделениях крупной и средней штамповки [33].

Транспортеры напольного типа применяют для межоперационной транспортировки заготовок и полуфабрикатов от прессы к прессу [33]. Подпольные транспортеры применяют для уборки производственных отходов.

Электро- и автокары, электро- и автопогрузчики используют для транспортировки деталей и штампов от прессов к местам складирования. Предпочтение (по экологическим соображениям) следует отдавать машинам с электрическим приводом.

Рельсовые и безрельсовые приводные тележки грузоподъемностью до 50 т применяют для передачи тяжелых грузов из одного пролета в другой.

Методика определения количества единиц колесного транспорта изложена в [2, 32, 33].

4.2.5 Организационно-техническая часть проекта

Вопросы организации производства освещаются параллельно с разработкой технологической части проекта и в непрерывной связи с ней. В этом разделе на основе прогрессивных данных должны быть изложены следующие вопросы:

– выбор типа здания и планировка цеха (компоновка участков и отделений). При решении этих вопросов следует руководствоваться методическими указаниями раздела 5 данного пособия;

– обоснование выбора типа производства и организационной формы технологического процесса. Применительно к проектируемому цеху (участку) здесь должны быть изложены конкретные сведения о технологическом маршруте и системе поточности, описаны система организации операций штамповки и краткая характеристика схемы планировки, освещены основные условия передовой организации производства;

– характеристика производственной структуры проектируемого объекта, его специализация и кооперирование с другими цехами завода либо другими предприятиями. Здесь дается обоснование применения предметно-замкнутых участков, поточных и автоматических линий, если подобные имеются;

– организация труда в проектируемом объекте, которая включает организацию рабочих мест и порядок их обслуживания (обеспечение технологической оснасткой, ремонт и уход за оборудованием) для выполнения всех основных операций штамповки. Здесь же необходимо распределить обязанности между основными и вспомогательными рабочими, установить квалификацию работающих;

– организация цеховых грузопотоков с приведением в пояснительной записке после определения количества цехового транспорта схемы потоков с соответствующими пояснениями. При этом следует учесть, что не допускается пересечение грузопотоков, образование петель и возвратов;

– обеспечение высокого качества выпускаемой продукции за счет разработки мероприятий профилактического и предупредительного характера (состояние оборудования, приборов, штампов), а также организации технического контроля. Здесь же освещается организационная форма контроля (желательно-статистический метод контроля), дается описание технологии контроля по всем процессам штамповки с обязательным указанием, что и по каким параметрам проверяется, кто, чем и когда должен проверять (сплошная и выборочная проверка);

– организация планово-предупредительного ремонта оборудования (ППР). В этом разделе кратко объясняется важность правильной организации ремонта технологического оборудования, описы-

вается сущность системы ППР и этапы осуществления работ (осмотры, проверки, текущие, средние и капитальные ремонты), сущность каждого этапа, трудоемкость работ и необходимое для них оборудование, определяется ремонтный цикл и ремонтная сложность каждого вида работ;

- обеспечение штампо-инструментального хозяйства, где рассматриваются вопросы организации складов штампов, ремонта штампов, их паспортизации, системы хранения штампов на складе и на рабочих местах, их контроля и учета, а также прогрессивные способы восстановления штампов;

- организация складского хозяйства, где описываются виды и назначение складов материалов, заготовок, полуфабрикатов, готовой продукции, приспособлений и т. д., даются основы организации проводимых работ;

- организация управления проектируемым цехом. Здесь излагаются основные принципы управления производством, приводится производственная структура проектируемого объекта (принятая схема управления дается графически и объясняется текстовым описанием), а также штатное расписание ИТР, СКП и МОП для проектируемого цеха.

- описание средств механизации и автоматизации.

4.2.6 Специальная (конструкторская) часть проекта

В качестве специальной конструкторской разработки могут служить конструкции средств механизации и автоматизации, вспомогательного оборудования или приспособлений, имеющих отношение к основным операциям холодной штамповки, устройств, обеспечивающих безопасную работу прессовых машин в проектируемом производстве, а также оригинальных автоматов и полуавтоматов. При этом могут быть выполнены сборочные чертежи конструкции в целом или отдельных ее сборочных единиц. Необходимо представить кинематическую схему устройства, а для автоматов и полуавтоматов и цикловую диаграмму взаимодействия основных механизмов. В случае разработки пневматических и гидравлических установок приводятся пневматические и гидравлические схемы. После описания конструкции и работы устройства, необходимо произвести кинематический расчет, расчет усилий и мощности привода, а также прочностные

расчеты. В этом же разделе следует привести чертежи (эскизы) получаемых на данном оборудовании деталей.

4.2.7 Охрана труда

Глубокая и всесторонняя разработка в дипломных проектах вопросов охраны труда, т. е. мероприятий, предусматривающих защиту работающих от производственных травм, создание благоприятных условий труда, предупреждение профессиональных заболеваний, обеспечение пожарной безопасности, является обязательной.

Раздел «Охрана труда» оформляется отдельной главой расчетно-пояснительной записки и выполняется под руководством консультанта – преподавателя кафедры охраны труда. В разделе должны быть отражены конкретные сведения, относящиеся к решению вопросов, поставленных в задании по охране труда, и даны ссылки на литературные источники, государственные стандарты, нормы и правила, а также на чертежи дипломного проекта и те страницы в других разделах пояснительной записки, где были решены вопросы охраны труда. Раздел включает два подраздела:

1. Производственная санитария, техника безопасности и пожарная профилактика.

2. Индивидуальное задание.

В первой части раздела необходимо проработать следующие основные вопросы:

а) дать характеристику здания цеха, описать компоновку и планировку цеха (участка), привести необходимые схемы;

б) определить состав санитарно-бытовых помещений в зависимости от санитарной характеристики производственных процессов, произвести необходимый расчет этих помещений и выбрать место их расположения;

в) дать характеристику техпроцесса с точки зрения воздействия на работающих опасных и вредных производственных факторов (вредные вещества, теплоизлучения, метеорологические условия, вентиляция, производственное освещение, шум, вибрации, электробезопасность) и предусмотреть меры защиты;

г) обеспечить требования безопасности к технологическому процессу, к конструкции оборудования и инструмента;

- д) определить категорию производства по взрывной, взрывоопасной и пожарной опасности, обосновать степень огнестойкости здания;
- е) назвать возможные причины пожаров в цехе (на участке) и мероприятия по пожарной профилактике, указать пути эвакуации людей, эвакуационные выходы, пожарные проезды, дать их нормативные параметры.

Рекомендуемая литература [19, 20, 35, 36].

Тема индивидуального задания определяется консультантом – преподавателем кафедры охраны труда – для решения наиболее важных для данного проекта вопросов охраны труда:

- а) детально разрабатываются 1–2 конкретных мероприятия по повышению безопасности или улучшению условий труда;
- б) производятся расчеты, связанные с выбором необходимых условий труда, средств защиты, от опасных и вредных производственных факторов;
- в) определяется экономическая эффективность мероприятий по охране труда.

4.2.8 Экономическое обоснование проекта

Раздел «Экономическое обоснование проекта» оформляется отдельной главой расчетно-пояснительной записки и выполняется под руководством консультанта – преподавателя кафедры «Экономика и организация машиностроительного производства». Раздел включает следующие подразделы:

1. Исходные данные, необходимые для экономического обоснования проекта.
2. Расчет прямых капитальных вложений.
3. Расчет себестоимости продукции.
4. Основные технико-экономические показатели цеха (участка).

К экономическому обоснованию проекта необходимо приступить после расчета основных элементов технологической части. Исходными данными для экономического обоснования проектируемого цеха (участка) являются:

- нормы расхода основных материалов и возвратных отходов на один комплект штампованных деталей (планово-учетную единицу);
- нормы расхода вспомогательных материалов на планово-учетную единицу;

- количество необходимых на программу топливно-энергетических ресурсов;
- состав и количество основного и вспомогательного оборудования;
- состав и количество на программу специальной оснастки и инструмента;
- планировка цеха (участка) и высота производственного здания;
- численность работающих в цехе (на участке) по категориям;
- трудоемкость программы и разряды работ;
- технико-экономические показатели базового варианта, полученные при прохождении преддипломной практики.

5 ПЛАНИРОВКА УЧАСТКА (ЦЕХА) КУЗНЕЧНО-ПРЕССОВОГО ПРОИЗВОДСТВА

5.1 Элементы строительного проектирования

Для проектируемых участков (цехов) необходимо разработать планировку, которая даст общее представление о схеме производственного процесса и о размещении основного и вспомогательного оборудования с работающим на нем персоналом.

Разработанный участок (цех) размещается, как правило, в одноэтажном промышленном здании одно- или многопролетном. Рекомендуемая ширина пролета одноэтажного производственного здания, не оборудованного мостовыми кранами – 12, 18 или 24 м, а оборудованными мостовыми кранами – 18, 24 или 30 м. При необходимости более широких пролетов их следует принимать кратными шести метрам. Ширина пролетов многоэтажных зданий – 6 и 9 м, а при необходимости большей ширины, она должна быть кратной трем метрам.

Высота пролетов одноэтажного производственного здания, оснащенного мостовыми кранами:

для пролетов 18, 24 м – 8,4; 9,6; 10,8 м;

для пролетов 18, 24, 30 м – 12,6; 14,4 м;

для пролетов 24, 30 м – 16,2; 18 м;

для бескрановых пролетов: 18 и 24 м – 5,4; 6,0; 7,2; 8,4; 9,6; 10,8; 12,6 м.

Разбивочные оси – это взаимноперпендикулярные прямые линии, наносимые на план здания и образующие прямоугольную координатную сетку, называемую разбивочной. Центры средних колонн здания совпадают с точками пересечения разбивочных осей. Продольные разбивочные оси совпадают с направлением пролетов здания (рядами) и обозначаются прописными буквами, а перпендикулярные к ним поперечные оси – цифрами.

Шаг колонн – расстояние между осями двух смежных колонн одного ряда. Для колонн крайних рядов производственных зданий шаг составляет 6 м. С целью удобства планировки технологического оборудования для средних рядов рекомендуется шаг колонн принимать 12 м, при необходимости большего шага колонн его назначают кратным 6 м.

Температурный шов предотвращает возникновение температурных напряжений, обусловленных колебаниями температуры наружного воздуха в конструкциях зданий большой протяженности. Температурные швы могут быть продольными и поперечными. Расстояние между температурными швами в сборных каркасных конструкциях из железобетона можно назначать для отапливаемых зданий до 60 м, и для неотапливаемых – до 40 м, допуская увеличение этого предела на 10 %. Такие же расстояния между температурными швами принимаются в зданиях со смешанным каркасом (железобетонные колонны и стальные стропельные фермы).

Для зданий со стальным каркасом расстояние между температурными швами устанавливают, если здание отапливается – до 120–150 м и если не отапливается – до 90 м.

Размеры железобетонных колонн выбирают в зависимости от ширины и высоты пролетов, шага колонн и грузоподъемности мостовых кранов.

Для зданий кузнечных и штамповочных цехов стеновые панели делают в виде железобетонных ребристых плит с продольными поперечными ребрами общей толщиной от 200 до 300 мм [33].

При укрупненном расчете общая площадь кузнечного цеха (без служебно-бытовых помещений, склада металла и заготовительного отделения) определяется по удельному годовому выпуску поковок. Распределение полученной укрупненным расчетом общей площади производится в соответствии с таблицей 5.1.

Таблица 5.1 – Процент общей площади кузнечного цеха по индукционному (*a*) и пламенному (*b*) видам нагрева заготовок под штамповку

Службы цеха	Универсальные цехи		Специализированные цехи		Автоматизированные цехи
	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>a</i>
1	2	3	4	5	6
Производственные отделения	45	50	50	55	35
Склады	28	28	23	23	35
Ремонтные службы	7	7	7	8	7
Установки приточно-вытяжной вентиляции	10	13	10	13	8

Окончание таблицы 5.1

1	2	3	4	5	6
Станции преобразователей токов повышенной частоты	7	–	7	–	10
Трансформаторные подстанции и энергетические вводы	3	2	3	2	4

Размеры производственной площади кузнечных цехов и цехов листовой штамповки при укрупненном проектировании рассчитывают также по средним нормам площади на единицу установленного производственного оборудования. Размер вспомогательной площади при этом определяется в процентах от производственной [33].

Таблица 5.2 – Примерное распределение общей площади цеха листовой штамповки, %

Подразделения цеха	Особо крупная и крупная штамповка	Средняя штамповка	Особо мелкая и мелкая штамповка
Производственная площадь	25–40	40–50	55–60
Вспомогательная площадь	60–75	50–60	40–45
В том числе:			
склад металла	10–15	8–12	8–9
склад заготовок	5	4	3
склад штампов, средств автоматизации и механизации, контрольных приспособлений	15–20	13–17	12–14
склад деталей	20–25	18–20	14–16
ремонтно-механическое отделение	2	1,5	0,5
мастерская энергетика	2	1,5	0,5
штампо-ремонтное отделение	5	3	1,5
разные кладовые	1	1	0,5

Длина пролета (здания цеха) определяется делением общей площади на выбранную ширину пролета (пролетов).

Взаимное расположение производственных отделений и участков, вспомогательных служб и складов должно обеспечивать наименьшую протяженность и максимальную прямолинейность технологических и грузовых потоков. Производственную площадь цеха целесообразно подразделять на участки в соответствии с размерными или другими признаками устанавливаемого на них оборудования. При компоновке производственных участков и отделений необходимо стремиться к созданию условий для организации поточного производства. На планировке цеха должны быть показаны все его подразделения согласно таблицам 5.1 и 5.2.

После разработки компоновочного плана выполняют планировку цеха. На планировке должно быть показано все предусмотренное проектом оборудование, которое изображают условным контуром в масштабе, рабочие места и тара в случае ее необходимости. На каждой единице оборудования ставят присвоенный ей номер, который заносят в спецификацию оборудования, прилагаемую к планировке цеха.

5.2 Схемы планировок кузнечных цехов

Существует два варианта расположения оборудования в кузнечных цехах. При первом варианте технологический процесс и грузопоток направлены вдоль оси пролета, при втором – поперек пролетов здания. Такое поперечное расположение оборудования применяется главным образом в многопролетных зданиях.

Расположение оборудования при продольном грузопотоке производят по двум основным схемам. По первой схеме оборудование устанавливают вдоль пролета в два ряда, удаленных от продольных стен здания на расстояние, достаточное для создания необходимых условий его эксплуатации и обслуживания с применением соответствующих средств механизации. В этом случае рабочие места у оборудования расположены со стороны продольных стен, а в центре пролета образуется проезд. Во второй схеме оборудование устанавливают в два ряда, удаленных от продольных стен здания на расстояние, которое достаточно только для создания боковых проходов для обслуживания оборудования во время его ремонта. Рабочие места у оборудования расположены со стороны центрального проезда.

При применении обеих схем следует придерживаться правил расположения оборудования. Во-первых, необходимо располагать

оборудование каждого ряда таким образом, чтобы рабочие места находились на одной прямой линии параллельно оси пролета, это позволит упростить размещение средств механизации, предназначенных для обслуживания агрегатов. Во-вторых, оборудование следует устанавливать в одном ряду в порядке возрастания, а в другом – наоборот, в порядке убывания габаритов. Это позволит выдержать примерно одинаковую ширину центрального проезда в цехе. В-третьих, при оснащении цеха оборудованием разных типов и при его планировке по первой схеме оборудование, требующее размещения нагревательных установок слева от рабочего места (штамповочные молоты, кривошипные горячештамповочные прессы и пр.), следует располагать в правом ряду, считая по направлению движения металла из склада заготовок к оборудованию, а оборудование, у которого нагревательные установки должны находиться справа от рабочего места (горизонтально-ковочные машины и пр.), – в левом ряду. При размещении по второй схеме оборудование должно быть расположено в обратном порядке.

Поперечное расположение оборудования, в основном, применяют при массовом и крупносерийном производстве поковок с применением штамповочных прессов или штамповочных автоматов, при этом создается поперечный грузопоток. Особенность поперечной планировки заключается в следующем. При расположении поточной линии в одном пролете здания с образованием двух боковых проездов заготовки подаются к нагревательным устройствам по одному проезду в одном направлении. Нагревательные устройства находятся на одной линии. Все обрезные прессы располагаются вдоль другого проезда, по которому и удаляются поковки.

В многопролетном здании при поперечной планировке оборудования в комплексных технологических линиях, совмещаемых с термическими агрегатами, создаются условия, при которых в каждом пролете находится однотипное оборудование. Это дает возможность проектировать подъемно-транспортные средства соответственно типам технологического оборудования. Нагревательные устройства в этом случае располагаются по прямой линии вдоль проезда, со стороны склада нарезанных заготовок, а термические агрегаты примыкают к складу готовой продукции.

Расстояния между оборудованием и элементами здания выбираются в зависимости от типа и мощности оборудования и схемы его расположения [2].

5.3 Схемы планировок цехов листовой штамповки

Крупные и средние прессы в штамповочных пролетах могут быть расположены по двум схемам: последовательно друг за другом, когда фронт прессы перпендикулярен к продольной оси колонн здания (поперечное расположение), и фронтально, когда фронт прессов параллелен этим осям (продольное расположение). При поперечном расположении прессов легче механизировать и автоматизировать процессы штамповки. Продольное расположение затрудняет механизацию и автоматизацию, поэтому в крупносерийном и массовом производстве использовать его для крупных прессов нецелесообразно. В серийном и мелкосерийном производстве продольное расположение крупных и средних прессов применяют при штамповке длинномерных деталей или тогда, когда подача заготовок и съём деталей осуществляются с одной стороны прессы.

Мелкие прессы располагают, как правило, продольно. Мелкие прессы с автоматическими подачами, имеющие рулонницы для разматывания материала и сматывания отходов, могут устанавливаться под углом 45° к оси пролета.

Ширину главных проездов принимают равной 6 м, проездов между отделениями и участками – 4 м, цеховых проходов – 2 м. Ширина проездов между линиями крупных прессов составляет 4–5 м, средних – 3–3,5 м, мелких – 2,5–3 м. Расстояние от границы проезда до элементов здания 0,2–0,3 м, а до оборудования – 0,4–0,5 м [2].

К планировке цеха (участка) составляют спецификацию оборудования.

5.4 Цеховой транспорт

Для перемещения грузов в цехах применяют универсальные подъемно-транспортные устройства, к которым относятся мостовые краны и кран-балки. Необходимое количество мостовых кранов или кран-балок в цехе или на складе может быть рассчитано

исходя из грузооборота. На основании практических данных ориентировочно можно принимать, что один мостовой кран или кран-балка приходится на каждые 60–70 м длины пролета, а у складов – на каждые 40–50 м длины пролета. Максимальная грузоподъемность мостового крана должна выбираться исходя из технологических потребностей (например, по массе наиболее тяжелого штампа, пачки материала, рулона широкорулонной стали, тары с деталями или заготовками) [33].

6 КУЗНЕЧНО-ПРЕССОВОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

6.1 Общая часть проекта

В качестве темы дипломного проектирования кузнечно-штамповочного оборудования для специальности 1-36 01 05 «Машины и технология обработки материалов давлением» могут быть универсальные или специальные кузнечно-прессовые машины со средствами автоматизации и механизации.

Графическая часть включает:

– конструкторский раздел, в котором должны быть представлены сборочные чертежи проектируемой машины (1–3 листа), узлов машины (7–8 листов), кинематические, пневматические, гидравлические или комбинированные схемы (1–2 листа), рабочие чертежи деталей (1–2 листа);

– специальную технологическую разработку (2–3 листа), которая содержит чертежи техпроцесса изготовления детали на проектируемой машине и конструкцию рабочего штампа со средствами механизации и автоматизации.

Пояснительная записка строится по следующему примерному плану:

- 1 Общая часть проекта.
- 2 Введение.
- 3 Конструкторская часть проекта.
 - 3.1 Обоснование выбора типа проектируемой машины.
 - 3.2 Разработка технической характеристики проектируемой машины.
 - 3.3 Разработка кинематической, пневматической, гидравлической или комбинированной схем.
 - 3.4 Разработка основных узлов и механизмов машины.
 - 3.5 Технические расчеты проектируемой машины.
- 4 Технологическая часть проекта.
- 5 Охрана труда и техника безопасности.
- 6 Обеспечение экологических требований.
- 7 Экономическое обоснование проекта.
- 8 Выводы по проекту.
- 9 Список использованных источников.
- 10 Спецификация графического материала.

6.2 Введение

Во вводной части проекта необходимо дать краткое определение роли и места обработки металлов давлением в развитии народного хозяйства, дать характеристику современного состояния и перспектив развития кузнечно-прессового оборудования в целом и проектируемой машины в частности, увязать цель и задачи дипломного проекта с задачами развития отрасли промышленности, для которой предназначается объект проектирования.

6.3 Конструкторская часть проекта

6.3.1 Обоснование выбора типа проектируемой машины

Машина, подлежащая разработке в дипломном проекте, указывается в задании на дипломное проектирование. Необходимо дать краткую характеристику выпускаемых машин аналогичного назначения. Из имеющихся разновидностей данной машины выбрать ее лучший вариант в качестве базового для последующей разработки.

6.3.2 Разработка технической характеристики проектируемой машины

Проектирование машины начинается с установления ее основных технических параметров. Основные параметры большинства универсальных кузнечно-прессовых машин регламентируются соответствующими государственными стандартами [37–45].

Основные параметры определяют эксплуатационные характеристики машины: размеры штампового пространства, величину хода ползуна, число ходов, энергию удара и др.

В дипломном проекте по согласованию с руководителем при соответствующих обоснованиях разрешается изменение тех или иных параметров машины, обеспечивающих улучшение качества машины и ее соответствие лучшим образцам отечественной и зарубежной техники.

При конструировании машин необходимо учитывать основные направления развития кузнечно-прессового оборудования, к которым можно отнести:

- повышение производительности машин за счет увеличения их быстроходности, механизации и автоматизации основных и вспомогательных операций изготовления изделий;
- увеличение надежности и долговечности машин за счет улучшения их конструкции, применения новых материалов и прогрессивных технологий обработки;
- повышение безопасности работы машин за счет применения защитных и предохранительных устройств;
- применение программирования в системе управления;
- применение унифицирования и агрегатирования узлов и механизмов, удешевляющих изготовление и ремонт машин;
- применение автоматических и комплексных линий для изготовления сложных изделий массового производства.

6.3.3 Разработка кинематической, пневматической, гидравлической или комбинированной схем

При разработке кинематических, пневматических и гидравлических схем следует руководствоваться государственными стандартами [46–51]. Схемы выполняются на отдельных листах формата А1. В правом верхнем углу листа в таблице помещаются характеристики применяемых в схемах элементов. В нижней части листа – циклограмма работы машины, если она ввиду большого объема и сложности не оформляется на отдельном листе. Если одна из схем имеет подчиненную роль, то разрабатывается комбинированная схема (кинематическая с пневматической и т. д.).

6.3.4 Разработка основных сборочных единиц и механизмов машины

При разработке основных сборочных единиц и общего вида машины следует обратить внимание на конструктивное обеспечение качества изделий. Как объект эксплуатации изделие должно обладать служебными характеристиками, заданными в технических условиях на изготовление и приемку, обеспечивать возможность его использования с наименьшим числом обслуживающего персонала при гарантии безопасности его работы, создавать удобство обслуживания и ремонта. Как объект производства машина должна

быть простой и дешевой и требовать минимальных затрат труда и времени на подготовку производства и освоение, отличаться возможно меньшей металлоемкостью и при ее производстве обеспечивать экономическую целесообразность применения новых прогрессивных технологий. Спецификация общего вида машины, сборочных чертежей и технологической оснастки выполняется в соответствии с требованиями, указанными во втором разделе данного пособия.

6.3.5 Охрана труда и техника безопасности

Глубокая и всесторонняя разработка в дипломных проектах вопросов охраны труда, т. е. мероприятий, предусматривающих защиту работающих от производственных травм, создание благоприятных условий труда, предупреждение профессиональных заболеваний, является обязательной.

В создании здоровых и безопасных условий труда большое значение имеет такая организация технологического процесса и обеспечение такого состояния оборудования, при которых исключались бы выделение вредных веществ в рабочих помещениях (газа, пыли, продуктов сгорания, избыточной теплоты) и опасность травмирования рабочих. Эти требования являются основополагающими в ряде нормативных документов [19, 20, 52–55].

6.4 Расчет кривошипных машин

6.4.1 Кинематический расчет

Выбор типа привода. В соответствии с технической характеристикой прессы для достижения требуемого числа ходов ползуна в минуту принимают тип привода (одноступенчатый односторонний с маховиком или с зубчатой передачей, двухступенчатый, трехступенчатый и т. д.). Передаточное отношение между валом электродвигателя и главным (кривошипным) валом прессы при одноступенчатом приводе определяется по формуле

$$i = n_{\text{дв}} / (n_{\text{п}} \cdot k_c),$$

где $n_{\text{дв}}$ – номинальное число оборотов вала электродвигателя, об./мин;
 $n_{\text{П}}$ – число ходов ползуна (число оборотов главного вала), об./мин;
 $k_c = 0,98 \dots 0,99$ – коэффициент, учитывающий проскальзывание ремней.

Определение основных кинематических величин кривошипно-шатунного механизма. При разработке кинематики кривошипно-шатунного механизма вначале определяют радиус кривошипа

$$R = H / 2 ,$$

где H – ход ползуна и длина шатуна по формуле $L = R / \lambda$, где $\lambda = R / L$ – коэффициент шатуна, принимают для данного типа машины по таблице ([59], с. 72).

Расчет значений пути ползуна S , скорости V и ускорения a в зависимости от угла поворота кривошипа (для центрального механизма) производится по формулам [59].

Расчеты производят для углов поворота кривошипного вала от 0° до 90° с интервалом в 10° . Результаты расчета сводятся в таблицу и по полученным данным строятся графики зависимостей:

$$S = f(\alpha) , V = f(\alpha) \text{ и } a = f(\alpha) .$$

6.4.2 Силовой расчет

Силовой расчет кривошипной машины включает в себя следующие основные этапы расчетов: кривошипного вала; приведенного плеча сил; усилия на ползуне, допускаемого прочностью коленчатого вала; шлицевых соединений и шпонок; клиноременной передачи; регулировочного винта и резьбы шатуна; усилия регулировки высоты штампового пространства; подшипников скольжения; уравновешивателей ползуна и станины машины.

В данной работе приведены основы расчета кривошипных валов, приведенного плеча сил и усилия на ползуне, т. е. рассмотрены те вопросы, которые имеют особую специфику расчета. Расчет же остальных элементов и деталей машины производится по более простым (известным из ранее изученных дисциплин «Сопротивление материалов», «Детали машин» и др.) формулам.

Расчет кривошипных валов. Кривошипные валы кривошипно-ползунных механизмов могут выполняться в виде коленчатых валов или в виде обычных ступенчатых осей и валов шестернеэксцентрикового и шестерне-кривошипного привода [56, 57, 59]. Размеры кривошипных валов во многом определяют и размеры самой машины. Поэтому конструированию этих элементов машины следует уделить особое внимание.

При проектировании и расчете коленчатого вала вначале по номинальному усилию на основе статистических данных определяют диаметр опорных шеек вала d_0 [56, 59]. По диаметру d_0 на основании эмпирических соотношений ([56], табл. 2, 4 или [59], табл. 15) определяют остальные размеры вала. Полученные размеры округляют и выбирают материал вала.

Расчет приведенного плеча сил. Приведенное плечо сил m_k в реальном механизме (с учетом сил трения) определяется по формуле [56, 59].

Расчет m_k производят для углов поворота кривошипа α от 0° до 90° с интервалом в 10° . Результаты расчета сводятся в таблицу. По полученным данным с учетом уточненных поперечных размеров коленчатого вала строится график зависимости приведенного плеча сил от угла поворота кривошипа $m_k = f(\alpha)$.

Расчет допускаемого усилия на ползуне по прочности коленчатого вала. Обычно у коленчатых валов расчетным сечением является сечение ВВ (схемы коленчатых валов и приближенные расчетные формулы приведены в [59]). Усилие, допускаемое прочностью вала (одноколенчатого, с односторонним приводом, без зубчатой передачи) в сечении ВВ, определяется по формуле

$$P_D = \frac{0,1d_0^3 \sigma_{-1u}}{n_3 k_{\text{Э}} \sqrt{U_{\sigma}^2 \Phi_{\sigma} + U_{\tau}^2 \Phi_{\tau}}}, \quad (3.1)$$

где σ_{-1u} – предел выносливости на изгиб для материала вала при симметричном цикле нагружения ([59], табл. 17);

n_3 – коэффициент запаса ([59], табл. 156);

$k_{\text{Э}}$ – коэффициент эквивалентной нагрузки ([59], табл. 156)

U_{σ} и U_{τ} – плечо изгибающего и крутящего момента соответственно;

Φ_{σ} и Φ_{τ} – коэффициенты, учитывающие влияние масштабных факторов, концентрации нагрузки на величину нормальных и касательных напряжений (определяется по графикам ([59], рис. 62).

Для подтверждения правильности выбора оптимальных поперечных размеров коленчатого вала по формуле (6.1) производится предварительный расчет усилия P_D , для угла поворота кривошипного вала $\alpha = \alpha_H$, где α_H – номинальный угол поворота кривошипа, выбирается в зависимости от типа машины по таблице ([59], с. 72). На данном угле поворота кривошипа пресс должен развивать максимальное усилие по значению равное номинальному усилию P_H (паспортное усилие), т. е. при предварительном расчете значение P_D должно быть равным P_H или близким к данному значению. При значительной разнице P_D и P_H осуществляется корректировка поперечных размеров вала с последующим перерасчетом P_D до момента, когда $P_D \cong P_H$.

Возможен и другой вариант определения оптимальных поперечных размеров коленчатого вала, который заключается в следующем. Подставив в формулу (6.1) значение $P_D = P_H$ и решив ее относительно d_0 при $\alpha = \alpha_H$, получим уточненное значение d_0 и затем по эмпирическим зависимостям все остальные параметры вала. Общую длину коленчатого вала при проектировании следует принимать такой, чтобы вал не выходил за поперечные габариты станины, что исключает необходимость усложнения ее конструкции (дополнительные приливы, выступы и т. д.). После уточнения размеров коленчатого вала производится расчет значений плеча (m_k) и усилия (P_D) для углов поворота кривошипного вала (α) от 0° до 90° с интервалом в 10° . Результаты расчетов сводятся в таблицу, по полученным данным строятся графики зависимости $m_k = f(\alpha)$ и $P_D = f(\alpha)$. На графике $P_D = f(\alpha)$ показать значение номинального усилия P_H и номинального угла α_H .

Для машин с многоступенчатым приводом определяется значение крутящего момента, допускаемого прочностью зубчатых передач [59, с. 177–178] табл. 20 и 24). Для углов поворота кривошипа

от 0° до 90° с интервалом в 10° определяется усилие на ползуне P_{D3} , допускаемое прочностью тихоходной зубчатой передачи. Результаты расчетов также сводятся в таблицу, и по полученным данным строится график зависимости $P_{D3} = f(\alpha)$.

С учетом того, что жесткость кузнечно-прессовых машин существенно влияет на их эксплуатационные свойства: стойкость штампов, энергетические показатели, точность получаемых изделий и др., – необходимо определить упругую деформацию коленчатого вала. Расчет производится по формуле [59, с. 143]. Величина упругой деформации вала не должна превышать 20–25 % от общей деформации машины. Если данное условие не соблюдается, производится корректирование размеров коленчатого вала с последующим пересчетом его упругой деформации.

6.4.3 Подбор электродвигателя и расчет маховиков

Работа электродвигателя за один рабочий цикл прессы равна сумме работ, совершаемые прессом на рабочей части хода, на холостой части хода и при включении муфты. Расход энергии за цикл одиночного хода работы прессы определяется по формуле [59, с. 83].

При работе прессы в режиме последовательных ходов расход энергии за цикл будет несколько меньше за счет снижения потерь холостого хода и отсутствия затрат энергии на включение муфты. С учетом работы деформации заготовки, работы упругой деформации деталей прессы и работы сил трения в передачах привода затраты энергии при рабочем ходе определяются по формуле

$$A_p = \frac{A_T + A_y + A_\mu}{\eta_{II}},$$

где A_T – технологическая работа (работа деформации заготовки), которая определяется по площади графика рабочих нагрузок с учетом масштаба;

A_y – работа на упругую деформацию деталей прессы (при некоторых операциях частично или полностью трансформируется в полезную работу на ниспадающей ветви графика рабочих нагрузок);

A_{μ} – работа, затрачиваемая на преодоление сил трения;

$\eta_{\Pi} = 0,98$ – КПД передачи от вала электродвигателя к главному валу.

Для построения графика рабочих нагрузок используют типовые условные графики нагрузок прессов для операций листовой и объемной штамповки в относительных координатах S/H и P/P_H [59] рис. 7.1 и рис. 7.2. В данном случае можно использовать источники [57] рис. 47 и 48 или [62] рис. 4.11 и 4.12.

По расчетным данным строится график рабочих нагрузок, где по оси абсцисс откладывают путь ползуна, а по оси ординат – усилие прессы.

Для учета работы, затрачиваемой на упругую деформацию прессы, строится суммарный график рабочих нагрузок, на котором перемещению ползуна по рабочему графику прибавляются значения упругой деформации прессы при данном усилии. Величина упругой деформации определяется по формуле [59, рис. 46].

Крутящий момент для характерных точек суммарного графика рабочих нагрузок определяется по формуле

$$M_{K(i)} = P_i \cdot m_{K(i)},$$

где $m_{K(i)}$ – приведенное плечо крутящего момента для характерной точки графика.

Приведенное плечо определяется по формуле

$$m_{K(i)} = R(\sin \alpha_i + \frac{\lambda}{2} \sin 2\alpha_i) + 0,5\mu((1 + \lambda)d_A + \lambda d_B + d_0),$$

где α_i – угол поворота кривошипа для характерных точек графика (определяется в радианах).

Кроме приведенного расчета углы поворота и соответственно значения $m_{K(i)}$, можно определить по графикам зависимостей, полученным в предыдущих разделах.

По полученным значениям крутящего момента строится график зависимости крутящего момента от угла поворота кривошипа для характерных точек (угол α_i принимается в радианах). Площадь по-

лученного графика в масштабе соответствует затратам энергии при рабочем ходе пресса (A_T).

Работу холостого хода пресса и включения муфты можно принять в долях от A_T .

Мощность электродвигателя привода пресса рассчитывают по формуле

$$N = \frac{k \cdot A_{\Pi}}{t_{\Pi}},$$

где k – коэффициент запаса мощности (выбирается по табл. [59, с. 111] в зависимости от величины pn_{Π}), где p – коэффициент использования числа ходов [59, табл. 13]; n_{Π} – число ходов ползуна пресса в минуту;

$$t_{\Pi} = \frac{60}{pn_{\Pi}} \text{ – время цикла.}$$

По расчетным данным выбирают [58] ближайший больший по мощности электродвигатель и записывают его параметры.

6.4.4 Расчет муфты включения и тормоза

Наибольшее распространение в прессостроении получили дисковые фрикционные муфты включения. При расчете дисковой муфты определяют максимальный крутящий момент на кривошипном валу по формуле

$$M_K = P_D \cdot m_K.$$

Значения P_D и m_K в данную формулу берут при $\alpha = \alpha_H$, т. к. при α_H эти величины имеют наибольшие значения. Затем определяют расчетный момент муфты по формуле

$$M_{\text{м.расч}} = \frac{\beta \cdot M_K}{i_M \cdot \eta_M},$$

где $\beta \cong 1,0 \dots 1,3$ – коэффициент запаса (учитывает инерционность ведомой части, нестабильность давления воздуха, колебания коэффициента трения);

i_M, η_M – соответственно передаточное число и КПД привода от вала муфты к коленчатому валу.

Момент, передаваемый однодисковой муфтой со вставками, определяется по формуле

$$M_M = 2\mu \cdot q_M \cdot n_B \cdot F_B \cdot R_{cp}.$$

Для дисковых муфт без вставок рекомендуется [59] определять размеры поверхностей трения по следующим формулам: внутренний радиус кольца трения $R_2 = c \cdot d$, где $c = 1,6 \dots 1,8$; d – диаметр вала, на который монтируется муфта; наружный радиус $R_1 = (2 - 1,4)R_2$. Толщина дисков берется равной $h_D = 0,1(R_1 - R_2)$.

Момент, передаваемый многодисковой муфтой, определяют по формуле

$$M_M = \frac{2}{3} \pi \cdot \mu \cdot q_M \cdot m \cdot (R_1^3 - R_2^3),$$

где q_M – удельное усилие на дисках ($q_M = 0,4 \dots 0,6$ МПа при частоте вращения вала до 180 об./мин, $q_M = 0,3$ МПа при частоте вращения вала более 180 об./мин).

При расчете необходимо, чтобы $M_M > M_{Mрасч}$. При несоблюдении данного неравенства корректируются размеры муфты и число дисков с повторным определением M_M . Затем производится проверка работоспособности муфты. Рассчитанная величина показателя износа $K_{изн}$ не должна превышать рекомендуемых значений [59, табл. 32].

Диаметр пневматического поршня муфты $D_{ПМ}$ определяют исходя из площади трения и давления, допускаемого прочностью фрикционного материала.

При расчете дискового тормоза необходимый тормозной момент определяется по формуле

$$M_{T,\text{расч}} = \frac{A_T}{i_T \cdot \alpha_T},$$

где $A_T = J_{BT}\omega_1^2 / 2$ – работа торможения (принимается равной A_M [59]);

i_T – передаточное число от вала тормоза к кривошипному валу;

α_T – угол торможения в радианах, соответствующий углу 8–12° для листоштамповочных прессов; 20–30° – для ГКМ, ГКШП и прессов-автоматов.

По расчетному тормозному моменту определяют размеры рабочих элементов тормоза (формулы аналогичные, как и для расчета муфты).

Формулы для определения тормозного момента имеют такой же вид, что и для муфт. Контактное напряжение на фрикционных поверхностях тормоза и вставками ($q_T = 1,0 \dots 1,2$ МПа при частоте вращения вала тормоза до 180 об./мин и $q_T = 0,4 \dots 0,8$ МПа при частоте вращения 180–300 об./мин); для тормоза без вставок $q_T = 0,5 \dots 0,4$ МПа при частоте вращения вала тормоза до 180 об./мин и $q_T = 0,2 \dots 0,1$ МПа при частоте вращения 180–350 об./мин.

При этом необходимо, чтобы $M_T > M_{T,\text{расч}}$. В противном случае корректируются размеры рабочих элементов тормоза и число дисков с последующим перерасчетом значения M_T .

При расчете площади поршня пневмоцилиндра тормоза следует учитывать необходимость создания дополнительного усилия на поршне для преодоления трения в шлицах нажимного диска и на боковых поверхностях вставок.

Усилие тормозных пружин рассчитывается по формулам: для тормозов со вставками $Q_{\text{ПР}} = q_T \cdot n_B \cdot F_B (1 + 2\mu^2)$; для тормозов без вставок $Q_{\text{ПР}} = \pi \cdot q_T (1 + 0,42\mu_1 \cdot m)(R_1^2 - R_2^2)$.

Затем по требуемому усилию рассчитывают параметры пружин. Исходными данными являются: число пар трущихся поверхностей m ; зазор между поверхностями $\Delta = 0,5 \dots 1$ мм; зазор при последующем износе $\Delta_1 = 0,5 \dots 2$ мм; коэффициент жесткости $C_{\text{ПР}} = D_{\text{ПР}} / d_{\text{ПР}}$ выбирается из ряда 5, 6, 8, 10.

Максимальное усилие сжатой пружины определяется по формуле

$$P_{\text{ПР}} = \frac{Q_{\text{ПР}}}{z_{\text{ПР}}} \left(1 + \frac{(1 - K_T)\Delta}{\Delta_1} \right),$$

где $K_T \cong 0,85 \dots 0,9$ – коэффициент, учитывающий отношение усилий пружин до износа и при износе;

$z_{\text{ПР}}$ – число пружин (принимается конструктивно кратное 3 или 4).
Диаметр проволоки пружины определяется по формуле

$$d_{\text{ПР}} = 1,82 \sqrt{\frac{C_{\text{ПР}} \cdot P_{\text{ПР}}}{[\tau]}}.$$

Значение $d_{\text{ПР}}$ округляется до ближайшего большего по сортаменту.
Диаметр пружины определяется из соотношения

$$D_{\text{ПР}} = (1 + C_{\text{ПР}})d_{\text{ПР}}.$$

6.5 Расчет гидравлических прессов

Конструктивные особенности и основы расчета гидравлических прессов более подробно освещены в литературе [56, 57, 60–64].

6.5.1 Расчет станины

Станины гидропрессов бывают одностоечные, двухстоечные, колонные (двух-, трех-, четырех- и многоколонные) и специальной конструкции. Каждая из станин может быть цельной или разъемной, литой из стали 35Л и сварной из стали 3. Расчет станин одностоечных и двухстоечных прессов может быть осуществлен по аналогии с расчетами подобных станин механических прессов [56]. При расчете станин колонного типа [56] напряжения в колоннах определяются по формуле

$$\sigma = \frac{N}{F} + \frac{M_{\text{И}}}{0,1d^3} < [\sigma],$$

где F – площадь поперечного сечения колонны;

d – диаметр колонны;

$[\sigma]$ – допускаемые напряжения для материала станины (принимают для прессов с $P_H < 150$ МН $[\sigma] = 45...60$ МН/м², с $P_H \geq 150$ МН $[\sigma] = 80$ МН/м²).

Усилие N , действующее на колонну, определяется по формуле

$$N = \frac{P_H(1 + 2e/l)}{n},$$

где P_H – номинальное усилие пресса;

e – эксцентриситет приложения нагрузки на нижнюю и подвижную поперечины;

l – расстояние между осями колонн в плане;

n – число колонн.

Величина изгибающего момента, действующего на колонну, зависит от схемы исполнения станины пресса. При шарнирном соединении плунжера с подвижной поперечиной для 4-колонного пресса (рис. 3.3, а, [56]) изгибающий момент рассчитывается по формуле

$$M_{И} = \frac{P_H \cdot e \cdot z}{4},$$

где z – расстояние от верхней плоскости нижней поперечины до нижнего торца направляющей втулки подвижной поперечины.

При жестком соединении плунжера с подвижной поперечиной (рис. 3.3, б, [56]).

$$M_{И} = \frac{P_H \cdot e}{32(y + \kappa)},$$

где $(y + \kappa)$ – расстояние от середины направляющей втулки подвижной поперечины до середины направляющей грундбоксы плунжера.

Для 2-колонного пресса напряжение в колоннах определяется

$$\sigma = \frac{P_H}{2F} \left(1 + \frac{2e}{l} + \frac{8e}{d} \right) < [\sigma].$$

Высота нижней и верхней поперечин принимается равной $(2,5 \dots 3,5)d$. Высота подвижной поперечины определяется, исходя из предположения посадки ее на ограничители хода под полным давлением пресса. Рассчитываются поперечины на изгиб аналогично расчету балки на двух опорах с симметричной приложенной нагрузкой, за расстояние между опорами при этом принимается расстояние между осями колонн. Допускаемое напряжение на изгиб для подвижных поперечин принимается равным 50–70 МПа, для подвижной поперечины при опоре на ходоограничители – 120–150 МПа.

Колонны прессов изготавливают коваными из сталей 35 или 45, в верхней и нижней поперечинах крепят гайками.

Размеры гаек определяются следующими соотношениями: высота $h_0 = (1 \dots 2) d$, наружный диаметр $D \cong 1,5d$.

6.5.2 Расчет рабочих цилиндров, плунжеров и уплотнений

В прессостроении применяют рабочие цилиндры с опорой на дно и на опорный фланец. Конструкция цилиндра с опорой на дно является рациональной с точки зрения прочности, однако при этом усложняется конструкция пресса, увеличиваются его масса и габаритные размеры. В связи с этим наибольшее распространение получили цилиндры с опорой на фланец.

Конструирование рабочих цилиндров начинают с определения давления рабочей жидкости.

Для цилиндров с опорой на фланец оптимальное давление принимают

$$p_{\text{опт}} = 0,289 [\sigma],$$

для цилиндров с опорой на дно

$$p_{\text{опт}} = 0,277 [\sigma],$$

где $[\sigma]$ – допускаемое давление для материала цилиндра (стальное литье $[\sigma] = 85 \dots 105$ МПа, ковкая углеродистая сталь $[\sigma] = 110 \dots 145$ МПа, легированная сталь $[\sigma] = 155 \dots 180$ МПа).

Внутренний радиус цилиндра определяется по формуле

$$r_1 = \alpha_0 \sqrt{\frac{P_H}{\pi \cdot m_{\text{Ц}} \cdot p}},$$

где α_0 – коэффициент, учитывающий зазор между плунжером и внутренней поверхностью цилиндра (для цилиндров плунжерного типа $\alpha_0 = 1,03 \text{--} 1,08$ для поршневых цилиндров $\alpha_0 = 1$);

$m_{\text{Ц}}$ – число рабочих цилиндров.

Наружный радиус цилиндра, опирающегося на фланец, определяется по формуле

$$r_2 = \alpha_0 \sqrt{\frac{P_H \cdot [\sigma]}{\pi \cdot m_{\text{Ц}} \cdot p([\sigma]^2 - p^2)}},$$

цилиндра, опирающегося на дно,

$$r_2 = \alpha_0 \sqrt{\frac{P_H \cdot ([\sigma] - p \sqrt{4[\sigma]^2 - 3p^2})}{\pi \cdot m_{\text{Ц}} \cdot p([\sigma]^2 - p^2)}}.$$

Затем производят прочностной расчет средней зоны цилиндра. Напряжения в средней зоне, отстоящей от днища и фланца на расстоянии $0,5 \text{--} 0,75$ их внутренних диаметров, вычисляют по формулам Ляме [65].

Длина средней зоны цилиндров устанавливается в зависимости от требуемого хода плунжера.

Основные геометрические параметры опорного фланца определяются из установившихся на практике соотношений [60].

Толщина днища в средней части цилиндра должна составлять не менее двух толщин стенки (δ) и иметь плавный переход от цилиндрической части к днищу.

Плунжеры, штоки и поршни гидроцилиндров предназначены для передачи усилия на подвижную траверсу. При работе прессов подвергаются сжатию вдоль оси. Изготавливаются из углеродистой стали с пределом прочности не менее 600–700 МПа. По конструктивному исполнению могут быть сплошные и пустотелые. Применяются следующие типы соединений плунжеров с подвижной траверсой: жесткое через шаровую пяту и через пест с шаровыми головками.

Длинные плунжеры и штоки должны проверяться на продольный изгиб. Предельное значение длины плунжера, для которого необходимо выполнять такую проверку, определяется соотношением

$$L_{\text{пл}} \geq 10d_{2\text{пл}}.$$

В зависимости от характера закрепления цилиндра и плунжера (с учетом схем закрепления) плунжеры могут подвергаться расчету на устойчивость. Для подвижных соединений применяют три типа уплотнений: набивочное, манжетное и поршневыми кольцами. Наибольшее распространение получило набивочное уплотнение (резинотканевое шевронное многорядное).

Расчет деталей уплотнения сводится к расчету резьбовых шпилек, соединяющих нажимное кольцо к цилиндру.

Допускаемое напряжение для шпилек из стали 45 $[\sigma] = 60 \dots 100$ МПа.

6.5.3 Расчет гидросистемы прессов

Гидросистемы включают привод пресса, систему управления и трубопроводы. Особенности гидросистем определяются типом привода, а также назначением и мощностью пресса. В качестве гидроприводов получили распространение три типа: насосный безаккумуляторный, насосный аккумуляторный и мультипликаторный.

Гидросистемы пресса рассчитывают с целью определения скорости подвижной поперечины и давлений жидкости в тот или иной момент.

Связь между скоростями в различных сечениях трубопровода определяют из условия постоянства расхода жидкости

$$Q = V_{T1}F_1 = V_{T2}F_2 = \dots = V_{Ti}F_i = \text{const.}$$

При проектировании пресса диаметр рабочего плунжера, а следовательно, и его площадь $F_{\text{ПЛ}}$, определяют исходя из усилия, которое необходимо получить. Скорость же подвижной поперечины задают.

Скорость жидкости в трубопроводе зависит от давления, обеспечивающего течение жидкости

$$V_T = \sqrt{2g \cdot H},$$

где H – давление, м вод. ст.;

g – ускорение свободного падения, м/с^2 .

Площадь проходного сечения трубопровода определяется исходя из условия неразрывности струи

$$f_{\text{ТР}} = \frac{F_{\text{ПЛ}} \cdot V}{V_T},$$

где $F_{\text{ПЛ}}$ – площадь рабочего плунжера, м^2 .

Диаметр сечения трубопровода определяют из соотношения

$$d_{\text{ТР}} = d_{\text{ПЛ}} \sqrt{V/V_T},$$

где $d_{\text{ПЛ}}$ – диаметр рабочего плунжера.

Обычно принимают, что в наполнительном трубопроводе $V_T \cong 5 \dots 7$ м/с, в напорных линиях $V_T \cong 10 \dots 20$ м/с, в сливной линии работах цилиндров $V_T \cong 30$ м/с, в сливной линии обратных цилиндров $V_T \cong 6,5 \dots 8,5$ м/с.

При использовании безаккумуляторного привода в качестве источника высокого давления применяют радиально поршневые насосы, работающие на минеральном масле, при аккумуляторном приводе используют в основном кривошипно-плунжерные насосы, работающие на воде или эмульсии. Первые рассчитаны на давление

до 20 МПа и подачу $\sim 0,02 \text{ м}^3/\text{с}$ (1000 л/мин), вторые – на давление до 32 МПа и подачу $\sim 0,02 \text{ м}^3/\text{с}$.

Приводная мощность на валу насоса определяется из соотношения

$$N = \frac{1000 p \cdot Q_{\text{H}}}{\eta_0 \cdot \eta_{\text{M}}},$$

где p – давление подаваемой жидкости, МПа;

$\eta_{\text{M}} = 0,80\text{--}0,85$ – механический КПД насоса.

Мощность электродвигателя принимают на 10–15 % выше расчетной с учетом неравномерности подачи и давления.

6.6 Расчет паровоздушных молотов

Для паровоздушных ковочных и штамповочных молотов [66] определяются следующие величины:

1. Монтажный ход бабы H_m выбирают в зависимости от массы падающих частей по таблице 6.1 или по ГОСТ [44].

2. Дольные коэффициенты нижнего и верхнего вредного пространства $\varphi_n = 0,09$; $\varphi_0 = 0,12$.

Таблица 6.1 – Зависимость массы падающих частей от хода бабы

$m, \text{ т}$	$H_m, \text{ м}$	
	Ковочные	Штамповочные
0,63	–	1,0
1,0	1,0–1,2	1,1
2,0	1,2–1,25	1,2
3,15	1,25–1,4	1,25
5,0	1,3–1,6	1,3
8,0	1,4–1,8	–
10	–	1,4
16	–	1,5
25	–	1,6

3. Диаметр рабочего цилиндра D и коэффициент штока α принимают по таблице 6.2.

Таблица 6.2 – Зависимость диаметра рабочего цилиндра и коэффициента штока от массы падающих частей

$m, \text{ т}$	Ковочные		Штамповочные	
	α	D	α	D
0,63	–	–	0,81	230
1,0	0,81–0,89	280–330	0,81	280
2,0	0,85–0,89	380–430	0,85	380
3,15	0,85–0,90	460–550	0,85	460
5,0	0,87–0,90	530–630	0,87	530
8,0	0,88–0,90	620–720	0,87	630
10	–	–	0,88	720
16	–	–	0,88	920
25	–	–	0,89	1180

4. Высота бабы штамповочного молота принимается равной $0,8H_m$.

5. Коэффициент кратности хода золотника для молотов с м.п.ч. 630-3150 кг $K_3 = 0,025 \dots 0,04$, а для больших $K_3 = 0,05 \dots 0,066$.

6. Наружный диаметр золотника по полке для ковочных молотов $D_3 = 0,48D$, а для штамповочных $D_3 = 0,43 D$.

7. Суммарная площадь окон втулки рабочего цилиндра: нижнего и верхнего ряда $f_H = f_B \cong 0,1F$, среднего $f_C = a_C \cdot b_C \cong 1,25f_H$. Суммарная длина окон любого ряда $b_H(b_C, b_B) \cong D$. Исходя из площади f и длины b окон, определяют их высоту.

8. Площадь проходного сечения окон дросселя штамповочного молота при нажатой педали $f_{др} = 0,5f_H$, при свободной педали $f_{др} = 0,25 f_H$, ковочного молота $f_{др} = 0,5f_H$.

9. Расчет параметров предположительной индикаторной диаграммы ковочного молота при последовательных ходах падавших частей.

В отсеченном состоянии энергоноситель расширяется и сжимается адиабатически. Предположительные индикаторные диаграммы строят, принимая закономерность $pV^n = \text{const}$ для всех участков диаграммы, где давление не постоянно [66]:

$$p_{KH} \cong 1,25 p_0; p_1 = 1,1 p_0; p_{KB} = 1,1 p_0; p'_{KB} = p,$$

где p_0 – атмосферное давление;

p – давление свежего пара.

Из условия $pV^n = \text{const}$, а для пара $n = 1$, определяют

$$\gamma_{XH} = \frac{p_{KH}}{p} (\varphi_H + 1) - \varphi_H;$$

$$p'_{KH} = p_1 \frac{\varphi_H + \gamma + \beta}{\varphi_H}.$$

Для расчета последнего параметра необходимо задаться суммой $\gamma + \beta$. Обычно дольный коэффициент выпуска нижнего энергоносителя принимается $(1 - \gamma - \beta) \cong 0,4$.

Тогда $\gamma + \beta = 0,6$. По полученным данным строят линии изменения давления в зависимости от хода поршня для нижней полости

$$\gamma_{XB} = \frac{p_{KB}}{p} (\varphi_0 + 1) - \varphi_0; \gamma' + \beta' = \frac{p}{p_1} \varphi_0 - \varphi_0. \text{ При } p = 8 \text{ кгс/см}^2 \gamma' + \beta' = 0,74.$$

Полученные данные позволяют построить индикаторную диаграмму для верхней полости цилиндра.

Для раздельного определения дольных коэффициентов периодов отсечки β , β' и впуска γ , γ' можно воспользоваться методикой, изложенной в [66].

10. Расчет производительности ковочного молота. Диаграммы изменения давления в обеих полостях цилиндра раздельно анализируют при ходе падающих частей вверх и вниз. Для этого каждую из диаграмм разбивают на n участков, причем первый участок ограничивают условием постоянства давлений в верхней и нижней полостях цилиндра. В этом случае движение падающих частей будет равноускоренным, что облегчает определение скорости в конце первого участка и времени его прохождения. На остальных участках криволинейное изменение давления аппроксимируют прямыми линиями, и расчет ведут по средним значениям [66].

Время подъема и хода вниз считают как $t_B = \sum_1^i t_i$; $t_H = \sum_1^i t_i$, время цикла определяют с учетом продолжительности удара $t_y \cong 0,001$ с.

$$t_{\text{Ц}} = t_B + t_H + t_y .$$

Число ударов молота в минуту находят как

$$n = 60 / t_{\text{Ц}} .$$

Эта величина должна соответствовать ГОСТ 2.7032–89 [44].

Значение скорости в конце последнего участка при ходе падающих частей вниз используют для расчета энергии удара $\mathcal{E} = mV_{\text{II}}^2 / 2$, которая должна соответствовать указанной в стандарте.

Если производительность и энергия удара отличаются от указанных в стандарте, корректируют значение диаметра цилиндра или дольных коэффициентов эффективного впуска энергоносителя $\gamma_{\text{ХН}}$ и $\gamma_{\text{ХВ}}$.

11. Расчет параметров индикаторной диаграммы штамповочного молота при работе на единичных ходах с полной энергией удара, не превышаемых циклами качаний.

Индикаторные диаграммы именно этого режима работы необходимы для анализа производительности и энергии удара молота.

При первом холостом ходе вверх, а от него не отличается ход вверх при рассматриваемом режиме, в период впуска давление нижнего пара из-за мятя в нижних окнах золотниковой втулки на 1 кгс/см^2 ниже давления свежего пара p .

Период предварения выпуску $(1 - \gamma - \beta) \cong 0,1$.

$$p_{\text{КН}} = (p - 1) \frac{\varphi_{\text{Н}} + \gamma_{\text{ХН}}}{\varphi_{\text{Н}} + 1}; \gamma_{\text{ХН}} = 0,6; p_1 \cong 1,5 p_0; \gamma = 0,7 \dots 0,75.$$

По этим данным строят линию изменения давления в нижней полости при ходе вверх.

Ориентировочно можно принять $\gamma' + \beta' = 0,2 \dots 0,3$. Тогда

$$p_{\text{КВ}} = \left(1 + \frac{1}{\varphi_0} (\gamma' + \beta')\right) p_1.$$

Полученные данные используют для построения линии индикаторной диаграммы для верхней полости цилиндра при ходе вверх. Для ковочного молота эту диаграмму разбивают на участки. Первый будет ограничен величиной $(1 - \gamma' - \beta') H_m$, оставшуюся часть делим на n равных частей. Если в конце n -го участка скорость будет отлична от нуля, следует корректировать дольный коэффициент $(1 - \gamma' - \beta')$.

В результате анализа определяют $t_e = \sum_1^i t_i$.

При рабочем ходе принимают давление нижнего пара постоянным и равным $p_1 = 0,63(p - 1) - 0,75$.

Находят дольный коэффициент начала мятя пара

$$\gamma'_M = \frac{m \cdot V_M^2}{2 p_{\text{Н}} H_m},$$

где $V_M = \frac{f_{\text{др}}}{F} \omega_M$ – фиксированная скорость мятя ($\omega_M = 80 \text{ м/с}$).

По полученным результатам строят индикаторную диаграмму. Участок $a_c'b'$ строят в предположении $pV = \text{const}$.

Тогда

$$p_{\text{кн}} = p \frac{\varphi_0 + \gamma_{\text{ХВ}}}{\varphi_0 + 1}.$$

Если скорость в конце хода вниз не удовлетворяет энергии удара, оговоренной стандартом, следует изменить проходное сечение дросселя $f_{\text{др}}$ и повторить расчеты.

В итоге находят $t_{\text{н}} = \sum_1^i t_i$ и определяют число ударов в единицу времени, сравнивая его с данными ГОСТ [44].

Методика определения размеров золотника изложена в [66].

6.7 Технологическая часть проекта

В технологической части дипломного проекта должен быть разработан технологический процесс изготовления изделия на проектируемой машине и конструкция штампа одним из методов обработки металлов давлением (листовой штамповкой, ковкой или объемной штамповкой) по согласованию с руководителем дипломного проектирования. Для выполнения технологического расчета необходимо использовать разделы 3–4 настоящего пособия.

7 НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ ТЕМАТИКА

Дипломный проект по научно-исследовательской тематике состоит из пояснительной записки и графической части. Пояснительная записка должна содержать актуальность изучаемой проблемы, литературный обзор по теме, постановку задачи исследований, а также разделы, посвященные результатам теоретических и экспериментальных исследований, специальной части, охране труда, экологии, организационным мероприятиям и экономике, выводы.

Научно-исследовательский раздел включает расчетные схемы и соответствующие уравнения, графики, результаты металлографических исследований и механических испытаний, оценку энергосиловых параметров исследуемых процессов и т. п.

Специальная часть направлена на разработку используемых в реализации научных исследований сборочных и рабочих чертежей оборудования или технологической оснастки и содержит подробное описание принципа действия этого оборудования или оснастки.

Охрана труда должна отражать сведения, относящиеся к решению вопросов, поставленных в задании по этому разделу, а именно: производственная санитария, техника безопасности, пожарную профилактику и индивидуальное задание.

Требования экологии к проектируемому объекту включают вопросы, изложенные в разделе 8.

Организационная часть должна содержать обоснование выбора типа производства (если такое необходимо), характеристику производственной структуры проектируемого объекта, организацию труда в проектируемом объекте, организацию грузопотоков, планово-предупредительного ремонта оборудования и технологической оснастки, складского хозяйства, управления проектируемым объектом, обеспечение качества выпускаемой продукции.

В *экономической части* следует отразить исходные данные для экономического обоснования проекта, расчет прямых капитальных вложений, расчет себестоимости продукции, расчет косвенных расходов, основные технико-экономические показатели проектируемого объекта (см. раздел 9).

Графическая часть проекта порядка 70 % всего объема должна содержать схемы, математические выражения, графики, структуры, снимки и другой иллюстрационный материал, необходимый для

отражения сути проводимых исследований и полученных результатов. Остальной объем графической части (около 30 %) должен быть посвящен разработке сборочных чертежей реализуемого в проекте оборудования или технологической оснастки, а также рабочих чертежей деталей этого оборудования (оснастки).

8 ТРЕБОВАНИЯ ЭКОЛОГИИ

В силу специфики технологий кузнечно-штамповочное производство является ощутимым источником загрязнения окружающей среды. Комплексное решение данной проблемы является важнейшей экологической, социальной и экономической задачей.

В данном разделе пояснительной записки следует изложить информацию об источниках и масштабах загрязнения окружающей среды кузнечно-прессовым производством, а также путях снижения ущерба, наносимого природе. В частности, должны быть отражены вопросы:

- о механизме и способах очистки выбросов в атмосферу от вредных загрязняющих веществ;
- о способах очистки водных стоков от взвешенных и растворенных компонентов;
- об утилизации твердых отходов и повторного их использования;
- о рекуперации тепла от нагревательных печей с целью использования его для бытовых нужд.

В решении проблем экологии следует стремиться к созданию замкнутого цикла водоснабжения для технологических целей, использованию экологически безвредных технологических смазок, термической изоляции производственных помещений и т. п.

9 ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТА

9.1 Кузнечные и прессовые цеха

9.1.1 Исходные данные для экономического обоснования проекта

К экономическому обоснованию проекта необходимо приступать после расчетов основных элементов экономической части. Исходными данными для экономического обоснования проектируемого цеха являются:

- количество основных материалов и возвратных отходов на одну тонну поковок (комплектов деталей);
- количество вспомогательных материалов на годовую программу;
- количество необходимых на годовую программу топливно-энергетических ресурсов, пара, сжатого воздуха, воды;
- состав и количество основного и вспомогательного оборудования;
- потребность на годовую программу штамповой оснастки;
- планировка цеха и его площадь;
- численность работающих в цехе (штатное расписание);
- трудоемкость программы поковок (комплектов деталей) и разряда сложности работ.

9.1.2 Расчет инвестиций в проектируемый цех

В составе инвестиций выделяют капитальные вложения в основные производственные средства и затраты на создание оборотных средств цеха. Инвестиции необходимо определять методом прямого счета отдельных элементов затрат по формуле

$$И = K_0 + K_{зд} + K_{инв} + K_{осн} + K_m + K_{нп}, \quad (9.1)$$

где K_0 – капитальные вложения в оборудование, тыс. руб.;

$K_{зд}$ – капитальные вложения в здание, тыс. руб.;

$K_{инв}$ – капитальные вложения в инвентарь, тыс. руб.;

$K_{осн}$ – затраты на штамповую оснастку, тыс. руб.;

K_m – затраты на создание запасов материалов, тыс. руб.;

$K_{нп}$ – затраты на создание незавершенного производства в цехе, тыс. руб.

Капитальные вложения в оборудование определяется отдельно по технологическому, энергетическому и подъемно-транспортному оборудованию на основании ведомости состава оборудования, разработанной в технологической части дипломного проекта, и оптовых цен на него, а также затрат на транспортировку, монтаж оборудования и строительство фундамента:

$$K_0 = \Pi_{\text{опт}}(1 + K_T + K_{\text{мон}} + K_c), \text{ тыс. руб.}, \quad (9.2)$$

где $\Pi_{\text{опт}}$ – оптовая цена оборудования, тыс. руб.;

K_T – коэффициент транспортных расходов (применяется 0,05 для тяжелого оборудования и 0,10 для легкого);

$K_{\text{мон}}$ – коэффициент, учитывающий затраты на строительные работы (принимается в зависимости от массы оборудования в пределах от 0,02 до 0,08).

Капитальные вложения в здание определяются как

$$K_{\text{зд}} = S_{\text{пл}} \cdot \Pi_{\text{зд}}, \text{ тыс. руб.}, \quad (9.3)$$

где $S_{\text{пл}}$ – площадь цеха, установленная по планировке, м²,

$\Pi_{\text{зд}}$ – стоимость 1 м² здания, тыс. руб./м².

Капитальные вложения в оснастку рассчитывают исходя из количества штамповой оснастки и средней стоимости одного экземпляра штампа. Укрупненно для кузнечных цехов допускается считать по формуле

$$K_{\text{осн}} = G_{\text{осн}} \cdot \Pi_{\text{осн}}, \quad (9.4)$$

где $G_{\text{осн}}$ – масса штамповой оснастки, расходуемой на годовую программу, кг;

$\Pi_{\text{осн}}$ – цена 1 кг штампов, тыс. руб./кг.

Капитальные вложения в инвентарь включают затраты на производственный и хозяйственный инвентарь, необходимый для нормальной работы цеха. Затраты на инвентарь допускается определять укрупненно в пределах 1,5–2 % от стоимости технологического и транспортного оборудования.

Капитальные вложения в запасы материальных ресурсов включают запасы основных и вспомогательных материалов, топлива, формируемые в цехе для обеспечения бесперебойной его работы.

Вложения в запасы определяются по каждому виду материальных ресурсов с дальнейшим суммированием по формуле

$$K_M = \frac{M \cdot C_M \cdot K_{T3} \cdot T}{360}, \text{ тыс. руб.}, \quad (9.5)$$

где M – годовой расход материального ресурса, т;

C_M – оптовая цена материального ресурса, тыс. руб./т,

K_{T3} – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы, принимается 1,05;

T – норма запаса материального ресурса, принимается укрупненно для кузнечно-штамповочных цехов 2–3 дня, для прессовых цехов 1 день.

Капитальные вложения в незавершенное производство цеха определяют по формуле

$$K_{нп} = D \cdot S \cdot T_{ц} \cdot K_{нз}, \text{ тыс. руб.}, \quad (9.6)$$

где D – среднесуточный выпуск комплектов деталей, поковок, т;

S – производственная себестоимость тонны поковок или одного комплекта деталей, тыс. руб.;

$T_{ц}$ – длительность производственного цикла (принимается укрупненно 2–3 дня);

$K_{нз}$ – коэффициент нарастания затрат в незавершенном производстве (принимается 0,6–0,8).

Результаты расчета капитальных вложений и инвестиций сводятся в таблицу 9.1.

Таблица 9.1 – Капитальные вложения и инвестиции по цеху

Инвестиции	Сумма, тыс. руб.
1. Оборудование	
2. Здания	
3. Инвентарь	
Итого основные средства	
4. Штамповая оснастка	
5. Запасы материалов	
6. Незавершенное производство	
Итого оборотные средства	
7. Всего инвестиций	

9.1.3 Расчет себестоимости продукции

Калькуляция себестоимости тонны поковок, комплектов деталей, включает прямые затраты и косвенные расходы по цеху. К *прямым затратам* относятся затраты на основные материалы за вычетом отходов, затраты на технологическое топливо и технологическую электроэнергию, основную и дополнительную заработную плату производственных рабочих, начисления на заработную плату, расходы на штамповую оснастку. К *косвенным расходам* относят расходы на содержание и эксплуатацию оборудования, общецеховые и общехозяйственные расходы.

Затраты на основные материалы рассчитывают по формуле

$$З_m = (q_m \cdot Ц_m \cdot K_{tz} - q_{отх} \cdot Ц_{отх}) N, \text{ тыс. руб.}, \quad (9.7)$$

где q_m – норма расхода материала на 1 т поковок, комплект, т;

$q_{отх}$ – норма отхода материала на 1 т поковок, комплект, т;

$Ц_{отх}$ – цена 1 т отходов комплектов, тыс. руб.;

N – производственная программа цеха, т (комплектов).

Расходы на технологическое топливо и технологическую электроэнергию, связанные с нагревом металла, определяют исходя из годовой потребности этих энергоносителей согласно технологической части дипломного проекта и их цены.

Основная заработная плата производственных рабочих на 1 т поковок (комплектов деталей) определяется отношением фонда основной заработной платы к годовому выпуску продукции. Фонд основной заработной платы производственных рабочих определяют по формуле

$$З_\phi = (1 + K_d)\eta \cdot K_{тр} \cdot R \cdot \Phi_d, \text{ тыс. руб.}, \quad (9.8)$$

где K_d – коэффициент доплат, связанных с выполнением работы, принимается по заводским данным или 0,2–0,4;

η – часовая тарифная ставка первого разряда квалификации, принятая на предприятии, тыс. руб.;

$K_{тр}$ – средний тарифный коэффициент производственных рабочих по цеху, определяемый как

$$K_{\text{тр}} = \frac{\sum^n R_i \cdot R_{\text{тp}i}}{\sum^n R_i}, \quad (9.9)$$

где n – количество разрядов квалификации в цеху;

R_i – количество рабочих i -го разряда, чел.;

$K_{\text{тp}i}$ – тарифный коэффициент i -го разряда;

R – количество производственных рабочих по штатному расписанию;

$\Phi_{\text{д}}$ – действительный фонд времени рабочего, принимается по заводским данным или 1750–1800 ч.

Дополнительная заработная плата принимается равной 10–12 % от основной заработной платы производственных рабочих.

Отчисления в бюджет и внебюджетные фонды на социальные нужды рассчитывают исходя из централизованно утвержденных нормативов от средств на оплату труда.

Затраты на штамповую оснастку, включаемые в калькуляцию продукции принимаются равными капитальным вложениям на штамповую оснастку (см. таблица 9.1).

Косвенные расходы, включаемые в производственную себестоимость, содержат общепроизводственные и общехозяйственные расходы. В общехозяйственные расходы включаются расходы по содержанию и эксплуатации машин и оборудования (таблица 9.2) и расходы, связанные с организацией, обслуживанием и управлением производством цеха (таблица 9.3).

Расчет затрат на амортизацию оборудования и транспортных средств производят по формуле

$$C_a = \frac{K_o \cdot a_{\text{пр}} \cdot N_a}{100}, \text{ тыс. руб.}, \quad (9.10)$$

где $a_{\text{пр}}$ – количество оборудования (транспортных средств), эксплуатируемых в цеху, шт.;

N_a – норма амортизации (принимается по действующим нормативам или 6,7 %).

Затраты на вспомогательные материалы, расходуемые для обеспечения протекания основных технологических процессов, опреде-

ляют на основании расчета потребности на годовую программу в технологической части проекта и оптовых цен. Допускается принимать затраты на вспомогательные материалы укрупненно в пределах 1,5–2 % затрат на основные материалы.

Затраты на силовую электроэнергию, сжатый воздух, пар для молотов, на воду для производственных нужд рассчитывают на основании годовой потребности этих ресурсов, определенной в технологической части проекта и принятых цен на эти ресурсы.

Результаты расчета затрат на вспомогательные материалы, производственную воду и энергетические ресурсы необходимо свести в таблицу, в которой должны быть отражены годовая потребность, принятая цена и общие затраты на годовую программу.

Таблица 9.2 – Смета расходов на содержание и эксплуатацию оборудования

Статья	Состав статьи	Сумма, тыс. руб.
1. Амортизация оборудования и транспортных средств	а) амортизация оборудования; б) амортизация транспортных средств	
2. Эксплуатация оборудования	а) вспомогательные материалы; б) силовая электроэнергия; в) сжатый воздух; г) пар для молотов; д) вода на производственные нужды; е) основная и дополнительная заработная плата с отчислениями на социальные нужды вспомогательных рабочих	
3. Ремонт оборудования и транспортных средств	а) ремонт оборудования; б) ремонт транспортных средств	
4. Внутрицеховое перемещение грузов	Затраты по эксплуатации транспорта	
5. Износ малоценных и быстроизнашивающихся инструментов и приспособлений	Сумма износа и расходы по восстановлению и ремонту малоценного и быстроизна-	

Статья	Состав статьи	Сумма, тыс. руб.
соблений	шивающегося инструмента и приспособлений	

Окончание таблицы 9.2

Статья	Состав статьи	Сумма, тыс. руб.
6. Прочие расходы (5 % от суммы статей 1–5)	Заработная плата контролеров ОТК и технических исполнителей	
Итого по смете		

Фонд основной заработной платы вспомогательных рабочих определяют по формуле (9.8). Средний тарифные коэффициент вспомогательных рабочих определяется исходя из их количества и разряда квалификации по формуле (9.9). Фонд дополнительной заработной платы вспомогательных рабочих принимается из расчета 5–6 % от их фонда заработной платы.

Расчет затрат на ремонт и техническое обслуживание оборудования и транспортных средств производится по формуле

$$C_p = \frac{Ц_{\text{опт}} \cdot K_p \cdot a_{\text{пр}}}{100}, \text{ тыс. руб.}, \quad (9.11)$$

где K_p – удельный вес затрат на ремонт и техническое обслуживание от оптовой цены оборудования, принимается 7–9 %.

Сумма износа и расходы по восстановлению и ремонту малоценного и быстроизнашивающегося инструмента и приспособлений принимается укрупнено 25–29 % от суммы статей 1, 2, 3, 4 сметы расходов на содержание и эксплуатацию оборудования (см. таблица 9.2).

Таблица 9.3 – Смета расходов по управлению и обслуживанию производства

Статья	Состав статьи	Сумма, тыс. руб.
1. Содержание аппарата управления цехом	Заработная плата с отчислениями на социальные нужды руководителей, специалистов	
2. Амортизация здания и инвентаря	а) амортизация здания; б) амортизация инвентаря	

3. Содержание инвентаря	а) электроэнергия на освещение; б) пар на отопление помещений; в) вода на хозяйственные и бытовые нужды	
-------------------------	---	--

Окончание таблицы 9.3

Статья	Состав статьи	Сумма, тыс. руб.
4. Ремонт здания и инвентаря	а) ремонт здания; б) ремонт инвентаря	
5. Испытания, опыты и исследования, рационализация и изобретательство	Стоимость материалов, услуг, оплата работ сторонних организаций, денежные выплаты и т. д.	
6. Охрана труда	Расходы по охране труда и технике безопасности	
7. Износ малоценного и быстроизнашивающегося инвентаря (2 % от суммы статей 1–6)	Сумма износа и расходы по восстановлению и ремонту малоценного и быстроизнашивающегося инвентаря	
8. Прочие расходы (5 % от суммы статей 1–7)	Канцелярские, почтовые и прочие денежные расходы	
Итого по смете		

Фонд заработной платы руководителей и специалистов определяется исходя из численности этих работников и должностных окладов по штатному расписанию цеха

$$Z_{\text{сл}} = 12 \sum_{i=1}^n L_{\text{сл}} \cdot R_{\text{сл}}, \text{ тыс. руб.}, \quad (9.12)$$

где n – перечень должностей согласно штатному расписанию;

$L_{\text{сл}}$ – должностной оклад служащего, тыс. руб.;

$R_{\text{сл}}$ – принятая численность служащих по i -й должности, чел.

Амортизация здания и инвентаря цеха определяется по формуле

$$C_{\text{аз}} = S_6 \frac{A_3}{100}, \quad (9.13)$$

где S_6 – стоимость здания, инвентаря (см. таблицу 9.1.), тыс. руб.;

A_3 – норма амортизации здания (2,7 %), инвентаря (10 %).

Затраты на электроэнергию для освещенных и бытовых помещений, пар на отопление помещения, воду на хозяйственные и бытовые нужды определяют исходя из их потребности на годовую программу выпуска продукции, определенной в технологической части дипломного проекта, и принятых на предприятии цен на эти ресурсы. Годовую потребность, принятую цену и затраты на ресурсы привести в таблице.

Затраты на текущий и капитальный ремонт здания принимаются в размере 3 % от его стоимости (таблица 9.1), а на текущий ремонт производственного инвентаря – 10 % его стоимости.

Расходы по испытаниям, опытам, исследованиям, рационализации и изобретательству, по охране труда и технике безопасности, определяются по нормативам базового предприятия. Укрупненно эти расходы допускается принять 15 % и 9 % соответственно, от заработной платы руководителей и специалистов цеха.

Возмещение износа малоценного и быстроизнашивающегося хозяйственного инвентаря рассчитывается исходя из заводских нормативов затрат на одного работающего или укрупненно 3 % от заработной платы руководителей, специалистов и технических исполнителей цеха.

После расчета общепроизводственных расходов следует определить их отношение к основной заработной плате производственных рабочих:

$$H_{пз} = \frac{S_{об} + S_{ц}}{З_{ф}} 100 \% , \quad (9.14)$$

где $H_{пз}$ – норматив общепроизводственных затрат по проектируемому цеху, %;

$S_{об}$ – результаты сметы расходов по содержанию и эксплуатации оборудования, тыс. руб.;

$S_{ц}$ – результат сметы расходов по управлению и обслуживанию производством, тыс. руб.

Калькуляция себестоимости продукции производится как для годовой программы выпуска, так и для одной тонны поковок (комплектов деталей) по форме, приведенной в таблице 9.4.

Таблица 9.4 – Калькуляция себестоимости продукции

Статья	Сумма, тыс. руб.	
	на программу	на 1 т поковок (комплект деталей)
1. Основные материалы за вычетом отходов		
2. Топливо на технологические цели		
3. Электроэнергия на технологические цели		
4. Основная заработная плата производственных рабочих		
5. Дополнительная заработная плата производственных рабочих		
6. Отчисления на социальные нужды		
7. Износ штамповой оснастки		
8. Расходы по содержанию и эксплуатации оборудования		
9. Расходы по управлению и обслуживанию производством		
10. Общехозяйственные расходы		
Итого производственная стоимость		

9.1.4 Основные технико-экономические показатели

Основные технико-экономические показатели проектируемого цеха представлены в таблице 9.5.

Таблица 9.5 – Основные технико-экономические показатели

Показатель	Единица измерения	Значение показателя
1. Объем выпуска продукции: а) в стоимостном выражении; б) в натуральном выражении	тыс. руб. т (комплектов)	
2. Площадь цеха: а) общая; б) производственная	m^2 m^2	

Окончание таблицы 9.5

Показатель	Единица измерения	Значение показателя
3. Стоимость основных средств	тыс. руб.	
4. Численность работающих, в том числе: а) производственных рабочих; б) вспомогательных рабочих	чел. чел.	
5. Фонд заработной платы работающих	тыс. руб.	
6. Фонд основной заработной платы производственных рабочих	тыс. руб.	
7. Показатель фондоотдачи	руб./руб.	
8. Фондовооруженность труда	руб./чел.	
9. Выпуск продукции на производственного рабочего:		
а) в стоимостном выражении;	руб./чел.	
б) в натуральном выражении	т/чел.	
10. Среднемесячная заработная плата:		
а) производственных рабочих;	тыс. руб.	
б) вспомогательных рабочих	тыс. руб.	
11. Инвестиции	тыс. руб.	
12. Производственная себестоимость единицы продукции	тыс. руб./ т (комп.)	
13. Чистая прибыль	тыс. руб.	
14. Рентабельность инвестиций	%	
15. Срок возврата инвестиций	лет	

Отпускная цена объема выпуска продукции принимается на 20–30 % больше производственной себестоимости (см. таблицу 9.4.)

Показатель фондоотдачи определяется как отношение объема выпуска продукции в стоимостном выражении к стоимости основных средств, а показатель фондовооруженности труда определяется отношением стоимости основных средств к общей численности работающих.

Среднемесячная заработная плата рабочего определяется делением фонда заработной платы рабочего на численность рабочих и на 12 месяцев.

Чистая, или нераспределенная, прибыль определяется вычитанием из отпускной цены годового выпуска продукции последовательно производственной себестоимости, налога на добавленную стоимость, налога на недвижимость и налога на прибыль.

Исходные данные для расчета чистой прибыли следующие:

- отпускная цена годового выпуска;
- производственная себестоимость продукции;
- норматив налога на добавленную стоимость α , %;
- норматив налога на недвижимость β , %;
- норматив налога на прибыль k , %.

Налогооблагаемая прибыль определяется исходя из равенства

$$\Pi_n = \frac{\Pi_{\text{п}} - C - \alpha/100(З + А)}{1 + \alpha/100}, \text{ тыс. руб.}, \quad (9.15)$$

где Π_n – налогооблагаемая прибыль, тыс. руб.;

$\Pi_{\text{п}}$ – отпускная цена годового выпуска продукции, тыс. руб.;

C – производственная себестоимость программы, тыс. руб.;

$З$ – заработная плата работающих в цехе с отчислениями на социальные нужды, тыс. руб.;

A – амортизация на основные средств цеха, тыс. руб.

Чистая прибыль, остающаяся в распоряжении предприятия, определяется по формуле

$$\Pi = (\Pi_n - \beta/100 * \varphi)(1 - k/100), \quad (9.16)$$

где φ – основные производственные средства цеха (см. таблицу 9.1.), тыс. руб.

Рентабельность инвестиций определяется по формуле

$$P = \frac{\Pi_n}{I} 100, \%, \quad (9.17)$$

где I – инвестиции в создание проектируемого цеха (см. таблицу 9.1.), тыс. руб.

Срок возврата инвестиций определяется отношением размера инвестиций к чистой прибыли.

9.2 Экономическое обоснование новой машиностроительной продукции

Экономическое обоснование новой машиностроительной продукции (машин, оборудования, приборов) на стадии разработки технического проекта заключается в определении лимитной цены и полезного эффекта от применения новой продукции.

В расчетно-пояснительной записке дипломного проекта выделяется в качестве самостоятельного раздела «Экономическая часть», в котором рекомендуется изложить следующие подразделы:

- 1 Исходные данные для расчета лимитной цены.
 - 1.1 Типовая деталь.
 - 1.2 Выбор базы для сравнения.
 - 1.3 Расчет количества оборудования и планировка рабочих мест.
 - 1.4 Сроки службы оборудования.
- 2 Расчет текущих затрат у потребителя.
- 3 Сопутствующие капитальные вложения потребителя.
- 4 Расчет лимитной цены и экономического эффекта у потребителя.
- 5 Технико-экономические показатели проекта.

9.2.1 Методика определения лимитных цен

На стадии технического проекта экономическое обоснование новой конструкции машины заключается в обосновании и расчете лимитной цены. *Лимитная цена* выражает предельно допустимый (верхний) уровень цены новой продукции, определяемый на основе стоимостной оценки улучшений ее потребительских свойств, при котором обеспечивается относительное удешевление продукции для потребителя. Таким образом, лимитная цена позволяет обосновать целесообразность проектирования и производства новой продукции.

Лимитная цена рассчитывается по формуле

$$Ц_{л} = Ц_{б} + Э_{п} \cdot K_{з}, \quad (9.18)$$

где $Ц_{б}$ – цена базовой продукции, принимаемой в качестве аналога для расчета лимитной цены;

$Э_{п}$ – полезный эффект от применения новой продукции;

$K_{з}$ – коэффициент учета полезного эффекта в цене новой продукции, равный 0,7.

За базовую принимается аналогичная по функциональному назначению лучшая из отечественных или зарубежных видов продукция, применительно к которой проводятся сопоставления основных технико-экономических параметров. В качестве цены базовой продукции принимается прейскурантная оптовая цена. При этом прейскурантная цена корректируется с учетом коэффициента удешевления, равного 0,9, характеризующего моральное старение базовой продукции за период проектирования и освоения новой техники.

Полезный эффект новой техники в потреблении представляет стоимостную оценку изменений ее потребительских свойств. Расчет полезного эффекта осуществляется по формуле

$$\mathcal{E}_n = \mathcal{C}_б (K_n \cdot K_d - 1) + \Delta И + \Delta K + \mathcal{E}_к + \mathcal{E}_с + \mathcal{E}_э, \quad (9.19)$$

где K_n – коэффициент учета роста производительности нового изделия по сравнению с базовым. Рассчитывается как отношение (B_2/B_1) годовых объемов продукции, производимой при использовании нового изделия (B_2) и базового (B_1). При этом учитываются показатели надежности нового и базового изделия;

K_d – коэффициент учета изменения срока службы нового изделия по сравнению с базовым. Рассчитывается как отношение

$$K_d = \left(\frac{1}{T_1} + E_n \right) / \left(\frac{1}{T_2} + E_n \right) \quad (9.20)$$

исходя из сроков службы базового и нового изделий с учетом морального износа (соответственно T_1 и T_2) и нормативного коэффициента эффективности ($E_n = 0,15$);

$\Delta И$ – изменение текущих издержек эксплуатации у потребителя при использовании им нового изделия взамен базового (без учета затрат на их реновацию) за срок службы нового изделия с учетом морального износа. Рассчитывается по формуле

$$\Delta И = \frac{И_1 - И_2}{\frac{1}{T_2} + E_n} \quad (9.21)$$

исходя из годовых эксплуатационных издержек потребителя ($И_1$, $И_2$) при использовании им базового и нового изделий в расчете на объем продукции, производимой с помощью нового изделия. Годовые эксплуатационные издержки потребителя определяются, исходя из прямых материальных и трудовых затрат, а также расходов по содержанию и эксплуатации оборудования. При этом расчет материальных затрат выполняется на основе норм расхода сырья, материалов, топлива и энергии;

$\Delta К$ – изменение отчислений от сопутствующих капитальных вложений потребителя за срок службы с учетом морального износа при использовании им нового изделия взамен базового. Рассчитывается по формуле

$$\Delta К = \frac{E_n(K_1 - K_2)}{\frac{1}{T_2} + E_n} \quad (9.22)$$

исходя из сопутствующих капитальных вложений потребителя ($К_1$, $К_2$) при использовании им базового и нового изделия в расчете на объем продукции, производимой с помощью нового изделия;

\mathcal{E}_k , \mathcal{E}_c , \mathcal{E}_3 – эффект от изменения качества продукции, изготавливаемой с помощью новой техники; социальный и экологический эффекты, обусловленные применением нового изделия у потребителя. Рассчитываются за срок службы с учетом морального износа нового изделия.

9.2.2 Исходные данные для расчета лимитной цены

Исходными данными для расчета лимитной цены являются технико-эксплуатационные показатели базовой и новой продукции, рассчитанные для условий производства типовой детали. В расчетно-пояснительной записке необходимо привести чертеж и технические условия на типовую деталь. При выборе типовой детали необходимо обеспечить максимальную реализацию тех потребительских

свойств, которые обеспечиваются конструкцией нового изделия (машины, оборудование). Рекомендуется привести перечень технологических операций и переходов, а также дать необходимые схемы раскроя материала на этих операциях.

После определения типовой детали приступают к выбору базовой модели машины. В качестве базы для сравнения применяются лучшие из внедренных, спроектированных или находящихся в стадии завершения научного исследования отечественных или зарубежных средств, обеспечивающих получение типовой детали. Выбор лучших видов техники в качестве базовой необходимо производить исходя из конкретных условий, места, времени и масштабов производства, при которых они используются. Не следует сравнивать предлагаемую машину с заведомо нерациональными базовыми средствами. При модернизации оборудования за базу принимается та конструкция, которая использовалась в производстве до проведения указанного мероприятия.

Расчет годовых объемов продукции, производимых при использовании новой и базовой техники, производится по формуле

$$B = D_{\text{ч}} \cdot K_{\text{вн}} \cdot F_{\text{д}} \cdot K_{\text{з}}, \text{ шт.}, \text{ т}, \text{ м}^3, \text{ м}^2, \quad (9.23)$$

где $D_{\text{ч}}$ – часовая производительность техники, занятой изготовлением типовой детали, шт./ч, т/ч, м³/ч, м²/ч;

$K_{\text{вн}}$ – коэффициент выполнения норм, принимается 1,2;

$F_{\text{д}}$ – действительный фонд времени работы машины, принимается 3800 ч;

$K_{\text{з}}$ – коэффициент загрузки оборудования, принимается 0,75.

Часовую производительность базовой машины допускается устанавливать по каталогу на оборудование, либо по техническому паспорту оборудования. Рекомендуется устанавливать на основании штучно-калькуляционного времени $t_{\text{шт.к}}$ на типовую деталь по формуле

$$D_{\text{ч}} = \frac{60}{t_{\text{шт.к}}}. \quad (9.24)$$

Штучно-калькуляционное время устанавливается на основе структуры операций на типовую деталь и общемашиностроитель-

ных норм времени. Расчет норм штучного времени привести в пояснительной записке.

Часовую производительность новой машины рекомендуется устанавливать на основе норм времени на типовую деталь, причем затраты времени на элементы операций, переходы допускается принимать на основе расчета или опытных данных.

Количество необходимого оборудования по сравниваемым вариантам рассчитывается на объем годовой продукции, производимой при использовании новой техники по формуле

$$a_p = \frac{B \cdot t_{\text{шт.к}}}{60 \cdot F_d \cdot K_{\text{вн}}}, \quad (9.25)$$

где a_p – расчетное количество оборудования.

Расчетное количество оборудования округляют до принятого целого количества в большую сторону.

Для расчета необходимых производственных площадей разрабатывается планировка рабочих мест с расположением на них принятого количества оборудования. Планировки по сравниваемым вариантам рекомендуется выполнять в расчетно-пояснительной записке на листе писчей бумаги формата А4 или А3 в уменьшенном масштабе с указанием расположения основного и вспомогательного оборудования, организационной оснастки, производственного и хозяйственного инвентаря. В примечании к планировке необходимо дать спецификацию оснащения рабочего места и указать его размеры. По размерам рабочего места нужно рассчитать производственную площадь.

Срок службы как новой, так и базовой техники допускается определять как срок службы от ввода ее в эксплуатацию до первого капитального ремонта. Этот интервал времени называется длительностью ремонтного цикла и зависит от срока службы базовых деталей и узлов машины. Длительность ремонтного цикла для кузнечно-прессового оборудования определяется по формуле

$$T_p = 10\,000 K_p \cdot K_b \cdot K_d, \text{ ч}, \quad (9.26)$$

где K_p – коэффициент ремонтных особенностей (принимается в пределах 1,8–2,8);

K_b – коэффициент возраста, принимается 1,8–2,8;

K_d – коэффициент долговечности, принимается 1,0–0,7.

Расчет количества операторов по базовой и новой машине производят исходя из годового выпуска продукции проектного варианта по формуле

$$R_{оп} = \frac{B \cdot t_{шт.к}}{60\Phi_d \cdot K_{вн}}, \quad (9.27)$$

где Φ_d – эффективный фонд времени оператора, принимается 1750 ч.

Допускается численность операторов определять по рабочим местам по формуле

$$R_{оп} = a_{пр} \cdot K_{см} \cdot K_6 \left(1 - \frac{\beta}{100}\right), \quad (9.28)$$

где $a_{пр}$ – принятое количество оборудования в расчете на годовой объем продукции проектного варианта, шт.;

$K_{см}$ – коэффициент сменности работа оборудования;

K_6 – коэффициент обслуживания оборудования;

β_0 – коэффициент, учитывающий неявки на работу по объективным причинам, принимается 8–10 %.

Численность вспомогательных рабочих (наладчиков, ремонтников и др.) определяют исходя из норматива их численности и численности операторов, который составляет от 80 до 100 % в зависимости от вида цеха.

Технико-эксплуатационные показатели базовой и новой машины сводятся в таблицу 9.6.

Таблица 9.6 – Технико-эксплуатационные показатели сравниваемых моделей оборудования

Показатель	Единица измерения	Варианты	
		Базовый	Проектный
1. Наименование и модель оборудования			
2. Годовой объем продукции	шт., т		
3. Принятое количество оборудования на годовой объем продукции проектного варианта	шт.		

4. Площадь рабочего места на годовой объем продукции проектного варианта	м ²		
--	----------------	--	--

Окончание таблицы 9.6

Показатель	Единица измерения	Варианты	
		Базовый	Проектный
5. Обслуживающий персонал на единицу техники: операторы наладчики, ремонтники и др.	чел. чел.		
6. Срок службы оборудования до капитального ремонта	лет		
7. Квалификационный разряд: оператора наладчика, ремонтника и др.			
8. Установленная мощность электродвигателей	кВт		
9. Расход сжатого воздуха на 1 ч работы	м ³		
10. Расход воды на 1 ч работы	м ³		
11. Расход пара на 1 ч работы	т		
12. Расход технологической электроэнергии	кВт/т		
13. Расход технологического топлива	м ³ /т		
14. Оптовая цена базовой машины	руб.		
15. Численность персонала на годовой объем проектного варианта: операторов наладчиков, ремонтников и др.	чел. чел.		

9.2.3 Текущие издержки эксплуатации у потребителя

Текущие издержки потребителя рассчитываются на годовой объем продукции проектного варианта.

К текущим издержкам потребителя относятся затраты на материалы, на заработную плату операторов и вспомогательных рабочих с начислениями, расходы на энергию, топливо, воду, сжатый воздух, пар, необходимые для эксплуатации оборудования, затраты

на ремонт оборудования, затраты на содержание площади рабочих мест, расходы, связанные с возмещением износа штампов и другой оснастки, а также прочие расходы, связанные с содержанием и эксплуатацией оборудования.

Затраты на основные материалы в общем виде могут быть рассчитаны по формуле (9.7).

Затраты на вспомогательные материалы рассчитываются на основании укрупненных норм расхода или в процентах от стоимости основных материалов (для штамповки 1,5–2,0 %).

Фонд заработной платы операторов определяется по формуле

$$З_{з.о} = (1 + K_d) \sum_1^m P_{шт.i} \cdot B_i \cdot K_{доп}, \quad (9.29)$$

где K_d – коэффициент доплат, входящих в основную заработную плату, принимается 0,2–0,4;

m – количество операций в технологическом процессе типовой детали;

$P_{шт.i}$ – расценка на i -й операции, тыс. руб.;

B_i – годовой объем продукции проектируемого варианта на i -й операции, шт.;

$K_{доп}$ – коэффициент, учитывающий дополнительную заработную плату, принимается 1,12.

Сдельная расценка представляет собой оплату труда за единицу продукции, выплачиваемую рабочему независимо от фактических затрат времени. Расценка определяется по формуле

$$P_{шт.i} = \eta_c \frac{t_{шт.к}}{60}, \quad (9.30)$$

где η_c – часовая тарифная ставка разряда сложности работы.

Фонд заработной платы вспомогательных рабочих (наладчиков, ремонтников и др.), обслуживающих рабочее место, рассчитывается по формуле

$$З_{з.в} = (1 + K_d) \cdot \eta_v \cdot R_v \cdot \Phi_d \cdot K_{доп}, \quad (9.31)$$

где $\eta_{\text{в}}$ – часовая тарифная ставка вспомогательных рабочих, соответствующая среднему разряду их квалификации;

$R_{\text{в}}$ – списочная численность вспомогательных рабочих, чел.;

$K_{\text{доп}}$ – коэффициент дополнительной заработной платы для вспомогательных рабочих, принимается 1,06.

Отчисления в фонд социальной защиты населения определяются по нормативу на момент дипломного проектирования.

Расчет затрат на потребляемую силовую электрическую энергию осуществляется по формуле

$$Z_{\text{э.п}} = \frac{N_{\text{у}} \cdot K_{\text{вр}} \cdot K_{\text{N}} \cdot K_{\omega} \cdot F_{\text{д}} \cdot \Pi_{\text{э}} \cdot a_{\text{р}}}{\xi}, \quad (9.32)$$

где $N_{\text{у}}$ – установленная мощность электродвигателей, кВт;

$K_{\text{вр}}$ – коэффициент загрузки двигателей по времени, принимается по источнику, в пределах 0,6–0,8;

K_{N} – коэффициент загрузки двигателей по мощности, принимается в пределах 0,5–0,8;

K_{ω} – коэффициент, учитывающий потери электроэнергии в сети, принимается 1,03–1,05;

$\Pi_{\text{э}}$ – цена электроэнергии, принимается по заводским данным;

ξ – средний коэффициент полезного действия электродвигателей, принимается по паспорту оборудования или 0,9.

Расчет затрат на технологическую электроэнергию, связанную с нагревом заготовок, осуществляют по формуле

$$Z_{\text{э.т}} = D_{\text{э.т}} \cdot \Pi_{\text{э}} \cdot \frac{q_{\text{м}}}{1000} B, \quad (9.33)$$

где $D_{\text{э.т}}$ – норма расхода технологической электроэнергии, кВт/т.

Расчет затрат на технологическое топливо, используемое для нагрева заготовок, ведется по формуле

$$Z_{\text{т.т}} = D_{\text{т.т}} \cdot K_{\text{пот}} \cdot K_{\text{н}} \cdot \Pi_{\text{топ}} \cdot \frac{q_{\text{м}}}{1000} B, \quad (9.34)$$

где $D_{\text{т.т}}$ – удельный расход топлива на единицу продукции;

$K_{\text{пот}}$ – коэффициент, учитывающий потери топлива при разогреве печи, простоях, нагреве отходов, принимается 1,05;

$K_{\text{н}}$ – коэффициент неравномерности загрузки оборудования, принимается 1,1–1,5;

$\Pi_{\text{топ}}$ – оптовая цена топлива, принимается по заводским данным.

Расчет затрат на сжатый воздух в кузнечно-штамповочном производстве определяется по формуле

$$Z_{\text{с.ж}} = D_{\text{в}} \cdot \Pi_{\text{в}} \cdot \frac{q_{\text{м}}}{1000} B, \quad (9.35)$$

где $D_{\text{в}}$ – удельный расход воздуха на 1 т поковок;

$\Pi_{\text{в}}$ – цена воздуха, принимается по заводским данным.

Затраты на сжатый воздух в прессовом производстве определяются исходя из среднечасового расхода воздуха

$$Z_{\text{с.ж}} = D_{\text{чв}} \cdot K_{\text{пв}} \cdot F_{\text{д}} \cdot a_{\text{р}} \cdot \Pi_{\text{в}}, \quad (9.36)$$

где $D_{\text{чв}}$ – среднечасовой расход сжатого воздуха, м³/ч;

$K_{\text{пв}}$ – коэффициент, учитывавший потери сжатого воздуха в сети, принимается 1,05–1,15.

Затраты на пар, потребляемый молотами, определяется аналогично расчету затрат на сжатый воздух.

Затраты на техническую воду определяют по формуле

$$Z_{\text{вод}} = D_{\text{вод}} \cdot F_{\text{д}} \cdot a_{\text{р}} \cdot \Pi_{\text{вод}}, \quad (9.37)$$

где $D_{\text{вод}}$ – норма расхода воды, м³/ч;

$\Pi_{\text{вод}}$ – цена воды, определяется по заводским данным.

Затраты на текущий и капитальный ремонт для сравниваемых вариантов единицы техники условно считаются одинаковыми, если нет принципиального различия в конструкции машин и они имеют одинаковые силовые параметры. В этом случае затраты на ремонт единицы техники определяют укрупнено исходя из норматива 12 % от оптовой цены базовой техники. Затраты на ремонт по сравниваемым вариантам определяют по формуле

$$Z_{\text{рем}} = \frac{K_p \cdot \Pi_{\text{баз}} \cdot a_p}{100}, \quad (9.38)$$

где K_p – норматив затрат на ремонт, принимается 12 %;

$\Pi_{\text{баз}}$ – оптовая цена базовой техники.

Расчет затрат по использованию производственной площади, включающие затраты на амортизацию, ремонт, отопление, освещение, вентиляцию и уборку помещения, производится по формуле

$$Z_{\text{пл}} = S_{\text{пл}} \cdot C_{\text{с.г}}, \quad (9.39)$$

где $S_{\text{пл}}$ – площадь рабочих мест с расположением принятого количества оборудования, обеспечивающего производство годового объема продукции проектируемой техники (устанавливается по планировке), м²;

$C_{\text{с.г}}$ – годовые затраты, связанные с использованием 1 м² производственного помещения, принимается по заводским данным.

Затраты по возмещению износа штамповой оснастки определяются по формуле

$$Z_{\text{осн}} = \Pi_{\text{осн}} \cdot \Pi_p, \quad (9.40)$$

где $\Pi_{\text{осн}}$ – цена одного экземпляра оснастки, определяется по заводским данным или укрупненно исходя из цены 1 кг оснастки;

Π_p – расчетное количество экземпляров оснастки, необходимое на годовой объем продукции проектного варианта, шт.

Расчетное количество оснастки определяют исходя из ее стойкости по формуле

$$\Pi_p = \frac{B \cdot K_{\text{уд}}}{\Pi_{\text{ст}}}, \quad (9.41)$$

где $K_{\text{уд}}$ – коэффициент, учитывающий количество ударов, приходящееся на одну деталь;

$\Pi_{\text{ст}}$ – стойкость оснастки, определяется как количество ударов, выдерживаемое штампом до полного износа с учетом переточек.

Количество экземпляров оснастки, необходимых для выполнения годового объема производства проектного варианта, определя-

ется как ближайшее большее целое число относительно расчетного количества оснастки.

Результаты расчетов текущих издержек эксплуатации базовой и проектируемой техники необходимо свести в таблицу 9.7.

Таблица 9.7 – Текущие издержки эксплуатации у потребителя на годовой объем производства проектируемой техники, руб.

Статьи затрат	Сумма затрат	
	Базовый вариант	Проектный вариант
Основные материалы		
Вспомогательные материалы		
Заработная плата операторов и вспомогательных рабочих с начислениями		
Силовая электроэнергия		
Технологическая электроэнергия		
Технологическое топливо		
Сжатый воздух, вода, пар		
Расходы по использованию производственной площади		
Текущий и капитальный ремонт		
Расходы по возмещению износа оснастки		
Прочие расходы, связанные с содержанием и эксплуатацией оборудования		
Итого издержки эксплуатации		

9.2.4 Сопутствующие капитальные вложения потребителя

Сопутствующие капитальные вложения потребителя (K_1 , K_2) при использовании им базового и нового изделий определяются в расчете на объем продукции, производимой с помощью нового изделия. При проектировании кузнечно-прессового оборудования к ним относят затраты на производственную площадь, стоимость комплекта оснастки на производственную программу и, в некоторых случаях, стоимость вспомогательного оборудования, обеспечивающего правильную эксплуатацию основного оборудования.

Капитальные вложения в производственные площади определяются по формуле

$$K_{зд} = S_{пл} \cdot Ц_{пл}, \quad (9.42)$$

где $Ц_{пл}$ – стоимость строительства 1 м² производственной площади, определяется по заводским данным.

Капитальные вложения в оснастку рассчитываются как произведение стоимости одного экземпляра оснастки на требуемое количество экземпляров, необходимых для обеспечения годового объема производства проектируемого варианта.

Капитальные вложения о вспомогательное оборудование определяются исходя из его количества и оптовой цены. Количество вспомогательного оборудования рассчитывают на годовой объем производства проектируемой техники.

9.2.5 Техничко-экономические показатели проекта

После расчетов полезного эффекта от применения проектируемой техники и ее лимитной цены все технические и экономические показатели сравниваемых вариантов необходимо привести в таблице 9.8.

Таблица 9.8 – Техничко-экономические показатели проекта

Показатели	Единица измерения	Варианты	
		Базовый	Проектный
Наименование и модель оборудования			
Номинальное усилие	кН		
Число двойных ходов в минуту	шт./мин		
Закрытая высота пресса	мм		
Габариты пресса	мм		
Установленная мощность электродвигателя	кВт		
Количество операторов на единицу оборудования	чел.		
Годовой объем продукции	шт.		
Производительность труда	шт./чел		
Рост производительности труда проектного варианта	%		
Оптовая цена	руб.		

Лимитная цена	руб.		
Полезный эффект	руб.		
Издержки эксплуатации	руб.		
Годовая экономия потребителя	руб.		

В таблице 9.8 приведены технико-эксплуатационные параметры, характерные для прессов холодной штамповки. Дипломнику необходимо указать значения важнейших параметров оборудования, разработка конструкции которого является темой дипломного проекта.

Производительность труда сравниваемых вариантов определяется делением годового объема производства на количество операторов и вспомогательных рабочих, обслуживавших оборудование.

Дипломнику рекомендуется в графической части дипломного проекта представить технико-экономические показатели проекта на листе формата А1.

9.3 Организационно-экономическое обоснование научно-исследовательского дипломного проекта

Исходными данными для расчета являются: типовая деталь и технические условия на нее, годовая программа выпуска, состав технологического процесса, разработанного в ходе дипломного проектирования, технологический процесс для указанного типа деталей, принятый за базу для сравнения.

9.3.1 Организационно-техническое обоснование технологических процессов

Организационно-техническое обоснование включает описание объекта производства варианта технологического процесса получения изделия, выбор моделей оборудования, расчет его количества и загрузки на годовую программу, расчет численности работающих. Завершается подраздел расчетом необходимой производственной площади.

Описание объекта производства включает чертеж изделия с указанием всех необходимых размеров и технических условий. Дается название изделия, описывается его назначение, указывается марка

материала или его состав, а также прочностные характеристики, необходимые для расчета силовых параметров оборудования.

С учетом конструкционных особенностей изделия и физико-механических свойств материала и с учетом производственной программы выбирается базовый вариант технологического процесса. При этом должно быть уделено внимание новым передовым технологическим процессам и целесообразности их применения в рассматриваемых условиях. Базовый и предлагаемый варианты технологических процессов с указанием наименования используемого оборудования представляются в форме таблицы 9.9.

Таблица 9.9 – Варианты технологических процессов изготовления изделия

№ варианта	Технологический процесс	Технологические операции	Оборудование

Для полного представления об особенностях технологических процессов необходимо привести пооперационные эскизы изделия с указанием размеров, формируемых на операциях.

Выбор моделей оборудования производится исходя из особенностей технологического процесса, усилий деформирования или прессования с учетом габаритов оснастки. Габариты оснастки (штампов, прессформ, приспособлений) устанавливаются укрупненно исходя из предполагаемой их конструкции. Выбор моделей оборудования необходимо производить по каталогам на оборудование, техническим паспортам оборудования и другой справочной литературы.

Необходимо привести следующие технико-эксплуатационные характеристики оборудования:

1. Модель.
2. Силовые параметры.
3. Часовую производительность.
4. Габариты.
5. Установленную мощность электродвигателя.
6. Потребляемую технологическую электроэнергию.
7. Количество ходов в минуту прессового оборудования.

8. Оптовую цену.

Норма штучного времени на прессование, термообработку, холодную штамповку, высадку, обрезку и резку заготовок на гильотинных ножницах определяется по формуле

$$t_{\text{шт}} = (T_o + T_b) \left(1 + \frac{\alpha + \beta}{100}\right), \text{ мин}, \quad (9.43)$$

где T_o – основное (машинное) время, мин;

T_b – вспомогательное время, мин;

α – время на обслуживание рабочего места в процентах от оперативного времени;

β – время на отдых и личные надобности в процентах от оперативного времени.

Значения упомянутых элементов штучного времени необходимо определить на основании общемашиностроительных норм времени.

Для условий серийного производства определяется штучно-калькуляционное время по формуле

$$t_{\text{шт.к}} = t_{\text{шт}} + \frac{T_{\text{п.з}}}{n}, \text{ мин}, \quad (9.44)$$

где $T_{\text{п.з}}$ – подготовительно-заключительное время, мин;

n – количество деталей в партии.

Расчет количества оборудования по сравниваемым вариантам определяется по формуле

$$a_p = \frac{N \cdot t_{\text{шт}}}{60 \cdot K_{\text{вн}} \cdot F_d}. \quad (9.45)$$

При расчете количества автоматических кузнечно-прессовых машин или другого автоматического оборудования используют формулу

$$a_p = \frac{N}{q \cdot K_{\text{вн}} \cdot F_d}, \quad (9.46)$$

где q – часовая производительность единицы оборудования, шт.

Годовая производственная программа запуска определяется исходя из годовой программы выпуска с учетом величины технически неизбежного брака.

Эффективный фонд времени работы оборудования выбирается исходя из принятого режима работы (двухсменного или трехсменного) и вида оборудования (при двухсменном режиме работы в пределах 3700–4000 ч).

Округляя расчетное количество единиц оборудования до целого в сторону увеличения, получают принятое число единиц оборудования, исходя из которого определяют коэффициент загрузки оборудования

$$K_3 = \frac{a_p}{a_{пр}}, \quad (9.47)$$

где $a_{пр}$ – принятое количество оборудования.

Границы изменения коэффициента загрузки рабочего места при изготовлении детали определенного наименования в зависимости от типа производства следующие: массовое производство – 0,85; крупносерийное – 0,09–0,85; серийное – 0,04–0,09; мелкосерийное – 0,02–0,04; единичное – 0,02.

В этих границах устанавливается тип производства заданной детали и соответствующий нормативный коэффициент загрузки оборудования (для массового – 0,85, крупносерийного – 0,8, серийного – 0,75, мелкосерийного и единичного – 0,7).

Коэффициент занятости оборудования данной деталью определяется для каждой модели оборудования по формуле

$$K_{зан} = \frac{K_3}{K_{н.з}}, \quad (9.48)$$

где $K_{н.з}$ – коэффициент нормативной загрузки оборудования.

Данные расчетов рекомендуется свести в таблицу 9.10.

Таблица 9.10 – Коэффициент занятости оборудования

Вариант технологиче-	Модель	Коэффициент	Коэффициент
----------------------	--------	-------------	-------------

ского процесса	оборудования	загрузки	занятости

Расчет численности работающих, необходимых для осуществления технологического процесса, производится по каждой их категории: производственные рабочие; вспомогательные рабочие; служащие.

Расчет производственных рабочих по трудоемкости годового объема производства ведется по формуле

$$P_{\text{сп}} = \frac{N \cdot t_{\text{шт}}}{60 \cdot K_{\text{вн}} \cdot \Phi_{\text{эф}}}, \quad (9.49)$$

где $P_{\text{сп}}$ – списочное число производственных рабочих, чел.;

$\Phi_{\text{эф}}$ – эффективный фонд времени среднесписочного производственного рабочего, час.

При расчете численности производственных рабочих на автоматических видах оборудования и на поточных линиях исходят из явочного числа рабочих. Если рабочий работает на одном прессовом оборудовании, занятость его по данной детали соответствует загрузке рабочих мест, т. е. явочное количество рабочих принимается равным коэффициенту загрузки оборудования данной деталью.

Списочное число рабочих в этом случае будет

$$P_{\text{сп}} = P_{\text{яв}} \frac{F_{\text{д}}}{\Phi_{\text{эф}}}, \quad (9.50)$$

где $P_{\text{яв}}$ – явочное число производственных рабочих, чел.

Эффективный фонд времени работы основного рабочего принимается по заводским данным или 1780 ч.

Расчет численности вспомогательных рабочих, инженерно-технических работников, служащих и младшего обслуживающего персонала, приходящихся на программу заданной детали, производится из соотношения между категориями работающих. Так, количество вспомогательных рабочих составляет 65–100 % от числа основных рабочих в зависимости от типа производства и вида цеха.

Количество служащих и младшего обслуживающего персонала (МОП) определяется исходя из общего числа рабочих и составляет: 8–12 % служащих и 1–2 % МОП.

Результаты расчета численности приводятся в таблице с указанием квалификации рабочих (таблица 9.11).

Таблица 9.11 – Численность работающих по сравниваемым вариантам технологических процессов

Вариант технологического процесса	Категория работающих	Численность работающих	Квалификационный разряд

Производственная площадь, необходимая для расположения оборудования, рассчитывается укрупненно исходя из количества необходимого оборудования на рабочих местах и удельной площади на единицу оборудования.

Норма удельной площади, приходящейся на один станок, определяется умножением площади оборудования (пресса) по габаритам (длина и ширина) на коэффициенты, предложенные в таблице 9.12.

Таблица 9.12 – Коэффициенты, учитывающие дополнительную площадь оборудования

Площадь оборудования, м ²	2,5	3,6–5	5,1–9	9,1–14	14,1–20	20,1–40	40,1–75	св. 75
Коэффициент дополнительной площади	5,0	4,5	4,0	4,5	3,0	2,5	2,0	1,5

На основании вышеизложенного рассчитываются суммарные производственные площади, необходимые для осуществления сравниваемых технологических процессов.

9.3.2 Выбор эффективного технологического процесса

Эффективность технологического процесса оценивается с помощью показателя рентабельности производства. Для его расчета необходимо определить технологическую себестоимость годового выпуска сравниваемых вариантов, необходимые инвестиции, налогооблагаемую и чистую прибыль предприятия.

Технологическая себестоимость включает текущие затраты на осуществление технологического процесса. Сюда входят затраты на основные и вспомогательные материалы, заработную плату работающих, начисления на заработную плату, топливо и электроэнер-

гию технологическую, силовую электроэнергию, амортизацию оборудования, его ремонт и обслуживание, затраты на сжатый воздух и пар, расходы по возмещению износа оснастки, по использованию производственной площади и прочие цеховые расходы.

Затраты на основные материалы в общем виде могут быть рассчитаны по формуле

$$З_{мс} = (q_m \cdot Ц_m \cdot K_{тз} - q_{отх} \cdot Ц_{отх}) N, \text{ тыс. руб.}, \quad (9.51)$$

где q_m – норма расхода материала, кг/шт.;

$Ц_m$ – оптовая цена материала, руб./кг;

$K_{тз}$ – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы, принимается 1,05–1,08;

$q_{отх}$ – количество реализуемого отхода материала, приходящегося на деталь, кг/шт.;

$Ц_{отх}$ – цена отхода, тыс. руб./кг.

К вспомогательным относят материалы, применяемые для смазки штампов, листового материала, охлаждения, термообработки, т. е. для обеспечения технологического процесса. Затраты на вспомогательные материалы рассчитываются аналогично основным используя укрупненные нормы расхода, технологических расчетов и плановых цен или определяются в процентах от стоимости основных материалов (1,5–2,0 %).

Результаты расчета затрат на материалы необходимо свести в таблице 9.13.

Таблица 9.13 – Сводная ведомость годового расхода и затрат на основные и вспомогательные материалы

Вариант технологического процесса	Наименование и марка материала	Годовая потребность в материале, т	Плановая цена 1 т материалов, тыс. руб.	Затраты на материалы на годовой объем, тыс. руб.

Фонд заработной платы работающих включает фонды основной и дополнительной заработной платы производственных и вспомогательных рабочих, а также фонды заработной платы других категорий работающих, рассчитанных на годовой объем производства сравниваемых технологических процессов.

Фонд основной заработной платы рабочих-сдельщиков определяется по (9.29).

Сдельная расценка представляет собой оплату труда за единицу продукции, выплачиваемую рабочему независимо от фактически затраченного на выполнение данной работы времени. Она определяется по (9.30).

Фонд заработной платы рабочих-повременщиков (вспомогательных рабочих) определяется по (9.31).

Фонд заработной платы служащих и МОП определяется исходя из должностного оклада и расчетной численности соответствующей категории работников по (9.12).

Расчеты фонда заработной платы сводятся в таблицу 9.14.

Таблица 9.14 – Расчет фонда заработной платы

Вариант технологического процесса	Категория работающих	Численность работающих, чел.	Фонд основной заработной платы, руб.	Фонд дополнительной заработной платы, руб.	Итого фонд заработной платы, руб.

Отчисления на социальные нужды рассчитываются в процентах от фонда заработной платы работающих по ставкам, утвержденным правительством на момент дипломного проектирования.

Расчет затрат на амортизацию (реновацию) оборудования C_a производится по формуле

$$C_a = \frac{Ц_б \cdot a_{пр} \cdot A}{100} K_{зан}, \quad (9.52)$$

где $Ц_б$ – балансовая стоимость единицы оборудования, занятого на выполнении операции, руб;

A – норма годовых амортизационных отчислений на замену (реновацию) оборудования, %; принимается для нагревательного оборудования 10 %, кузнечно-прессового – 6,7 %, другого оборудования исходя из его срока службы.

Балансовая стоимость оборудования помимо оптовой его цены учитывает затраты, связанные с транспортировкой, строительными работами и монтажом оборудования.

Расчеты амортизационных отчислений необходимо свести в форму, указанную в таблице 9.15.

Таблица 9.15 – Расчет амортизационных отчислений на оборудование

Вариант технологического процесса	Название и модель оборудования	Коэффициент занятости оборудования	Балансовая стоимость оборудования, тыс. руб.	Норма амортизации на реновацию, %	Амортизационные отчисления, тыс. руб.

Расчет затрат на ремонт и обслуживание оборудования C_p производится по формуле

$$C_p = \frac{\Pi_{\text{оп}} \cdot K_{\text{рем}} \cdot a_{\text{пр}}}{100} \cdot K_{\text{зан}}, \quad (9.53)$$

где $K_{\text{рем}}$ – удельный вес затрат на ремонт оборудования в процентах от его оптовой цены; принимается в пределах 7–9 %.

Расчет затрат на потребляемую силовую электрическую энергию ведется по (9.32).

Расчет затрат на технологическое топливо (для нагрева заготовок) $C_{\text{тл}}$ ведется по (9.34).

Расчет затрат на технологическую электроэнергию $C_{\text{эт}}$, связанную с нагревом заготовок, производится по формуле

$$C_{\text{эт}} = q_{\text{эт}} \cdot \Pi_3 \cdot \frac{q_M}{1000} \cdot N, \quad (9.54)$$

где $q_{\text{эт}}$ – норма расхода технологической электроэнергии, кВт/т.

Расчет затрат на сжатый воздух $C_{\text{сж}}$ определяется по формуле

$$C_{\text{сж}} = q_{\text{в}} \cdot \Pi_{\text{в}} \cdot \frac{q_M}{1000} \cdot N, \quad (9.55)$$

где $q_{\text{в}}$ – удельный расход воздуха на 1 т поковок, м³/т;

$\Pi_{\text{в}}$ – цена воздуха (по заводским данным), руб.

Затраты на сжатый воздух в прессовом производстве

$$C_{сж} = q_{чв} \cdot K_{пв} \cdot F_d \cdot a_{пр} \cdot K_{зан} \cdot Ц_v, \quad (9.56)$$

где $q_{чв}$ – среднечасовой расход сжатого воздуха, м³/ч ;

$K_{пв}$ – коэффициент, учитывающий потери сжатого воздуха в сети, принимается 1,05–1,15.

Затраты на пар, потребляемый молотами $C_{п}$, определяются по формуле

$$C_{п} = q_{чп} \cdot K_{пп} \cdot F_d \cdot a_{пр} \cdot K_{зан} \cdot Ц_{ц}, \quad (9.57)$$

где $q_{чп}$ – среднечасовой расход пара для штамповочных молотов, т/ч;

$Ц_{ц}$ – цена на пар, руб. (по заводским данным).

Затраты по возмещению износа штамповой оснастки и прессформ определяются по каждой операции по формуле

$$P_{осн} = \frac{Ц_{осн} \cdot n_{осн}}{T_{осн}}, \quad (9.58)$$

где $Ц_{осн}$ – стоимость одного экземпляра оснастки, руб.;

$n_{осн}$ – количество экземпляров оснастки, необходимых для выполнения производственной программы, шт.;

$T_{осн}$ – срок погашения стоимости оснастки, лет.

Цена оснастки устанавливается исходя из габаритов, массы и стоимости 1 кг оснастки (устанавливается по заводским данным). При автоматизации подачи материала стоимость увеличивается на 50 %.

Количество экземпляров оснастки на программу определяется как ближайшее большее целое число относительно расчетного, причем

$$n_p = \frac{N \cdot K_y}{Ш_{ст}}, \quad (9.59)$$

где n_p – расчетное количество экземпляров оснастки;

K_y – коэффициент, учитывающий количество ударов, приходящихся на одну деталь;

$Ш_{ст}$ – стойкость штампа или прессформы; определяется как количество ударов, выдерживаемое до полного износа с учетом переточек.

Срок погашения стоимости оснастки принимается равным одному году, если $n_p \geq 1$. При $n_p < 1$, срок погашения стоимости оснастки составляет два года.

Расчет затрат на использование производственной площади (расходы на ее амортизацию, ремонт, отопление, освещение и уборку) $P_{пл}$ осуществляется по формуле

$$P_{пл} = S_{пл} \cdot C_{ст} \cdot K_{зан}, \quad (9.60)$$

где $S_{пл}$ – площадь рабочих мест для осуществления технологического процесса, m^2 ;

$C_{ст}$ – среднегодовые расходы по содержанию помещения, приходящиеся на $1 m^2$ площади, руб./ m^2 .

Среднегодовые расходы на содержание площади принимаются по заводским данным.

Расчет прочих цеховых расходов (расходов на содержание общецехового транспорта, расходов по охране труда и технике безопасности, расходов по хозяйственному инвентарю, канцелярских расходов и других $P_{пч}$ осуществляется по формуле

$$P_{пч} = K_{пч} \cdot Z_{з.о.}, \quad (9.61)$$

где $K_{пч}$ – коэффициент, учитывающий величину прочих цеховых расходов; устанавливается по заводским данным как отношение прочих цеховых расходов к основной заработной плате производственных рабочих (или 0,15–0,20).

Для расчета технологической себестоимости по вариантам статьи текущих затрат свести в таблицу 9.16 и определить суммарные текущие затраты.

Капитальные вложения, необходимые для осуществления технологического процесса, складываются из капитальных вложений в оборудование, производственное здание и оснастку.

Капитальные вложения в технологическое оборудование $K_{об}$ определяются по формуле

$$K_{об} = \sum_{i=1}^m \Pi_{\delta i} \cdot K_{зани} \cdot a_{при}. \quad (9.62)$$

Таблица 9.16 – Ведомость технологической себестоимости обработки деталей по сопоставимым вариантам, руб.

Статьи	Сумма затрат на годовой объем производства		Результат: экономия (+), перерасход (-)
	Предлагаемый вариант	Базовый вариант	
1. Затраты на основные и вспомогательные материалы			
2. Заработная плата работающих			
3. Отчисления на социальные нужды			
4. Амортизационные отчисления			
5. Затраты на ремонт и обслуживание оборудования			
6. Затраты на силовую электроэнергию			
7. Затраты на технологическое топливо и технологическую энергию			
8. Затраты на сжатый воздух и пар			
9. Расходы по возмещению износа оснастки			
10. Расходы по использованию производственной площади			
11. Прочие цеховые расходы			
Итого:			

Капитальные вложения в производственное здание $K_{зд}$ определяются

$$K_{зд} = S_{пл} \cdot K_{зан} \cdot Ц_{пл}, \quad (9.63)$$

где $Ц_{пл}$ – стоимость строительства 1 м² промышленного здания, руб./м². Принимается по заводским данным.

Капитальные вложения в оснастку определяются равными затратам на возмещение износа штампов (9.26) по формуле

$$K_{осн} = Ц_{осн} \cdot n_{осн}. \quad (9.64)$$

Результаты расчета капитальных вложений необходимо свести в таблицу 9.17.

Таблица 9.17 – Капитальные вложения в предлагаемые варианты технологического процесса, руб.

Статьи затрат	Предлагаемый вариант	Базовый вариант
1. Капитальные вложения в оборудование		
2. Капитальные вложения в здание		
Итого капитальные вложения в основные средства:		
3. Капитальные вложения в оснастку		
Итого инвестиции:		

Прибыль, остающаяся в распоряжении предприятия, определяется как разность между оптовой ценой продукции и себестоимостью за вычетом налогов на добавленную стоимость, на недвижимость и прибыль.

Исходные данные для расчета чистой прибыли следующие:

1. Отпускная цена годовой программы продукции (рекомендуется принимать на 20–30 % выше себестоимости базового варианта технологического процесса).

2. Себестоимость продукции.

3. Норматив налога на добавленную стоимость α , %.

4. Норматив налога на недвижимость (капитальные вложения в пассивную часть основных средств) β , %.

5. Норматив налога на прибыль γ , %.

Добавленная стоимость, исчисляемая как сумма налогооблагаемой прибыли и себестоимости за вычетом материальных затрат, включается в оптовую цену продукции. Отсюда

$$C_{\text{п}} = C + \text{Пн} + \frac{\alpha}{100} (З + А + \text{Пн}), \quad (9.65)$$

где $C_{\text{п}}$ – отпускная цена продукции;

C – себестоимость продукции;

$З$ – заработная плата с отчислениями на социальные нужды;

$А$ – амортизация;

Пн – налогооблагаемая прибыль.

Из формулы (9.65) налогооблагаемая прибыль определяется как

$$\Pi_n = \frac{Ц_n - C \frac{\alpha}{100} (3 + A)}{1 + \frac{\alpha}{100}}. \quad (9.66)$$

Чистая прибыль определяется из налогооблагаемой за вычетом налогов на недвижимость и прибыль:

$$\Pi = (\Pi_n - \frac{\beta}{100} \Phi_3) (1 - \frac{\gamma}{100}), \quad (9.67)$$

где Π – чистая прибыль;

Φ_3 – капитальные вложения в производственную площадь (таблица 9.17.).

Расчет рентабельности производится по формуле

$$P = \frac{\Pi_n}{K} 100 \%, \quad (9.68)$$

где K – инвестиции в осуществление варианта технологического процесса (см. таблицу 9.17.).

Срок возврата капитальных вложений в основные средства определяется по формуле

$$T = \frac{\Phi}{\Pi}, \quad (9.69)$$

где Φ – основные средства (см. таблицу 9.17).

Более эффективным вариантом технологического процесса является тот, где показатель рентабельности производства выше.

9.3.3 Техничко-экономические показатели сравниваемых вариантов

На основе проведенных расчетов составляется таблица основных технико-экономических показателей сравниваемых вариантов осуществления технологических процессов (таблица 9.18).

Таблица 9.18 – Основные технико-экономические показатели сравниваемых вариантов технологического процесса

Показатели	Единица измерения	1 вариант	2 вариант
1. Объем выпуска продукции в натуральном выражении	шт.		
2. Общая численность работающих, в том числе: а) служащих и МОП; б) производственных рабочих; в) вспомогательных рабочих	чел. чел. чел.		
3. Выработка из расчета на одного: а) производственного рабочего; б) работающего	шт./чел. шт./чел.		
4. Фонд заработной платы – всего, в том числе основной заработной платы производственных рабочих	руб. руб.		
5. Общая стоимость основных средств, в том числе: а) оборудования; б) здания	руб. руб. руб.		
6. Производственная площадь, всего, в том числе на 1 единицу оборудования	м ² м ²		
7. Коэффициент фондоотдачи	шт./руб.		
8. Фондовооруженность труда	руб./чел.		
9. Технологическая себестоимость	руб.		
10. Уровень снижения технологической себестоимости (эффективного варианта, относительно неэффективного)	%		
11. Условно-годовая экономия	руб.		
12. Налогооблагаемая прибыль	руб.		
13. Чистая прибыль	руб.		
14. Рентабельность	%		
15. Срок возврата инвестиций	лет		

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Шехтер, В.Я. Проектирование кузнечных и холодно-штамповочных цехов: учебник для вузов / В.Я. Шехтер. – М.: Высшая школа, 1991. – 367 с.

2. Булах, В.Н. Проектирование кузнечно-штамповочных цехов и заводов: учебное пособие для вузов / В.Н. Булах, И.Г. Добровольский, П.С. Овчинников. – Минск: Вышэйшая школа, 1978. – 258 с.

3. Добровольский, И.Г. Методическое пособие по курсам «Технологияковки и горячей штамповки» и «Проектирование цехов» для студентов специальности 1-36 01 05 «Машины и технология обработки материалов давлением»: в 2 ч. / И.Г. Добровольский, В.С. Карпицкий. – Ч. 2: Методические указания по курсовому проектированию. – Минск: БНТУ, 2006. – 38 с.

4. Поковки стальные штампованные. Допуски, припуски и кузнечные напуски: ГОСТ 7505–89. – М.: ГК СССР по У КП и стандартам, 1990.

5. ЕСКД. Правила выполнения графических документов на поковки: ГОСТ 3.1126–88. – М.: ГК СССР по стандартам, 1988. – 4 с.

6. Технические требования к поковкам: ГОСТ 8479–70. – М.: ГК СССР по стандартам, 1970. – 7 с.

7. Ковка и штамповка: справочник: в 4 т. / под ред. Е.И. Семенова. – Т. 2: Горячая объемная штамповка. – М.: Машиностроение, 1986. – 586 с.

8. Ковка и объемная штамповка стали: справочник: в 2 т. / под ред. М.В. Сторожева. – М.: Машиностроение, 1968. – Т. 2. – 448 с.

9. Брюханов, А.Н. Ковка и объемная штамповка: учебное пособие для машиностроительных вузов / А.Н. Брюханов. – М.: Машиностроение, 1975. – 408 с.

10. Скрябин, С.А. Профилирование заготовок на ковочных вальцах / С.А. Скрябин, А.И. Колпашников. – М.: Машиностроение, 1988. – 224 с.

11. Атрошенко, А.П. Технология горячей вальцовки / А.П. Атрошенко. – Л.: Машиностроение, 1969. – 176 с.

12. Смирнов, В.К. Горячая вальцовка заготовок / В.К. Смирнов, К.И. Литвинов, С.В. Харитонин. – М.: Машиностроение, 1980. – 150 с.

13. Ковка и штамповка: справочник: в 4 т. / под ред. Е.И. Семенова. – Т.1: Материалы и нагревательное оборудование. Ковка. – М.: Машиностроение, 1985. – 568 с.

14. Ковка и объемная штамповка стали: справочник: в 2 т. / под ред. М.В. Сторожева. – М.: Машиностроение, 1967. – Т. 1. – 440 с.

15. Охрименко, Я.М. Технология кузнечно-штамповочного производства: учебник для вузов / Я.М. Охрименко. – М.: Машиностроение, 1976. – 560 с.

16. Бабенко, В.А. Объемная штамповка: атлас схем и типовых конструкций штампов: учебное пособие для вузов / В.А. Бабенко, В.В. Бойцов, Ю.П. Волик. – М.: Машиностроение, 1965. – 156 с.

17. Атрошенко, А.П. Современные штампы для обрезки облоя / А.П. Атрошенко, С.Н. Салов, С.М. Хесин. – Л.: Машиностроение, 1966. – 198 с.

18. Норицын, И.А. Автоматизация и механизация технологических процессовковки и штамповки / И.А. Норицын, В.И. Власов. – М.: Машиностроение, 1967. – 388 с.

19. Техника безопасности и производственная санитария в кузнечно-прессовых цехах / С.Л. Золотников [и др.]. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1984. – 256 с.

20. Михайлов, В.Л. Безопасность труда в кузнечно-штамповочных цехах: учебное пособие для СПТУ / В.Л. Михайлов, В.В. Буренин. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Высшая школа, 1988. – 120 с.

21. Правила выполнения чертежей штампов: ГОСТ 2.424–80.

22. Романовский, В.П. Справочник по холодной штамповке / В.П. Романовский. – 6-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1979. – 520 с.

23. Зубцов, М.Е. Листовая штамповка: учебник для студентов вузов / М.Е. Зубцов. – 3-е изд., перераб. и доп. – Л.: Машиностроение, 1980. – 432 с.

24. Справочник конструктора штампов. Листовая штамповка / под общ. ред. Л.И. Рудмана. – М.: Машиностроение, 1988. – 496 с.: ил.

25. Аверкиев, Ю.А. Технология холодной штамповки: уч. пособие для вузов / Ю.А. Аверкиев, А.Ю. Аверкиев. – М.: Машиностроение, 1989. – 304 с.

26. Ковка и штамповка: справочник: в 4 т. / под ред. Е.И. Семенова. – Т. 4. – М.: Машиностроение, 1987. – 544 с.

27. Бабаев, Ф.В. Оптимальный раскрой материалов с помощью ЭВМ / Ф.В. Бабаев. – М.: Машиностроение, 1982. – 168 с.

28. Средства автоматизации и механизации кузнечно-штамповочного производства: отрасл. каталог / ЭНИКМаш. – М.: ВНИИТЭМР, 1989. – 96 с.

29. Мещерин, В.Т. Листовая штамповка: атлас схем / В.Т. Мещерин. – М.: Машиностроение, 1975. – 227 с.

30. Дурандин, М.М. Штампы для холодной штамповки мелких деталей: альбом конструкций схем. / М.М. Дурандин, Н.П. Рымзин, Н.А. Шихов. – М.: Машиностроение, 1973. – 108 с.

31. Общемашиностроительные нормативы времени на холодную штамповку, резку, высадку и обрезку. Массовое, крупносерийное, серийное и мелкосерийное производство. – М.: Экономика, 1987. – 189 с.

32. Проектирование машиностроительных заводов и цехов: справочник: в 6 т. – Т. 3: Проектирование цехов обработки металлов давлением и сварочного производства / под ред. А.М. Мансурова. – М.: Машиностроение, 1974. – 342 с.

33. Норицын, И.А. Проектирование кузнечных и холодноштамповочных цехов и заводов / И.А. Норицын, В.Н. Шехтер, А.М. Мансуров. – М.: Высшая школа, 1977. – 432 с.

34. Расчеты экономической эффективности новой техники: справочник / под общ. ред. К.М. Великанова. – Л.: Машиностроение, 1990. – 448 с.

35. Полтев, М.К. Охрана труда в машиностроении / М.К. Полтев. – М.: Высшая школа, 1980. – 294 с.

36. Штампы для листовой штамповки. Общие требования безопасности: ГОСТ 12.2.109–85.

37. Кузнечно-прессовые машины: каталог-справочник. – Вып. 1–4. – М.: НИИМаш, 1970.

38. Прессы однокривошипные простого действия открытые. Параметры и размеры. Нормы точности: ГОСТ 9408–89.

39. Прессы однокривошипные простого действия закрытые. Параметры и размеры: ГОСТ 10026–87.

40. Прессы холодноштамповочные кривошипно-коленные. Параметры и размеры. Размеры и расположение пазов и отверстий для крепления штампов. Нормы точности: ГОСТ 5384–89.

41. Прессы кривошипные горячештамповочные. Параметры и размеры. Нормы точности: ГОСТ 6809–87.

42. Машины горизонтально-ковочные с вертикальным разъемом матриц. Параметры и размеры. Нормы точности: ГОСТ 7023–89.
43. Кузнечно-прессовые машины. Ножницы. Ряды главных параметров: ГОСТ 28252–89.
44. Кузнечно-прессовые машины. Молоты. Ряды главного параметра: ГОСТ 27032–89.
45. Оборудование кузнечно-прессовое. Общие технические условия: ГОСТ 7600–90.
46. Схемы. Виды и типы. Общие требования к выполнению: ГОСТ 2.701–84.
47. Правила выполнения кинематических схем: ГОСТ 2.703–68.
48. Правила выполнения гидравлических и пневматических схем: ГОСТ 2.704–76.
49. Обозначения условные графические в схемах. Элементы кинематики: ГОСТ 2.770–68.
50. Обозначения условные графические. Элементы гидравлических и пневматических сетей: ГОСТ 2.780–68.
51. Обозначения условные графические. Аппараты гидравлические и пневматические направляющие в регулирующие, приборы контрольно-измерительные: ГОСТ 2.781–68.
52. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Оборудование кузнечно-прессовое. Общие требования безопасности: ГОСТ 12.2.017–86.
53. ССБТ. Шум. Общие требования безопасности: ГОСТ 12.1.003–83.
54. ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны: ГОСТ 12.1.005–88.
55. ССБТ. Вибрация. Общие требования: ГОСТ 12.1.012–78.
56. Кузнечно-штамповочное оборудование: учебник для машиностроительных вузов / А.Н. Банкетов [и др.]. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1982. – 576 с.
57. Живов, Л.И. Кузнечно-штамповочное оборудование. Прессы / Л.И. Живов, А.Г. Овчинников. – 2-е изд., перераб. и доп. – Киев: Вища шк., 1981. – 375 с.
58. Власов, В.И. Системы включения кривошипных прессов. Теория и проектирование / В.И. Власов. – М.: Машиностроение, 1969. – 272 с.

59. Ланской, Е.Н. Элементы расчета деталей и узлов кривошипных прессов / Е.Н. Ланской, А.Н. Банкетов. – М.: Машиностроение, 1966. – 380 с.
60. Розанов, Б.В. Гидравлические прессы / Б.В. Розанов. – М.: Машгиз, 1959. – 428 с.
61. Гидравлические прессы. Некоторые конструкции и расчеты / под ред. Б.П. Васильева. – М.: Машиностроение, 1966. – 436 с.
62. Розанов, Б.В. Снижение металлоемкости машин и технологичность конструкций / Б.В. Розанов, В.П. Линц. – М.: Машиностроение, 1971. – 44 с.
63. Розанов, Б.В. Технология и оборудование для гидростатического прессования / Б.В. Розанов, Л.Ю. Максимов. – М.: Машиностроение, 1971. – 63 с.
64. Нехай, С.М. Проектирование гидравлических прессов / С.М. Нехай. – М.: Машгиз, 1963. – 159 с.
65. Тимошенко, С.П. Теория упругости / С.П. Тимошенко, Д.Ж. Гудьер. – М.: Наука, 1979. – 560 с.
66. Живов, Л.И. Кузнечно-штамповочное оборудование. Молоты. Винтовые прессы. Ротационные и электрофизические машины / Л.И. Живов, А.Г. Овчинников. – 2-е изд., перераб. и доп. – Киев: Вища школа, 1985. – 279 с.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1

Пример оформления титульного листа

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
Механико-технологический факультет
Кафедра «Машины и технология обработки металлов давлением» им. С.И. Губкина

ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ
Заведующий кафедрой
_____ ИОФ
«__» _____ 20__ г.

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТА

« _____ »
наименование темы

Специальность 1-36 01 05 «Машины и технология обработки материалов давлением»
шифр наименование специальности

Студент-дипломник

группы _____
номер

подпись, дата

инициалы и фамилия

Руководитель

подпись, дата

инициалы и фамилия
уч. степень, звание

Консультанты:

по разделу
конструкторско-технологическая
часть

подпись, дата

инициалы и фамилия
уч. степень, звание

по разделу

экономическая часть

подпись, дата

инициалы и фамилия
уч. степень, звание

по разделу

охрана труда

подпись, дата

инициалы и фамилия
уч. степень, звание

Ответственный

за нормоконтроль

подпись, дата

инициалы и фамилия
уч. степень, звание

Объем проекта:

пояснительная записка – _____ страниц;

графическая часть – _____ листов;

магнитные (цифровые) носители – _____ единиц.

Минск 20__

**Образец оформления реферата
к пояснительной записке дипломного проекта**

РЕФЕРАТ

Пояснительная записка: ___ с., ___ рис., ___ табл., ___ источников, ___ прил.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА (ПРОПИСНЫМИ БУКВАМИ)

Объектом исследования (разработки) является ...

Цель проекта...

В процессе проектирования выполнены следующие разработки (исследования) ...

Элементами практической значимости (научной новизны) полученных результатов являются ...

В ходе дипломного проектирования прошли апробацию такие предложения, как ...

Результатами внедрения явились ...

Студент-дипломник подтверждает, что приведенный в дипломном проекте расчетно-аналитический материал объективно отражает состояние разрабатываемого объекта (исследуемого процесса), все заимствованные из литературных и других источников теоретические и методические положения и концепции сопровождаются ссылками на их авторов.

Приложение 3

Образец формы ведомости объема дипломного проекта

Формат	Обозначение				Наименование	Количество листов	Примечание		
A4	-				Задание по дипломному проектированию	1			
A4	-				Пояснительная записка	...			
A1	(обозначение первого листа графической части)				(наименование первого листа графической части)	1			
A1	(приводится перечень листов графической части)								
					ДП - ¹ - ДО-20__				
Изм.	Лист	№ док.	Подп.	Дата			Лит.	Лист	Листов
Разраб.									
Пров.									
Т. контроль							1-36 01 05 Машины и технология обработки материалов давлением БНТУ, г. Минск		
Н. контроль									
Утвердил									

¹ – Номер зачетной книжки студента-дипломника.

Таблицы

Форма 1 – Разбивка комплекта поковок на группы

№ п/п	Оборудование	Мощность Оборудования (номинальное усилие, кН; масса падающих частей, т)	Количество поковок в комплекте, шт.	Масса одной поковки, кг		Количество поковок на годовую программу, шт.
				максимальная	минимальная	

Форма 2 – Годовая производственная программа

Изделие	Количество поковок на одно изделие		Масса комплекта на 1 изделие, кг	Годовая программа выпуска	
	наименование	штук		штук	кг
Итого:					

Запасные части

ВСЕГО:

Минимальная масса поковки _____ кг

Максимальная масса поковки _____ кг

Форма 3 – Программа выпуска цеха (участка)

№ п/п	№ детали	Наименование поковки	Марка стали	Масса одной поковки, кг	Количество поковок на одно изделие, шт.	Годовая программа выпуска, шт.			Масса годовой программы, т		
						Основная	Запасные части		Всего	Основная программа	Всего
							%	шт.			

Форма 4 – Техническое нормирование операций

Деталь № _____		Распределительный вал					
Наименование приемов	Тип и мощность оборудования	Быстроходность оборудования	Размер заготовок и их масса, кг	Время, мин.			Штучное время, мин
				Оперативное		Время организационно-технического обслуживания	
				Основное время	Вспомогательное время		
1. Взять заготовку со штамподержателя, установить в ручей, нажать педаль	КГШП – 40000 кН	50 ход/мин	56 x 418 мм, масса – 12,5 кг	-	0,54	30 %	$T_{шт} = (T_{ос} + T_{всп})K = T_{ор}xK$
2. Предварительная штамповка поковки				0,21	-		
3. Заготовку переложить из ручья в ручей				-	0,034		
4. Окончательная штамповка поковки				0,21	-		
5. Извлечь поковку из ручья и отложить на скат				-	0,042		
6. Убрать окалину				-	0,050		
7. Смазать ручки штампа				-	0,075		
ИТОГО:							
Норма выработки, шт./ч	$H = 60/T_{шт} = 155$						

Форма 5 – Расчет количества оборудования

№ пп	Наименование оборудования	Масса поковок, кг	Количество поковок на годовую программу, шт	Средняя производительность оборудования, кг/ч	Загрузка оборудования, ч	Общая загрузка оборудования с учетом установки (наладки), ч	Количество оборудования (расчетное), шт.	Количество оборудования (принятое), шт.	Процент загрузки

Форма 6 – Устанавливаемое оборудование (сводная ведомость)

№ пп	Наименование типов оборудования по группам	Количество оборудования, шт.		Средний коэффициент загрузки, %	Общая установленная мощность, кВт	Стоимость единицы, тыс. руб. (цены на 01.01 тек. года)
		расчетное	фактически установленное			
1. Кузнечное и заготовительное оборудование						
	Итого основ- ного произ- водственного оборудования					
2. Прочее производственное оборудование						
	Итого					
	ВСЕГО:					

Форма 7 – Сводная ведомость работающих в цехе

№ пп	Специальность	Количество	В том числе по разделам					Примечание
			2	3	4	5	6	
I. Производственные рабочие								
1.	Прессовщики (штамповщики)							
2.	Нагревательщики							
3.	Обрезчики							
Всего:								
II. Вспомогательные рабочие								
1.	Наладчики							% от производственных рабочих
2.	Контролеры							
3.	Слесари-ремонтники							
Всего рабочих в цехе :								
III. Инженерно-технические работники (ИТР)								
1.	Начальник цеха							
2.	Зам. начальника цеха							
3.	Мастер							
Всего:								
IV. Счетно-конторский персонал (СКП) % от всех рабочих								
Всего:								
V. Младший обслуживающий персонал (МОП) % от всех рабочих								
Всего:								
Итого служащих в цехе:								
ПРИМЕЧАНИЕ: 1. Средний разряд производственных рабочих 2. Средний разряд вспомогательных рабочих								

Форма 8 – Разбивка комплекта деталей на группы

№ пп	Группа		Кол-во деталей в груп- пе (наиме- нований)	Кол-во деталей в группе с учетом приме- няемо- сти на одно изделие	Кол-во штампо- вочных операций на всю группу деталей	Сред- нее кол-во опера- ций на одну деталь	Наиме- нова- ние дета- ли- пред- стави- теля	Кол-во штам- повоч- ных опера- ций на деталь- пред- стави- тель
	по типу преобла- дающей операции	по типо- размеру деталей в группе						
1	Вырубка- пробивка	Мелкая Средняя Крупная						

Форма 9 – Программа выпуска цеха (участка)

Наименование изделия	Кол-во деталей на одно изделие		Масса комплекта на одно изделие	Годовая программа		Примечание
	Наименование	штук		в штуках	в тоннах	

Форма 10 – Расчет норм штучного времени

№ карты	№ позиции индекс	Наименование элементов выполняемой работы	Учитываемый фактор	Повторяемость элементов	Время в мин на штамповку, резку одной заготовки, полосы, ленты		
					Основное	Вспомогательное	
						Перекрываемое	Неперекрываемое

Форма 11 – Определение времени изготовления комплекта штампованных деталей

№ пп	Группа		Выполняемая операция	Оборудование	Норма времени на операцию, мин	Количество деталей в группе	Время на изготовление всех деталей группы		Время на изготовление всех деталей группы на годовую программу
	По типу преобладающей операции	По типу-размеру деталей в группе					мин	ч	

Форма 12 – Расчет количества оборудования

№ пп	Оборудование	Время на изготовление всех деталей комплекта по операциям, ч	Время на переналадку прессов, ч	Общая загрузка оборудования, ч	Действительный годовой фонд работы оборудования, ч	Количество оборудования	Коэффициент загрузки оборудования

Форма 13 – Состав устанавливаемого оборудования

№ пп	Оборудование	Модель оборудования	К-во оборудования	Коэффициент загрузки оборудования	Оптовая цена единицы оборудования, руб.	Оптовая цена всего оборудования, руб.	Общая установленная мощность, кВт

Форма 14 – Сводная ведомость потребности в штампах

Группа		Количество штампов		Номинальный фонд штампов	Стоимость штампов, тыс. руб.		Годовой расход штампов, %	Годовая стоимость расхода штампов, тыс. руб.
по типу преобладающей операции	по типу-размеру деталей в группе	основных	дублеров		единицы	общая		

Форма 15 – Сводная ведомость работающих в цехе

№ пп	Категория работающих	Специальность или должность	Количество	Квалификационный разряд	Должностной оклад

ОГЛАВЛЕНИЕ

1 НАЗНАЧЕНИЕ И ХОД ВЫПОЛНЕНИЯ ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТА.....	3
2 ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ К ДИПЛОМНОМУ ПРОЕКТУ.....	6
2.1 Требования к оформлению пояснительной записки дипломного проекта.....	6
2.2 Требования к выполнению сборочных чертежей.....	10
2.3 Требования к выполнению спецификаций.....	13
3 ТЕХНОЛОГИЯ ГОРЯЧЕЙ ШТАМПОВКИ.....	15
3.1 Общая часть проекта.....	15
3.2 Технологическая часть проекта.....	17
3.3 Организационно-техническая часть проекта.....	40
3.4 Специальная часть проекта.....	53
3.5 Экономическая часть.....	55
4 ТЕХНОЛОГИЯ ЛИСТОВОЙ ШТАМПОВКИ.....	56
4.1 Тематика, содержание, объем и структура дипломного проекта.....	56
4.2 Методические указания к дипломному проектированию.....	58
4.2.1 Введение.....	58
4.2.2 Характеристика действующего и проектируемого производства.....	58
4.2.3 Технологическая часть проекта.....	60
4.2.4 Технические расчеты проектируемого цеха (участка) ...	77
4.2.5 Организационно-техническая часть проекта.....	86
4.2.6 Специальная (конструкторская) часть проекта.....	88
4.2.7 Охрана труда.....	89
4.2.8 Экономическое обоснование проекта.....	90
5 ПЛАНИРОВКА УЧАСТКА (ЦЕХА) КУЗНЕЧНО-ПРЕССОВОГО ПРОИЗВОДСТВА.....	92
5.1 Элементы строительного проектирования.....	92
5.2 Схемы планировок кузнечных цехов.....	95
5.3 Схемы планировок цехов листовой штамповки.....	97
5.4 Цеховой транспорт.....	97
6 КУЗНЕЧНО-ПРЕССОВОЕ ОБОРУДОВАНИЕ.....	99
6.1 Общая часть проекта.....	99
6.2 Введение.....	100
6.3 Конструкторская часть проекта.....	100

6.3.1	Обоснование выбора типа проектируемой машины	100
6.3.2	Разработка технической характеристики проектируемой машины.....	100
6.3.3	Разработка кинематической, пневматической, гидравлической или комбинированной схем.....	101
6.3.4	Разработка основных сборочных единиц и механизмов машины	101
6.3.5	Охрана труда и техника безопасности.....	102
6.4	Расчет кривошипных машин	102
6.4.1	Кинематический расчет.....	102
6.4.2	Силовой расчет	103
6.4.3	Подбор электродвигателя и расчет маховиков	106
6.4.4	Расчет муфты включения и тормоза	108
6.5	Расчет гидравлических прессов	111
6.5.1	Расчет станины	111
6.5.2	Расчет рабочих цилиндров, плунжеров и уплотнений	113
6.5.3	Расчет гидросистемы прессов	115
6.6	Расчет паровоздушных молотов.....	118
6.7	Технологическая часть проекта.....	122
7	НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ ТЕМАТИКА.....	123
8	ТРЕБОВАНИЯ ЭКОЛОГИИ	124
9	ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТА.125	
9.1	Кузнечные и прессовые цеха.....	125
9.1.1	Исходные данные для экономического обоснования проекта.....	125
9.1.2	Расчет инвестиций в проектируемый цех	125
9.1.3	Расчет себестоимости продукции	128
9.1.4	Основные технико-экономические показатели	135
9.2	Экономическое обоснование новой машиностроительной продукции.....	138
9.2.1	Методика определения лимитных цен	138
9.2.2	Исходные данные для расчета лимитной цены	140
9.2.3	Текущие издержки эксплуатации у потребителя	144
9.2.4	Сопутствующие капитальные вложения потребителя.....	149
9.2.5	Технико-экономические показатели проекта.....	150
9.3	Организационно-экономическое обоснование научно-исследовательского дипломного проекта	151

9.3.1 Организационно-техническое обоснование технологических процессов.....	151
9.3.2 Выбор эффективного технологического процесса	157
9.3.3 Техничко-экономические показатели сравниваемых вариантов	165
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	167
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	172
Приложение 1	172
Приложение 2	173
Приложение 3	174
Приложение 4	175

Учебное издание

ВАСИЛЕВИЧ Валерий Иванович
ДАВИДОВИЧ Людмила Михайловна
ИВАНИЦКИЙ Денис Михайлович и др.

ГОРЯЧАЯ И ЛИСТОВАЯ ШТАМПОВКА,
КУЗНЕЧНО-ШТАМПОВОЧНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ.
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ ТЕМАТИКА

Методическое пособие
по дипломному проектированию для студентов специальности
1-36 01 05 «Машины и технология обработки
материалов давлением»

Редактор Е.О. Коржуева
Компьютерная верстка Д.А. Исаева

Подписано в печать 13.10.2011.

Формат 60×84 ¹/₁₆. Бумага офсетная.

Отпечатано на ризографе. Гарнитура Таймс.

Усл. печ. л. 10,52. Уч.-изд. л. 8,23. Тираж 150. Заказ 1340.

Издатель и полиграфическое исполнение:
Белорусский национальный технический университет.
ЛИ № 02330/0494349 от 16.03.2009.
Проспект Независимости, 65. 220013, Минск.