

**ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
«ГЕОРГИЕВСКИЙ РЕГИОНАЛЬНЫЙ КОЛЛЕДЖ «ИНТЕГРАЛ»**

УТВЕРЖДАЮ:

Председатель ПЦК ТМ и М

Барминова Т.Н.

СОГЛАСОВАНО

Зав. отделением И и ЦТ

Бойко О.В.

**Методические указания
по выполнению дипломного проекта
для студентов специальности
15.02.08 «Технология машиностроения»**

Разработал

Преподаватель ГБПОУ ГРК «Интеграл»

Барминова Т.Н.

Федулин А.Ф

Рассмотрено на заседании предметно-цикловой комиссии

«09» января протокол №5

Георгиевск 2023г.

Утверждено методическим советом ГБПОУ ГРК «Интеграл»

Протокол № от « »__ _____2023г

Секретарь методического совета

Е.В.Шахова

Одобрено на заседании ПЦК ТМ иМ

Протокол №5 от 09.01.2023г

Т.Н.Барминова

Согласовано зав отделением И ЦТ

О.В.Бойко

Составитель:

Преподаватель

Т.Н. Барминова

А.Ф.Федулин

Написание и защита дипломного проекта является заключительным этапом подготовки студента по выбранной специальности. В процессе подготовки и написания дипломной проект должны проявиться творческие способности будущих специалистов, умение применять на практике получения знания, эффективно работать с нормативно-правовыми актами.

Подготовка дипломного проекта состоит из нескольких этапов:

1. Выбор темы и обоснование ее актуальности.
2. Составление библиографии, нормативными документами и другими источниками, относящимися к теме дипломного проекта.
3. Сбор фактического материала на предприятиях различных форм собственности и других организациях.
4. Обработка и анализ полученной информации с применением современных методов финансового и хозяйственного анализа, математико-статистических методов.
5. Формулировка выводов и выработка рекомендаций.
6. Оформление дипломной проект в соответствии с установленными требованиями.
7. Дипломник несет полную ответственность за научную самостоятельность и достоверность результатов проведенного исследования и разработки.

Выбор темы дипломного проекта и ее утверждение

Примерная тематика и требования по написанию дипломных проектов утверждается зам. директором по учебной работе. Утвержденная тематика доводится до сведения студентов на организационном собрании, проводимом до начала преддипломной практики для студентов.

Студентам предоставляется право выбора темы дипломного проекта на основе примерного утвержденного перечня. Выбор осуществляется исходя из интереса к проблеме, возможности получения фактических данных, а также

наличия специальной научной литературы. Студент может предложить свою тему дипломного проекта, если она соответствует специальности.

Структура и содержание дипломного проекта

Дипломный проект состоит из введения, двух или трех глав, заключения, списка использованной литературы, приложений. Объем дипломного проекта, как правило, составляет 60-70 страниц текста, подготовленного на компьютере в формате Word.

Во введении дается общая характеристика дипломного проекта: обоснование актуальности выбранной темы, цели, задачи, практическая значимость. Так же описывается объект и предмет исследования, описывается информационная база. Целесообразно указать какие методы и методики использовались в работе, как проводилась обработка материала.

Первая глава, как правило, носит теоретическо-методологический характер.

Содержание второй и последующих глав носит практический характер. Это самостоятельный технический, технологический, расчетный и экономический анализ собранного материала.

Заключение должно содержать общие выводы, обобщенное изложение основных проблем, авторскую оценку проекта с точки зрения решения задач, поставленных в дипломном проекте, данные о практической эффективности от внедрения рекомендаций или научной ценности решаемых проблем. После заключения дается список использованной литературы.

Список включает в себя, специальную научную и учебную литературу, другие использованные материалы, и должен быть организован в соответствии с едиными требованиями библиографического описания произведений печати. Специальная основная учебная литература оформляется в алфавитном порядке. Список литературы, как правило, включает в себя 10-20 источников.

Порядок оформления дипломного проекта

После согласования окончательного варианта дипломного проекта с руководителем и рецензентом проект распечатывают, прошивают.

Дипломный проект должен быть оформлен на одной стороне листа бумаги формата А4.

Допускается представлять таблицы и иллюстрации на листах бумаги формата не более А3. **Текст следует печатать через 1,5 интервала (тип шрифта – Times New Roman, размер шрифта – 14), соблюдая следующие размеры полей: левое - 30 мм; правое - 10 мм; верхнее и нижнее - 20 мм.**

Все страницы дипломного проекта обязательно должны быть пронумерованы. Нумерация страниц начинается с четвертого листа (листа содержания) и заканчивается последним. На четвертом листе ставится номер "1".

Дипломный проект складывается в следующем порядке: титульный лист дипломного проекта. За титульным листом располагают задание на дипломный проект, затем рецензия, отзыв, содержание, далее – сама работа, список использованной литературы. Приложения, если есть. Название каждой новой части в тексте проекта следует писать более крупным шрифтом, чем весь остальной текст, выделение другим цветом не допускается. Каждая глава (часть) начинается с новой страницы.

В тексте дипломного проекта рекомендуется чаще применять красную строку, выделяя законченную мысль в самостоятельный абзац.

Ссылка на первоисточник делается в списке литературы в конце дипломного проекта.

Для наглядности в дипломный проект обязательно должны быть включены таблицы.

Нумерация таблиц должна быть сквозной на протяжении всего дипломного проекта. Слово "таблица" и ее порядковый номер (без знака №) пишется сверху самой таблицы в правой стороне, затем по центру дается ее

название и единица измерения (если она общая для всех граф и строк таблицы).

При ссылке на таблицу следует указать номер таблицы и страницу, на которой она расположена. Разрывать таблицу и переносить часть ее на другую страницу можно только в том случае, если она целиком не уместится на одной странице. При этом на другую страницу переносится и шапка таблицы, а также заголовок «Продолжение таблицы». Если таблица заимствована или рассчитана по данным экономической периодики или другого литературного источника, делается обязательная ссылка на первоисточник (по правилам цитирования).

Формулы расчетов в тексте надо выделять, записывая их более крупным шрифтом и отдельной строкой, давая подробное пояснение каждому символу (когда он встречается впервые). Рекомендуется нумеровать формулы в пределах каждого раздела, особенно, если в тексте приходится на них ссылаться. Формулы нумеруются по правому краю на той же строке, где располагается сама формула. Например. Первая формула в третьей главе нумеруется так:

$$A = B + C \quad (3.1)$$

Излагать материал в дипломной работе следует четко, ясно, применяя принятую научную терминологию, избегая повторений и общеизвестных положений, имеющих в учебниках и учебных пособиях.

Темы дипломных работ разрабатываются преподавателями отделения совместно со специалистами предприятий или предприятиями, заинтересованными в разработке данных тем, и рассматриваются на заседании предметно – цикловой комиссии «Технология машиностроения и металлообработки». Обязательное требование – соответствие тематики ВКР содержанию одного или нескольких профессиональных модулей, входящих в ОПОП.

Тема дипломного проекта может быть предложена студентом при условии обоснования им целесообразности её разработки. Тематика

дипломных работ по специальности 15.02.08 «Технология машиностроения» представлена в Приложении 2.

Закрепление тем дипломных проектов за студентами с указанием руководителей оформляется приказом директора колледжа. По утверждённым темам руководители дипломных проектов разрабатывают индивидуальные задания для каждого студента.

Задания на дипломный проект рассматриваются на заседании ПЦК «Технологии машиностроения и металлообработки», подписываются руководителем проекта и утверждаются заместителем директора по УР. Задания на дипломный проект даются студенту не позднее, чем за две недели до начала преддипломной практики.

Общее руководство и контроль хода выполнения дипломных проектов осуществляет председатель ПЦК «Технологии машиностроения и металлообработки».

Дипломные проекты могут выполняться как в колледже, так и на предприятии (организации).

Основными функциями руководителя дипломного проекта являются:

- разработка индивидуальных заданий;
- консультирование по вопросам содержания и последовательности выполнения дипломной работы;
- оказание помощи студенту в подборе необходимой литературы;
- контроль хода выполнения работы;
- оказание помощи студенту при выполнении практической части дипломного проекта (скриншоты, чертежи, составлении программы), если таковая запланирована руководителем;
- подготовка письменного отзыва на дипломный проект.

На консультации для каждого студента должно быть предусмотрено не менее двух часов в неделю.

По завершении студентом дипломного проекта руководитель подписывает её и вместе со своим письменным отзывом передаёт на отделение.

Требования к структуре дипломного проекта рецензируются специалистами из числа работников предприятий, организаций, преподавателей колледжа и других образовательных учреждений, хорошо владеющих вопросами, связанными с тематикой дипломных проектов.

Рецензия должна включать:

- заключение о соответствии дипломного проекта заданию на неё;
- оценку качества выполнения каждого раздела дипломного проекта
- оценку степени разработки новых вопросов, оригинальности решений (предложений), теоретической и практической значимости проекта;
- оценку дипломного проекта.

Содержание рецензии доводится до сведения студента не позднее, чем за день защиты дипломного проекта.

Внесение изменений в дипломный проект после получения рецензии не допускается.

Зам. директора по УР после ознакомления с отзывом руководителя и рецензией решает вопрос о допуске студента к защите и передаёт дипломный проект в Государственную аттестационную комиссию.

Условия организации и проведения защиты дипломных проектов.

Защита дипломных проектов проводится на открытом заседании ГИА.

На заседании Государственной экзаменационной комиссии представляются следующие документы:

- ФГОС 15.02.08 «Технология машиностроения»
- Программа итоговой государственной аттестации
- Приказ директора о допуске студентов к итоговой государственной аттестации
- Приказ об утверждении состава ГЭК
- Приказ директора о закреплении тем дипломных работ
- Сводная ведомость успеваемости студентов (согласованная с

заместителем директора по учебной работе, утверждённая директором и заверенная печатью)

- Журналы теоретического и практического обучения с заполненными формами за все курсы
- Документы о прохождении преддипломной практики
- Зачетные книжки студентов
- Книга протоколов заседаний ГЭК

Членам ГЭК студенты представляют пояснительную записку, графическую часть дипломной работы в соответствии с заданием руководителя. На защиту отводится до 30 минут. Процедура защиты дипломного проекта устанавливается председателем ГЭК по согласованию с членами комиссии и, как правило, включает доклад студента (не более 10-15 минут), чтение отзыва и рецензии, вопросы членов комиссии, ответы студента. Может быть предусмотрено выступление руководителя дипломного проекта, а также рецензента, если он присутствует на заседании.

В критерии оценки уровня подготовки студента по специальности входит:

- уровень освоения студентом темы дипломного проекта;
- уровень освоения студентом материала по специальным и общепрофессиональным дисциплинам, предусмотренным учебным планом по специальности;
- уровень умений при выполнении практических работ;
- уровень знаний и умений, позволяющий решать профессиональные задачи;
- обоснованность, четкость, краткость изложения доклада и ответов.

При определении окончательной оценки по защите дипломного проекта учитываются:

- доклад выпускника по каждому разделу выпускной работы;
- ответы на вопросы;
- оценка рецензента;

- отзыв руководителя;
- оценка практической части дипломного проекта;

Критерии оценок защиты дипломного проекта:

Доклад:

- Доклад, проведённый чётко, ясно, в пределах отведённого времени по всем разделам пояснительной записки с использованием графической части оценивается на «отлично». Если студент превышает регламент времени, комиссия вправе прервать докладчика и попросить излагать короче и по существу.

- Если изложение изобилует большими паузами, и в докладе нет чёткости и последовательности - «хорошо»

- Наличие пробелов, затруднений по существу изложения темы, не точное знание принципиальной схемы устройства, её принципа действия - «удовлетворительно»

- Полное незнание и непонимание темы, графической части диплома - «неудовлетворительно»

Ответы на вопросы:

- Полные и достоверные ответы на вопросы, как по теме диплома, так и по базовым специальным дисциплинам - «отлично»;

- Полные ответы только по теме дипломного проекта - «хорошо»;

- Неточные и скудные ответы на вопросы, как по теме дипломного проекта, так и по базовым специальным дисциплинам - «удовлетворительно»;

- Полное отсутствие знаний - «неудовлетворительно»

При наличии всех компонентов - оценка «отлично» Каждый член комиссии выставляет свои оценки, затем находят средний балл по каждому критерию и общую сумму. Если в результате общий средний балл равен:

- 4,7 и выше, выставляется оценка «отлично»

- 3,7 и выше, выставляется оценка «хорошо»

- 2,7 и выше, выставляется оценка «удовлетворительно»

- Если средний балл меньше 2,7 -«неудовлетворительно».

Заседания ГЭК протоколируются. Протоколы заседаний ГЭК подписываются председателем, заместителем председателя, членами комиссии, секретарём.

Студенты, выполнившие дипломную работу, но получившие при защите оценку «неудовлетворительно», имеют право на повторную защиту. В этом случае ГЭК может признать целесообразным повторную защиту этого же дипломного проекта, либо вынести решение о закреплении за ним нового задания на дипломный проект и определить срок повторной защиты, но не ранее, чем через год.

Студенту, получившему оценку «неудовлетворительно» при защите дипломного проекта, выдаётся справка установленного образца. Справка обменивается на диплом в соответствии с решением ГЭК после успешной защиты студентом дипломного проекта.

Методика выполнения разделов дипломного проекта

Введение.....

1. Служебное назначение изготавливаемого изделия
2. Определение типа производства, его характеристика
3. Технологическая часть
 - 3.1. Анализ технологических требований на изготовление детали
 - 3.2. Выбор метода получения заготовки и расчет коэффициента использования материала
 - 3.3. Выбор технологических баз
 - 3.4. Расчет припусков
 - 3.5. Определение последовательности обработки поверхностей заготовки, выявление переходов обработки.
 - 3.6. Выбор режущего инструмента
 - 3.7. Выбор оборудования
 - 3.8. Выбор необходимой технологической оснастки

- 3.9. Выбор метода контроля качества
 - 3.10. Расчет режимов резания
 - 3.11 Разработка управляющей программы
 - 4. Нормирование технологического процесса
 - 5. Расчет участка.
 - 5.1 Определение состава и численности, работающих на участке
 - 5.2. Планировка участка
 - 6. Охрана труда и окружающей среды.
 - 6.1. Производственная санитария.
 - 6.2. Безопасность труда
 - 6.3. Техника безопасности при работе на токарных станках с ЧПУ
 - 6.4. Техника безопасности при работе на фрезерных станках с ЧПУ
 - 6.5. Пожарная безопасность.
 - 7. Расчет годового фонда заработной платы производственных рабочих и величина их среднемесячного заработка.
 - 8. Определение себестоимости и НЧП детали
- Заключение
- Литература

Цели и задачи дипломного проектирования

Цель дипломного проектирования, как одного из этапов обучения, - научить студентов правильно применять теоретические знания, полученные ими в процессе учебы, использовать свой практический опыт проект на машиностроительных предприятиях для решения профессиональных технологических и конструкторских задач, а также подготовить студентов к дипломному проектированию.

В соответствии с этим в процессе дипломного проектирования по “Технологии машиностроения” решаются следующие задачи:

- закрепление и углубление теоретических знаний, полученных при изучении курса “Технологии машиностроения”;

- развитие способности оценивать конструкцию детали в отношении её технологичности и норм точности в соответствии с её служебным назначением;
- развитие навыков самостоятельной проект при разработке технологических процессов механической обработки детали с применением высокопроизводительного оборудования, техоснастки и прогрессивных методов обработки;
- закрепление знаний и навыков, полученных во время производственной технологической практики.

Дипломные проекты по “Технологии машиностроения” должны быть максимально приближены к реальным разработкам, имеющим практическую ценность, вплоть до составления стандартной технологической документации. Такая комплексная разработка имеет большую вероятность внедрения в производство.

Объем, содержание и тематика дипломного проекта

Дипломный проект состоит из пояснительной записки, и графического материала.

Пояснительная записка (ПЗ) является основным документом дипломного проекта, в котором приводятся расчеты и описания конструкторских и технологических разработок, относящихся к проектированию технологических процессов. Объем ПЗ, как правило, составляет 50...70 страниц текста. Состав и структура ПЗ типового индивидуального дипломного проекта по “Технологии машиностроения” должны соответствовать её содержанию, приведенному в приложении.

Графический материал типового дипломного проекта включает:

лист 1 (формат А1):

- Чертеж детали (формат А3или А4)
- Чертеж заготовки (формат А3 или А-4)
- чертежи 2-3 используемых инструментов

лист 2 (формат А1):

Карты операционных эскизов, минимум 4эскиза (формат А1)

лист 3 (формат А1):

Карта наладки станка с ЧПУ на одну из операций (формат А1)

Допускается совмещение 2-го и 3-го листов в одном листе при условии пологого отображения всей информации

лист 4 (формат А1):

-- Чертёж оснастки или приспособления (формат А2)

-- Проект участка мехобработки (формат А2)

Содержание ПЗ и графической части дипломного проекта может быть изменено по согласованию с руководителем проекта, в том случае если тема проекта отличается от типовой.

В дипломном проекте разрабатывается единичный технологический процесс изготовления детали, который содержит не менее 3-х различных видов технологических операций механической обработки (например: заготовительная, токарная, токарная с ЧПУ, фрезерная, фрезерная с ЧПУ, шлифовальная).

Задание оформляется на бланке установленной формы, с указанием даты выдачи задания и срока выполнения проекта. Задание должно подписано преподавателем – руководителем проекта и исполнителем – студентом, а также утверждено заведующим отделением и зам. директора по учебной работе.

За правильность всех данных и проектных решений отвечает автор проекта – студент.

Методика выполнения разделов дипломного проекта

Вводная часть

Во вводной части (введении) дипломного проекта рассматривают важность и актуальность выбранной темы. Необходимо отметить дальнейшие повышение технологического уровня машиностроения, механизации и автоматизации производственных процессов, а также повышения качества выпускаемой продукции и эффективности производства. Особое внимание студент должен обратить на развитие той отрасли машиностроения, к которой относится тема проекта.

Введение должно быть увязано с темой дипломного проекта и по объёму не должно превышать двух страниц текста.

Мероприятия, предусмотренные в проекте для получения высоких технико-экономических показателей, перечисляют после их обоснования.

1. Служебное назначение изготавливаемого изделия.

Описание изделия, сборочной единицы и детали

При описании изделия, сборочной единицы, детали согласно заданию на дипломное проектирование необходимо указать назначение, условия проекта, краткую характеристику изделия и эксплуатационную характеристику составных его частей.

Необходимо указать, каким факторам подвергается данное изделие в процессе эксплуатации (условия рабочего места, среда, динамические нагрузки и др.) и при отработке детали на технологичность следует учитывать все эти факторы.

В дипломном проекте необходимо давать подробное описание детали, ее эксплуатационное назначение, характер соединения (подвижное, неподвижное), конструктивную особенность. Анализ детали необходимо производить по всем ее обрабатываемым поверхностям. Анализу подвергаются степень точности и шероховатость обрабатываемых

поверхностей, технические требования на изготовление детали, допусков формы и расположения поверхностей. Это дает возможность выбрать самые оптимальные методы обработки каждой из рассмотренных поверхностей изготавливаемой детали.

При описании материала, из которого изготовлена деталь, учащийся должен показать его свойства. Необходимо указывать назначение и область применения материала в деталях машиностроения, например: «Сталь 20Х ГОСТ 4543-2016 легированная конструкционная применяется для деталей средних размеров с твердой износоустойчивой поверхностью при достаточно прочной и вязкой сердцевине, работающей при больших скоростях и средних давлениях. Из стали 20Х рекомендуется изготавливать зубчатые колеса, кулачковые муфты, втулки, плунжеры, копиры, шлицевые валы, работающие в подшипниках скольжения и т.д.».

Необходимо указать химический состав, механические и другие свойства данного материала. Химический состав и механические свойства рекомендуется размещать в отдельных таблицах, например:

Химический состав легированной конструкционной стали

Марка	Содержание элементов, %					
	Углерод	Марганец	Кремний	Хром	Никель	Другие элементы
20Х	0,17-0,23	0,5-0,8	0,17-0,37	0,7-1,0	-----	-----

После анализа свойств материала дается заключение о его пригодности для данной детали.

2. Определение типа производства и его характеристика

Определение типа производства проводят, беря за основу габариты, массу и годовой объем выпуска изделия.

Определяю тип производства табличным методом:

- для определения типа производства табличным методом необходимо знать массу детали и годовую программу выпуска деталей.

Определение типа производства

Тип производства согласно ГОСТ 3.1108-74 характеризуется коэффициентом закрепления операций за одним рабочим местом или единицей оборудования. Тип производства определяется коэффициентом

$$K_{з.о.} = \frac{Q}{P_M},$$

(2.1)

где Q – число различных операций; P_M – число рабочих мест, на которых выполняются данные операции.

Типы производства характеризуются следующими значениями коэффициентов закрепления операций:

Тип производства	$K_{з.о.}$
Массовое	1
Серийное:	
крупносерийное	Св. 1 до 10
среднесерийное	Св. 10 до 20
мелкосерийное	Св. 20 до 40
Единичное	Св. 40

Для предварительного определения типа производства можно использовать годовой объем выпуска и массу детали по табл. 2.1.

Табл. 2.1.

Зависимость типа производства от объема выпуска (шт) и массы детали

Масса детали, кг	Тип производства				
	единич.	мелкосер.	среднесер.	крупносер.	масс.
< 1,0	< 10	10-2000	1500-100 000	75 000-200 000	200 000
1,0-2,5	< 10	10-1000	1000-50 000	50 000-100 000	100 000
2,5-5,0	< 10	10-500	500-35 000	35 000-75 000	75 000
5,0-10	< 10	10-300	300-25 000	25 000-50 000	50 000
> 10	< 10	10-200	200-10 000	10 000-25 000	25 000

Единичное производство характеризуется широкой номенклатурой изготавливаемых изделий в одном или нескольких экземплярах. Единичное производство универсально, т.е. охватывает разнообразные типы изделий, поэтому оно должно быть гибким, с применением универсального оборудования, а также стандартного режущего и измерительного инструмента.

Технологический процесс изготовления детали при этом типе производства имеет уплотненный характер, т.е. на одном станке выполняются несколько операций или полная обработка всей детали. Применение специальных приспособлений в единичном производстве экономически нецелесообразно, их используют только в исключительных случаях. Себестоимость выпускаемого изделия при единичном производстве наиболее высокая.

Серийное производство характеризуется ограниченной номенклатурой изделий, изготавливаемых периодически повторяющимися партиями, и достаточно большим объемом выпуска. При серийном производстве используются универсальные станки, чаще станки с ЧПУ, а также станки-полуавтоматы, оснащенные как специальными, так и универсальными и универсально-сборными приспособлениями, часто с механизированным приводом зажима, что позволяет снизить трудоемкость и себестоимость изготовления изделия. В серийном производстве технологический процесс изготовления изделия преимущественно дифференцирован, т.е. расчленен на

отдельные самостоятельные операции, выполняемые на определенных станках.

При серийном производстве обычно применяют универсальные, специализированные, агрегатные и другие металлорежущие станки. При выборе технологического оборудования, специального или специализированного станочного приспособления или вспомогательного инструмента необходимо производить расчет затрат и сроков окупаемости, а также ожидаемый экономический эффект от использования оборудования и технологического оснащения.

Массовое производство характеризуется узкой номенклатурой и большим объемом выпуска изделий, непрерывно изготавливаемых в течение продолжительного периода времени. При массовом производстве технологические процессы разрабатываются подробно и хорошо оснащаются, что позволяет обеспечить высокую точность и взаимозаменяемость деталей, малую трудоемкость и, следовательно, более низкую, чем при серийном производстве, себестоимость изделий.

При массовом производстве более широко применяется механизация и автоматизация производственных процессов, используется дифференцирование технологического процесса на элементарные операции, применяются быстродействующие специальные приспособления, специальный режущий и измерительный инструмент.

3. Технологическая часть

3.1. Анализ технических требований на изготовление детали

Каждая деталь должна изготавливаться с минимальными трудовыми и материальными затратами. Эти затраты зависят в значительной степени от правильного выбора варианта технологического процесса, его оснащения, механизации и автоматизации, применения оптимальных режимов обработки и правильной подготовки производства. На трудоемкость изготовления

детали оказывают особое влияние ее конструкция и технические требования на изготовление. При отработке на технологичность конструкции детали необходимо производить оценку в процессе ее конструирования.

Требования к технологичности конструкции детали согласно ГОСТ 14.204-73 следующие:

конструкция детали должна состоять из стандартных и унифицированных конструктивных элементов или быть стандартной в целом;

детали должны изготавливаться из стандартных и унифицированных заготовок или заготовок, полученных рациональным способом;

размеры и поверхности детали должны иметь соответственно оптимальные степень точности и шероховатость;

физико-химические и механические свойства материала, жесткость детали, ее форма и размеры должны соответствовать требованиям технологии изготовления;

показатели базовой поверхности (точность, шероховатость) детали должны обеспечивать точность установки, обработки и контроля;

конструкция детали должна обеспечивать возможность применения типовых и стандартных технологических процессов ее изготовления.

При оценке технологичности конструкции детали необходимо:

разработать рекомендации по улучшению технологичности;

обеспечить технологичность конструкции детали путем внесения изменений.

Качественная оценка технологичности конструкции детали указывается словами «хорошо - плохо», «допустимо - недопустимо» и т.д., а количественная оценка характеризуется показателями технологичности и проводится по усмотрению разработчика.

В дипломном проекте количественную оценку технологичности конструкции детали можно производить по следующим коэффициентам:

коэффициенту использования материала

$$K_{и.м.} = \frac{m_{\partial}}{m_3}, \quad (1.1)$$

где m_{∂} – масса детали по чертежу, кг, m_3 – масса материала заготовки с неизбежными технологическими потерями, кг;

коэффициенту точности обработки детали

$$K_{ТЧ} = \frac{Q_{ТЧ.Н}}{Q_{ТЧ.О}}, \quad (1.2)$$

где $Q_{ТЧ.Н}$ – число размеров не обоснованной степени точности обработки,

$Q_{ТЧ.О}$ – общее число размеров, подлежащих обработке;

коэффициенту шероховатости поверхностей детали

$$K_{ш} = \frac{O_{ш.н.}}{O_{ш.о.}}, \quad (1.3.)$$

где $O_{ш.н.}$ – число поверхностей детали не обоснованной шероховатости, шт.,

$O_{ш.о.}$ – общее число поверхностей детали, подлежащих обработке, шт.

При отработке детали на технологичность можно использовать и другие количественные показатели согласно ГОСТ 14.202-73 по усмотрению руководителя дипломного проекта.

В заключение данного пункта необходимо дать оценку технологичности изделия с рекомендациями по изменению конструкции детали.

Обозначить конструктивные элементы изделия, дать их полное описание

и

тех. требования (размер, допуск, шероховатость).

заполнить таблицу по образцу.

Номер конструктивного элемента	Размеры и требования к их диаметральной и линейной точности	Требования к шероховатости поверхности	Требования к точности взаимного расположения поверхностей и осей	Методы достижения точности: способы базирования и виды обработки	Методы контроля и средства измерения
1	Ø45h12 (-0,250)	2,5	—	Базирование детали в трёхкулачковом патроне по наружной цилиндрической поверхности чистовое точение	Штангенциркуль выборочно
5	2x45°	2,5	—	Базирование детали в трёхкулачковом патроне по наружной цилиндрической поверхности точение фаски	Штангенциркуль, Визуально
7	Ø25H12 (+ 0,210)	2,5	—	Базирование детали в трёхкулачковом патроне по наружной цилиндрической поверхности, чистовое растачивание	Штангенциркуль, выборочно

3.2 Выбор метода получения заготовки и расчет коэффициента использования

В машиностроении основными видами заготовок для деталей являются стальные и чугунные отливки, отливки из цветных металлов и сплавов, штамповки и всевозможные профили проката.

Способ получения заготовки должен быть наиболее экономичным при заданном объеме выпуска деталей. На выбор формы, размеров и способа получения заготовки большое влияние оказывает конструкция, и материал детали. Вид заготовки оказывает значительное влияние на характер технологического процесса, трудоемкость и экономичность ее обработки.

При выборе вида заготовки необходимо учитывать не только эксплуатационные условия проект детали, ее размеры и форму, но и экономичность ее производства. Если при выборе заготовок возникают затруднения, какой метод изготовления принять для той или другой детали, тогда производят технико-экономический расчет двух или нескольких выбранных вариантов. После обоснования способа получения заготовки необходимо дать краткое описание технологического процесса ее получения и обосновать выбор плоскости разъема формы или штампа, величину принятых радиусов скруглений и формовочных уклонов. производят расчет массы заготовки на сопоставляемые варианты;

определяют норму расхода материала с учетом неизбежных технологических потерь для каждого вида заготовки (некратность, на отрезание, угар, облой и т.д.);

определяют коэффициент использования материала по каждому из вариантов изготовления заготовок с технологическими потерями и без потерь;

определяют себестоимость изготовления заготовки, выбранных вариантов для сопоставления и определения экономического эффекта получения заготовки;

определяют годовую экономию материала от сопоставляемых вариантов получения заготовки;

определяют годовую экономию от выбранного варианта заготовки в денежном выражении.

3.3 Выбор технологических баз

Технологическая база – используемая для определения положения заготовки или изделия в процессе изготовления или ремонта, - поверхность линия или точка заготовки, относительно которых ориентируются ее поверхности, на данном установе.

Измерительной базой называют поверхность детали, относительно которой производится контроль полученных размеров, которой определяется положение детали в измерительном приспособлении.

Измерительные базы – поверхность, линия или точка, от которых производится отсчет выполняемых размеров при обработке или измерении заготовок, а также при проверке взаимного расположения поверхностей деталей или элементов изделия (параллельности, перпендикулярности, сносности и др.).

Определение этих баз необходимо для того, чтобы в дальнейшем, при проектировании технологической оснастки соблюсти главный принцип ориентации заготовки в приспособлении — совмещение конструкторской и технологической баз.

Разрабатывая технологический процесс обработки деталей, необходимо выполнить следующие условия:

наметить базовые поверхности, которые должны быть обработаны в самом начале процесса;

выполнить операции черновой обработки, при которых снимают наибольшие слои металла, что позволяет сразу выявить дефекты заготовки и освободиться от внутренних напряжений, вызывающих деформации;

обработать вначале те поверхности, которые не снижают жесткость обрабатываемой детали;

первыми следует обрабатывать такие поверхности, которые не требуют высокой точности и качества;

необходимо учитывать целесообразность концентрации (обработка в операции максимально возможного числа поверхностей) или дифференциации (разделение операций на более простые) операции;

при выборе технологических баз следует стремиться к соблюдению основных принципов базирования – совмещения и постоянства баз;

необходимо учитывать, на каких стадиях технологического процесса целесообразно производить механическую обработку, гальванические покрытия, термическую обработку и другие методы обработки в зависимости от требований чертежа;

отделочные операции следует выносить к концу технологического процесса обработки, за исключением тех случаев, когда поверхности служат базой для последующих операций.

При разработке технологических операций необходимо особое внимание уделить выбору баз для обеспечения точности обработки деталей и выполнения технических требований чертежа.

При черновой обработке в качестве баз можно принимать поверхности, не подлежащие обработке, а если детали имеют несколько необрабатываемых поверхностей, то за базу надо принимать ту из них, которая должна иметь наименьшее смещение относительно своей оси или быть с наименьшим припуском на обработку.

При выборе баз необходимо принимать поверхности, от которых дан размер в чертеже, определяющий положение обрабатываемой поверхности.

Базы должны обеспечить отсутствие недопустимых деформаций детали, а также простоту конструкции станочного приспособления с удобной установкой, креплением и снятием обрабатываемой детали.

Более подробные рекомендации по разработке технологических процессов механической обработки деталей приведены в учебной и справочной технической литературе .

3.4 Расчет припусков

Технико-экономическое обоснование выбора заготовки для обрабатываемой детали производят по нескольким направлениям: металлоемкости, трудоемкости и себестоимости, учитывая при этом конкретные производительные условия. Технико-экономическое обоснование ведется по двум или нескольким выбранным вариантам. При экономической оценке определяются металлоемкость, себестоимость или трудоемкость каждого выбранного варианта изготовления заготовки, а затем их сопоставляют.

Технико-экономический расчет изготовления заготовки производят в следующем порядке:

устанавливают метод получения заготовки согласно типу производства, конструкции детали, материалу и другим техническим требованиям на изготовление детали;

припуски на обрабатываемые поверхности детали назначают согласно выбранному методу получения заготовки по нормативным таблицам или производят расчет аналитическим методом;

определяют расчетные размеры на каждую поверхность заготовки;

назначают предельные отклонения на размеры заготовки по нормативным таблицам в зависимости от метода получения заготовки;

Величину припуска на механическую обработку стальных поковок общего назначения, изготавливаемых горячей объемной штамповкой на разных видах кузнечно-прессового оборудования, отливок, получаемых разными

методами литья (стали, чугуна и цветных металлов), определяют по табличным нормативам согласно массе заготовки, точности ее изготовления, группе стали, степени сложности габаритным размерам, шероховатости обрабатываемых поверхностей и другим конструктивным элементам детали и техническим требованиям на её изготовление.

Промежуточные припуски имеют важное значение в процессе разработки технологических операций механической обработки детали. Правильное назначение промежуточных припусков на обработку заготовки обеспечивает экономию материальных и трудовых ресурсов, качество выпускаемой продукции, снижает себестоимость изделий и ускоряет дальнейшее развитие машиностроительной промышленности и всего народного хозяйства страны.

В массовом и крупносерийном производстве промежуточные припуски рекомендуется рассчитывать аналитическим методом, что позволяет обеспечить экономию материала, электроэнергии и других материальных и трудовых ресурсы производства.

В серийном и единичном производствах используют статистический (табличный) метод определения промежуточных припусков на обработку заготовки, что обеспечивает более быструю подготовку производства по выпуску планируемой продукции и освобождает инженерно-технических работников от трудоемкой проект.

После расчета промежуточных размеров определяют допуски на эти размеры, соответствующие экономической точности данной операции. Промежуточные размеры и допуски на них определяют для каждой обрабатываемой поверхности детали.

Черновые операции обычно следует выполнять с более низкими техническими требованиями на изготовление (12-14 квалитет), получистовые – на один-два квалитета ниже и окончательные операции выполняются по требованиям рабочего чертежа детали.

Шероховатость обрабатываемых поверхностей зависит от степени точности и назначается по справочным таблицам [4,28.]

Необоснованное повышение качества поверхности и степени точности обработки повышает себестоимость изготовления детали на данной технологической операции.

При назначении промежуточных предельных отклонений необходимо учитывать данные рекомендации при разработке технологического процесса изготовления деталей.

3.4.1 Аналитический метод определения припусков

Величина припусков влияет на себестоимость изготовления детали. При увеличенном припуске повышаются затраты труда, расход материала и других производственных расходов, а при уменьшенном приходится повышать точность заготовки, что также увеличивает себестоимость изготовления детали.

Обычно в заготовках, полученных методом литья, могут содержаться раковины, песочные включения, а в штампованных заготовках имеются обезуглероженный слой, микротрещины и другие дефекты.

Дефектный слой чугуновых отливок по деревянным моделям составляет 1-6 мм, у поковок 0,5-1,5 мм и у горячекатаного проката 0,5-1,0 мм. Для более точного определения припуска на обработку и предотвращение перерасхода материала применяют аналитический метод для каждого конкретного случая с учетом всех требований выполнения заготовок и промежуточных операций.

Для получения деталей более высокого качества необходимо при каждом технологическом переходе механической обработки заготовки предусматривать производственные погрешности, характеризующие отклонения размеров, геометрические отклонения формы поверхности, микронеровности, отклонения расположения поверхностей. Все эти

отклонения должны находиться в пределах поля допуска на размер поверхности заготовок.

Аналитический метод определения припусков базируется на анализе производственных погрешностей, возникающих при конкретных условиях обработки заготовки (стр.180-192.[28]).

Величина промежуточного припуска для плоских поверхностей заготовки:

$$z_{\min} = R_z + h + \rho_0 + \varepsilon_y; \quad (3.22)$$

для поверхностей типа тел вращения (наружных и внутренних):

$$2z_{\min} = 2 (R_z + h + \sqrt{\rho_0^2 + \varepsilon_y^2}), \quad (3.23)$$

где R_z - высота микронеровностей поверхности, оставшихся при выполнении предшествующего технологического перехода, мкм; h - глубина дефектного поверхностного слоя, оставшегося при выполнении предшествующего технологического перехода, мкм; ρ_0 - суммарные отклонения расположения, возникшие на предшествующем технологическом переходе, мкм; ε_y - величина погрешностей установки заготовки при выполняемом технологическом переходе, мкм.

Таблица 3.18

Таблица расчета припусков, допусков и промежуточных размеров по технологическим операциям (пример заполнения)

Поверхн. А переходы	Элементы припусков				Промеж. припуск	Промеж. допуск	Промежуточные и размер	
	$R_{z_{i-1}}$ мкм	$h_{z_{i-1}}$ мкм	$\rho_{z_{i-1}}$ мкм	ε_y мкм			$Z_{\min i}$ мкм	δ_i мм
Заготовка- прокат	200	300	520,4	-	-	1,8	84,98	82,68

Токарная:								
черн.	60	60	31,2	450	2376	0,46	81,28	80,28
чист.	30	30	-	27	322,5	0,07	80,12	79,95
Шлифовальная	6	12	-	-	40	0,03	79,97	79,94

Отклонение после чистовой обработки обычно исключают при расчетах из-за их малой величины. Отклонения и погрешности установки определяют в каждом конкретном случае в зависимости от метода получения заготовки.

Максимальный припуск на обработку поверхности заготовки:

для плоских поверхностей

$$Z_{\max} = Z_{\min} + \delta_{\text{п}} - \delta_{\text{в}}; \quad (3.24)$$

Для поверхностей типа тел вращения

$$2Z_{\max} = 2Z_{\min} + \delta_{\text{Дп}} - \delta_{\text{Дв}} \quad (3.25)$$

где $\delta_{\text{п}}$ и $\delta_{\text{Дп}}$ – допуск на размер на предшествующем переходе, мм; $\delta_{\text{в}}$ и $\delta_{\text{Дв}}$ – допуск на размер на выполняемом переходе, мм.

Допуски и шероховатость поверхности на окончательных технологических переходах (операциях) принимают по рабочему чертежу.

Для удобства определения промежуточных припусков перед их расчетом исходные и расчетные данные по каждой операции на конкретную обрабатываемую поверхность в технологической последовательности заносят в таблицу (3.18)

Таблицу рекомендуется заполнять в такой последовательности:

В графу «заготовка и технологическая операция» записывают вид заготовки и операции, установленные на данную обрабатываемую поверхность в технологической последовательности;

В графу «элементы припусков» заносят величину микронеровностей R_z и глубину дефектного поверхностного слоя h на заготовку и на все операции в технологической последовательности в зависимости от метода обработки, а

величину погрешности установки заготовки на выполняемой операции определяют по таблице или производят расчет по формулам;

Суммарное значения отклонений ρ_0 рассчитывают аналитическим методом, и значение расчета заносят в графу таблицы;

Графу “допуски на размер” заполняют значениями допусков на заготовку и промежуточные размеры согласно степени точности заготовки и качества, установленных на размер по каждой операции.

Остальные значения промежуточных припусков и размеров заносят в таблицу после расчетов.

Графы промежуточных размеров D_{\min} и D_{\max} определяют и заполняют от окончательных промежуточных размеров до размеров заготовки.

А. Расчет припусков при изготовлении деталей из проката

Гладкие, ступенчатые валы и другие аналогичные детали изготавливают из проката повышенной или обычной точности. Методы обработки заготовок ведут согласно степени точности принятого проката. Для ступенчатых валов расчет припусков и предельных размеров ведут по ступени с наибольшим диаметром, а при их равенстве по ступени, к которой предъявляют высокие технические требования по точности, качеству поверхности, отклонения расположения.

Суммарные отклонения расположения проката определяются

$$\rho_0 = \sqrt{\rho_{o.m}^2 + \rho_{ц}^2}, \quad (3.26)$$

где $\rho_{o.m}$ – величина отклонения расположения (местная или общая), мкм; $\rho_{ц}$ – величина отклонения расположения заготовки при центровке, мкм.

Величину отклонения расположения (местную) проката $\rho_{o.m}$ определяют:

$$\text{при консольном креплении} \quad \rho_{o.m} = \Delta_y L_k; \quad (3.27)$$

$$\text{при установки в центрах} \quad \rho_{o.m} = 2\Delta_y L_k; \quad (3.28)$$

где Δ_y - величина удельного отклонения расположения, мкм/мм; L_k - расстояние от сечения, для которого определяют величину отклонения расположения до места крепления заготовки, мм.

При консольной обработке заготовки $L_k \leq L$, а при обработке в центрах $L_k \leq 0,5L$ (L - общая длина заготовки, мм).

Величина расположения заготовки при зацентровке $\rho_{ц}$

$$\rho_{ц} = 0,25\sqrt{\delta_3^2 + 1}, \quad (3.29)$$

где δ_3 - допуск на диаметр базовой поверхности заготовки, использованной при центровке, мм.

Величина остаточного суммарного расположения заготовки после выполнения перехода (операции)

$$\rho_{ост} = K_y \rho_{о.з.} \quad (3.30)$$

где K_y - коэффициент уточнения (табл. 3.19.); $\rho_{о.з.}$ - суммарные отклонения расположения заготовки, мкм.

При обработке отверстий плавающим инструментом суммарные отклонения расположения им не исправляются, поэтому в дальнейших расчетах не участвуют.

Погрешность установки на заготовку

$$\varepsilon_y = \sqrt{\varepsilon_{б}^2 + \varepsilon_{зк}^2}, \quad (3.31)$$

где $\varepsilon_{б}$ - погрешность базирования, мкм; $\varepsilon_{зк}$ - погрешность закрепления заготовки, мкм.

При совмещении технологической и измерительной баз погрешность базирования $\varepsilon_{б} = 0$, поэтому необходимо стремиться (когда это возможно) базы совмещать.

Значение коэффициента уточнения K_y

Вид заготовки	Технологический переход	K_y
Калиброванный прокат	После обтачивания:	
	однократного	0,05
	двукратного	0,02
	После шлифования:	
	обдирочного	0,06
	чистого	0,04
Горячекатаный прокат, штамповка, отливка	После обтачивания:	
	чернового и однократного	0,06
	получистового	0,05
	чистового	0,04

При базировании в центрах погрешность установки в радиальном направлении

$$\varepsilon_y = 0,25 \cdot \delta_3 \quad (3.32)$$

где δ_3 - допуск на диаметральный размер заготовки, мм.

Деформацию заготовок при зажимной силе, направленной перпендикулярно обрабатываемой поверхности, для черновых заготовок принимают 100-150 мкм, после черновой обработки 50-65 мкм, после чистовой обработки 10-15 мкм.

При закреплении заготовок в приспособлениях тисочного типа погрешности закрепления

$$\varepsilon_{зк} = K_3 \cdot b \text{ (мкм) } , \quad (3.33)$$

где K_3 - коэффициент, зависящий от характеристики поверхностей, воспринимающих силу зажима; для поверхностей до обработки $K_3=17,5$; после черновой $K_3=5,8$; b – ширина поверхности заготовки, мм.

Промежуточные расчетные размеры

$$D_{pi} = D_{ном i} + 2z_{mini}, \quad (3.34)$$

где $D_{ном i}$ – номинальный размер обрабатываемой поверхности детали на предшествующей операции (переходе), мм.

Последовательность определения промежуточных расчетных размеров производят от номинальных размеров детали по чертежу (окончательной операции или перехода) к размерам заготовки. Например, если необходимо определить промежуточный расчетный размер на черновую токарную обработку, то к номинальному расчетному размеру чистовой токарной операции прибавляют минимальный расчетный припуск на чистовую обработку и т.д.

Минимальные (максимальные) промежуточные размеры определяют методом прибавления (для валов) или вычитания (для отверстий) минимальных (максимальных) значений промежуточных припусков:

$$D_{min} = D_{mini} + 2z_{mini}; \quad (3.35)$$

$$D_{max} = D_{maxi} + 2z_{maxi}; \quad (3.36)$$

где D_{maxi} , D_{mini} – предельные размеры поверхностей по операциям (переходам), мм; $2z_{mini}$, $2z_{maxi}$ – предельные (округленные) в сторону увеличения согласно степени точности припуски на операцию (переход), мм.

По максимальным предельным размерам заготовки выбирают ближайшие размеры проката согласно стандарту на сортамент (см. табл. 3.14). Действительный общий припуск на обработку детали

$$2z_{0min} = D_{пр} - D_{dmin}, \quad (3.37)$$

где $D_{пр}$ – диаметр проката по стандарту, мм.

Рабочий чертеж на заготовку из проката допускается не разрабатывать. Эскиз на данную заготовку приводят в пояснительной записке дипломного проекта.

Пример. Определить промежуточные припуски и промежуточные размеры при обработке поверхности вала диаметром $80f7$ согласно рабочему чертежу (см. рис. 3.1)

Исходная заготовка – горячекатаный прокат обычной точности В, ГОСТ 2590-71.

После отрезки заготовки правится и центрируется.

Тип производства – массовый.

Решение. В данном типе производства токарную обработку вала можно выполнить на токарном многорезцовом полуавтомате. Заготовка устанавливается в центрах. Шлифовальная обработка выполняется на круглошлифовальной станке. Заготовка устанавливается на жестких центрах.

Составляется технологический маршрут обработки поверхности $\varnothing 80f7$

Операция 005. Токарная (черновая обработка)

Операция 010. Токарная (чистовая обработка)

Операция 015. Шлифовальная

Для наглядности и простоты определения промежуточных припусков и промежуточных размеров составляем таблицу (см. табл. 3.18).

Точность и качество поверхности после механической обработки устанавливается по таблице [28].

Допуски на изготовление детали выбираются по таблицам: для заготовок из проката по ГОСТ 2590-71, для заготовок, полученных методом горячей объемной штамповки, по ГОСТ 7505-74, на литые заготовки по ГОСТ 1855-55, ГОСТ 2009-55 и на размеры, подлежащие обработке по ГОСТ 25347-82.

Элементы припусков (R_z и h) назначаем по табл. 3.20 и 3.21 зависимости от метода обработки поверхностей заготовки и состояния проката.

Расчетный минимальный припуск на черновую обработку поверхности определяем по формуле (3.22), а параметры припусков выбираем по табл. 3.13.

Для определения элементов припусков $\rho_{o.m.}$ и ε_y из формулы (3.26) необходимо произвести следующие действия:

определить отклонение расположения (местное) заготовки $\rho_{o.m.}$ в зависимости от крепления детали:

$$\rho_{o.m.} = 2\Delta_y L_k = 2 \cdot 0,07 \cdot 150 = 21 \text{ (мкм)}$$

Таблица 3.20

Качество наружной поверхности горячекатаного проката

Диаметр, мм	Повышенная точность, мкм		обычная точность, мкм	
	R _z	h	R _z	h
До 25	100	100	150	150
25-75	100	150	150	250
75-150	150	200	200	300
150-250	250	300	300	400

Таблица 3.21

Точность и качество поверхности заготовок из проката после механической обработки

Способ обработки	Технологический переход	Квалитет	Высота неровностей	Дефектный слой h
			R _z	
мкм				
обработка наружных поверхностей				
Обтачивание горячекатаного проката (обычной и повышенной точности), калиброванного проката 12-го качества	Обдирка	14	120	120
	Черновое	12	60	60
	Чистовое или однократное	11-10	30-20	30
	Тонкое	9-8	6	

Точности				
Шлифование в центрах горячекатаного проката 12-го качества точности	Черновое	9	10	20
	Чистовое или однократное	8	6	12
	Тонкое	7-6	3	6-2
Бесцентровое шлифование калиброванных прутков 8-го и 10-го качества точности	После термообработки (тонкое)	6-5	3-0,8	
	До термообработки (чистовое)	7	6	12
Обработка торцовых поверхностей				
Подрезание	Черновое	13	50	50
	Чистовое	11	30	30
Шлифование	Однократное	6	5-10	

Величину удельного отклонения расположения Δ_y выбирают по табл. 3.22: $\Delta_y = 0,07$ мкм/мм.

Расстояние L_k от сечения, для которого определяется кривизна, до места опоры при установке в центрах определяется из отношения $L_k \leq 0,5 = 0,5 \cdot 300 = 150$ мм, L – общая длина заготовки в мм, где $L=300$ мм.

Величина отклонения расположения центровки заготовки

$$\rho_u = 0,25\sqrt{\delta_3^2 + 1} = 0,25\sqrt{1,8^2 + 1} = 0,52 \text{ (мм)},$$

где δ_3 – допуск на диаметр базовой поверхности, мм $\delta_3=1,8$ мм.

Удельное отклонения горячекатаного проката

Вид правки	Удельное расположения Δy , мкм/мм, при диаметре проката, мм			
	До 30	30-50	50-80	80-150
Без правки в печах	2,0	1,30	1,30	0,6-0,30
Токами высокой частоты (ТВЧ)	1,0	0,65	0,65	0,3-0,15
На прессах	0,15	0,12	0,10	0,07- 0,05

Суммарное отклонение расположения определяем по формуле (3.26), отклонение на черновую обработку по следующей формуле:

$$\rho_0 = \sqrt{\rho_{o.m.}^2 + \rho_y^2} = \sqrt{21^2 + 250^2} = 520,4 \text{ (мкм)}$$

Погрешность установки заготовки при базировании в центрах определяем по формуле (3.32):

$$\varepsilon_y = 0,25 \cdot \delta_{D3} = 0,25 \cdot 1800 = 450 \text{ (мкм)}$$

Минимальный припуск на черновую обработку

$$2z_{\min} = 2(R_z + h + \sqrt{\rho^2 + \varepsilon_y^2}) = 2(200 + 300 + \sqrt{520,4^2 + 450^2}) = 2376 \text{ (мкм)}$$

Максимальный припуск на черновую обработку поверхности детали определим по формуле (3.25):

$$2z_{\max} = 2z_{\min} + \delta_{D_n} - \delta_{D_g} = 2376 + 1800 - 460 = 3716 \text{ (мкм)},$$

Величину остаточного суммарного отклонения расположения заготовки после выполнения черновой обработки поверхности определяем по формуле (3.30):

$$\rho_{ост} = K_y \rho_{o.z.} = 0,06 \cdot 520,4 = 31,2 \text{ (мкм)},$$

где $K_y = 0,06$ (см. табл. 3.16)

Величина погрешности установки при чистовой обработке поверхности заготовки

$$\varepsilon_{y.ч.} = 0,06 \cdot \varepsilon_y = 0,06 \cdot 450 = 27 \text{ (мкм)}$$

При последующей обработке поверхности детали погрешности установки из-за малости ее величины в расчет не принимаем.

Расчетный минимальный и максимальный припуски на чистовую обработку поверхности детали определим по формулам (3.23) и (3.25):

$$2z_{\min} = 2(60+60+\sqrt{31,2^2 + 27^2}) = 322,5 \text{ (мкм)};$$

$$2z_{\max} = 322,5 + 460 - 70 = 712,5 \text{ (мкм)}.$$

Расчетный минимальный и максимальный припуски на шлифовальную обработку поверхности составит

$$2z_{\min} = 2(6+12) = 36 \text{ (мкм)};$$

$$2z_{\max} = 36+70-30 = 76 \text{ (мкм)}.$$

Промежуточные расчетные размеры по обрабатываемым поверхности определяем по формуле (3.35):

для чистовой токарной обработки

$$D_{\min} = D_{\min} + 2z_{\min \text{ шл}} = 80 + 0,036 = 80,036 \text{ (мм)};$$

для черновой токарной обработки

$$D_{\text{р.черн}} = D_{\text{р.чист}} + 2z_{\min \text{ чист}} = 80,036 + 0,323 = 80,359 \text{ (мм)};$$

для заготовки детали

$$D_{\text{р.з}} = D_{\text{р.черн}} + 2z_{\min} = 80,359 + 2,4 = 82,759 \text{ (мм)}.$$

Промежуточные размеры определяют методом прибавления (для валов), вычитания (для отверстий) значений припусков по максимальным и минимальным значениям, начиная действия с размеров детали.

$$D_{\text{чист}} = D_{\text{д}} + 2z_{\min \text{ шл}} = 79,94 + 0,04 = 79,98 \text{ (мм)};$$

$$D_{\min \text{ чист}} = D_{\text{чист}} + 2z_{\min \text{ чист}} = 79,98 + 0,30 = 80,28 \text{ (мм)};$$

$$D_{\min \text{ з}} = D_{\text{черн}} + 2z_{\min \text{ черн}} = 80,28 + 2,4 = 82,68 \text{ (мм)}.$$

Максимальные предельные промежуточные размеры:

$$D_{\max \text{ чист}} = D_{\max} + 2z_{\max \text{ шл}} = 79,97 + 0,15 = 80,12 \text{ (мм)};$$

$$D_{\max \text{ черн.}} = D_{\max} + 2z_{\max \text{ чист}} = 80,12 + 1,40 = 81,28 \text{ (мм)};$$

$$D_{\max 3.} = D_{\max} + 2z_{\max \text{ черн}} = 81,28 + 3,70 = 84,98 \text{ (мм)}.$$

По максимальным размерам заготовки выбирается диаметр проката по ГОСТ 2590-71. Диаметр проката - Ø85 мм.

После всех расчетов промежуточных припусков, промежуточных размеров и установление на размеры допусков разрабатывается схема расположения полей припусков и допусков по обрабатываемой поверхности.

Б. Расчет припусков при изготовлении деталей методом штамповки

Расчет промежуточных припусков и допусков на заготовку, полученную методом горячей объемной штамповки на молотах, прессах и горизонтально-ковочных машинах, производят по той же методике, как и на прокат.

Суммарные отклонения расположения штампованной заготовки при обработке в патроне:

для наружной поверхности

$$\rho_0 = \sqrt{\rho_{\text{ом}}^2 + \rho_{\text{деф}}^2}, \quad (3.38)$$

где $\rho_{\text{ом}}$ – отклонения расположения заготовки, штампуемой в различных половинах штампа, мм; $\rho_{\text{деф}}$ – деформация заготовки, мм;

для отверстий

$$\rho_0 = \sqrt{\rho_{\text{деф}}^2 + \rho_{\text{экс}}^2}, \quad (3.39)$$

где $\rho_{\text{экс}}$ – эксцентricность отверстий, прошиваемых на прессах и горизонтально-ковочных машинах, мм.

Определение величины отклонения расположения (местного или общего) заготовки производят так же, как и для заготовки из проката.

Таблица 3.23 Качество поверхности штампованных заготовок

Масса заготовки, кг	Высота неровностей Rz, мкм	Дефектный слой h, мкм	Масса заготовки, кг	Высота неровностей Rz, мкм	Дефектный слой, мкм
До 0,25	80	150	25-40	320	300
0,25-4,00	160	200	40-100	350	350
4,00-25	240	250	100-200	400	400

Таблица 3.24 Точность и качество поверхностей литых заготовок

Литье в земляные формы, получаемые машиной формовкой						
Размер заготовки, мм	Высота неровности и дефектный слой (Rz+h) (мкм) в зависимости от группы точности отливки для различных материалов					
	I			II		
	Чугун	Сталь	Цветные сплавы	Чугун	Сталь	Цветные сплавы
До 1250	600	500	400	800	600	500
1250-3150	800	700	-	1000	800	-

Отливки, получаемых специальными способами

Способ литья	Квалитет	Высота неровностей Rz, мкм	Дефектный слой T, мкм		
			Чугун	Сталь	Цветные сплавы
В кокиль и центробежное	7-8	200	300	200	100
В оболочковые формы	11-12	40	260	160	100
По выплавляемым моделям	11-12	30	170	100	60

Качество поверхности штампованных и литых соответственно заготовок выбирают по таблице 3.23 и 3.24. Точность и качество поверхности детали после механической обработки штампованных заготовок выбирают по таблице 3.25.

Таблица 3.25

**Точность и качество поверхности штампованных заготовок
после механической обработки**

Способ обработки	Квали-тет	Высота неровно-стей R_z	Дефект-ный слой h мкм	Способ обработк и	Квали-тет	Высота неровно-стей R_z мкм	Дефект-ный слой h мкм
Наружные поверхности вращения				Торцовые поверхности			
Валы ступенчатые							
Точение:				Точение,			
однократ.	11-13	30	30	подрез.:			
черновое	13	50	50	черновое	12-13	50	50
чистовое	11	25	25	чистовое	11	30	30
Шлифов.:				Фрезеров.	14	100	100
черновое	8-9	10	20				
чистовое	7-8	5	15				
Шестерни одно- и многовенцовые							
Точение:				Подрезан.:			
однократ.	10-13	30	30	однократ.	10	30	30
черновое	14	100	100	черновое	14	100	100
получистов	12-13	50	50	получистов	12	50	50
чистовое	10-11	25	25	чистовое	10	25	25

Погрешность закрепления ε_3 заготовок, изготавливаемых горячей объемной штамповкой на кривошипных прессах и молотах, выбирают по таблице (см. табл. 3.26).

Таблица 3.26

Погрешность закрепления ε_3 , мкм

Метод получения заготовки	Диаметр закрепляемой поверхности D, мм, при смещении							
	радиальном				осевом			
	До 50	50-120	120-260	260-500	До 50	50-120	120-260	260-500
Литье: в земляную форму машинной формовки	300	400	500	600	100	120	150	200
В оболочковые формы	100	150	200	250	50	80	100	120
В постоянную форму	200	300	400	500	80	100	120	150
Горячая штамповка: на молотах	300	400	500	600	190	120	150	200
На кривошипных прессах	200	300	400	500	80	100	120	150

В. Расчет припусков при изготовлении детали методом литья

Определение промежуточных припусков и допусков на заготовку, полученную методом литья, производится так же, как и на штампованные заготовки или на сортовой прокат.

Суммарное значение отклонений при базировании литых заготовок на отверстия

$$\rho_0 = \sqrt{\rho_0^2 + \rho_{деф}^2}, \quad (3.40)$$

Деформация литых заготовок

$$\rho_{\text{деф}} = \Delta_{\text{деф},y} L_3, \quad (3.41)$$

Величину удельной деформации отливок $\Delta_{\text{деф},y}$ для корпусных деталей принимают 0,7...1,0 мкм/мм, а для деталей типа плит 0,7...3,0 мкм/мм на наибольший размер отливки.

Таблица 3.27

**Точность и качество поверхности детали после механической обработки
литых заготовок**

Способ обработки	Квалитет	Высота неровностей R_z мкм	Дефект. слой h мкм	Способ обработки	Квалитет	Высота неровностей R_z мкм	Дефект. слой h мкм
Литье в оболочковые формы				Литье выплавляемым моделям и под давлением			
Точение, фрезеров., строгание:				Точение, фрезеров., строгание:			
однократ.	11	25	25	однократ.	10	15	20
черновое.	11	20	20	тонкое	7	-	-
чистовое	10	10	10				
тонкое	7	-	-				
Отливки, полученные в земляные формы				Специальное литье, литье в кокиль и центробеж.			
Точение, фрезеров., строгание:				Точение, фрезеров., строгание:			
однократ.	12	30	30	однократ.	11	25	25
черновое.	14	100	100	черновое.	12	50	50
получист.	12	50	50	чистовое	10	20	20
чистовое	10	25	25	тонкое	7	-	-
тонкое	9	-	-				
Все виды литья							
Шлифов.:				Шлифов.:			
однократ.	7	-	-	однократ.	7	-	-
черновое	9	10	20	черновое	9	10	20
чистовое	6	5	12	чистовое	6	5	15
тонкое	5	-	-	тонкое	5	-	-

**Точность и качество поверхности
при механической обработке отверстий**

способ обработки	Диаметр отверстия, мм	Квалитет	Высота неровности Rz, мкм	Дефектный слой h, мкм
Сверление	3-6	12-14	20	40
	6-10		40	50
	10-18		40	60
	18-50		50	70
Зенкерование : черновое	18-30	11-12	50	40
	30-80		50	50
	получистовое	10-11	30	40
	чистовое		9	30
	30-80	10		
Растачивание черновое	50-260	12-13	50	50
	чистовое	10	20	25
Развертывание: Предварительное		9	10	20
	Окончательное	6-80	7-8	5
Шлифование Протягивание Калибрование	До 80	7-8	-	-
	10-80	8	4	6
	шариком или оправка	6-80	7	0,6

Величина отклонения стержня при формировании ρ_0 , принимают равным допуском на номинальный размер по ГОСТ 1855-55 для отливок из серого чугуна и по ГОСТ 2009-55 для стальных отливок, в зависимости от точности изготовления заготовки.

Суммарное значение отклонений ρ_0 при базирование литых заготовок на плоскую поверхность равно величине деформации $\rho_{\text{деф}}$ литой заготовки.

Точность и качество наружных и внутренних (отверстий) поверхностей деталей после механической обработки литых заготовок выбирают по таблице 3.27 и 3.28. или по таблице [28].

3.4.2 Статистический метод определения припусков

При статистическом (табличном) методе определения промежуточных припусков на обработку поверхностей заготовок пользуются таблицами соответствующих стандартов, нормативными материалами и данными технических справочников.

Статистический метод определения промежуточных припусков сравнительно прост, однако практическое применение его вызывает некоторое затруднение, которое объясняется тем, что таблицы, находятся в разных справочных изданиях, стандартах отраслей и предприятий, различных по содержанию и по системе их построения.

Каждая отрасль машиностроения, разрабатывая стандарты и руководящие технические материалы, учитывает свою специфику производства и производственную оснащенность.

Промежуточные припуски и допуски для каждой операции определяют, начиная от финишной операции к начальной, т.е. в направлении, обратном ходу технологического процесса обработки заготовки.

Пример. Диаметры валика по рабочему чертежу детали $\varnothing 50h6 (-0,019)$; общая длина вала по чертежу $L_v = 220$ мм; материал детали – сталь 45 ГОСТ 1050-74; твердость материала по чертежу детали HRC, 54...58; шероховатость поверхности детали $Ra = 1,25$ мкм. Определить статистическим методом промежуточные припуски, допуски и предельные размеры заготовки.

Прежде чем выбрать из таблиц необходимые припуски, наметим технологический маршрут обработки заготовки:

Операция 005. Токарная (чистовая обработка)

Операция 010. Токарная (чистовая обработка)

Операция 015. Термическая обработка, HRC, 54...58

Операция 020. Бесцентровое шлифование

Согласно рекомендации, в начале назначают припуски на шлифовальную операцию по нормативным таблицам, учитывая термическую обработку заготовки. Припуск по таблице на шлифовальную операцию 0,5 мм, допуск R6 (- 0,019). Шероховатость поверхности соответствует рабочему чертежу детали.

При закаливании деталей, изготовленных из стали, подвергаемых значительным термическим деформациям, припуски на операцию шлифования составят 0,6 мм с учетом термической обработки.

Следующим этапом определения припуска является чистовая токарная обработка. По таблице на чистовую токарную операцию припуск составит 0,3 мм, допуск h10 (- 0,14), шероховатость поверхности $R_a = 3,2$ мкм [28].

Для черновой токарной обработки детали припуск на операцию составляет 1,7 мм, допуск h12 (- 0,35) .

После назначения промежуточных припусков на все операции определяем общий припуск на обработку заготовки методом суммирования припусков на каждую операцию:

$$2z_0 = 0,6 + 0,3 + 1,7 = 2,6 \text{ мм.}$$

Определяем минимальный расчетный размер заготовки

$$D_3 = 50 + 2,6 = 52,6 \text{ мм.}$$

При выборе заготовки обычно принимают ближайший по размеру сортовой прокат по стандарту. В данном случае выбираем горячекатаный прокат обычной точности В по ГОСТ 2590-71 диаметром 53 ($^{+0,4}_{-1,0}$)мм (см. табл. 3.14)

Действительный припуск на обработку, согласно принятому сортаменту проката, составит:

$$2z_d = 53 - 50 = 3 \text{ мм.}$$

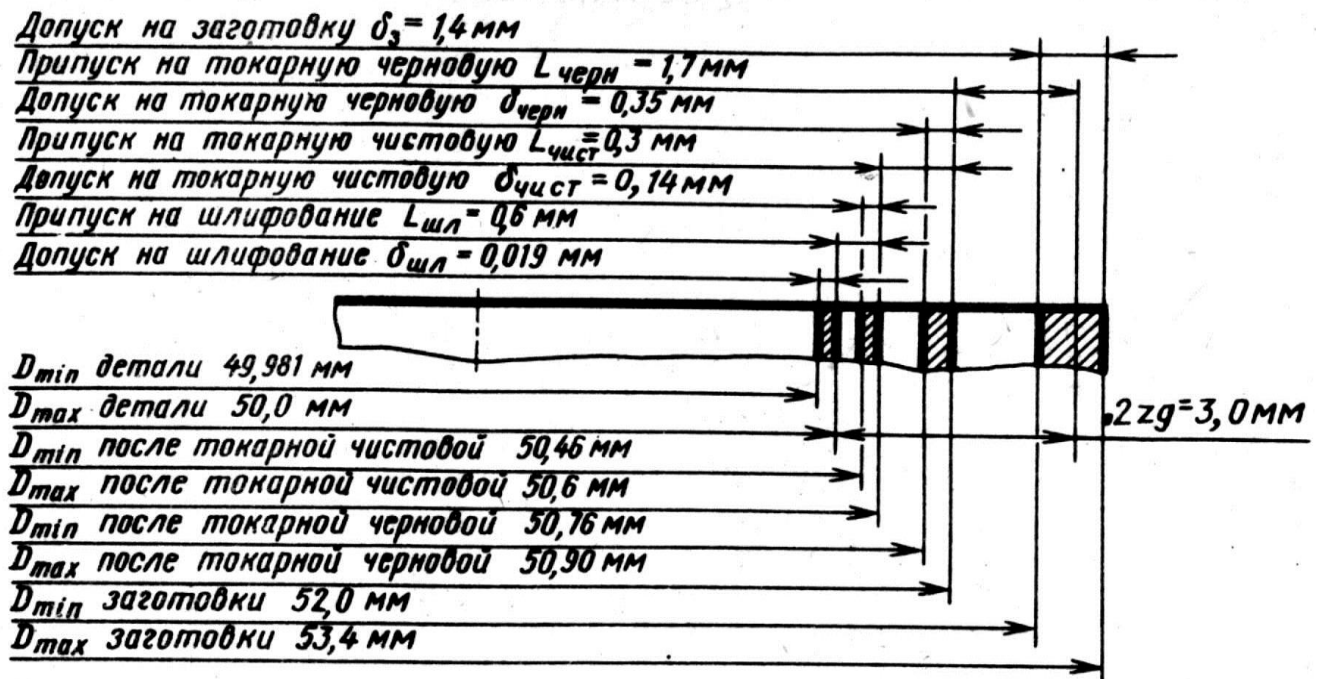


Рис. 3.5. Пример расположения полей допусков и промежуточных размеров для операций

После определения припусков, допусков и промежуточных размеров разрабатывается схема расположения полей припусков, допусков и промежуточных размеров (рис. 3.5)

Расчетные размеры для заготовки определяют по следующие формулам: при обработке наружных и внутренних поверхностей тел вращения (для внутренних поверхностей принимают с обратным знаком) принимают

$$D_p = D_{\text{ном}} + 2Z_o; \quad (2.2)$$

при односторонней обработке плоских поверхностей

$$H_p = H_{\text{ном}} + Z_o, \quad (2.7)$$

где D_p – расчетный диаметр заготовки, мм; $D_{\text{ном}}$ – номинальный диаметр обрабатываемой поверхности детали, мм; Z_o – общий припуск на обработку на одну сторону, мм; H_p – расчетный размер плоской поверхности, мм; $H_{\text{ном}}$ – номинальный размер обрабатываемой плоской поверхности, мм.

Расчетные размеры на заготовку округляют до технологической возможности оборудования и экономической целесообразности принятой точности. Рекомендуемые расчетные размеры заготовок следует округлять в сторону увеличения припусков в зависимости от степени точности и типа производства.

Отклонения (допуски) на размеры заготовок назначают по таблицам в зависимости от метода получения заготовок (прокат, литье, штамповка и др.).

Схема определения допусков на штампованные поковки повышенной и нормальной точности (табл. 3.2) содержит четыре основных параметра – масса поковки, группа стали, степень сложности, размер.

Пример. Поковка класса I массой 1,4 кг на размер 250 мм. Группа стали M1 и степень сложности поковки C2. Определить по таблице допуск на размер заготовки. Допуск на размер равен $\begin{matrix} +1,0 \\ -0,5 \end{matrix}$ мм (см. табл. 3.2).

Поковка класса I массой 0,35 кг на размер 160 мм. Группа стали M1 и степень сложности C1. Определить по таблице допуск на размер заготовки. Допуск на размер заготовки равен $\begin{matrix} +0,7 \\ -0,3 \end{matrix}$ мм (см. табл. 3.2).

Поковка класса I массой 2,8 кг на размер 280 мм. Группа стали M2 и степень сложности C3. Определить по таблице допуск на размер заготовки. Допуск на размер заготовки равен $\begin{matrix} +1,5 \\ -1,0 \end{matrix}$ мм (см. табл. 3.2).

Допуск на внутренние размеры поковок должны устанавливаться с обратными знаками, например, если для наружной поверхности диаметром 80 мм установлен допуск $\begin{matrix} +1,2 \\ -0,6 \end{matrix}$, то для внутреннего диаметра 80 мм допуск будет равен $\begin{matrix} +0,6 \\ -1,2 \end{matrix}$.

Определяю коэффициент использования материала при использовании проката

$$K = M_{д} / M_{з}$$

По принятым размерам, допускам, штамповочным уклонам, радиусам скруглений и другим параметрам разрабатывается эскиз заготовки, который является исходным для технико-экономических расчетов.

Порядок расчета технико-экономических показателей следующий.

Определяем массу заготовки

$$G_3 = \rho \cdot V_3, \quad (2.8)$$

где ρ – плотность материала, кг/см³; V_3 – объем заготовки, см³.

Объем заготовки определяется по плюсовым допускам.

Обычно сложную фигуру заготовки условно разбивают на элементарные части (цилиндры, конусы, пирамиды и т.д.) и определяют объемы этих элементарных частей. Сумма элементарных объемов составит общий объем заготовки. Принимая во внимание все потери материала (угар, облой, некратность, на отрезку и т.д.), в зависимости от метода получения заготовки определяют норму расхода материала на проектируемую деталь.

Потери материала на деталь, изготавливаемую из проката, состоят из некратности длины проката, торцовой обрезки, прорезки и удаляемых опорных концов.

Длина торцовой обрезки зависит от размеров сечения проката и при резке ножницами обычно составляет $L_{o.t.} = (0,3...0,5) \cdot a$, где a - сторона квадрата (диаметр круга).

Прорезка определяется в зависимости от толщины дисковой пилы или ширины резца. Ширина прореза сегментной дисковой пилы диаметром 660 мм – 6 мм, а диаметром 710 мм – 6,5 мм.

Ширина режущей части резца при разрезке проката на станках токарного типа зависит от диаметра заготовки:

Диаметр заготовки, мм ...	40-60	60-80	80-100	100-150
Ширина режущей части				
резца, мм	3-5	4-5;	5-6;	6-7

Некратность длины проката определяется исходя из выбранной длины проката и заготовки с учетом потерь от выбранного метода заготовительного раскроя.

При расчете некратности длины проката необходимо стремиться к нулю или минимальным величинам. Средне вероятная расчетная длина некратности при раскрое немерного проката составляет примерно половину длины заготовки.

Некратность в зависимости от принятой длины проката

$$L_{\text{нк}} = L_{\text{пр}} - x (L_3 + l_p), \quad (2.9)$$

где $L_{\text{пр}}$ – длина выбранного проката, мм; x – число заготовок, изготавливаемых из принятой длины проката, шт; L_3 – длина заготовки, мм; l_p – ширина реза, мм.

Число заготовок, изготавливаемых из принятой длины проката,

$$x = \frac{L_{\text{пр}} - l_{\text{о.т.}} - l_{\text{заж}}}{L_3 + l_p}, \quad (2.10)$$

где $l_{\text{о.т.}}$ – длина торцевой обрезки проката, мм; $l_{\text{заж}}$ – минимальная длина опорного (зажимного) конца, мм.

Минимальная длина опорного конца зависит от конструкции технологического оборудования и зажимных элементов приспособления для данного станка. Она должна быть достаточной для создания надежного контакта при уравнивании опрокидывающего момента (обычно не менее 10...20 мм); её выбирают в каждом отдельном конкретном случае.

Общие потери материала (%) при изготовлении деталей из проката

$$P_{\text{п.о}} = P_{\text{нк}} + P_{\text{о.т.}} + P_{\text{заж}} + P_{\text{отр}}, \quad (2.11)$$

где $P_{\text{нк}}$ – потери материала на некратность, %;

$$P_{\text{нк}} = (L_{\text{нк}} \cdot 100) / L_{\text{пр}}; \quad (2.12)$$

$P_{\text{о.т.}}$ – потери на торцевую обрезку проката, %

$$P_{\text{о.т.}} = (l_{\text{о.т.}} \cdot 100) / L_{\text{пр}}; \quad (2.13)$$

$P_{\text{заж}}$ – потери при выбранной длине зажима, %

$$П_{\text{заж}} = (I_{\text{заж}} \cdot 100) / L_{\text{пр}}; \quad (2.14)$$

$П_{\text{отр}}$ – потери на отрезку заготовки, %

$$П_{\text{отр}} = (I_p \cdot 100) / L_{\text{пр}}. \quad (2.15)$$

Отходы при механической обработке металлов по разным видам заготовок от чистой массы деталей в среднем составляют для отливок чугунных, стальных, бронзовых 15-20%; свободнойковки 15-40%, объемной горячей штамповки 10%; проката (стали) 15%.

Основным показателем, характеризующим экономичность выбранного метода изготовления заготовок, является коэффициент использования материала, выражающий отношение массы детали к массе заготовки.

Коэффициент использования материала с учетом технологических потерь

$$K_{\text{и.м}} = G_{\text{д}} / G_{\text{з.п}}, \quad (2.16)$$

где $G_{\text{д}}$ – масса детали по рабочему чертежу, кг; $G_{\text{з.п}}$ – расход материала на одну деталь с учетом технологических потерь, кг.

Для рационального расходования материала необходимо повышать коэффициент его использования, он должен быть не ниже 0,75.

Расход материала на заготовку с учетом технологических потерь

$$G_{\text{з.п}} = G_{\text{з}}(100 + П_{\text{п.о}}) / 100. \quad (2.17)$$

Годовая экономия материала от выбранного метода получения заготовки с учетом технологических потерь

$$Э_{\text{м.п}} = (G'_{\text{з.п}} - G''_{\text{з.п}}) N, \quad (2.18)$$

где $G'_{\text{з.п}}$ – расход материала на одну деталь при первом методе получения заготовки, $G''_{\text{з.п}}$ – расход материала на одну деталь при втором методе получения заготовки, кг.

Технико-экономический расчет себестоимости производится в зависимости от выбираемых методов получения заготовок.

Стоимость заготовки из проката, штамповки и литья определяют по расходу материалу, массе стружки на деталь, стоимости материала и его технологическим отходам.

Стоимость заготовки можно найти по формуле:

$$C_{з.п} = C_M G_{з.п} - (G_{з.п} - G_d) \frac{C_{отх}}{1000}, \quad (2.19)$$

где C_M – цена 1 кг материала заготовки, руб; $C_{отх}$ – цена 1 т отходов материала, руб.

Экономический эффект по использованию материала на годовую производственную программу выпуска деталей без учета технологических потерь:

$$\mathcal{E}_M = (G'_3 - G''_3) C_M N, \quad (2.20)$$

где G_3 – расход материала на деталь при первом методе получения заготовки, кг; G'_3 – расход материала на деталь при втором методе получения заготовки, кг; N – годовой объем выпуска деталей, шт.

Экономический эффект выбранного вида изготовления заготовки в денежном выражении на годовую производственную программу выпуска изделия составит:

$$\mathcal{E} = (C'_{з.п} - C''_{з.п}) \cdot N, \quad (2.21)$$

где $C_{з.п}$ – стоимость заготовки, полученная при первом методе, руб; $C'_{з.п}$ – стоимость заготовки, полученная при втором методе, руб.

Пример. Произвести технико-экономический расчет двух вариантов изготовления заготовки: методом горячей объемной штамповки и из проката. Годовой объем выпуска деталей – 180 000 шт. Рабочий чертеж детали – вал (см. рис. 3.1). Материал детали – сталь 45 ГОСТ 1050-88. Масса детали – 10,8 кг.

Устанавливаем тип производства по годовому объему выпуска изделий и массе детали по рабочему чертежу согласно табличным данным (см. табл. 3.1). Тип производства – массовый.

Вариант I. Заготовка из проката. Согласно точности и шероховатости поверхностей обрабатываемой детали определяем промежуточные припуски по таблицам. За основу расчета промежуточных припусков принимаем наружный диаметр 80±7 мм.

Обработку поверхности диаметром 80 мм производят в жестких центрах, на многорезцовом токарном полуавтомате; окончательную обработку поверхности детали выполняют на кругошлифовальном станке.

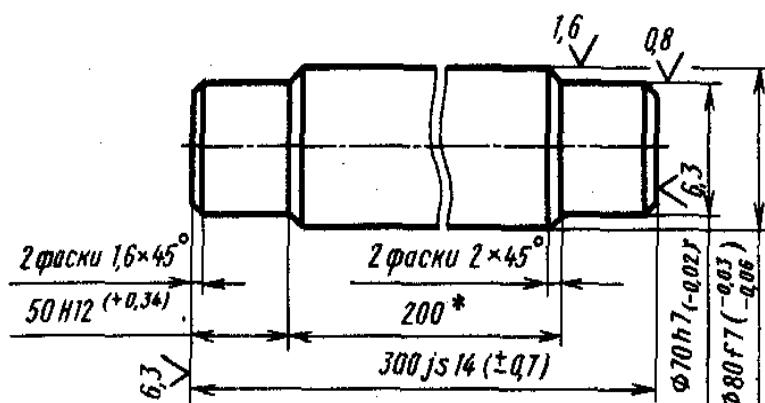
Технологический маршрут обработки данной поверхности:

Операция 005. Токарная.

Операция 010. Токарная.

Операция 015. Термическая обработка HRCэ 41...45.

Операция 020. Шлифовальная однократная.



1. HRCэ 41... 45.

2. Неуказанная шероховатость поверхностей Ra = 12,5 мкм.

3. * Размер для справки

Рис. 3.1. Чертеж детали

Припуски на подрезание торцовых поверхностей определяют в табл.3.12,а припуски на обработка наружных поверхностей (точение и шлифование) - по табл. 3.13.

При черновом точении припуск на обработку составляет 4,5 мм, а при чистовом 2 мм и на шлифовальную однократную обработке 0,5 мм.

Определяем промежуточные размеры обрабатываемых поверхности согласно маршрутному технологическому процессу:

на токарную операцию 010

$$D_{p\cdot010} = D_H = 2Z_{ш} = **** \text{ мм};$$

на токарную операцию 005

$$D_{p\cdot005} = D_{p\cdot010} + 2Z_{010} = **** \text{ мм};$$

Расчетный размер заготовки

$$D_{p.з} = D_{p.005} + 2Z_{005} = \text{****} \text{ мм.}$$

По расчетным данным заготовки выбираем необходимый размер горячекатаного проката обычной точности по ГОСТ 2590-71 (табл. 3.14).

Например, диаметр проката 90 мм записывается следующим образом:

$$\text{Круг} \frac{90 - B - \text{ГОСТ } 2590 - 74}{45 - б - \text{ГОСТ } 1050 - 74}$$

Нормальная длина проката стали обыкновенного качества при Ø53-110 мм 4-7 м. Отклонения для Ø90 мм равны 0,5 мм (см. табл. 3.14).

Припуски на подрезку торцовых поверхностей заготовки выбираются по табл. 3.12. Припуск на обработку двух торцовых поверхностей заготовки равен 2,4 мм.

Припуски на чистовое подрезание торцов и уступов Размеры, мм.

Таблица 3.12

Диаметр заготовки	Общая длина заготовки					
	До 18	18-50	50-120	120-260	260-500	Св.500
До 30	0,4	0,5	0,7	0,8	1,0	1,2
30-50	0,5	0,6	0,7	0,8	1,0	1,2
50-120	0,6	0,7	0,8	1,0	1,2	1,3
120-300	0,8	0,9	1,0	1,2	1,4	1,5

Промежуточные припуски на обработку наружных цилиндрических поверхностей

Размеры, мм. Таблица 3.13

Номин. диаметр	Операция	Припуск на диаметр при расчетной длине								
		До 25	26-63	63-100	100-160	160-260	250-400	400-630	630-1000	1000-1600
До 6	Точение	2,5	2,6	2,5	3,0	3,0	3,5		-	-
	Точение	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,1		-	-
	Шлифование	<u>0,25</u>	<u>0,26</u>	<u>0,25</u>	<u>0,25</u>	<u>0,3</u>	<u>0,4</u>	<u>0,4</u>	<u>0,4</u>	-

		0,30	0,30	0,30	0,30	0,4	0,4	0,5	-	
6-10	Точение	3,0	3,0	3,0	3,5	3,5	3,5	3,5	-	-
	Точение	1,2	1,2	1,2	1,5	1,5	1,5	1,5	2,0	-
	Шлифование	<u>0,26</u>	<u>0,26</u>	<u>0,26</u>	<u>0,26</u>	<u>0,3</u>	<u>0,4</u>	-	-	-
		0,30	0,30	0,30	0,40	0,4	0,4			
10 - 18	Точение	3,0	3,0	3,0	3,5	3,5	3,5	4,0	-	-
	Точение	1,2	1,2	1,2	1,5	1,6	1,6	1,5	2,0	-
	Шлифование	<u>0,3</u>	<u>0,3</u>	<u>0,3</u>	<u>0,3</u>	<u>0,3</u>	<u>0,4</u>	<u>0,4</u>	0,4	0,5
		0,3	0,3	0,3	0,4	0,4	0,5	0,5		
18- 30	Точение	3,6	3,5	3,6	3,5	3,5	3,5	4,0	5,0	5,0
	Точение	1,6	1,6	1,6	1,5	1,5	1,5	2,0	2,0	2,5
	Шлифование	<u>0,3</u>	<u>0,3</u>	<u>0,3</u>	<u>0,3</u>	<u>0,4</u>	<u>0,4</u>	<u>0,5</u>	<u>0,5</u>	<u>0,6</u>
		0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,5	0,5	0,6	0,7
30- 50	Точение	4,0	4,0	4,0	4,5	4,5	4,5	5,0	5,5	6,0
	Точение	1,6	1,5	1,6	1,5	1,6	2,0	2,0	2,5	2,5
	Шлифование	<u>0,4</u>	<u>0,4</u>	<u>0,4</u>	<u>0,4</u>	<u>0,4</u>	<u>0,4</u>	<u>0,5</u>	<u>0,5</u>	<u>0,7</u>
		0,4	0,4	0,4	0,5	0,5	0,5	0,6	0,7	0,8

Продолжение таблицы 3.13

Номинальный диаметр	Операция	Припуск на диаметр при расчетной длине								
		До 25	26-63	63-100	100-160	160-250	260-400	400-630	630-1000	1000-1600
50- 80	Точение чер.	4,0	4,0	4,0	4,5	4,5	4,5	5,0	5,6	6,0
	Точение чис.	1,5	1,5	1,6	1,6	1,6	2,0	2,0	2,6	2,5
	Шлифование	<u>0,4</u>	<u>0,4</u>	<u>0,4</u>	<u>0,4</u>	<u>0,4</u>	<u>0,6</u>	<u>0,5</u>	<u>0,6</u>	<u>0,7</u>
		0,4	0,4	0,4	0,6	0,6	0,5	0,6	0,7	0,9
80 - 120	Точение чер.	6,5	5,6	6,5	6,0	6,0	7,0	7,6	8,5	8,5
	Точение чис.	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,6	2,6	3,0
	Шлифование	<u>0,6</u>	<u>0,6</u>	<u>0,6</u>	<u>0,6</u>	<u>0,5</u>	<u>0,5</u>	<u>0,6</u>	<u>0,5</u>	<u>0,8</u>
		0,5	0,5	0,6	0,6	0,6	0,7	0,7	0,8	0,9
120 – 200	Точение чер.	6,0	6,0	6,0	7,0	7,0	7,5	8,0	9,0	9,0
	Точение чис.	2,0	2,0	2,0	2,6	2,6	2,5	3,0	3,0	3,5
	Шлифование	<u>0,5</u>	<u>0,5</u>	<u>0,6</u>	<u>0,6</u>	<u>0,6</u>	<u>0,6</u>	<u>0,6</u>	<u>0,7</u>	<u>0,8</u>
		0,5	0,5	0,5	0,7	0,7	0,8	0,8	0,9	1,0

Примечания: 1. В числителе даны припуски для незакаленных деталей, в знаменателе - для закаленных.

2. При обработке с уступами припуск назначается по отношению к общей длине детали.

3. При закаливании деталей, изготовленных из сталей, подверженных значительным термическим деформациям (например, из стали 45), припуски под шлифование следует увеличивать.

Таблица 3.14

Горячекатаный прокат по ГОСТ 2590-71, мм

Диаметр	Допускаемые Отклонения		Допуск
	+	-	
Сталь горячекатаная повышенной точности (Б)			
3; 5,5; 6; 6,5; 7; 8; 9	0,1	0,3	0,40
10; 11; 12; 14; 15; 16; 17; 18; 19	0,2	0,3	0,50
20; 21; 22; 23; 24; 25	0,2	0,4	0,60
26; 27; 28; 29; 30; 31; 32; 33; 34; 35; 36; 37			
38; 39; 40; 41; 42; 43; 44; 45; 46; 47; 48	0,2	0,6	0,80
50; 52; 53; 54; 55; 56; 58	0,2	0,9	1,10
60; 62; 63; 65; 67; 68; 70; 75; 78	0,3	1,0	1,30
80; 82; 85; 90; 95	0,4	1,2	1,60
100; 105; 110; 115	0,5	1,5	2,00
120; 125;	0,6	1,8	2,40
130; 135; 140; 150	0,6	2,0	2,60
Сталь горячекатаная круглая обычной точности (В)			
3; 5,5; 6; 6,5; 7; 8; 9; 10; 11; 12; 14; 15;			
16; 17; 18; 19	0,3	0,5	0,80
20; 21; 22; 23; 24; 25	0,4	0,5	0,90
26; 27; 28; 29; 30; 31; 32; 33; 34; 35;			
36; 37; 38; 39; 40; 42; 43; 44; 48	0,4	0,75	1,15
50; 52; 53; 54; 55; 56; 58	0,4	1,0	1,40
60; 62; 63; 65; 67; 68; 70; 75; 78	0,5	1,1	1,60

80; 85; 90; 95	0,5	1,3	1,80
100; 110; 115	0,6	1,7	2,30
120; 125; 130; 135; 140; 150	0,8	2,0	2,80

Общая длина заготовки

$$L_3 = L_d + 2z_{\text{подр}} = 300 + 2,4 = 302,4 \text{ мм},$$

где L_d - номинальная длина детали по рабочему чертежу, мм.

Предельные отклонения на длину заготовки устанавливаем по справочным таблицам.

Исходя из предельных отклонений, общую длину заготовки округляем до целых единиц. Принимаем длину заготовки 303 мм.

Объем заготовки определяем по плюсовым допускам

$$V_3 = \frac{\pi \cdot D_{3.n}^2}{4} L_3 = \frac{3,14 \cdot 9,05^2}{4} \cdot 30,5 = 1960,95 \text{ см}^3,$$

где L_3 - максимальная длина заготовки (с плюсовым допуском), см;

$D_{3.n}$ - максимальный диаметр заготовки, см. Массу заготовки определяем по формуле (3.8) :

$$G_3 = \rho V_3 = 0,00785 \cdot 1960,95 = 15,4 \text{ кг}.$$

Выбираем оптимальную длину проката для изготовления заготовки.

Потери на зажим заготовки $l_{\text{зж}}$ принимаем 80 мм.

Заготовку отрезают на ножницах. Это самый производительный и дешевый способ.

Длину торцового обрезка проката определяем из соотношения:

$$L_{\text{об}} = (0,3 \div 0,5) d,$$

где d - диаметр сечения заготовки, мм; $d = 90$ мм.

$$L_{\text{об}} = 0,3 \cdot 90 = 27 \text{ мм}.$$

Число заготовок, исходя из принятой длины проката по стандартам, определяется по формуле (3.10).

Из проката длиной 4 м:

$$x_4 = \frac{L_{np} - l_{заж} - l_{o.m}}{L_3 + l_{np}} = \frac{4000 - 80 - 27}{305} = 12,76 \text{ шт.}$$

Получаем 12 заготовок из данной длины проката.

Из проката длиной 7 м:

$$x_7 = \frac{L_{np} - l_{заж} - l_{o.m}}{L_3 + l_{np}} = \frac{7000 - 80 - 27}{305} = 22,6 \text{ шт.}$$

Принимаем 22 заготовки из данной длины проката.

Остаток длины (некратность) определяется в зависимости от принятой длины проката. Из проката длиной 4 м:

$$L_{нк4} = L_{пр} - l_{o.t} - L_{заж} - (L_3 \cdot x_4) = 4000 - 27 - 80 - (305 \cdot 12) = 233 \text{ мм,}$$

$$П_{нк4} = (L_{нк} \cdot 100) / L_{пр} = (233 \cdot 100) / 4000 = 5,83\%$$

и из проката длиной 7 м:

$$L_{нк7} = 7000 - 27 - 8 - (305 \cdot 22) = 183 \text{ мм,}$$

$$П_{нк7} = (183 \cdot 100) / 7000 = 2,61\%.$$

Из расчетов на некратность следует, что прокат длиной 7 м для изготовления заготовок более экономичен, чем прокат длиной 4 м. Потери материала на зажим при отрезке по отношению к длине проката составят:

$$П_{заж} = (l_{заж} \cdot 100) / L_{пр} = (80 \cdot 100) / 7000 = 1,1\%.$$

Потери материала на длину торцевой обрезки проката составят:

$$П_{o.t} = (l_{o.t} \cdot 100) / L_{пр} = (27 \cdot 100) / 7000 = 0,38\%.$$

Общие потери (%) к длине выбранного проката:

$$П_{п.о} = П_{нк} + П_{o.t} + П_{заж} = 2,61 + 0,38 + 1,1 = 4,09\%$$

Расход материала на одну деталь с учетом всех технологически неизбежных потерь определяем по формуле (3.17) :

$$G_{з.п} = G_3 (100 + П_{п.о}) / 100 = 15,4(100 + 4,03) / 100 = 16,03 \text{ кг.}$$

Коэффициент использования материала:

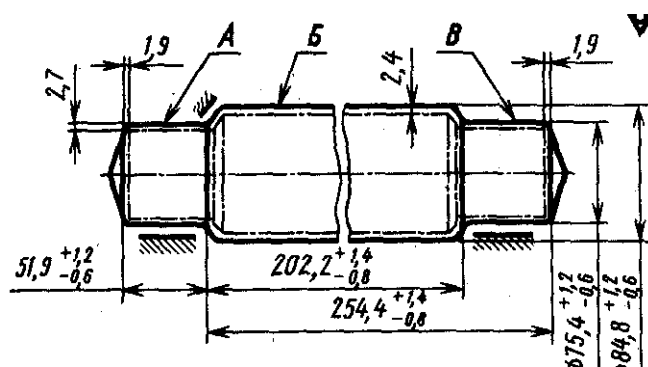
$$K_{и.м} = G_д / G_{з.п} = 10,8 / 16,03 = 0,67.$$

Стоимость заготовки из проката:

$$C_{з.п} = C_m G_{з.п} - (G_{з.п} - G_d)(C_{отх}/1000) = 0,133 \cdot 16,03 - (16,03 - 10,8) \cdot (33,90/1000) = 1,95 \text{ руб.}^*$$

Вариант 2. Заготовка изготовлена методом горячей объемной штамповки на горизонтально-ковочной машине (ГКМ). Степень сложности С1. Точность изготовления поковки - класс I. Группа стали - М1.

Припуски на номинальные размеры детали назначают по таблице (см. ГОСТ 7505-89). Припуски на обработку заготовок, изготавливаемых горячей объемной штамповкой, зависят от массы, класса точности, группы стали,



1. НВ 241 ... 245
2. Степень сложности заготовки С1
3. Группа стали М1
4. Точность изготовления I класс
5. Радиусы закруглений внешних углов R= 4 мм
6. Штамповочные уклоны 5°
7. Допуск соосности поверхностей А, Б и В относительно базовой оси заготовки 1,6 мм

Рис.3.2 Рабочий чертеж заготовки

* - при расчетах вводить коэффициент, учитывающий действующие цены

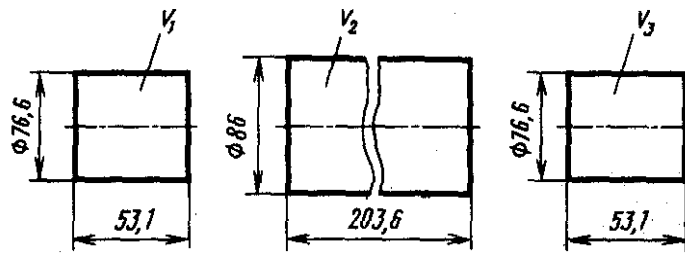


Рис. 3.3. Элементы заготовки для определения объема

степени сложности и шероховатости заготовки. На основании принятых припусков на размеры детали определяем расчетные размеры заготовки:

$$D_{p80} = D_H + 2z = 80 + 4,8 = 84,8 \text{ мм};$$

$$D_{p70} = D_H + 2z = 70 + 5,4 = 75,4 \text{ мм};$$

$$L_{p250} = L_d + 2z = 250 + 4,4 = 254,4 \text{ мм};$$

$$L_{p200} = L_d + z = 200 + 2,2 = 202,2 \text{ мм};$$

$$L_{p50} = L_d + z = 50 + 1,9 = 51,9 \text{ мм}.$$

Предельные отклонения на размеры заготовки определяем по табличным нормативам (ГОСТ 7505-89).

Допуски на размеры штампованной заготовки (см. табл. 3.5):

$$\varnothing 84,4^{+1,2}_{-0,6}; \varnothing 75,4^{+1,2}_{-0,6}; 254,4^{+1,4}_{-0,8}; 202,2^{+1,4}_{-0,8}; 51,9^{+1,2}_{-0,6}$$

Разрабатываем эскиз на штампованную заготовку по второму варианту с техническими требованиями на изготовление (рис. 3.2).

Для определения объема штампованной заготовки рекомендуется условно разбивать фигуру заготовки на отдельные простые элементы и проставить на них размеры с учетом плюсовых допусков (рис. 3.3).

Определим объем отдельных элементов заготовки: V_1 , V_2 , и V_3 . Фигура заготовки состоит из двух одинаковых объемов: V_1 , и V_2 :

$$2V_1 = 2 \left(\frac{\pi \cdot D^2}{4} l \right) = 2 \left(\frac{3,14 \cdot 7,66^2}{4} 5,31 \right) = 489,16 \text{ см}^3;$$

$$V_3 = \frac{\pi \cdot D^2}{4} l = \frac{3,14 \cdot 8,6^2}{4} 20,36 = 1182,073 \text{ см}^3.$$

Общий объем заготовки:

$$V_0 = 2V_1 + V_2 = 489,16 + 1182,073 = 1671,23 \text{ см}^3.$$

Масса штампованной заготовки:

$$G_{з.ш.} = \rho \cdot V_0 = 0,00785 \cdot 1671,23 = 13,12 \text{ кг}.$$

Принимая неизбежные технологические потери (угар, облой и т.д.) при горячей объемной штамповке равными 10 %, определим расход материала на одну деталь:

$$G_{з.п.} = G_{з.ш.} (100 + \Pi_{п.о}) / 100 = 13,12(100 + 10) / 100 = 14,43 \text{ кг}.$$

Коэффициент использования материала на штампованную заготовку:

$$K_{и.м.} = G_{д.} / G_{з.п.} = 10,8 / 14,43 = 0,75$$

Стоимость штампованной заготовки:

$$C_{з.ш.} = C_{м.} G_{з.п.} - (G_{з.п.} - G_{д.}) \frac{C_{омх}}{1000} = 0,232 \cdot 14,43 - (14,43 - 10,8) \frac{33,90}{1000} = 3,23 \text{ р.}^*$$

Годовая экономия материала от выбранного варианта изготовления заготовки:

$$\mathcal{E}_м. = (G_{з.п.} - G_{з.ш.}) \cdot N = (16,03 - 14,43) \cdot 180000 = 288000 \text{ кг}.$$

Экономический эффект от выбранного вида изготовления заготовки:

$$\mathcal{E} = (C_{з.ш.} - C_{з.п.}) \cdot N = (3,23 - 1,95) \cdot 180000 = 230400 \text{ р.}^*$$

Технико-экономические расчеты показывают, что заготовка, полученная методом горячей объемной штамповки на горизонтально-ковочной машине, более экономична по использованию материала, чем заготовка из проката, однако по себестоимости штампованная заготовка дороже, поэтому принимаем заготовку из круглого горячекатаного проката обычной точности.

При изготовлении заготовок, подвергающихся нагреву, допускается увеличение припуска на сторону обрабатываемой поверхности:

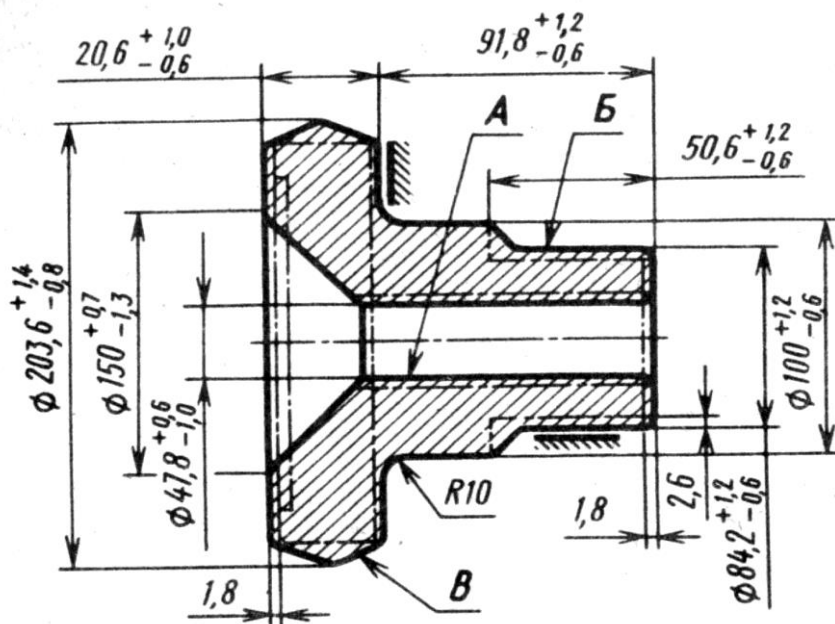
Масса поковки, кг до 2,5; 2,5... 6; Св. 6

Увеличение припуска, мм 0,5; 0,8; 1

В зависимости от технических требований к точности размеров, условий

* - при расчетах вводить коэффициент, учитывающий действующие цены

и характера производства (массовое или серийное), заготовки, полученные методом горячей объемной штамповки, подразделяются на повышенную точность (класс I) и нормальную точность (класс II). Для различных размеров одной и той же заготовки допускается применять различные классы точности.



1. HB 241 ... 245
2. Степень сложности поковки СЗ
3. Группа стали М1
4. Точность изготовления I класс
5. Радиусы закруглений углов - R 5 мм
6. Штамповочные уклоны наружных поверхностей 5° , отверстия 7°
7. Допуск соосности поверхностей А, Б и В относительно базовой оси 0,8 мм

Рис. 3.4. Рабочий чертеж заготовки фланца

Классы точности необходимо указывать в технических требованиях рабочего чертежа заготовки.

Категория поковок характеризуется группой стали, условно обозначаемой М1 и М2. К группе М1 относятся углеродистые и легированные стали с содержанием углерода до 0,75% и легирующих элементов до 2,0%. К группе М2 относятся легированные стали, кроме указанных в группе М1.

Заготовки, изготавливаемые горячей объемной штамповкой на различных видах кузнечно-прессового оборудования, подразделяются на четыре степени сложности: С1, С2, С3 и С4.

Степень сложности – отношение массы (объема) штамповки к массе (объему) фигуры, в которую вписывается штамповка. Степень сложности принимаем по ГОСТ 7505-89:

$$C = G_{\text{п}} / G_{\text{ф}} \quad \text{или} \quad C = V_{\text{п}} / V_{\text{ф}},$$

где $G_{\text{п}}$ – масса поковки, кг; $G_{\text{ф}}$ – масса фигуры, кг; $V_{\text{п}}$ – объем поковки, см³; $V_{\text{ф}}$ – объем описанной фигуры, см³.

Степени сложности характеризуются следующими величинами:

С1 – Св. 0,63 до 1,00;	С3 – Св. 0,16 до 0,32
С2 – Св. 0,32 до 0,63;	С4 – До 0,16.

Выполнение и оформление рабочего чертежа штампованной заготовки типа фланца показано на рис. 3.4.

3.5 Определение последовательности обработки поверхности заготовки, выявление переходов обработки

Разработка маршрутного технологического процесса механической обработки заготовки является основой всего дипломного проекта. От правильности и полноты разработки маршрутного технологического процесса во многом зависит организация производства и дальнейшие технико-экономические расчеты дипломного проекта.

В технологической части дипломного проекта необходимо дать анализ и обоснование разрабатываемого технологического процесса. Прежде всего,

необходимо выделить все операции, в которых применяется прогрессивное станочное оборудование, быстродействующее приспособление, специальный режущий и измерительный инструмент. Характер технологического процесса в дипломном проекте определяется типом производства и особыми условиями проектирования, указанными в задании.

Разработка технологического процесса должна быть основана на использовании научно-технических достижений во всех отраслях промышленности и направлена на повышение технологического уровня производства, качества продукции и производительности труда.

Для мелкосерийного производства технологический процесс следует разрабатывать по принципу группового метода обработки деталей, дающего возможность эффективно применять на универсальном оборудовании специализированную высокопроизводительную технологическую оснастку и повышать производительность труда. В мелкосерийном производстве нашли широкое применение станки с числовым программным управлением (ЧПУ). Станки с ЧПУ не требуют длительной переналадки при переходе на обработку от одной заготовки на другую, что позволяет на данных станках производить процесс обработки широкой номенклатуры заготовок.

Применение станков с ЧПУ в условиях мелкосерийного производства позволяет увеличить производительность труда, сократить сроки подготовки производства (на 50-70%), снизить себестоимость изготовления деталей, а также использовать труд рабочих более низкой квалификации.

Эффективность использования станков с ЧПУ обеспечивается:

- 1) отбором номенклатуры заготовок (по сложности конструкции; по возможности концентрации операции; исключением разметочных и слесарных работ; замены дорогостоящего оборудования и технологической оснастки);
- 2) повышением технологичности конструкции детали;
- 3) групповым методом обработки детали (классификацией деталей, поверхностей, группированием деталей).

Обеспечение процесса обработки детали производится по следующей схеме:

- 1) ознакомление с существующим опытом изготовления аналогичной детали (заготовка, маршрут обработки, структура операций, приспособления, режущий инструмент, режимы резания);
- 2) разработка технологической документации (операционная технологическая карта, схема движения режущих инструментов, карта настройки, карта программирования, управляющая программа);
- 3) проверка и корректирование управляющих программ (отработка программы без установки режущих инструментов; пробная обработка макета заготовки);

Запись технологических переходов операции производится так же, как и описания технологического процесса, проектируемого на станок с ручным управлением. Независимо от типа производства следует производить подробную разработку технологического процесса.

Проектирование операционного технологического процесса изготовления детали на станках с ЧПУ производится на основе технико-экономических расчетов с обеспечением минимальных затрат времени и наименьшей себестоимости.

Методика проектирования технологического процесса обработки деталей на станках с ЧПУ дана в соответствующей учебной и справочной литературе [3, 16, 28, 32, 36].

В серийном производстве следует проектировать технологический процесс, ориентируясь на использование переменного-поточных линий, когда параллельно изготавливаются партии деталей разных наименований, что позволяет использовать преимущества массового производства.

В массовом производстве следует стремиться разрабатывать технологический процесс для непрерывной поточной линии с использованием высокопроизводительных станков, специальной

технологической оснастки и максимальной механизации, и автоматизации производства.

Какой бы тип производства не применялся при разработке технологического процесса в дипломном проекте, он должен находиться на уровне передовых достижений науки и техники (с учетом ЕСТД и ЕСТПП).

Технологический процесс механической обработки должен разрабатываться в соответствии с ЕСТПП и удовлетворять требованиям ГОСТ 14.301-83 «Общие правила разработки технологических процессов и выбора средств технологического оснащения».

А. Технология изготовления деталей класса валов

Широкое распространение в машиностроении получили детали типа валов - гладких и ступенчатых с разными перепадами диаметров. В настоящее время разработаны типовые технологические процессы механической обработки валов на основе разновидности их в разных типах производства. Отдельные элементы операций типового технологического процесса можно использовать в разрабатываемом технологическом процессе.

Таблица 3.15

Примерная Технологическая схема изготовления деталей класса вал

Номер операции	Наименование и краткое содержание операции, технологические базы	Станок
005	Фрезерно-центровальная Фрезерование торцов вала и сверление центровых отверстий с двух сторон. Технологическая база – наружные поверхности двух шеек	Фрезерно-центровальный автомат

010	<p>Токарная</p> <p>Обтачивание поверхностей шеек вала с одной стороны и подрезание торцовых поверхностей ступеней вала.</p> <p>Технологическая база - центровые отверстия вала</p>	Токарный многорезцовый или многошпиндельный полуавтомат
015	<p>Токарная</p> <p>Обтачивание поверхностей шеек вала с другой стороны, а также подрезка торцов обрабатываемых поверхностей ступеней вала. Технологическая база – центровые отверстия вала.</p>	То же
020	<p>Токарная</p> <p>Обтачивание поверхностей шеек вала под шлифование и окончательная подрезка торцов ступеней вала (если отдельные торцы ступеней подлежат шлифовке, необходимо оставлять припуск под шлифовку).</p> <p>Технологическая база -центровые отверстия вала</p>	Токарный многорезцовый, гидрокопировальный, многошпиндельный
025	<p>Токарная</p> <p>Обтачивание поверхностей шеек вала с припуском под шлифование и окончательная подрезка торцов ступеней вала с другой стороны. Технологическая база – центровые отверстия вала</p>	То же
030	Контроль промежуточный	
035	Термическая обработка НРС, 4145	
040	<p>Шлифовальная</p> <p>Предварительное шлифование шеек вала</p>	Круглошлифовальный полуавтомат

	в зависимости от требований чертежа по качеству поверхностей и точности обработки. Технологическая база- центровые отверстия	
045	Шлифовальная Окончательное шлифование поверхностей шеек вала согласно размерам по рабочему чертежу и шероховатости поверхностей. Технологическая база – центровые отверстия вала	То же
050	Моечная	
055	Контроль окончательный	

Примечание. При наличии у детали других элементов (отверстий, шпоночных пазов, резьб и т.д.) их обработку производить в установленной технологической последовательности до термической обработки.

Анализ рабочего чертежа деталей класса «вал» позволяет сделать следующие заключения:

Основными конструкторскими базами является ось детали и торец, от которых заданы размеры;

Двустороннее расположение ступеней с равномерным перепадом диаметров не затрудняет процесс обработки;

В массовом и крупносерийном производстве заготовки получают методом штамповки или специального профильного проката.

Определение последовательности обработки поверхностей заготовки, выявление переходов обработки.

Выбор маршрута производят исходя из требований рабочего чертежа и принятой заготовки. По заданной точности и шероховатости поверхностей детали, с учетом ее конфигурации выбирают возможные методы обработки.

При построении маршрута исходят из того, что каждый последующий метод должен быть точнее предыдущего.

В описании маршрута следует использовать термины принятые в технологической документации. Например:

-- для токарной обработки

Операция 30, установка А.

Установить, снять заготовку.

Переходы:

1. подрезать торец 1;

.....

4. точить поверхность 2 на $\varnothing 45$ $L=4,1$;

.....

6. точить фаску 3 $0,5 \times 45^\circ$;

.....

8. расточить отверстие 5 на $\varnothing 25$ $L=36$;

9. расточить конусное отверстие 6 на $\varnothing 38 \times 25$ $L = 6.5$;

-- для фрезерной обработки:

Фрезеровать плоскость 1;

Сверлить отверстие;

Цековать;

Нарезать резьбу

И т.д.

Составить маршрут обработки детали

3.6 Выбор режущего инструмента.

При разработке технологического процесса механической обработки заготовки выбор режущего инструмента, его вида, конструкции и размеров в значительной мере предопределяется методами обработки, свойствами обрабатываемого материала, требуемой точностью обработки и качества обрабатываемой поверхности заготовки.

При выборе режущего инструмента необходимо стремиться принимать стандартный инструмент, но, когда целесообразно, следует применять специальный, комбинированный, фасонный инструмент, позволяющий совмещать обработку нескольких поверхностей.

Правильный выбор режущей части инструмента имеет большое значение для повышения производительности и снижения себестоимости обработки. Для обработки стали рекомендуется применять инструмент, режущая часть которого изготовлена из титановольфрамовых твердых сплавов, быстрорежущих инструментальных сталей и др. Для обработки чугуна, цветных металлов и неметаллических материалов используют инструмент из вольфрамокобальтовых твердых сплавов и быстрорежущих инструментальных сталей. Выбор материала для режущего инструмента зависит от формы и размеров инструмента, материала обрабатываемой заготовки, режимов резания и типа производства.

Режущий инструмент необходимо выбирать по соответствующим стандартам и справочной литературе в зависимости от методов обработки деталей [11, 17, 18, 24, 27].

Если технологические особенности детали не ограничивают применения высоких скоростей резания, то следует применять высокопроизводительные конструкции режущего инструмента, оснащенного твердым сплавом, так как практика показала, что это экономически выгодней, чем применение быстрорежущих инструментов. Особенно, это распространяется на резцы (кроме фасонных, малой ширины, автоматных), фрезы, зенкеры, конструкции которых оснащены твердым сплавом.

В пояснительной записке необходимо делать анализ выбранному режущему инструменту на операцию или переход.

В картах технологического процесса обработки заготовки необходимо правильно указать условные обозначения режущего и вспомогательного инструмента в соответствии с присвоенным ему в стандарте обозначением, обозначением по международному стандарту ISO либо номер артикула с указанием каталога из которого инструмент выбран, например,

1. Сверло спиральное Ø20 мм из быстрорежущей стали с коническим хвостовиком с конусом Морзе 2:
Сверло 2301-0439 ГОСТ 2092-77; (стр. 270, табл. 26 [18])
2. Сверло HSS D20 арт.11 6340, каталог Hoffman№46 стр45;
3. фреза цилиндрическая тип I, диаметром D=80 мм, L=125 мм, правая:
фреза 2200-0157 ГОСТ 3752-71;
4. фреза концевая HSS D16 арт.19 1500, каталог Hoffman№46 стр241;
5. фреза торцовая праворежущая D=200 мм со вставными пластинками из твердого сплава BK8, фреза 2214-0159 ГОСТ 9473-80;
6. фреза торцовая D=200-RM8QC4200R-M каталог KORLOY 2012 стр.70;
7. фреза червячная, однозаходная для цилиндрических зубчатых колес с эвольвентным профилем, правая с m 6 мм, длина L=112 мм, тип II, класса A:
фреза червячная правая T6×112A – II ГОСТ 9324-80 E,
8. фреза дисковая зуборезная модульная m3 № 5 ГОСТ 10996-64;

Примеры обозначения токарных инструментов

1. Резец расточной для гл. отв. 16x16x140 BK8 ГОСТ 18883-73 арт.2501087
2. Резец расточной S16R-R-07 каталог KORLOY 2012 стр.135
3. Резец проходной упорн. 25x16x120 BK8 ГОСТ 18879-73 тип 1 арт.2501058
4. Резец проходной упорн. SDJCR 2525-M11 каталог KORLOY 2012 стр.114
5. Резец резьбов.для нар.рез. 25x16x140 T15K6 18885-73 тип 1 арт.2501121
6. Резец резьбовой SWR2525M16 арт.27 2001, каталог Hoffman№46 стр570

3.7. Выбор оборудования.

Выбор станочного оборудования является одной из важнейших задач при разработке технологического процесса механической обработки. От правильного его выбора зависит производительность изготовления детали, экономное использование производственных площадей, механизации и автоматизации ручного труда, электроэнергии и в итоге себестоимость изделия.

В зависимости от объема выпуска изделий выбирают станки по степени специализации и высокой производительности, а также станки с числовым программным управлением (ЧПУ).

Выбор каждого вида станка должен быть экономически обоснованным. Производится расчет технико-экономического сравнения обработки данной операции на разных станках. При заданном объеме выпуска изделий необходимо принимать ту модель станка, которая обеспечит наименьшие трудовые и материальные затраты, а также себестоимость обработки заготовки. При выборе необходимо дать краткое описание моделей станков, применяемых в технологическом процессе, указать предпочтение выбранной модели станка по сравнению с другими аналогичными.

Характеризуя выбранные модели станка, можно ограничиться краткой их технической характеристикой. Если выбраны станки специальные, агрегатные и специализированные, то следует описать их принципиальную схему.

При выборе станочного оборудования необходимо учитывать:

- характер производства;
- методы достижения заданной точности при обработке;
- необходимую сменную (или часовую) производительность;
- соответствие станка размерам детали;
- мощность станка;
- удобство управления и обслуживания станка;
- габаритные размеры и стоимость станка;

возможность оснащения станка высокопроизводительными приспособлениями и средствами механизации и автоматизации; кинематические данные станка (подачи, частота вращения и т. д.)

При выборе станочного оборудования необходимо учитывать современные достижения станкостроения.

3.8 Выбор необходимой технологической оснастки.

При разработке технологического процесса механической обработки заготовки необходимо правильно выбрать приспособления, которые должны способствовать повышению производительности труда, точности обработки, улучшения условий труда, ликвидации предварительной разметки заготовки и выверки их при установке на станке.

Применение станочных приспособлений и вспомогательных инструментов при обработке заготовки дает ряд преимуществ:

- повышает качество и точность обработки деталей;
- сокращает трудоемкость обработки заготовок за счет резкого уменьшения времени, затрачиваемого на установку, выверку и закрепление;
- расширяет технологические возможности станков;
- создает возможность одновременной обработки нескольких заготовок, закрепленных в многоместном приспособлении.

Правила выбора технологической оснастки (ГОСТ 14.305-73) предусматривают шесть систем технологической оснастки, которые предназначены для выполнения различных видов работ в зависимости от типа производства.

К системам технологической оснастки относятся:

- неразборной специальной оснастки (НСО);
- универсально-наладочной оснастки (УНО);
- универсально-сборной оснастки (УСО);
- сборно-разборной оснастки (СРО);
- универсально-безналадочной оснастки (УБО);

- специализированной наладочной оснастки (СНО).

Принадлежность конструкции технологической оснастки к системе технологической оснастки определяют правилами ее проектирования и эксплуатации применительно к заданным условиям производственного процесса изготовления изделия.

В условиях крупносерийного и массового производства следует применять быстродействующие специальные станочные приспособления с пневматическими, гидравлическими и другими приводами зажима.

3.9. Выбор методов контроля качества детали.

При проектировании технологического процесса механической обработки заготовки для межоперационного и окончательного контроля обрабатываемых поверхностей необходимо использовать стандартный измерительный инструмент, учитывая тип производства, но вместе с тем, когда целесообразно, следует применять специальный контрольно-измерительный инструмент или контрольно-измерительное приспособление.

Метод контроля должен способствовать повышению производительности труда контролера и станочника, создавать условия для улучшения качества выпускаемой продукции и снижения ее себестоимости. В единичном и мелкосерийном производстве обычно применяется универсальный измерительный инструмент (штангенциркуль, штангенглубиномер, микрометр, угломер, индикатор и т.д.).

В массовом и крупносерийном производстве рекомендуется применять предельные калибры (скобы, пробки, шаблоны и т.п.) и методы активного контроля, которые получили широкое распространение во многих отраслях машиностроения.

В пояснительной записке необходимо дать объяснение применяемого метода контроля и краткую техническую характеристику измерительного инструмента или контрольного приспособления на данную технологическую операцию.

Затраты по эксплуатации измерительных инструментов обычно малы и в расчетах экономической эффективности не учитываются.

В технологическую карту механической обработки необходимо записывать условные обозначения измерительного инструмента в соответствии с присвоенным ему стандартным обозначением, например,

Условное обозначение скобы для контроля длины с полем допуска по Н6:
Скоба 8102-0030 Н6 ГОСТ 18355-73 (<http://docs.cntd.ru/document/gost-18355-73>);

Нормалемер НЦ-1-АВ ГОСТ 7760-81
<http://www.normacs.ru/Doclist/doc/3808.html>;

Штангенциркули ШЦ1, ШЦ2 ГОСТ 166-89.
(http://www.ntcexpert.ru/documents/docs/gost_166-89.pdf);

ГОСТ 6507-90 Микрометры (<http://docs.cntd.ru/document/1200023923>)

Специальный контрольно-измерительный инструмент обозначается шифром, установленным предприятием (учебным заведением).

3.10 Расчёт режимов резания

Установление режимов обработки аналитическим методом

Разработка технологического процесса механической обработки заготовки обычно завершается установлением технологических норм времени для каждой операции. Чтобы добиться оптимальных норм времени на операцию, необходимо в полной мере использовать режущие свойства инструмента и производственные возможности технологического оборудования.

При выборе режимов обработки необходимо придерживаться определенного порядка, т.е. при назначении и расчете режима обработки учитывают тип и размеры режущего инструмента, материал его режущей части, материала и состояние заготовки, тип оборудования и его состояние. Следует помнить, что элементы режимов обработки находятся во взаимной функциональной зависимости, устанавливаемой эмпирическими формулами.

При расчете режимов резания сначала устанавливают глубину резания в миллиметрах. Глубину резания назначают, по возможности, наибольшую, в зависимости от требуемой степени точности и шероховатости обрабатываемой поверхности и технических требований на изготовление детали. После установления глубины резания устанавливается подача станка. Подачу назначают максимально возможную, с учетом погрешности и жесткости технологической системы, мощности привода станка, степени точности и качества обрабатываемой поверхности, по нормативным таблицам и согласовывают с паспортными данными станка. От правильно установленной подачи во многом зависит качество обработки и производительность труда. Для черновых технологических операций назначают максимально допустимую подачу.

После установления глубины резания и подачи определяют скорость резания по эмпирическим формулам или по нормативам с учетом жесткости технологической системы.

Аналитический расчет режимов резания производится с учетом необходимых поправочных коэффициентов на какую-нибудь обрабатываемую поверхность, указанную руководителем проекта.

Расчет режимов резания аналитическим методом должен производиться не более чем на одну-две операции. Для остальных операций технологического процесса механической обработки детали режимы резания определяются по табличным нормативам, соответствующей учебной и справочной литературе [16, 21, 22, 23, 25, 26, 27, 30].

Частота вращения шпинделя станка (мин^{-1}):

$$n_p = (1000 \cdot V) / \pi D \quad (3.60)$$

Ее значение корректируют по паспорту данного станка.

После установления частоты вращения шпинделя станка определяют действительную скорость резания (м/мин):

$$V_d = (\pi D n_{\text{ст}}) / 1000 \quad (3.61)$$

Мощность (кВт), затрачиваемая на процесс резания:

$$N_{рез} = P_z V_d / 1020 \cdot 60 \quad (3.62)$$

Следует проверить достаточность мощности привода станка, для выполнения условия: $N \leq N_{шп.}$

$$\text{Мощность на шпинделе станка: } N_{шп.} = N_{рез} / \eta, \quad (3.63)$$

где η - КПД привода главного движения станка.

При многоинструментальной обработке на одношпиндельных станках рекомендуется производить расчет режимов резания в такой последовательности:

1. Рассчитывают длину рабочего хода каждого суппорта станка

$$L_{р.х} = L_{рез} + l_1 + l_2 + l_3 + l_{доп}, \quad (3.64)$$

где $L_{рез}$ - длина резания, мм; l_1 - длина подвода режущего инструмента к обрабатываемой поверхности детали, мм; l_2 -длина врезания инструмента, мм; l_3 - длина перебега режущего инструмента, мм; $l_{доп}$ -дополнительная длина хода инструмента, вызванная, в отдельных случаях, особенностями наладки и конструкции обрабатываемых заготовок, мм.


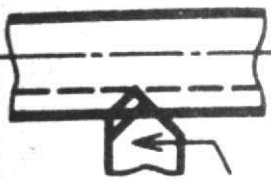
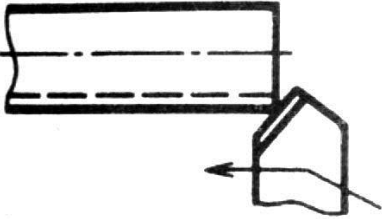
Длину подвода инструмента, врезания, перебега выбирают по табл. 3.31; 3.32; 3.33; 3.34; 3.35 или рассчитывают исходя из конкретных условий обработки заготовки, где необходимо учитывать конструкцию режущего инструмента, геометрию режущей части, припуск на обработку, форму и размеры обрабатываемой заготовки, и другие факторы.

Таблица 3.31

Длина подвода и перебега инструмента

Заготовка	$l_1 + l_3$, мм, при точении	
	на проход	до упора
Предварительно обработанная и прокат	4	2
Поковка, отливка	6	3

Длина врезания l_2 режущего инструмента при точении

Эскиз метода обработки	Угол в плане	l_2 , мм, при глубине резания t , мм					
		1	2	3	4	5	6
	45	1	2	3	4	5	6
	60	1	2	2	3	3	4
	70-75	1	1	1	1	2	2
	45 - 90	2	4	6	8	10	12
	45	1	2	2	3	4	4
	60	1	1	2	2	3	3
	70-75	1	1	1	1	2	2

Длину подвода режущего инструмента l_1 к обрабатываемой поверхности заготовки для инструментов продольных суппортов одношпиндельных автоматов принимают равной 1,0 ... 1,5 мм, для многошпиндельных 1,5 ... 2,0 мм, а для поперечных суппортов 0,5 ... 1,0 мм.

Перебег режущего инструмента, который учитывается по условиям обработки, принимают равным длине подвода инструмента. Длину подвода и перебега режущего инструмента при точении выбирают по нормативным таблицам (табл. 3.32).

Длину врезания назначают по нормативным табл. 3.33-3.35, рассчитывают по формулам в зависимости от конструктивных элементов режущего инструмента или методов обработки.

2. Назначают подачу суппорта на оборот шпинделя, мм/об: определяют рекомендуемую подачу по таблицам; уточняют подачу по паспортным данным станка.

3. Определяют стойкость режущего инструмента T_p , мин.

Таблица 3.33

Длина врезания и перебега $l_2 + l_3$ при фрезеровании, мм

Ширина Фрезерования	Диаметр торцовых и концевых фрез, работающих симметричным методом															
	до 20	32	40	50	80	100	120	160	180	200	250	280	300	320	360	
16	6	5	5	5	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
20	7	6	6	5	5	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
25	-	10	7	7	6	6	6	6	6	-	-	-	-	-	-	
32	-	-	10	9	7	7	7	6	6	6	-	-	-	-	-	
40	-	-	-	14	10	8	8	8	7	7	-	-	-	-	-	
60	-	-	-	-	12	14	12	12	10	10	9	-	-	-	-	
80	-	-	-	-	-	24	20	17	15	14	13	12	11	11	-	
100	-	-	-	-	-	54	30	26	21	18	16	15	15	14	13	
120	-	-	-	-	-	-	49	35	29	25	22	20	18	17	16	
140	-	-	-	-	-	-	-	71	49	34	30	24	22	21	19	
160	-	-	-	-	-	-	-	-	56	45	39	34	29	29	25	
180	-	-	-	-	-	-	-	-	-	61	50	39	36	33	31	
200	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	105	60	48	40	37	
220	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	92	60	54	48	45

Продолжение табл. 3.33

Глубина фрезеро вания	Диаметр дисковых, прорезных, цилиндрических, фасонных фрез														
	до 16	25	32	40	50	60	70	80	90	100	110	120	140	150	180
1	5	7	9	9	11	12	12	13	14	14	15	16	17	18	19
2	6	9	11	12	14	15	16	17	18	18	19	21	22	23	24
3	7	10	12	14	16	17	18	19	20	21	22	24	26	26	28
4	7	11	13	15	18	19	21	22	23	24	25	27	29	30	32
5	7	12	14	16	19	21	22	24	25	26	27	29	31	32	35
6	-	12	15	17	20	22	24	25	27	28	29	31	34	35	37
8	-	13	16	19	22	25	26	29	30	31	34	35	37	39	42
10	-	-	18	21	24	27	28	31	32	34	37	38	41	43	46
12	-	-	-	-	26	28	30	33	35	37	40	41	44	46	50
14	-	-	-	-	-	-	32	35	37	39	42	44	47	49	53
16	-	-	-	-	-	-	34	37	39	41	45	46	50	52	56
18	-	-	-	-	-	-	-	38	41	43	47	48	52	54	59
20	-	-	-	-	-	-	-	-	42	45	88	50	54	54	61

Таблица 3.34

Длина подвода, врезания и перебега инструмента при сверлении,
зенкерования, развертывании, мм

Метод обработки деталей	Длина подвода, врезания и перебега инструмента диаметром										
	D										
	2,5	6	10	16	20	25	32	40	50	60	80
Обработка сквозных отв. сверлами:											
с норм. заточкой	2,0	3	5	6	8	10	12	15	-	-	-
с двойной заточ.	-	-	6	8	10	15	15	18	-	-	-
Сверление глухих отверстий	1,5	2	4	6	7	9	11	14	-	-	-
Зенкерование отв.											
сквозных	-	-	-	3	4	5	5	6	6	8	8
глухих	-	-	-	2	2	2	2	3	3	4	4
Обработка сквозных отв. развертками с углом заборного конуса:											
15° (обр. стали)	-	8	10	12	14	16	18	20	24	26	28
5° (обр. чугуна)	-	10	12	15	17	20	22	25	28	32	34
Развертками глухих отверстий	-	2	3	3	3	3	4	4	4	5	5

Таблица 3.35

Длина подвода, врезания и перебега инструмента при фрезеровании и шлицефрезеровании цилиндрических колес червячными фрезами

Параметры фрезы, мм		Длина подвода, врезания и перебега инструмента, мм, при угле наклона зуба к оси колеса β°				
D	m	0	20	25	30	35
50	1	12	14	16	18	20
	2,5	14	16	18	21	25
90	2	22	24	26	29	32
	3	27	29	31	35	40
110	4	33	35	37	41	45
	5	37	39	41	45	50
130	6	43	45	47	51	55

Стойкость режущего инструмента, по которой рассчитывают скорость резания:

$$T_p = T_m \cdot \lambda_b, \quad (3.65)$$

где T_m - стойкость режущего инструмента машинной проект станка (см. табл. 3.36), мин; для многоинструментальных работ T , относится к лимитирующим по стойкости режущих инструментам наладки; λ_b - коэффициент времени резания. Коэффициент времени резания λ_b равен отношению числа оборотов шпинделя станка за время резания к числу оборотов шпинделя за время хода суппорта станка на рабочей подаче:

$$\lambda_b = n_{в.р} / T_{в.х.с}, \quad (3.66)$$

где $n_{в.р}$ - частота вращения шпинделя станка за время резания, об/мин; $T_{в.х.с}$ - время хода суппорта станка на рабочей подаче, мин.

Частота вращения шпинделя станка за время резания:

$$n_{в.р} = L_{рез}/s_0 \quad (3.67)$$

При работе одним суппортом коэффициент времени резания:

$$\lambda_{в} = L_{рез}/L_{р.х}. \quad (3.68)$$

Когда $\lambda_{в} > 0,7$, можно, не рассчитывая стойкости режущего инструмента наладки, принимать $T_p \approx T_m$. Значения T_p - для обработки деталей из сталей твердосплавными режущими инструментами принимать не более 300 мин.

Стойкость инструмента машинной проект одношпиндельных станков при многоинструментной наладке и многошпиндельных станков для наладок со средней равномерностью загрузки инструментов определяют по табл. 3.36.

Таблица 3.36.

Стойкость режущего инструмента T_m машинной проект станка

Группа наладки	Характеристика	Стойкость T_m при числе инструментов в наладке станка, мин							
		1	3	5	8	10	15	20	20
1. С равномерной загрузкой инструментов	Диаметры детали отличаются не более чем в 1,2 раза; число фасочных и подрезных резцов не более 20 % от общего числа инструментов наладки	50	150	200	300	350	400	-	-
2. Средние по равномерности загрузки	Все наладки, не относящиеся к 1-й – 3-й группам	-	100	140	200	230	260	300	350

4. Определение скорости резания V (м/с) и частоты вращения шпинделя станка $n_{\text{шп}}$ (об/мин).

Методика расчета скорости резания и частоты вращения шпинделя станка остается та же, что и для одноинструментальной обработки.

Стойкость токарно-копировального резца:

$$T_{p.k.} = T_m K_{n.z.}, \quad (3.69)$$

где $K_{n.z.}$ - коэффициент, учитывающий неравномерность загрузки (интенсивность изнашивания) резца за время рабочего хода:

$$K_{n.z.} = \frac{1}{L_{p.x.}} \sum_{i=1}^n L_i \cdot K_{d_i} K_{s_i} K_{t_i}, \quad (3.70)$$

где 1, ..., i, ..., n - ступени d_1 , ..., d_i , ..., d_n - диаметр ступеней; L_1 , ..., L_i , ..., L_n - длины ступеней ступеней; $s_1, \dots, s_i, \dots, s_n$ - подачи; $t_1, \dots, t_i, \dots, t_n$ - глубина резания.

Индекс "1" следует присваивать той ступени, в которой изнашивание режущего инструмента будет наибольшим (как правило, ступени наибольшего диаметра), поэтому необходимо определять стойкость инструмента для этой ступени, а затем рассчитывать скорость резания и частоту вращения шпинделя станка.

Коэффициенты K_{d_i} , K_{s_i} , K_{t_i} выбирают в зависимости от соотношений d_i/d_1 , s_i/s_1 и t_i/t_1 для каждой из ступеней:

Коэффициент K_{d_i}

d_i/d_1	До 0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0
K_{d_i}	0,07	0,15	0,25	0,4	0,6	1,0	2,0	3,5	4,5	9,0	10

Коэффициенты K_{s_i} и K_{t_i}

$s_i/s_1; t_i/t_1$	0,20	0,40	0,70	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	2,5	3,0
K_{s_i}	0,07	0,22	0,55	1,0	1,3	1,7	2,0	2,7	3,0	4,5	6,0
K_{t_i}	0,20	0,40	0,70	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	2,5	3,0

Определение режимов резания статистическим методом

При определении режимов резания статистическим (табличным) методом пользуются нормативные таблицы [21, 22, 23, 26, 27] в зависимости от выбранного типа производства и установленного вида обработки заготовки. Табличный метод определения режимов резания сравнительно прост. Определение режимов резания табличным методом широко применяют в производственных условиях, так как этот метод дает возможность ускорить разработку технологических процессов и сократить сроки подготовки к запуску изготовления данного изделия.

Таблица 3.37.

Подача, допускаемая прочностью пластинки из твердого сплава, при обработке заготовок из конструкционной стали

Толщина пластинки, мм	Подача (мм/об) при глубине резания, мм			
	4	7	13	22
4	1,3	1,1	0,9	0,8
6	2,6	2,2	1,8	1,5
8	4,2	3,6	3,0	2,5
10	6,1	5,1	4,2	3,6

Примечания: 1. Поправочный коэффициент 1,2 при $\sigma_b = 480 \dots 640$ Н/м; 1,0 при $\sigma_b = 660 \dots 870$ Н/м и 0,86 при $\sigma_b = 870 \dots 1170$ Н/м.

2. Поправочный коэффициент 1,4 при $\varphi = 30^\circ$; 1,0 при $\varphi = 45^\circ$; 0,6 при $\varphi = 60^\circ$ и 0,4 при

$\varphi = 90^\circ$, где φ - главный угол резца в плане.

3. Поправочный коэффициент 1,6 при обработке чугуна.

Определение режимов резания статистическим методом ведут следующим образом:

1. Устанавливают глубину резания на обрабатываемую поверхность. При черновой обработке следует назначать наибольшую глубину резания, равную всему межоперационному припуску на обработку, если это позволяет жесткости крепления заготовки режущего инструмента, а также жесткость и мощность выбранного станка. При чистовой обработке глубину резания следует назначать исходя из степени точности и качества обрабатываемой поверхности в пределах 0,5 ... 2,0 мм на диаметр при шероховатости поверхности $Ra = 4$ мкм и $Ra = 2,5 \dots 1,25$ мкм в пределах 0,1... 0,4 мм.

Глубина резания при сверлении составляет $t = 0,5 D$, при рассверливании, зенкерования, развертывании и растачивании $t = 0,5 (D - d)$, где d и D - диаметры до обработки и после ее.

2. Устанавливают подачи станка исходя из прочности державки и пластинки из твердого сплава, жесткости станка и характера установки заготовки. При чистовой обработке поверхности детали величина подачи зависит от технологических факторов (точности и качества обработки поверхности). Для резцов с пластинками из твердого сплава выбранную подачу необходимо согласовать по прочности пластинки по табличным нормативам (табл. 3.37).

При фрезеровании различают подачу на один зуб фрезы S_z подачу на один оборот фрезы s_0 , мм/об: $s_0 = S_z \cdot z$ и подачу за одну минуту (минутная подача), которую определяют по формуле

$$s_M = S_z \cdot z \cdot n \quad (3.71)$$

где z - число зубьев фрезы.

Минутная подача корректируется по паспортным данным станка и далее определяется действительная подача на зуб. При шлифовании различают две подачи - поперечную (глубина резания) и продольную. Продольная подача задается в долях ширины круга s_d на один оборот заготовки:

$$s_{ш} = s_{д}B_{кр} . \quad (3.72)$$

где $B_{кр}$ - ширина шлифовального круга, мм.

Доля ширины шлифовального круга для черновой обработки $s_{д} = 0,3 \div 0,5$ при диаметре заготовки до 20 мм; при $D_{заг.} \geq 20$ мм $s_{д} = 0,7 \div 0,85$; для чистовой обработки $s_{д} = 0,2 \div 0,4$.

Продольная подача на шлифование назначается после выбора скорости вращения заготовки. Выбранные подачи по таблицам необходимо согласовывать с паспортными данными станочного оборудования.

3. Определяют скорость резания. Скорость резания устанавливается по табличным нормативам для определенных условий проект [20, 21, 22], и если конкретные условия отличаются от данных таблицы, тогда скорость резания, взятая из таблицы, умножается на поправочные коэффициенты. После установления скорости резания по табличным нормативам определяют частоту вращения шпинделя станка и уточняют ее по паспорту станка. Обычно принимают ближайшее меньшее значение станка, однако допускается принимать ближайшее большее число частоты вращения шпинделя станка, если оно превышает не более чем на 10 % по паспорту станка.

После установления частоты вращения шпинделя по паспорту станка определяют действительную скорость резания по формуле (3.61).

4. Проверяют режимы резания по мощности станка. Потребная мощность для резания, взятая из нормативных таблиц, не должна превышать фактической мощности электродвигателя станка. Однако, учитывая кратковременность нагрузки, допускается перегрузка на 30 %. При недостаточной мощности привода станка рекомендуется уменьшать скорость резания, а не подачу или глубину резания, так как одинаковое изменение указанных параметров, обеспечит большее повышение стойкости режущего инструмента.

5. Определяют технические нормы времени на технологический переход или операцию на основе расчета режимов резания и возможностей режущего инструмента, технологической оснастки и станочного оборудования.

3.11 Разработка управляющих программ токарной и фрезерной обработки на станках с ЧПУ.

Управляющие программы для обработки изделий на токарных и фрезерных станках с ЧПУ разработать в кодировке ISO 7 с использованием CAD/CAM систем Keller, ADEM, Cimatron E, FIKUS.

4. Нормирование технологического процесса.

Расчет технической нормы времени

Техническое нормирование времени операций можно выполнить расчетно-аналитическим методом. В нашем случае, в мелкосерийном производстве рассчитывается норма штучно-калькуляционного времени

$$T_{шт.к.} = T_0 + T_v + T_{тех} + T_{орг} + T_{п} + T_{п.з.}$$

где T_0 — Основное (машинное) время, вычисляемое как отношение длины рабочего хода инструмента к подаче (в минутах) его перемещения.

T_v — Вспомогательное время, включает в себя продолжительность всех вспомогательных ходов инструмента, включений, переключений станка, установки и снятия заготовки.

$T_{оп} = T_0 + T_v$ — операционное время.

$T_{тех}$ — Время технического обслуживания

$$T_{мех} = 0.06 * T_{оп}$$

$T_{орг}$ — Время организационного обслуживания

$$T_{орг} = 0.06 * T_{оп}$$

$T_{об} = T_{тех} + T_{орг}$ — время обслуживания.

$T_{п}$ — Время регламентированных перерывов

$$T_{п} = 0.025 * T_{оп}$$

$T_{п.з.}$ — Подготовительно-заключительное время

$$T_{п.з.} = 60 / p = 60 / N * a,$$

где p - размер партии

N - годовая программа выпуска

a - количество запусков партии в течении года

$$T_0 = 153,8 \quad \text{мин}$$

$$T_v = 5 \quad \text{мин}$$

$$T_{оп} = 158,8 \quad \text{мин}$$

$$T_{тех} = 9,5 \quad \text{мин}$$

$$T_{орг} = 9,5 \quad \text{мин}$$

$$T_{об} = 19 \quad \text{мин}$$

$$T_{п} = 4 \quad \text{мин}$$

$$T_{п.з.} = 60/100 * 12 = 7,2 \quad \text{мин}$$

В результате получаем

$$T_{шт.к.} = T_{оп} + T_{об} + T_{п} + T_{п.з.} = 189 \quad \text{мин}$$

Техническая норма времени на обработку заготовки является одной из основных параметров для расчета стоимости изготавливаемой детали, числа производственного оборудования, заработной платы рабочих и планирования производства.

Техническую норму времени определяют на основе технических возможностей технологической оснастки, режущего инструмента, станочного оборудования и правильной организации рабочего места.

Норма времени является одним из основных факторов для оценки совершенства технологического процесса и выбора наиболее прогрессивного варианта обработки заготовки.

В крупносерийном и массовом производстве общая норма времени (мин) на механическую обработку одной заготовки

$$T_{шт} = T_o + T_b + T_{т.о} + T_{о.п.}, \quad (3.73)$$

где T_o - технологическое (основное) время, мин; T_b - вспомогательное время, мин; $T_{т.о}$ - время на обслуживание рабочего места, мин; $T_{о.п.}$ - время на отдых и естественные надобности, мин (табл. 3.39).

Технологическое время для многих видов обработки

$$T_o = L_{р.х} i / (n_{ст} s_{ст}), \quad (3.74)$$

где $L_{р.х}$ - расчетная длина рабочего хода режущего инструмента, т.е. путь, проходимый режущим инструментом в направлении подачи, мм; i - число рабочих ходов режущего инструмента; $n_{ст}$ - частота вращения шпинделя станка, принятая по паспорту станка, об/мин; $s_{ст}$ - подача по паспортным данным станка, мм/об.

Расчетную длину рабочего хода режущего инструмента определяют по формуле (3.65). Вспомогательное время на обработку заготовки T_b зависит от степени механизации, массы заготовки и других элементов, выполняемых на данной операции. Вспомогательное время на контрольные измерения

выбирают в зависимости от точности измерения и вида измерительного инструмента по табл. 3.40.

Вспомогательное время определяют по нормативным таблицам [20], [21]. Оно зависит от выбранной технологической оснастки, методов обработки и станочного оборудования.

Вспомогательное время T_v состоит из времени на установку и снятия детали; времени, связанного с переходом (установки инструмента по лимбу, упору, разметке; предварительного промера; взятия пробной стружки и др.); времени, связанного с переходом на приемы, не вошедшие в комплексы (изменения частоты вращения шпинделя станка, изменения подачи, поворота резцовой головки и др.); вспомогательного времени на контрольные измерения, которые устанавливают по нормативным таблицам в зависимости от точности измерения, размеров измеряемых поверхностей с учетом коэффициента периодичности. Вспомогательное время на технологическую операцию

$$T_v = (T_{уст.} + \Sigma T_{пер} + \Sigma T_{пер.к} + \Sigma T_{изм}) K_{тв}, \quad (3.75)$$

где $T_{уст.}$ - вспомогательное время на установку и снятие детали, мин; $T_{пер.}$ - вспомогательное время, связанное с переходом, мин; $T_{пер.к}$ - вспомогательное время, связанное с переходом на приемы, не вошедшие в комплексы, мин; $T_{изм.}$ - вспомогательное время на контрольные измерения, мин; $K_{тв}$ - поправочный коэффициент на вспомогательное время в зависимости от размера партии обрабатываемых изделий (табл. 3.38).

Время на техническое обслуживание рабочего места, затрачиваемое на установку, снятие и замену затупившихся режущих инструментов, на заправку шлифовальных кругов, смазывание и подналадку станка, уборку стружки в процессе проекта и т. д.

$$T_{т.о} = (T_o + T_v) (a_{п.о}/100), \quad (3.76)$$

где $a_{п.о.}$ - время на техническое обслуживание рабочего места в процентах к оперативному времени, которое выбирается по нормативным таблицам в

зависимости от типа производства. Время на отдых и физические потребности

$$T_{o.n} = (T_o + T_{в.}) (a_{т.о}/100) , \quad (3.77)$$

где $a_{т.о}$ - время на отдых и физические потребности (в %) к оперативному времени, которое выбирают по нормативным таблицам.

В серийном и единичном производстве за техническую норму времени принимается штучно-калькуляционное время

$$T_{ш.к} = T_{ш} + (T_{пз}/n_d) , \quad (3.78)$$

где $T_{пз}$ - подготовительно-заключительное время, затрачиваемое на подготовку и наладку станка для обработки данной партии деталей, получение необходимой технологической оснастки, документации, а также на сдачу обработанных деталей, документации и оснастки; n_d - число обрабатываемых деталей в партии.

Таблица 3.38

Среднее значение поправочных коэффициентов

Оперативное время, мин	Число деталей в партии									
	Коэффициент $K_{тв}$									
	16	25	40	63	100	160	250	400	630	
1	—	—	1,23	1,15	1,07	1,00	0,93	0,87	0,81	
4	1,23	1,15	1,07	1,00	0,93	0,87	0,81	0,76	—	
8	1,15	1,07	1,00	0,93	0,87	0,81	0,76	—	—	
30 и более	1,00	0,93	0,87	0,81	0,76	0,71	—	—	—	

Пример. Определить норму штучного времени на черновую зубофрезерную операцию. Исходные данные:

Деталь - косозубое цилиндрическое колесо. Материал детали - сталь 45 ГОСТ 1050-74 , $\sigma_B=600$ Н/м. Масса детали 6 кг. Оборудование - зуборезный станок 5Е32. Приспособление - оправка. Охлаждение - масло. Модуль зуба $m = 4$ мм. Число зубьев зубчатого колеса $z = 40$. Ширина венца зубчатого колеса $B_B = 40$ мм, $\beta_d = 30^\circ$.

Содержание операции:.

1. Установить, закрепить, раскрепить и снять четыре заготовки.
2. Фрезеровать зубья $m = 4$ мм, $z = 40$.

Решение.1. Выбираем червячную модульную фрезу с наружным диаметром $D_d = 100$ мм, с модулем $m = 4$ мм по ГОСТ 9224-74. Червячная фреза двузаходная, класса точности С. Направление подъема витка фрезы и зуба нарезаемого колеса одноименное. Материал режущей части червячной фрезы из стали Р18 ГОСТ 19256-73. Стойкость фрезы $T_{ст} = 480$ мин.

2. Нарезание зубьев зубчатого колеса производим за один рабочий ход. Глубина резания $t_p = 9$ мм.

5. Расчет участка

Для проектирования участка цеха необходимо знать потребное количество оборудования, что позволит определить узкие места в цехе и наметить мероприятия по их ликвидации.

Чтобы рассчитать количество металлообрабатывающего оборудования, необходимо определить годовой объём выпуска изделия, время, затраченное на операцию, эффективный годовой фонд производственного времени единицы оборудования.

Сначала рассчитаем следующие виды фондов времени:

- календарный фонд – 365 дней;
- количество выходных дней (суббота и воскресенье) – 104 дней;
- праздничные дни – 12 дней;
- продолжительность смены – 8 часов;
- количество смен – 2;

- коэффициент, учитывающий время пребывания станка в ремонте – 0,95.

- количество предпраздничных дней- 4дня.

Определяю номинальный фонд времени:

$$F_n = 365 - 104 - 12 = 249 \text{ дней,}$$

а эффективный годовой фонд времени равен:

$$F_d = (F_n * 8 - \text{п.п.д.} * 1) * z * K_p;$$

где: п.п.д. – количество предпраздничных дней;

z - количество смен;

K_p - коэффициент, учитывающий время пребывания станка в ремонте.

$$F_d = (249 * 8 - 4 * 1) * 2 * 0.95 = 3777.2$$

Количество оборудования определяем по формуле, приемлемой для серийного производства. $C_p = T_{ш} * N / 60 * F_d;$

где: $T_{ш.}$ – сумма штучного времени на операцию;

N – годовая программа выпуска.

5.1. Определение состава и численности работающих на участке

В работе участка многофункциональных токарных станков с ЧПУ задействованы:

- производственные рабочие;
- вспомогательный персонал;
- инженерно-технические работники;
- младший обслуживающий персонал.

Расчет количества производственных рабочих провожу по формуле:

$$P_{ст} = \frac{\Phi_d C_{пр} K_3}{\Phi_{др} K_M},$$

где Φ_d – действительный годовой фонд времени проект станка; $\Phi_{др}$ – действительный годовой фонд времени рабочих, ч.

$$\Phi_{др} = \Phi_p K_p,$$

где $\Phi_{др}$ – номинальный годовой фонд времени рабочего ($\Phi_p = 250$ дней в году); K_p – величина коэффициента, учитывающего время отпусков, невыходов рабочего ($K_p = 0,85$ при отпуске 28 дней);

$$\Phi_{др} = 250 \cdot 8 \cdot 0,85 = 1700ч,$$

$C_{пp}$ – количество станков, шт.; K_3 – коэффициент загрузки станков; K_M – коэффициент многостаночного обслуживания.

5.2. Планировка участка.

Графическим документом, определяющим размещение подразделений предприятия и средств производства, служит технологическая планировка. Она представляет собой план расположения оборудования, рабочих мест у обслуживаемого оборудования, подъемно-транспортных средств, мест складирования материалов и заготовок, вспомогательных помещений, проходов и проездов, магистральных подводок; мест сборки стружки; рабочих мест мастера, работников контроля и т. д.

Исходными данными для проектирования участка в учебном процессе являются: годовая программа выпуска деталей, тип производства и технологический процесс изготовления детали.

Сетку колонн цеха принимают 18×12 (6) или 24×12 (6). Шаг колонн 6 м принимают для наружных рядов колонн, 12 м для внутренних рядов. Вначале определяют ширину магистральных проездов, ограничивающих длину участка с одной стороны. Вдоль проезда предусматривают проходы. Длину участка принимают кратной шагу колонн. Ширину пролета выбирают из условия возможности рационального размещения кратного числа рядов технологического оборудования (обычно от двух до четырех рядов станков).

Размещая оборудование, необходимо обеспечить безопасность и удобство проект, экономно использовать рабочую площадь. Следует стремиться к соблюдению принципа прямоочности, обеспечивающего кратчайшие пути перемещения заготовок в технологическом процессе и исключаяющего возвратные движения. При большом количестве оборудования возможно его размещение в несколько рядов: боковой стороной

относительно проезда, в колонну или смешанным способом (в "каре" при многостаночном обслуживании, под углом при значительных габаритах станка или изготовлении деталей из длинномерного проката).

Рабочее место станочника оснащают при необходимости верстаком, рабочим столом, инструментальными тумбочками, стеллажами и производственной тарой. Особое внимание уделяют обеспечению участка необходимыми средствами для производительной и безопасной работы персонала.

6. Охрана труда и окружающей среды

В этом подразделе необходимо осветить следующие аспекты:

- источники загрязнения воздуха, имеющиеся в цехе (на участке), загрязняющие вещества, способы очистки выбросов, лимиты на выбросы;
- основные потребители воды в цехе (участке), загрязняющие вещества, очистка стоков, лимиты на воду и стоки;
- твердые промышленные и бытовые отходы в цехе (на участке), сбор, сдача, переработка и захоронение отходов.

6.1. Производственная санитария

Здесь необходимо охарактеризовать следующие данные проектируемого участка:

- вредные производственные факторы;
- микроклимат;
- вентиляцию;
- освещение (естественное и искусственное), норму и величину освещенности;
- шум, источники, нормы и уровни шума, мероприятия по его уменьшению, применяемые средства индивидуальной защиты (СИЗ).

6.2. Безопасность труда

В этом подразделе уделяют внимание таким вопросам проектирования участка:

- опасные производственные факторы и опасные зоны оборудования;
- безопасная организация рабочих мест;
- основные требования безопасности при эксплуатации металлорежущего оборудования, установленного на участке, технологической оснастки;
- требования безопасности при эксплуатации имеющихся подъемно-транспортных средств, промышленных роботов, манипуляторов;
- требования безопасности при использовании сжатого воздуха и сосудов, работающих под давлением;
- основные требования электробезопасности: напряжение электросети, категория помещения по опасности поражения электрическим током, средства защиты;
- требования безопасности, реализованные при проектировании приспособления.

6.3 Техника безопасности при работе на токарных станках с ЧПУ.

При закреплении детали в кулачковом патроне или планшайбе следует захватывать деталь кулачками на возможно большую величину. Нельзя допускать, чтобы после закрепления детали кулачки выступали из патрона или планшайбы за пределы их наружного диаметра. Патроны, планшайбы и другие зажимные устройства, имеющие на наружных поверхностях выступающие части, ограждаются. В кулачковом патроне без подпора центром задней бабки разрешается закреплять только короткие, длиной не более 2-х диаметров, уравновешенные детали. При обработке детали длиной, равной 12 диаметрам и более, а так же при скоростном и силовом резании деталей длиной, равной 8 диаметрам и более, необходимо применять дополнительные опоры. Нельзя работать на забитых или сработанных центрах. При обточке длинных деталей следует следить за центром задней бабки. Во избежание травм режущим инструментом необходимо:

включать сначала вращение шпинделя, а затем подачу;

соприкасасть резец или другие инструменты с вращающейся обрабатываемой деталью плавно, без ударов, с лёгким врезанием;

после того как инструмент плавно врезался в обрабатываемую деталь, включить автоматическую подачу;

перед остановкой станка сначала выключить подачу, отвести режущий инструмент от детали, а затем выключить вращение шпинделя.

Резцовую головку необходимо отводить на безопасное расстояние при следующих операциях: центровании деталей на станке; зачистке; опиловке, шабровке и измерении деталей.

При смене патрона и детали необходимо кроме отвода резцовой головки отвести подальше также центр задней бабки. Следует строго следить за правильностью установки резца и не подкладывать под него разные куски металла. Резец или другой инструмент должен зажиматься с минимально возможным вылетом и не менее чем тремя болтами. Каждый токарь должен иметь набор специально изготовленных подкладок различной толщины, длиной и шириной не менее опорной части резца. Запрещается затачивать короткие резцы без соответствующей оправки. При обработке вязких металлов, дающих сливную ленточную стружку, необходимо применять резцы с выкружками или накладными стружколомателями или стружкозавивателями.

Категорически запрещается поддерживать или ловить рукой детали при обработке или их отрезке.

Обрабатываемую поверхность необходимо располагать как можно ближе к опорному или зажимному приспособлению. Запрещается класть детали, инструмент и другие предметы на станину станка и крышку передней бабки. Следует не забывать после закрепления детали в патроне вынуть торцовый ключ, рукой провернуть патрон и, только убедившись в свободном вращении, включить станок. Строго запрещается тормозить

вращение шпинделя нажимом руки на вращающуюся часть станка или детали.

6.4. Техника безопасности при работе на фрезерных станках с ЧПУ.

На современных станках возможна скоростная обработка заготовок из стали, чугуна, пластмасс и других материалов. Определенную опасность для работающего и окружающих представляют вращающийся инструмент, отделяющаяся стружка, движущиеся столы карусели и барабаны, захламление рабочего места и т. д.

Инструмент на оправке вращается со значительной частотой, и захват одежды, волос работающего может привести к серьезным травмам. В силу этого одежда и головной убор оператора должны соответствовать требованиям безопасной работы (не иметь концов, не заправленных тесемок и т. п.), а рабочий должен проявлять осмотрительность и не пытаться что-либо делать в зоне обработки руками, не выключив станок.

При работе на жестких режимах и с ударами возможна поломка тонких разрезных фрез, режущих элементов и т. д. Поэтому следует выбирать зону наблюдения за работой станка в стороне от траектории возможного полета твердых частиц инструмента и вылета стружки. Стружка надлома при фрезеровании чугуна и других материалов должна отсасываться специальными устройствами и не загрязнять воздух цеха, а оператор должен иметь средства индивидуальной защиты (очки, щитки и т. д.).

Часть фрезерных станков имеет быстровращающиеся приводные валики; в этих случаях должны быть исправные ограждения. Зоны, в которые могут перемещаться столы, барабаны и карусели, должны иметь ограждающие барьеры, преграждающие доступ в эти зоны.

Приспособления для крепления заготовок должны быть исправными и надежно закреплены на столе или барабане станка. Зажимные элементы таких станков должны иметь конструкцию крепления, в которой бы учитывался ударный характер процесса резания при фрезеровании: контакт зажимных элементов приспособления с заготовкой должен быть постоянным и с заданным усилием.

При обработке на продольно-фрезерных, карусельно-фрезерных станках громоздких заготовок должны соблюдаться правила обслуживания подъемно-транспортных механизмов.

6.5 Пожарная безопасность

В этом подразделе следует установить:

- категорию производства по взрыво-пожарной и пожарной опасности;
- возможные причины пожаров на участке, действия персонала при возникновении пожара;
- степень огнестойкости здания, меры по профилактике пожаров, пути эвакуации людей;
- средства, необходимые на участке для сигнализации и тушения пожара.

7. Расчет годового фонда заработной платы производственных рабочих и величина их среднемесячного заработка

Годовой фонд основной заработной платы (сдельщиков) определяется по формуле:

$$\Phi_0 = \sum_1^m (R_{сд}) \cdot \eta_{пр} \cdot N_{пр}$$

$N_{пр}$ – годовой план выпуска

где $R_{сд}$ – сдельная расценка на операцию, руб.

$\eta_{сд}$ – коэффициент, учитывающий приработок (премию, некоторые виды доплат за совмещение профессий) $\eta_{пр} = 1,2 / 1,4$

Сдельная расценка определяется по формуле:

$$R_{сд} = \frac{T_{шк} \cdot C_{ч}}{60} \cdot K_{мн}$$

где $C_{ч}$ – часовая тарифная ставка соответствующего разряда

$K_{мн}$ – коэффициент, учитывающий многостаночное обслуживание, который определяется в зависимости от нормы обслуживания станков рабочим-многостаночником и определяется по табл. 4.

Таблица 4.1 – Определение коэффициента многостаночного обслуживания

<i>Кол-во станков</i>	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>
<i>K_{мн}</i>	<i>1</i>	<i>0,65</i>	<i>0,48</i>	<i>0,39</i>	<i>0,35</i>	<i>0,32</i>

Получив данные, составляю ведомость сдельных расценок и свожу в таблицу 4.2.

<i>№ операции</i>	<i>T_{шк}, мин</i>	<i>Разряд</i>	<i>Ставка за час, руб.</i>	<i>S_м</i>	<i>K_{мн}</i>	<i>Сдельная расценка, руб.</i>
<i>010</i>	<i>**</i>	<i>2</i>	<i>123,4</i>	<i>1</i>	<i>*</i>	<i>***</i>
<i>020</i>	<i>**</i>	<i>3</i>	<i>134,8</i>	<i>1</i>	<i>*</i>	<i>***</i>
<i>030</i>	<i>**</i>	<i>3</i>	<i>134,8</i>	<i>1</i>	<i>*</i>	<i>*</i>
<i>Итого:</i>					<i>ΣR_{сд} = ***</i>	

$$\Phi_0 = \Sigma R_{сд} * 1,4 \cdot n_{дет} = **** \text{ руб.}$$

Годовой фонд дополнительной зарплаты определяется в размере 10–11% от основного фонда:

$$\Phi_d = (0,10-0,11) \cdot \Phi_0 \text{ руб.}$$

Фонд заработной платы производственных рабочих состоит из основной Φ_0 и дополнительной заработной платы Φ_d и определяется по формуле:

$$\Phi_{\text{год}} = \Phi_0 + \Phi_d, \text{ где:}$$

Φ_0 – основная заработная плата, руб.

Φ_d – дополнительная заработная плата, руб.

При обработке, направляющей часть среднемесячной заработной платы производственных рабочих определяется по формуле:

$$З_{\text{ср.}} = \Phi_{\text{год}} / \Sigma R_{\text{сд}} * 12 = \text{****} \text{ руб.}$$

8. Определение себестоимости и НЧП детали

Определение себестоимости детали.

При калькуляции себестоимости различают цеховую, производственную и полную себестоимость.

Цеховая себестоимость детали – представителя состоит из следующих статей:

- стоимости основных материалов, M_d
- заработной платы производственных рабочих, $Z_{\text{пр}}$
- расходов по содержанию и эксплуатации оборудования, $R_{\text{сэо}}$
- цеховых накладных расходов, $H_{\text{ц}}$

$$C_{\text{ц}} = M_d + Z_{\text{пр}} + R_{\text{сэо}} + H_{\text{ц}}, \text{ руб.}$$

Стоимость основных материалов (за вычетом отходов) на одно изделие определяется по формуле:

$$M_d = m_{\text{заг}} \cdot C_m \cdot K_{\text{тр}} - ((m_{\text{заг}} - m_d) \cdot C_{\text{отх}}), \text{ руб.}$$

где C_m – цена 1 кг материала

К_{тр} – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы

$$K_{\text{тр}} = 1,05 - 1,1$$

Ц_{отх} – цена 1 кг отходов (стружки)

Зарплата производственных рабочих на одну деталь определяется по формуле:

$$Z_{\text{пр}} = Z_{\text{о}} + Z_{\text{д}} + O_{\text{с}}, \text{руб}$$

где $Z_{\text{о}}$ – основная зарплата производственных рабочих на одну деталь

$$Z_{\text{о}} = \Sigma R_{\text{сд}} \cdot \eta_{\text{пр}}$$

$Z_{\text{д}}$ – дополнительная зарплата производственных рабочих на одну деталь, определяющаяся в размере от 10 до 12% от основной зарплаты:

$$Z_{\text{д}} = 0,12 \cdot Z_{\text{о}} \text{руб.}$$

$O_{\text{с}}$ – отчисления в социальное страхование, определяется в размере 34% от суммы основных и дополнительных зарплат на деталь:

$$O_{\text{с}} = 0,34 \cdot (Z_{\text{о}} + Z_{\text{д}}), \text{руб.}$$

Расходы по содержанию и эксплуатации оборудования определяются в 150% от основной зарплате производственных рабочих

$$R_{\text{сэо}} = \frac{150 \cdot Z_{\text{о}}}{100}, \text{руб.}$$

Цеховые накладные расходы определяются также в процентном отношении к основной зарплате в размере 100%.

$$H_{\text{ц}} = \frac{100 \cdot Z_{\text{о}}}{100}, \text{руб.}$$

Производственная заводская себестоимость определяется по формуле:

$$C_{\text{з}} = C_{\text{ц}} + H_{\text{з}}, \text{руб}$$

где $H_{\text{з}}$ – общезаводские накладные расходы, приходящиеся на 1 деталь, которые определяются в процентном отношении к основной зарплате $v = 80\%$

$$H_{\text{з}} = \frac{v \cdot Z_{\text{о}}}{100}, \text{руб.}$$

Полная себестоимость определяется по формуле:

$$C_{п} = C_{з} + В_{пр}, \text{ руб.}$$

где $В_{пр}$ – внепроизводственные расходы, приходящиеся на одну деталь, которые определяются в процентном отношении к заводской себестоимости в размере $y = 5 - 15\%$

$$В_{пр} = \frac{y \cdot C_{з}}{100}$$

Оптовая цена, которая принимается для расчетов с потребителями продукции, определяется:

$$Ц_{0} = C_{п} + П_{н}, \text{ руб}$$

где $П_{н}$ – прибыль, приходящаяся на одну деталь, рассчитанная по нормативу рентабельности, которая составляет $R_{н} = \text{от } 40 \text{ до } 60\%$

$$П_{н} = \frac{(C_{п} - M_{д}) \cdot R_{н}}{100}, \text{ руб}$$

Калькуляция цеховой себестоимости детали оформляется в таблице

№	Наименование статей		Сумма, руб.
1	Основные материалы	Мд	***
2	Основная зарплата рабочих	Зо	***
3	Дополнительная зарплата рабочих	Зд	***
4	Отчисления в соцстрах	Ос	***
5	Расходы на содержание и эксплуатацию оборудования	Рсэо	***
6	Цеховые расходы	Нц	***
7	Общезаводские расходы	Нз	***
ИТОГО заводская производственная себестоимость		Сз	***

8	Непроизводственные расходы	Впр	***
	ВСЕГО полная себестоимость	СП	***
9	Прибыль	Пн	***
10	Оптовая цена детали	Цо	***

РАЗРАБОТКА ГРАФИЧЕСКОЙ ЧАСТИ ПРОЕКТА

Дипломный проект выполняют на листах формата А1. Все чертежи размещаются в поле этих листов, причем листы не разрезаются на части. На всех чертежах в правом нижнем углу вычерчивают форму 1 размером 185x55 мм для выполнения основной надписи по ГОСТ 2.104-68. В верхней части чертежа выполняют рамку размером 70x14 мм для обозначения чертежа.

Чертеж детали

Выполняя дипломный проект, чертеж детали вычерчивают на соответствующем формате в пределах листа А1. Количество проекций, разрезов и сечений должно быть минимальным и достаточным для восприятия как детали в целом, так и отдельных ее элементов. Масштаб изображения согласовывают с руководителем.

Размеры детали следует наносить на соответствующем расстоянии от контура. Графическими символами в соответствии с существующими стандартами должны изображаться: конструкторские базы (при отсутствии на заводском чертеже их необходимо определить и указать), допустимые отклонения формы и взаимного расположения поверхностей, шероховатость и местные технические требования.

Общие технические требования размещают над формой основной надписи в 20 мм от нее. Ширина колонки не более 185 мм.

В графах основной надписи записывают обозначение чертежа, название детали, марку материала с указанием стандарта, масштаб чертежа, нумерацию листов, реквизиты учебного заведения и группы, фамилии исполнителя, руководителя, нормоконтролера.

Чертеж заготовки

При изготовлении детали из проката допускается на чертеже детали наносить контур заготовки тонкой линией с указанием размеров.

В зависимости от вида заготовки при выполнении ее чертежа руководствуются правилами для отливок, штамповок и поковок.

Шероховатость на чертеже указывают по шкале Rz (например, Rz 320 над знаком шероховатости). На чертеже заготовки следует указывать измерительные базы и базы первоначальной обработки.

Технические требования к заготовке размещают так же, как и на чертеже детали, их содержание и последовательность - в соответствии с вышеуказанными источниками.

Основную надпись выполняют аналогично чертежу детали, добавляя в наименование чертежа "вид заготовки" (например, "Вал", а ниже - "Штамповка").

Операционные эскизы

Операционные эскизы при количестве 4-х -6-и изображаемых операций или переходов выполняют на листе формата А1 делением поля чертежа на 4-6 частей. Поля на чертеже выполняют по схеме: слева - 20 мм, остальные - по 5 мм с каждой стороны. Части друг от друга полями не отделяют. В каждой части в правом нижнем углу помещают таблицу для указания типа применяемого оборудования и режимов обработки.

Операционный эскиз - отражение на плоскости статическими средствами динамики процесса обработки. Для этого необходимо в минимально необходимом количестве проекций изобразить:

- профиль обрабатываемой поверхности (поверхностей), обведенный линиями, в 2 раза шире линий остального контура;
- режущий инструмент (инструменты) сплошной линией в конце обработки, исключая осевые инструменты, которые показывают сплошной линией в начале рабочего хода и пунктирной - в конце;
- вспомогательный инструмент;
- траектория движения рабочих инструментов со стрелками;
- схему установки заготовки (базирование + закрепление) - символами по правилам черчения на всех проекциях;
- размеры обрабатываемой поверхности, которые необходимо получить в результате выполнения операции, с указанием поля допуска, а в скобках -

отклонений, с соответствующей нумерацией в кружках диаметром 8 мм на продолжении размерных линий;

- шероховатость по элементам обрабатываемой поверхности по шкале Rz над знаком с полочкой, принятым для обработки резанием;
- справочные размеры, помечая их символом "*", с указанием на свободном поле чертежа "* размер для справок".

На свободном от графических изображений поле записывают содержание выполняемого перехода (переходов), используя ключевые слова в повелительном наклонении (ГОСТ 3.1702-79 или [7. доп лит]), ссылаясь на нумерацию размеров (например, "Точить поверхность, выдерживая размеры 1,2").

Форму основной надписи заполняют аналогично, но меняют название: "Операционные эскизы", не указывают масштаб и материал.

На эскизе изображают схему установки заготовки (базирование + закрепление), проставляют исполнительные размеры с указанием поля допуска и в скобках - отклонений, и шероховатость поверхностей.

На чертеже показывают обработку заготовки по переходам. Для этого свободное поле чертежа разбивают на части по числу изображаемых переходов. Каждый переход иллюстрируют графическим изображением, которое должно содержать:

- контур заготовки или ее часть;
- систему координат;
- обрабатываемые поверхности, обведенные линией в 2-3 раза шире линий остального контура;
- исполнительные размеры;
- траекторию рабочего перемещения инструмента сплошной тонкой линией на расстоянии 1 мм от контура, а вспомогательные движения - пунктирной линией;
- для фрез показывают траекторию эквидистанты.

Форму основной надписи заполняют аналогично чертежу детали, заменив название: "Операционные эскизы", не указывают масштаб и марку материала.

Чертеж оснастки или приспособления

Сборочный чертеж оснастки или приспособления должен содержать достаточное количество разрезов и сечений.

Чертеж выполняется на соответствующем формате в выбранном масштабе и должен содержать изображение конструкции с ее видами, разрезами, сечениями, а также текстовую часть и надписи, необходимые для понимания устройства приспособления, взаимодействия его основных составных частей и принципа действия конструкции, данные о составе приспособления.

На чертеже должны быть указаны конструкторские присоединительные базы, габаритные размеры, размеры посадочных мест.

Форма основной надписи заполняется аналогично чертежу детали, отличие - название приспособления.

Чертеж режущего инструмента

Чертеж режущего инструмента выполняют на соответствующем формате в пределах листа формата А3. Масштаб чертежа выбирают, учитывая необходимость в некоторых случаях отражать мельчайшие элементы режущей части и сопровождать изображение простановкой размеров и соответствующих знаков шероховатости. Чертеж должен минимальным количеством проекций давать представление об элементах конструкции и инструменте в целом и содержать все необходимые сведения для его изготовления.

Форма основной надписи заполняется аналогично чертежу детали, отличие - название режущего инструмента.

План участка

Планировка участка выполняется в масштабе 1:50 или 1:100 в зависимости от количества оборудования. Расстояния между центрами колонн задаются в миллиметрах по двум координатам. Колонны нумеруются в кружках

диаметром 12... 16 мм арабскими цифрами через единицу по вертикали и буквами русского алфавита по горизонтали.

В первую очередь на плане указывают магистральные проезды, относительно которых размещают участок. Вдоль проезда предусматривают проходы.

Для оборудования участка используется сквозная нумерация. К планировке составляют спецификацию, в которой перечисляется оборудование с указанием модели, его количества, габаритных размеров, массы и суммарной мощности электродвигателей.

Технологическое оборудование изображается на планировке в соответствии с правилами, установленными для выполнения темплетов.

Монтажные размерные цепи на чертеже задают следующим образом:

- расстояния от боковых сторон колонны до первого станка в двух координатах;
- расстояния между станками по одной координате, так как все станки размещаются в линию;
- расстояния между технологическим оборудованием и рабочими местами по одной координате.

Место рабочего у станка изображают кругом, разделенным диаметром на 2 части, а для обозначения положения спины рабочего в круге ставится штрих.

Условные обозначения, принятые на планировке, должны приводиться на свободном поле чертежа над основной надписью с пометкой "Условные обозначения". Рядом приводят характеристику участка, включающую:

- общую площадь участка, м²;
- количество единиц оборудования;
- количество рабочих мест;

Защита дипломного проекта

Законченный дипломный проект сдается для проверки руководителю проекта. При проверке производится анализ графической части, расчетно-пояснительной записки и комплекта технологических документов.

Руководитель проекта указывает студенту на ошибки и недостатки проекта и дает возможность доработать его.

Руководитель проекта по результатам проверки может дать письменный анализ, прилагаемый к проекту. В нем указывается:

- соответствие выполненного проекта заданию;
- анализ каждого раздела;
- техническое качество графической части;
- перечень положительных сторон и недостатков проекта.

После получения отзыва на дипломный проект студент не имеет права вносить исправления.

Защита дипломного проекта является завершающим этапом проекта студента.

На защиту дипломного проекта отводится 15 ... 20 минут.

В своем докладе студент сообщает содержание выполненной проект по проектированию техпроцесса обработки детали с иллюстрацией основных положений проекта по чертежам (графической части).

На защите дипломного проекта присутствуют преподаватели кафедры, ведущие дипломное проектирование или специальные дисциплины по данной специальности. Они предлагают свои вопросы студенту по теме дипломного проекта.

Решение об общей оценке принимается комиссией, состоящей из названных преподавателей, после защиты дипломного проекта.

Карта эскизов

ГОСТ 3.1105-84 Фарма 7

Добл.															
Взам.															
Подл.															
Изм.															
Лист															
№ документа															
Подпись															
Дата															
Изм.															
Лист															
№ документа															
Подпись															
Дата															
Изм.															
Лист															
№ документа															
Подпись															
Дата															

Наименование изделия

К Э МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ

ПРИМЕРЫ ОФОРМЛЕНИЯ КАРТЫ ЭСКИЗОВ

ГОСТ 3.1105-84 Форма 7

Дубл.							
Взам.							
Подл.							
Разраб.	Киселев	13.04.83	НПО "Ритм"	АБВГ XXXXXX.XXX	—	□ XXXXX.XXXXX	1 1
Н. контр.	Сорокина	15.04.83	Шток			□ 20140.00141	
							12,5

Technical drawing of a shaft with a hole and a chamfered end. Dimensions include diameter $\phi 20$, hole diameter $\phi 10$, and chamfer angle 30° . Callouts 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 point to various features.

Technical drawing of a chamfered end of a shaft. Dimensions include chamfer angle 15° , chamfer width $3 \pm 0,125$, and chamfer radius $0,125$. Callouts 5, 6, 7, 8, 9 point to various features.

* Размеры для справок

КЭ

Цифл.																										
Взам.																										
Лодл.																										
Разраб.																										
Проверил																										
Утвердил																										
Н.Контр.																										
<i>М₀₁</i>	Согласно К.Д.																									
<i>М₀₂</i>	Согласно К.Д.																									
<i>А</i>	Согласно К.Д.																									
<i>Б</i>	Согласно К.Д.																									
<i>В</i>	Согласно К.Д.																									
<i>Г</i>	Согласно К.Д.																									
<i>Д</i>	Согласно К.Д.																									
<i>Е</i>	Согласно К.Д.																									
<i>Ж</i>	Согласно К.Д.																									
<i>З</i>	Согласно К.Д.																									
<i>И</i>	Согласно К.Д.																									
<i>К</i>	Согласно К.Д.																									
<i>Л</i>	Согласно К.Д.																									
<i>М</i>	Согласно К.Д.																									
<i>Н</i>	Согласно К.Д.																									
<i>О</i>	Согласно К.Д.																									
<i>П</i>	Согласно К.Д.																									
<i>Р</i>	Согласно К.Д.																									
<i>С</i>	Согласно К.Д.																									
<i>Т</i>	Согласно К.Д.																									
<i>У</i>	Согласно К.Д.																									
<i>Ф</i>	Согласно К.Д.																									
<i>Х</i>	Согласно К.Д.																									
<i>Ц</i>	Согласно К.Д.																									
<i>Ч</i>	Согласно К.Д.																									
<i>Ш</i>	Согласно К.Д.																									
<i>Щ</i>	Согласно К.Д.																									
<i>Ъ</i>	Согласно К.Д.																									
<i>Ь</i>	Согласно К.Д.																									
<i>Э</i>	Согласно К.Д.																									
<i>Ю</i>	Согласно К.Д.																									
<i>Я</i>	Согласно К.Д.																									
<i>МК</i>	Согласно К.Д.																									

Пример оформления маршрутной карты на единичный технологический процесс
(маршрутного описания) обработки резанием

ГОСТ 3.1118-82										Форма 1		
Дубл. взам. повл.												
Разраб.											2	1
Н. контр.												01
Ш т о к												
АЗЛК												
АБВГ. ХХХХХХ. ХХХ ХХХХХ. ХХХХХХХХ АБВГ. 10101. 11423												
Круг В22 ГОСТ 2590-88/45 ГОСТ 1050-88												
М01	Код	ЕВ	МД	ЕН	Н. раск.	КИМ	Код загот.	Профиль и размеры	КД	МЗ		
М02	ХХХХХ. ХХХХ	166	2.984	1	3.180	0,89	ХХХХХ. ХХХХ	Круг 22 × 125	1	3,150		
А	Цех	Уч.	РМ	Опер.	Код, наименование операции			Обозначение документа				
Б	Код, наименование оборудования			СМ	Прасф.	Р	УГ	КР	КОМД	ЕН	ОП	Тшт.
А03	01	02	—	005	ХХХХ	Отрезная	□ 2500В. 01551;		ИОТ № 132-81			
Б04	АБВГ. ХХХХХХ. ХХХ	8АБ41А					2	ХХХХХ	ХХХ. ХХХХ	1	1	100 1 0,24 0,58
О05	Отрезать заготовку L = 125 ± 0,5											
Т06	АБВГ. ХХХХХХ. ХХХ	тиски;	АБВГ. ХХХХХХ. ХХХ	пила;	□ ХХХХХХ. ХХХ шаблон							
07												
А08	12	01	—	010	ХХХХ	Токарная	□ 25140. 00145;	ИОТ № 101-81				
Б09	АБВГ. ХХХХХХ. ХХХ	1К62					2	ХХХХХ	ХХХ. ХХХХ	1	1	100 1 0,46 1,54
О10	Точить поверхность с подрезкой торца, выдерживая размеры 20-0,23; 15-0,24; 40 ± 0,2; 122 ± 0,6											
Т11	АБВГ. ХХХХХХ. ХХХ	резец подрезной;	АБВГ. ХХХХХХ. ХХХ	слюба;	ШЦ II - 250 - 0,05							
12												
А13	12	02	—	015	ХХХХ	Токарная	□ 25140. 00145;	ИОТ № 101-81				
Б14	АБВГ. ХХХХХХ. ХХХ	1К62					2	ХХХХХ	ХХХ. ХХХХ	1	1	100 1 0,52 1,44
О15	Точить поверхность с подрезкой торца, выдерживая D = 22-0,28 и L = 120-0,22.											
Т16	АБВГ. ХХХХХХ. ХХХ	резец подрезной;	АБВГ. ХХХХХХ. ХХХ	слюба;	АБВГ. ХХХХХХ. ХХХ шаблон							
МК												

Используемая литература.

Основные источники:

1. Новиков В.Ю., Ильянков А.И. Технология машиностроения. В 2-х ч. Ч. 1.- М: Академия, 2018.- 352 с.
2. Новиков В.Ю., Ильянков А.И. Технология машиностроения. В 2-х ч. Ч. 2.- М: Издательский центр «Академия», 2018.-432с.
<http://lib-bkm.ru/load/11-1-0-270>
3. Общемашиностроительные нормативы времени и режимов резания для нормирования работ, выполняемых на универсальных и многоцелевых станках с числовым программным управлением. Часть II. Нормативы режимов резания
Дата актуализации: 01.01.2019
<https://meganorm.ru/Data2/1/4293832/4293832220.pdf>
- 4.Обработка металлов резанием.Справочник технолога. А. А. Панов, В. В. Аникин, Н. Г. Бойм и др.; -М.: Машиностроение .2004. г. -784с.; Дата актуализации: 01.01.2015
https://www.studmed.ru/download/panov-aa-i-dr-obrabotka-metallov-rezaniem-spravochnik-tehnologa_dccd51e008d.html
5. Медведев В.Т. Охрана труда и промышленная экология: учеб. для студ. учреждений сред. проф. образования/В.Т. Медведев, С.Г. Новикова. - М.: Издательский центр "Академия", 2016. - 416 с.
6. Минько В.М. Охрана труда в машиностроении: учеб. для студ. учреждений сред. проф. образования/В.М. Минько. - 2-е изд., стер. - М.: Издательский центр "Академия", 2018. - 256 с.
- 7.Феофанов А.Н. Организация деятельности подчиненного персонала: учеб. для студ. учреждений сред. проф. образования/А.Н. Феофанов, Т.Г. Гришина. - М.: Издательский центр "Академия", 2018. - 192 с.

8. Гоцеридзе Р.М. Процессы и формообразования и инструменты: учеб. для студ. учреждений сред. проф. образования/Р.М. Гоцеридзе. - М.: Издательский центр "Академия", 2018. - 432 с.
9. Бычков А.В. Основы автоматического управления: учеб. для студ. учреждений сред. проф. образования/А.В. Бычков, А.С. Савватеев, О.М. Бычкова. - М.: Издательский центр "Академия", 2018. - 240 с.
10. Ермолаев В.В. Программирование для автоматизированного оборудования: учеб. для студ. учреждений сред. проф. образования/В.В. Ермолаев. - 3-е изд., стер. - М.: Издательский центр "Академия", 2017. - 256 с.
11. Мещерякова В.Б. Изготовление деталей на металлорежущих станках с программным управлением по стадиям технологического процесса: учеб. для студ. учреждений сред. проф. образования/В.Б. Мещерякова. - М.: Издательский центр "Академия", 2018. - 320 с.
12. Шишмарев В.Ю. Автоматизация технологических процессов: учеб. для студ. учреждений сред. проф. образования/В.Ю. Шишмарев М.: Издательский центр "Академия", 2016. - 352 с.
13. Феофанов А.Н. Участие в организации производственной деятельности структурного подразделения предприятий машиностроения: учеб. для студ. учреждений сред. проф. образования/А.Н. Феофанов [и др.]. - М.: Издательский центр "Академия", 2015. - с.
14. Мещерякова В.Б. Изготовление деталей на металлорежущих станках с программным управлением по стадиям технологического процесса: учеб. для студ. учреждений сред. проф. образования/В.Б. Мещерякова. - М.: Издательский центр "Академия", 2018. - 320 с.
15. Босинзон М.А. Современные системы ЧПУ и их эксплуатация: учеб. пособие для студ. учреждений сред. проф. образования/М.А. Босинзон; под ред. Б.И. Черпакова. - 10-е изд., стер. - М.: Издательский центр "Академия", 2018. - 192 с.
16. Холодкова А.Г. Общие основы технологии металлообработки и работ на металлорежущих станках: учеб. для студ. учреждений сред. проф.

образования/А.Г. Холодкова. - М.: Издательский центр "Академия", 2017. - 256 с.

17. Багдасарова Т.А. Технология токарных работ: учеб. для студ. учреждений сред. проф. образования/Т.А. Багдасарова. - 6-е изд., стер. - М.: Издательский центр "Академия", 2018. - 160 с.

18. Бакунина, Т. А. Основы автоматизации производственных процессов в машиностроении : учебное пособие / Т. А. Бакунина. — Москва, Вологда : Инфра-Инженерия, 2019. — 192 с. — ISBN 978-5-9729-0373-3. — Текст : электронный // Электронный ресурс цифровой образовательной среды СПО PROФобразование : [сайт]. — URL: <https://profspo.ru/books/86613> (дата обращения: 04.09.2020). — Режим доступа: для авторизир.

Пользователей

19. Завистовский, С. Э. Технология машиностроения : учебное пособие / С. Э. Завистовский. — Минск : Республиканский институт профессионального образования (РИПО), 2019. — 246 с. — ISBN 978-985-503-930-4. — Текст : электронный // Электронный ресурс цифровой образовательной среды СПО PROФобразование : [сайт]. — URL: <https://profspo.ru/books/94329> (дата обращения: 04.09.2020). — Режим доступа: для авторизир. пользователей

Дополнительная литература

1. Р.М. Гоцеридзе, Процессы формообразования и инструменты. – М.: Академия, 2018.-432с.

2. В.Б. Мещяреков, Изготовление деталей на металлорежущих станках с программным управлением по стадиям технологического процесса, М. «Академия» 2018.-320 с..

3. А.Г. Холодкова. Общие основы технологии металлообработки и работ на металлорежущих станках: Учебник для сред. проф. образования.- М.: Академия, 2017.-256 с.

5. Интерактивный обучающий электронный тренажёр «KELLER». Сорокин В.Г. Стали и сплавы.
6. Соловей, И. А. Технология машиностроения. Практикум : учебное пособие / И. А. Соловей. — Минск : Республиканский институт профессионального образования (РИПО), 2017. — 112 с. — ISBN 978-985-503-708-9. — Текст : электронный // Электронный ресурс цифровой образовательной среды СПО PROФобразование : [сайт]. — URL: <https://profspo.ru/books/84898> (дата обращения: 05.09.2020). — Режим доступа: для авторизир. пользователей
7. Справочник по обработке резанием GARANT ToolScout/ 2018г -1061с.
8. ГОСТ 3.1702-79 Единая система технологической документации. Правила записи операций и переходов. Обработка резанием
<https://internet-law.ru/gosts/gost/14790/>
9. Штангенциркуль ШЦ-II-250-0,05 ГОСТ 166-89
https://www.vseinstrumenti.ru/ruchnoy_instrument/izmeritelnyj/shtangentsirkuli/griff/shts-ii-250-0_05_gost_166-89_020554/
10. Штангенциркуль ШЦ-1-125 0.1 ГОСТ 166-89
https://www.vseinstrumenti.ru/ruchnoy_instrument/izmeritelnyj/shtangentsirkuli/griff/shts-i-150-0_1_gost_166-89_031385/
11. ГОСТ 6507-90. МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ МИКРОМЕТРЫ. Технические условия. Статус: Действующий
<http://docs.cntd.ru/document/1200023923>

IPR books

1. Федоров А.Ф. Контроль и регулирование параметров технологического процесса [Электронный ресурс] : учебное пособие для СПО / А.Ф. Федоров, Е.А. Кузьменко. — Электрон. текстовые данные. — Саратов: Профобразование, 2017. — 223 с. — 978-5-4488-0016-0. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/66388.html>
2. Схиртладзе А.Г. Автоматизация технологических процессов и производств [Электронный ресурс] : учебник / А.Г. Схиртладзе, А.В. Федотов, В.Г. Хомченко. — Электрон. текстовые данные. — Саратов: Вузовское образование, 2015. — 459 с. — 2227-8397. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/37830.html>
3. Ахимьянов Х.М. Технология машиностроения [Электронный ресурс] : учебное пособие / Х.М. Рахимьянов, Б.А. Красильников, Э.З. Мартынов. — Электрон. текстовые данные. — Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2014. — 254 с. — 978-5-7782-2291-5. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/47721.html>
4. Технология машиностроения [Электронный ресурс] : вопросы и ответы. Учебно-методическое пособие для самостоятельной работы студентов / . — Электрон. текстовые данные. — Саратов: Вузовское образование, 2015. — 88 с. — 2227-8397. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/29275.html>
5. Технология машиностроения. Практикум [Электронный ресурс] : учебное пособие / А.А. Жолобов [и др.]. — Электрон. текстовые данные. — Минск: Вышэйшая школа, 2015. — 336 с. — 978-985-06-2410-9. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/48020.html>
6. Седых Л.В. Технология машиностроения [Электронный ресурс] : практикум / Л.В. Седых. — Электрон. текстовые данные. — М. : Издательский Дом МИСиС, 2015. — 73 с. — 978-5-87623-854-2. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/57266.html>

7. Петухов С.В. Справочник мастера машиностроительного производства [Электронный ресурс] / С.В. Петухов. — Электрон. текстовые данные. — М. : Инфра-Инженерия, 2017. — 352 с. — 978-5-9729-0148-7. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/69011.html>

8. Кузнецов, В. Г. Обработка металлов резанием [Электронный ресурс] : учебное пособие / В. Г. Кузнецов, Ф. А. Гарифуллин, Г. А. Аминова. — Электрон. текстовые данные. — Казань : Казанский национальный исследовательский технологический университет, 2015. — 275 с. — 978-5-7882-1648-5. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/80236.html>

9. Федоров, А. Ф. Контроль и регулирование параметров технологического процесса [Электронный ресурс] : учебное пособие для СПО / А. Ф. Федоров, Е. А. Кузьменко. — Электрон. текстовые данные. — Саратов : Профобразование, 2017. — 223 с. — 978-5-4488-0016-0. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/66388.html>

Г. Схиртладзе, Е. С. Кириллов. Выбор показателей точности для типовых соединений в машиностроении [Электронный ресурс] : учебное пособие / В. П. Меринов, Я. М. Радкевич, А. Г. Схиртладзе, Е. С. Кириллов. — 2-е изд. — Электрон. текстовые данные. — Саратов : Вузовское образование, 2019. — 123 с. — 978-5-4487-0352-2. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/79754.html>

