

934

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ЛИПЕЦКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра транспортных средств и техносферной безопасности

Технология производства автомобилей и тракторов

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к выполнению курсовой работы для студентов направления 190109 «Наземные транспортно-технологические средства»

Составители: А.А. ЗЮЗИН, Б.Н. КАЗЬМИН

Липецк
Липецкий государственный технический университет
2014

УДК 629.114(07)
З-381

Рецензент – канд. техн. наук, доц. Б.А. Новожилов

Зюзин, А.А.

З-381 Технология производства автомобилей и тракторов [Текст]: методические указания к выполнению курсовой работы для студентов направления 190109 «Наземные транспортно-технологические средства/ сост. А.А. Зюзин, Б.Н. Казьмин. – Липецк: Изд-во Липецкого государственного технического университета, 2014. – 60 с.

В методических указаниях изложен подход к проектированию технологических процессов механической обработки и выбору требуемого варианта с учетом технических условий, особенностей конструкции деталей и характера производства. Дана методика выполнения каждого этапа проектирования технологических процессов механической обработки. Указаны пути выбора оптимального метода получения заготовки, маршрута обработки и технологического процесса в целом.

Ил. 4, Табл. 10, Библиограф.: 35 назв.

© ФГБОУ ВПО «Липецкий
государственный технический
университет», 2014

Методические указания к выполнению курсовой работы по дисциплине «Технология производства автомобилей и тракторов» составлены для студентов направления 190109 «Наземные транспортно-технологические средства». В них даются рекомендации по тематике, содержанию разработок разделов курсовой работы, объему и последовательности выполнения этапов проектирования технологических процессов механической обработки деталей автомобилей и тракторов. Выполнение этих рекомендаций обеспечивает идентичность курсовых работ по характеру и объему разработок.

Методические указания по выполнению основных разделов курсовой работы, оформлению графической части и составлению расчетно-пояснительной записки помогут студентам сориентироваться в своих материалах и выполнить технологические разработки на высоком уровне.

Данные методические указания предусматривают использование инженерных справочников и литературы по технологии машиностроения.

1. Задачи и тематика курсовой работы

Курсовая работа по дисциплине «Технология производства автомобилей и тракторов» для студентов направления 190109 «Наземные транспортно-технологические средства» является первой комплексной работой по разработке технологических процессов производства деталей машин, конструированию технологической оснастки и технико-экономическому обоснованию принятых решений.

Основной целью курсовой работы является приобретение студентами практических навыков в разработке технологических процессов механической обработки заготовок, расчете норм времени на обработку заготовок, в проектировании специальных приспособлений для механической обработки и контроля, в техническом оформлении технологической документации. При этом необходимо больше внимания уделять вопросам взаимосвязи задач конструирования изделий с технологией их производства, а также вопросам достижения в произ-

водстве требуемых (в соответствии с чертежами и техническими условиями) показателей качества изделий, вопросам контроля и испытания. Технологические разработки по изделиям, изготовление которых студент наблюдал на предприятии в период производственной практики, помогают ему уяснить всю сложность процесса создания машины и роль конструктора в упрощении и удешевлении этого процесса.

Темой курсовой работы предусматривается разработка технологического процесса механической обработки заготовки детали автомобиля или трактора (Т-150К, ЛТЗ-155 и др.) для заданного объема годового выпуска. Детали для разработки технологического процесса следует выбирать с учетом возможности применения при их изготовлении различных технологических методов обработки, использования станков различных типов, специальных инструментов и приспособлений.

При выборе темы руководителю следует ориентироваться на среднесерийный и мелкосерийный типы многономенклатурного производства, позволяющие применить в процессе изготовления детали современные технологические методы обработки, оборудование и инструменты, средства механизации и автоматизации. В курсовой работе должны находить конкретное отражение тенденции повышения производительности труда, снижения себестоимости продукции, повышения ее качества, надежности и долговечности, повышения культуры труда и его безопасности.

Намечаемое направление проектирования должно исключить возможность простого копирования имеющихся технологических процессов и конструкций технологической оснастки. Проекты, в которых отсутствуют критический анализ действующей технологии и новые решения, не могут быть признаны удовлетворяющими требованиям современного проектирования.

Курсовая работа состоит из двух взаимосвязанных частей – технологической и конструкторской – и включает определенный комплекс технологических, конструкторских и технико-экономических разработок в области технологии производства деталей машин. В технологической части выполняется подробная

разработка технологического процесса обработки заготовки заданной детали с необходимыми технико-экономическими обоснованиями принятых решений, а в конструкторской части – подробная разработка конструкции специального приспособления для одной из операций механической обработки или контроля, спроектированного технологического процесса.

Основными задачами курсовой работы являются:

- а) анализ исходных данных для проектирования;
- б) определение типа и организационной формы производства;
- в) выбор и обоснование способа получения заготовки;
- г) разработка оптимального технологического процесса изготовления детали;
- д) разработка конструкции специального приспособления для механической обработки или для контроля.

Курсовое проектирование по данной дисциплине является самостоятельной работой студента, в которой он должен показать умение правильно и творчески применять полученные им теоретические и практические знания в области технологии автотракторостроения.

Роль руководителя курсовой работы заключается в обеспечении правильного направления самостоятельной работы студента в соответствии с современным уровнем развития научно-технических дисциплин и техники. Руководитель определяет объем работы по отдельным разделам, рекомендует литературные источники для нахождения оптимальных решений по возникающим вопросам, указывает на нерациональные решения, ошибки, организует просмотр готового отчетного материала курсовой работы и защиту.

За принятые к защите решения, качество оформления чертежей и составление расчетно-пояснительной записки, правильность и обоснованность проведенных расчетов несет ответственность студент.

Подписи руководителя отчетного материала курсовой работы студента только удостоверяют, что решения, принятые студентом, принципиально правильны и выполнены самостоятельно.

2. Подготовка к выполнению курсовой работы

Тема курсовой работы для студента определяется руководителем от кафедры во время производственной практики. В качестве темы намечается разработка технологического процесса механической обработки детали средней сложности некрупных габаритов автомобиля или трактора (ЛТЗ-55, ЛТЗ-155, Т-150К и др.) для среднесерийного или мелкосерийного производства.

В период производственной практики студент должен:

а) изучить технологию изготовления заданной или аналогичной детали непосредственно на рабочих местах и по технологической документации, начиная с получения заготовки и кончая контролем по завершении обработки;

б) ознакомиться с типовыми технологическими процессами производства деталей заданного класса по литературным источникам [4-7];

в) при внимательном изучении отдельных элементов действующего технологического процесса, вскрыть его недостатки и недостатки применяемой оснастки, причины низкой производительности и брака, если они имеют место;

г) продумать возможности усовершенствования действующего технологического процесса с точки зрения применения новых методов получения заготовки и механической обработки, применения более современного и производительного оборудования, средств механизации и автоматизации.

К началу выполнения курсовой работы студент должен собрать следующий материал:

а) рабочий чертеж детали с техническими условиями на изготовление;

б) операционные карты действующего технологического процесса изготовления заданной или аналогичной детали со всеми данными по оборудованию, технологической оснастке, контролю, режимам резания и нормам времени;

в) эскизы и схемы обработки;

г) чертежи основных приспособлений;

д) технико-экономические показатели (годовой выпуск деталей, коэф-

фициент использования металла, трудоемкость, станкоемкость, себестоимость обработки, цеховая себестоимость и т.д.), характеризующие действующий технологический процесс заданной или аналогичной детали.

При выдаче задания на курсовую работу руководитель формулирует тему, назначает программу годового выпуска деталей в штуках и указывает сменность работы оборудования и рабочих. Бланки заданий установленного образца заполняются руководителем проекта.

3. Объем и содержание курсовой работы

Отчетный материал по выполненной курсовой работе должен состоять из расчетно-пояснительной записки (20 – 25 страниц), комплекта технологических карт с операционными эскизами на разработанный технологический процесс изготовления заданной детали и одного листа графической работы.

Технологическая часть курсовой работы предусматривает разработку технологического процесса механической обработки заготовки на заданную деталь в соответствии с заданной годовой программой выпуска и оформляется в виде расчетно-пояснительной записки, комплекта технологических карт с нормированием и заполнением всех граф и представлением эскизов операций механической обработки.

В общем случае технологическая часть расчетно-пояснительной записки включает следующие разделы:

1. Введение;
2. Общая часть;
3. Анализ исходных данных для проектирования технологического процесса изготовления детали;
4. Определение типа и организационной формы производства;
5. Выбор и обоснование метода изготовления заготовки. Составление чертежа заготовки с указанием припусков на механическую обработку;
6. Разработка маршрута (плана) механической обработки;

7. Установление технологических переходов, определение промежуточных (межоперационных) припусков, размеров и допусков;
8. Разработка операций технологического процесса.
9. Расчет режимов резания и норм времени для выполнения двух-трех наиболее ответственных характерных операций технологического процесса;
10. Основные технико-экономические показатели разработанного технологического процесса.

Спроектированный технологический процесс изготовления детали должен быть зафиксирован в технологических картах. В технологических картах записывается также содержание контрольных операций.

В конструкторской части курсовой работы может разрабатываться конструкция приспособления для операции механической обработки или контроля.

Проектирование приспособления в общем случае включает в себя следующие основные этапы:

- а) установление операций, требующих применения специальных приспособлений;
- б) установление требуемой точности и производительности на операцию, выполняемую с данным приспособлением;
- в) критический обзор вариантов конструкции приспособления и определение требований к ней;
- г) разработка принципиальных схем вариантов приспособления, содержащих установочные, направляющие и зажимные элементы;
- д) конструкторская разработка выбранной схемы приспособления;
- е) краткое описание конструкции и работы приспособления.

Все расчеты, связанные с проектированием приспособления должны быть изложены в расчетно-пояснительной записке, идущей за технологической частью.

3.1. Введение

Во введении рассматриваются основные направления развития технологии производства автомобилей и тракторов в соответствии с потребностями рынка автомобильной и сельскохозяйственной промышленности, дается обзор современного состояния проблемы технологического обеспечения точности и качества деталей и сборочных единиц автомобилей и тракторов.

3.2. Общая часть

В общей части расчетно-пояснительной записки курсовой работы приводятся исходные данные для проектирования:

- а) описание конструкции и служебного назначения изделия (под изделием понимается машина в целом);
- б) основные технические условия на приемку изделия;
- в) производственная программа и срок выпуска изделия;
- г) режим работы и фонды времени.

Производственная программа на заданную в проекте деталь должна включать обоснованный процент запасных частей.

Далее принимается режим работы цеха (как правило, двухсменный) и определяются фонды времени работы оборудования и рабочих [1 – 3].

3.3. Анализ исходных данных для проектирования технологического процесса изготовления детали

В этой части расчетно-пояснительной записки курсовой работы рассматриваются следующие вопросы:

- а) служебное назначение и конструкция детали;
- б) анализ технических требований и выявление технологических задач, возникающих при изготовлении детали;

- в) анализ технологичности конструкции детали;
- г) обзор производственных и литературных данных по технологии изготовления аналогичных деталей.

Из описания служебного назначения и конструкции детали должно быть ясно, какие поверхности и размеры имеют основное, решающее значение для нормального функционирования детали и какие - второстепенное. Для технически грамотного и обоснованного изложения этого раздела необходимо изучить сборочные чертежи узлов и механизмов, дать описание назначения самой детали, основных ее поверхностей и влияния точности их взаимного расположения, формы, размеров и шероховатости обработки на качество работы механизма, для которого изготавливается деталь. Анализ конструкции деталей проводится по чертежам и техническим условиям в соответствии с функциональным назначением, с учетом программы выпуска, типа производства и ГОСТ 14.205-83 «Технологичность конструкции изделия. Термины и определения». На этом этапе студент количественно оценивает параметры шероховатости поверхности в соответствии со служебным назначением, ориентируясь на данные таблицы 1.

Таблица 1

Параметры шероховатости

Эксплуатационные свойства поверхности	Параметры шероховатости
Износ трущихся поверхностей	R_a или R_z, t_p , направление неровностей
Трение скольжения и качения	R_a или R_z, t_p , направление неровностей
Контактная жесткость	R_a или R_z, t_p
Прочность соединения	R_a или R_z, t_p , направление неровностей
Прочность конструкции при циклических нагрузках	R_{max}, S_m, S , направление неровностей
Герметичность соединения	R_a или R_z, t_p

Требования к шероховатости поверхности устанавливают, указывая числовое значение или диапазон значений одного либо нескольких параметров и величину базовой длины в соответствии с ГОСТ 2789-73 «Шерохова-

тость поверхности. Параметры и характеристики».

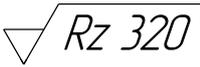
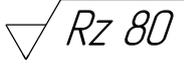
Шероховатость поверхностей обозначают на чертеже для всех выполняемых поверхностей изделия в соответствии с методами их образования. Диапазоны значений параметров R_z и R_a шероховатости поверхностей в зависимости от способов их образования представлены в приложении А.

Параметры шероховатости в зависимости от функционального назначения и способа обработки поверхностей представлены в таблице 2.

В таблице 3 приведена взаимосвязь между качествами точности и шероховатостью при различных методах обработки поверхностей.

Таблица 2

Параметры шероховатости в зависимости от функционального назначения и способа обработки поверхности

Параметр шероховатости	Поверхности	Способ обработки
1	2	3
	Поверхности заготовки в состоянии поставки, не прошедшие механической обработки и не определяемые данным чертежом	Прокатка, ковка, литье, штамповка, волочение и т.п.
	Поверхности, не соприкасающиеся с другими поверхностями (кромки после штамповки и резания, поверхности литых деталей и т.п.)	Зачистка напильником, резка автогеном, на ножницах и прессах
	Наружные, механически обработанные поверхности, не соприкасающиеся с другими поверхностями (поверхности фланцев, арматуры, гаек и др.)	Черновое точение, черновое фрезерование, сверление, обдирочное шлифование
	Проходные отверстия под болты, винты, шпильки и т.д.	Сверление, зенкерование
	Опорные поверхности станин, кронштейнов, защитных кожухов, поверхности галтелей, канавок, фланцев, шкивов, торцы труб и др.	Получистовое точение и растачивание, черновое строгание, сверление, зенкерование

Продолжение таблицы 2

1	2	3
$\sqrt{Rz\ 40}$	Корпус патрона, свободные поверхности валов, шкивов, корпусов, неответственные профили и резьбы, поверхности отверстия с диаметром до 15 мм под болты, винты, шпильки и др.	Сверление, зенкерование, развертывание, получистовое точение
$\sqrt{Rz\ 20}$	Присоединительные поверхности корпусов кронштейнов, наружные свободные поверхности зубчатых колес и др.	Чистовое точение, получистовое фрезерование и строгание, чистовое растачивание, чистовое строгание
$\sqrt{Ra\ 2,5}$	Сопряжения поверхностей неподвижных соединений: опорные плоскости реек, направляющие типа «ласточкин хвост», внутренние поверхности корпусов под подшипники качения, рабочие поверхности шпонок и шпоночных пазов; эвольвентные поверхности профиля зуба стальных зубчатых колес	Чистовое сверление, чистовое шлифование, нарезание резьб, зубошлифование, зубодолбление
$\sqrt{Ra\ 1,25}$	Посадочные поверхности зубчатых колес, маховиков, шкивов, червяков, втулок, подшипников скольжения	Чистовое тонкое точение, чистовое фрезерование, протягивание, чистовое шлифование
$\sqrt{Ra\ 0,63}$	Сопрягаемые поверхности бронзовых зубчатых колес, рабочие шейки коленчатых и распределительных валов и винтов, поверхности валов под подшипник качения	
$\sqrt{Ra\ 0,32}$	Посадочные поверхности осей и валов малого диаметра, рабочие поверхности центров	Тонкое шлифование, тонкое точение, притирка
$\sqrt{Ra\ 0,16}$	Поверхности, работающие в условиях трения: наиболее ответственные оси и валы повышенной точности; рабочие поверхности коленчатых и распределительных валов быстроходных двигателей; поверхности ответственных цилиндрических, призматических и плоских направляющих	Притирка, доводка, суперфиниширование, хонингование
$\sqrt{Ra\ 0,08}$	Внутренние поверхности цилиндров поршневых машин, наружные по-	Притирка, доводка

1	2	3
	верхности пальцев, поршневых колец, поверхности трения, рабочая рейка прецизионных быстроходных станков	

Таблица 3

Взаимосвязь между качествами точности и шероховатостью при различных методах обработки поверхностей

Метод обработки	Квалитет точности	Шероховатость, мкм
Точение:		
предварительное	12	$R_z=20 - 40$
чистовое	9	$R_a=1,25 - 2,5$
тонкое	7 – 8	$R_a=0,32 - 0,63$
Фрезерование		
предварительное	12	$R_z=20 - 40$
чистовое	9	$R_a=1,25 - 2,5$
тонкое	7 – 8	$R_a=0,32 - 0,63$
Сверление	11 – 12	$R_z=20 - 80$
Чистовое зенкерование	11 – 10	$R_a=2,5 - 5,0$
Развертывание		
предварительное	9	$R_a=1,25 - 2,5$
чистовое	7 – 8	$R_a=0,32 - 0,63$
тонкое	6 – 7	$R_a=0,16 - 0,32$
Протягивание отверстий	7 – 8	$R_a=0,32 - 0,63$
Шлифование		
чистовое	7 – 8	$R_a=0,32 - 0,63$
тонкое	7 – 6	$R_a=0,08 - 0,16$
Притирка	6	$R_a=0,02 - 0,04$

Ориентировочно отношение параметра R_z к допуску δ в зависимости от характера посадки находится в пределах:

- а) $R_z/\delta=0,12 - 0,10$ (для посадок с натягом);
- б) $R_z/\delta=0,10 - 0,08$ (для переходных посадок);
- в) $R_z/\delta=0,08 - 0,05$ (для посадок с зазором);
- г) $R_z/\delta=0,04 - 0,02$ (для высокоответственных сопряжений).

Предельные отклонения линейных размеров указывают на чертежах условными обозначениями полей допусков и посадок, принятых в ГОСТ 25347-82 «Единая система допусков и посадок. Поля допусков и рекомендуемые посадки», а также числовыми значениями предельных отклонений.

Вид допуска формы или расположения должен быть обозначен на чертеже специальным знаком, согласно ГОСТ 2.308-79 «Единая система конструкторской документации. Указание на чертежах допусков формы и расположения поверхностей».

В этом же разделе следует привести данные о материале детали по химическому составу, механическим свойствам до и после термической обработки в виде таблиц. В качестве примера в таблицах 4 и 5 представлены химический состав и механические свойства стали 45.

Таблица 4

Химический состав стали 45, % (ГОСТ 1050-88)

C	Si	Mn	Cr	S	P	Cu	Ni	As
не более								
0,42 – 0,50	0,17 – 0,37	0,50 – 0,80	0,25	0,04	0,035	0,25	0,25	0,08

Таблица 5

Механические свойства поковок из стали 45 (ГОСТ 8479-70)

Термообработка	Сечение, мм	$\sigma_{0,2}$	σ_B	δ_5	ψ	НВ, не более
		МПа		%		
Нормализация	100 – 300	245	470	19	42	143 – 179

Необходимо высказать свои соображения относительно правильности выбора материала для данных условий работы детали в узле, целесообразности его замены другими марками и какими конкретно.

При анализе технических требований устанавливается, в какой степени то или иное требование определяет правильность изготовления детали в соответ-

ствии с ее работой в механизме, достаточно ли подробно указаны все необходимые требования и какие из них должны быть введены дополнительно, исходя из технологических соображений. Определяются методы и средства контроля. Даются эскизы способов контроля.

Одновременно проводится технологический анализ конструкции детали, обосновываются необходимые изменения ее конструкции, вызванные условиями изготовления, при этом выявляются технологические задачи, необходимые для удовлетворения требований. Основные задачи, решаемые при анализе технологичности конструкции детали, сводятся к уменьшению металлоемкости и трудоемкости, а следовательно, к снижению себестоимости ее изготовления без ущерба для служебного назначения. При этом следует обращать внимание на уменьшение размеров обрабатываемых поверхностей, повышение жесткости детали, облегчение подвода и отвода высокопроизводительного режущего инструмента из зоны обработки, унификацию размеров пазов, канавок, галтелей, отверстий и других конструктивных элементов, обеспечение надежного и удобного базирования заготовки, удобство осуществления многоместной и многоинструментной обработки заготовок.

Вопросом отработки конструкции заданной детали на технологичность следует заниматься на протяжении всего периода выполнения курсовой работы, т.к. ряд соображений возникает непосредственно при разработке технологического процесса, выборе заготовки, проектировании приспособления и т.д. Окончательно оформить этот раздел расчетно-пояснительной записки следует после разработки технологического процесса.

На основе обзора производственных и литературных данных по технологии изготовления аналогичных деталей намечают основные направления осуществления технологического процесса.

Литература [1 – 7].

3.4. Определение типа и организационной формы производства

Прежде чем приступить к разработке технологического процесса изготовления заданной детали, необходимо установить тип производства в зависимости от программы выпуска и конструкции детали. На основе принятого типа производства выбираются принципиальные направления осуществления технологического процесса изготовления детали, а также его организационные формы.

Одной из основных характеристик типа производства является коэффициент закрепления операций $K_{з.о.}$, который показывает отношение числа всех различных технологических операций, выполняемых или подлежащих выполнению подразделением в течение месяца, к числу рабочих мест. Согласно ГОСТ 14.004-83 «Технологическая подготовка производства. Термины и определения основных понятий» принимаются следующие значения коэффициента закрепления операций: для массового производства $K_{з.о.}=1$, для крупносерийного производства $1 < K_{з.о.} < 10$, для среднесерийного производства $10 < K_{з.о.} < 20$, для мелкосерийного производства $20 < K_{з.о.} < 40$. Коэффициент закрепления операций в производственных условиях должен определяться для планового периода, равного одному месяцу. Последнее обстоятельство учитывает условия серийного производства, для которого характерны большая номенклатура и сравнительно частая смена объектов производства, что и определяется соответствующими значениями коэффициента закрепления операций.

Так как в заданиях на курсовую работу регламентируется годовая программа выпуска изделия, то условие планового периода, равного одному месяцу, здесь не применимо. Поэтому для определения коэффициента закрепления операций необходимо установить соотношение между трудоемкостью выполнения операций и производительностью рабочих мест, предназначенных для осуществления данного технологического процесса при условии загрузки оборудования в соответствии с нормативными коэффициентами.

Количество операций, выполняемых на каждом рабочем месте, определя-

ется по формуле

$$n_i = \frac{K_{3.H.}}{K_{3.i}},$$

где $K_{3.H.}$ и $K_{3.i}$ – соответственно значения нормативного и расчетного коэффициента загрузки рабочего места для данной операции.

На данном этапе принимают усредненные значения нормативного коэффициента загрузки рабочего места $K_{3.H.}=0,75...0,85$. Коэффициент загрузки рабочего места для каждой операции вычисляют по формуле

$$K_{3.i} = \frac{M_{P.i}}{M_{ПР.i}},$$

где $M_{P.i}$ – расчетное количество рабочих мест на каждой операции;

$M_{ПР.i}$ – принятое число рабочих мест на каждой операции, получаемое путем округления до ближайшего целого числа значения.

На данном этапе расчетное число рабочих мест на каждой операции определяется по формуле

$$M_{P.i} = \frac{T_{шт.i}}{\tau \cdot K_{3.H.}},$$

где $T_{шт.i}$ – штучная норма времени по каждой операции в минутах;

τ – действительный такт выпуска изделия в минутах.

Для определения значений штучного времени $T_{шт.i}$ по каждой операции можно воспользоваться нормировочными данными действующего на производстве или аналогичного технологического процесса, либо произвести укрупненное нормирование вновь разрабатываемого технологического процесса.

Величина такта выпуска изделия рассчитывается по заданной программе по формуле

$$\tau = \frac{60 \cdot F_d}{N},$$

где F_d – действительный годовой фонд времени работы оборудования;

N – годовая программа выпуска.

Значения действительного фонда времени для одно-, двух-, и трехсмен-

ной работы соответственно можно принимать равным 2030, 4015, 5465 часам.

Коэффициент закрепления операций $K_{з.о.}$ определяют по формуле

$$K_{з.о.} = \frac{\sum n_i}{\sum M_{гр.i}},$$

По полученному значению коэффициента закрепления операций определяют тип производства. Если коэффициент закрепления операции оказывается выше нормативного, следует увеличить для данной операции количество рабочих мест. Если на каких-то операциях коэффициент закрепления значительно ниже нормативного, следует проанализировать возможность дозагрузки рабочего места другими, примерно равноценными по трудоемкости операциями. Тогда количество операций на данном рабочем месте может быть увеличено, а в расчете следует учитывать скорректированное значение.

Фактические значения коэффициента загрузки рабочего места будут определяться после детальной разработки технологического процесса.

В серийном производстве количество деталей в партии для одновременного запуска определяется согласно рекомендациям [1 – 3].

Для условий массового и крупносерийного производства рекомендуемой организационной формой является поточное производство, для среднесерийного производства – переменноточные и групповые поточные линии, а для мелкосерийного производства – обработка деталей партиями с межоперационными заделами.

3.5. Выбор и обоснование метода изготовления заготовки

Выбор заготовки производится на основе анализа рабочего чертежа детали. Основными показателями, по которым производится выбор заготовки, являются:

- а) назначение детали и технические условия;
- б) материал детали и его технологические характеристики;
- в) программа и серийность выпуска детали;

- г) размеры детали и наличие оборудования для получения заготовки;
- д) экономичность изготовления заготовки с учетом себестоимости последующей механической обработки.

При выборе заготовки определяется метод ее получения и класс (группа) точности по ГОСТ или по нормам на отливки или поковки. В ряде случаев назначенный конструктором материал детали и ее конструктивные формы предопределяют способ получения заготовки. В других же случаях, особенно для стальных деталей, необходимо решить вопрос о целесообразности их изготовления непосредственно из прокатного материала или с применением горячей объемной штамповки.

Выбор оптимального способа получения заготовки должен производиться на основе глубокого анализа и сопоставлении всех приемлемых для данной детали способов изготовления заготовки. При этом необходимо ориентироваться на минимальный расход и наилучшее использование материала, наименьшую стоимость заготовки, уменьшение трудоемкости и себестоимости механической обработки. Заготовка выбирается как по виду (прокат, отливка, штамповка), так и по способу выполнения и типу оборудования.

Штампованные заготовки. Штамповкой на горизонтально-ковочных машинах (ГКМ) получают поковки массой от 0,1 до 100 кг с максимальным диаметром 315 мм. Штамповка на ГКМ является одним из производительных способов и может быть рентабельной для определенного вида заготовок. Штамповка производится из прутков и труб горячекатаного металла повышенной точности диаметром от 20 до 270 мм.

На ГКМ изготавливаются следующие поковки: конические шестерни с валом, цилиндрические шестерни с валом, кольца, втулки, шестерни, шестерни с фланцем, двухвенцовые шестерни, втулки с квадратным фланцем и т. д. (см. рисунок 1).

Допуски и припуски на поковки, изготавливаемые на ГКМ, регламентируются ГОСТ 7505-89 «Поковки стальные штампованные. Допуски, припуски и кузнечные напуски».

В том случае, когда поковку невозможно выполнить на ГКМ, анализируют варианты штамповки на кривошипных горячештамповочных прессах (КГШП) или молотах. На КГШП можно штамповать заготовки массой до 200 кг, штампуемых в торец, типа шестерен, крестовин, круглых и квадратных фланцев со ступицами, ступенчатых валов, валов-шестерен, поворотных кулаков, рычагов, шатунов, коленчатых валов и т. д. (см. рисунок 2).

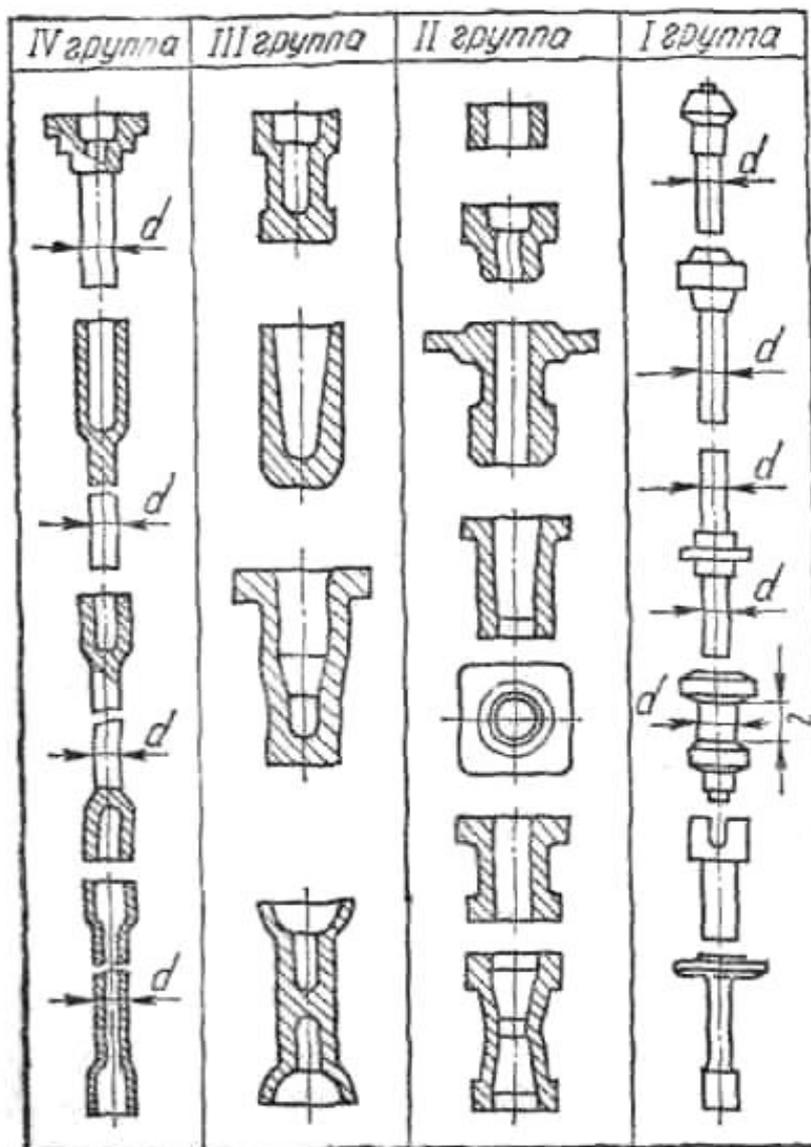


Рис. 1. Классификация поковок по группам сложности, штампуемых на горизонтально-ковочных машинах

Штамповка на КГШП в 2...3 раза производительнее, припуски и допус-

ки на 20...35% ниже по сравнению со штамповкой на молотах, расход металла на поковки снижается на 10...15%. При штамповке необходимо широко использовать профильный прокат или подкат, полученный на ковочных вальцах. Допуски и припуски заготовок, штампуемых на КГШП, принимают по ГОСТ 7505-89.

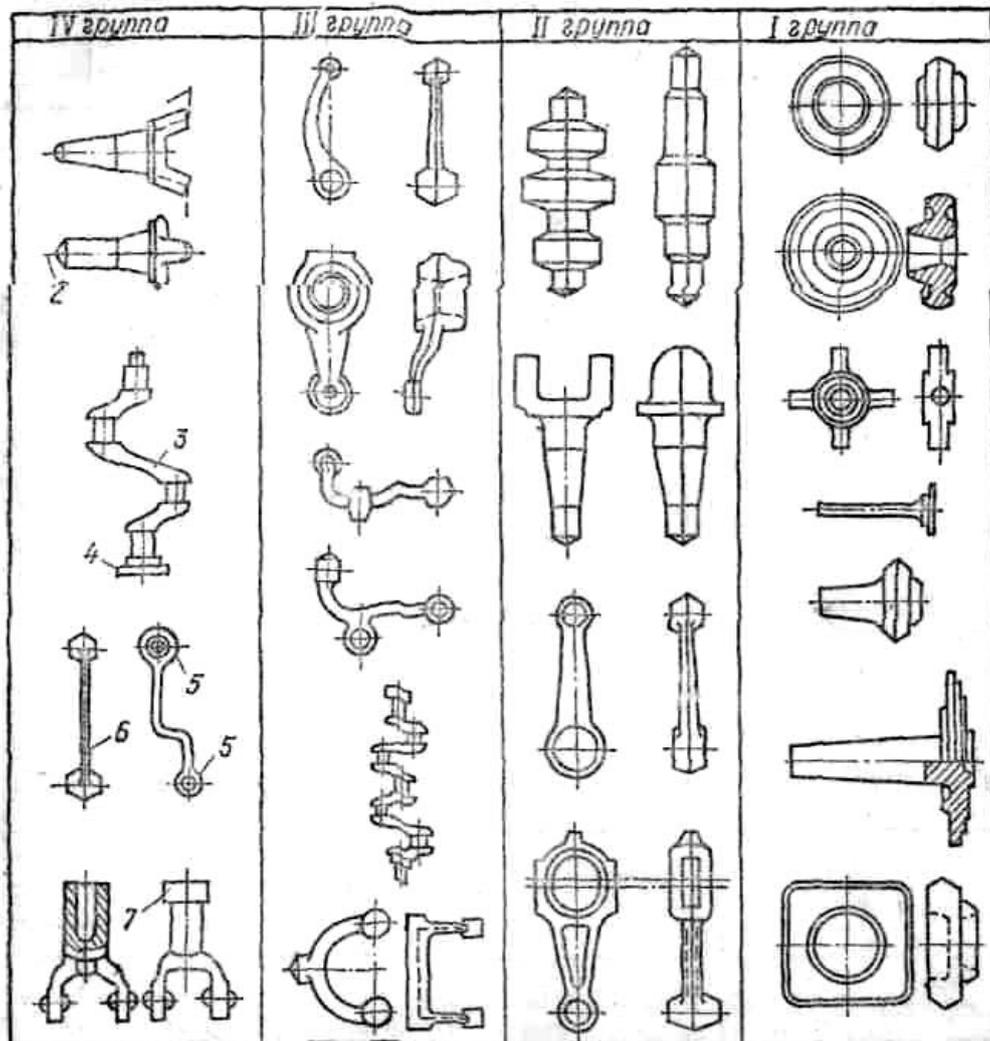


Рис. 2. Классификация поковок по группам сложности, штампуемых на молотах и кривошипных горячештамповочных прессах: 1 – разъем на прессе; 2 – разъем на молоте; 3 – штамповка на прессе; 4 – фланец штампуется на горизонтально-ковочной машине; 5 – головки после штамповки на горизонтально-ковочной машине штампуются на прессе; 6 – стержень согнут на горизонтально-гибочной машине; 7 – штамповка на молоте или прессе, высадка на горизонтально-ковочной машине

Выбор класса точности поковок в зависимости от деформирующего оборудования представлен в таблице 6. К первой группе (высокая точность) необходимо относить детали массового производства, ко второй группе (повышенной точности) – детали крупносерийного и среднесерийного производства.

Таблица 6

Выбор класса точности поковок

Основное деформирующее оборудование, технологические процессы	Класс точности				
	T1	T2	T3	T4	T5
Кривошипные горячештамповочные прессы:					
открытая (облойная) штамповка	–	–	–	+	+
закрытая штамповка	–	+	+	–	–
выдавливание	–	–	+	+	–
Горизонтально-ковочные машины	–	–	–	+	+
Прессы винтовые, гидравлические	–	–	–	+	+
Горячештамповочные автоматы	–	+	+	–	–
Штамповочные молоты	–	–	–	+	+
Калибровка объемная (горячая и холодная)	+	+	–	–	–
Прецизионная штамповка	+	–	–	–	–

Отливки. Точность отливок в песчаные (земляные) формы и припуски на обработку регламентируются для чугуновых (в том числе и для деталей из ковкого чугуна) и стальных деталей ГОСТ Р 53464-2009. «Отливки из металлов и сплавов. Допуски размеров, массы и припуски на механическую обработку».

Припуски на обработку (на сторону) назначают дифференциально на каждую обрабатываемую поверхность отливки. Общий припуск назначают в соответствии с приложением Б для устранения погрешностей размеров, формы и расположения, неровностей и дефектов обрабатываемой поверхности, формирующихся при изготовлении отливки и последовательных переходах ее обработки, в целях повышения точности обрабатываемого элемента отливки.

При выборе литой заготовки в первую очередь следует определить класс точности в зависимости от масштаба производства и способа получения отливки, который обуславливается характером технологической оснастки литейного

цеха и механизацией процессов сборки и изготовления форм и стержней. Следует учитывать, что основным фактором, определяющим выбор класса точности отливки, является себестоимость, которая при выборе отливки более высокого класса, должна быть компенсирована снижением металлоемкости и стоимости механической обработки.

Стальные отливки сложной формы массой 50–500 г рекомендуется отливать по выплавляемым моделям, при этом обеспечиваются 9–10 качества точности и шероховатость поверхности по 3–4-му классам.

Литье массой от 5 г до 500 кг в металлических формах (кокилях) в массовом и серийном производстве отливается главным образом из алюминия и его сплавов. Точность размеров отливок обеспечивается по 10–12 качествам, а шероховатость – по 3–5-му классам.

Литье в металлических формах под давлением производится для цинковых, алюминиевых, магниевых и латунных сплавов. Отливки изготавливаются массой от 0,1 до 20 кг. Точность отливок – 9–10-го качества, отдельные размеры могут достигать 8-го. Шероховатость поверхности алюминиевых отливок обеспечивается по 3–5-му классам.

Конструктор изделия устанавливает материал и его марку исходя из ее функционального назначения в работающей машине. Учитывая условия работы детали в машине, он может указать предпочтительный способ получения заготовки (ковка вместо литья, ковка вместо проката). Выбор конкретного способа получения заготовки и типа оборудования определяется в следующей последовательности.

На первом этапе выбора заготовки в качестве показателей предварительной оценки варианта определяют:

1. Коэффициент использования материала

$$K_{\text{и.м.}} = \frac{q}{Q},$$

где q , Q – масса соответственно детали и заготовки.

При технически равнозначных способах выбирают тот, где значение $K_{\text{и.м.}}$

выше. Для повышения $K_{и.м.}$ необходимо приближать форму заготовки к конфигурации готовой детали, повышать точность ее изготовления и улучшать качество поверхностного слоя.

2. Снижение материалоемкости

$$\Delta M = Q_{з.б.} - Q_{з.н.} \cdot N,$$

где $Q_{з.б.}$, $Q_{з.н.}$ – соответственно масса заготовки при базовом (сравниваемом) и новом варианте;

N – годовая программа выпуска деталей, шт.

Так как себестоимость готовой детали складывается из себестоимости заготовки и технологической себестоимости последующей ее обработки, то процесс изготовления детали следует рассматривать комплексно. Из многих возможных способов получения заготовки надо выбрать оптимальный для заданных условий производства, обеспечивающий минимальную себестоимость изготовления детали. В случае, когда способ получения заготовки не влечет изменения в технологическом процессе механической обработки, предпочтения следует отдавать заготовке, характеризующейся лучшим использованием материала и меньшей себестоимостью. При этом стоимость заготовки рассчитывается по ее массе с учетом отходов в виде сдаваемой стружки

$$S_{заг\ i} = \frac{C_i \cdot Q_i}{1000} - Q_i - q \cdot \frac{C_{i\ отх}}{1000},$$

где C_i – средняя стоимость 1т по варианту получения заготовки в условных денежных единицах (у.е.);

$C_{i\ отх}$ – средняя стоимость 1т отходов в виде сдаваемой стружки в у.е.

Среднюю стоимость 1т заготовки в условных денежных единицах (у.е.) можно принять по таблице 7 или по действующим прейскурантам цен. Среднюю стоимость 1 т отходов в виде сдаваемой стружки следует принимать в 8–10 раз меньше по сравнению со стоимостью исходного материала заготовки.

Массу заготовки по каждому из сравниваемых вариантов можно определить ориентировочно по нормативным значениям коэффициента использования материала для соответствующего типа производства с учетом изменения при-

пуска для конкретного способа изготовления заготовки:

- а) мелкосерийное – $K_{и.м.}=0,55-0,65$;
- б) среднесерийное – $K_{и.м.}=0,65-0,75$;
- в) крупносерийное – $K_{и.м.}=0,75-0,85$;
- г) массовое – $K_{и.м.}=0,85-0,95$.

Таблица 7

Средняя стоимость 1 т материала в условных денежных единицах (у.е.)

Заготовки	Сталь			Цветные металлы и сплавы			
	45	45ХНМ	95Х18	Алюм.	Бронза	Латунь	Медь
Отливки: в песчаные формы	400	400	2000	1700	1300	–	–
в оболочко- вые формы	1300	–	–	–	–	1000	–
по выплавля- емым моде- лям	3000	–	–	–	–	–	–
Горячештам- пованные	255	400	1250	–	1250	–	–
Холодно- штампован- ные	430	700	2650	–	–	1500	1540
Сортовой го- рячекатаный прокат:							
мелкий до 19 мм	110	280	300	800	–	800	950
средний 20-110 мм	95	250	1200	600	–	700	900
крупный 120-150 мм	67	165	955	500	850	600	850

В случае, если способ получения заготовки более высокой точности вызывает изменение в технологическом процессе механической обработки, технико-экономический анализ конкурирующих вариантов выполняют с учетом изменяющихся статей затрат. Для полной оценки вариантов, если располагают необходимыми данными, выполняют технико-экономический анализ, критерием которого является себестоимость готовой детали. Варианты сравнивают по изменяющимся статьям затрат : стоимость материала, инструмента, технологической оснастки (штампы, пресс-формы, модели и т. д.), оборудования; заработной платы; электроэнергии. Учитывают и другие статьи затрат, если они приводят к значительному изменению варианта изготовления детали.

Стоимость заготовок, получаемых такими методами, как литье в обычные земляные формы, металлические формы (кокили), литье по выплавляемым моделям, литье под давлением, горячая объемная штамповка на молотах, прессах, ГКМ, а также электровысадкой, можно с достаточной точностью определить по формуле, у.е.

$$S_{\text{ЗАГ}i} = \frac{C_i \cdot Q_i}{1000} \cdot k_T \cdot k_C \cdot k_B \cdot k_M \cdot k_{\Pi} - Q_i - q \cdot \frac{C_{i\text{отх}}}{1000},$$

где $k_T, k_C, k_B, k_M, k_{\Pi}$ – коэффициенты, зависящие от класса точности, группы сложности, массы, марки материала и годовой программы производства заготовок [1–3].

Экономический эффект для сравнения способов получения заготовок, при которых технологический процесс механической обработки не меняется, может быть рассчитан по формуле

$$\mathcal{E}_3 = S_{\text{ЗАГ}1} - S_{\text{ЗАГ}2} \cdot N,$$

где $S_{\text{ЗАГ}1}, S_{\text{ЗАГ}2}$ – себестоимость сопоставляемых заготовок по сравниваемым вариантам, у.е.;

N – годовая программа производства, шт.

Для определения конфигурации заготовки целесообразно использовать общие припуски по ГОСТ Р 53464-2009 (отливки), ГОСТ 8479-70, ГОСТ 7062-90 и 7829-70 (поковки), ГОСТ 7505-89 (штамповки).

После отработки заготовки на технологичность назначают технические условия на ее изготовление, наносят ее контур на чертеж детали. Чертеж заготовки с указанием плоскостей разреза, литейных или штамповочных радиусов и уклонов приводится на листе формата А4 расчетно-пояснительной записки после определения припусков и допусков [1–3, 8].

3.6. Разработка маршрута (плана) механической обработки

Разрабатывая маршрутную технологию, определяют технологические операции и последовательность их выполнения, выбирают для каждой операции оборудование и инструмент, намечают схемы установки для обработки и продумывают конструкции приспособлений, планируют контрольные операции.

При разработке технологии следует стремиться к применению многоместных и многоинструментных схем технологических операций, допускающих совмещение переходов с перекрытием основного и вспомогательного времени, а также к осуществлению других технологических мероприятий, направленных на повышение производительности труда.

Если возникает несколько вариантов технологических операций или процессов, то уже на этой стадии проектирования должны быть сделаны приближенные расчеты, позволяющие выбрать более целесообразный для данных условий технологический вариант. Выбор делается на основании сопоставления вариантов по себестоимости, трудоемкости обработки, коэффициенту использования материала и по другим показателям, характеризующим варианты.

На основе анализа рабочего чертежа детали и метода получения заготовки намечаются общие контуры технологического маршрута механической обработки, выявляются технологические базы. Сначала намечают чистовые базы, необходимые для окончательной обработки основных поверхностей детали, а затем выбирают черновые базы для выполнения первой операции.

При выборе чистовых и черновых баз могут быть приведены следующие соображения:

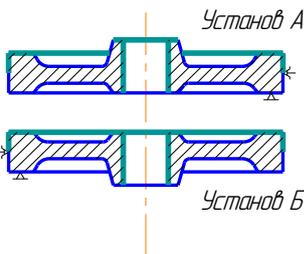
- а) равномерное распределение припусков на обработку наиболее ответственных поверхностей;
- б) обеспечение единства базы на всех операциях, кроме первой;
- в) совмещение установочной технологической базы со сборочной и измерительной базами;
- г) точность базирования выше, чем при других вариантах;
- д) наиболее простая установка заготовки на станке;
- и) более простая конструкция приспособления.

Установление черновой и чистовой технологических баз дает возможность составить принципиальный порядок обработки детали, так как выяснена первая операция (что определяется черновой базой), а также операции по предварительной и чистовой обработке основных поверхностей.

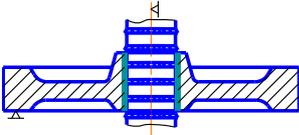
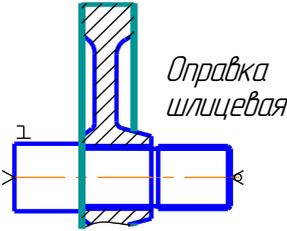
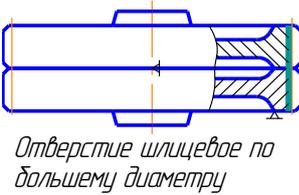
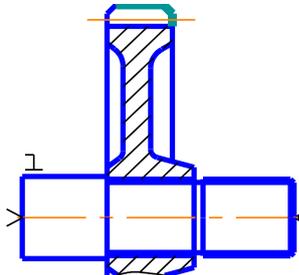
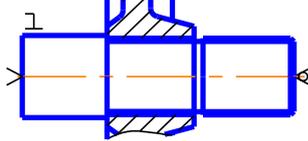
Затем, проанализировав последовательно требования к точности и качеству всех поверхностей детали и заготовки, устанавливают маршрут обработки этих поверхностей с указанием базирования и закрепления заготовки и выдерживаемых размеров. В таблице 8 в качестве примера приведена форма укрупненного маршрута изготовления зубчатого колеса.

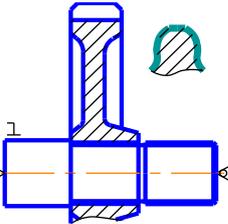
Таблица 8

Укрупненный маршрут изготовления зубчатого колеса

Номер операции	Краткое содержание операции	Схема эскиза операции, базирование, примечание	Оборудование
1	2	3	4
05	Токарная обработка по наружному диаметру противобазового и базового торцов, зенкерование предварительное и чистовое, снятие фасок		Токарный восьмишпиндельный вертикальный полуавтомат мод. 1К282

Продолжение таблицы 8

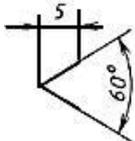
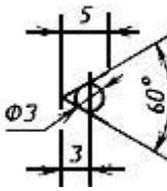
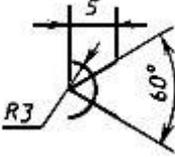
1	2	3	4
10	Протягивание шлицевого отверстия шлицевой протяжкой		Протяжной вертикальный станок для внутреннего протягивания мод. 7Б65
15	Зачистка заусениц на шлицевом отверстии (опиловочная)		
20	Чистовая токарная обработка базового, противобазового торца и наружной поверхности		Токарный станок с ЧПУ мод. 16К20Ф3
25	Нарезание зубьев $m=2,5$ с припуском под шлифование 0,1-0,2 мм на сторону		Зубофрезерный полуавтомат вертикальный мод. 5В312
30	Зубозакругление		Полуавтомат зубозакругляющий мод. 5Е580
35	Зубошевинговальная		Зубошевинговальный полуавтомат мод. 5В702
40	Термическая закалка венца ТВЧ		
45	Шлифование зубьев на центральной оправке (предвари-		Зубошлифовальный станок мод.

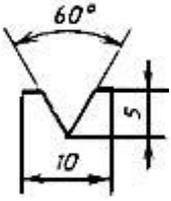
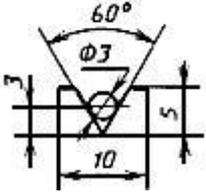
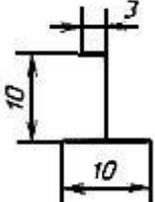
1	2	3	4
	тельное и окончательное)	 <p data-bbox="802 551 1106 622"><i>Отверстие шлицевое по большему диаметру</i></p>	5B833

В операционных картах технологического процесса на эскизах обработки опоры и зажимы указывают конструктивно в упрощённом виде или в виде условных знаков согласно ГОСТ 3.1107-81 «Единая система технологической документации. Опоры, зажимы, установочные устройства. Графические обозначения». В таблицах 9 и 10 приведены основные условные обозначения по ГОСТ 3.1107-81.

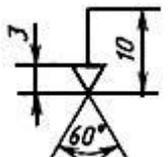
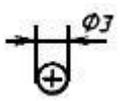
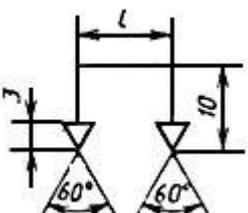
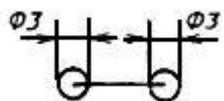
Таблица 9

Обозначения установочных устройств

Наименование установочного устройства	Обозначение установочного устройства
1	2
Центр неподвижный	
Центр вращающийся	
Центр плавающий	

1	2
Оправка цилиндрическая	
Оправка шариковая (роликовая)	
Патрон поводковый	
Патрон двухкулачковый	
Патрон трехкулачковый	
Патрон четырехкулачковый	

Обозначения зажимов

Наименование зажима	Обозначение зажима на видах		
	спереди, сзади	сверху	снизу
Одиночный			
Двойной			

Для указания устройств зажимов приняты обозначения: пневматические – *P*; электрические – *E*; магнитные – *M*; электромагнитные – *EM*; гидравлические – *H*; прочие – без обозначения.

При разработке технологического маршрута обработки должны быть освещены следующие вопросы:

- обоснование черновых и чистовых баз;
- выбор методов обработки отдельных поверхностей;
- обоснование последовательности базирования на промежуточных операциях с анализом погрешностей базирования (без числовых расчетов);
- сравнение рассматриваемых вариантов по трудоемкости или себестоимости (в этом случае делаются необходимые приближенные расчеты);
- сравнение маршрута с заводским или типовым;
- выводы.

При проектировании в технологическом маршруте наряду с основными операциями должны быть продуманы и предусмотрены также и вспомогательные, например: мойка, сушка, слесарная зачистка острых кромок, снятие за-

усенцев и т.п.

Маршрутная технология согласовывается с руководителем курсовой работы и после корректирования заносится в карты. В ней же фиксируется и оборудование по операциям. В процессе этой работы студент должен использовать технологический классификатор деталей и технологических операций. Литература [1–12].

3.7. Установление технологических переходов, определение промежуточных (межоперационных) припусков, размеров и допусков

Этот этап разработки технологического процесса включает:

- а) установление технологических переходов;
- б) определение промежуточных (межоперационных) припусков на обработку с установлением межпереходных размеров заготовки и назначением допусков на них.

Исходные данные по определению промежуточных припусков и межпереходных размеров принимаются по соответствующим таблицам справочной литературы [4, 5, 8] согласно принятому маршруту обработки рассматриваемой основной поверхности детали.

Промежуточные припуски и межоперационные размеры на остальные поверхности детали принимают равными рассчитанным для основных поверхностей или определяют по таблицам соответствующего ГОСТа.

Значения промежуточных допусков для различных видов механической обработки определяются по квалитетам точности, приведенным в таблицах экономической точности соответствующего способа обработки [4, 8].

Определение промежуточных припусков и размеров заготовки по технологическим переходам оформляют в виде таблицы принятой формы [1 – 3]. На основе ранее составленного анализа и определения припусков уточняется чертеж заготовки с указанием размеров, допусков и технических условий на ее приемку (твердость материала, термическая обработка, очистка поверхностей и

др.). Чертеж заготовки выполняется на листе формата А4 в расчетно-пояснительной записке. Литература [1–4, 8].

3.8. Разработка операций технологического процесса

На основе технологического маршрута обработки заготовки разрабатывается каждая операция.

Эта работа включает в себя следующие этапы:

1. Выбор схем построения операций (одноинструментная или многоинструментная; одноместная или многоместная; с последовательным или параллельно-последовательным порядком выполнения технологических переходов обработки). При сопоставлении проектируемых вариантов можно ограничиться анализом слагаемых оперативного времени. В соответствии с выбранной схемой построения операции формируются технологические переходы, и выбирается инструмент для их выполнения. Литература [1–5, 8–12].

2. Выбор и обоснование моделей станков (в соответствии с характером операции, размерами заготовки и обрабатываемых поверхностей), типов приспособлений и наладок станков. Литература [1, 14–18, 20–23].

3. Окончательное решение вопросов базирования и закрепления с соответствующим анализом точности обработки, пересчетом чертежных размеров и назначением технологических допусков в случае нарушения принципа совмещения установочных и измерительных баз. Литература [1, 4, 7, 8, 11].

4. Определение режимов резания и норм времени по каждой операции. Режимы резания для всех переходов определяются по нормативам или по составленной программе на ЭВМ. При черновой и многоинструментной обработке необходим проверочный расчет по мощности резания. Для поточного производства операции синхронизируются по такту выпуска. Литература [12, 13, 24–28].

5. Для разработанных операций выполняются операционные эскизы обработки в технологических картах. На эскизе обработки заготовку вычерчива-

ют упрощенно, без подробностей, но так, чтобы были показаны все обработанные и установочные поверхности и поверхности, к которым прилагаются силы закрепления. Режущие инструменты изображаются в конечном рабочем положении. Эскизы выполняются карандашом или в системе САПР/ТП. Обрабатываемые поверхности вычерчивают красными или черными линиями (утолщенными). Установочные и зажимные элементы приспособлений изображаются конструктивно в упрощенном виде. Проставляют все размеры, которые необходимо получить после обработки на данной операции, и допуски на них. Указывают шероховатость поверхностей, обработанных в данной операции. По согласованию с руководителем курсовой работы на эскизах обработки неотвеченных поверхностей детали установочные и зажимные элементы приспособлений показывают условными обозначениями согласно ГОСТ 3.1107-81. Литература [1–3].

3.9. Расчет режимов резания и норм времени для выполнения операций технологического процесса

Режимы резания (глубина, подача и скорость резания) определяют точность, качество обработанной поверхности, производительность и себестоимость обработки. Для каждого технологического перехода определяют элементы режима резания, мощность и основное технологическое время [2, 12].

Исходными данными для расчета режимов резания являются:

а) материал обрабатываемой поверхности заготовки и его физико-механические свойства;

б) размеры и геометрическая форма обрабатываемой заготовки;

в) технические условия на изготовление детали;

г) инструментальный материал, типоразмер и геометрические параметры режущей части инструмента;

д) паспортные характеристики оборудования.

Выбор инструментального материала, типоразмера инструмента и гео-

метрических параметров его режущей части производят в соответствии с рекомендациями справочной литературы [4, 5, 13–16].

Описание методики расчета режимов резания для одноинструментной и многоинструментной обработки приводится в литературе [1–3, 24–28]. Вначале устанавливают глубину резания t , мм, потом подачу S_o , мм/об. или S_m , мм/мин, и в последнюю очередь скорость резания V , м/мин. Глубина резания при однопроходной обработке на предварительно настроенном станке определяется величиной ранее установленного промежуточного припуска на обработку данной поверхности. Подачу назначают максимально допустимую. При черновой обработке подача ограничивается прочностью и жесткостью самого слабого звена данной технологической системы (инструмент, заготовка или отдельные элементы станка). При чистовой обработке и отделке основных поверхностей детали подача определяется в зависимости от заданных норм точности, шероховатости и специфических требований по параметрам качества физико-механического состояния поверхностного слоя.

Скорость резания рассчитывают, ориентируясь на экономическую стойкость режущего инструмента. В особых случаях принимают во внимание стойкость наибольшей производительности. По скорости резания находят частоту вращения шпинделя n , мин⁻¹ или числа двойных ходов стола ползуна n , дв. х/мин, которые в производственных условиях согласовывают с паспортными данными станка.

Режимы резания в справочниках установлены для вполне конкретных условий, которые определяются механическими свойствами обрабатываемого материала, геометрией режущего инструмента, его стойкостью, мощностью станка, размерами твердосплавных пластинок, вылетом резца, прочностью и другими факторами. Для измененных условий работы в справочниках даются таблицы поправочных коэффициентов. Окончательно режимы резания для каждого выполняемого перехода принимают по паспортным данным станка. При отсутствии в справочниках по металлорежущим станкам всех значений чисел оборотов и подач промежуточные значения определяют по таблицам геомет-

рического ряда чисел оборотов и подач, составленным с учетом знаменателя геометрической прогрессии, на основании значений пределов чисел оборотов (подач) и числа ступеней [1, 2].

Полная запись (текст) всех операций расчета режимов резания и норм времени занимает много времени и места. В целях сокращения затрат времени и объема записей рекомендуется расчет режимов резания и норм времени оформлять в виде таблицы.

В пояснительной записке необходимо приводить пояснения только некоторых расчетов и исходных данных, не отраженных в таблице, например: особенности схемы обработки, конструктивные особенности режущих инструментов, методику расчета режимов резания при многоинструментной обработке, формулы, по которым рассчитано основное технологическое время.

Технические нормы времени в условиях массового и крупносерийного производства устанавливаются расчетно-аналитическим методом.

При массовом производстве норма штучного времени определяется по формуле

$$T_{\text{шт}} = t_o + t_b + t_{\text{орг}} + t_t + t_{\text{отд}},$$

где t_o – основное (технологическое) время;

t_b – вспомогательное время;

$t_t, t_{\text{орг}}$ – соответственно время технического и организационного обслуживания рабочего места;

$t_{\text{отд}}$ – время перерывов на отдых и естественные надобности рабочего.

При серийном производстве дополнительно определяется подготовительно-заключительное время $T_{\text{пз}}$, которое затрачивается на подготовку и наладку оборудования, приспособлений и инструментов, сдачу выполненной работы.

Штучно-калькуляционное время в зависимости от количества изготавливаемых деталей в партии определяется по формуле

$$T_{\text{шт.к}} = T_{\text{шт}} + \frac{T_{\text{пз}}}{n},$$

где n – количество заготовок в партии, шт.

После определения содержания операций, выбора оборудования, инструментов и расчета режимов резания определяются нормы времени в такой последовательности:

1. На основании рассчитанных режимов работы оборудования по каждому переходу вычисляется основное (технологическое) время

$$t_o = \frac{L \cdot i}{S_m},$$

где L – расчетная длина обработки, мм;

i – число проходов в данном переходе;

S_m – минутная подача инструмента, мм/мин.

Для расчета t_o величина S_m уже обоснована предшествующими расчетами режимов резания. Остается определить и обосновать только расчетную длину обработки L .

При ручном подводе инструмента величина L получается прибавлением к основной длине обработки пути врезания $l_{вр}$ и схода $l_{сх}$ режущего инструмента

$$L = l + l_{вр} + l_{сх}.$$

При автоматическом цикле обработки к величине L прибавляют небольшой путь подвода инструмента к заготовке $l_{пд}$ для предупреждения удара в начале резания

$$L = l + l_{пд} + l_{вр} + l_{сх}.$$

2. По содержанию каждого перехода устанавливается необходимый комплекс приемов вспомогательной работы и определяется вспомогательное время t_B с учетом возможных и целесообразных совмещений и перекрытий.

Вспомогательное время для любой операции складывается из следующих элементов: времени на установку и снятие заготовки, времени, связанного с переходом (времени на изменение числа оборотов и подачи, на смену режущего инструмента и на контрольные промеры). Комплексы типовых приемов, связанных с выполнением данной операции, и затраты времени на их осуществление приведены в нормативах, [27, 28].

3. По нормативам в зависимости от операций и оборудования устанавливается время на обслуживание рабочего места t_r и $t_{орг}$, отдых и естественные надобности $T_{отд}$.

4. Определяется норма штучного времени $T_{шт}$.

5. Для серийного производства устанавливается состав подготовительно-заключительной работы, определяется подготовительно-заключительное время $T_{пз}$ и штучно-калькуляционное время $T_{шт..к}$. Литература [1–3, 24–28].

3.10. Основные технико-экономические показатели разработанного технологического процесса

В конце технологической части расчетно-пояснительной записки должны быть помещены расчет и сводная таблица основных технико-экономических показателей разработанного технологического процесса: годовая программа выпуска, действительный годовой фонд времени работы оборудования и рабочего, масса детали и заготовки, коэффициент использования металла, технологическая себестоимость заготовки, сумма основного времени по операциям, сумма штучного времени по операциям, средний коэффициент использования оборудования по основному времени, средний коэффициент загрузки оборудования, количество единиц производственного оборудования и др. Этот раздел расчетно-пояснительной записки оформляется в соответствии с методическими положениями, изложенными в [1–3].

4. Проектирование приспособления

Для заданной операции разработанного технологического процесса студент конструирует станочное или контрольное приспособление. Задача по проектированию приспособления в процессе выполнения курсовой работы может быть сведена к следующим вариантам:

1. Проектирование приспособления для условий производства сравни-

тельно простых деталей, где подобная оснастка не была разработана.

2. Модернизация существующей конструкции приспособления на основе изучения его работы в производственных условиях при прохождении технологической практики.

Конструирование приспособления целесообразно начинать с уточнения схемы установки, определения типа и размера установочных элементов, их количества и взаимного положения. Зная из технологического процесса силы резания, устанавливают место приложения сил зажима и определяют их величину.

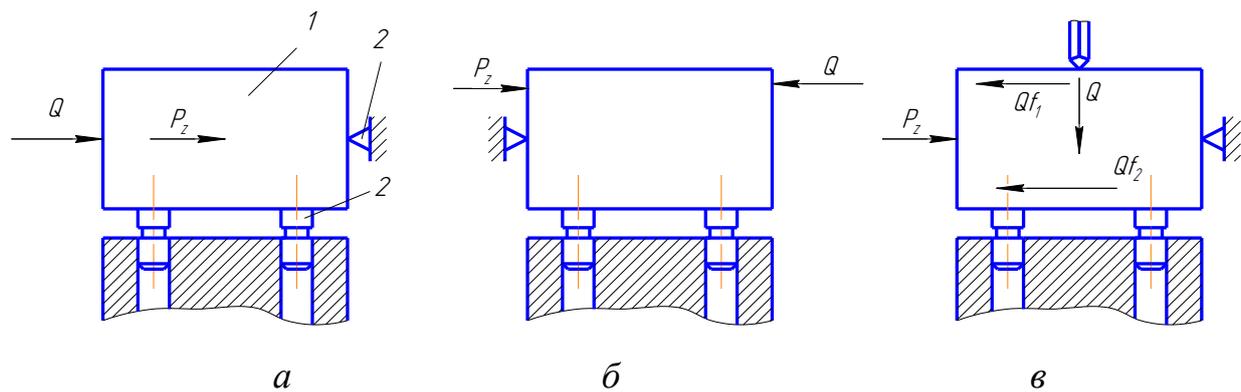


Рис. 3. Схемы для расчета сил зажима: *а* – силы резания и зажима действуют на заготовку в одном направлении; *б* – те же силы действуют в противоположных направлениях; *в* – те же силы действуют взаимно перпендикулярно:

1 – заготовка; 2 – опоры

Возможны следующие основные случаи воздействия на заготовку сил резания, сил зажима и их моментов (см. рис. 3).

1. Сила зажима Q и сила резания P_z действуют в одном направлении и прижимают заготовку 1 к опорам приспособления (рис. 3, *а*). Если сила P_z постоянна, то $Q=0$. Это наиболее благоприятный случай расположения сил, так как в этом случае требуется минимальная сила зажима. Такой случай имеет место при протягивании отверстий на протяжных станках, обработке отверстий на сверлильных станках, цековани и фрезеровании бобышек и т. д.

2. Когда под действием сил или моментов резания возникают сдвигаю-

щие силы N , не совпадающие с направлением зажимных сил. Например, действия сил зажима Q и силы резания P_z взаимно противоположны (см. рис. 3, б). В этом случае величина силы зажима определяется произведением

$$Q = k \cdot P_z,$$

где k – коэффициент запаса. При черновой обработке $k=2,5$, при чистовой – $k=1,5$.

3. Заготовка 1 базируется на установочных элементах приспособления и прижимается к ним силой зажима Q , а сила резания P_z действует в перпендикулярном направлении (см. рис. 3, в). Силе резания P_z противодействуют силы трения T между опорными элементами приспособления и нижней базовой поверхностью заготовки Qf_2 , а также между верхней поверхностью заготовки и поверхностью зажима Qf_1 . Требуемая сила зажима Q определяется по формуле

$$Q \cdot f_1 + Q \cdot f_2 = k \cdot P_z,$$

где f_1 и f_2 – коэффициенты трения заготовок в местах зажима и на опорах приспособления.

Откуда требуемая сила зажима

$$Q = \frac{k \cdot P_z}{f_1 + f_2}.$$

При $f_1=f_2=0,1$ сила зажима

$$Q = 5kP_z.$$

Эта схема характерна, например, при фрезеровании замкнутых контуров, при маятниковом фрезеровании, когда подача инструмента изменяется в разных направлениях.

4. Заготовка установлена и закреплена в трехкулачковом патроне (рисунок 4, а). На заготовку действует крутящий момент $M_{рез}$, стремящийся повернуть ее вокруг оси, и осевая составляющая усилия резания P_x , направленная по оси и стремящаяся ее сдвинуть. Сила зажима определяется из равенства

$$Q_{\Sigma} \cdot f \cdot R = k \cdot M_{рез},$$

где Q_{Σ} – суммарная сила зажима всеми кулачками, Н;

f – коэффициент трения между поверхностями детали и кулачков;
 R – радиус заготовки, мм;
 k – коэффициент запаса;
 $M_{рез}$ — момент силы резания, Н·м.

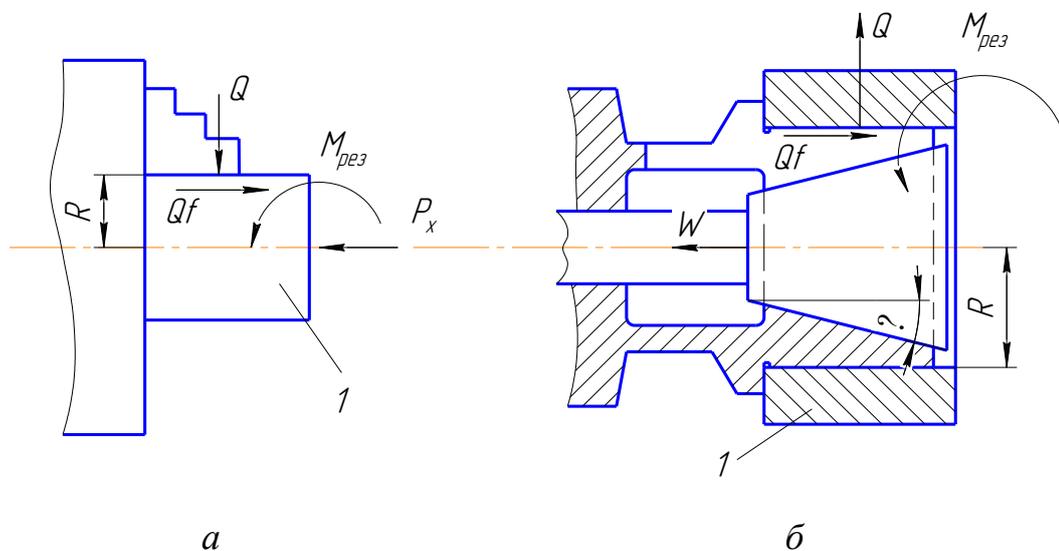


Рис. 4. Схема взаимодействия сил резания и сил зажима на обрабатываемую деталь 1: а – при установке в трехкулачковом патроне; б – на цанговой оправке

Откуда

$$Q_{\Sigma} = \frac{k \cdot M_{рез}}{f \cdot R}.$$

Сила зажима, развиваемая одним кулачком

$$Q = \frac{Q_{\Sigma}}{z},$$

где z – число кулачков.

При большом значении P_x полученная сила проверяется на продольный сдвиг по формуле

$$Q_{\Sigma} \cdot f \geq k \cdot P_x.$$

Тогда

$$Q_{\Sigma} \geq \frac{k \cdot P_x}{f}.$$

5. Заготовка установлена и закреплена на цанговой оправке (рис. 4, б). При обработке возникает момент резания $M_{\text{рез}}$, стремящийся повернуть заготовку вокруг оси. Ему противодействует момент силы трения $M_{\text{тр}}$, возникающий между базирующей поверхностью заготовки и установочной поверхностью цанги. Суммарная сила зажима, развиваемая всеми лепестками цанги, определяется по формуле

$$Q_{\Sigma} \cdot f \cdot R = k \cdot M_{\text{рез}}.$$

Откуда

$$Q_{\Sigma} = \frac{k \cdot M_{\text{рез}}}{f \cdot R}.$$

При расчете величины сил зажима для приспособлений, где применяются передаточные механизмы, необходимо учитывать передаточные отношения этих механизмов. Значение зажимной силы будет зависеть от величины исходной силы P_N , развиваемой приводом, и передаточного отношения между исходной силой P_N и силой Q

$$Q = P_N \cdot i,$$

где i – передаточное отношение механизма.

$$i = \frac{Q}{P_N}.$$

На основании данных о регламентированном времени на закрепление и открепление заготовки и силы зажима устанавливаются тип зажимного устройства и его основные размеры. Далее выбирают тип и размеры элементов для направления и контроля положения режущего инструмента, выявляют необходимые вспомогательные устройства, устанавливают их конструкцию и размеры. При выборе конструкции и размеров перечисленных элементов следует в максимальной степени использовать имеющиеся нормы и стандарты.

Конструирование общего вида приспособления начинают с нанесения на

лист контура заготовки в нескольких проекциях, которые показывают условными линиями. Число вычерчиваемых проекций заготовки зависит от сложности принятой схемы приспособления. Вычерчивание общего вида ведут методом последовательного нанесения отдельных элементов приспособления вокруг контура заготовки. Сначала вычерчивают установочные элементы (опоры), затем зажимные устройства, детали для направления режущего инструмента и вспомогательные устройства. После этого определяют контуры корпуса приспособления, который объединяет в единое целое перечисленные выше элементы. Общий вид приспособления обычно вычерчивают в масштабе 1:1. На общем виде приспособления указывают его габаритные размеры; размеры, выдерживаемые при сборке и отладке приспособления; нумерацию деталей. Общий вид должен содержать технические условия на сборку приспособления.

В расчетно-пояснительную записку должны войти основные расчеты и обоснование выбранной конструкции приспособления, в том числе:

- а) обоснование выбора схемы базирования и закрепления заготовки;
- б) расчет усилий закрепления и параметров силовых узлов приспособления;
- в) расчеты и обоснования конструктивных параметров приспособления;
- г) расчеты, обосновывающие технические условия на изготовление приспособления.

Общий вид приспособления со всеми необходимыми проекциями, сечениями, размерами и техническими условиями оформляется на листе формата А1 в соответствии с требованиями ЕСКД. Спецификация на приспособление приводится в приложении расчетно-пояснительной записки. Литература [1-3, 19-23].

5. Выполнение графической части курсовой работы

Все чертежи (детали, заготовки, технологических эскизов, приспособления) курсовой работы выполняются в полном соответствии с требованиями

ЕСКД.

Обычно эскизы вычерчивают в уменьшенном масштабе против заданного чертежа детали. Масштаб уменьшения не регламентируется, а выбирается таким, чтобы на листе формата А4 уместилось два эскиза.

На эскизе обработки изображают заготовку, установленную в приспособление и обработанную в данной операции. В главной проекции (вид спереди) эскиза обработки заготовку изображают так, как рабочий видит ее со своего рабочего места. На эскизе должны быть показаны все установочные элементы, лишаящие заготовку необходимого количества степеней подвижности, и все зажимные элементы, необходимые для ее закрепления. Если одной главной проекции для этого недостаточно, дополнительно дают вид слева и справа. Вместо видов можно давать разрезы. Эскизы на характерные операции обработки основных поверхностей детали выполняются с конструктивным изображением установочных и зажимных элементов приспособлений, режущих и вспомогательных инструментов. Режущий инструмент во всех случаях изображается в конечном рабочем положении, т.е. когда обработка на данной операции закончена. Следует указать стрелками направления главного рабочего движения и подачи, а также получаемые размеры и шероховатость обработанных поверхностей. Когда на одном операционном эскизе показывается несколько переходов, номер каждого перехода проставляется на эскизе у каждого режущего инструмента. Примеры выполнения эскизов представлены в Приложении Б.

В технологических картах на операции, для которых разрабатываются эскизы, подробно указываются: номер операции и ее наименование; название и модель станка; приспособление; режущий и вспомогательный инструменты; содержание переходов; элементы режима резания (t , S , V , n) по переходам и нормы основного и штучного времени и другие данные необходимые для выполнения операции.

При оформлении чертежей студент четко вписывает свою фамилию и фамилию руководителя в графы штампа чертежных листов. Рядом с напи-

санными фамилиями студент и руководитель курсовой работы расписываются (обязательно чернилами и с указанием даты).

6. Оформление расчетно-пояснительной записки

Расчетно-пояснительная записка составляется в течение всего проектирования параллельно с выполнением этапов курсовой работы. На последних этапах проектирования пояснительная записка окончательно оформляется. Расчетно-пояснительная записка пишется от руки чернилами разборчивым почерком или печатается на одной стороне листа писчей бумаги формата А4, номеруется и брошюруется. Она должна быть краткой (20...25 страниц), написана грамотно, хорошим литературным языком.

Рекомендуется следующая структура расчетно-пояснительной записки по курсовой работе:

1. Титульный лист.
2. Задание на курсовую работу.
3. Содержание.
4. Введение.
5. Общая часть.
6. Анализ исходных данных для проектирования технологического процесса.
7. Определение типа и организационной формы производства.
8. Выбор и обоснование метода изготовления заготовки.
9. Разработка маршрута механической обработки.
10. Определение припусков, межоперационных (межпереходных) размеров и допусков.
11. Разработка операций технологического процесса.
12. Расчет режимов резания и норм времени для выполнения операций.
13. Техничко-экономические показатели разработанного технологического процесса.
14. Конструирование приспособления.

15. Заключение по работе.
16. Библиографический список.
17. Приложение А (комплект технологических карт на разрабатываемые операции).
18. Приложение Б (спецификация на приспособление).

7. Защита курсовой работы

По результатам выполнения и защиты курсовой работы устанавливается оценка по рейтинговой системе в пределах 53...100 баллов.

Курсовая работа студента оценивается по следующим критериям:

- а) степени соответствия объема и содержания курсовой работы заданию;
- б) оригинальности и техническому соответствию спроектированного технологического процесса;
- в) качеству выполнения расчетной части, принятых решений и оформления расчетно-пояснительной записки;
- г) качеству выполнения графической части;
- д) соответствию выполненных расчетов, записки, чертежей требованиям ГОСТов и ЕСКД;
- е) правильности ответов на вопросы, поставленные членами комиссии в ходе защиты;
- ж) четкости изложения доклада.

В случае неудовлетворительной защиты вопрос о повторном проектировании или повторной защите решается заведующим кафедрой.

Библиографический список

1. Курсовое проектирование по технологии машиностроения [Текст]: учебное пособие/ Л. В. Лебедев [и др.] – 2-е изд., перераб. и доп. – Старый Оскол: ТНТ, 2008. – 424с.
2. Горбачевич, А.Ф. Курсовое проектирование по технологии машино-

строения [Текст]: учеб. пособие для машиностроит. спец. вузов / А.Ф. Горбачевич, В.А. Шкред. – Минск: Вышэйша школа, 1983. – 256 с.

3. Худобин, Л.В. Курсовое проектирование по технологии машиностроения [Текст]: учеб. пособие для машиностроит. спец. вузов / Л.В. Худобин [и др.] – Москва: Машиностроение, 1989. – 260 с.

4. Справочник технолога-машиностроителя [Текст]: справочник. В 2-х т. Т.1/ под ред. А.М. Дальского [и др.] – 5-е изд. перераб. и доп. – Москва: Машиностроение, 2001. – 912 с.

5. Справочник технолога-машиностроителя [Текст]: справочник. В 2-х т. Т.2/ под ред. А.М. Дальского [и др.] – 5-е изд. перераб. и доп. – Москва: Машиностроение, 2001. – 905 с.

6. Суслов, А.Г. Технология машиностроения [Текст]: учебник для студентов машиностроительных специальностей вузов./ А.Г. Суслов. – 2-е изд. перераб. и доп. – Москва: Машиностроение, 2007. – 430 с.

7. Технология автомобиле- и тракторостроения [Текст]: учебник для студ. высш. учеб. заведений/ А.В. Победин [и др.]; под. ред. А.В. Победина. – Москва: Академия, 2009. – 352 с.

8. Косилова, А.Г. Точность обработки, заготовки и припуски в машиностроении [Текст]: справочник технолога/ А.Г. Косилова [и др.] – Москва: Машиностроение, 1976. – 288 с.

9. Торопов, Ю.А. Припуски, допуски и посадки гладких цилиндрических соединений. Припуски и допуски отливок и поковок [Текст]: справочник/ Ю.А. Торопов. – 2-е изд. перераб. и доп. – Санкт-Петербург: Профессия, 2007. – 688 с.

10. Афонькин, Л.Г. Производство заготовок в машиностроении [Текст]/ Л.Г. Афонькин, М.В. Магницкая. – Ленинград: Машиностроение, 1987. – 256 с.

11. Технология машиностроения [Текст]. В 2-х т. Т.1. Основы технологии машиностроения: учебник для вузов/ В.М. Бурцев [и др.]; под. ред. А. М. Дальского. – 2-е изд. доп. и переаб. – Москва: Изд-во МВТУ им. Баумана, 2001. – 596 с.

12. Технология машиностроения [Текст]. В 2-х т. Т.2. Производство машин: учебник для вузов/ В.М. Бурцев [и др.]; под. ред. А. М. Дальского. – 2-е изд. доп. и

переаб. – Москва: Изд-во МВТУ им. Баумана, 2001. – 604 с.

13. Обработка металлов резанием [Текст]: справочник технолога/ под ред. А.А. Попова. – Москва: Машиностроение, 1988. – 736 с.

14. Проектирование технологии [Текст]/ под ред. чл.-кор. АН СССР Ю.М. Соломенцева. – Москва: Машиностроение, 1990. – 416 с.

15. Прогрессивные режущие инструменты и режимы резания [Текст]: справочник/ под общей ред. В.И. Баранчикова. – М.: Машиностроение, 1990. – 400 с.

16. Зюзин, А.А. Методические указания к курсовому и дипломному проектированию по выбору инструментальных материалов / А.А. Зюзин, В.И. Заграничный. – Липецк: Изд-во ЛГТУ, 1991. – 32 с.

17. Металлорежущие станки [Текст]: учебник для машиностроительных вузов/ под ред. В.Э. Пуша. – Москва: Машиностроение, 1985. – 256 с.

18. Металлорежущие станки и автоматы [Текст]: учебник для машиностроительных вузов/ под ред. А.С. Проникова. – Москва: Машиностроение, 1981. – 479 с.

19. Горохов, В.А.. Проектирование и расчет приспособлений [Текст]: учебник/ В.А. Горохов, А.Г. Схиртладзе. – Старый Оскол: ТНТ, 2008. – 304 с.

20. Корсаков, В.С. Основы конструирования приспособлений [Текст]: учебник для вузов/ В.С. Корсаков. – 2-е изд., перераб. и доп.– Москва: Машиностроение, 1983. – 277 с.

21. Горошкин, А.К. Приспособления для металлорежущих станков [Текст]: справочник/ А.К. Горошкин. – Москва: Машиностроение, 1979. – 303 с.

22. Станочные приспособления [Текст]: справочник. В 2-х т. Т. 1/ под ред. Б.Н. Вордашкина. – Москва: Машиностроение, 1984. – 592 с.

23. Тарликова, Т.Ф. Основы конструирования приспособлений [Текст]/ Т.Ф. Тарликова [и др.] – Москва: Машиностроение. 1980. – 119 с.

24. Режимы резания металлов [Текст]: справочник/ под ред. Ю.В. Барановского. – Москва: Машиностроение, 1977. – 407 с.

25. Общемашиностроительные нормативы режимов резания для технического нормирования работ на металлорежущих станках [Текст]. В 2-х ч. Ч. I. Токарные, карусельные, токарно-револьверные, алмазно-расточные, сверлильные строгальные, долбежные и фрезерные станки. – Москва: Машиностроение, 1974. – 416 с.

26. Общемашиностроительные нормативы режимов резания для технического нормирования работ на металлорежущих станках [Текст]. В 2-х ч. Ч. II. Зуборезные, горизонтально-расточные, резьбо-накатные и отрезные станки. – Москва: Машиностроение, 1974. – 200 с.

27. Общемашиностроительные нормативы времени вспомогательного, на обслуживание рабочего места и подготовительно-заключительного на работы, выполняемые на металлорежущих станках. Среднесерийное и крупносерийное производство [Текст]. – Москва: Изд-во НИИ труда, 1984. – 360 с.

28. Общемашиностроительные нормативы времени вспомогательного, на обслуживание рабочего места и подготовительно-заключительного на работы, выполняемые на металлорежущих станках. Массовое производство [Текст]. – Москва: Экономика, 1988. – 366 с.

29. Справочник контролера машиностроительного завода. Допуски, посадки, линейные измерения [Текст]/ под ред. А.И. Якушева. – Москва: Машиностроение, 1980. – 527 с.

30. ГОСТ 21495 – 76. Базирование и базы в машиностроении. Термины и определения [Текст]. – Введ. 1977 – 01 – 01. – Москва: Издательство стандартов, 1990. – 38 с.

31. ГОСТ Р 53464 – 2009. Отливки из металлов и сплавов. Допуски размеров, массы и припуски на механическую обработку [Текст]. – Введ. – 2010 – 07 – 01. – Москва: Стандартинформ, 2010. – 48 с.

32. ГОСТ 7829 – 70. Поковки из углеродистой и легированной стали, изготавливаемые ковкой на молотах. Припуски и допуски [Текст]. – Введ. – 1971 – 01 – 01. – Москва: Издательство стандартов, 2000. – 27 с.

33. ГОСТ 7062 – 90. Поковки из углеродистой и легированной стали, изготавливаемые ковкой на прессах. Припуски и допуски [Текст]. – Введ. – 1992 – 01 – 01. –

Москва: Издательство стандартов, 2003. – 31 с.

34. ГОСТ 8479 – 70. Поковки из конструкционной углеродистой и легированной стали [Текст]. – Взамен ГОСТ 8479 – 57; введ. 1971 – 01 – 01. – Москва: Издательство стандартов, 1987. – 18 с.

35. ГОСТ 7505 – 89. Поковки стальные штампованные. Допуски, припуски и кузнечные напуски [Текст]. – Введ. 1990 – 07 – 01.– Москва: Издательство стандартов, 1990. – 57 с.