

Министерство науки и высшего образования
Российской Федерации
Государственный университет «Дубна»
Филиал «Протвино»

Кафедра автоматизации технологических
процессов и производств

Г. В. Курзуков, Н. М. Кудрявов

**Курсовое проектирование
по дисциплине
«Технологические процессы
автоматизированных производств»**

УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ

Рекомендовано учебно-методическим советом
университета «Дубна» в качестве учебного
пособия для студентов университета «Дубна»,
обучающихся по направлению подготовки
«Автоматизация технологических процессов и
производств»
(бакалавриат)



**Дубна
2023**

УДК 681.5(371.385.5)
ББК 34.630.2-52с515я73
К 93

Р е ц е н з е н т ы :

кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой АТПИП
государственного университета «Дубна» *П. В. Маков*,
кандидат технических наук, доцент кафедры АТПИП
государственного университета «Дубна» *А. М. Сасов*

Курзуков, Г. В.

К 93 Курсовое проектирование по дисциплине «Технологические процессы автоматизированных производств» : учебное пособие / Г. В. Курзуков, Н. М. Кудрявов. — Дубна : Гос. ун-т «Дубна», 2023. — 78, [2] с.

ISBN 978-5-89847-671-7

Пособие содержит теоретические сведения и методические указания для выполнения курсового проекта по дисциплине «Технологические процессы автоматизированных производств».

Рассматривается проектирование и нормирование технологического процесса механической обработки детали с разработкой программы для станка с ЧПУ. Приводится пример выполнения разделов проекта.

При выполнении курсового проекта предполагается использование систем автоматизированного проектирования (САПР): КОМПАС-3D, СПРУТ-ТП, SprutCAM.

Предназначено для студентов, обучающихся по направлению 15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств».

УДК 681.5(371.385.5)
ББК 34.630.2-52с515я73

ISBN 978-5-89847-671-7

© Государственный университет
«Дубна», 2023
© Курзуков Г. В., Кудрявов Н. М.,
2023

1. Общие положения

Цели и задача курсового проектирования

Цели курсового проектирования:

- привить студентам умение самостоятельного решения комплекса инженерных задач по проектированию технологических процессов (ТП) изготовления деталей машин;
- научить студентов работать с технической и справочной литературой при разработке технологических процессов;
- научить студентов использовать системы автоматизированного проектирования технологических процессов (САПР ТП) для проектирования и нормирования технологических процессов и оформления технологической документации;
- научить студентов использовать системы автоматизированного проектирования, предназначенные для разработки управляющих программ для станков с ЧПУ.

Задачей курсового проектирования является разработка рационального варианта технологического процесса механической обработки детали на основе принятия технически и экономически обоснованных решений.

Тематика курсовых проектов

Темой курсового проектирования является разработка технологического процесса изготовления конкретной детали в условиях серийного или массового производства на базе использования автоматизированных станочных систем.

Исходные данные для проектирования и задание на курсовой проект

Исходными данными для проектирования являются: чертеж детали с техническими условиями на ее изготовление и годовой объем выпуска.

Состав и объем проекта

В проект входят пояснительная записка объемом 25–40 страниц машинописного текста и приложения к пояснительной записке – маршрутные и операционные технологические карты механической обработки, графическая часть. Объем графической части должен соответствовать двум листам формата А1.

Содержание расчетно-пояснительной записки и требования к ее оформлению

В пояснительную записку должны входить:

- титульный лист (приложение 4);
- задание на курсовой проект;
- оглавление;
- служебное назначение детали;
- определение типа производства;
- анализ технологичности детали;
- выбор вида и способа получения заготовки;
- разработка маршрутного и операционного технологического процесса изготовления детали;
- расчет параметров заготовки;
- расчет режимов резания на переходах технологического процесса;
- расчет технологического и штучно-калькуляционного времени изготовления детали;
- выбор автоматизированного приспособления для закрепления детали или инструмента;
- разработка управляющей программы обработки детали для станка с ЧПУ;
- список использованной литературы.

Приложения к пояснительной записке:

- чертеж детали;
- чертеж заготовки;
- чертеж технологического приспособления;
- спецификация к сборочному чертежу приспособления;
- эскизы наладок операций технологического процесса и (или) карты эскизов;
- маршрутная карта технологического процесса;
- операционные карты технологического процесса.

Пояснительная записка оформляется на листах формата А4. Первый лист оформляется по ГОСТ 2.104-2006 (форма для первого листа текстовых конструкторских документов). Основная надпись первого листа оформляется в соответствии с рис. 1. В обозначении «ТПАП-ВВ.ВВ» вместо символов «ВВ.ВВ» указывается номер ва-

рианта. Последующие листы допускается оформлять без рамки и основной надписи. Текст записки набирается в текстовом редакторе (шрифт Times New Roman, размер 14, междустрочный интервал – 1,5 строки), в таблицах размер шрифта 12. В тексте в обязательном порядке должны быть ссылки на используемую литературу, номера страниц, таблиц (при использовании формул и справочных данных).

					<i>ТПАП-ВВ.ВВ</i>		
<i>Изм./Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>	<i>Технологический процесс изготовления детали (наименование детали)</i>	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Разраб.</i>	<i>Фамилия студ.</i>						1
<i>Проб.</i>	<i>Фамилия рук.</i>						
<i>Н.контр.</i>							
<i>Утв.</i>							
					<i>Шифр учебной группы</i>		

Рис. 1. Основная надпись первого листа пояснительной записки

Содержание графической части и требования к ее оформлению

Графическая часть курсового проекта включает следующие материалы:

- чертеж детали;
- чертеж заготовки;
- чертеж технологического приспособления;
- эскизы наладок операций технологического процесса и (или) карты эскизов (по согласованию с руководителем курсового проекта).

Обозначения в основной надписи чертежей аналогичны обозначению в пояснительной записке. Примеры заполнения основной надписи чертежей показаны на рис. П1.3, П1.4.

Чертежи выполняются с помощью САПР КОМПАС. При наличии возможности чертежи компонуются и распечатываются на листах формата А1. По согласованию с руководителем курсового проекта чертежи могут быть распечатаны на листах меньшего формата.

Последовательность выполнения курсового проекта

Выполнение курсового проекта условно можно разделить на четыре этапа: разработка технологического процесса (ТП) с проведением ручных расчетов и выполнением чертежей; автоматизированное проектирование и нормирование ТП; разработка ав-

томатизированного приспособления для закрепления детали или инструмента; создание управляющей программы для станка с ЧПУ.

Краткая характеристика этапов выполнения проекта и методические рекомендации по работе

Этап 1. Разработка технологического процесса (ТП) с проведением ручных расчетов и выполнением чертежей.

Начинать выполнение курсового проекта следует с написания расчетно-пояснительной записки в последовательности, изложенной в главе 2 настоящего пособия. При этом по завершении каждого раздела проекта его содержание, правильность расчетов и выводов следует согласовывать с руководителем проекта. Если итогом выполнения раздела является чертеж, то к разработке чертежа надо приступить сразу после согласования расчетов раздела с руководителем. Например, после выполнения раздела «Расчет параметров заготовки» следует разработать чертеж заготовки. Примеры расчетов приведены в приложении 1.

Все чертежи курсового проекта выполняются с помощью САПР КОМПАС-3D. Примеры чертежей приведены в приложении 1.

Этап 2. Автоматизированное проектирование и нормирование ТП.

Результатом работы на этом этапе являются рассчитанные режимы резания, нормы времени для всех переходов технологического процесса, рассчитанное штучно-калькуляционное время обработки детали, оформленные маршрутная карта, операционные карты, карты эскизов. Бланки этих документов заполняются в результате автоматизированной разработки технологического процесса с помощью САПР СПРУТ-ТП (или аналогичной).

Примечание. Результаты автоматизированных расчетов, полученные на этом этапе, используются при оформлении эскизов наладок операций, выполняемых на этапе 1.

Примеры оформления маршрутной и операционной карты приведены на рис. П1.6, П1.7.

Этап 3. Разработка автоматизированного приспособления для закрепления детали или инструмента.

На этом этапе выбирается автоматизированное приспособление, выполняется сборочный чертеж приспособления и спецификация с помощью САПР КОМПАС-3D.

Результаты выполнения этапа отражаются в соответствующем разделе пояснительной записки.

Этап 4. Разработка управляющей программы для станка с ЧПУ.

Этот этап выполняется с использованием САПР SprutCAM или аналогичной.

Результаты работы отражаются в соответствующем разделе пояснительной записки.

Защита курсового проекта

Выполненный курсовой проект просматривается и допускается руководителем к защите. В ходе защиты необходимо кратко изложить поставленные задачи и основные результаты, полученные в процессе проектирования, ответить на заданные вопросы.

Возможна комиссионная защита курсовых проектов.

2. Методические указания по выполнению разделов проекта

2.1. Служебное назначение детали

В разделе необходимо сформулировать служебное назначение детали, привести условия ее эксплуатации. Выявить основные и вспомогательные конструкторские базы. Провести анализ точности размеров и формы детали, шероховатости поверхностей. Перед началом выполнения раздела рекомендуется прочитать главу 2 в [1] «Точность механической обработки».

2.2. Определение типа производства

Тип производства можно определить по коэффициенту закрепления операций, который рассчитывается по формуле

$$K = \tau_{\text{в}} / t_{\text{ш.ср.}}, \quad (1)$$

где $\tau_{\text{в}}$ – такт выпуска, мин.; $t_{\text{ш.ср.}}$ – среднее штучное (штучно-калькуляционное) время выполнения основных операций обработки, мин.

Такт выпуска рассчитывается по формуле:

$$\tau_{\text{в}} = (F_0 \cdot 60) / N \text{ (мин)}, \quad (2)$$

где F_0 – действительный годовой фонд времени работы оборудования при двухсменной работе, рекомендуется принимать равным 4015 ч.; N – годовой объем выпуска деталей, шт.

По полученным значениям коэффициента K определяется тип производства. Тип производства массовый при $K < 2$, крупносерийный – $K = 2 \dots 10$, среднесерийный – $K = 10 \dots 20$, мелкосерийный – $K = 20 \dots 40$ и единичный при $K > 40$.

Так как на этапе проектирования технологического процесса (ТП) изготовления детали неизвестно $t_{\text{ш.ср.}}$, то тип производства можно определить ориентировочно на основании опытной зависимости по годовому объему выпуска деталей и массе детали (приложение 3, таблица ПЗ.1).

Масса детали определяется по формуле:

$$M = \frac{V \times \rho}{1000} \text{ (кг)}, \quad (3)$$

где V – объем детали,

$$V = \sum V_{\text{эл.ф.}} \text{ (см}^3\text{)}, \quad (4)$$

$V_{\text{эл.ф.}}$ – объем элементарной фигуры (см³);

ρ – плотность материала детали (г/см³).

В курсовом проекте массу детали необходимо определить, построив с помощью САПР КОМПАС-3D ее твердотельную 3D-модель.

Для серийного производства определяется размер партии деталей (количество деталей, запускаемых в производство одновременно) по формуле:

$$n = (t \cdot N) / 253, \quad (5)$$

где N – годовой объем выпуска, шт.; 253 – число рабочих дней в году; t – нормы запаса (дней) для хранения на складе готовых деталей в ожидании сборки принимать по табл. 2.1.

Полученный ориентировочный размер партии рекомендуется округлять до величины, кратной месячному объему выпуска ($N/12$), для обеспечения ритмичности работы.

Пример расчета размера партии деталей приведен в приложении 1.

Таблица 1. Нормы запаса для хранения готовых деталей на складе

Характеристика деталей	Время хранения (дней) при типе производства			
	единичное и мелко- серийное	среднесе- рийное	крупно- серийное	массовое
Средние и мелкие (до 100 шт)	25	15	5	3

Все дальнейшие технологические решения при проектировании принимаются применительно к установленному типу производства.

2.3. Анализ технологичности детали

Заданием на курсовой проект не предусмотрены базовые показатели технологичности конструкции детали, следовательно ее количественную оценку технологичности сделать невозможно.

Анализ технологичности детали ограничим ее качественной оценкой, при этом в зависимости от типа производства и вида детали для создания ее оптимальных форм применяют определенные технологические методы изготовления и обработки заготовок.

Так, корпусные детали изготавливают, как правило, литыми или сварнолитыми, а также штампосварными. Конструкции литых заготовок (чугунных или стальных) корпусных деталей должны отвечать требованиям машинной формовки: толщина стенок в разных сечениях не должна иметь резких отклонений и переходов. Конструкции деталей из цветных сплавов должны быть удобными для литья в постоянные металлические формы.

Оптимальная конструктивная форма корпусной детали, обрабатываемая с наименьшей трудоемкостью, должна отвечать следующим основным условиям.

- Деталь по возможности должна быть правильной геометрической формы, обеспечивающей возможность ее полной обработки от одной базы: от плоскости и от двух установочных отверстий на ней.

- Конструкция детали должна обеспечивать возможность обработки плоскостей и торцов с отверстиями на проход, поэтому плоскости и торцы не должны иметь выступов, мешающих этой обработке. Размеры обрабатываемых отверстий внутри детали не должны превышать соосных им отверстий в наружных стенках детали.

- Корпусная деталь не должна иметь поверхностей, не перпендикулярных к осям отверстий как на входе, так и на выходе сверла.

- В корпусных деталях следует избегать многообразия размеров отверстий и резьб.

- Корпусную деталь нужно обрабатывать по возможности без спаривания ее с другой корпусной деталью.

Основные требования, предъявляемые к технологичности конструкций деталей, представляющих собой тела вращения без отверстий, а также деталей сложной формы этого вида, изготавли-

емых в большинстве случаев из прутка или штампованной заготовки, реже – из отливок, заключаются в следующем:

- конструкция деталей должна предусматривать небольшое количество обрабатываемых поверхностей, сопрягаемых с другими деталями;

- конструктивная форма деталей должна обеспечивать возможность штамповки их в закрытых штампах, для чего следует избегать удлиненных выступов, сечений с большой разностью толщин, глубоких полостей и т. п.

При несоблюдении этих условий штампованные заготовки имеют только приближенную форму к готовой детали и обычно проходят значительное количество операций механической обработки, даже нерабочих поверхностей, с большими отходами металла в стружку.

Основные требования, предъявляемые к технологичности конструкции деталей тел вращения, имеющих сквозные отверстия, а также деталей типа дисков, изготавливаемых из отливок, штамповок, листа и ленты, характеризуются следующими условиями:

- конструкция деталей должна предусматривать обработку только сопрягаемых поверхностей, а форма деталей должна обеспечивать возможность получения заготовок с минимальными припусками;

- конструкция этих деталей должна предотвращать их деформацию при термической обработке;

- допуски на размеры точных деталей при обеспечении надлежащих эксплуатационных требований не должны усложнять технологии производства.

Технологичность конструкций мелких и крепежных деталей, изготавливаемых из отливок, штамповок и пруткового материала, обеспечивается небольшим количеством обрабатываемых поверхностей с минимальными припусками на обработку.

Основным требованием, предъявляемым к форме мелких деталей, является возможность их изготовления высокопроизводительными методами: штамповкой на ковочных машинах или ковочных прессах, литьем под давлением с одновременной формовкой и заливкой нескольких деталей, изготовлением деталей из ленты на автоматизированных прессах, а также формообразованием деталей из пруткового материала методом холодной высадки или высадки с индукционным нагревом.

В таблице 5.2 в [1] приведены примеры конструктивных решений, обеспечивающих технологичность конструкций деталей машин.

Итогом выполнения раздела являются выводы проведенного анализа технологичности геометрических элементов детали курсового проекта по отношению к изложенным выше условиям с предложениями по введению изменений в конструкцию детали с целью улучшения ее технологичности.

2.4. Выбор вида заготовки и способа ее получения

В современном производстве одним из основных направлений развития технологии механической обработки является использование черных заготовок с экономичными конструктивными формами, обеспечивающими возможность применения наиболее рациональных и экономичных способов их обработки на металлорежущих станках, т.е. обработки с наибольшей производительностью и наименьшими отходами металла в стружку.

Это направление требует непрерывного повышения точности и класса чистоты поверхности заготовок с приближением их конструктивных форм и размеров к готовым деталям, что позволяет соответственно сократить область применения обработки резанием, ограничивая ее в ряде случаев чистовыми, отделочными операциями.

Способы изготовления заготовок зависят от вида производства, материала и конфигурации детали, т.к. количество изготавливаемых заготовок и периодичность их повторения предопределяет затраты на производство, а следовательно, и уровень его технического оснащения.

Исходя из вида производства, материала, геометрических форм, точности размеров, величины детали, студент выбирает вид и способ получения заготовки. Для грамотного обоснования выбора предлагается воспользоваться рекомендациями, изложенными в главе 3 в [3] «Заготовки деталей и машин».

Итогом выполнения раздела является обоснованный выбор способа получения заготовки.

Выбранный вид и способ получения заготовки студент согласовывает с руководителем проекта.

2.5. Разработка маршрутного и операционного технологического процесса изготовления детали

На начальном этапе проектирования технологии необходимо изучить существующий опыт обработки аналогичной детали в близких условиях производства (можно по литературе), ознакомиться с методом получения заготовки, маршрутом обработки, структурой операций, средствами технологического оснащения, режимами обработки. После чего кратко изложить основные положения технологии с точной и конкретной ссылкой на источник информации (с указанием номера и страниц по списку использованной литературы).

Деталь-аналог и типовой маршрут ее изготовления можно подобрать, используя следующие источники информации:

- [2], приложение 1, 2 стр. 223–265;
- [2] стр. 32–117;
- [5] стр. 218–269.

На основании типового технологического процесса (ТП) детали-аналога студент разрабатывает черновой вариант ТП для своей детали и согласовывает его с руководителем. Окончательный вариант маршрутного и операционного ТП изготовления детали представляется в виде таблицы, в которой отражается номер операции; номер перехода; наименование и содержание операции и перехода; элементы поверхности детали, за которые производится закрепление детали (базы); применяемый инструмент и приспособление для закрепления детали, а также наименование и модель оборудования. Пример заполнения таблицы маршрутного ТП приведен в приложении 1.

В графу «Наименование и содержание операции» (перехода) для каждой операции необходимо внести приспособление для закрепления детали и элементы детали, за которые происходит ее закрепление.

В графу «Инструмент» на этапе разработки маршрутного ТП вносится только наименование режущего инструмента.

Материал режущей части инструмента, его геометрические элементы, ГОСТ, ТУ или код ОКП уточняются при расчете режимов резания и заносятся в операционные карты (ОК).

2.6. Расчет параметров заготовки

Выбрав способ получения заготовки, студент по стандартным (нормативным) данным назначает (рассчитывает) припуски и допуски на все поверхности заготовки опытно-статистическим методом ([1], с. 139). Полученные значения припусков и допусков заносятся в таблицу.

Пример заполненной таблицы приведен в приложении 1 (табл. П1.2).

На основании расчетных параметров разрабатывается чертеж заготовки. Составляются технические требования на ее изготовление.

Пример оформления чертежа заготовки приведен на рис. П1.4.

В пояснительной записке требуется произвести расчет массы заготовки аналогично расчету массы детали, а также произвести расчет коэффициента использования материала. Примеры этих расчетов приведены в приложении 1.

2.6.1. Методика расчета параметров и разработки чертежа отливки

1. В технических требованиях (ТТ) чертежа отливки должны быть указаны нормы точности отливки. Их приводят в следующем порядке: класс размерной точности, степень коробления, степень точности поверхностей, класс точности массы и допуск смещения отливки.

Пример условного обозначения точности отливки 8-го класса размерной точности, 5-й степени коробления, 4-й степени точности поверхностей, 7-го класса точности массы с допуском смещения 0,8 мм:

Точность отливки 8 – 5 – 4 – 7 См 0,8 ГОСТ 26645 – 85.

Пример записи точности отливки в технических требованиях чертежа приведен на рис. П1.4.

2. Класс размерной точности зависит от технологического процесса литья и наибольшего габаритного размера отливки. ГОСТ 26645-85 устанавливает 22 класса размерной точности: (1, 2, 3 т, 3, ..., 16), которые определяются по табл. 9, стр. 219–221 [3], или табл. 3.3, стр. 68–70 [5].

3. Степень коробления отливки определяется в зависимости:

– от отношения наименьшего размера отливки (толщины или высоты) к ее длине;

- характеристики литейных форм (разовые или многоразовые);
- характеристики материала отливки (термообрабатываемый или не термообрабатываемый).

Существуют 11 степеней коробления, которые определяются по табл. 10, стр. 222 [3], или табл. 3.9, стр. 76 [5].

4. Степень точности поверхности отливки зависит от технологического процесса литья и наибольшего габаритного размера отливки. Существует 22 степени точности поверхности отливки, которые определяются по табл. 11, стр. 222–224 [3], или табл. 3.1, стр. 62–64 [5].

Существует зависимость между шероховатостью Ra , Rz и степенью точности поверхности отливки. Эти зависимости приведены в табл. 12, стр. 225 [3], или табл. 3.8, стр. 75 [5].

5. Класс точности массы отливки зависит от технологического процесса литья, масса отливки определяется по табл. 13, стр. 225–227 [3], или табл. 3.2, стр. 65–67 [5].

Примечание. На этапе определения класса точности массы отливки ее массу следует определить по формуле:

$$M_{\text{заг}} = M_{\text{дет}} \cdot K \text{ (кг)},$$

где $M_{\text{дет}}$ – масса детали; K – коэффициент $K = 1,5$.

6. Допуск смещения отливки по плоскости разъема в диаметральном выражении устанавливают по табл. 14, стр. 230 [3], или табл. 3.5, стр. 71–73 [5], на уровне класса размерной точности, по номинальному размеру наиболее тонкой из стенок отливки, входящей на разъем или пересекающих его (рис. 2).

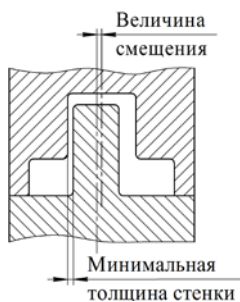


Рис. 2. Смещение половинок формы

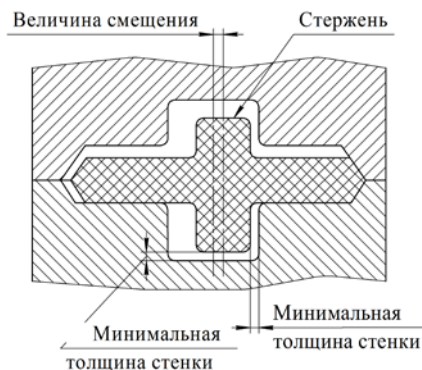


Рис. 3. Перекок стержня в форме

Допуск смещения, вызванный перекосом стержня, устанавливают в диаметральном выражении по табл. 14, стр. 230 [3], или табл. 3.5, стр. 71–73 [5], на 1–2 класса грубее уровня класса размерной точности по номинальному размеру наиболее тонкой из стенок отливки, выходящей на разъем или пересекающей его (рис. 3).

7. Допуски линейных размеров отливок, изменяемых и неизменяемых (D , d , L и H) обработкой, должны соответствовать табл. 14, стр. 230 [3], или табл. 3.5, стр. 71–73 [5].

Допуски формы и расположения поверхностей отливок (отклонение от прямолинейности, плоскостности, перпендикулярности заданного профиля) в диаметральном выражении зависят от коробления и номинального размера и должны соответствовать указанным в табл. 15, стр. 232 [3], или табл. 3.6, стр. 73–74 [5].

Допуски круглости, соосности, симметричности, пересечения осей, позиционные допуски в диаметральном выражении не должны превышать допусков на размеры, установленных в табл. 14, стр. 230 [3], или табл. 3.5, стр. 71–73 [5].

Допуски неровностей поверхностей отливок должны соответствовать указанным в табл. 17, стр. 279 [3], или табл. 3.15, стр. 96–97 [5].

Для обрабатываемых поверхностей отливок установлено симметричное расположение полей допусков, для необрабатываемых поверхностей допускается симметричное (частично или полностью) расположение полей допусков размеров формы и расположения.

Допуск массы отливки определяется по табл. 18, стр. 240 [3], или табл. 3.7, стр. 74–75 [5], в зависимости от номинальной массы и класса точности массы отливки.

Устанавливается симметричное расположение поля допуска массы относительно номинальной массы.

Определение общего припуска на сторону

Общий припуск на сторону определяется с учетом следующих данных:

- 1) допуск размера детали от базы до обрабатываемой поверхности;
- 2) вид окончательной обработки;
- 3) метод установки отливки при обработке;
- 4) общий допуск элемента поверхности;

- 5) уровень точности обработки;
- 6) ряд припуска;
- 7) тип производства;
- 8) тип обрабатываемой поверхности;
- 9) соотношение между требуемой точностью обработанной поверхности детали и исходной точностью поверхности отливки.

Приведем примеры определения данных, необходимых для назначения общего припуска на сторону.

1. Пусть, например, допуск размера детали $IT_d = 0,63$ мм, допуск размера отливки (заготовки) $IT_z = 6,4$ мм. При обработке тел вращения базой является ось детали. Следовательно, допуск размера детали от базы до обрабатываемой поверхности равен:

$$0,63/2 = 0,315 \text{ мм.}$$

2. Вид окончательной обработки определяется в зависимости от соотношения между допусками размера детали и отливки и от базы обработки до обрабатываемой поверхности и допуска размера отливки. Соотношение

$$IT_d/IT_z = 0,315/6,4 = 0,049.$$

По таблице 3.10 [5, стр. 76] при допуске размера отливки свыше 5 мм и соотношении допусков до 0,05 вид окончательной механической обработки – чистовая.

3. Заготовка на станке устанавливается без выверки при односторонних отклонениях формы и расположения обрабатываемой поверхности относительно номинальной. В этом случае припуск назначают с учетом полного значения допуска формы и расположения обрабатываемой поверхности относительно номинальной. При индивидуальной обработке отливок, когда установка осуществляется с выверкой по обрабатываемой поверхности, припуски назначают с учетом половинных значений допуска формы и расположения обрабатываемой поверхности.

4. Общий допуск элемента поверхности определяется на размер от обрабатываемой поверхности до базы обработки. Допуски размеров отливки, изменяемых обработкой, определяют по номинальным размерам детали, при этом, если отклонения формы и расположения поверхностей не регламентируются, то общий допуск равен допуску на размер детали.

5. Уровень точности обработки. Обработка детали ведется на станке нормальной точности с ручным управлением. В соответствии с таблицей 3.12 [5, стр. 77] уровень точности обработки – пониженный. При пониженном уровне точности обработки значения припуска следует принимать на 1 строку ниже интервала действительного допуска (см. примечание 2 к табл. 3.12 [5, стр. 77]).

6. Ряд припуска определяется по [5, стр. 71, табл. 3.4]. При определении ряда припуска следует руководствоваться примечанием к данной таблице.

7. Тип производства – серийное. Для отливок мелкосерийного и единичного производства допускается назначать увеличенные значения припусков, соответствующие интервалам общих допусков, расположенным в таблице 3.14 [5, стр. 82–96] соответственно на 1 и 2 строки ниже интервала действительного допуска.

8. Тип обрабатываемой поверхности – поверхность вращения.

Примечание. Общий припуск на поверхность вращения и противоположные поверхности, используемые в качестве взаимных баз при их обработке, назначают по половинным значениям общих допусков отливки на соответствующие диаметры или расстояния между противоположными поверхностями отливки.

С учетом примечания половинный допуск IT_3 равен:

$$6,4/2=3,2 \text{ мм.}$$

По табл. 3.14 [5, стр. 82–96] для допуска 3,2 мм, чистовой обработки, для 9-го ряда припуска общий припуск равен 4,6 мм. С учетом уровня точности обработки припуск должен назначаться на 1 строку ниже интервала действительного допуска, т.е. в диапазоне свыше 3,2 до 3,6 мм, т.е. общий припуск на сторону составит 5,2 мм – это суммарный припуск на все переходы обработки: черновой, получистовой и чистовой. В соответствии с табл. 3.14 [5, стр. 82–96] составляющими припуска для каждого вида обработки будут:

- 1) черновая обработка – 3,3 мм;
- 2) получистовая обработка (включая 1) – 4,5 мм, или $(4,5 - 3,3) = 1,2$ мм (только на получистовую обработку);
- 3) получистовая обработка (включая 1 и 2) – 5,2 мм, или $(5,2 - 4,5) = 0,7$ мм (только на чистовую обработку).

Размеры элементов отливки, на которые производится расчет припусков и допусков, следует свести в «Сводную таблицу расче-

тов элементов отливки», форма которой приведена в приложении 1 (табл. П1.2).

Определение шероховатости поверхности отливки

Для определения шероховатости поверхности необходимо определить степень точности поверхности отливки, которая определяется по табл. 3.1, стр. 62–64 [5].

После определения степени точности поверхности определяется шероховатость поверхности.

Например, для 16-й степени точности поверхности, по табл. 3.8, стр. 75 [5], шероховатость поверхности составляет $R_a = 63$ мкм.

В формулы для расчета припусков входит величина R_z (высота неровностей профиля). Для перевода R_a в R_z воспользуемся данными табл. 2.

Таблица 2. Соотношения между параметрами шероховатости R_a и R_z

Предел изменения R_a (мкм)	R_z	Предел изменения R_z (мкм)	R_a
$80 \geq R_a \geq 2,5$	$4R_a$	$320 \geq R_z \geq 10$	$0,25 R_z$
$2,5 > R_a > 0,010$	$5R_a$	$10 > R_z \geq 0,05$	$0,20 R_z$

При изменении R_a в диапазоне

$$80 \geq R_a \geq 2,5,$$

$$R_z = 4R_a = 4 \cdot 63 = 252 \text{ мкм.}$$

Пример расчета параметров отливки детали «Стакан» приведен в приложении 1. Чертеж отливки приведен на рис. П1.3.

2.6.2. Методика расчета параметров и разработки чертежа поковки

ГОСТ 7505-93 распространяется на стальные штампованные поковки массой не более 250 кг и (или) с габаритным линейным размером не более 2500 мм, изготовленные горячей объемной штамповкой.

Стандарт устанавливает наибольшие величины допуска размеров, отклонений формы, припусков и наименьшие радиусы закругления наружных углов.

Допуски, припуски и кузнечные напуски устанавливаются в зависимости от конструктивных характеристик поковки, шерохо-

ватости обработанной поверхности детали, величины размеров и массы поковки.

К конструктивным характеристикам поковки отнесены: класс точности поковки, группа стали, степень сложности, конфигурация поверхности разъема штампа.

Стандарт устанавливает пять классов точности: T1, T2, T3, T4 и T5, три группы сталей M1, M2 и M3, четыре степени сложности C1, C2, C3 и C4, три вида конфигурации поверхности разъема штампа – плоская (П), симметрично изогнутая (И_с), несимметрично изогнутая (И_н).

1. Класс точности поковки зависит от используемого оборудования и технологического процессаковки, определяется по табл. 25, стр. 255 [3], или табл. 4.1, стр. 101 [5].

2. Стали с массовой долей углерода до 0,35% включительно и суммарной массовой долей легирующих элементов до 2% (включительно) отнесены к первой группе M1. Ко второй группе M2 отнесены стали с массовой долей углерода свыше 0,35 до 0,65% включительно или суммарной массовой долей легирующих элементов свыше 2,0 до 5% включительно. Стали с массовой долей углерода свыше 0,65% или суммарной массовой долей легирующих элементов свыше 5,0% отнесены к третьей группе M3 (табл. 24, стр. 254 [3]).

3. В качестве критерия для классификации поковок по степеням сложности используется отношение массы G_n (объема V_n) поковки к массе G_ϕ (объему V_ϕ) геометрической фигуры, в которую вписывается форма поковки.

Степень сложности поковки:

$$C = G_n / G_\phi \text{ или } C = V_n / V_\phi. \quad (6)$$

Примечание. При определении размеров описывающей поковку геометрической фигуры необходимо увеличить в 1,05 раза габаритные линейные размеры детали, определяющие положение ее обработанных поверхностей.

В качестве такой геометрической фигуры стандарт рекомендует использовать шар, параллелепипед, цилиндр с перпендикулярными к его оси торцами или прямую правильную призму (рис. 4.4, стр. 102 [5], или рис. 26, стр. 257 [3]).

Причем выбирается та из фигур, объем которой наименьший. Соотношения между степенями сложности и отношением G_{Π}/G_{Φ} приведены в табл. 4.2, стр. 102 [5], или в тексте на стр. 256 [3].

Степень сложности С4 устанавливается для поковок с тонкими элементами, например в виде диска, фланца, кольца (см. рис. 4.5, стр. 103 [5], или рис. 27, стр. 257 [3]), в том числе с пробиваемыми перемычками, а также для поковок с тонким стержневым элементом, если отношения $\frac{t}{D}$, $\frac{t}{L}$, $\frac{t}{D-d}$ не превышают 0,20 и t

не более 25 мм, где:

D – наибольший размер тонкого элемента (мм),

t – толщина тонкого элемента (мм),

L – длина тонкого элемента (мм).

d – диаметр элемента поковки, толщина которого превышает величину t (мм).

4. Исходный индекс (ИН) поковки принимает значение в диапазоне 1–23. Для определения численной величины ИН необходимо определить следующие параметры поковки:

4.1. Расчетную массу поковки, которую ориентировочно определяем по формуле:

$$M_3 = M \cdot K \cdot K_p \text{ (кг)}, \quad (7)$$

где M_3 – масса заготовки (поковки),

M – масса детали,

K_p – расчетный коэффициент, устанавливаемый в соответствии с табл. 4.4, стр. 104 [5], или табл. 26, стр. 256 [3], в зависимости от характеристики детали.

4.2. Класс точности поковки (Т1 – Т5) определяется по табл. 4.1, стр. 101 [5], или табл. 25, стр. 255 [3], в зависимости от технологического оборудования, на котором выполняется поковка.

4.3. Группа стали (М1 – М3) определяется в зависимости от массовой доли углерода или легирующих элементов по табл. 24, стр. 254 [3].

4.4. Степени сложности (С1 – С4) определяются по табл. 4.2, стр. 102 [5], или см. стр. 256 [3].

4.5. Конфигурации поверхности разъема штампа:

П – плоская;

И_с – симметрично изогнутая;

I_n – несимметрично изогнутая.

Конфигурация поверхности разъема штампа влияет на величину дополнительного припуска, учитывающего смещение элементов поковки (m) по поверхности разъема штампа. Дополнительный припуск определяется по табл. 34, стр. 347 [3], или табл. 4.7, рис. 4.7, стр. 108 [5].

5. Определив параметры поковки, находим ее исходный индекс, при этом, если пользуемся справочником [3], исходный индекс определяем по графику 27, стр. 257. Примеры пользования графиком 27 описаны на стр. 257 и показаны на рис. 28, стр. 258. Если пользуемся книгой [5], исходный индекс (ИН) определяется по формуле (4.1), стр. 103:

$$\text{ИН} = NI + (MS - 1) + (ST - 1) + 2(KT - 1), \quad (8)$$

где NI – номер интервала, в который попадает масса поковки, принимается по табл. 4.3, стр. 103[5];

MS – группа стали (M1 – M3);

ST – степень сложности поковки (C1 – C4);

KT – класс точности (T1 – T5).

Исходный индекс указывается в технических требованиях чертежа поковки.

Пример отражения исходного индекса в чертеже поковки показан в [8], приложение 2, рис. 2.4.

Допуски и допускаемые отклонения линейных размеров поковки назначаются в зависимости от исходного индекса и размеров поковки по табл. 28, стр. 259–261 [3], или табл. 4.10, стр. 110–111 [5].

Допуск размеров, не указанный на чертеже поковки, принимается равным 1,5 допуска соответствующего размера поковки с симметричными допусками отклонения.

Допускаемая величина смещения по поверхности разъема у штампа определяется в зависимости от массы поковки, конфигурации поверхности разъема штампа и класса точности и не должна превышать значений, приведенных в табл. 29, стр. 262 [3], или табл. 4.11, стр. 112 [5].

Допускаемые отклонения от соосности непробитых отверстий (наметок) в поковках принимаются не более 1.0% глубины отверстия (наметок).

Допускаемое наибольшее отклонение от концентричности пробитого в поковке отверстия устанавливается по табл. 32, стр. 264 [3], или табл. 4.13, стр. 114 [5].

Допускаемые отклонения от плоскости, прямолинейности и изогнутости поверхностей поковки не должны превышать допустимых отклонений, указанных в табл. 4.14, стр. 114 [5], или табл. 35, стр. 347 [3].

6. Припуск на механическую обработку рассчитывается как сумма основного и дополнительных припусков. При определении основного припуска учитывается исходный индекс, размер и шероховатость поверхности после механической обработки и определяется по табл. 36, стр. 348–349 [3], или табл. 4.5, стр. 105–105 [5].

Значение дополнительных припусков зависят от отклонения формы поковки: смещение поковки относительно оси, изогнутости, отклонения от плоскостности и прямолинейности, отклонения межосевого расстояния отверстий, отклонения угловых размеров элементов в заготовке.

7. Дополнительные припуски от смещения поверхностей разъема штампов приведены в табл. 34, стр. 347 [3], или табл. 4.7, стр. 108 [5].

8. Дополнительные припуски в зависимости от изогнутости и отклонения заготовки от плоскостности и прямолинейности приведены в табл. 35, стр. 347 [3], или табл. 4.8, стр. 109 [5].

9. Минимальные величины радиуса закруглений наружных углов поковок устанавливают по глубине полости ручья штампа по табл. 38, стр. 350 [3], или табл. 4.9, стр. 109 [5].

Допуски на радиусе закруглений не должны превышать допусков, приведенных в табл. 7, стр. 266 [3], или табл. 4.17, стр. 116 [5].

10. Штамповочные уклоны не должны превышать установленных в табл. 4.18, стр. 117 [5].

11. Разрешается округлять линейные размеры поковки с точностью до 0.5 мм.

12. Шероховатость поверхности поковок, изготовленных штамповкой, приведены в табл. 12, стр. 333 [3], или табл. 2.10, стр. 23–24 [5].

Пример расчета параметров заготовки вала приведен в [8], приложение 2, чертеж поковки приведен на рис. 2.4 приложения 2 [8].

Примеры расчета припусков и допускаемых отклонений на размеры поковок зубчатого колеса, звездочки и первичного вала – см. стр. 118–123 [5].

2.6.3. Методика расчета параметров заготовки из проката

При расчете припусков и предельных размеров деталей, изготовленных из проката, следует руководствоваться следующими указаниями:

1. Для ступенчатых валов расчет следует вести по ступени (шейке) с наибольшим диаметром, а при равных диаметрах – по ступени, к которой предъявляют наиболее высокие требования по качеству и точности поверхности (расчетная ступень).

2. Точность обработки (квалитет) расчетной ступени определен чертежом детали. Зная квалитет, который необходимо получить на расчетной ступени по табл. 5, стр. 338 [3], или табл. 2.1, стр. 17–18 [5], назначаем виды обработки и квалитеты, которые при этом достигаются.

Примечание. Найденный вид окончательной механической обработки необходимо уточнить по табл. ПЗ.2 (приложение 3), т.к. в чертежах деталей есть поверхности с низкой точностью размеров (IT10–IT16), но высокой чистотой обработки (R_a 5,0 – R_a 0,16).

3. Для каждого вида обработки по квалитету точности и номинальному размеру расчетной ступени определяем допуск обработки по табл. 32, стр. 341 [3], или табл. 2.4, стр. 21 [5].

4. Припуски для каждого вида обработки определяем по табл. 41, стр. 358–362 [3], или табл. 7.1, стр. 157–161 [5].

Примечание. В указанных таблицах припуски при точении в числителе указаны при установке детали в центрах, в знаменателе – в патроне.

5. Необходимый минимальный размер диаметра заготовки получим, сложив припуски каждого вида обработки с номинальным предельным размером расчетной ступени детали. Полученный размер следует округлить (в большую сторону) до ближайшего по сортаменту диаметра прутка, наименьший предельный размер которого должен быть не менее рассчитанного минимального диаметра заготовки.

Номинальные диаметры круглого сортового проката, его точность и допускаемые отклонения взять из табл. 6.1–6.7, стр. 151–156 [5].

6. Напуск, имеющийся на остальных ступенях вала, если это допустимо по глубине резания, снимают при черновой обработке за один рабочий ход, а больший напуск удаляют за два рабочих хода: 60–70% за первый и 30–40% за второй.

Дальнейшую обработку всех ступеней (шеек) вала ведут в соответствии с расчетными предельными размерами.

Примечание. Прокат высокой точности прокатки лезвийным инструментом не обрабатывают. Прокат обычной точности прокатки обрабатывают на всех станках токарной группы.

2.6.4. Вычисление массы заготовки по ее номинальным размерам

Массу заготовки необходимо получить, построив 3D-модель по ее номинальным размерам с помощью САПР КОМПАС. Вычисленную массу заготовки указать на чертеже заготовки.

2.6.5. Вычисление коэффициента использования материала K_m

$$K_m = \frac{M_d}{M_3}, \quad (9)$$

где M_d – масса детали (кг);

M_3 – масса заготовки (кг).

2.7. Расчет режимов резания на переходах операций

Установление рациональных режимов резания заключается в выборе оптимального сочетания глубины резания t (мм), подачи S (мм/об) и скорости резания V (м/мин) с учетом характера обработки (качества точности и шероховатости поверхности), типа и размера инструмента, материала его режущей части, материала и состояния заготовки, типа и состояния оборудования.

Элементы режима резания следует устанавливать и рассчитывать в порядке, указанном ниже.

2.7.1. Глубина резания t

При черновой (предварительной) обработке назначают по возможности максимальную глубину резания, равную всему припуску на обработку или большей его части.

При чистовой (окончательной) обработке глубину резания назначают в зависимости от требований точности размеров и шероховатости обработанной поверхности.

Если глубина резания не была определена в процессе расчета параметров заготовки (например, при нарезании резьбы резцом), ее следует определить, пользуясь таблицами, приведенными в главе 4 в [4] стр. 359–442 или части II [6], стр. 211–392 (например, табл. 25, табл. 72).

Следует подчеркнуть особенность выбора глубины резания при сверлении отверстий в сплошном материале. Вначале по табл. 62, стр. 265 [6] выбираем необходимое количество ходов при сверлении, т.е. в зависимости от материала детали и диаметра отверстия определяется количество проходов, необходимых для сверления данного отверстия (отверстие сверлится одним, двумя или тремя сверлами). Далее, по табл. 63, стр. 265 [6], в зависимости от материала детали и диаметра сверла определяются длины участков сверления (в мм) между паузами или выводами сверла из отверстия с целью дробления сливной стружки и ее удаления.

2.7.2. Подача S (мм/об), (мм/дв. ход), (мм/зуб) или (мм/мин)

Выбираем максимально возможную подачу исходя из жесткости и прочности системы – станок, приспособление, инструмент, заготовка (СПИЗ), и в зависимости от требуемой точности (качества) и шероховатости поверхности (R_a или R_z).

Выбор подачи осуществляется по таблицам, соответствующим конкретным видам обработки (точение, растачивание, фрезерование, сверление и т.д.), приведенным в главе 4 [4] стр. 359–442, или части II [6] стр. 211–392.

Пример выбора подач с помощью таблиц справочника [4] приведен в приложении 1.

Выбор подачи по таблицам справочника [6] сводится к поиску таблиц для вида обработки (точение, сверление, нарезание резьбы и т.д.) и расчета подачи по общей формуле:

$$S_o = S_{oT} \cdot K_{So}, \quad (10)$$

где S_o – расчетная подача конкретного вида обработки;

S_{oT} – табличное (матричное) значение подачи, зависящее от номера группы, к которой относится материал детали (определяется по табл. 1, стр. 11–31, [6]), глубины резания, чистоты обработки поверхности (R_a или R_z) и характеристик инструмента;

$$K_{SO} = K_{S_{\Pi}} \cdot K_{S_{И}} \cdot K_{S_{\Phi}} \cdot K_{S_3} \cdot K_{S_{Ж}} \cdot K_{S_M}, \quad (11)$$

где

$K_{S_{\Pi}}$ – коэффициент, учитывающий состояние обрабатываемой поверхности;

$K_{S_{И}}$ – коэффициент, учитывающий материал инструмента;

$K_{S_{\Phi}}$ – коэффициент, учитывающий форму обрабатываемой поверхности;

K_{S_3} – коэффициент, учитывающий влияние закалки;

$K_{S_{Ж}}$ – коэффициент, учитывающий жесткость технологической системы;

K_{S_M} – коэффициент, учитывающий материал обрабатываемой детали.

Значения коэффициентов выбираются из таблиц раздела «Подачи» для соответствующего вида обработки по справочнику [6]. Расчет подач с использованием таблиц справочника [6] рекомендуется выполнять в табличной форме.

Пример расчета подач с использованием таблиц справочника [6] приведен в [8], приложение 2.

2.7.3. Расчетная скорость резания V_P (м/мин)

В курсовом проекте необходимо вручную рассчитать скорость резания на один переход. При наружном продольном и поперечном точении и растачивании скорость резания рассчитывают по эмпирической формуле [4, стр. 363]:

$$v_P = \frac{C_v}{T^m t^{x_s} s^y} K_v \text{ (м/мин)}. \quad (12)$$

Значения коэффициента C_v и показатели степеней приведены в таблицах справочника [4] главы 4, стр. 358–442, для каждого вида обработки.

Стойкость инструмента T (мин) определяется по таблицам для каждого вида инструмента (табл. 18–22, стр. 227–232 [6]; табл. 31, 33, 51, 55... в гл. 4 [4]).

При многоинструментальной обработке период стойкости инструмента ($T_{ми}$) определяется по формуле:

$$T_{ми} = TK_{Ti}, \quad (13)$$

где K_{Ti} – коэффициент изменения периода стойкости инструмента при многоинструментальной обработке (табл. 7, стр. 362 [4]).

K_v – поправочный коэффициент равный:

$$K_v = K_{MV} \cdot K_{ПV} \cdot K_{ИV} \cdot K_\phi \cdot K_r, \quad (14)$$

где K_{MV} – коэффициент, учитывающий качество обрабатываемого материала (табл. 1–4, стр. 358–360 [4]);

$K_{ПV}$ – коэффициент, отражающий состояние поверхности заготовки (табл. 5, стр. 361 [4]);

$K_{ИV}$ – коэффициент, учитывающий качество материала инструмента (табл. 6, стр. 361 [4]);

K_ϕ и K_r – коэффициенты, учитывающие угол в плане резца и радиус при вершине резца (табл. 18, стр. 369 [4]).

Примечание. При работе с таблицами следует внимательно знакомиться с примечаниями к этим таблицам.

2.7.4. Определение частоты вращения шпинделя станка по установленной скорости резания

По формуле:

$$n_p = \frac{1000 V_p}{\pi \cdot D} \text{ (об/мин) или мин}^{-1}, \quad (15)$$

где D (мм) – диаметр обрабатываемой заготовки или диаметр режущего инструмента.

1. По паспорту станка выбираем ближайшее значение $n_{ст}$ (об/мин).

Если в паспорте станка, имеющего ступенчатую коробку скоростей, приведены только максимальные ($n_{стmax}$) и минимальные ($n_{стmin}$) обороты шпинделя, то значение оборотов нужных ступеней следует рассчитать по методике, изложенной в приложении 2.

Примеры расчета ступеней шпинделя станка приведены в приложениях 1 и 2.

Если коробка скоростей станка имеет бесступенчатое регулирование, то фактические обороты шпинделя станка принимаем равными расчетным, т.е.

$$n_{ст} = n_p \text{ (об/мин)}. \quad (16)$$

Классификация и технические характеристики металлорежущего оборудования приведены в справочнике [4], гл. 1, с. 9–95. Можно использовать и другие литературные источники, в которых приведены характеристики металлорежущего оборудования.

2. Определяем фактическую скорость резания по формуле:

$$V_{\phi} = \frac{\pi D \cdot n_{\text{ст}}}{1000}. \quad (17)$$

Пример расчета фактической скорости резания приведен в приложении 1.

Для одного перехода (прохода) одной операции расчет режимов резания необходимо выполнить вручную по приведенной выше методике.

Для переходов всех операций технологического процесса, в том числе рассчитанного вручную, расчет режимов резания надо выполнить с помощью САПР ТП СПРУТ-ТП (или аналогичной).

Для получения навыков работы со СПРУТ-ТП следует воспользоваться пособием [10].

Для каждой операции, перехода или прохода все элементы режима резания, фактические значения скорости резания, оборотов шпинделя станка сводятся в итоговую таблицу результатов проектирования и нормирования технологического процесса (приложение 1, табл. П1.3).

2.7.5. Определение силы резания и мощности резания

На один, наиболее нагруженный проход, когда подача, диаметр обработки (для фрезы, сверла – их диаметр), глубина и скорость резания имеют наибольшее значение, необходимо рассчитать силу резания P_z или крутящий момент $M_{кр}$ (в зависимости от вида обработки) и мощность резания N . Полученную мощность резания следует сравнить с мощностью станка. Расчет необходимо производить по методике, изложенной в главе 4 [4], по формулам, приведенным на следующих страницах:

- для точения стр. 371;
- для сверления, рассверливания, зенкерования и развертывания стр. 375–386;
- для фрезерования стр. 411;
- для резьбонарезания стр. 432;
- для протягивания стр. 436;
- для шлифования стр. 438.

Пример определения силы резания и мощности резания на наиболее нагруженный проход технологического процесса изготовления детали «Стакан» приведен в приложении 1.

2.8. Расчет штучно-калькуляционного времени обработки детали

Разработка технологического процесса обычно завершается установлением технических норм времени для каждой операции.

Техническая норма времени характеризует время, необходимое для выполнения определенной работы в условиях данного производства с учетом передового опыта и современных достижений техники, технологии и организации производства.

Технические нормы времени являются исходными расчетными величинами для определения производственной мощности рабочего места, участка, цеха, увязывания циклов работы задействованного оборудования в составе автоматизированного рабочего места, участка или цеха в целом, а также для составления калькуляции себестоимости обработки.

Затраты рабочего времени подразделяются на время работы и время перерывов в работе.

Время работы состоит из подготовительно-заключительного времени, оперативного времени и времени обслуживания рабочего места.

Время перерывов в работе включает перерывы на отдых (если он предусмотрен условиями работы) и естественные надобности.

Подготовительно-заключительное время – это время, затрачиваемое рабочим на ознакомление с работой, подготовку к работе (наладка станка, приспособлений и инструмента для изготовления партии деталей), а также на выполнение действий, связанных с окончанием данной работы (съем со станка и возврат приспособлений и инструментов, сдача обработанных заготовок).

Оперативное время – время, непосредственно затрачиваемое на выполнение данной операции. Оно повторяется с каждой обрабатываемой заготовкой или периодически – с каждой группой из нескольких одновременно обрабатываемых заготовок.

Оперативное время представляет собой сумму технологического (основного) и вспомогательного времени.

Технологическое (основное) время – время, затрачиваемое непосредственно на обработку заготовки, т.е. на изменение ее формы, размеров и состояния. В зависимости от степени участия рабочего оно может быть машинным, ручным и машинно-ручным.

Вспомогательное время – это время, затрачиваемое на различные вспомогательные действия рабочего, непосредственно связанные с основной работой (установка, закрепление и снятие обрабатываемой заготовки, пуск и остановка станка, измерения, изменение режимов работы и т.п.).

Время обслуживания рабочего места – время, затрачиваемое рабочим на уход за своим рабочим местом на протяжении всего рабочего времени выполнения данной операции. Оно складывается из *времени организационного обслуживания* (осмотр, смазывание, очистка станка и т.п.) и *времени технического обслуживания* (подналадка станка, смена, заточка и подналадка режущего инструмента). Величина времени обслуживания рабочего места в серийном производстве составляет примерно 3% от оперативного времени.

Расчет технически обоснованной нормы времени в минутах производится по штучному времени $T_{ш}$, которое складывается из оперативного времени $T_{оп}$ на одну операцию (или на единицу работы), вспомогательного времени $T_{в}$, времени обслуживания рабочего места $T_{об}$ и времени на отдых и естественные надобности $T_{пер}$:

$$T_{ш} = T_{оп} + T_{в} + T_{об} + T_{пер}. \quad (18)$$

Норма оперативного времени в минутах включает норму технологического (основного) времени T_t и норму вспомогательного времени $T_{в}$, не перекрытого машинным временем:

$$T_{оп} = T_t + T_{в}. \quad (19)$$

Штучно-калькуляционное время операции $T_{ш.к.о}$ в минутах равно сумме штучного $T_{ш}$ и доли подготовительно-заключительного времени $T_{п.з}$ в минутах, приходящихся на одну деталь:

$$T_{ш.к.о} = T_{ш} + T_{п.з}/n, \quad (20)$$

где n – количество деталей в одной партии (определяется по формуле (5)).

Технологическое (основное) время T_t :

$$T_t = L \cdot i / S_M, \quad (21)$$

$$L = \ell + \ell_1 + \ell_2, \quad (22)$$

где L – полная длина перемещения заготовки или инструмента в направлении подачи, мм;

ℓ – длина обрабатываемой поверхности, мм.

Здесь величина ℓ определяется исходя из параметров траектории движения инструмента по поверхности детали. Так, при обработке участков детали с перемещением инструмента по двум координатам длина ℓ определяется по формуле:

$$\ell = \sqrt{(\Delta x)^2 + (\Delta y)^2}, \quad (23)$$

где Δx и Δy – приращения соответствующих координат на данном участке обработки. При перемещении инструмента по дуге окружности длину ℓ определяют

$$\ell = 2R \arcsin \frac{\alpha}{2R} \quad (24)$$

или

$$\ell = \varphi \cdot R, \quad (25)$$

где R – радиус дуги окружности, мм;

α – длина хорды дуги окружности, мм;

φ – центральный угол, опирающийся на конечные точки дуги окружности, рад.

ℓ_1 – величина врезания инструмента, мм;

ℓ_2 – величина перебега инструмента или заготовки в направлении подачи, мм;

i – число проходов;

S_M – минутная подача, величина относительного перемещения заготовки или инструмента в направлении подачи в одну минуту, мм/мин.

$$S_M = S_{OB} \cdot n_{ст}, \quad (26)$$

где S_{OB} – подача на оборот, мм/об;

$n_{ст}$ – частота вращения шпинделя станка, об/мин.

Или

$$S_M = S_Z \cdot Z \cdot n, \quad (27)$$

здесь S_Z – подача на один зуб инструмента (фрезы, развертки и т.п.), мм;

Z – число зубьев инструмента;

n – число оборотов шпинделя или число двойных ходов в минуту.

Штучно-калькуляционное время обработки детали $T_{ш.к.}$ в минуту равно сумме штучно-калькуляционного времени по всем операциям технологического процесса:

$$T_{ш.к.} = \sum_{i=1}^n T_{ш.к.о.}, \quad (28)$$

где $i = 1, 2, \dots, n$ – количество операций по всему технологическому процессу.

Расчет штучного времени операций следует выполнять после разработки эскизов наладок к операциям, когда детально проработана траектория перемещения инструмента.

В курсовом проекте расчет оперативного времени $T_{оп}$ по операциям осуществляется с помощью САПР СПРУТ-ТП. Результаты расчета отражаются в маршрутной карте (рис. П1.6) и операционных картах (рис. П1.7), откуда переносятся в итоговую таблицу пояснительной записки (приложение 1, табл. П1.3).

После расчета оперативного времени $T_{оп}$ по формуле (19) рассчитывается штучно-калькуляционное время операции $T_{ш.к.о.}$.

Далее по формуле (28) рассчитывается штучно-калькуляционное время обработки детали $T_{ш.к.}$.

Пример расчета штучно-калькуляционного времени обработки детали приведен в приложении 1.

2.9. Оформление эскизов наладок операций

Эскиз наладки операции (рис. П1.5) – графический технологический документ, определяющий порядок выполнения операции методом автоматического получения размеров детали на настроенном станке и включающий конструктивные изображения приспособления, заготовки, режущего и вспомогательного инструмента, необходимые для выполнения операции.

Эскизы наладок, либо карты эскизов, разрабатываются на операции и переходы технологического процесса по согласованию с руководителем курсового проекта.

Эскизы наладок операций в курсовом проекте оформляют на листе формата А1. В зависимости от содержания операций, для которых разрабатывают эскизы наладок, на листе могут быть изображены эскизы одной, двух, трех или четырех операций (рис. 4). При размещении на листе более одного эскиза поле чертежа фор-

мата А1 разделяют на требуемое количество форматов сплошной тонкой линией. На листе должна быть только одна основная надпись.

Структура формата для размещения эскиза наладки операции приведена на рис. 5. Для заполнения полей формата 1, 2, 3, 6 рекомендуемый размер шрифта 5 мм.

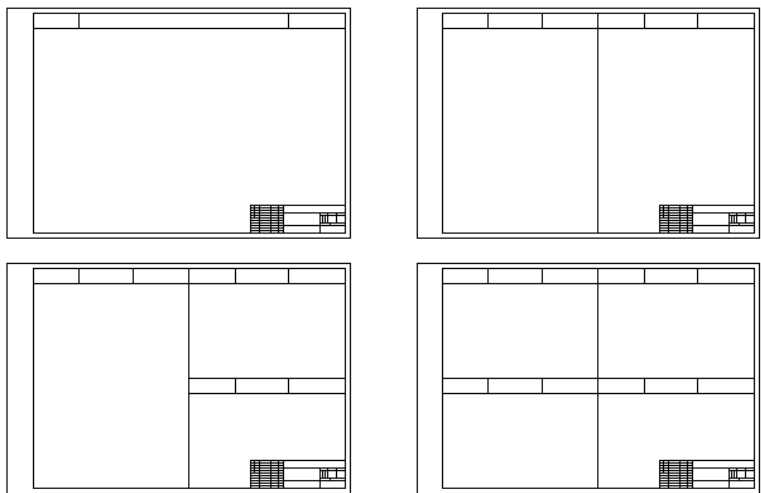


Рис. 4. Изображение эскизов наладок одной, двух, трех и четырех операций на листе формата А1

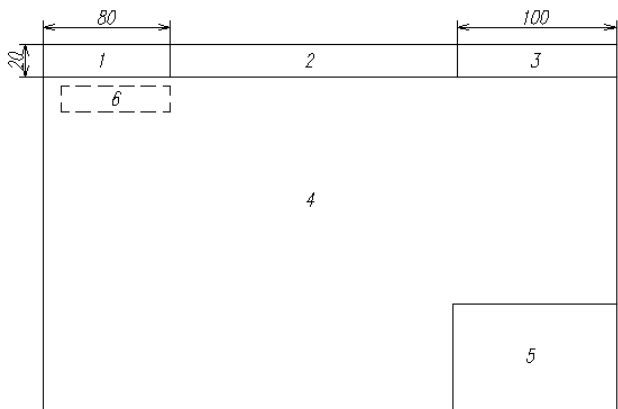


Рис. 5. Структура размещения эскизов наладок одной операции

На поле 1 записывают номер операции (Операция 005, ... Операция 045 и т.д.).

На поле 2 записывают наименование и код операции.

Поле 3 предназначено для записи наименования станка и его модели (Токарный гидрокопировальный п/автомат мод. 1722 и т.п.).

На поле 4 изображают эскиз наладки операции.

Поле 5 содержит таблицу режимов резания по технологическим переходам.

Поле 6 предназначено для записи индекса установа (Установ А, Установ Б и т.п.) или для записи номера позиции (Позиция 1, Позиция 2 и т.п.), если операции выполняют за два или более установов или на двух или более позициях.

Эскиз наладки операции должен включать в себя: заготовку; конструктивные элементы приспособления; режущие инструменты, изображенные в начальном или конечном рабочем положении; стрелки, указывающие направление скорости резания и подачи; номера позиции, установов и переходов. Количество изображений заготовки должно быть достаточным для выявления схемы построения операции – одноместная или многоместная, одноинструментная или многоинструментная, последовательная или параллельная работа инструментов и т.д. При выполнении операции за несколько установов на эскизе изображают каждый установ заготовки и дают сквозную нумерацию переходов в последовательности их выполнения. Необходимо стремиться к тому, чтобы на эскизе наладки были выявлены все переходы обработки, соответствующие разрабатываемой операции. Установочные, зажимные, направляющие элементы станочных приспособлений изображают на эскизах каждой операции на первом переходе. На остальных эскизах переходов операции перечисленные элементы изображать не следует.

Установочные, зажимные, направляющие элементы станочных приспособлений должны давать полное представление о базировании заготовки, компоновочной схеме приспособления и принципе его работы.

Режущие инструменты изображают в конце рабочего хода с учетом перебега на проекциях, в которых выявляется процесс формообразования поверхностей. Инструменты типа сверл, зенкоров, разверток рекомендуется изображать также и в начале обра-

ботки с учетом врезания (тонкими линиями). Допускается упрощенное изображение инструментов.

Элементы вспомогательной оснастки для закрепления инструмента изображают в минимальном объеме, достаточном для представления условий работы инструмента (например, при нарезании резьбы в упор метчиком необходимо проработать конструкцию резьбонарезного патрона).

Необходимо проставлять справочные размеры, показывающие протяженность (длину, ширину, высоту, диаметр) поверхностей, обрабатываемых на данной операции. Справочные размеры отмечают знаком «*», например, 60*. Необходимо наносить размеры, определяющие врезание и перебег инструмента.

На эскизах наладок размещают таблицу с указанием инструментов в соответствии со стандартами режимов обработки.

Оформление таблиц режимов резания

а) Обработка на токарных, сверлильных, расточных станках и станках с ЧПУ

№ поз.	№ пер.	№ ин-стр.	Наимен. инстр.	Опорные точки	t , мм	i	S_o , мм/об	S_m , мм/мин	n , 1/мин	V , м/мин	T_o , мин

б) Обработка на фрезерных станках

№ поз.	№ пер.	№ инстр.	Наимен. инстр.	Опорные точки	S_z , мм/зуб	S_m , мм/мин	n , 1/мин	V , м/мин	T_o , мин

в) Обработка на шлифовальных станках

№ пер.	Наимен. инстр.	Проход	t , мм	$S_{пр}$, м/мин	$S_{поп}$, мм/дв.х.	n_d , 1/мин	V_d , м/мин	$n_{кр}$, 1/мин	$V_{кр}$, м/с	T_o , мин

Оформление эскизов наладок при обработке на станках с ЧПУ

Эскиз наладки операции, выполняемой на станках с ЧПУ, является учебным, промежуточным, технологическим документом и должен содержать графическую информацию, необходимую (при наличии операционной карты) для наладки станка и разработки карт кодирования информации (ККИ), наладки инструмента и управляющей программы (КН/П) (или карты заказа на разработку

управляющей программы – КЗ/П). Необходимость разработки ККИ, КН/П и КЗ/П определяет руководитель в задании на проект.

При составлении эскизов наладок операций необходимо выполнить следующие требования.

Для каждого перехода составляется эскиз наладки, на котором элементы поверхностей, обработанные на этом переходе, выделяются утолщенными линиями с простановкой на эскизе полученного размера с допустимыми отклонениями и шероховатостью каждой обработанной поверхности.

Примечание. Допускается выполнять один эскиз наладки для нескольких переходов, если они совпадают, например, для развертывания чернового, чистового, точного.

В этом случае к эскизу карты наладки и траектории движения инструмента добавляется таблица с отражением следующих данных: номер и наименование перехода, название прохода; номер инструмента; D – диаметр отверстия с предельными допустимыми отклонениями и шероховатость обработанной поверхности (рис. П1.5).

Эскиз первого перехода для каждой операции и первого перехода каждого нового установа в обязательном порядке должен содержать следующее:

- эскиз заготовки, полученный на предыдущей операции или установе;

- упрощенное конструктивное изображение приспособления для закрепления заготовки на станке;

- элемент приспособления с приложенной к нему силы (F), передающей усилие от привода приспособления, для осуществления зажима заготовки;

- направление главного движения резания детали (Dr) или инструмента (Di);

- на эскизе необходимо нанести системы координат станка (X_c , Y_c , Z_c), инструмента (X_i , Y_i , Z_i) и заготовки (детали) (X_d , Y_d , Z_d).

Систему координат заготовки необходимо связать с технологическими базами приспособления, в котором она закреплена. Желательно указать координатные вылеты инструментов в координатной системе шпинделя (резцедержателя) – координаты (W_x , W_y , W_z) и координаты исходного (нулевого) взаимного положения заготовки и инструмента или инструментальной головки.

На последующих переходах следует выполнять эскиз фрагмента обрабатываемой поверхности без изображения приспособлений для закрепления заготовки.

На эскизах для всех переходов необходимо указать положение инструмента в конце рабочего хода (в конечной точке перебега), при этом, если эскиз инструмента «затемняет» геометрические элементы обрабатываемой поверхности, то допускается изображать инструмент в начале рабочего хода (начальной точке врезания).

Каждый инструмент, примененный для обработки заготовки в операции, нумеруется порядковым номером, заключенным в окружность.

Для каждой операции в порядке выполнения переходов и траектории движения инструмента на обработанных поверхностях порядковыми номерами отображать опорные точки последовательными числами от 1 до N . В каждой операции первая опорная точка на первом переходе обозначается единицей и должна обозначать начальную точку врезания.

Точку начала врезания, точку начала и конца обработки поверхности, а также точку конца перебега инструмента указывают на эскизе и схеме траектории движения инструмента.

Если поверхность обрабатывается за несколько проходов, то на обрабатываемой поверхности указываются номера опорных точек последнего прохода, при этом схема траектории движения инструмента приводится для всех проходов либо в единой схеме, либо раздельно с указанием опорных точек для каждого прохода.

На эскизе наладки многопозиционной операции, на главном изображении показывают выполнение первого перехода. Последующие переходы изображают на выносных элементах, на которых показывают поверхности, обрабатываемые на этом переходе, и инструмент ([8], приложение 4).

На поле эскиза указывают номер позиции положения стола станка и номер позиции инструментальной головки. Необходимо пронумеровать инструменты в порядке вступления их в работу (номер проставляют в окружности на изображении инструмента). Каждый переход, определяемый работой одного инструмента, обязательно представляется отдельным эскизом. На изображение заготовки наносят опорные точки контура обработки и траектории движения инструмента, в том числе и промежуточные точки, в которых происходит изменение режимов обработки или направление

движения инструмента. Опорные точки нумеруют в соответствии с последовательностью обработки.

2.10. Оформление технологических карт

Разработка технологического процесса в курсовом проекте предполагает оформление технологических карт: маршрутной, операционных (форма 3), карт эскизов. Правила их оформления изложены в [2], с. 192–220.

Эти документы в курсовом проекте оформляются при разработке ТП с помощью САПР СПРУТ-ТП или аналогичной.

Карты эскизов в курсовом проекте могут оформляться в дополнение или вместо некоторых карт наладок по согласованию с руководителем курсового проекта.

Примеры оформления маршрутной и операционной карт приведены в рис. П1.6, П1.7. Правила и примеры оформления карт эскизов приведены в [2], с. 218–220 и в [8], приложение 2.

2.11. Создание программ обработки для станков с ЧПУ

Для одной или нескольких операций технологического процесса или для нескольких переходов одной операции по согласованию с руководителем проекта необходимо с использованием САПР SprutCAM (или аналогичной) создать программы обработки для станков с ЧПУ.

Для получения практических навыков работы со SprutCAM следует воспользоваться пособием [11].

Пример созданной программы представлен в приложении 1.

Приложение 1. Пример оформления разделов пояснительной записки курсового проекта

Разработка технологического процесса изготовления детали «Стакан» (годовая программа выпуска – 1500 шт)

1. Служебное назначение детали

Деталь «Стакан» (рис. П1.3) используется в качестве корпуса опоры вала механической передачи.

2. Определение типа производства

Для определения типа производства найдем массу детали, построив ее 3D-модель с помощью САПР КОМПАС-3D (рис. П1.1):

$$M_{\text{д}} = 1,13 \text{ (кг)}.$$

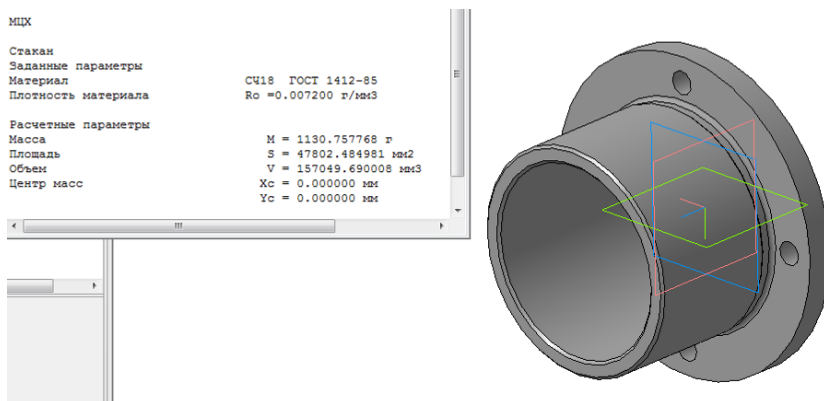


Рис. П1.1. 3D-модель детали «Стакан» и ее массоцентровые характеристики

Найденную массу укажем на чертеже детали (рис. П1.3).

При годовой программе выпуска деталей 1500 шт. в год и весе детали 1,13 кг по табл. ПЗ.1 (прил. 3) определяем тип производства – среднесерийное.

Определим размер партии деталей, запускаемых в производство одновременно, по формуле (5):

$$n = (t \cdot N)/253 = (15 \cdot 1500)/253 = 89 \text{ шт.},$$

где N – годовой выпуск деталей = 1500 шт.;

$t = 15$ – норма запаса деталей (дней) для хранения на складе готовых деталей в ожидании сборки (для среднесерийного производства по табл. 1);

253 – число рабочих дней в году.

Полученный результат округляем до величины ($N/12 = 1500/12 = 125$), кратной месячному выпуску деталей для обеспечения ритмичности работы.

Принимаем размер партии:

$$n = 125 \text{ шт.}$$

3. Анализ технологичности детали

Конструкция детали проста и позволяет использовать для изготовления детали оборудование с ЧПУ. Деталь технологична в условиях среднесерийного производства.

4. Выбор вида и способа получения заготовки

Исходные данные:

– материал – серый чугун СЧ 21–40 (нетермообрабатываемый);

– наибольший габаритный размер детали – 120 мм.

Технологический процесс – литье в кокиль без песчаных стержней [3, табл. 2, табл. 9].

Принимаем группу сложности отливки – средняя [5, примечание к табл. 3.1].

5. Разработка маршрутного и операционного технологического процесса изготовления детали

Разработанный маршрутный и операционный технологический процесс изготовления детали «Стакан» представлен в виде табл. П1.1.

Таблица П1.1. Маршрутный и операционный технологический процесс обработки детали «Стакан»

Номер		Наименование и содержание операции (перехода)	Инструмент	Станок
Операция	Переход			
005		Токарная ЧПУ (зажим заготовки в трехкулачковом патроне за Ø85)		Токарный с ЧПУ 16K20T1
	1 (черновой проход)	Точение черновое. Подрезать торец Ø120 h14/Ø72 H7, точить Ø120 h14	Резец проходной-подрезной	
	1 (получистовой проход)	Точение получистовое. Подрезать торец Ø120 h14/Ø72 H7, точить Ø120 h14	Резец проходной-подрезной	
	2 (чистовой проход)	Точение чистовое. Подрезать торец Ø120 h14/Ø72 H7, точить Ø120 h14	Резец проходной-подрезной	
	3	Растачивание черновое. Расточить отверстие Ø72H7, расточить 2 фаски 1×45°	Резец расточной	
	4	Зенкерование. Зенкеровать отверстие Ø72H7	Зенкер	
	5	Развертывание нормальное. Развернуть отверстие Ø72H7	Развертка	
	6	Развертывание чистовое. Развернуть отверстие Ø72H7	Развертка	
010		Токарная ЧПУ (зажим заготовки на оправке с гидропластом за Ø72H7)		Токарный с ЧПУ 16K20T1
	1 (черновой проход)	Точение черновое. Подрезать торец Ø72H7/Ø85js6, снять фаску 1×45°, точить наружный Ø85js6, подрезать торец Ø85js6/Ø120 h14, выдержать размеры 65 и 55	Резец проходной-подрезной	

Номер		Наименование и содержание операции (перехода)	Инструмент	Станок
Операция	Переход			
	1 (получистовой проход)	Точение полуцистовое. Подрезать торец $\varnothing 72H7/\varnothing 85js6$, снять фаску $1 \times 45^\circ$, точить наружный $\varnothing 85js6$, подрезать торец $\varnothing 85js6/\varnothing 120 h14$, выдерживать размеры 65 и 55	Резец проходной-подрезной	
	2 (чистовой проход)	Точение чистовое. Подрезать торец $\varnothing 72H7/\varnothing 85js6$, снять фаску $1 \times 45^\circ$, точить наружный $\varnothing 85js6$, подрезать торец $\varnothing 85js6/\varnothing 120 h14$, выдерживать размеры 65 и 55	Резец проходной-подрезной	
	3	Точить канавку шириной 5 мм на $\varnothing 85js6$	Резец канавочный	
	4 (тонкий проход)	Точение тонкое. Точить наружный $\varnothing 85js6$	Резец проходной упорный	
015		Фрезерная ЧПУ (зажим заготовки в трехкулачковом патроне за $\varnothing 72H7$)		Вертикально-фрезерный кон- сольный с ЧПУ 6P13Ф3
	1	Центрование. Центровать 4 отв. $\varnothing 9H14$	Сверло центровочное	
	2	Сверление. Сверлить 4 отв. $\varnothing 9H14$	Сверло спиральное	
	3	Зенкование. Зенковать фаски $0,5 \times 45^\circ$ в 4 отв. $\varnothing 9H14$	Зенковка коническая с углом 90°	
020		Фрезерная ЧПУ (зажим заготовки в трехкулачковом патроне за $\varnothing 72H7$)		Вертикально-фрезерный кон- сольный с ЧПУ 6P13Ф3
	1	Зенкование. Зенковать фаски $0,5 \times 45^\circ$ в 4 отв. $\varnothing 9H14$	Зенковка коническая с углом 90°	

6. Расчет параметров заготовки

В соответствии с исходными данными по табл. 3.3 [5] находим, что *ожидаемый класс размерной точности* отливки изменяется в пределах 6–10.

С учетом примечаний к таблице принимаем 8-й класс размерной точности отливки (6—7Т—7—8—9Т—9—10, среднее значение – 8).

В зависимости от отношения наименьшего размера отливки (высоты = 65 мм) к наибольшему размеру (диаметр = 120 мм), $65/120 = 0,54$, по табл. 3.9 [5], *степень коробления отливки* изменяется в пределах 1–4. С учетом примечания к таблице принимаем третью степень коробления отливки.

В соответствии с исходными данными по табл. 3.1 [5] находим, что *степень точности поверхности отливки* находится в пределах 6–11.

С учетом примечаний к таблице принимаем 9-ю степень точности поверхности отливки:

$$(6+11)/2 = 9.$$

В соответствии с исходными данными по таблице 3.2 [5] находим, что *класс точности массы отливки* изменяется в пределах 5Т–11, с учетом примечаний к таблице принимаем 8-й класс точности массы отливки (5Т—5—6—7Т—7—8—9Т—9—10—11Т—11, среднее значение – 8).

Определим допуск смещения отливки по плоскости разъема, для чего определим номинальный размер наиболее тонкой из стенок, выходящих на разъем (или пересекающих его). В нашем случае он равен $(85 - 72)/2 = 6,5$ мм.

По таблице 3.5 [5] для размера 6,5 мм и 8-го класса размерной точности допуск на смещение равен 0,8 мм.

На чертеже отливки, в технических требованиях, укажем нормы точности отливки условным обозначением (рис. П1.4):

Точность отливки 8—3—9—8 см 0,8 ГОСТ26645-85.

Определим ряд припуска на обработку отливки, зависящий:

— от степени точности поверхности обработки – 9,

— материала – чугун,

— типа производства – среднесерийное.

По табл. 3.4 [5], по указанным данным исходный ряд припусков на обработку находится в пределах 3–6. С учетом примечаний к таблице принимаем 4-й ряд припуска.

Вид окончательной обработки поверхности определяется в зависимости от соотношения между допуском размера детали и допуском размера отливки (IT_d/IT_z) и размера от базы обработки до обрабатываемой поверхности.

Заполним графы 1 и 2 табл. П1.2 «Сводная таблица расчета элементов отливки»:

– в графу 1 внесем все размеры с чертежа детали, на которые следует рассчитать припуск и допуск для разработки чертежа отливки;

– в графу 2 внесем допуск размера детали.

Определим допуски на размеры отливки по таблице 3.5 [5] для 8-го класса размерной точности. Определяем величину допуска для каждого размера, найденные величины заносим в графу 3 табл. П1.2.

Найдем вид окончательной обработки, для чего определим для каждой поверхности отношение допуска размера детали к допуску размера отливки (значение графы 2 табл. П1.2 делим на значение графы 3 таблицы, результат заносим в графу 4 таблицы):

для $\varnothing 85$ — $0,022/1,4 = 0,0157$,

для $\varnothing 72$ — $0,03/1,4 = 0,0214$,

для $\varnothing 55$ — $0,3/1,2 = 0,25$,

для $\varnothing 65$ — $0,74/1,4 = 0,5285$,

для $\varnothing 120$ — $0,87/1,6 = 0,544$.

Таблица П1.2. Сводная таблица расчета элементов отливки

Размер детали	Допуск на размер (мм)		$\frac{IT_d}{IT_z}$	Вид окончательной механической обработки	Общий припуск (на сторону) (мм)	Вид обработки	Припуск для вида обработки	Припуск на размер детали (мм)
	Детали IT_g	Отливки IT_z						
1	2	3	4	5	6	7	8	9
$\varnothing 85_{js6}$ ($\pm 0,011$)	0,022	1,4	0,0157	Тонкая	1,4	Черновая Получистовая Чистовая Тонкая	0,9 0,3 0,1 0,1	2,8

Размер детали	Допуск на размер (мм)		$\frac{IT_D}{IT_3}$	Вид окончательной механической обработки	Общий припуск (на сторону) (мм)	Вид обработки	Припуск для вида обработки	Припуск на размер детали (мм)
	Детали IT_g	Отливки IT_3						
1	2	3	4	5	6	7	8	9
$\varnothing 72^{+0,03}$	0,03	1,4	0,0214	Тонкая	2,2	Черновая Получистовая Чистовая Тонкая	1,7 0,3 0,1 0,1	4,4
$55 \pm 0,15$	0,3	1,2	0,25	Чистовая	(1,3)	Черновая Получистовая Чистовая	0,9 0,3 0,1	—
65h14	0,74	1,4	0,5285	Чистовая	1,3	Черновая Получистовая Чистовая	0,9 0,3 0,1	2,6
$\varnothing 120$ h14	0,87	1,6	0,544	Чистовая	1,4	Черновая Получистовая Чистовая	0,9 0,4 0,1	2,8

Примечание к табл. П1.2. Для размера $55 \pm 0,15$ прочерк в графе «Припуск на размер детали» означает, что припуск на данный размер не назначается (см. пояснение на с. 48). При этом, величина общего припуска на сторону (1,3) и промежуточных припусков 0,9; 0,3; 0,1 для размера 55 приняты равными соответствующим значениям припусков для размера 65.

По таблице 3.10 [5], по допуску на размер отливки и отношению допуска размера детали к допуску размера отливки определяем вид окончательной обработки для каждой поверхности детали.

Например: для $\varnothing 85$ при допуске отливки свыше 1,0 мм и соотношении допусков до 0,0157 вид окончательной механической обработки – тонкая, которой предшествует чистовая, получистовая и черновая. Вид окончательной обработки и предшествующие ему виды обработки заносим в графы 5 и 7 табл. П1.2.

Примечание. Так как на чертежах деталей встречаются поверхности с низкой точностью размеров (IT10–IT16), но высокой чистотой обработки, найденный по табл. 3.10 [5] вид окончательной механической обработки необходимо уточнить по табл. ПЗ.2.

В данном случае по таблице 3.10 [5] вид окончательной механической обработки:

- для размера $55 \pm 0,15$ – получистовая,
- для размера $65\ h14_{(-0,74)}$ – черновая,
- для $\varnothing 120\ h14_{(-0,87)}$ – черновая.

Но по табл. ПЗ.2:

– у размера $55 \pm 0,15$ плоскость «С» имеет чистоту $Ra\ 3,2$ (рис. П1.3), и требуется чистовой вид окончательной механической обработки;

– у размера $65_{-0,74}$ плоскости имеют чистоту $Ra\ 1,6$, и требуется чистовой вид окончательной механической обработки;

– у $\varnothing 120_{-0,87}$ поверхность имеет чистоту $Ra\ 6,3$, и требуется чистовой вид окончательной механической обработки.

С учетом данного примечания, заполняем графы 5 и 7 табл. П1.2.

Определяем припуск на каждую поверхность отливки.

По таблице 3.14. [5], для 4-го ряда припуска с учетом вида окончательной механической обработки, и общим допуском с учетом указаний, изложенных на стр. 60 [5] (припуски на поверхности вращения и противоположные поверхности берутся по половинному допуску), т.е. для $\varnothing 72$, $\varnothing 85$, $\varnothing 120$ и размера 65, припуск назначаем по половинному допуску:

– для $\varnothing 85$, тонкой обработки, по допуску $1,4/2 = 0,7$ мм, припуск = 1,4 мм;

– для $\varnothing 72$, тонкой обработки, по допуску $1,4/2 = 0,7$ мм, припуск = 1,4 мм;

– для $\varnothing 120$, чистовой обработки, по допуску $1,6/2 = 0,8$ мм, припуск = 1,4 мм;

– для размера 65, чистовой обработки, по допуску $1,4/2 = 0,7$ мм, припуск = 1,3 мм;

– для размера 55 припуск не назначается (см. пояснение на с. 48, примечание к табл. П1.2).

Примечание. При расчете общего припуска на размер необходимо учитывать величину смещения отливки по плоскости разъема. Для нашей отливки только один элемент ($\varnothing 72$) выполняется половиной формы, остальные элементы отливки выполняются второй половиной. Следовательно, общий припуск на $\varnothing 72$ будет складываться из общего двойного припуска, определенного по таблице 3.14 [5] (1,4 мм) и двойного допуска на смещение отливки, равного 0,8 мм. Тогда общий припуск на $\varnothing 72$ будет равен:

$$1,4 \cdot 2 + 0,8 \cdot 2 = 4,4 \text{ мм.}$$

Полученный результат заносим в графу 9 табл. П1.2.

При определении влияния допуска смещения на элементы отливки необходимо учитывать исходные базы и поверхности, обрабатываемые на первой операции механической обработки.

При расчете припуска на размеры заготовки необходимо провести анализ каждого размера детали, переносимого на чертеж заготовки, с целью выявления размеров, на которые припуск не назначается, а назначается лишь допуск.

В данном случае таким размером является размер 55 мм. Этот размер указываем на чертеже отливки с симметричным допуском $55 \pm 0,6$ мм (рис. П1.4).

Определенные значения припусков (на сторону) заносим в графу 6 табл. П1.2. Общие припуски на каждый размер заготовки заносим в графу 9 табл. П1.2.

Из таблицы 3.14 [5] для каждой поверхности внесем в графу 8 табл. П1.2 *припуск на сторону для каждого вида обработки*:

Односторонний припуск на обработку:

$\varnothing 85 \text{ js6} (\pm 0,011)$

(Общий припуск на сторону 1,4 мм)

– Черновая – 0,9 мм.

– Получистовая – $(1,2 - 0,9) = 0,3$ мм.

– Чистовая – $(1,3 - 1,2) = 0,1$ мм.

– Тонкая – $(1,4 - 1,3) = 0,1$ мм.

$\varnothing 72^{+0,03}$

(Общий припуск на сторону 2,2 мм)

По таблице 3.14[5], с. 85 для общего припуска 2,2 мм, тонкой обработки:

– Черновая – 1,7 мм.

- Получистовая – $(2,0 - 1,7) = 0,3$ мм.
- Чистовая – $(2,1 - 2,0) = 0,1$ мм.
- Тонкая – $(2,2 - 2,1) = 0,1$ мм.

Ø120_{-0,87}

(Общий припуск на сторону 1,4 мм)

- Черновая – 0,9 мм.
- Получистовая – $(1,3 - 0,9) = 0,4$ мм.
- Чистовая – $(1,4 - 1,3) = 0,1$ мм.

65_{-0,74}

(Общий припуск на сторону 1,3 мм)

- Черновая – 0,9 мм.
- Получистовая – $(1,2 - 0,9) = 0,3$ мм.
- Чистовая – $(1,3 - 1,2) = 0,1$ мм.

55±0,15

(См. пояснение на этой странице, выше, и примечание к таблице П1.2)

Припуски на размеры детали будут иметь следующий вид:

- для Ø85 припуск – 2,8 мм;
- для Ø72 припуск – 4,4 мм;
- для размера 65 припуск – 2,6 мм;
- для Ø120 припуск – 2,8 мм;
- для размера 55 на чертеже припуск не назначаем.

Найденные общие припуски внесем в графу 9 табл. П1.2.

Оформляем чертеж отливки (рис. П1.4). На чертеже отливки указываем:

– исполнительные размеры с симметричным расположением полей допусков (исполнительный размер получим, суммируя (вычитая) размер детали (графа 1 табл. П1.2) с припуском на размер детали (графа 9 табл. П1.2), (суммирование – для наружных поверхностей, вычитание – для внутренних поверхностей); допуск – половина значения графы 3):

- Ø87,8±0,7;
- Ø67,6±0,7;
- 67,6±0,7;
- Ø122,8±0,8;
- 55±0,6;

– точность отливки с величиной смещения (8—3—9—8 см 0,8 ГОСТ 26645-85);

– литейные уклоны ($0^{\circ}45'$ – по [3, стр. 213, табл. 5]);

– литейные радиусы (R_2);

– шероховатость поверхности для 9-й степени точности поверхности отливки не более 12,5 мкм ([5, табл. 3.8]), отсюда $R_z = 4 \cdot 12,5 = 50$ мкм (табл. 2 этого пособия);

– допуск отклонения от круглости $\varnothing 120$ и $\varnothing 85$ не должен превышать допуска на размер заготовки 8-го класса размерной точности ([5, табл. 3.5]):

- для $\varnothing 85$ некруглость не должна превышать 1,4 мм;
- для $\varnothing 120$ некруглость не должна превышать 1,6 мм;
- для обоих диаметров принимаем допуск некруглости 1,4 мм;

– допуск неплоскостности торцов отливки найдем по таблице 3.6 [5], для чего по табл. 3.9 [5] найдем степень коробления отливки при отношении высоты отливки 65 мм к диаметру 120 мм, равному 0,54, для многократной формы, степень коробления лежит в пределах 1–4 степени. Принимаем 3-ю степень коробления. По таблице 3.6 [5] допуск неплоскостности торцов для 3-й степени коробления равен 0,2 мм.

На чертеже заготовки (рис. П1.4) укажем размер и допуск диаметра отверстия отливки:

$$\varnothing 67,6 \pm 0,7 \text{ мм.}$$

Расчет массы отливки

Масса отливки получена с помощью 3D-модели заготовки, созданной в КОМПАС-3D.

Масса заготовки (рис. П1.2):

$$M_3 = 1,72 \text{ кг.}$$

Вычислим коэффициент использования материала (9):

$$K_M = \frac{M_D}{M_3} = \frac{1,13}{1,72} = 0,66.$$

По табл. 3.7. стр. 74 [5] определим допуск массы отливки. Для номинальной массы 1,72 кг и 8-го класса точности массы отливки допуск составляет 8%:

$$1,72 \cdot 0,08 = 0,14 \text{ кг.}$$

Установим симметричное расположение поля допуска массы относительно номинальной массы:

$\pm 0,07$ кг.

Найденные значения массы и допуска массы укажем на чертеже отливки (рис. П1.4).

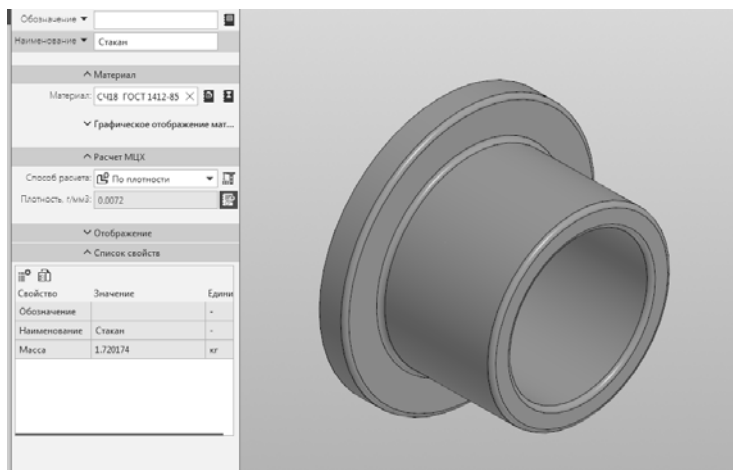


Рис. П1.2. Заготовка детали «Стакан» и ее свойства

7. Расчет режимов резания

7.1. Оборудование, задействованное в технологическом процессе.

Операции 005, 010

Токарную обработку производим на токарно-винторезном станке с числовым программным управлением (ЧПУ) модели 16K20T1. Его технические характеристики (стр. 22–23 [4]):

Наибольший диаметр обрабатываемой детали над станиной	400 мм
Частота вращения шпинделя	10–2000 об/мин.
Число скоростей шпинделя	24
Продольная подача суппорта	0,01–2,8 мм/об (бесступенчатая)
Поперечная подача суппорта	0,005–1,4 мм/об (бесступенчатая)
Мощность электродвигателя главного привода	11 кВт

Операции 015, 020

Обработку четырех отверстий $\varnothing 9H14$ с фасками $0,5 \times 45^\circ$ с двух сторон производим на вертикально-фрезерном консольном станке с ЧПУ модели 6P13Ф3. Его технические характеристики (стр. 76 [4]):

Длина стола	1600 мм
Частота вращения шпинделя	40–2000 об/мин.
Тип управления шпинделем	непрерывное [9]
Продольная подача и поперечная стола	10–1200 мм/мин (бесступенчатая)
Вертикальная подача стола	10–1200 мм/мин (бесступенчатая)
Мощность электродвигателя привода главного движения	7,5 кВт

7.2. Инструмент, задействованный в технологическом процессе изготовления детали:

1. Операция 005, переходы 1, 2 и операция 010, переходы 1, 2 – токарный проходно-подрезной резец $H = 20$, $B = 16$, $\varphi = 25^\circ/115^\circ$ (табл. 27, стр. 198 [4]), твердый сплав ВК6 (табл. 3, стр. 185 [4]).

2. Операция 005, переход 3 – токарный расточной резец, $H = 36$, $B = 20$, главным углом в плане 60° , углом при вершине 60° , (табл. 16, стр. 192 [4]), твердый сплав ВК6 (табл. 3, стр. 185 [4]).

3. Операция 005, переход 4 – зенкер насадной, оснащенный пластинками твердого сплава ВК6 (табл. 3, стр. 185 [4]), $D = 72$ мм, $L = 65$ мм ГОСТ 3231-71 (табл. 51, стр. 230 [4]), $Z = 4$ зуба; $\varphi = 60^\circ$ (табл. 52, стр. 231–232 [4]).

4. Операция 005, переход 5 – развертка насадная нормальная, оснащенная пластинками твердого сплава ВК4 (табл. 3, стр. 184 [4]), $D = 72$ мм, $L = 65$ мм, $Z = 14$ зубьев, ГОСТ 21527-76 (табл. 53, стр. 234 [4], табл. 60, стр. 239 [4]).

5. Операция 005, переход 6 – развертка насадная чистовая, оснащенная пластинками твердого сплава ВК4 (табл. 3, стр. 184 [4]), $D = 72$ мм, $L = 65$ мм, $Z = 14$ зубьев, ГОСТ 21527-76 (табл. 53, стр. 234 [4], табл. 60, стр. 239 [4]).

6. Операция 010, переход 3 – резец канавочный, $l = 5$ мм, $H = 25$, $B = 16$, $L = 140$, твердый сплав ВК6 (табл. 3, стр. 185 [4]), ГОСТ 18884-73 (табл. 10, стр. 189 [4]).

7. Операция 010, переход 4 – проходной упорный, $H = 20$, $B = 16$, $L = 120$, ГОСТ 18879-73 (табл. 8, стр. 188 [4]); твердый сплав ВК4 (табл. 3, стр. 184 [4]).

8. Операция 015, переход 1 – сверло центровочное спиральное с цилиндрическим хвостовиком из быстрорежущей стали для зацентровки под сверление $d = 5$ мм, ОСТ 2 И20-5-80 (табл. 44, стр. 215 [4]).

9. Операция 015, переход 2 – короткой серии ГОСТ 4010-77 (табл. 44, стр. 214 [4]), $d = 9$ мм, $L = 84$ мм, $\ell = 40$ мм (табл. 45, стр. 222 [4]). Из базы данных СПРУТ-ТП выбрано сверло спиральное с цилиндрическим хвостовиком из быстрорежущей стали 2300-8528 ГОСТ 22735-77.

10. Операция 015, переход 3, операция 020, переход 1 – зенковка угловая из быстрорежущей стали $\phi = 45^\circ$, $Z = 4$ зуба, $D = 16$ (табл. 51, стр. 230[4]). Из базы данных СПРУТ-ТП выбрана зенковка угловая 2353-0133 ГОСТ 14953-80, $D = 16$, $\phi = 90^\circ$, Р18.

7.3. Расчет режимов резания на операции 005, переход 1, черновой проход

Расчет скорости резания по формуле (12) выполним для чернового точения контура (торец $\varnothing 120$ h14/ $\varnothing 72$ Н7, $\varnothing 120$ h14) на операции 005, переход 1, черновой проход.

Расчет выполняем по методике, изложенной в гл. 4 [4] раздела «Точение»:

$$v_p = \frac{C_v}{T_{\text{ми}}^m t^{x_s} s^y} K_v = \frac{243}{180^{0,2} 0,9^{0,15} 1^{0,4}} 0,94 = 82,1 \text{ м/мин.}$$

Определение значений параметров и коэффициентов, входящих в формулу скорости резания, представлено ниже.

Для обработки серого чугуна СЧ 21–40 материалом режущей части выбран твердый сплав ВК6 (табл. 3, стр. 185 [4]). В качестве инструмента применяем проходно-подрезной резец, с $\phi = 25^\circ$, $H = 20$, $B = 16$, $r = 1,0$ мм (табл. 27, стр. 198 [4]).

Глубину резания t берем из графы 8 табл. П1.2. Для чернового точения торца детали $\varnothing 120$ h14/ $\varnothing 72$ Н7 (размер 65h14 в табл. П1.2) и цилиндрической поверхности $\varnothing 120$ h14 припуск на сторону равен 0,9 мм, то есть

$$t = 0,9 \text{ мм.}$$

Подача

$$s = 1,0 \text{ мм/об (табл. 11, стр. 364 [4])}.$$

Коэффициент C_v и показатели степени m , x , y , зависящие от обрабатываемого материала, вида обработки, величины подачи:

$$C_v = 243; x = 0,15; y = 0,40; m = 0,20 \text{ (табл. 17, стр. 368 [4])}.$$

Период стойкости резца из твердого сплава при черновом точении чугуна:

$$T = 90 \text{ мин. (табл. 18, стр. 227 [4])}.$$

В операции 005 задействовано шесть инструментов, следовательно, с учетом поправочного коэффициента изменения периода стойкости инструмента

$$K_{Ti} = 2$$

при многоинструментальной обработке (табл. 7, стр. 362 [4]), по формуле (13)

$$T_{\text{ми}} = TK_{Ti} = 90 \cdot 2 = 180 \text{ мин.}$$

По формуле (14) найдем величину поправочного коэффициента K_v :

$$K_v = K_{Mv} \cdot K_{Пv} \cdot K_{Иv} \cdot K_{\phi} \cdot K_r = 0,9 \cdot 0,8 \cdot 1,0 \cdot 1,3 \cdot 1 = 0,94,$$

где:

для серого чугуна СЧ 21-40 с HB = 206 [9]:

$$K_{mv} = \left(\frac{190}{HB} \right)^{n_v} = \left(\frac{190}{206} \right)^{1,25} = 0,9 - \text{по табл. 1, стр. 358 [4];}$$

$$n_v = 1,25 \text{ (по табл. 2, стр. 359 [3]);}$$

$K_{Пv} = 0,8$ (для чугунной отливки с нормальной коркой, по табл. 5, стр. 361 [4]);

$$K_{Иv} = 1,0 \text{ (для ВК6, по табл. 6, стр. 361 [4]);}$$

$$K_{\phi} = 1,3 \text{ (для } \phi = 25^\circ, \text{ по табл. 18, стр. 369 [4]);}$$

$K_r = 1$ (для резца из твердого сплава, примечание к табл. 18, стр. 369 [4]).

По установленной скорости резания v_p определяем расчетную частоту вращения шпинделя станка n_p (об/мин) по формуле (15):

$$n_p = \frac{1000 \cdot v_p}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 82,1}{3,14 \cdot 122,8} = 213 \text{ (об/мин)},$$

где D – диаметр обрабатываемой заготовки.

По паспорту станка выбираем ближайшее значение $n_{ст}$ (об/мин).

В технических характеристиках токарного станка модели 16K20T1 (стр. 22–23 [4]), имеющего ступенчатую коробку скоростей, приведены только максимальные ($n_{ст \max}$), минимальные ($n_{ст \min}$) обороты шпинделя и число скоростей шпинделя ($m = 24$). Значение оборотов ступеней рассчитаем по методике, изложенной в приложении 2.

$$n_{ст \max} = 2000 \text{ об/мин},$$

$$n_{ст \min} = 10 \text{ об/мин},$$

$$m = 24.$$

Находим:

$$\varphi^{m-1} = 2000/10 = 200.$$

По табл. П2.1 приложения 2 находим ближайшее к этому значение:

$$\varphi^{22} = 203,48,$$

что соответствует

$$\varphi = 1,26.$$

Для нахождения φ^x по формуле (П2.3) вычислим:

$$\varphi^x = n_p / n_{ст \min} = 203 / 10 = 20,3.$$

В столбце таблицы, соответствующей $\varphi = 1,26$, находим ближайшее меньшее к этому значение:

$$\varphi^x = 20,16.$$

Тогда по формуле (П2.4) обороты шпинделя станка для этого значения:

$$n_{ст} = \varphi^x \cdot n_{ст \min} = 20,16 \cdot 10 = 201,6 \text{ об/мин}.$$

По формуле (17) определяем фактическую скорость резания:

$$v_\phi = \frac{\pi \cdot D \cdot n_{ст}}{1000} = \frac{3,14 \cdot 122,8 \cdot 201,6}{1000} = 77,7 \text{ м/мин}.$$

При расчете режимов резания на операции 005, переход 1, черновой проход, с помощью СПРУТ-ТП получены следующие значения режимов резания:

– подача:

$$s = 1,053 \text{ мм /об};$$

– частота вращения шпинделя станка (фактическая):

$$n_{\text{ст}} = 180 \text{ об/мин};$$

– скорость резания (фактическая):

$$v_{\text{ф}} = 68,389 \text{ м/мин}.$$

Расхождение результатов расчета $v_{\text{ф}}$ и $n_{\text{ст}}$, полученных вручную и с помощью СПРУТ-ТП, может объясняться учетом большего количества факторов, влияющих на скорость резания, при расчете с помощью СПРУТ-ТП.

В дальнейших расчетах используются значения, полученные с помощью СПРУТ-ТП, и они внесены в табл. П1.3.

7.4. Определение мощности резания для наиболее нагруженного перехода (операция 005, переход 3)

Рассчитаем мощность резания $N_{\text{рез}}$ для чернового прохода перехода 1 операции 005 по формуле [4], стр. 371; режимы резания – по данным расчетов в СПРУТ-ТП:

$$N_{\text{рез}} = \frac{P_Z \cdot v}{1020 \cdot 60},$$

где P_Z [Н] – тангенциальная сила резания;

v – скорость резания;

$$P_Z = 10C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p,$$

$$C_p = 92; x = 1,0; y = 0,75; n = 0$$

(по [4], стр. 372, табл. 22, СЧ 21-40, резец твдосплавный),

$$K_p = K_{\text{мр}} K_{\text{фр}} K_{\text{ур}} K_{\text{лр}} K_{\text{тр}} \quad ([4], \text{стр. 371}).$$

Материал режущего инструмента (проходно-подрезной резец) – твердый сплав, обрабатываемый материал – серый чугун СЧ 21-40, $HB = 206$. По [4], стр. 362, табл. 9:

$$K_{\text{мр}} = \left(\frac{HB}{190} \right)^n = \left(\frac{206}{190} \right)^{0,4} = 1,03,$$

$$K_{\text{фр}} = 1,08; K_{\text{гр}} = 1; K_{\lambda\text{р}} = 1,0; K_{\text{г}} = 1,0$$

(по [4], стр. 374, табл. 23).

$$K_{\text{р}} = 1,03 \cdot 1,08 \cdot 1 \cdot 1,0 \cdot 1 = 1,1,$$

$$P_z = 10 \cdot 92 \cdot 1,7^{1,0} \cdot 0,86^{0,75} \cdot 53,066^0 \cdot 1,1 = 1536,4 \text{ (Н)},$$

$$N_{\text{рез}} = \frac{P_z \cdot v}{1020 \cdot 60}, = \frac{1536,4 \cdot 53,066}{1020 \cdot 60} = 1,33 \text{ (кВт)}.$$

Полученное значение мощности резания (1,33 кВт) не превышает мощность привода станка 16K20T1, составляющую 11 кВт, следовательно обработка возможна.

8. Расчет технологического и штучно-калькуляционного времени обработки детали

8.1. Расчет технологического времени

Все расчеты в этом пункте выполнены с помощью СПРУТ-ТП. Здесь приводится пояснение расчетов.

Минутная подача рассчитывается по формуле:

$$S_M = S_{\text{ОБ}} \cdot n_{\text{ст}},$$

где $S_{\text{ОБ}}$ – подача на оборот;

$n_{\text{ст}}$ – обороты в минуту шпинделя станка.

Для операции 005, переход 1, черновой проход (см. табл. П1.3):

$$S_M = S_{\text{ОБ}} \cdot n_{\text{ст}} = 1,053 \cdot 180 = 189,54 \text{ (мм/мин)}.$$

Найденное значение указано в табл. П1.3 для операции 005 (переход 1, черновой проход).

Аналогично рассчитана минутная подача для всех переходов и проходов и указана в табл. П1.3.

Определим траектории движения инструмента между опорными точками, для чего найдем длину обрабатываемой поверхности (ℓ), величину врезания (ℓ_1), величину перебега (ℓ_2) (по эскизам наладок операций) и длину рабочего хода всех проходов для всех операций, переходов и проходов.

Полученные значения занесем в соответствующие графы табл. П1.3.

Так, для операции 005, переход 1, черновой проход (см. «Эскизы наладок операции 005» графической части и табл. П1.3):

$$\ell (2 - 4) = 38,4 \text{ мм},$$

$$\ell_1 (1 - 2) = 3 \text{ мм},$$

$$\ell_2 (4 - 5) = 1 \text{ мм};$$

$$L = \ell + \ell_1 + \ell_2 = 38,4 + 3 + 1 = 42,4 \text{ мм}.$$

По формуле (21):

$$T_T = L \cdot i / S_M,$$

где i – количество проходов, найдем технологическое (основное) время.

Для операции 005, переход 1, черновой проход (см. табл. П1.3):

$$T_T = L \cdot i / S_M = 42,4 \cdot 1 : 189,54 = 0,22 \text{ (мин)}.$$

Найденное значение технологического времени T_T для перехода 1, чернового прохода операции 005 внесено в табл. П1.3.

Значения технологического времени T_T для остальных переходов всех операций получены с помощью СПРУТ-ТП и внесены в табл. П1.3.

8.2. Расчет штучно-калькуляционного времени

Штучно-калькуляционное время обработки детали $T_{ш.к}$ равно сумме штучно-калькуляционного времени по всем операциям технологического процесса:

$$T_{ш.к.} = \sum_{i=1}^n T_{ш.к.о.}$$

Для каждой операции штучно-калькуляционное время $T_{ш.к.о.}$ вычисляется по формуле:

$$T_{ш.к.о.} = T_{оп} + (T_{об} + T_{пер}) + T_{п.з} : n,$$

где $T_{оп} = T_T + T_B$ – оперативное время, включающее технологическое время T_T и вспомогательное время T_B по каждой операции;

$T_{об}$ – время обслуживания рабочего места;

$T_{пер}$ – время на отдых и естественные надобности;

$T_{п.з}$ – подготовительно-заключительное время;

n – размер партии деталей, запускаемых в производство одновременно.

**Таблица П1.3. Итоговая сводная таблица параметров обработки
и режимов резания**

№ опер.	№ пер.	Наименование перехода или прохода	Число проходов (элементов)	D , мм	t , м	$S_{об}$, мм/об	S_m , мм/мин	$n_{ст}$, об/мин	v_f , м/мин	Длина обр. пов-сти ℓ , мм	Вре-зание ℓ_1 , мм	Пере-бег ℓ_2 , мм	Длина обра-ботки L , мм	T_t , мин	T_v , мин	$T_{оп.}$, мин
005		Установить деталь в кулачках без выверки													0,65	
		Точение черновое. Подрезать торец $\varnothing 120$ h14/ $\varnothing 72$ H7, точить $\varnothing 120$ h14	1	122,8	0,9	1,053	189,54	180	68,389	38,4	3	1	42,4	0,22	0,180	0,4
		Точение получистовое. Подрезать торец $\varnothing 120$ h14/ $\varnothing 72$ H7, точить $\varnothing 120$ h14	1	121	0,4	1,239	223,02	180	67,937	37,7	3	1	41,7	0,190	0,180	0,37
		Точение чистовое. Подрезать торец $\varnothing 120$ h14/ $\varnothing 72$ H7, точить $\varnothing 120$ h14	1	120,2	0,1	1,239	247,8	200	75,36	37,5	3	1	41,5	0,170	0,180	0,35
		Растачивание черновое. Расточить отверстие $\varnothing 72$ H7, расточить 2 фаски $1 \times 45^\circ$	1	71	1,7	0,86	215	250	53,066	67,5	3	1	71,5	0,330	0,600	0,93
		Зенкерование. Зенкеровать отверстие $\varnothing 72$ H7	1	71,6	0,3	0,929	185,8	200	44,988	66,3	1	4	71,3	0,320	0,800	1,12
		Развертывание нормальное. Развернуть отверстие $\varnothing 72$ H7	1	71,8	0,1	1,641	29,54	18	4,058	66,3	5	23	94,3	3,190	0,800	3,99
		Развертывание чистовое. Развернуть отверстие $\varnothing 72$ H7	1	72	0,1	1,643	41,08	25	5,652	66,3	5	23	94,3	2,300	0,800	3,1

Примечание. Здесь приведена часть таблицы с данными только операции 005. В курсовом проекте табл. П1.3 должна содержать данные всех операций.

Технологическое время T_t на каждом переходе операций получено с помощью СПРУТ-ТП. В операционных картах это время указано первым числом в конце строки содержания технологического перехода (рис. П1.7). Оно указано в соответствующей графе табл. П1.3.

Технологическое время T_t на операциях равно сумме времени по всем переходам каждой операции (в операционных картах находится в графе T_o (время основное)):

$$T_{t\ 005} = 6,72 \text{ мин,}$$

$$T_{t\ 010} = 3,04 \text{ мин,}$$

$$T_{t\ 015} = 0,78 \text{ мин,}$$

$$T_{t\ 020} = 0,24 \text{ мин.}$$

Вспомогательное время T_v на каждом переходе операций получено с помощью СПРУТ-ТП. В операционных картах это время указано вторым числом в конце строки содержания технологического перехода (рис. П1.7). Оно указано в соответствующей графе табл. П1.3.

Вспомогательное время T_v на операциях равно сумме времени по всем переходам каждой операции (в операционных картах находится в графе T_v):

$$T_{v\ 005} = 4,19 \text{ мин,}$$

$$T_{v\ 010} = 2,99 \text{ мин,}$$

$$T_{v\ 015} = 4,74 \text{ мин,}$$

$$T_{v\ 020} = 3,3 \text{ мин.}$$

Оперативное время $T_{оп}$ на операциях ($T_{шт.}$ в операционных картах):

$$T_{оп\ 005} = T_{t\ 005} + T_{v\ 005} = 10,91 \text{ мин,}$$

$$T_{оп\ 010} = T_{t\ 010} + T_{v\ 010} = 6,03 \text{ мин,}$$

$$T_{оп\ 015} = T_{t\ 015} + T_{v\ 015} = 5,52 \text{ мин,}$$

$$T_{оп\ 020} = T_{t\ 020} + T_{v\ 020} = 3,54 \text{ мин.}$$

Для каждой операции найдем время обслуживания рабочего места $T_{об}$ и время на отдых и естественные надобности $T_{пер.}$. Сумма этого времени составляет определенный процент от оперативного времени (проценты найдены с помощью СПРУТ-ТП):

$$(T_{об} + T_{пер.})_{005} = 0,06 T_{оп\ 005} = 0,06 \cdot 10,91 = 0,65 \text{ мин,}$$

$$(T_{об} + T_{пер.})_{010} = 0,06 T_{оп\ 010} = 0,06 \cdot 6,03 = 0,36 \text{ мин,}$$

$$(T_{об} + T_{пер.})_{015} = 0,05 T_{оп\ 015} = 0,05 \cdot 5,52 = 0,28 \text{ мин,}$$

$$(T_{об} + T_{пер.})_{020} = 0,05 T_{оп\ 020} = 0,05 \cdot 3,54 = 0,18 \text{ мин.}$$

Для каждой операции с помощью СПРУТ-ТП найдем подготовительно-заключительное время $T_{п.з}$ (указано в маршрутной и операционной картах):

$$T_{п.з\ 005} = 21 \text{ мин},$$

$$T_{п.з\ 010} = 15 \text{ мин},$$

$$T_{п.з\ 015} = 27 \text{ мин},$$

$$T_{п.з\ 020} = 16 \text{ мин}.$$

Для каждой операции найдем штучно-калькуляционное время $T_{ш.к.о}$, по формуле:

$$T_{ш.к.о} = T_{оп} + (T_{об} + T_{пер}) + T_{п.з} / n,$$

где $n = 125$ (размер партии деталей, запускаемых в производство одновременно):

$$T_{ш.к.о\ 005} = T_{оп\ 005} + (T_{об} + T_{пер})_{005} + T_{п.з\ 005} / n = 10,91 + 0,65 + 21/125 = 11,73 \text{ мин},$$

$$T_{ш.к.о\ 010} = T_{оп\ 010} + (T_{об} + T_{пер})_{010} + T_{п.з\ 010} / n = 6,03 + 0,36 + 15/125 = 6,51 \text{ мин}$$

$$T_{ш.к.о\ 015} = T_{оп\ 015} + (T_{об} + T_{пер})_{015} + T_{п.з\ 015} / n = 5,52 + 0,28 + 27/125 = 6,02 \text{ мин}$$

$$T_{ш.к.о\ 020} = T_{оп\ 020} + (T_{об} + T_{пер})_{015} + T_{п.з\ 020} / n = 3,54 + 0,18 + 16/125 = 3,85 \text{ мин}$$

Штучно-калькуляционное время обработки детали $T_{ш.к.}$:

$$T_{ш.к.} = \sum_{i=1}^n T_{ш.к.о} = T_{ш.к.о\ 005} + T_{ш.к.о\ 010} + T_{ш.к.о\ 015} + T_{ш.к.о\ 020} = 11,73 + 6,51 + 6,02 + 3,85 = 28,11 \text{ мин}.$$

9. Разработка управляющей программы для станка с ЧПУ

С помощью САПР SprutCAM 11 создана управляющая программа для токарной обработки детали «Стакан» на станке с ЧПУ16K20T1 для операции 005, переход 1 (точение черновое и получистовое), переход 2 (точение чистовое) и переход 3 (расточивание черновое) для системы ЧПУ NC Drive.

Код программы:

%Стакан	(005.2_TOCHENIE
N10 G71 G40 G90 G54	CHISTOVOE)
	N170 S200
(005.1_TOCHENIE CHERNO-	N180 G00
VOE)	N190 X139.4 Z13.4
N20 G54	N200 X55.702 Z0.
N30 T1 M6	N210 G01 X120. F1.24
(DRUGOJ L10, TI4.76, RE0.2,	N220 Z-12.5
KR117, QR28)	N230 G00 X139.4 Z13.4
N40 S180 M03	
N50 G00 X142.6 Z15.	(005.3_RASTACHIVANIE
N60 X62.2 Z0.4	CHERNOVOE)
N70 G01 G95 X121. F1.05	N240 T2 M6
N80 Z-12.5	(CUSTOM L15, TI4.76, RE0.4,
N90 G00 X142.6 Z15.	KR62, QR63)
	N250 S250
(005.1_TOCHENIE POLU-	N260 G00 X-42.092 Z72.583
CHISTOVOE)	N270 X77.384 Z2.383
N100 S180	N280 G01 X71. Z-0.809 F0.86
N110 G00	N290 Z-64.099
N120 X140.6 Z13.8	N300 X76.064 Z-66.631
N130 X61.4 Z0.1	N310 X68.596
N140 G01 X120.2 F1.24	N320 G00 X-42.092 Z72.583
N150 Z-12.5	N330 M05
N160 G00 X140.6 Z13.8	N340 M30

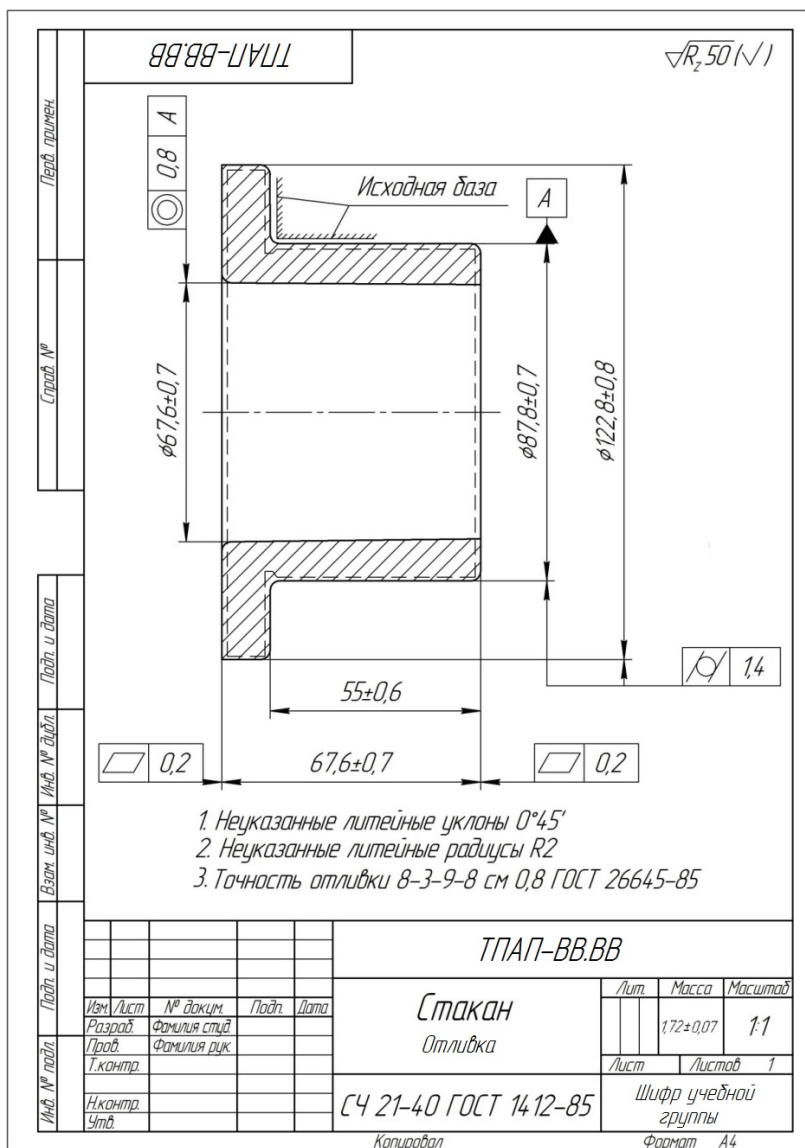


Рис. П1.4. Чертеж заготовки детали «Стакан»

66

Рис. П1.6. Маршрутная карта ТП изготовления детали «Стакан»

Приложение 2. Методика расчета ступеней оборотов шпинделя металлорежущего станка

Обороты шпинделя металлорежущего станка, имеющего ступенчатое регулирование, подчиняются закону геометрической прогрессии:

$$n_{\max} = n_{\min} \varphi^{m-1} \quad (\text{об/мин}), \quad (\text{П2.1})$$

где φ – знаменатель ряда; m – общее число ступеней коробки скоростей станка.

Исходя из этого, можно определить любую одну из трех величин: $n_{\max}$, $n_{\min}$ или m , если известны значения всех остальных. Значения нормализованных знаменателей рядов φ , возведенные в степень, приведены в табл. П2.1, пользуясь которой, можно легко определить значение φ на основании заданных в технической характеристике станка $n_{\max}$, $n_{\min}$ и m . Для этого вычисляем частное $n_{\max} / n_{\min}$ и в строке таблицы, соответствующей степени $m-1$, находим то числовое значение φ^{m-1} , которое равно или близко вычисленному (формула (П2.2)), и по этому значению определяем величину φ :

$$\varphi^{m-1} = n_{\max} / n_{\min}. \quad (\text{П2.2})$$

Затем делим расчетное значение числа оборотов на их минимальное значение, получая, таким образом, расчетное значение φ в какой-то степени X , т.е.

$$\varphi^X = n_p / n_{\min}, \quad (\text{П2.3})$$

где n_p – расчетное значение числа оборотов шпинделя станка.

В том же столбце для найденного ранее значения φ находим ближайшее меньшее число, соответствующее вычисленному $\varphi^X = n_p / n_{\min}$. Умножив затем найденное значение φ^X на $n_{\min}$, получим расчетное число оборотов шпинделя станка, т.е.

$$n_{\text{ст}} = \varphi^X n_{\min} \quad (\text{об/мин}). \quad (\text{П2.4})$$

Пример 1

Для станка 1А730 $n_{\max} = 710$ об/мин, $n_{\min} = 56$ об/мин и $m = 12$. Найти $n_{\text{ст}}$, если расчетная частота вращения шпинделя $n_p = 250$ об/мин.

Решение. По выражению (П2.2) находим

$$\varphi^{m-1} = n_{\max}/n_{\min}; \quad \varphi^{12-1} = 710/56 = 12,7.$$

По табл. П2.1 (ищем в столбцах по строчке с φ^{11}) находим $\varphi^{11} = 12,64$, что соответствует $\varphi = 1,26$.

Для нахождения φ^X по формуле (П2.3) произведем вычисление

$$\varphi^X = n_p / n_{\min} = 250 / 56 = 4,46.$$

В столбце таблицы, соответствующей $\varphi = 1,26$, находим ближайшее меньшее значение $\varphi^X = 4,00$. Тогда по формуле (П2.4) обороты шпинделя станка будут равны

$$n_{\text{ст}} = \varphi^X n_{\min} = 56 \cdot 4,00 = 224 \text{ об/мин.}$$

Пример 2

Порядок определения оборотов шпинделя станка, когда неизвестно количество ступеней m коробки скоростей следующий.

Аналогично приведенному примеру 1: $n_{\max} = 710$ об/мин, $n_{\min} = 56$ об/мин и $n_p = 250$ об/мин.

Находим $\varphi^{m-1} = 710/56 = 12,7$.

Принимаем один из знаменателей ряда ($\varphi = 1,26$; 1,12 или 1,06) $\varphi = 1,12$.

Для нахождения φ^X произведем вычисление по формуле (П2.3):

$$\varphi^X = n_p / n_{\min} = 250 / 56 = 4,46.$$

Для $\varphi = 1,12$ находим ближайшее значение $\varphi^X = 4,48$, тогда по формуле (П2.4) обороты шпинделя станка:

$$n_{\text{ст}} = \varphi^X n_{\min} \text{ (об/мин)} = 4,48 \cdot 56 = 250,8 \text{ об/мин.}$$

**Таблица П2.1. Значения нормализованных знаменателей рядов φ ,
возведенные в степень**

φ	1,06	1,12	1,26	1,41	1,58	1,78	2,0
φ^2	1,12	1,26	1,58	2,00	2,50	3,16	4,00
φ^3	1,19	1,41	2,00	2,82	4,00	5,64	8,00
φ^4	1,26	1,58	2,50	4,00	6,32	10,08	16,00
φ^5	1,34	1,78	3,16	5,64	10,08	17,92	32,00
φ^6	1,41	2,00	4,00	8,00	16,00	32,00	64,00
φ^7	1,49	2,24	5,04	11,28	25,28	56,80	249,43
φ^8	1,58	2,50	6,32	16,00	40,00	100,77	548,75
φ^9	1,67	2,81	8,00	22,56	64,00	179,38	1207,26
φ^{10}	1,78	3,16	10,08	32,00	96,95	319,30	
φ^{11}	1,89	3,55	12,64	45,12	153,19	568,35	
φ^{12}	2,00	4,00	16,00	64,00	242,3		
φ^{13}	2,12	4,48	20,16	87,06	382,42		
φ^{14}	2,24	5,04	25,28	122,76	604,22		
φ^{15}	2,36	5,64	32,00	173,9			
φ^{16}	2,50	6,32	40,00	244,06			
φ^{17}	2,65	7,12	50,65	344,13			
φ^{18}	2,81	8,00	64,00				
φ^{19}	2,98	8,96	80,64				
φ^{20}	3,16	10,08	101,61				
φ^{21}	3,35	11,28	128,16				
φ^{22}	3,55	12,64	203,48				
φ^{23}	3,77	14,24	256,38				
φ^{24}	4,00	16,00	323,04				
φ^{25}	4,24	17,92					
φ^{26}	4,48	20,16					
φ^{27}	4,75	22,56					

Приложение 3. Справочные данные

Таблица ПЗ.1. Данные для ориентировочного определения типа производства по массе деталей и годовому объему выпуска

№№ п/п	Тип производства	Годовой объем выпуска деталей с массой (кг)				
		до 1,0	1,0–2,5	2,5–5,0	5–10	св. 10
1	единичное	до 10	до 10	до 10	до 10	до 10
2	мелкосерийное	10–1500	10–1000	10–500	10–300	10–200
3	среднесерийное	1500– 75000	1000– 50000	500– 35000	300– 25000	200– 10000
4	крупносерийное	75000– 200000	50000– 100000	35000– 75000	25000– 50000	10000– 25000
5	массовое	св. 200000	св. 100000	св. 75000	св. 50000	св. 25000

Таблица ПЗ.2. Методы обработки и достигаемое качество поверхности

	Метод обработки		Параметр шероховатости											
			R_z					R_a						
			320	160	80	40	20	2,5	1,25	0,63	0,32	0,16	0,08	0,04
Наружные цилиндрические	Обтачивание	Предварительное	■	■	■	■								
		Чистовое			■	■	■	■	■					
		Тонкое							■	■	■			
	Шлифование	Предварительное						■	■					
		Чистовое								■	■			
		Тонкое									■	■		
	Притирка	Грубая								■	■			
		Средняя									■	■		
		Тонкая										■	■	■
	Отделка абразивным полотном									■	■	■	■	
	Обкатывание роликом										■	■	■	
	Шлифование – отделка (суперфиниширование)											■	■	■

	Метод обработки		Параметр шероховатости												
			R_z					R_a						R_z	
			320	160	80	40	20	2,5	1,25	0,63	0,32	0,16	0,08	0,04	0,10
Внутренние цилиндрические	Растачивание	Предварительное	■	■	■	■									
		Чистовое				■	■	■	■						
		Тонкое							■	■	■				
	Сверление			■	■	■									
	Зенкерование	Черновое			■	■	■								
		Чистовое				■	■	■	■						
	Развертывание	Нормальное							■	■					
		Точное								■	■				
		Тонкое									■	■			
	Протягивание						■	■	■	■					
	Внутреннее шлифование	Предварительное							■	■					
		Чистовое								■	■	■			
	Калибровка шариком									■	■	■			
	Притирка	Грубая								■	■				
		Средняя									■	■			

	Метод обработки		Параметр шероховатости												
			R_z					R_a						R_z	
			320	160	80	40	20	2,5	1,25	0,63	0,32	0,16	0,08	0,04	0,10
Плоскости		Тонкая										■	■	■	
		Шлифовка – притирка (хонингование)	Нормальное							■	■	■			
			Зеркальное									■	■	■	
	Строгание	Предварительное	■	■	■	■									
		Чистовое			■	■	■	■	■						
		Тонкое							■	■					
	Цилиндрическое фрезерование	Предварительное		■	■	■	■								
		Чистовое					■	■	■						
		Тонкое						■	■	■					
	Торцовое фрезерование	Предварительное		■	■	■	■								
		Чистовое					■	■	■						
		Тонкое							■	■					
	Торцовое точение	Предварительное	■	■	■	■									

Метод обработки			Параметр шероховатости											
			R_z					R_a						
			320	160	80	40	20	2,5	1,25	0,63	0,32	0,16	0,08	0,04
		Чистовое			■	■	■	■	■					
		Тонкое							■	■	■			
	Плоское шлифование	Предварительное						■	■					
		Чистовое								■	■			
	Притирка	Грубая								■	■			
		Средняя									■	■		
		Тонкая										■	■	■

Примечание. Соотношения между параметрами шероховатости R_a и R_z приведены в таблице 2 (с. 19).

Приложение 4. Титульный лист курсового проекта

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Университет «Дубна»
(государственный университет «Дубна»)
Филиал «Протвино»

Кафедра «Автоматизация технологических процессов и производств»

КУРСОВОЙ ПРОЕКТ
по дисциплине
**«ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ
АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ ПРОИЗВОДСТВ»**

Тема: _____

Вариант: _____

Выполнил: студент

Фамилия, И.О.

Группа _____

Направление подготовки _____

Руководитель: _____

уч. степень, уч. звание, должность,
И.О. Фамилия

Курсовой проект допущен к защите

«____» _____ 20__ г.

Оценка: _____

Дата защиты: «____» _____ 20__ г.

Преподаватели:

_____/_____
подпись И. О. Фамилия

_____/_____
подпись И. О. Фамилия

г. Протвино

Список литературы

1. Технология машиностроения: в 2-х книгах. Кн. 1. Основы технологии машиностроения : учебное пособие для вузов / Э.Л. Жуков, И.И. Козарь, С.Л. Мурашкин и др. ; под ред. С.Л. Мурашкина. – 2-е изд., доп. – Москва : Высш. шк., 2005. – 278 с.: ил.
2. Технология машиностроения : в 2-х книгах. Кн. II. Производство деталей машин : учебное пособие для вузов / Э.Л. Жуков, И.И. Козарь, С.Л. Мурашкин и др.; под. ред. С.Л. Мурашкина. – 2-е изд., доп. – Москва : Высш. шк., С.Л., 2005. – 295 с.: ил.
3. Справочник технолога-машиностроителя. Т. 1 / под ред. А.М. Дальского, А.Г. Косиловой, Р.К. Мещерякова, А.Г. Суслова. – 5-е изд.– Москва : Машиностроение-1, 2003. – 912 с.
4. Справочник технолога-машиностроителя. Т. 2 / под ред. А.М. Дальского, А.Г. Косиловой, Р.К. Мещерякова, А.Г. Суслова. – 5-е изде. – Москва : Машиностроение-1, 2003. – 944 с.
5. Расчет припусков и межпереходных размеров в машиностроении : учеб. пос. для машиностроит. спец. вузов / Я.М. Радкевич, В.А. Тимирязев, А.Г. Схиртладзе и др. – Москва : Высш. шк., 2004. – 272 с.: ил.
6. Справочник. Прогрессивный режущий инструмент и режимы резания металлов / под ред. В.И. Баранчикова, А.В. Жарикова и др. – Москва : Машиностроение, 1990. – 400 с.
7. Миллер, Э. Э. Техническое нормирование труда в машиностроении. – Москва : Машиностроение, 1972. – 248 с.
8. Подготовка и оформление курсового проекта по дисциплине «Технологические процессы автоматизированных производств» : учеб.-метод. пособие / Н.М. Кудрявов, Д.В. Басов, Г.В. Курзуков. – Москва: Прометей, 2012.
9. Менеджер ресурсов. САПР СПРУТ-ТП. – URL: https://csprut.ru/spruttp/resource_menedger/.
10. Разработка технологического процесса изготовления детали с использованием САПР СПРУТ-ТП : практикум / Г.В. Курзуков. – URL: <https://sites.google.com/uni-dubna.ru/praktikum-tpap> – Режим доступа: для пользователей университета «Дубна».
11. Получение практических навыков создания управляющих программ для станков с ЧПУ с использованием САПР SprutCAM : практикум / Г.В. Курзуков. – URL: <https://sites.google.com/uni-dubna.ru/praktikum-tpap> (режим доступа: для пользователей университета «Дубна»).

Содержание

1. Общие положения.....	3
2. Методические указания по выполнению разделов проекта.....	8
2.1. Служебное назначение детали	8
2.2. Определение типа производства	8
2.3. Анализ технологичности детали	10
2.4. Выбор вида заготовки и способа ее получения	12
2.5. Разработка маршрутного и операционного технологического процесса изготовления детали	13
2.6. Расчет параметров заготовки	14
2.6.1. Методика расчета параметров и разработки чертежа отливки.....	14
2.6.2. Методика расчета параметров и разработки чертежа поковки	19
2.6.3. Методика расчета параметров заготовки из проката.....	24
2.6.4. Вычисление массы заготовки по ее номинальным размерам	25
2.6.5. Вычисление коэффициента использования материала K_m	25
2.7. Расчет режимов резания на переходах операций	25
2.7.1. Глубина резания t	25
2.7.2. Подача S (мм/об), (мм/дв. ход), (мм/зуб) или (мм/мин).....	26
2.7.3. Расчетная скорость резания V_P (м/мин).....	27
2.7.4. Определение частоты вращения шпинделя станка по установленной скорости резания.....	28
2.7.5. Определение силы резания и мощности резания.....	29
2.8. Расчет штучно-калькуляционного времени обработки детали	30
2.9. Оформление эскизов наладок операций.....	33
2.10. Оформление технологических карт.....	39
2.11. Создание программ обработки для станков с ЧПУ	39
Приложение 1. Пример оформления разделов пояснительной записки курсового проекта.....	40
Приложение 2. Методика расчета ступеней оборотов шпинделя металлорежущего станка.....	68
Приложение 3. Справочные данные	71
Приложение 4. Титульный лист курсового проекта	76
Список литературы	77

Учебное издание

Курзуков Геннадий Вячеславович
Кудрявов Николай Михайлович

Курсовое проектирование по дисциплине «Технологические
процессы автоматизированных производств»

УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ

Редактор Ю. С. Цепилова
Технический редактор Ю. С. Цепилова
Компьютерная верстка Ю. С. Цепилова
Корректор Ю. С. Цепилова

Подписано в печать 06.04.2023. Формат 60×90/8. Усл. печ. л. 4,65.
Тираж 33 экз. Заказ № 6.

ФГБОУ ВО «Университет «Дубна»
141980, г. Дубна Московской обл., ул. Университетская, 19