

Министерство образования и науки Российской Федерации
 Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
 высшего профессионального образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
 ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**



Институт _____ Электронного обучения _____
 Направление подготовки _ 15.03.01 «Машиностроения» _____
 Кафедра _____ Технология автоматизированного машиностроительного производства _____

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Проектирование технологического процесса изготовления переднего валика и оснастки

УДК _621_____

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-8л11/02	Волков Павел Александрович		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Михаевич Е.П.	к.т.н. доцент		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Шулинина Ю.И.			

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Кырмакова О.С.			

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Зав.кафедрой	Арляпов А.Ю.	к.т.н. доцент		

Томск – 2016 г.

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»



Институт _____
Направление подготовки (специальность) _____
Кафедра _____

УТВЕРЖДАЮ:
Зав. кафедрой

(Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Дипломный проект/работа

(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
3-8л11/02	Волков Павел Александрович

Тема работы:

Утверждена приказом директора (дата, номер)	

Срок сдачи студентом выполненной работы:

--	--

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе <i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i>	Чертёж детали валика переднего Технологический процесс изготовления детали 38000 шт./год Сталь 40ХГНМ Особых требований нет
--	--

Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i>	Технологический раздел: Определение типа производства, анализ технологичности конструкции детали, разработка маршрутного техпроцесса, размерный анализ, расчёт режимов резания, подбор оборудования, расчёт основного времени. Конструкторский раздел: расчёт и проектирование станочного приспособления.
Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>	Чертёж детали, размерный анализ, карта технологического процесса, чертёж станочного приспособления
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы <i>(с указанием разделов)</i>	
Раздел	Консультант
Технологическая часть	Михаевич Е.П.
Конструкторская часть	Михаевич Е.П.
Экономическая часть	Шулинина Ю.И.
Социальная ответственность	Кырмакова О.С.
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:	

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	
--	--

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата

Содержание

Введение

Раздел 1. Проектирование технологического процесса

1. Исходные данные

1. Назначение и конструкция детали.....5

2. Анализ технологичности конструкции детали и технологический
контроль чертежа.....6

3. Определение типа, форм и методов организации производства.....8

4. Выбор заготовки.....10

5. Анализ базового техпроцесса.....12

6. Принятый маршрутный и операционный техпроцесс.....13

7. Расчет припусков на обработку операционных и исходных
размеров заготовки.....22

8. Размерный анализ техпроцесса.....24

9. Расчет режимов резания.....27

10. Выбор оборудования и технологической оснастки.....39

11. Расчет норм времени операций техпроцесса.....40

12. Экономическое обоснование принятого варианта техпроцесса и технико-
экономические показатели.....44

Раздел 2. Проектирование станочного приспособления

2.1. Техническое задание

2.2. Разработка расчетной схемы и определение силы закрепления
заготовки

2.3. Выбор и расчет привода зажимного устройства

2.4. Расчет точности приспособления

2.5. Расчет экономической эффективности приспособления

2.6. Разработка технологической схемы сборки приспособления

Раздел 3. Финансовый менеджент

Раздел 4. Социальная ответственность

Заключение

Приложение

Список литературы

Введение.

Машиностроение традиционно является ведущей отраслью экономики. Развитие машиностроения определяется как разработкой принципиально новых конструкций машин, так и совершенствование технологий их изготовления. Часто именно технологичность конструкции определяет, будет ли она широко использоваться.

В современной технологии машиностроения развитие происходит по следующим направлениям:

- повышение возможностей, качества и экономичности средств технологического оснащения (высокопроизводительные станки, инструмент с повышенной стойкостью и т. д.);
- создание максимально эффективных маршрутов технологических процессов;
- использование эффективной системы управления и планирования производства;
- комплексная автоматизация производства, включающая в себя разработку конструкций изделий, технологическое проектирование, календарное планирование и др.

Оправданное применение прогрессивного оборудования и инструмента способно привести к значительному снижению себестоимости продукции и трудоёмкости её производства. К таким же результатам может привести и использование совершенных методов получения заготовок с минимальными припусками под механическую обработку. В некоторых случаях целесообразно снижать технологичность изделия для повышения качества продукции, что может значительно повысить конкурентоспособность продукции и компенсировать дополнительные затраты. Стремление к технологичности в любом случае не должно приводить к ухудшению свойств изделия ниже конструктивно заданных.

Критерии построения эффективных маршрутов технологического процесса зависят от типа производства и возможностей предприятия. Одним из наиболее известных критериев является принцип постоянства баз. Маршрут должен быть рассчитан так, чтобы возможности оборудования были максимально использованы.

Автоматизация производства на всех его этапах позволяет существенно сократить время подготовки производства, внедрения новых изделий, уменьшить и упорядочить документооборот, оперативно вносить изменения в действующие технологические процессы. Сейчас уже высокотехнологичные производства (авиа- и автомобилестроение) не могут оставаться на конкурентоспособном уровне без комплексных систем автоматизации.

В курсовом проекте решается задача по созданию эффективного технологического процесса изготовления детали. Технологический процесс разрабатывается для условий серийного производства.

I. Технологическая часть

Разработать технологический процесс изготовления изделия, представленного на рисунке 1. Годовая программа выпуска: 38000 шт.

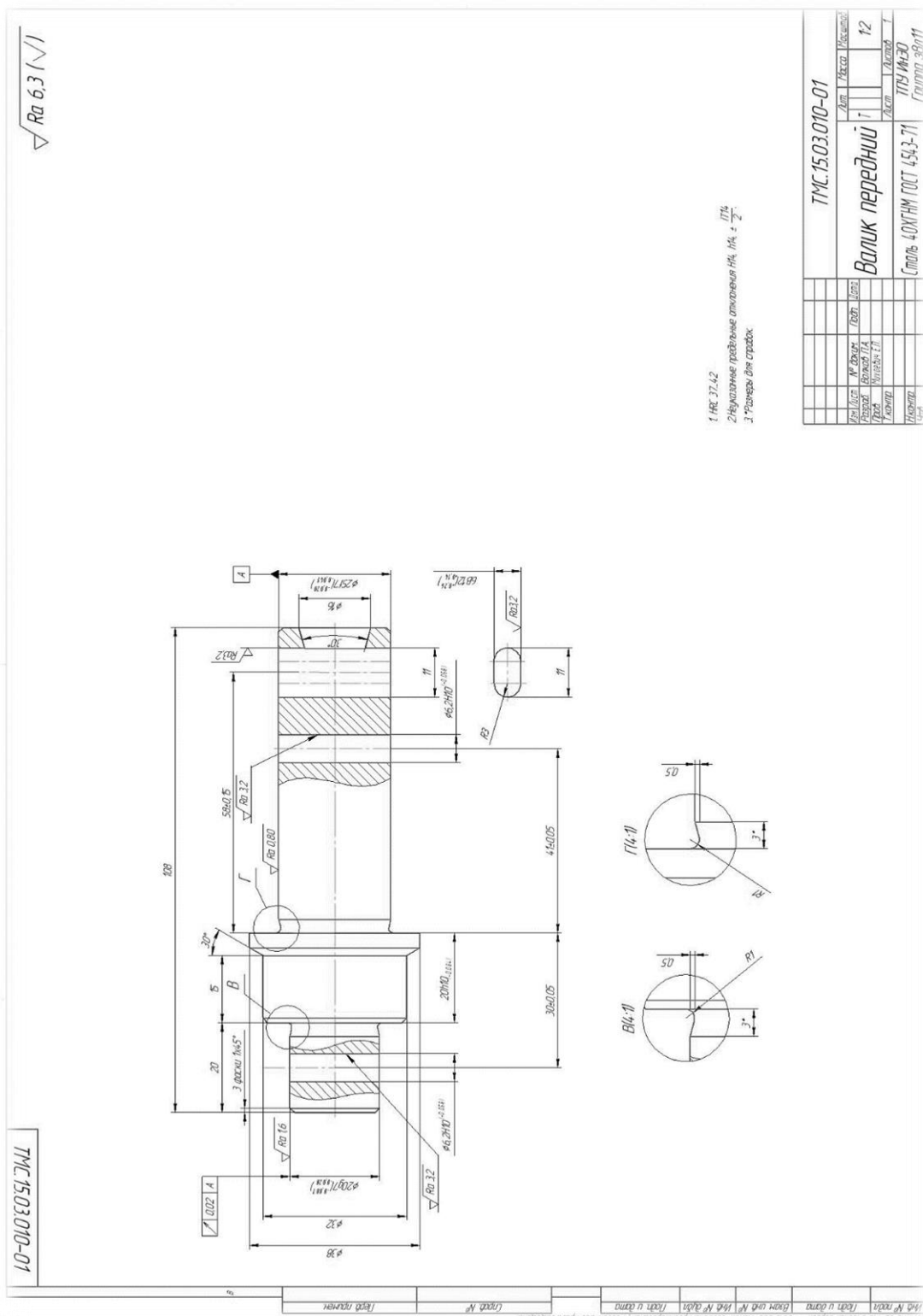


Рис 1. Чертеж детали

Данная деталь относится к классу валов, представляет собой тело вращения.

Деталь, валик, служит для передачи крутящего момента. Наиболее точными поверхностями являются $\varnothing 20g7, \varnothing f7$.

Анализ рабочего чертежа валика переднего показал, что чертеж выполнен согласно стандартам ГОСТа. Все размеры, отклонения, допуски, шероховатости поверхностей, технические требования, необходимые для изготовления данной детали поставлены.

Деталь подвергается термической обработке для повышения износостойкости поверхностей, контактирующих с другими деталями.

В таблице 1. приведен химический состав и свойства материала детали

Сталь 40ХГНМ ГОСТ 4543-71.

Таблица 1.

Наименование	Значение	Ед. изм.	Примечания
Код группы материалов	01.03.05		
Коэффициент KVMet	0.85		
Коэффициент XMat	0.1		
Относительное удлинение после разрыва	12	%	закалка 840 гр.С. (масло) + отпуск 560-620 гр.С. (возд)
Плотность	7850	кг/м ³	
Предел прочности (Временное сопротивление)	9.8E+8	Па	
Предел текучести	8.35E+8	Па	
Содержание кремния (Si)	0.17 - 0.37	%	
Содержание марганца (Mn)	0.5 - 0.8	%	
Содержание меди (Cu)	0 - 0.3	%	
Содержание молибдена (Mo)	0.15 - 0.25	%	
Содержание никеля (Ni)	0.7 - 1.1	%	
Содержание серы (S)	0 - 0.035	%	
Содержание углерода (C)	0.37 - 0.43	%	
Содержание фосфора (P)	0 - 0.035	%	
Содержание хрома (Cr)	0.6 - 0.9	%	
Цвет	Серый		

1.2 Определение типа, форм и методов организации производства.

Тип производства определяем по коэффициенту закрепления операций, который находим по формуле [5]:

$$K_{3.0} = \frac{t_{\theta}}{T_{cp}}, \quad (1)$$

где t_{θ} – такт выпуска детали, мин.;

T_{cp} – среднее штучно – калькуляционное время на выполнение операций технологического процесса, мин.

Такт выпуска детали определяем по формуле:

$$t_{\theta} = \frac{F_{\theta}}{N_{\theta}},$$

где F_{θ} – годовой фонд времени работы оборудования, мин.;

N_{θ} – годовая программа выпуска деталей.

Годовой фонд времени работы оборудования определяем по табл.5 [5,стр.23] при односменном режиме работы: $F_{\theta} = 2015$ ч.

Тогда

$$t_{\theta} = \frac{F_{\theta}}{N_{\theta}} = \frac{4015 \times 60}{38000} = 6,34 \text{ мин}$$

Среднее штучно – калькуляционное время на выполнение операций технологического процесса:

$$T_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^n T_{ш.к i}}{n}, \quad (2)$$

где $T_{ш.к i}$ – штучно – калькуляционное время i - ой основной операции, мин.;

n – количество основных операций.

В качестве основных операций выберем 3 операции ($n=3$): токарную с ЧПУ, сверлильную и шлифовальную операции (см. операционную карту).

Штучно – калькуляционное время i - ой основной операции определяем по рекомендациям приложения 1 [5,стр.147]:

$$T_{ш.к i} = \varphi_{к. i} * T_{о. i}, \quad (3)$$

где $\varphi_{к.і}$ – коэффициент і- ой основной операции, зависящий от вида станка и типа предполагаемого производства;

$T_{0.і}$ – основное технологическое время і- ой операции, мин.

Для первых двух операций (токарных с ЧПУ): $\varphi_{к.1} = \varphi_{к.2} = 1,36$;

для сверлильной $\varphi_{к.3} = 1,41$,

для круглошлифовальной : $\varphi_{к.3} = 1,55$.

Для определения основного технологического времени используем данные приложения 1 [5,стр 147]

Основное технологическое время 010 токарной операции

$$T_{0.1} = 2 \cdot 0,052 \cdot D^2 + 2 \cdot 0,17 dl$$

$$T_{0.1} = 2 \cdot 0,052 \cdot 38^2 + 2 \cdot 0,17 \cdot 38 \cdot 108 = 1,55 \text{ мин}$$

Штучно – калькуляционное время данной операции ,форм. (3):

$$T_{ш.к} = \varphi_{к} \times T_0$$

$$T_{ш.к} = 1,36 \times 1,55 = 2,1 \text{ мин}$$

Основное технологическое время 050 сверлильной операции

$$T_{0.3} = 2 \cdot 0,86 dl$$

$$T_{0.3} = 2 \cdot 0,86 \cdot 6,2 \cdot 25 = 0,27 \text{ мин}$$

Штучно – калькуляционное время данной операции ,форм. (3):

$$T_{ш.к} = \varphi_{к} \times T_0$$

$$T_{ш.к} = 1,41 \times 0,27 = 0,4 \text{ мин}$$

Основное технологическое время 060 шлифовальной операции (см. операционную карту):

$$T_{0.4} = 1,8 dl = 1,8 \cdot 25 \cdot 68 = 3 \text{ мин}$$

Штучно – калькуляционное время данной операции ,форм. (3):

$$T_{ш.к} = \varphi_{к} \times T_0$$

$$T_{ш.к} = 1,55 \times 3 = 4,65 \text{ мин}$$

Среднее штучно – калькуляционное время на выполнение операций технологического процесса определяем по форм. (2):

$$T_{\text{ср}} = \frac{\sum_{i=1}^3 T_{\text{шт.к.}i}}{3} = \frac{2,1 + 0,4 + 4,65}{3} = 2,38 \text{ мин}$$

Тип производства определяем по форм.(1):

$$K_{30} = \frac{t_B}{T_{\text{ср}}} = \frac{6,34}{2,38} = 2,66$$

Так как $K_{3,0} = 1 < 2,66 < 10$, то тип производства крупносерийный.

1.3 Анализ технологичности конструкции детали.

Деталь - валик передний имеет простую конструкцию. Изготовлен из Стали 40ХГНМ, которая легко поддается механической обработке.

В качестве заготовки для данной детали применяем штамповку, следовательно, уменьшается объём механической обработки, коэффициент использования материала становится выше, уменьшается нагрузка на режущий инструмент, сокращается общее время обработки. Обеспечивается свободный доступ инструмента ко всем обрабатываемым поверхностям, деталь является достаточно жесткой. Деталь имеет совокупность поверхностей, которые могут быть использованы в качестве технологических баз. Особых требований к точности размеров не предъявляется, за исключением двух диаметральных размеров: Ø20g7, Ø25f.

Шероховатость поверхностей имеет параметр Ra 6,3, но ряд поверхностей должно иметь параметр Ra 3,2, Ra 1.6, Ra 0.8 , что требует дополнительной чистовой обработки.

На чертеже указаны требования к биению двух поверхностей, что требует соответствующей технологии обработки этих поверхностей относительно указанных баз, а также контроля.

Предварительную обработку наружных и внутренних поверхностей предполагается делать на токарном и фрезерном станке с ЧПУ, окончательную – на шлифовальном. Форма детали удобна для изготовления и контроля, но требует специальных приспособлений при обработке внутренних поверхностей. Конфигурация детали обеспечивает легкое удаление стружки.

Количественная оценка технологичности выражается показателем, численное значение которого характеризует степень удовлетворения требований к технологичности.

а. Коэффициент точности обработки

$$K_{\text{тч}} = 1 - \frac{1}{IT_{\text{ср}}}$$
$$IT_{\text{ср}} = \frac{\sum IT_i \times n_i}{n}$$

где,

n - количество поверхностей

IT_i - квалитет i -ой поверхности

$IT_{\text{ср}}$ - средний квалитет детали

$$IT_{\text{ср}} = \frac{14 \times 5 + 7 \times 2 + 6 \times 2 + 12 \times 2}{11} = 10,9$$

$$K_{\text{тч}} = 1 - \frac{1}{10,9} = 0,91$$

б. Коэффициент шероховатости обработки

$$K_{Ra} = 1 - \frac{1}{Ra_{\text{ср}}}$$

$$Ra_{\text{ср}} = \frac{\sum Ra_i \times n_i}{n}$$

где,

n - количество поверхностей

Ra_i - шероховатость i -ой поверхности

$Ra_{\text{ср}}$ - средняя шероховатость детали

$$Ra_{\text{ср}} = \frac{6,3 \times 2 + 1,6 + 0,8 + 3,2 \times 3}{7} = 3,5$$

$$K_{Ra} = 1 - \frac{1}{3,5} = 0,71$$

Оба исследуемых коэффициента по своим значениям меньше единицы. С учетом вышесказанного конструкция детали является технологичной.

С учетом вышесказанного конструкция детали является технологичной.

1.4 Выбор исходной заготовки.

Первоочередной этап маршрута – это выбор исходной заготовки.

Для изготовления деталей машин применяют следующие виды заготовок: прокат (круглый, квадратный, шестигранный, листовой), литье всевозможных видов, штамповка, поковка, трубы. Отливки применяют для деталей из чугуна и цветных металлов.

Данная деталь имеет форму тела вращения. Перепад диаметров небольшой, целесообразно применить в качестве заготовки прокат или штамповку.

Определим примерную стоимость заготовки :

а. Прокат.

$$S_1 = M + \sum C_{o.з.}$$

где,

M - затраты на материал заготовки, руб

$\sum C_{o.з.}$ - технологическая себестоимость правки, калибрования, разрезки, руб

$$M = Q \times S - (Q - q) \times S_{отх}$$

где,

Q - масса заготовки, кг

S -цена 1 кг материала заготовки, руб

$S_{отх}$ -цена 1 кг отходов, руб

$$\sum C_{o.з.} = \frac{C_{пз} \times t_{шт.к}}{60}$$

где,

$C_{пз}$ - приведенные затраты на рабочем месте, руб/час

$t_{шт.к}$ - штучно-калькуляционное время выполнения заготовительной операции

$T_{шт-к} = 7,41$ мин (рассчитано далее)

По данным сайта <http://www.mzstal.ru> примерная стоимость проката составляет 26000 руб/тонна. Сравнивая с данными [5] - 300 руб/тонна находим, что коэффициент разницы цен составляет

$$k = 26000 / 300 = 86$$

$$C_{\text{пз}} = 121 \frac{\text{коп}}{\text{час}} \times k = 104 \text{ руб/час для отрезки на дисковых пилах [5]}$$

$$\sum C_{\text{о.з.}} = \frac{104 \times 7,41}{60} = 12,8 \text{ руб}$$

$$M = 1,2 \times 26 - (1,2 - 0,9) \times 1,8 = 29,2 \text{ руб}$$

$$S_{\text{отх}} = 0,022 \times k = 1,8 \text{ руб/кг}$$

$$S_1 = 29,2 + 12,8 = 42 \text{ руб}$$

б. Штамповка.

Расчет выполняется по формуле:

$$S_2 = \left(\frac{C_i}{1000} \times Q \times K_e \times K_c \times K_B \times K_b \times K_n \right) - (Q - q) \times S_{\text{отх}}$$

где, K_e -коэффициент, зависящий от класса точности

K_c - коэффициент, зависящий от степени сложности

K_B - коэффициент, зависящий от массы заготовки

K_b -коэффициент, зависящий от марки материала

K_n -коэффициент, зависящий от объема выпуска заготовок

Все коэффициенты выбираем по таблицам [5]

$$\begin{aligned} S_2 &= \left(\frac{373 \times 86}{1000} \times 1,1 \times 1 \times 0,87 \times 1,64 \times 1,13 \times 0,8 \right) - (1,1 - 0,9) \times 1,8 \\ &= 45,1 \text{ руб} \end{aligned}$$

Произведя расчет стоимости заготовки установил , заготовка из проката дешевле чем из штамповки. Так как производство крупносерийное, в целях экономии материала в качестве заготовки примем штамповку. Эскиз заготовки представлен на рис. 2.

Рис. 2. Эскиз заготовки

1.5 Выбор и анализ типового технологического процесса.

Анализ заводского технологического процесса показывает, что поверхность детали «Валик передний» обрабатывается черновым и чистовым точением для наружных поверхностей, растачиванием, сверлим, фрезеруем-внутренние поверхности.

В базовом технологическом процессе обработка ведется на универсальном оборудовании.

Применяется унифицированный инструмент и оснастка, рабочие высокой квалификации. Кроме механических операций в техпроцессе запроектировано

маркировочная операция, промывочная , операции промежуточного и окончательного контроля, консервация и упаковка валика переднего.

Маршрутная карта технологический процесс представлена в таблице .

Таблица – Маршрутная технология базового технологического процесса

000. Заготовительная	8725
010. Токарная	16K20
020 Фрезерная	6P12
030 Сверлильная	1H125
050 Сверлильная	1H125
060 Круглошлифовальная	3Б12

На первых операциях обрабатываются поверхности, которые будут служить базами для последующих операций механической обработки. Постоянство баз сохраняется, последовательность и количество операций обеспечивает заданную точность поверхности детали. Используемое оборудование соответствует заданной программе выпуска изделий. Применяется специальные приспособления

оснащенные пневмоприводом, отличающимся быстротой действия, надежностью, относительной простотой конструкции, легкостью в управлении и

стабильностью в работе.

В базовом технологическом процессе используются современные контрольно-измерительные приспособления. Резцы применяются с напайными пластинами из твердого сплава типа ВК6, ВК8, что позволяет обеспечивать необходимое качество поверхности и точность размеров. Используется СОЖ в виде эмульсии. Источником брака служит несвоевременная переточка режущего инструмента.

На точность механической обработки оказывает значительное влияние погрешность базирования на станках. Достоинством этого технологического процесса является то, что для обработки используется универсальное оборудование и универсальная оснастка. В свою очередь недостатки этого технологического процесса очевидны: очень длительный цикл обработки и очень низкая точность обработки.

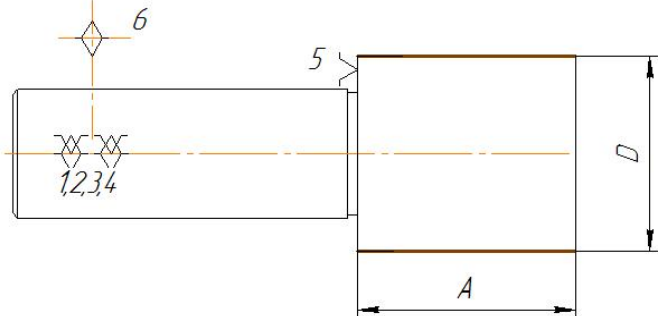
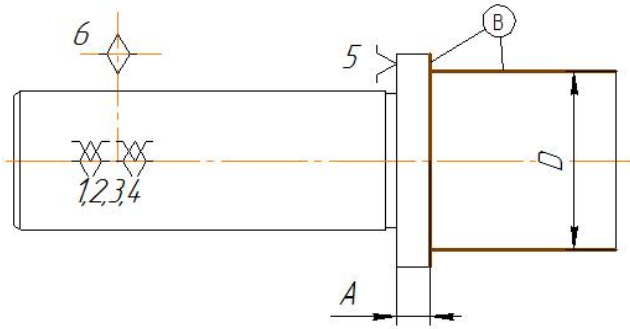
1.6 Разработка маршрута технологии изготовления переднего валика

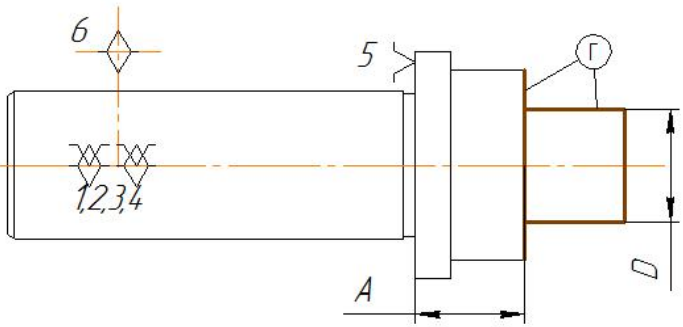
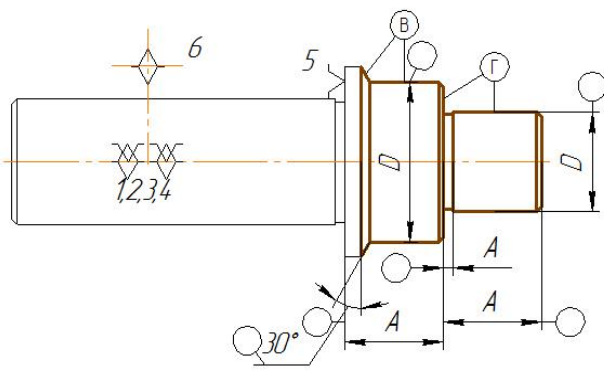
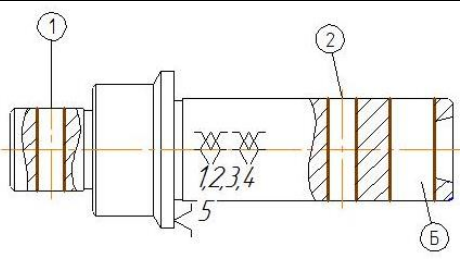
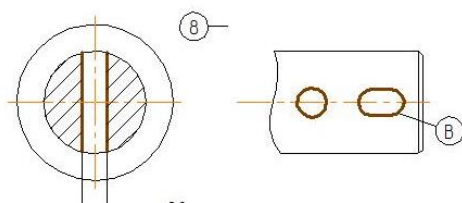
Маршрут технологии изготовления переднего валика представлен в таблице 1.

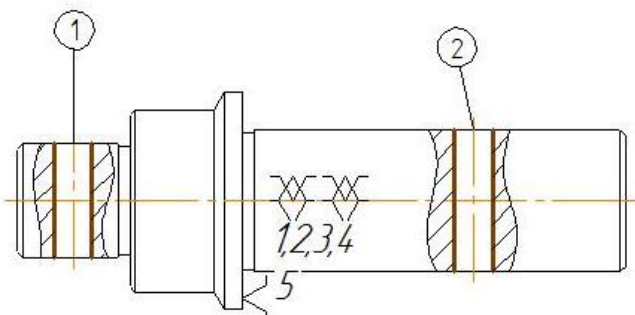
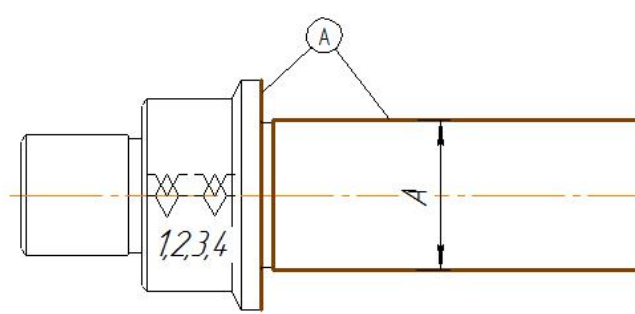
Таблица 1

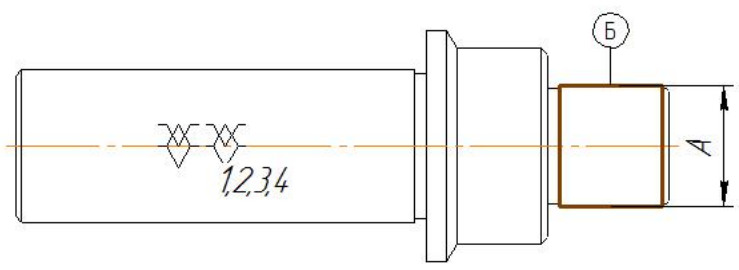
Номер		Наименование и содержание операций и переходов	Операционный эскиз
Операци	Перехода		
00 0	1	Заготовительная: Штамповка	
00 5	А 1	Токарная с ЧПУ Установит и снять заготовку. Подрезать торец выдерживая размер 1.	

00 5	2. 3. 4.	Подрезать торец выдерживая размер 1. Точить поверхность А выдерживая размеры 1-2. Сверлить отверстие выдерживая размер 3-4.	
00 5	5. 6.	Точить по контуру поверхность А с проточкой фаски и канавки выдерживая размер Расточить отверстие выдерживая размер 3-4	

01 0	Б 1.	Токарная с ЧПУ Установит и снять заготовку. Точить по контуру поверхность выдерживая размер	
01 0	2.	Точить по контуру поверхность В выдерживая размер	

01 0	3. 4.	Точить по контуру поверхность Г выдерживая размер Подрезать торец выдерживая размер	
01 0	4. 5.	Подрезать торец выдерживая размер Точить по контуру поверхность Г, В с проточкой фаски канавки выдерживая размер	
01 5	А 1 2 3	Фрезерная с ЧПУ Установить и снять заготовку. Центровать отверстие 1,2 Сверлить отверстие 1,2 Фрезеровать паз 3	 

02 0	1.	Слесарная Снять заусенцы	
02 5	1. 2.	Термическая Закалить Отпустить до 37...42 HRC	
03 0	1. 2.	Слесарная Развернуть отверстие 1 Развернуть отверстие 2	
03 5	A 1. 2.	Круглошлифовальн ая Установить и снять заготовку. Шлифовать поверхность 1 Шлифовать торец 2	

03 5	Б 1.	Круглошлифовальная Установить и снять заготовку. Шлифовать поверхность 1	
04 0	1.	Моечная: Промыть деталь.	
04 5	1.	Контрольная: Проверить размеры, шероховатость поверхностей согласно чертежа.	

1.7 Размерный анализ технологического процесса. Расчет допусков, припусков, промежуточных размеров заготовки по технологическим переходам и исходных

Расчётная схема изготовления изделия представляет собой совокупность технологических размерных цепей. Замыкающими звеньями в операционных технологических цепях являются припуски на обработку поверхностей и конструкторские размеры, непосредственно взятые с чертежа. Помимо замыкающих звеньев в технологической цепи есть составляющие звенья, которыми являются технологические размеры, получаемые на всех операциях (переходах) обработки изделия [1, стр. 21].

На основании маршрута изготовления валика переднего, составляется размерная схема, которая представлена на рис. 2 и рис.3, и содержит все осевые технологические размеры, припуски на обработку и конструкторские размеры, проверка которых будет осуществляться по ходу данной работы.

Рис 2. Размерная схема технологического процесса изготовления валика переднего (диаметральное направление)

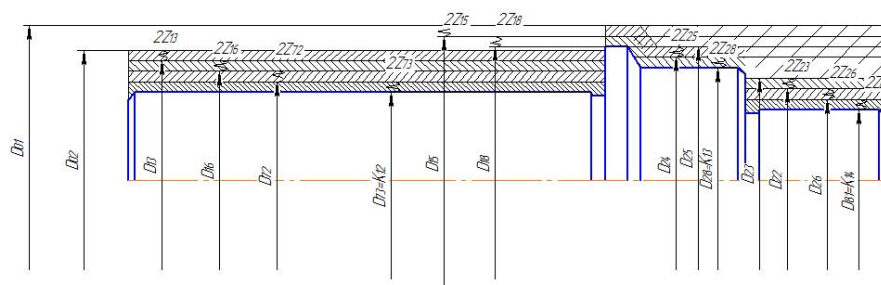
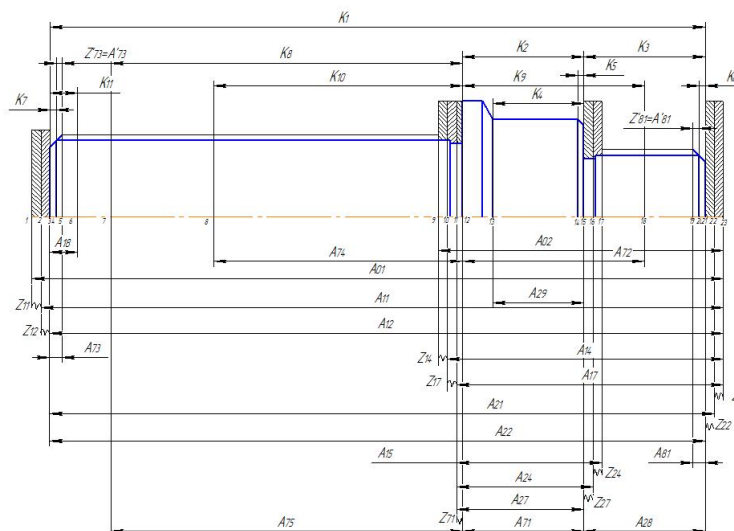


Рис 3. Размерная схема технологического процесса изготовления валика переднего (продольное направление)



С целью облегчения составления размерных цепей в дальнейшем, на базе расчётной схему строиться граф технологических размерных цепей. Методика построения графа подробно излагается в источнике [3, стр. 29].

Граф технологического процесса для продольной размерной схемы изготовления валика переднего представлен на рис. 5.

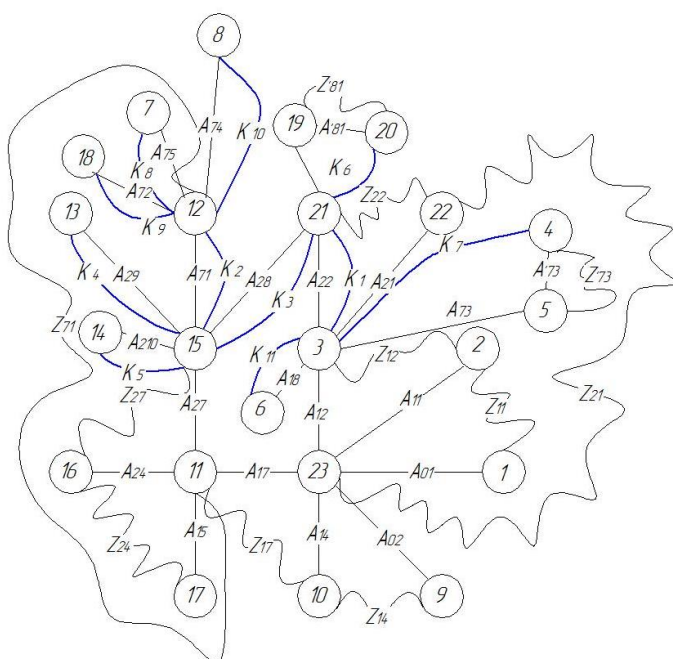


Рис.5.

1.7.1 Допуски на конструкторские размеры

Из чертежа детали выписываем допуски на конструкторские размеры.

$$TK_1 = (108)_{-0,87} = 0,87 \text{ мм};$$

$$TK_2 = (20)_{-0,084} = 0,084 \text{ мм};$$

$$TK_3 = (20)_{-0,26}^{+0,26} = 0,52 \text{ мм};$$

$$TK_4 = (15)_{-0,215}^{+0,215} = 0,43 \text{ мм};$$

$$TK_5 = (1)_{-0,125}^{+0,125} = 0,25 \text{ мм};$$

$$TK_6 = (1)_{-0,125}^{+0,125} = 0,25 \text{ мм};$$

$$TK_7 = (1)_{-0,125}^{+0,125} = 0,25 \text{ мм};$$

$$TK_8 = (58)_{-0,15}^{+0,15} = 0,3 \text{ мм};$$

$$TK_9 = (30)_{-0,05}^{+0,05} = 0,1 \text{ мм};$$

$$TK_{10} = (41)_{-0,05}^{+0,05} = 0,1 \text{ мм};$$

$$TK_{11} = (4,5)_{-0,15}^{+0,15} = 0,3 \text{ мм};$$

1.7.2 Допуски на технологические размеры

1.7.2.1 Определение допусков на диаметральные технологические размеры

Допуски на диаметральные размеры принимаются равными статистической погрешности [2, стр. 38]:

$$TD_i = \omega_{ci}, \quad (5)$$

где ω_{ci} - статическая погрешность, мм.

Тогда назначаем допуски, руководствуясь [2, стр. 73 П1]:

$$TD_{13} = (25)_{-0,20} = 0,20 \text{ мм};$$

$$TD_{16} = (25)_{-0,12} = 0,12 \text{ мм};$$

$$TD_{72} = (25)_{-0,12} = 0,12 \text{ мм};$$

$$TD_{73} = (25)_{-0,041}^{-0,020} = 0,021\text{мм.}$$

$$TD_{15} = (38)_{-0,2} = 0,20\text{ мм;}$$

$$TD_{18} = (38)_{-0,2} = 0,20\text{ мм;}$$

$$TD_{24} = (32)_{-0,2} = 0,20\text{ мм;}$$

$$TD_{28} = (32)_{-0,2} = 0,20\text{мм;}$$

$$TD_{22} = (20)_{-0,2} = 0,20\text{ мм;}$$

$$TD_{26} = (20)_{-0,12} = 0,12\text{ мм;}$$

$$TD_{81} = (20)_{-0,028}^{-0,007} = 0,021\text{мм.}$$

Допуски на поковочные размеры назначаем по ГОСТ 7505-89 в зависимости от массы (от 1 до 1,8 кг), марки стали (Ст40ХГНМ ГОСТ 4553-71) – М2, степени сложности (не более 2х переходов) – С1 и класса точности поковки (закрытая штамповка) – Т2 находим исходный индекс.

Исходный индекс – 12.

Допуски на поковочные размеры:

$$TD_{01} = (38)_{-0,8}^{+1,4} = 2,2\text{ мм;}$$

$$TD_{02} = (25)_{-0,8}^{+1,4} = 2,2\text{ мм;}$$

1.7.2.2 Определение допусков на осевые технологические размеры

Допуски на поковочные размеры назначаем по ГОСТ 7505-89:

$$TA_{01} = (108)_{-1,0}^{+1,8} = 2,8 \text{ мм};$$

$$TA_{02} = (68)_{-0,8}^{+1,6} = 2,4 \text{ мм};$$

Допуски на осевые технологические размеры принимаются равными из [2, стр. 38]:

$$TA_i = \omega_{ci} + \rho_{u.i-1} + \varepsilon_{\delta i}, \quad (6)$$

где ω_{ci} - статическая погрешность, мм;

$\rho_{u.i-1}$ - пространственное отклонение измерительной (технологической) базы, мм.

$\varepsilon_{\delta i}$ - погрешность базирования, мм.

Остаточное пространственное отклонение поковки на одну сторону $\rho_{\text{и}} = 500$ мкм.

Находим величину остаточного пространственного отклонения после чернового обтачивания через коэффициент остаточного коробления:

$$\rho_1 = k_{y1} \times \rho_{\text{и}} = 0,06 \cdot 500 = 30 \text{ мкм}.$$

Остаточное пространственное отклонение после чистового обтачивания:

$$\rho_2 = k_{y2} \times \rho_{\text{и}} = 0,04 \cdot 500 = 20 \text{ мкм}.$$

Остаточное пространственное отклонение после шлифования:

$$\rho_3 = k_{y3} \times \rho_{\text{и}} = 0,02 \cdot 500 = 10 \text{ мкм}.$$

Допуски на осевые технологические размеры:

$$TA_{11} = \omega_c + \rho_{\text{и}} + \varepsilon_{\delta} = 0,2 + 0,5 + 0 = 0,7 \text{ мм}$$

$$TA_{12} = \omega_c + \rho_{\text{и}1} + \varepsilon_{\delta} = 0,12 + 0,03 + 0 = 0,15 \text{ мм}$$

$$TA_{14} = \omega_c + \rho_{\text{и}} + \varepsilon_{\delta} = 0,2 + 0,5 + 0 = 0,7 \text{ мм}$$

$$TA_{17} = \omega_c + \rho_{\text{и}1} + \varepsilon_{\delta} = 0,12 + 0,03 + 0 = 0,15 \text{ мм}$$

$$TA_{21} = \omega_c + \rho_{\text{и}} + \varepsilon_{\delta} = 0,2 + 0,5 + 0 = 0,7 \text{ мм}$$

$$TA_{22} = \omega_c + \rho_{и1} + \varepsilon_6 = 0,12 + 0,03 + 0 = 0,15 \text{ мм}$$

$$TA_{24} = \omega_c + \rho_{и} + \varepsilon_6 = 0,2 + 0,5 + 0 = 0,7 \text{ мм}$$

$$TA_{27} = \omega_c + \rho_{и1} + \varepsilon_6 = 0,12 + 0,03 + 0 = 0,15 \text{ мм}$$

$$TA_{19} = \omega_c + \rho_{и2} + \varepsilon_6 = 0,12 + 0,02 + 0 = 0,14 \text{ мм}$$

$$TA_{28} = \omega_c + \rho_{и2} + \varepsilon_6 = 0,12 + 0,02 + 0 = 0,14 \text{ мм}$$

$$TA_{75} = \omega_c + \rho_{и2} + \varepsilon_6 = 0 + 0,01 + 0 = 0,01 \text{ мм}$$

$$TA_{71} = \omega_c + \rho_{и3} + \varepsilon_6 = 0 + 0,01 + 0 = 0,01 \text{ мм}$$

$$TA_{73} = \omega_c + \rho_{и3} + \varepsilon_6 = 0 + 0,02 + 0 = 0,02 \text{ мм}$$

$$TA_{74} = \omega_c + \rho_{и3} + \varepsilon_6 = 0 + 0,01 + 0 = 0,01 \text{ мм}$$

$$TA_{75} = \omega_c + \rho_{и3} + \varepsilon_6 = 0 + 0,01 + 0 = 0,01 \text{ мм}$$

$$TA_{76} = \omega_c + \rho_{и3} + \varepsilon_6 = 0 + 0,01 + 0 = 0,01 \text{ мм}$$

$$TA_{81} = \omega_c + \rho_{и2} + \varepsilon_6 = 0 + 0,01 + 0 = 0,01 \text{ мм}$$

1.7.2.3 Проверка обеспечения точности конструкторских размеров

При расчете методом максимума-минимума условие обеспечения точности конструкторского размера проверяется по формуле [2, стр. 60]:

$$TK \geq \sum_{i=1}^{n+p} TA_i. \quad (7)$$

Рассмотрим размерную цепь для размера K_1 (рис. 7).

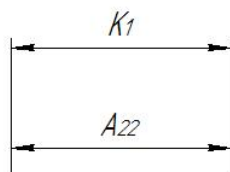


Рис. 7. Размерная цепь № 1

$$TK_1 = 0,87 \text{ мм}; \quad TA_{22} = 0,15 \text{ мм}$$

Размер K_1 выдерживается.

Рассмотрим размерную цепь для размера K_2 (рис. 8).

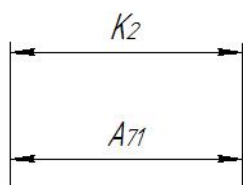


Рис. 8. Размерная цепь № 2

$$TK_2 = 0,084 \text{ мм}; \quad TA_{71} = 0,01 \text{ мм}$$

Размер K_2 выдерживается.

Рассмотрим размерную цепь для размера K_3 (рис. 9).

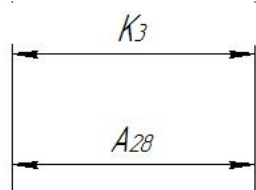


Рис. 9. Размерная цепь № 3

$$TK_3 = 0,52 \text{ мм}; \quad TA_{28} = 0,15 \text{ мм}$$

Размер K_3 выдерживается.

Рассмотрим размерную цепь для размера K_4 (рис. 10).

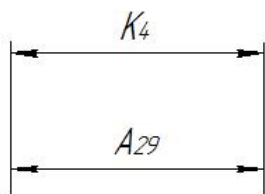


Рис. 10. Размерная цепь № 4

$$TK_4 = 0,43 \text{ мм}; \quad TA_{29} = 0,15 \text{ мм}$$

Размер K_4 выдерживается.

Рассмотрим размерную цепь для размера K_5 (рис. 11).

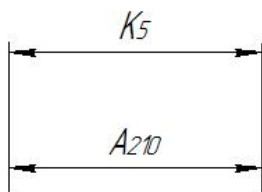


Рис. 11. Размерная цепь № 5

$$TK_5 = 0,25 \text{ мм}; \quad TA_{210} = 0,15 \text{ мм}$$

Размер K_5 выдерживается.

Рассмотрим размерную цепь для размера K_6 (рис. 12).

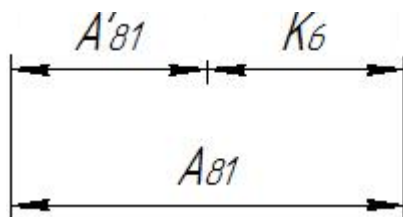


Рис. 12. Размерная цепь № 6

$$TK_6 = 0,25 \text{ мм}; \quad TA_{81} + TA'_{81} = 0,16 \text{ мм}$$

Размер K_6 выдерживается.

Рассмотрим размерную цепь для размера K_7 (рис. 13).

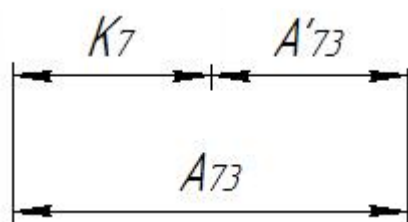


Рис. 13. Размерная цепь № 7

$$TK_7 = 0,25 \text{ мм}; \quad TA_{73} + TA'_{73} = 0,16 \text{ мм}$$

Размер K_7 выдерживается непосредственно.

Рассмотрим размерную цепь для размера K_8 (рис. 14).

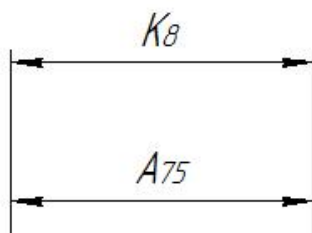


Рис. 14. Размерная цепь № 8

$$TK_8 = 0,3 \text{ мм}; \quad A_{75} = 0,01 \text{ мм}$$

Размер K_8 выдерживается.

Рассмотрим размерную цепь для размера K_9 (рис. 15).

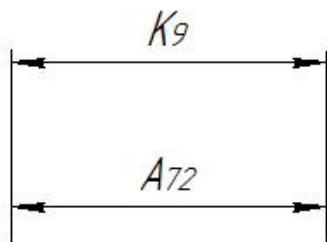


Рис. 15. Размерная цепь № 9

$$TK_9 = 0,1 \text{ мм}; \quad A_{72} = 0,01 \text{ мм}$$

Размер K_9 выдерживается.

Рассмотрим размерную цепь для размера K_{10} (рис. 16).

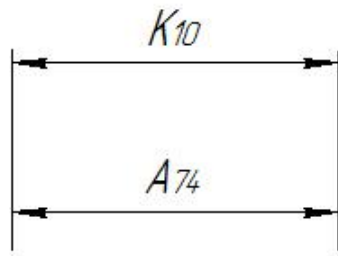


Рис. 16. Размерная цепь № 10

$$TK_{10} = 0,1; \quad A_{74} = 0,01 \text{ мм}$$

Размер K_{10} выдерживается непосредственно.

Рассмотрим размерную цепь для размера K_{11} (рис. 17).

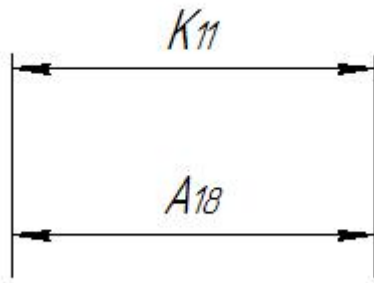


Рис. 17. Размерная цепь № 11

$$TK_{11} = 0,3; \quad TA_{18} = 0,18 \text{ мм}$$

Размер K_{11} выдерживается непосредственно.

Рассмотрим размерную цепь для размера K_{12} (рис. 18).

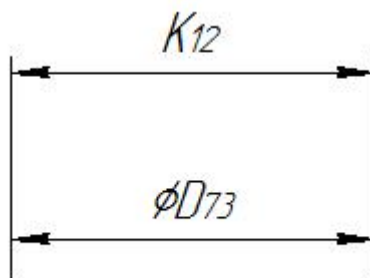


Рис. 18. Размерная цепь № 12

$$TK_{12} = 0,43 \text{ мм}; \quad TD_{73} = 0,021 \text{ мм}$$

Размер K_{12} выдерживается.

Рассмотрим размерную цепь для размера K_{13} (рис. 19).

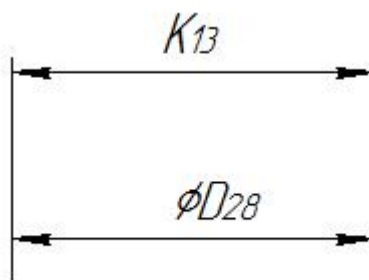


Рис. 19. Размерная цепь № 13

$$TK_{13} = 0,20 \text{ мм}; \quad TD_{28} = 0,20 \text{ мм}$$

Размер K_{13} выдерживается.

Рассмотрим размерную цепь для размера K_{14} (рис. 20).

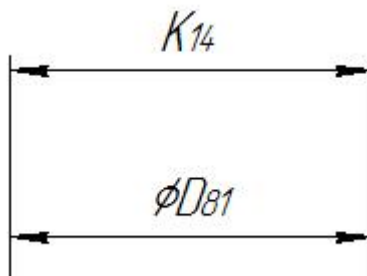


Рис. 20. Размерная цепь № 14

$$TK_{14} = 0,021; \quad TD_{81} = 0,021 \text{ мм}$$

Размер K_{14} выдерживается непосредственно.

Рассмотрим размерную цепь для размера K_{15} (рис. 21).

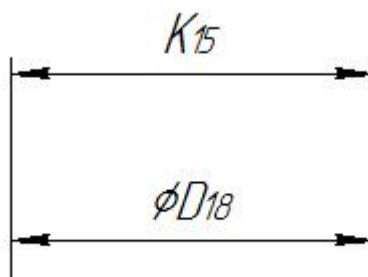


Рис. 21. Размерная цепь № 15

$$TK_{15} = 0,20 \text{ мм}; \quad TD_{18} = 0,20 \text{ мм}$$

Размер K_8 выдерживается.

1.7.3 Расчёт припусков на обработку заготовки

Установление оптимальных припусков на обработку и технологических допусков на размеры заготовок по всем переходам имеет существенное технико-экономическое значение при разработке технологических процессов изготовления деталей машин. Преувеличенные припуски вызывают перерасход материала при изготовлении деталей и необходимость введения дополнительных технологических переходов, увеличивают трудоемкость процессов обработки, расход энергии и режущего инструмента, повышают себестоимость обработки детали. В результате недостаточных припусков возрастает брак, что повышает себестоимость выпускаемой продукции.

На основе оптимальных припусков можно обоснованно определить массу исходных заготовок, режим резания, а также нормы времени на выполнение операций механической обработки.

Припуски на обработку заготовки выбираются в зависимости от экономически принятого способа обработки, конфигурации изделия и его веса. Расчет припусков может производиться статистическим и аналитическим методом.

Аналитический метод заключается в анализе производственных погрешностей, возникающих при конкретных условиях выполнения обработки заготовки, определяет величины элементов, составляющие припуска и их суммирование.

Общий припуск – слой металла для обработки и получения необходимой геометрии и шероховатости изделия. Промежуточный припуск – слой металла для технологического перехода. Величина припуска должна быть достаточной чтобы удалить дефектный слой металла с заготовки, а так же для компенсации погрешности установки и базирования детали.

Расчетно-аналитический метод более приближает заготовку к размерам детали, уменьшая слой металла на припуск перед другими методами.

1.7.3.1 Расчет припусков на диаметральные размеры

Минимальный припуск на обрабатываемый диаметр определяется по формуле из [2, стр. 47]:

$$2 \cdot z_{i \min} = 2 \cdot (Rz_{i-1} + h_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2}), \quad (8)$$

где $z_{i \min}$ - минимальный припуск на обработку поверхности вращения, мкм;

Rz_{i-1} - шероховатость с предыдущего перехода, мкм;

h_{i-1} - толщина дефектного поверхностного слоя, сформированного с предыдущего перехода, мкм;

ρ_{i-1} - суммарная погрешность формы, полученная на предшествующем переходе, мкм;

ε_i - погрешность установки и закрепления перед рассматриваемой обработкой (во время рассматриваемой обработки), мкм.

Шероховатость штампованной заготовки $Rz = 160$ мкм.

Дефектный слой $h = 200$ мкм.

В качестве ρ выбираем отклонение от перпендикулярности, торцевое биение [2, приложение 3].

Припуски $2 \cdot Z_{13}$:

Расчетный минимальный припуск:

$$2 \cdot Z_{13 \min} = 2 \cdot (160 + 200 + \sqrt{100^2 + 150^2}) = 1026 \text{ мкм.}$$

Сумма допусков звеньев в цепи:

$$T2Z_{13} = TD_{05} + TD_{13} = 2200 + 200 = 2400 \text{ мкм.}$$

Расчетный максимальный припуск:

$$2 \cdot Z_{13 \max} = 2 \cdot Z_{13 \min} + T2Z_{13} = 1026 + 2400 = 3426 \text{ мкм.}$$

Расчетный средний припуск:

$$\begin{aligned} 2 \cdot Z_{13 \text{cp}} &= \frac{2 \cdot Z_{13 \max} + 2 \cdot Z_{13 \min}}{2} \pm \frac{T2Z_{13}}{2} = \frac{1026 + 3426}{2} \pm \frac{2400}{2} = \\ &= 2226 \pm 1200 \text{ мкм.} \end{aligned}$$

Припуски $2 \cdot Z_{16}$:

Расчетный минимальный припуск:

$$2 \cdot Z_{16_{min}} = 2 \cdot \left(100 + 50 + \sqrt{25^2 + 0^2} \right) = 350 \text{ мкм.}$$

Сумма допусков звеньев в цепи:

$$T2Z_{16} = TD_{13} + TD_{16} = 200 + 120 = 320 \text{ мкм.}$$

Расчетный максимальный припуск:

$$2 \cdot Z_{16_{max}} = 2 \cdot Z_{16_{min}} + T2Z_{16} = 350 + 320 = 670 \text{ мкм.}$$

Расчетный средний припуск:

$$2 \cdot Z_{16_{cp}} = \frac{2 \cdot Z_{16_{max}} + 2 \cdot Z_{16_{min}}}{2} \pm \frac{T2Z_{16}}{2} = \frac{670 + 350}{2} \pm \frac{320}{2} = 510 \pm 160 \text{ мкм.}$$

Припуски $2 \cdot Z_{72}$:

Расчетный минимальный припуск:

$$2 \cdot Z_{72_{min}} = 2 \cdot \left(25 + 25 + \sqrt{20^2 + 40^2} \right) = 189 \text{ мкм.}$$

Сумма допусков звеньев в цепи:

$$T2Z_{72} = TD_{16} + TD_{72} = 120 + 120 = 240 \text{ мкм.}$$

Расчетный максимальный припуск:

$$2 \cdot Z_{72_{max}} = 2 \cdot Z_{72_{min}} + T2Z_{72} = 189 + 240 = 429 \text{ мкм.}$$

Расчетный средний припуск:

$$2 \cdot Z_{72_{cp}} = \frac{2 \cdot Z_{72_{max}} + 2 \cdot Z_{72_{min}}}{2} \pm \frac{T2Z_{72}}{2} = \frac{429 + 189}{2} \pm \frac{240}{2} = 309 \pm 120 \text{ мкм.}$$

Припуски $2 \cdot Z_{73}$:

Расчетный минимальный припуск:

$$2 \cdot Z_{73_{min}} = 2 \cdot \left(5 + 15 + \sqrt{14^2 + 0^2} \right) = 68 \text{ мкм.}$$

Сумма допусков звеньев в цепи:

$$T2Z_{73} = TD_{72} + TD_{73} = 120 + 21 = 141 \text{ мкм.}$$

Расчетный максимальный припуск:

$$2 \cdot Z_{73_{max}} = 2 \cdot Z_{73_{min}} + T2Z_{73} = 68 + 141 = 209 \text{ мкм.}$$

Расчетный средний припуск:

$$2 \cdot Z_{73_{cp}} = \frac{2 \cdot Z_{73_{max}} + 2 \cdot Z_{73_{min}}}{2} \pm \frac{T2Z_{73}}{2} = \frac{209 + 68}{2} \pm \frac{141}{2} \\ = 138,5 \pm 70,5 \text{ мкм.}$$

Припуски $2 \cdot Z_{15}$:

Расчетный минимальный припуск:

$$2 \cdot Z_{15_{min}} = 2 \cdot \left(160 + 200 + \sqrt{100^2 + 150^2} \right) = 1026 \text{ мкм.}$$

Сумма допусков звеньев в цепи:

$$T2Z_{15} = TD_{01} + TD_{15} = 2200 + 200 = 2400 \text{ мкм.}$$

Расчетный максимальный припуск:

$$2 \cdot Z_{15_{max}} = 2 \cdot Z_{15_{min}} + T2Z_{15} = 1026 + 2400 = 3426 \text{ мкм.}$$

Расчетный средний припуск:

$$2 \cdot Z_{15_{cp}} = \frac{2 \cdot Z_{15_{max}} + 2 \cdot Z_{15_{min}}}{2} \pm \frac{T2Z_{15}}{2} = \frac{1026 + 3426}{2} \pm \frac{2400}{2} = \\ = 2226 \pm 1200 \text{ мкм.}$$

Припуски $2 \cdot Z_{18}$:

Расчетный минимальный припуск:

$$2 \cdot Z_{18_{min}} = 2 \cdot \left(100 + 50 + \sqrt{25^2 + 0^2} \right) = 350 \text{ мкм.}$$

Сумма допусков звеньев в цепи:

$$T2Z_{18} = TD_{15} + TD_{18} = 200 + 200 = 400 \text{ мкм.}$$

Расчетный максимальный припуск:

$$2 \cdot Z_{18_{max}} = 2 \cdot Z_{18_{min}} + T2Z_{18} = 350 + 400 = 750 \text{ мкм.}$$

Расчетный средний припуск:

$$2 \cdot Z_{18_{cp}} = \frac{2 \cdot Z_{18_{max}} + 2 \cdot Z_{18_{min}}}{2} \pm \frac{T2Z_{18}}{2} = \frac{750 + 350}{2} \pm \frac{400}{2} = 550 \pm 200 \text{ мкм.}$$

Припуски $2 \cdot Z_{25}$:

Расчетный минимальный припуск:

$$2 \cdot Z_{25_{min}} = 2 \cdot \left(160 + 200 + \sqrt{100^2 + 150^2} \right) = 1026 \text{ мкм.}$$

Сумма допусков звеньев в цепи:

$$T2Z_{25} = TD_{01} + TD_{25} = 2200 + 200 = 2400 \text{ мкм.}$$

Расчетный максимальный припуск:

$$2 \cdot Z_{25_{max}} = 2 \cdot Z_{25_{min}} + T2Z_{25} = 1026 + 2400 = 3426 \text{ мкм.}$$

Расчетный средний припуск:

$$2 \cdot Z_{25_{cp}} = \frac{2 \cdot Z_{25_{max}} + 2 \cdot Z_{25_{min}}}{2} \pm \frac{T2Z_{25}}{2} = \frac{1026 + 3426}{2} \pm \frac{2400}{2} = 2226 \pm 1200 \text{ мкм.}$$

Припуски $2 \cdot Z_{28}$:

Расчетный минимальный припуск:

$$2 \cdot Z_{28_{min}} = 2 \cdot \left(100 + 50 + \sqrt{25^2 + 0^2} \right) = 350 \text{ мкм.}$$

Сумма допусков звеньев в цепи:

$$T2Z_{28} = TD_{25} + TD_{28} = 200 + 200 = 400 \text{ мкм.}$$

Расчетный максимальный припуск:

$$2 \cdot Z_{28_{max}} = 2 \cdot Z_{28_{min}} + T2Z_{28} = 350 + 400 = 750 \text{ мкм.}$$

Расчетный средний припуск:

$$2 \cdot Z_{28_{cp}} = \frac{2 \cdot Z_{28_{max}} + 2 \cdot Z_{28_{min}}}{2} \pm \frac{T2Z_{28}}{2} = \frac{750 + 350}{2} \pm \frac{400}{2} = 550 \pm 200 \text{ мкм.}$$

Припуски $2 \cdot Z_{23}$:

Расчетный минимальный припуск:

$$2 \cdot Z_{23_{min}} = 2 \cdot \left(160 + 200 + \sqrt{100^2 + 150^2} \right) = 1026 \text{ мкм.}$$

Сумма допусков звеньев в цепи:

$$T2Z_{23} = TD_{01} + TD_{23} = 2200 + 200 = 2400 \text{ мкм.}$$

Расчетный максимальный припуск:

$$2 \cdot Z_{23_{max}} = 2 \cdot Z_{23_{min}} + T2Z_{23} = 1026 + 2400 = 3426 \text{ мкм.}$$

Расчетный средний припуск:

$$2 \cdot Z_{23_{cp}} = \frac{2 \cdot Z_{23_{max}} + 2 \cdot Z_{23_{min}}}{2} \pm \frac{T2Z_{23}}{2} = \frac{1026 + 3426}{2} \pm \frac{2400}{2} = 2226 \pm 1200 \text{ мкм.}$$

Припуски $2 \cdot Z_{26}$:

Расчетный минимальный припуск:

$$2 \cdot Z_{26_{min}} = 2 \cdot (100 + 50 + \sqrt{25^2 + 0^2}) = 350 \text{ мкм.}$$

Сумма допусков звеньев в цепи:

$$T2Z_{26} = TD_{23} + TD_{26} = 200 + 120 = 320 \text{ мкм.}$$

Расчетный максимальный припуск:

$$2 \cdot Z_{26_{max}} = 2 \cdot Z_{26_{min}} + T2Z_{26} = 350 + 320 = 670 \text{ мкм.}$$

Расчетный средний припуск:

$$2 \cdot Z_{26_{cp}} = \frac{2 \cdot Z_{26_{max}} + 2 \cdot Z_{26_{min}}}{2} \pm \frac{T2Z_{26}}{2} = \frac{670 + 350}{2} \pm \frac{320}{2} = 510 \pm 160 \text{ мкм.}$$

Припуски $2 \cdot Z_{81}$:

Расчетный минимальный припуск:

$$2 \cdot Z_{81_{min}} = 2 \cdot (10 + 20 + \sqrt{20^2 + 40^2}) = 149 \text{ мкм.}$$

Сумма допусков звеньев в цепи:

$$T2Z_{72} = TD_{16} + TD_{72} = 120 + 21 = 141 \text{ мкм.}$$

Расчетный максимальный припуск:

$$2 \cdot Z_{72_{max}} = 2 \cdot Z_{72_{min}} + T2Z_{72} = 149 + 141 = 290 \text{ мкм.}$$

Расчетный средний припуск:

$$\begin{aligned} 2 \cdot Z_{72_{cp}} &= \frac{2 \cdot Z_{72_{max}} + 2 \cdot Z_{72_{min}}}{2} \pm \frac{T2Z_{72}}{2} = \frac{290 + 149}{2} \pm \frac{141}{2} \\ &= 219,5 \pm 70,5 \text{ мкм.} \end{aligned}$$

Рассчитанные данные заносим в таблицу 2.

Таблица 2

Расчетный припуск	Элементы припуска				Расчетный минимальный припуск, мкм	Сумма допусков звеньев в цепи, мкм	Расчетный максимальный припуск, мкм	Расчетный средний припуск, мкм
	Rz_{i-1}	h_{i-1}	ρ_{i-1}	ε_i				
2Z ₁₃	160	200	100	150	1026	2400	3426	2226±1200
2Z ₁₆	100	50	25	0	350	320	670	510±160
2Z ₇₂	25	25	20	40	189	240	429	309±120
2Z ₇₃	5	15	14	0	68	141	209	138±70
2Z ₁₅	160	200	100	150	1026	2400	3426	2226±1200
2Z ₁₈	100	50	25	0	350	400	750	575±200
2Z ₂₅	160	200	100	150	1026	2400	3426	2226±1200
2Z ₂₈	100	50	25	0	350	400	750	575±200
2Z ₂₃	160	200	100	150	1026	2400	3426	2226±1200
2Z ₂₆	100	50	25	0	350	320	670	510±160
2Z ₈₁	10	20	20	40	149	141	290	219±70

1.7.3.2 Расчет припусков на осевые размеры

Расчёт припуска на обработку плоскости, определяется по формуле из [2, стр. 47]:

$$z_{i \min} = Rz_{i-1} + h_{i-1} + \rho_{i-1} \quad (9)$$

Припуски Z₁₁:

Расчетный минимальный припуск:

$$Z_{11_{min}} = 160 + 200 + 200 = 560 \text{ мкм.}$$

Сумма допусков звеньев в цепи:

$$TZ_{11} = TA_{01} + TA_{11} = 2800 + 700 = 3500 \text{ мкм.}$$

Расчетный максимальный припуск:

$$Z_{11_{max}} = Z_{11_{min}} + TZ_{11} = 560 + 3500 = 4100 \text{ мкм.}$$

Расчетный средний припуск:

$$Z_{11_{cp}} = \frac{Z_{11_{max}} + Z_{11_{min}}}{2} \pm \frac{TZ_{11}}{2} = \frac{4100 + 560}{2} \pm \frac{3500}{2} = 2330 \pm 1750 \text{ мкм.}$$

Припуски Z_{12} :

Расчетный минимальный припуск:

$$Z_{12_{min}} = 40 + 50 + 60 = 150 \text{ мкм.}$$

Сумма допусков звеньев в цепи:

$$TZ_{12} = TA_{11} + TA_{12} = 700 + 150 = 850 \text{ мкм.}$$

Расчетный максимальный припуск:

$$Z_{12_{max}} = Z_{12_{min}} + TZ_{12} = 150 + 850 = 1000 \text{ мкм.}$$

Расчетный средний припуск:

$$Z_{12_{cp}} = \frac{Z_{12_{max}} + Z_{12_{min}}}{2} \pm \frac{TZ_{12}}{2} = \frac{1000 + 150}{2} \pm \frac{850}{2} = 575 \pm 425 \text{ мкм.}$$

Припуски Z_{14} :

Расчетный минимальный припуск:

$$Z_{14_{min}} = 160 + 200 + 200 = 560 \text{ мкм.}$$

Сумма допусков звеньев в цепи:

$$TZ_{14} = TA_{02} + TA_{14} = 2500 + 700 = 3200 \text{ мкм.}$$

Расчетный максимальный припуск:

$$Z_{14_{max}} = Z_{14_{min}} + TZ_{14} = 560 + 3200 = 3760 \text{ мкм.}$$

Расчетный средний припуск:

$$Z_{14_{cp}} = \frac{Z_{14_{max}} + Z_{14_{min}}}{2} \pm \frac{TZ_{14}}{2} = \frac{3760 + 560}{2} \pm \frac{3200}{2} = 2160 \pm 1600 \text{ мкм.}$$

Припуски Z_{17} :

Расчетный минимальный припуск:

$$Z_{17_{min}} = 40 + 50 + 60 = 150 \text{ мкм.}$$

Сумма допусков звеньев в цепи:

$$TZ_{17} = TA_{17} + TA_{14} = 150 + 700 = 850 \text{ мкм.}$$

Расчетный максимальный припуск:

$$Z_{17_{max}} = Z_{17_{min}} + TZ_{17} = 150 + 850 = 1000 \text{ мкм.}$$

Расчетный средний припуск:

$$Z_{17_{cp}} = \frac{Z_{17_{max}} + Z_{17_{min}}}{2} \pm \frac{TZ_{17}}{2} = \frac{1000 + 150}{2} \pm \frac{850}{2} = 575 \pm 425 \text{ мкм.}$$

Припуски Z_{21} :

Расчетный минимальный припуск:

$$Z_{21_{min}} = 160 + 200 + 200 = 560 \text{ мкм.}$$

Сумма допусков звеньев в цепи:

$$\begin{aligned} TZ_{21} &= TA_{17} + TA_{01} + TA_{02} + TA_{27} + TA_{21} = 150 + 700 + 150 + 2400 + 2800 \\ &== 6200 \text{ мкм.} \end{aligned}$$

Расчетный максимальный припуск:

$$Z_{21_{max}} = Z_{21_{min}} + TZ_{21} = 560 + 6200 = 6760 \text{ мкм.}$$

Расчетный средний припуск:

$$Z_{21_{cp}} = \frac{Z_{21_{max}} + Z_{21_{min}}}{2} \pm \frac{TZ_{21}}{2} = \frac{6760 + 560}{2} \pm \frac{6760}{2} = 3660 \pm 3380 \text{ мкм.}$$

Припуски Z_{22} :

Расчетный минимальный припуск:

$$Z_{22_{min}} = 40 + 50 + 60 = 150 \text{ мкм.}$$

Сумма допусков звеньев в цепи:

$$TZ_{22} = TA_{22} + TA_{21} = 150 + 700 = 850 \text{ мкм.}$$

Расчетный максимальный припуск:

$$Z_{22_{max}} = Z_{22_{min}} + TZ_{22} = 150 + 850 = 1000 \text{ мкм.}$$

Расчетный средний припуск:

$$Z_{22_{cp}} = \frac{Z_{22_{max}} + Z_{22_{min}}}{2} \pm \frac{TZ_{22}}{2} = \frac{1000 + 150}{2} \pm \frac{850}{2} = 575 \pm 425 \text{ мкм.}$$

Припуски Z_{24} :

Расчетный минимальный припуск:

$$Z_{24_{min}} = 160 + 200 + 200 = 560 \text{ мкм.}$$

Сумма допусков звеньев в цепи:

$$TZ_{24} = TA_{15} + TA_{24} = 150 + 700 = 850 \text{ мкм.}$$

Расчетный максимальный припуск:

$$Z_{24_{max}} = Z_{24_{min}} + TZ_{24} = 560 + 850 = 1410 \text{ мкм.}$$

Расчетный средний припуск:

$$Z_{24_{cp}} = \frac{Z_{24_{max}} + Z_{24_{min}}}{2} \pm \frac{TZ_{24}}{2} = \frac{1410 + 560}{2} \pm \frac{850}{2} = 985 \pm 425 \text{ мкм}$$

Припуски Z_{27} :

Расчетный минимальный припуск:

$$Z_{27_{min}} = 40 + 50 + 60 = 150 \text{ мкм.}$$

Сумма допусков звеньев в цепи:

$$TZ_{27} = TA_{24} + TA_{27} = 700 + 150 = 850 \text{ мкм.}$$

Расчетный максимальный припуск:

$$Z_{27_{max}} = Z_{27_{min}} + TZ_{27} = 150 + 850 = 1000 \text{ мкм.}$$

Расчетный средний припуск:

$$Z_{27_{cp}} = \frac{Z_{27_{max}} + Z_{27_{min}}}{2} \pm \frac{TZ_{27}}{2} = \frac{1000 + 150}{2} \pm \frac{850}{2} = 575 \pm 425 \text{ мкм.}$$

Припуски Z_{71} :

Расчетный минимальный припуск:

$$Z_{71_{min}} = 10 + 10 + 10 = 30 \text{ мкм.}$$

Сумма допусков звеньев в цепи:

$$TZ_{71} = TA_{27} + TA_{71} = 150 + 10 = 160 \text{ мкм.}$$

Расчетный максимальный припуск:

$$Z_{71_{max}} = Z_{71_{min}} + TZ_{71} = 30 + 160 = 190 \text{ мкм.}$$

Расчетный средний припуск:

$$Z_{71_{cp}} = \frac{Z_{71_{max}} + Z_{71_{min}}}{2} \pm \frac{TZ_{71}}{2} = \frac{190 + 30}{2} \pm \frac{160}{2} = 110 \pm 80 \text{ мкм.}$$

Рассчитанные данные заносим в таблицу 3.

Таблица 3

Расчетный припуск	Элементы припуска				Расчетный минимальный припуск, мкм	Сумма допусков звеньев в цепи, мкм	Расчетный максимальный припуск, мкм	Расчетный средний припуск, мкм
	Rz_{i-1}	h_{i-1}	ρ_{i-1}	ε_i				
Z ₁₁	160	200	200		560	3500	4100	2330±175
Z ₁₂	40	50	60		150	850	1000	575±425
Z ₁₄	160	200	200		560	3200	3760	2160±160
Z ₁₇	40	50	60		150	850	1000	575±425
Z ₂₁	160	200	200		560	850	1410	985±425
Z ₂₂	40	50	60		150	850	1000	575±425
Z ₂₄	160	200	200		560	850	1410	985±425
Z ₂₇	40	50	60		150	850	1000	575±425
Z ₇₁	10	10	10		30	160	190	110±80

1.7.4 Расчёт технологических размеров

1.7.4.1 Расчет технологических размеров на диаметральные размеры

Расчет технологических размеров определяем из размерного анализа технологического процесса обработки, для чего составляем размерные цепи. Вычерчиваем размерные цепи для обработки наружной поверхности $\varnothing 25f(-0,020_{-0,041})$ (рис. 19).

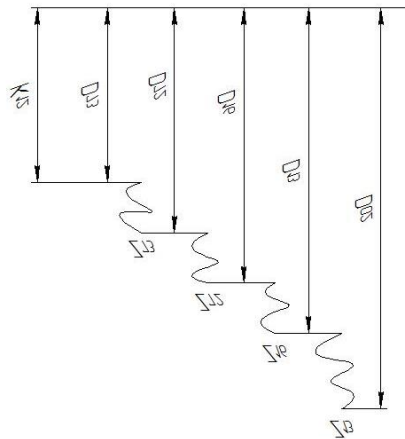


Рис. 19. Размерные цепи для расчета технологических размеров

Технологический размер D_{73} должен быть равен конструкторскому K_{12} , т.е.: $D_{73} = K_{12} = \varnothing 25f7(-0,020_{-0,041})$ мм – принятый технологический размер, получаемый после шлифования наружной поверхности (по 7 качеству).

1. Находим технологический размер D_{72} :

$$D_{73_{cp}} = 24,9895 \pm 0,0105 \text{ мм.}$$

$$D_{72_{cp}} = D_{73_{cp}} + 2 \cdot Z_{73_{cp}} = 24,9895 \pm 0,0105 + 0,1385 \pm 0,0705 = \\ = 25,128 \pm 0,06 \text{ мм.}$$

Так как $TD_{72} = 0,12(-0,12)$ мм, то $D_{72_{расч}} = 25,188(-0,12)$ мм.

Округляем номинальный размер в большую сторону (так как это охватываемый размер) с точностью до сотых долей миллиметра:

$$D_{72} = 25,19(-0,12) \text{ мм.}$$

Пересчитываем величины наименьшего и наибольшего припуска при чистовом шлифовании:

$$2 \cdot Z_{72_{max}} = D_{72_{max}} - D_{73_{min}} = 25,19 - 24,979 = 0,211 \text{ мм.}$$

$$2 \cdot Z_{72_{min}} = D_{72_{min}} - D_{73_{max}} = 25,07 - 25,00 = 0,07 \text{ мм.}$$

2. Находим технологический размер D_{16} :

$$D_{72_{cp}} = 25,13 \pm 0,06 \text{ мм.}$$

$$D_{16_{cp}} = D_{72_{cp}} + 2 \cdot Z_{72_{cp}} = 25,13 \pm 0,06 + 0,309 \pm 0,120 = \\ = 25,439 \pm 0,06 \text{ мм.}$$

Так как $TD_{16} = 0,12(-0,12)$ мм, то $D_{16_{расч}} = 25,499(-0,12)$ мм.

Округляем номинальный размер в большую сторону (так как это охватываемый размер) с точностью до сотых долей миллиметра:

$$D_{16} = 25,50(-0,12) \text{ мм.}$$

Пересчитываем величины наименьшего и наибольшего припуска при черновом шлифовании:

$$2 \cdot Z_{16_{max}} = D_{16_{max}} - D_{72_{min}} = 25,50 - 25,07 = 0,43 \text{ мм.}$$

$$2 \cdot Z_{16_{min}} = D_{16_{min}} - D_{72_{max}} = 25,38 - 25,19 = 0,19 \text{ мм.}$$

3. Находим технологический размер D_{13} :

$$D_{16_{cp}} = 25,44 \pm 0,06 \text{ мм.}$$

$$D_{13_{cp}} = D_{16_{cp}} + 2 \cdot Z_{16_{cp}} = 25,44 \pm 0,06 + 0,51 \pm 0,16 = \\ = 25,95 \pm 0,1 \text{ мм.}$$

Так как $TD_{13} = 0,2(-0,2)$ мм, то $D_{13_{расч}} = 26,05(-0,2)$ мм.

Округляем номинальный размер в большую сторону (так как это охватываемый размер) с точностью до десятых долей миллиметра:

$$D_{13} = 26,05(-0,2) \text{ мм.}$$

Пересчитываем величины наименьшего и наибольшего припуска при чистовом точении:

$$2 \cdot Z_{13_{max}} = D_{13_{max}} - D_{16_{min}} = 26,05 - 25,38 = 0,67 \text{ мм.}$$

$$2 \cdot Z_{13_{min}} = D_{13_{min}} - D_{16_{max}} = 25,85 - 25,50 = 0,35 \text{ мм.}$$

4. Находим технологический размер D_{02} :

$$D_{13_{cp}} = 25,95 \pm 0,1 \text{ мм.}$$

$$D_{02_{cp}} = D_{13_{cp}} + 2 \cdot Z_{13_{cp}} = 25,95 \pm 0,1 + 2,226 \pm 1,20 =$$

$$= 28,176 \pm 1,1 \text{ мм.}$$

Так как $TD_{02} = 2,2({}^{+1,4}_{-0,8})$ мм, то $D_{02_{\text{расч}}} = 29,276({}^{+1,4}_{-0,8})$ мм.

Округляем номинальный размер в большую сторону (так как это охватываемый размер) с точностью до десятых долей миллиметра:

$$D_{02} = 29,3({}^{+1,4}_{-0,8}) \text{ мм.}$$

Пересчитываем величины наименьшего и наибольшего припуска при черновом точении:

$$2 \cdot Z_{13_{\text{max}}} = D_{02_{\text{max}}} - D_{13_{\text{min}}} = 30,68 - 25,85 = 4,83 \text{ мм.}$$

$$2 \cdot Z_{13_{\text{min}}} = D_{02_{\text{min}}} - D_{13_{\text{max}}} = 28,48 - 26,05 = 2,43 \text{ мм.}$$

Вычерчиваем размерные цепи для обработки наружной поверхности $\emptyset 38h14({}_{-0,62})$ (рис. 19).

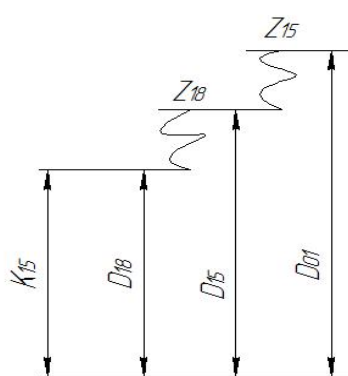


Рис. 19. Размерные цепи для расчета технологических размеров

Технологический размер D_{18} должен быть равен конструкторскому K_{15} , т.е.: $D_{18} = K_{15} = \emptyset 38h11({}_{-0,16})$ мм – принятый технологический размер, получаемый после чистового точения наружной поверхности (по 11 качеству).

1. Находим технологический размер D_{15} :

$$D_{18_{\text{ср}}} = 37,92 \pm 0,08 \text{ мм.}$$

$$\begin{aligned} D_{15_{\text{ср}}} &= D_{18_{\text{ср}}} + 2 \cdot Z_{18_{\text{ср}}} = 37,92 \pm 0,08 + 0,575 \pm 0,20 = \\ &= 38,495 \pm 0,12 \text{ мм.} \end{aligned}$$

Так как $TD_{15} = 0,16({}_{-0,16})$ мм, то $D_{15_{\text{расч}}} = 38,615({}_{-0,16})$ мм.

Округляем номинальный размер в большую сторону (так как это охватываемый размер) с точностью до десятых долей миллиметра:

$$D_{15} = 38,62(-_{0,16}) \text{ мм.}$$

Пересчитываем величины наименьшего и наибольшего припуска при чистовом точении:

$$2 \cdot Z_{18_{max}} = D_{15_{max}} - D_{18_{min}} = 38,62 - 37,84 = 0,78 \text{ мм.}$$

$$2 \cdot Z_{18_{min}} = D_{15_{min}} - D_{18_{max}} = 38,46 - 38,00 = 0,46 \text{ мм.}$$

2.Находим технологический размер D_{01} :

$$D_{15_{cp}} = 38,54 \pm 0,08 \text{ мм.}$$

$$D_{01_{cp}} = D_{15_{cp}} + 2 \cdot Z_{15_{cp}} = 38,54 \pm 0,08 + 2,226 \pm 1,20 = 40,766 \pm 1,12 \text{ мм.}$$

$$\text{Так как } TD_{01} = 2,2(+_{1,4}^{-0,8}) \text{ мм, то } D_{01_{расч}} = 41,886(+_{1,4}^{-0,8}) \text{ мм.}$$

Округляем номинальный размер в большую сторону (так как это охватываемый размер) с точностью до десятых долей миллиметра:

$$D_{01} = 41,9(+_{1,4}^{-0,8}) \text{ мм.}$$

Пересчитываем величины наименьшего и наибольшего припуска при черновом точении:

$$2 \cdot Z_{15_{max}} = D_{01_{max}} - D_{15_{min}} = 43,29 - 38,46 = 4,83 \text{ мм.}$$

$$2 \cdot Z_{15_{min}} = D_{01_{min}} - D_{15_{max}} = 41,81 - 38,62 = 3,19 \text{ мм.}$$

Вычерчиваем размерные цепи для обработки наружной поверхности $\emptyset 32h11(-_{0,16})$ (рис. 19).

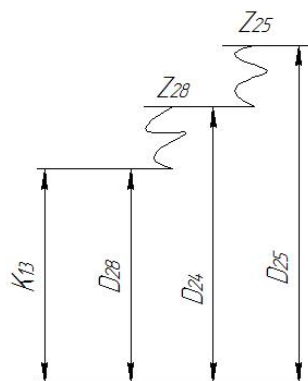


Рис. 19. Размерные цепи для расчета технологических размеров

Технологический размер D_{28} должен быть равен конструкторскому K_{13} , т.е.: $D_{28} = K_{13} = \emptyset 32h11(-_{0,16})$ мм – принятый технологический размер, получаемый после чистового точения наружной поверхности (по 11 качеству).

1. Находим технологический размер D_{24} :

$$D_{28_{cp}} = 31,92 \pm 0,08 \text{ мм.}$$

$$D_{24_{cp}} = D_{28_{cp}} + 2 \cdot Z_{28_{cp}} = 31,92 \pm 0,08 + 0,575 \pm 0,20 = 32,495 \pm 0,12 \text{ мм.}$$

$$\text{Так как } TD_{24} = 0,16(-_{0,16}) \text{ мм, то } D_{24_{расч}} = 32,615(-_{0,16}) \text{ мм.}$$

Округляем номинальный размер в большую сторону (так как это охватываемый размер) с точностью до десятых долей миллиметра:

$$D_{24} = 32,62(-_{0,16}) \text{ мм.}$$

Пересчитываем величины наименьшего и наибольшего припуска при чистовом точении:

$$2 \cdot Z_{28_{max}} = D_{24_{max}} - D_{28_{min}} = 32,62 - 31,84 = 0,78 \text{ мм.}$$

$$2 \cdot Z_{28_{min}} = D_{24_{min}} - D_{24_{max}} = 32,46 - 32,00 = 0,46 \text{ мм.}$$

2. Находим технологический размер D_{25} :

$$D_{24_{cp}} = 32,54 \pm 0,08 \text{ мм.}$$

$$D_{25_{cp}} = D_{24_{cp}} + 2 \cdot Z_{25_{cp}} = 32,54 \pm 0,08 + 2,226 \pm 1,20 = 34,766 \pm 1,12 \text{ мм.}$$

$$\text{Так как } TD_{25} = 2,2(+_{1,4}^{-}_{0,8}) \text{ мм, то } D_{25_{расч}} = 35,886(+_{1,4}^{-}_{0,8}) \text{ мм.}$$

Округляем номинальный размер в большую сторону (так как это охватываемый размер) с точностью до десятых долей миллиметра:

$$D_{25} = 35,9(+_{1,4}^{-}_{0,8}) \text{ мм.}$$

Пересчитываем величины наименьшего и наибольшего припуска при черновом точении:

$$2 \cdot Z_{15_{max}} = D_{25_{max}} - D_{24_{min}} = 37,29 - 32,46 = 4,83 \text{ мм.}$$

$$2 \cdot Z_{15_{min}} = D_{25_{min}} - D_{24_{max}} = 35,81 - 32,62 = 3,19 \text{ мм.}$$

Вычерчиваем размерные цепи для обработки наружной поверхности $\varnothing 20q7(-0,028)^{0,007}$ (рис. 19).

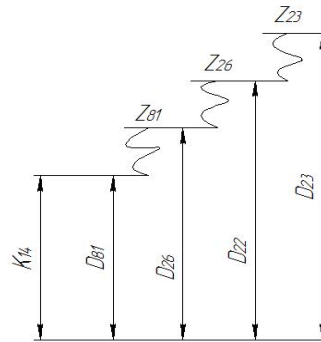


Рис. 19. Размерные цепи для расчета технологических размеров

Технологический размер D_{81} должен быть равен конструкторскому K_{14} , т.е.: $D_{81} = K_{14} = \varnothing 20q7(-0,028)^{0,007}$ мм – принятый технологический размер, получаемый после шлифования наружной поверхности (по 7 квалитету).

5. Находим технологический размер D_{81} :

$$D_{81_{cp}} = 19,9895 \pm 0,0105 \text{ мм.}$$

$$\begin{aligned} D_{26_{cp}} &= D_{81_{cp}} + 2 \cdot Z_{81_{cp}} = 19,9895 \pm 0,0105 + 0,219 \pm 0,070 = \\ &= 20,2085 \pm 0,0595 \text{ мм.} \end{aligned}$$

Так как $TD_{26} = 0,12(-0,12)$ мм, то $D_{26_{расч}} = 20,268(-0,12)$ мм.

Округляем номинальный размер в большую сторону (так как это охватываемый размер) с точностью до сотых долей миллиметра:

$$D_{26} = 20,27(-0,12) \text{ мм.}$$

Пересчитываем величины наименьшего и наибольшего припуска при чистовом шлифовании:

$$2 \cdot Z_{81_{max}} = D_{26_{max}} - D_{81_{min}} = 20,27 - 19,979 = 0,291 \text{ мм.}$$

$$2 \cdot Z_{81_{min}} = D_{26_{min}} - D_{81_{max}} = 20,15 - 20,00 = 0,15 \text{ мм.}$$

6. Находим технологический размер D_{22} :

$$D_{26_{cp}} = 20,21 \pm 0,06 \text{ мм.}$$

$$\begin{aligned} D_{22_{cp}} &= D_{26_{cp}} + 2 \cdot Z_{26_{cp}} = 20,21 \pm 0,06 + 0,510 \pm 0,160 = \\ &= 20,72 \pm 0,1 \text{ мм.} \end{aligned}$$

Так как $TD_{22} = 0,2(-0,2)$ мм, то $D_{22_{\text{расч}}} = 20,82(-0,2)$ мм.

Округляем номинальный размер в большую сторону (так как это охватываемый размер) с точностью до сотых долей миллиметра:

$$D_{22} = 20,82(-0,2) \text{ мм.}$$

Пересчитываем величины наименьшего и наибольшего припуска при чистовом точении:

$$2 \cdot Z_{26_{\text{max}}} = D_{22_{\text{max}}} - D_{26_{\text{min}}} = 20,82 - 20,15 = 0,67 \text{ мм.}$$

$$2 \cdot Z_{26_{\text{min}}} = D_{22_{\text{min}}} - D_{26_{\text{max}}} = 20,62 - 20,27 = 0,35 \text{ мм.}$$

7. Находим технологический размер D_{23} :

$$D_{22_{\text{ср}}} = 20,72 \pm 0,1 \text{ мм.}$$

$$\begin{aligned} D_{23_{\text{ср}}} &= D_{22_{\text{ср}}} + 2 \cdot Z_{23_{\text{ср}}} = 20,72 \pm 0,1 + 2,226 \pm 1,200 = \\ &= 22,946 \pm 1,1 \text{ мм.} \end{aligned}$$

Так как $TD_{23} = 2,2(+1,4)_{-0,8}$ мм, то $D_{23_{\text{расч}}} = 24,046(+1,4)_{-0,8}$ мм.

Округляем номинальный размер в большую сторону (так как это охватываемый размер) с точностью до десятых долей миллиметра:

$$D_{23} = 24,1(+1,4)_{-0,8} \text{ мм.}$$

Пересчитываем величины наименьшего и наибольшего припуска при черновом точении:

$$2 \cdot Z_{23_{\text{max}}} = D_{23_{\text{max}}} - D_{22_{\text{min}}} = 25,45 - 20,62 = 4,83 \text{ мм.}$$

$$2 \cdot Z_{23_{\text{min}}} = D_{23_{\text{min}}} - D_{22_{\text{max}}} = 23,25 - 20,82 = 2,43 \text{ мм.}$$

1.7.4.2 Расчет технологических размеров на осевые размеры

$$A_{71} = K_2 = 20_{-0,084} \text{ мм};$$

$$A_{22} = K_3 = 20 \pm 0,26 \text{ мм};$$

$$A_{25} = K_4 = 15 \pm 0,215 \text{ мм};$$

$$A_{26} = K_5 = 1 \times 45 \pm 0,125 \text{ мм};$$

$$A_{75} = K_8 = 58 \pm 0,15 \text{ мм};$$

$$A_{72} = K_9 = 30 \pm 0,05 \text{ мм};$$

$$A_{74} = K_{10} = 41 \pm 0,05 \text{ мм};$$

$$A_{18} = K_{11} = 4,5_{-0,3} \text{ мм};$$

Вычерчиваем размерные цепи для обработки поверхности $20h10_{(-0,084)}$ (рис.

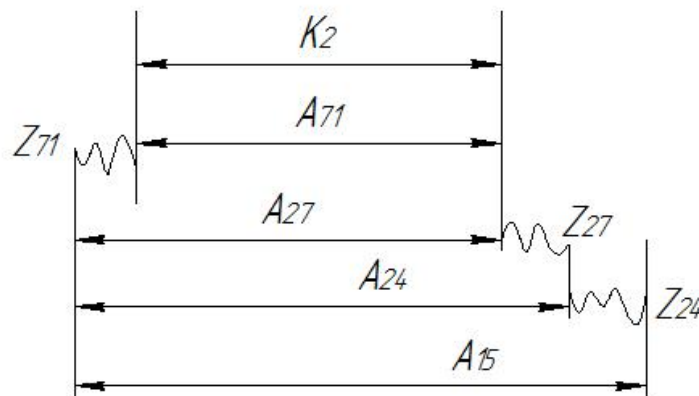


Рис. 25. Размерные цепи для расчета технологических размеров

Технологический размер A_{71} должен быть равен конструкторскому K_2 , т.е.:
 $A_{71} = K_2 = 20h10_{(-0,084)}$ мм – принятый технологический размер, получаемый после шлифования поверхности (по 10 качеству).

1. Находим технологический размер A_{27} :

$$A_{71_{\text{ср}}} = 19,958 \pm 0,042 \text{ мм.}$$

$$A_{27_{\text{ср}}} = A_{71_{\text{ср}}} + Z_{71_{\text{ср}}} = 19,958 \pm 0,042 + 0,110 \pm 0,08 = 20,068 \pm 0,038 \text{ мм.}$$

Так как $TA_{27} = 0,15_{(-0,15)}$ мм, то $A_{22_{\text{расч}}} = 20,106_{(-0,15)}$ мм.

Округляем номинальный размер в большую сторону (так как это охватываемый размер) с точностью до сотых долей миллиметра:

$$A_{27} = 20,11(-0,15) \text{ мм.}$$

Пересчитываем величины наименьшего и наибольшего припуска при черновом точении:

$$Z_{71_{max}} = A_{27_{max}} - A_{71_{min}} = 20,11 - 19,916 = 0,194 \text{ мм.}$$

$$Z_{71_{min}} = A_{27_{min}} - A_{71_{max}} = 19,916 - 20 = -0,084 \text{ мм.}$$

2. Находим технологический размер A_{24} :

$$A_{27_{cp}} = 20,035 \pm 0,075 \text{ мм.}$$

$$A_{24_{cp}} = A_{27_{cp}} + Z_{27_{cp}} = 20,035 \pm 0,075 + 0,575 \pm 0,425 = 20,61 \pm 0,35 \text{ мм.}$$

Так как $TA_{24} = 0,7(-0,7) \text{ мм}$, то $A_{24_{расч}} = 20,96(-0,7) \text{ мм}$.

$$A_{24} = 20,97(-0,7) \text{ мм.}$$

$$Z_{24_{max}} = 1,01 \text{ мм; } Z_{24_{min}} = 0,15 \text{ мм.}$$

3. Находим технологический размер A_{19} :

$$A_{24_{cp}} = 20,62 \pm 0,35 \text{ мм.}$$

$$A_{15_{cp}} = A_{24_{cp}} + Z_{24_{cp}} = 20,62 \pm 0,35 + 0,985 \pm 0,425 = 21,605 \pm 0,075 \text{ мм.}$$

Так как $TA_{19} = 0,12(-0,12) \text{ мм}$, то $A_{19_{расч}} = 21,68(-0,12) \text{ мм}$.

$$A_{15} = 21,68(-0,12) \text{ мм.}$$

$$Z_{24_{max}} = 1,41 \text{ мм; } Z_{24_{min}} = 1,29 \text{ мм.}$$

Вычерчиваем размерные цепи для обработки поверхности 20js14($\pm 0,005$) (рис. 26).

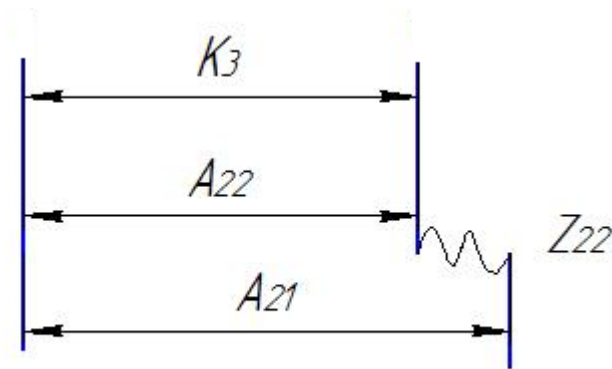


Рис. 26. Размерные цепи для расчета технологических размеров

Технологический размер A_{22} должен быть равен конструкторскому K_3 , т.е.:
 $A_{22} = K_3 = 20_{js14}(\pm 0,25)$ мм – принятый технологический размер, получаемый после точение поверхности (по 14 квалитету).

1. Находим технологический размер A_{21} :

$$A_{22_{cp}} = 20 \pm 0,250 \text{ мм.}$$

$$A_{21_{cp}} = A_{22_{cp}} + Z_{22_{cp}} = 20 \pm 0,25 + 0,575 \pm 0,425 = 20,575 \pm 0,175 \text{ мм.}$$

Так как $TA_{21} = 0,7(-0,7)$ мм, то $A_{21_{расч}} = 20,75^{(+0,35)}_{(-0,35)}$ мм.

Округляем номинальный размер:

$$A_{21} = 20,8^{(+0,35)}_{(-0,35)} \text{ мм.}$$

Пересчитываем величины наименьшего и наибольшего припуска при черновом точении:

$$Z_{22_{max}} = A_{21_{max}} - A_{22_{min}} = 21,15 - 19,65 = 1,5 \text{ мм.}$$

$$Z_{22_{min}} = A_{21_{min}} - A_{22_{max}} = 20,45 - 20,25 = 0,2 \text{ мм.}$$

Расчет технологического размера A_{17} .

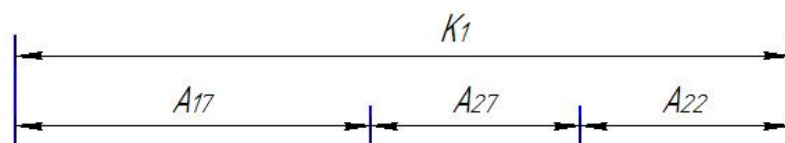


Рис. 27. Размерная цепь для расчета технологического размера A_{17} .

$$A_{17}^C = K_1^C - A_{27}^C - A_{22}^C;$$

$$K_1^C = 107,6 \text{ мм.}$$

$$A_{27}^C = 20,4 \text{ мм.}$$

$$A_{22}^C = 20,25 \text{ мм.}$$

$$A_{17}^C = 107,6 - 20,4 - 20,25 = 66,95 \text{ мм;}$$

$$A_{17} = 66,95 \pm 0,4 = 67,35(-0,8) \text{ мм.}$$

Расчет технологического размера A_{02} .

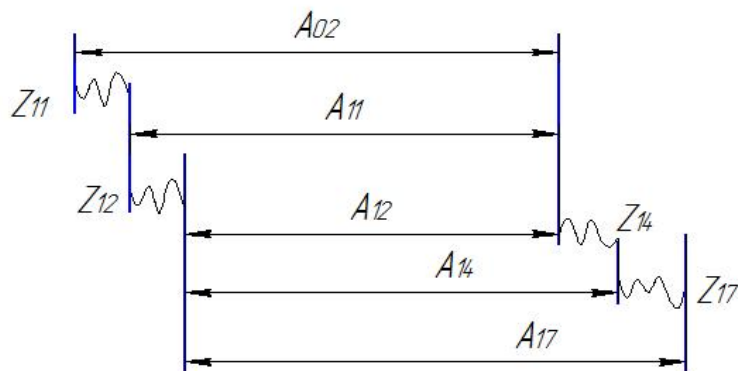


Рис. 27

$$A_{17} = 66,95 \pm 0,4 = 67,35(-0,8) \text{ мм.}$$

1. Находим технологический размер A_{14} :

$$A_{17_{cp}} = 66,95 \pm 0,4 \text{ мм.}$$

$$A_{14_{cp}} = A_{17_{cp}} - Z_{17_{cp}} = 66,95 \pm 0,4 - 0,575 \pm 0,425 = 66,375 \pm 0,025 \text{ мм.}$$

Так как $TA_{14} = \pm 0,35 \text{ мм}$, то $A_{14_{расч}} = 66,4 \pm 0,35 \text{ мм}$.

$$Z_{17_{max}} = 1,3 \text{ мм; } Z_{17_{min}} = 0,2 \text{ мм.}$$

2. Находим технологический размер A_{12} :

$$A_{14_{расч}} = 66,4 \pm 0,35 \text{ мм.}$$

$$A_{12_{cp}} = A_{14_{cp}} - Z_{14_{cp}} = 66,4 \pm 0,35 - 2,160 \pm 1,600 = 64,24 \pm 1,25 \text{ мм.}$$

Так как $TA_{12} = \pm 0,075$ мм, то $A_{12_{\text{расч}}} = 65,49 \pm 0,075$ мм.

$$Z_{14_{\text{max}}} = 1,3 \text{ мм}; \quad Z_{14_{\text{min}}} = 0,48 \text{ мм}.$$

3. Находим технологический размер A_{11} :

$$A_{12_{\text{расч}}} = 65,49 \pm 0,075 \text{ мм}.$$

$$A_{11_{\text{cp}}} = A_{12_{\text{cp}}} + Z_{12_{\text{cp}}} = 65,49 \pm 0,075 + 0,575 \pm 0,425 = 66,065 \pm 0,35 \text{ мм}.$$

Так как $TA_{11} = \pm 0,35$ мм, то $A_{11_{\text{расч}}} = 66,42 \pm 0,35$ мм.

$$Z_{11_{\text{max}}} = 1,3 \text{ мм}; \quad Z_{11_{\text{min}}} = 0,5 \text{ мм}.$$

4. Находим технологический размер A_{02} :

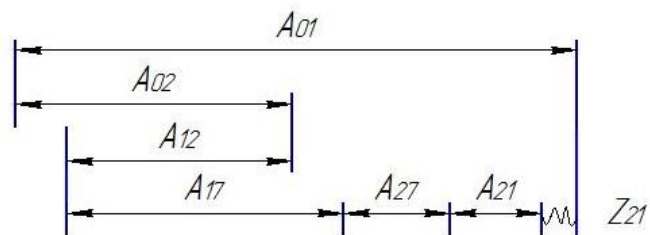
$$A_{11_{\text{расч}}} = 66,42 \pm 0,35 \text{ мм}.$$

$$A_{02_{\text{cp}}} = A_{11_{\text{cp}}} + Z_{11_{\text{cp}}} = 66,42 \pm 0,35 + 2,330 \pm 1,750 = 68,75 \pm 1,4 \text{ мм}.$$

Так как $TA_{02} = 2,4^{(+1,6)}_{(-0,8)}$ мм, то $A_{02_{\text{расч}}} = 70,15^{(+1,6)}_{(-0,8)}$ мм.

$$Z_{11_{\text{max}}} = 5,68 \text{ мм}; \quad Z_{11_{\text{min}}} = 2,58 \text{ мм}.$$

Расчет технологического размера A_{01} .



5. Находим технологический размер A_{01} :

$$A_{02_{\text{cp}}} = 68,75 \pm 1,4 \text{ мм}.$$

$$A_{12_{\text{cp}}} = 65,49 \pm 0,075 \text{ мм}.$$

$$A_{17_{\text{cp}}} = 66,95 \pm 0,4 \text{ мм}.$$

$$A_{27_{\text{cp}}} = 20,04 \pm 0,075 \text{ мм}.$$

$$A_{21_{\text{cp}}} = 20,58 \pm 0,175 \text{ мм}.$$

$$Z_{21_{\text{cp}}} = 3,66 \pm 3,380 \text{ мм}.$$

$$A_{01_{\text{cp}}} = A_{02_{\text{cp}}} + Z_{21_{\text{cp}}} + A_{21_{\text{cp}}} + A_{27_{\text{cp}}} + A_{17_{\text{cp}}} - A_{12_{\text{cp}}} = 68,75 \pm 1,4 + 66,95 \pm 0,4 +$$

$$+ 20,04 \pm 0,075 + 20,58 \pm 0,175 + 3,66 \pm 3,38 - 65,49 \pm 0,075 ==$$

$$114,49 \pm 1,405 \text{ мм}. \quad \text{Так как } TA_{01} = 2,8^{(+1,8)}_{(-1,0)} \text{ мм}, \text{ то } A_{01} = 116^{(+1,8)}_{(-1,0)} \text{ мм}.$$

1.8 Выбор оборудования и технологической оснастки.

Выбор оборудования производится с учётом типа производства и объёма выпуска. Технологическое оборудование назначается на каждую операцию технологического процесса механической обработки детали.

Токарный станок с ЧПУ FCL-450TM

Технические характеристики:

Наибольший диаметр обрабатываемой заготовки	620 мм
Пределы скоростей вращения шпинделя	10-6000 об/мин
Подача	0,001-500 мм/оборот
Мощность главного привода	10 кВт
Габариты станка	4150x2100x2350

В качестве техоснастки выбираем патрон самоцентрирующий спиральный DIN 6350-040502.

Фрезерный станок с ЧПУ XD-30A

Технические характеристики:

Размер стола	420-800 мм
Пределы скоростей вращения шпинделя	10-6000 об/мин
Подача	1-10000 мм/мин
Мощность станка	7,5 кВт
Габариты станка	2450x1590x2200

В качестве техоснастки выбираем тиски самоцентрирующие 7200-0251 ГОСТ21168-75

Шлифовальный станок 3Б12

Технические характеристики:

Наибольший диаметр шлифования	200 мм
Пределы скоростей вращения шпинделя	2250-16750 об/мин
Подача	0,1-5 мм/мин
Мощность станка	3 кВт
Габариты станка	2650x1750x1750

В качестве техоснастки выбираем Мембранный патрон ГОСТ 16157-70

1.9 Расчет режимов резания

При назначении элементов режимов резания учитывают характер обработки, тип и размеры инструмента, материал его режущей части, материал и состояние заготовки, тип и состояние оборудования.

Элементы режима резания обычно устанавливают в порядке, указанном ниже:

1. глубина резания;
2. подача;
3. скорость резания.

Далее рассчитываются:

1. число оборотов;
2. фактическая скорость резания;
3. главная составляющая силы резания;
4. мощность резания;
5. мощность главного привода движения;
6. проверка по мощности.

1.9.1 Токарная операция с ЧПУ: черновая подрезка торца А₁₁

Станок токарный с ЧПУ FCL-450TM

Инструмент – Резец для контурного точения T15K6 2103-0671 ГОСТ 20872-80

Обрабатываемый материал – Сталь 40ХГНМ

1. Диаметр обрабатываемой поверхности $d=42$ мм.
2. Глубина резания: $t = z^C = 2$ мм.
3. Поперечная подачу выбираем по табл. 11 [2, Т.2, стр.266] с учётом имеющихся подач на станке и обеспечения заданной шероховатости :
 $S = 0,6$ мм/об.

4. Скорость резания определяется по формуле:

$$V = \frac{C_v}{T^m \times t^x \times S^y} \times K_v$$

Период стойкости инструмента принимаем: $T=60$ мин.

Значения коэффициентов: $C_v = 350$; $m = 0,2$; $x = 0,15$; $y = 0,35$

– определены по табл. 17 [2, Т.2, стр.269].

Коэффициент K_v :

$$K_V = K_{MV} \times K_{ПV} \times K_{ИV}$$

где K_{MV} – коэффициент, учитывающий качество обрабатываемого материала;

$K_{ПV}$ - коэффициент, отражающий состояние поверхности заготовки;

$K_{ИV}$ – коэффициент, учитывающий качество материала инструмента.

По табл. 1,5,6 [2,Т.2,стр.261]:

$$K_{MV} = K_{\Gamma} \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_V}, \text{Значение коэффициента } K_{\Gamma} \text{ и показатель степени } n_V \text{ для}$$

материала инструмента из твердого сплава при обработке заготовки из Сталь 40ХГНМ берем

из табл. 2 [2,Т.2,стр.262]:

Коэффициент, характеризующий группу стали по обрабатываемости $K_{\Gamma} = 1$
 $n_V = 1$

$$K_{MV} = 1 \times \left(\frac{750}{850} \right)^1 = 0,882$$

Коэффициент, отражающий состояние поверхности $K_{ПV} = 0,8$;

Коэффициент , учитывающий качество материала инструмента $K_{ИV} = 1,15$.

$$K_V = 0,882 \times 0,8 \times 1,15 = 0,812$$

Скорость резания,

$$V = \frac{350 \times 0,812}{60^{0,2} \times 2^{0,15} \times 0,6^{0,35}} = 168,5 \text{ м/мин}$$

5. Расчётное число оборотов шпинделя:

$$n = 1000 \times \frac{V}{\pi \times d} = 1000 \times \frac{168}{3,14 \times 42} = 1200 \text{ об/мин}$$

d- диаметр обтачиваемой поверхности

6. Определяем главную составляющую силы резания по формуле:

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

Значения коэффициентов: $C_p = 300$; $n = -0,15$; $x = 1$; $y = 0,75$ – определены по табл. 22 [2,Т.2,стр.273].

Глубина резания в формуле определения силы: $t = z_{\max} = 2,4 \text{ мм}$.

Коэффициент K_p :

$$K_p = K_{MP} \times K_{\varphi P} \times K_{\gamma P} \times K_{\lambda P} \times K_{rP}$$

Коэффициенты, входящие в формулу, учитывают фактические условия резания.

По табл. 9,23 [2,Т.2,стр.264]:

Коэффициент, учитывающий качество обрабатываемого материала

$$K_{MP} = \left(\frac{\sigma_B}{750} \right)^{0,75} = 1,10$$

Коэффициенты учитывающие геометрические параметры режущей части инструмента

$$K_{\varphi P} = 1; K_{\gamma P} = 1; K_{\lambda P} = 1; K_{rP} = 0,93.$$

$$K_p = 1,10 \times 1 \times 1 \times 1 \times 0,93 = 1,0$$

Главная составляющая силы резания, форм. (7):

$$P_Z = 10 \times 300 \times 2,4^1 \times 0,6^{0,75} \times 168^{-0,15} \times 1,0 = 2870 \text{ Н}$$

7. Мощность резания:

$$N = P_Z \times \frac{V}{1000 \times 60} = 2870 \times \frac{168}{1000 \times 60} = 7,8 \text{ кВт}$$

8. Мощность привода главного движения:

$$N_{пр} = N / \eta = 7,8 / 0,85 = 9,2 \text{ кВт.}$$

Мощность электродвигателя станка – 10 кВт, она достаточна для выполнения операции.

Токарная операция 010 (переход 1)

Станок токарный с ЧПУ FCL-450TM

Инструмент – Резец для контурного точения T15K6 2103-0671 ГОСТ 20872-80

Обрабатываемый материал – Сталь 40ХГНМ

1. Диаметр поверхности $d=42$ мм.

2. Глубина резания: $t=0,7$ мм.

3. Рекомендуемая подача[1]:

$$S = 0,6 \text{ мм/об.}$$

4. Рекомендуемая скорость резания [1] :

$$V = 168 \text{ м/мин}$$

5. Расчётное число оборотов шпинделя:

$$n = 1000 \times \frac{V}{\pi \times d} = 1000 \times \frac{168}{3,14 \times 42} = 1200 \text{ об/мин}$$

Токарная операция 010 (переход 3)

Станок токарный с ЧПУ FCL-450TM

Инструмент – Резец для контурного точения T15K6 2103-0671 ГОСТ 20872-80

Обрабатываемый материал – Сталь 40ХГНМ

1. Диаметр поверхности $d=38$ мм.

2. Глубина резания: $t=0,5$ мм.

3. Рекомендуемая подача[1]:

$S=0,3$ мм/об.

4. Рекомендуемая скорость резания [1] :

$V = 190$ м/мин

5. Расчётное число оборотов шпинделя:

$$n = 1000 \times \frac{V}{\pi \times d} = 1000 \times \frac{190}{3,14 \times 38} = 1500 \text{ об/мин}$$

Токарная операция 010 (переход 4)

Станок токарный с ЧПУ FCL-450TM

Инструмент – Сверло $d=10$ мм P6M52300-6970 ГОСТ 886-77

Обрабатываемый материал – Сталь 40ХГНМ

1. Диаметр сверла $d=10$ мм.

2. Глубина резания: $t=5$ мм.

3. Рекомендуемая подача[1]:

$S=0,2$ мм/об.

4. Рекомендуемая скорость резания [1] :

$V = 30$ м/мин

5. Расчётное число оборотов шпинделя:

$$n = 1000 \times \frac{V}{\pi \times d} = 1000 \times \frac{30}{3,14 \times 10} = 950 \text{ об/мин}$$

Токарная операция 010 (переход 5)

Станок токарный с ЧПУ FCL-450TM

Инструмент – Резец расточной Т15К6 2141-0201 ГОСТ 18883-73

Обрабатываемый материал – Сталь 40ХГНМ

1. Диаметр поверхности $d=16$ мм.

2. Глубина резания: $t=1$ мм.

3. Рекомендуемая подача[1]:

$S=0,3$ мм/об.

4. Рекомендуемая скорость резания [1] :

$V = 190$ м/мин

5. Расчётное число оборотов шпинделя:

$$n = 1000 \times \frac{V}{\pi \times d} = 1000 \times \frac{190}{3,14 \times 16} = 3700 \text{ об/мин}$$

Токарная операция 010 (переход 6)

Станок токарный с ЧПУ FCL-450TM

Инструмент – Резец для контурного точения Т15К6 2103-0671 ГОСТ 20872-80

Обрабатываемый материал – Сталь 40ХГНМ

1. Диаметр поверхности $d=42$ мм.

2. Глубина резания: $t=2$ мм.

3. Рекомендуемая подача[1]:

$S=0,6$ мм/об.

4. Рекомендуемая скорость резания [1] :

$V = 168$ м/мин

5. Расчётное число оборотов шпинделя:

$$n = 1000 \times \frac{V}{\pi \times d} = 1000 \times \frac{168}{3,14 \times 42} = 1200 \text{ об/мин}$$

Токарная операция 010 (переход 7)

Станок токарный с ЧПУ FCL-450TM

Инструмент – Резец для контурного точения Т15К6 2103-0671 ГОСТ 20872-80

Обрабатываемый материал – Сталь 40ХГНМ

1. Диаметр поверхности $d=42$ мм.

2. Глубина резания: $t=1,3$ мм.

3. Рекомендуемая подача[1]:

$S= 0,3$ мм/об.

4. Рекомендуемая скорость резания [1] :

$V = 190$ м/мин

5. Расчётное число оборотов шпинделя:

$$n = 1000 \times \frac{V}{\pi \times d} = 1000 \times \frac{190}{3,14 \times 42} = 1400 \text{ об/мин}$$

Токарная операция 010 (переход 8)

Станок токарный с ЧПУ FCL-450TM

Инструмент – Резец для контурного точения T15K6 2103-0671 ГОСТ 20872-80

Обрабатываемый материал – Сталь 40ХГНМ

1. Диаметр поверхности $d=42$ мм.

2. Глубина резания: $t=1$ мм.

3. Рекомендуемая подача[1]:

$S= 0,3$ мм/об.

4. Рекомендуемая скорость резания [1] :

$V = 190$ м/мин

5. Расчётное число оборотов шпинделя:

$$n = 1000 \times \frac{V}{\pi \times d} = 1000 \times \frac{190}{3,14 \times 42} = 1400 \text{ об/мин}$$

Сверлильная операция 020 (переход 1)

Вертикально-фрезерный станок с ЧПУ XD-40A

Инструмент – Сверло центровочное $d=4$ мм Тип А ГОСТ 14034-74

Обрабатываемый материал – Сталь 40ХГНМ

1. Диаметр сверла $d=4$ мм.

2. Глубина резания: $t=2$ мм.

3. Рекомендуемая подача[1]:

$$S=0,1 \text{ мм/об.}$$

4. Рекомендуемая скорость резания [1]:

$$V = 25 \text{ м/мин}$$

5. Расчётное число оборотов шпинделя:

$$n = 1000 \times \frac{V}{\pi \times d} = 1000 \times \frac{25}{3,14 \times 4} = 1900 \text{ об/мин}$$

Сверлильная операция 020 (переход 2)

Вертикально-фрезерный станок с ЧПУ XD-40A

Инструмент – Сверло 4,5 P6M5 2301-41045 ГОСТ 2092-77

Обрабатываемый материал – Сталь 40ХГНМ

1. Диаметр сверла $d=4.5$ мм.

2. Глубина резания: $t=2.3$ мм.

3. Рекомендуемая подача[1]:

$$S=0,1 \text{ мм/об.}$$

4. Рекомендуемая скорость резания [1]:

$$V = 25 \text{ м/мин}$$

5. Расчётное число оборотов шпинделя:

$$n = 1000 \times \frac{V}{\pi \times d} = 1000 \times \frac{25}{3,14 \times 4.5} = 1800 \text{ об/мин}$$

Сверлильная операция 020 (переход 3)

Вертикально-фрезерный станок с ЧПУ XD-40A

Инструмент – Фреза шпоночная T15K6 $d=6$ ГОСТ 16463-80

Обрабатываемый материал – Сталь 40ХГНМ

1. Диаметр фрезы $d=6$ мм.

2. Глубина резания: $t=1$ мм.

3. Число зубьев фрезы $z=3$

4. Рекомендуемая подача [10]:

$$f_z = 0,1 \text{ мм/зуб.}$$

5. Рекомендуемая скорость резания [10]:

$$V = 150 \text{ м/мин}$$

6. Расчётное число оборотов шпинделя:

$$n = 1000 \times \frac{V}{\pi \times d} = 1000 \times \frac{150}{3,14 \times 6} = 7900 \text{ об/мин}$$

d- Диаметр фрезы

7. Минутная подача фрезы

$$f_{min} = n \times f_z \times z$$

$$f_{min} = 7900 \times 0,1 \times 3 = 2370 \text{ мм/мин}$$

Сверлильная операция 020 (переход 4)

Вертикально-фрезерный станок с ЧПУ XD-40A

Инструмент – Развертка 1:50-5х80 ГОСТ 10081-81

Обрабатываемый материал – Сталь 40ХГНМ

1. Диаметр развертки $d=5.5 \text{ мм.}$

2. Глубина резания: $t=0,5 \text{ мм.}$

3. Рекомендуемая подача[1]:

$$S = 0,5 \text{ мм/об.}$$

4. Рекомендуемая скорость резания [1]:

$$V = 35 \text{ м/мин}$$

5. Расчётное число оборотов шпинделя:

$$n = 1000 \times \frac{V}{\pi \times d} = 1000 \times \frac{35}{3,14 \times 5,5} = 2000 \text{ об/мин}$$

Сверлильная операция 030 (переход 1)

Вертикально-фрезерный станок с ЧПУ XD-40A

Инструмент – Сверло центровочное $d=4 \text{ мм}$ Тип А ГОСТ 14034-74

Обрабатываемый материал – Сталь 40ХГНМ

1. Диаметр сверла $d=4$ мм.

2. Глубина резания: $t=2$ мм.

3. Рекомендуемая подача[1]:

$S=0,1$ мм/об.

4. Рекомендуемая скорость резания [1]:

$V = 25$ м/мин

5. Расчётное число оборотов шпинделя:

$$n = 1000 \times \frac{V}{\pi \times d} = 1000 \times \frac{25}{3,14 \times 4} = 1900 \text{об/мин}$$

Сверлильная операция 030 (переход 2)

Вертикально-фрезерный станок с ЧПУ XD-40A

Инструмент – Сверло 4,5 P6M5 2301-41045 ГОСТ 2092-77

Обрабатываемый материал – Сталь 40ХГНМ

1. Диаметр сверла $d=4.5$ мм.

2. Глубина резания: $t=2.3$ мм.

3. Рекомендуемая подача[1]:

$S=0,1$ мм/об.

4. Рекомендуемая скорость резания [1]:

$V = 25$ м/мин

5. Расчётное число оборотов шпинделя:

$$n = 1000 \times \frac{V}{\pi \times d} = 1000 \times \frac{25}{3,14 \times 4.5} = 1800 \text{об/мин}$$

Сверлильная операция 030 (переход 3)

Вертикально-фрезерный станок с ЧПУ XD-40A

Инструмент – Развертка 1:50-5х80 ГОСТ 10081-81

Обрабатываемый материал – Сталь 40ХГНМ

1. Диаметр развертки $d=5.5$ мм.

2. Глубина резания: $t=0,5$ мм.

3. Рекомендуемая подача[1]:

$$S = 0,5 \text{ мм/об.}$$

4. Рекомендуемая скорость резания [1]:

$$V = 35 \text{ м/мин}$$

5. Расчётное число оборотов шпинделя:

$$n = 1000 \times \frac{V}{\pi \times d} = 1000 \times \frac{35}{3,14 \times 5,5} = 2000 \text{ об/мин}$$

Сверлильная операция 050 (переход 1)

Вертикально-фрезерный станок с ЧПУ XD-40A

Инструмент – Развертка 1:50-6х80 T15K6

Обрабатываемый материал – Сталь 40ХГНМ

1. Диаметр развертки $d=6.2$ мм.

2. Глубина резания: $t=0,4$ мм.

3. Рекомендуемая подача[1]:

$$S = 0,5 \text{ мм/об.}$$

4. Рекомендуемая скорость резания [1]:

$$V = 75 \text{ м/мин}$$

5. Расчётное число оборотов шпинделя:

$$n = 1000 \times \frac{V}{\pi \times d} = 1000 \times \frac{75}{3,14 \times 6,2} = 3800 \text{ об/мин}$$

Сверлильная операция 050 (переход 2)

Вертикально-фрезерный станок с ЧПУ XD-40A

Инструмент – Развертка 1:50-6х80 T15K6

Обрабатываемый материал – Сталь 40ХГНМ

1. Диаметр развертки $d=6.2$ мм.

2. Глубина резания: $t=0,4$ мм.

3. Рекомендуемая подача[1]:

$$S = 0,5 \text{ мм/об.}$$

4. Рекомендуемая скорость резания [1]:

$$V = 75 \text{ м/мин}$$

5. Расчётное число оборотов шпинделя:

$$n = 1000 \times \frac{V}{\pi \times d} = 1000 \times \frac{75}{3,14 \times 6,2} = 3800 \text{ об/мин}$$

Круглошлифовальная операция 060

Шлифовальный станок 3Б12

$$S=0.05\text{-}5\text{м/мин}$$

Инструмент I-A-400x100x127 23A25CT ГОСТ 2424-83

1. Скорость вращательного движения заготовки, скорость круга, глубину, радиальную подачу выбираем в соответствии с табл.55[2.том 2,стр 301].

$$V_3=35 \text{ м/мин (440 об/мин)}$$

$$V_K=35 \text{ м/с(1600 об/мин)}$$

$$t=0.005\text{-}0.02 \text{ мм. Принимаем } t=0.02 \text{ мм}$$

$$s=1 \text{ м/мин}=2,3 \text{ мм/об}$$

$$D_{кр}=400\text{мм} \quad h=100 \text{ мм}$$

2. Эффективная мощность

$$N = C_N V_3^R t^X S^Y d^q$$

Значения коэффициентов и показателей степени выбираем из табл.56[2.том 2. стр303]

$$C_N=0.36 r=0.35 x=0.4 y=0.4 q=0.3$$

$$N = 0.36 \times 35^{0.35} \times 0.02^{0.4} \times 2,2^{0.4} \times 20^{0.3} = 1,8 \text{ Квт}$$

3. Мощность привода главного движения:

$$N_{пр} = N/\eta = 1,8/0,85 = 2,1 \text{ кВт.}$$

Круглошлифовальная операция 070

Шлифовальный станок 3Б12

$$S=0.05\text{-}5\text{м/мин}$$

Инструмент I-A-400x100x127 23A25CT ГОСТ 2424-83

Скорость вращательного движения заготовки, скорость круга, глубину, радиальную подачу выбираем в соответствии с табл.55[2.том 2,стр 301].

$V_3=35$ м/мин (550 об/мин)

$V_K=35$ м/с=2100 м/мин (1600 об/мин)

$t=0.005-0.02$ мм. Принимаем $t=0.02$ мм

$s=1$ м/мин=1,8 мм/об $D_{кр}=400$ мм $h=100$ мм

1.10 Нормирование операций технологического процесса

Основное время определяем по формуле:

$$t_0 = L \cdot i / (n \cdot S), \text{ мин}$$

где L – расчётная длина обработки, мм;

i – число рабочих ходов;

n – частота вращения шпинделя, об/мин;

S – подача, мм/об (мм/мин).

Расчётная длина обработки:

$$L = l + l_B + l_{\text{ПБ}}$$

где l – размер детали на данном переходе, мм;

l_B – величина врезания инструмента, мм;

$l_{\text{ПБ}}$ – величина перебега инструмента, мм;

Принимаем: $l_{\text{ПБ}} = 1$ мм.

Тогда окончательная формула для определения основного времени:

$$t_0 = (l + l_B + l_{\text{ПБ}}) \cdot i / (n \cdot S),$$

Величины врезания на операциях определяем из соответствующих таблиц 2-12 [1, стр621]

Основное время для заготовительной операции:

переход 1:

$$t_0 = (l + l_B + l_{\text{ПБ}}) \cdot i / S = (42 + 2) \cdot 1 / 20 = 2,2 \text{ мин.}$$

Основное время для 010 токарной операции:

переход 1:

$$t_0 = (l + l_B + l_{\text{ПБ}}) \cdot i / (n \cdot S) = (21 + 2 + 1) \cdot 1 / (1200 \cdot 0,6) = 0,03 \text{ мин.}$$

переход 2:

$$t_0 = (l + l_B + l_{\text{ПБ}}) \cdot i / (n \cdot S) = (75 + 2 + 1) \cdot 4 / (1200 \cdot 0,6) = 0,43 \text{ мин.}$$

переход 3:

$$t_0 = (l + l_B + l_{\text{ПБ}}) \cdot i / (n \cdot S) = (75 + 2 + 1) \cdot 1 / (1500 \cdot 0,3) = 0,17 \text{ мин.}$$

переход 4:

$$t_0 = (l + l_B + l_{ПБ}) * i / (n * S) = (14 + 3) * 1 / (950 * 0,2) = 0,09 \text{ мин.}$$

переход 5:

$$t_0 = (l + l_B + l_{ПБ}) * i / (n * S) = (7 + 2 + 1) * 3 / (3700 * 0,3) = 0,03 \text{ мин.}$$

переход 6:

$$t_0 = (l + l_B + l_{ПБ}) * i / (n * S) = (30 + 2 + 1) * 1 / (1200 * 0,6) = 0,05 \text{ мин.}$$

переход 7:

$$t_0 = (l + l_B + l_{ПБ}) * i / (n * S) = (42 + 2 + 1) * 1 / (1400 * 0,3) = 0,1 \text{ мин.}$$

переход 8:

$$t_0 = (l + l_B + l_{ПБ}) * i / (n * S) = (18 + 2 + 1) * 3 / (1400 * 0,3) = 0,15 \text{ мин.}$$

Основное время для 020 сверлильной операции:

переход 1:

$$t_0 = (l + l_B + l_{ПБ}) * i / (n * S) = (4 + 2) * 2 / (1900 * 0,1) = 0,06 \text{ мин.}$$

переход 2:

$$t_0 = (l + l_B + l_{ПБ}) * i / (n * S) = (25 + 4) * 1 / (1800 * 0,1) = 0,16 \text{ мин.}$$

переход 3:

$$t_0 = (l + l_B + l_{ПБ}) * i / S = (10 + 5) * 20 / 4900 = 0,07 \text{ мин.}$$

переход 4:

$$t_0 = (l + l_B + l_{ПБ}) * i / S = (5 + 1) * 6 / 7900 = 0,01 \text{ мин.}$$

переход 5:

$$t_0 = (l + l_B + l_{ПБ}) * i / (n * S) = (25 + 4) * 1 / (2000 * 0,5) = 0,03 \text{ мин.}$$

Основное время для 030 сверлильной операции:

переход 1:

$$t_0 = (l + l_B + l_{ПБ}) * i / (n * S) = (4 + 2) * 2 / (1900 * 0,1) = 0,06 \text{ мин.}$$

переход 2:

$$t_0 = (l + l_B + l_{ПБ}) * i / (n * S) = (20 + 4) * 1 / (1800 * 0,1) = 0,13 \text{ мин.}$$

переход 3:

$$t_0 = (l + l_B + l_{ПБ}) * i / (n * S) = (20 + 4) * 1 / (2000 * 0,5) = 0,03 \text{ мин.}$$

Основное время для 050 сверлильной операции:

переход 1:

$$t_0 = (l + l_B + l_{ПБ}) \cdot i / (n \cdot S) = (20 + 4) \cdot 1 / (3800 \cdot 0,5) = 0,02 \text{ мин.}$$

переход 2:

$$t_0 = (l + l_B + l_{ПБ}) \cdot i / (n \cdot S) = (25 + 4) \cdot 1 / (3800 \cdot 0,5) = 0,02 \text{ мин.}$$

Основное время круглошлифовальной операции 060:

переход 1

$$T_o = \frac{L}{S \times n_d} i k = \frac{66 \times 10 \times 1.5}{2,3 \times 440} = 9,9 \text{ мин}$$

k-коэффициент учитывающий выхаживание и доводку

B_к- ширина шлифовального круга

S_В- продольная подача в долях ширины круга

N_d- частота вращения изделия

Основное время круглошлифовальной операции 070:

переход 1

$$T_o = \frac{20 \times 10 \times 1.5}{1,8 \times 550} = 3,1 \text{ мин}$$

Определение вспомогательного T_B , штучного $T_{шт}$ и штучно-калькуляционного $T_{шт-к}$ времени.

$$T_B = T_{у.с.} + T_{з.о} + T_{уп} + T_{и.з}$$

где $T_{у.с.}$ - время установки и снятия детали;

$T_{з.о}$ - время закрепления и открепление детали;

$T_{уп}$ - время на управления станком;

$T_{и.з}$ - время на измерение.

$$T_{шт} = T_o + T_B + T_{тех} + T_{орг} + T_{от}$$

где $T_o T_o$ - основное время;

$T_{\text{тех}}$ - время на техническое обслуживание рабочего места;

$T_{\text{орг}}$ - время на организационное обслуживание рабочего места;

$T_{\text{от}}$ - время на отдых.

$$T_{\text{шт-к}} = T_{\text{шт}} + T_{\text{н-з}} / n$$

где $T_{\text{н.з}}$ - подготовительно-заключительное время;

n – число деталей в пробной партии;

$$n = \frac{N}{12} = \frac{38000}{12} = 3166$$

Нормативы времени для крупносерийного производства.

По табл. 5 [5,стр.197].

Операция 010 (токарная)

$$T_B = 0,27 + 0,11 + 0,55 + 1,6 = 2,53 \text{ мин}$$

$$T_{\text{шт}} = 1,05 + 2,53 + 2,5 + 0,014 + 0,084 = 7,82 \text{ мин}$$

$$T_{\text{шт-к}} = 7,82 + 13/3166 = 7,83 \text{ мин}$$

Операция 020 (фрезерная).

$$T_B = 0,2 + 0,3 + 0,28 + 2,2 = 2,98 \text{ мин}$$

$$T_{\text{шт}} = 0,33 + 2,98 + 2,5 + 0,014 + 0,084 = 5,9 \text{ мин}$$

$$T_{\text{шт-к}} = 5,9 + 10/3166 = 5,91 \text{ мин}$$

Операция 030 (сверлильная).

$$T_B = 0,4 + 0,3 + 0,2 + 0,4 = 1,3 \text{ мин}$$

$$T_{\text{шт}} = 0,22 + 1,3 + 2,5 + 0,014 + 0,084 = 4,12 \text{ мин}$$

$$T_{\text{шт-к}} = 4,12 + 10/3166 = 4,13 \text{ мин}$$

Операция 050 (сверлильная).

$$T_B=0,4+0,3+0,2+0,4=1,3 \text{ мин}$$

$$T_{шт}=0,04+1,3+2,5+0,014+0,084=3,94 \text{ мин}$$

$$T_{шт-к}=3,94+10/3166=3,95 \text{ мин}$$

Операция 060 (круглошлифовальная).

$$T_B=0,1+0,15+0,35+0,2=0,8 \text{ мин}$$

$$T_{шт}=9,9+0,8+2,5+0,014+0,084=13,3 \text{ мин}$$

$$T_{шт-к}=13,3+8/3166=13,31 \text{ мин}$$

Операция 070 (круглошлифовальная).

$$T_B=0,1+0,15+0,35+0,2=0,8 \text{ мин}$$

$$T_{шт}=3,1+0,8+2,5+0,014+0,084=6,5 \text{ мин}$$

$$T_{шт-к}=6,5+8/3166=6,51 \text{ мин}$$

1.12 Техничко -экономическое обоснование и показатели технологического процесса

При оценке эффективности того или иного варианта техпроцесса наиболее выгодным признается тот, у которого сумма текущих и приведенных капитальных затрат на единицу продукции будет минимальной.

Расчеты приведенных затрат и технологической себестоимости выполняются для всех изменяющихся операций техпроцесса.

Приведенные затраты для двух сравниваемых вариантов техпроцесса рассчитываются по формуле.

$$З = С + E_n(K_c + K_{зд}) \quad [6]$$

Расчет основной и дополнительной зарплаты выполняется по формуле

$$C_з = C_ч \times K_d \times З_n \times K_{o.m.} \quad [6]$$

Расчет часовых затрат по эксплуатации рабочего места выполняется по формуле

$$C_{эксп} = C_{чз} \times K_m \quad [6]$$

Удельные капитальные вложения в станок рассчитываются по формуле

$$K_c = \frac{Ц_c \times K_m \times C_n}{N} \quad [6]$$

Занимаемая станком площадь P_c определяется по формуле

$$P_c = f \times K_c \quad [6]$$

Технологическая себестоимость рассчитывается для всех операций по формуле

$$C = (C_{сз} + C_{эксп}) \times \frac{T_{шт}}{60} \quad [6]$$

Экономический эффект от внедрения принятого варианта технологического процесса рассчитывается по формуле

$$Э = (З_{баз} - З_{пр})N \quad [6]$$

Результаты расчетов приведенных затрат сводятся в таблицу (табл. 2).

Талица 2

операция	Модель станка	Т _{шт} , мин	С _з , руб	С _{эксп} , руб	К _с , руб	К _{зд} , руб	С, руб
Базовый вариант							
000. Заготовительная	8725	8,6	187	50,2	5,78	0,52	34
010. Токарная	16K20	12,3		70,4	8,68	0,78	52,7
020 Фрезерная	6P12	7,9		73,5	5,78	0,55	34,3
030 Сверлильная	1H125	6,57		64,2	4,34	0,3	27,5
050 Сверлильная	1H125	5,87		65,8	4,34	0,3	24,7
060 Круглошлифо- вальная	3Б12	13,3		54,5	11,57	1,2	53,5
070 Круглошлифо- вальная	3Б12	6,5		58,9	11,57	1,2	26,6
Итого 310,2					52,06	4,85	253,3
Спроектированный вариант							
000. Заготовительная	ГКШП		187				
010. Токарная	FCL-450TM	7,82		76,8	18,6	1,5	34,3
020 Фрезерная	XD-30A	5,9		81,4	14,5	1,1	26,3
030 Сверлильная	XD-30A	4,12		68,7	14,5	1,1	17,5
050 Сверлильная	XD-30A	3,94		71,5	14,5	1,1	16,9
060 Круглошлифо- вальная	3Б12	13,3		54,5	11,57	1,2	53,5
070 Круглошлифо- вальная	3Б12	6,5		58,9	11,57	1,2	26,6
Итого 267,7					85,4	7,2	175,1

Вывод: разработанный технологический процесс эффективнее базового.

II. Конструкторская часть.

2. Проектирование станочного приспособления.

2.1 Техническое задание

Техническое задание (ТЗ) на проектирование специальных средств технологического оснащения разрабатывается в соответствии с ГОСТ 15.001-73 [9, с. 175].

ТЗ на проектирования специального приспособления для фрезерования паза приведено в таблице 2.

Таблица 2

Раздел	Содержание раздела
Наименование и область применения	Приспособление для фрезерования паза в заготовке (валик) шириной $6^{+0,24}_{+0,14}$ мм на фрезерном станке с ЧПУ XD-30A (операция 020);
Основание для разработки	Операционная карта технологического процесса механической обработки стакана;
Цель и назначение разработки	Проектируемое приспособление должно обеспечить: точную установку и надежное закрепление заготовки, а также постоянное во времени положение заготовки относительно стола станка и режущего инструмента с целью получения необходимой точности размеров детали; удобство установки, закрепления и снятия заготовки; время установки заготовки не должно превышать 0,05 мин; рост производительности на данной операции на 10...15%;
Технические (тактико-технические) требования	Тип производства – крупносерийный; программа выпуска – 38000 шт. в год; Установочные и присоединительные размеры приспособления должны соответствовать станку XD-30A; Регулирование конструкции приспособления не допускается Время закрепления заготовки не более 0,05 мин.; Уровень унификации и стандартизации деталей приспособления 70%; Входные данные о заготовке, поступающей на фрезерную операцию 030: наружный присоединительный диаметр заготовки 25-0,2 мм,

	$R_A = 2,5 \text{ мкм};$ длина заготовки $108_{-0,4} \text{ мм}$ Выходные данные операции 030: Ширина паза $6_{+0,14}^{+0,26} \text{ мм};$ Приспособление обслуживается оператором 4-го разряда; Техническая характеристика станка XD-30A: рабочая поверхность стола, мм; 320x700; расстояние от оси горизонтального шпинделя до рабочей поверхности стола, мм: 500; ширина Т-образного паза стола станка XD-30A: 14 мм; Характеристика режущего инструмента: диаметр фрезы $6_{-0,08} \text{ мм};$ число зубьев фрезы $z=4;$ материал фрезы T15K6; Операция выполняется за четыре перехода; (другие не рассматриваем в расчетах)
Документация, используемая при разработке	ЕСТПП. Правила выбора технологической оснастки. ГОСТ 14.305-73. ЕСТПП. Общие правила обеспечения технологичности конструкции изделий. ГОСТ 14.201-83.
Документация, подлежащая разработке	Пояснительная записка (раздел – конструкторская часть), чертеж общего вида для технического проекта фрезерного приспособления; спецификация.

2.2 Разработка расчетной схемы для расчета и определения сил закрепления заготовки

Первоначально определим силы резания

1. Диаметр фрезы $d=6$ мм.

2. Глубина резания: $t=1$ мм.

3. Число зубьев фрезы $z=4$

4. Рекомендуемая подача [10]:

$$f_z = 0,1 \text{ мм/зуб.}$$

5. Рекомендуемая скорость резания [10]:

$$V = 150 \text{ м/мин}$$

6. Расчётное число оборотов шпинделя:

$$n = 1000 \times \frac{V}{\pi \times d} = 1000 \times \frac{150}{3,14 \times 6} = 7900 \text{ об/мин}$$

d- Диаметр фрезы

7. Минутная подача фрезы

$$f_{min} = n \times f_z \times z$$

$$f_{min} = 7900 \times 0,1 \times 3 = 2370 \text{ мм/мин}$$

7. Определяем главную составляющую силы резания по формуле:

$$P_z = \frac{10 \times C_p \times t^x \times S^y \times B^u \times Z \times K_{mp}}{D^q \times n^w}$$

Значения коэффициентов: $C_p = 12,5$; $x = 0,85$; $y = 0,75$; $u=1$; $q=0,73$; $w=-0,13$ – определены по табл.41 [2.том 2, стр291]

Коэффициент, учитывающий качество обрабатываемого материала
 $K_{MP} = \left(\frac{\sigma_B}{750}\right)^{0,75} = 1,10$

Главная составляющая силы резания, форм. (7):

$$P_z = \frac{10 \times 12,5 \times 6^{0,85} \times 0,05^{0,75} \times 1^1 \times 4 \times 1,1}{6^{0,86} \times 7900^0} = 52,8 \text{ Н}$$

Составляющая силы P_h стремится сдвинуть заготовку вдоль губок тисков. Эту силу рассчитываем в соответствии с рекомендациями [7, стр. 292].

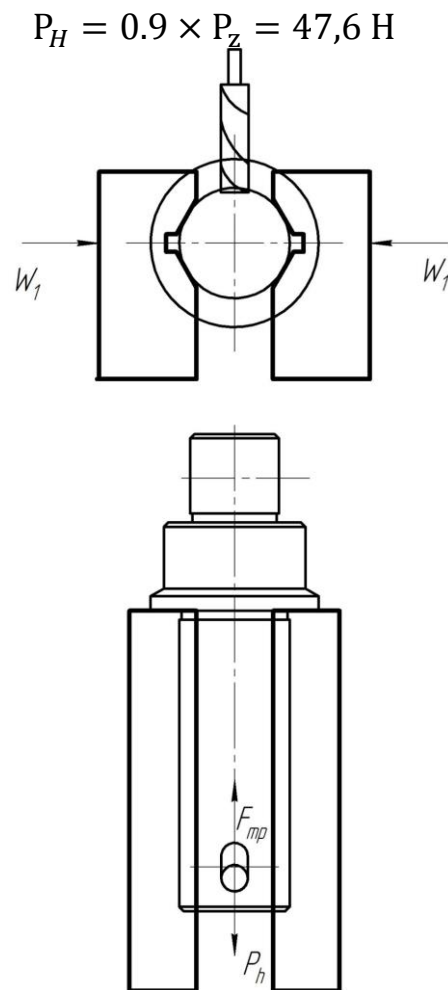


Рис.8 Расчётная схема

В соответствии с расчётной схемой (Рис.8) составим уравнения:

$$\sum y = F_{\text{тр}} - P_h = 0$$

$$W_1 = \frac{F_{\text{тр}}}{f} = \frac{P_h}{f} \times k = 47.6 \times \frac{2.88}{0.3} = 459.6 \text{ Н}$$

где $k = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6$ - коэффициент запаса [7, стр.85] и

$K_0 = 1,3$ – коэффициент гарантированного запаса;

$K_1 = 1,1$ – учитывает увеличение сил резания из-за случайных неровностей на обрабатываемой поверхности;

$K_2 = 1,4$ – коэффициент затупления;

$K_3 = 1,2$ – учитывает увеличение сил резания при прерывистом фрезеровании;

$K_4 = 1,2$ – характеризует постоянство сил закрепления;

$K_5 = 1$ – характеризует эргономику зажимного механизма;

$K_6 = 1$ – характеризует моменты, стремящиеся повернуть заготовку, установленную плоской поверхностью на постоянные опоры;

Тогда $K = 1,3 \cdot 1,1 \cdot 1,4 \cdot 1,2 \cdot 1,2 \cdot 1 \cdot 1 = 2,88$

2.3 Выбор и расчет привода зажимного устройства

В качестве привода зажимного устройства применяем мембранный пневмоцилиндр одностороннего действия.

Пневматические приводы предназначены для обеспечения необходимых усилий и скоростей рабочих органов, экономичности, надежности и долговечности, безопасности и быстродействия при использовании сжатого воздуха с заданными параметрами и при заданных условиях эксплуатации.

Расчет сводится к определению диаметра цилиндра при заданных усилиях на штоке и давлении воздуха.

Для плоских мембран из прорезиненной ткани [1, с.254]:

$$Q_p = \frac{\pi}{4} D^2 \cdot p - P; \quad (1)$$

где $Q_{расч}$ – усилие на штоке;

P – усилие пружины (примем $P=40\text{Н}$);

D – диаметр мембраны, (мм);

p – давление сжатого воздуха, (МПа);

Принимаем предварительно $D=200\text{мм}$ и $p = 0,4\text{МПа}$. Тогда

$$Q_p = \frac{\pi}{4} 200^2 \cdot 0,4 - 40 = 12520 \text{ Н}; \quad (2)$$

Из формулы (2) видно, что расчётное Q превышает потребное усилие прижима Q . Действительное усилие прижима заготовки рассчитаем после предварительной компоновки приспособления с учётом передаточного отношения i рычагов. Примем окончательно диаметр мембраны $D = 200\text{ мм}$.

В соответствии с компоновкой приспособления (Рис.3) определяем из чертежа передаточное отношение рычагов (отношение плеч относительно точки поворота) $i=25/30=0,83$, тогда действительное усилие прижима:

$$Q_d = Q_p \cdot i = 12520 \cdot 0.83 = 10390 \text{ Н}$$

Усилие на штоке превышает потребное усилие зажима, условие выполняется.

$$W_{расч} > W_{потреб.}$$

2.4 Расчет точности приспособления

При выполнении операции 020 (фрезерная) определяем необходимую точность приспособления для обеспечения следующих требований и размеров:

Допуск ширины паза 0,1 мм;

На точность обработки влияет ряд технологических факторов, вызывающих общую погрешность обработки ε_o , которая не должна превышать допуск δ выполняемого размера при обработке заготовки, т.е. $\varepsilon_o \leq \delta$.

Определим необходимую точность приспособления, исходя из формулы, изложенной в (9, с. 151):

$$\varepsilon_{np} \leq \delta - k_T \sqrt{(k_{T1} \cdot \varepsilon_{\delta})^2 + \varepsilon_z^2 + \varepsilon_y^2 + \varepsilon_n^2 + \varepsilon_u^2 + (k_{T2} \cdot \omega)^2},$$

где:

$\delta = 0,1$ мм – допуск выполняемого размера.;

$k_T = 1,2$ – коэффициент, учитывающий отклонение рассеяния значений составляющих

величин от закона нормального распределения, (9, с. 151);

$k_{T1} = 0,8$ – коэффициент, учитывающий уменьшение предельного значения погрешности

базирования при работе на настроенных станках, (9, с. 151);

$k_{T2} = 0,6$ – коэффициент, учитывающий долю погрешности обработки в суммарной

погрешности, вызываемой факторами, не зависящими от приспособления, (9, с. 152);

$\varepsilon_{\delta} = 0$ погрешность базирования заготовки в приспособлении

$\varepsilon_z = 0,07$ мм – погрешность закрепления заготовки, возникающая в результате действия

сил зажима, (2, с. 81);

$\varepsilon_y = 0$ мм - погрешность установки приспособления на станке, (9, с. 169);

$\varepsilon_n = 0,01\text{мм}$ – погрешность положения заготовки, возникающая в результате износа

установочных элементов приспособления, (9, с. 169);

$\varepsilon_u = 0,005\text{мм}$ – погрешность от перекоса (смещения) инструмента;

$\omega = 0,11$ – экономическая точность обработки, (10, с. 211).

$$\begin{aligned}\varepsilon_{\text{пр}} &\leq 1,15 - 1,2\sqrt{(0,8 \times 0)^2 + 0,07^2 + 0,01^2 + 0,005^2 + (0,5 \times 0,11)^2} \\ &= 0,06 \text{ мм}\end{aligned}$$

Следовательно, допуск расположения не должен превышать этого значения.
Принимаем допуск 0,05 мм.

Расчет точности показывает, что данное приспособление обеспечивает заданную точность при обработке заготовки.

2.5 Расчет экономической эффективности приспособления

Целесообразность применения приспособления должна быть экономически оправдана. Расчеты экономической эффективности применения приспособления основываются на сопоставлении годовых затрат и экономии. Затраты слагаются из расходов на амортизацию и эксплуатацию приспособления, а экономия достигается за счет снижения себестоимости обработки заготовок на данной операции в результате уменьшения трудоемкости, а иногда разряда работы. Применение приспособления считается целесообразным, если годовая экономия больше, чем годовые затраты, связанные с ним.

Экономический эффект от применения приспособления рассчитывается как разность между годовой экономией и годовыми затратами на приспособление.

Экономическая оправданность (рентабельность) применения приспособления выражается зависимостью (11, с. 20).

$$P \leq \mathcal{E},$$

где $\mathcal{E}$, руб – годовая экономия от использования приспособления;

P , руб – годовые затраты на эксплуатацию приспособления.

Определяем годовую экономию от использования приспособления:

$$\mathcal{E}_n = (t_{шт} - t'_{шт}) \cdot \frac{C_{\text{эк}} \cdot N}{60} \cdot k_y,$$

Где $t_{шт} = 8,59$ мин - норма штучного времени при обработке заготовки без приспособления;

$t'_{шт} = 6,25$ мин - норма штучного времени при обработке заготовки с приспособлением;

$C_{\text{эк}}$, коп/час – часовые затраты на эксплуатацию рабочего места;

$N=38000$ шт/год – годовая программа выпуска деталей;

$k_y = 20$ - коэффициент, учитывающий разность цен приведенных в справочнике и цен на сегодняшний день.

На основании рекомендаций (9,стр.24) принимаем:

$$C_{\text{чз}} = C'_{\text{чз}} \cdot k_m,$$

$C'_{\text{чз}} = 33,6 \text{ коп/час}$ – скорректированные затраты на базовом рабочем месте;

$k_m = 0,5$ - коэффициент, учитывающий проектирование приспособления.

$$C_{\text{чз}} = C'_{\text{чз}} \cdot k_m = 33,6 \cdot 0,5 = 16,8 \text{ руб.}$$

$$\begin{aligned} \Xi_{\Pi} &= (t_{\text{шт}} - t'_{\text{шт}}) \times \frac{C_{\text{чз}} \times N}{60} \times k_{\text{ц}} = (8,59 - 6,25) \times \frac{16,8 \times 38000}{60} \times 20 \\ &= 497452 \text{ руб.} \end{aligned}$$

Определяем годовые затраты на эксплуатацию приспособления:

$$P = S_{\text{пр}} \cdot (k_a + k_p) \cdot k_{\text{ц}},$$

$S_{\text{пр}} = 3400 \text{ руб.}$ – цена приспособления;

$k_a = 0,5$ – коэффициент, учитывающий отчисления на амортизацию

приспособления;

$k_p = 0,2$ – коэффициент, учитывающий отчисления на ремонт и хранение

приспособления.

$$P = S_{\text{пр}} \times (K_a + K_p) \times K_{\text{ц}} = 3400 \times (0,5 + 0,2) \times 20 = 47600 \text{ руб.}$$

Экономический годовой эффект от применения приспособления сверлильного

$$\Delta = \Xi - P = 497452 - 47600 = 449852 \text{ руб.}$$

26 Разработка технологической схемы сборки приспособления

Последовательность общей сборки изделия в основном определяется его конструктивными особенностями и принятыми методами достижения требуемой точности, а поэтому не может быть произвольной. На этом этапе важно уметь правильно выделить в изделии сборочные единицы соответствующего порядка, которые характеризуются независимостью и законченностью сборки, а при транспортировании по рабочим местам сборки на распадаются на отдельные детали. Технологическая схема сборки приспособления приведена на формате А3.

14. Разработка маршрутного технологического процесса сборки

Составим технологическую карту сборки тисков самоцентрирующих, маршрут технологического процесса сборки приведен в таблице 3.

Таблица 3

№ операции	Название	Содержание
005	Сборка штока (сб. 100)	1. Запрессовать шайбу 1 на вал 2
10	Сборка основания	1. Запрессовать втулку 11 в основание 4 2. Установить шток 100, шайбу 8 мембрану 7 шайбу 9 и соединить винтами 28 3. Установить пружину 24 крышку 6 и ввинтить винты 30 4. Ввинтить штуцер 10 5. Установить 5 и закрепить винтами 32 6. Запрессовать втулки 18,19 в корпус 5 7. Установить ходовые винты 15,16, рычаги 13,14 ползуны 21,22 оси 34 и закрепить кольцами 33 8. Запрессовать втулки 19,18 9. Установить губки 23 и закрепить винтами 31 10. Установить упор 25 и закрепить винтами 29 11. Установить шпонки 35 и закрепить винтами 27
20	Контрольная	1. Проверить отклонение от параллельности оси губки 23 относительно основания корпуса 5

Список литературы

1. Обработка металлов резанием Справочник технолога А.А. Панов, В.В. Аникин, Н.Г. Бойн и др. Под общ. Редакцией А.А.Панова. 2-е издание, перераб. И доп.- Машиностроение, 2004.- 784 с.. ил.- ISBN 5-94275-049-1
2. Справочник технолога машиностроителя .В 2-х томах Под редакцией А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова.4-е издание, переработанное и доп.- машиностроение, 1985,496 с.,илл
3. Скворцов В.Ф. Основы размерного анализа технологических процессов изготовления деталей. Учебное пособие . Томск изд ТПУ 2006,100с.
4. Справочник инструментальщика /И.А. Ординарцев, Г.В. Филлипов, А.Н. Шевченко и др., Под общей редакцией И.А.Ординарцева.-Л.: Машиностроение. Ленингр. Отделение .1987.-846 с .: илл
5. Горбачев А. Ф., Шкред В. А. Курсовое проектирование по технологии машиностроения.: Учеб. пособие для машиностроительных специальностей вузов.-Москва: Высшая школа, 2007.-256 с.
6. Михеевич Е.П. Технология машиностроения: учебно-методическое пособие / Е.П. Михеевич; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2009. – 99 с.
- 7 . Ансеров А.М. Приспособления для металлорежущих станков. Л.: Машиностроение, 1966 – 650 с., ил.
8. Базров Б.М. Альбом по проектированию приспособлений: Учеб. Пособие для студентов машиностроительных специальностей вузов. – М.: Машиностроение, 1991.
9. Горохов В.А. Проектирование и расчёт приспособлений: Учеб пособие для студентов вузов машиностроительных спец. – Мн.: Выш. шк., 1986.
- Жуков Э.Л. Технология машиностроения: В 2 кн. Кн. 2. Производство деталей машин: Учеб. Пособ. Для вузов. – М.: Высш. шк., 2003. – 295 с.
10. Корсаков В.С. Основы конструирования приспособлений: Учебник для вузов. – М.:Машиностроение, 1983.