

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 «Машиностроение»

Кафедра Технология автоматизированного машиностроительного производства

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Проектирование технологического процесса изготовления втулки и оснастки

УДК 621

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-8Л11	Кологривов Александр Олегович		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Лещинер Е.Г.	-		

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:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
	Арляпов А.Ю.	К.Т.Н.		

Томск – 2016 г.

Оглавление

Введение	4
1. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ	6
1.1 Назначение и конструкция детали	7
1.2 Анализ технологичности конструкции детали и технологический контроль чертежа	8
1.3 Определение типа, формы и методов организации производств.....	8
1.4 Выбор заготовки.....	11
1.5 Принятый маршрутный и технологический процесс	11
1.6 Расчет припусков на обработку операционных и исходных размеров заготовки	17
1.7 Расчет режимов резания.....	26
1.8 Расчет норм времени операция технологического процесса	37
2 КОНСТРУКТОРСКАЯ ЧАСТЬ.....	43
2.1 Анализ исходных данных и разработка технического задания	44
2.2 Разработка принципиальной схемы и компоновка приспособления	46
2.3 Конструирование и расчет функциональных элементов приспособления и исполнительных размеров	47
2.4 Разработка схемы для расчета и определения сил закрепления	48
2.5 Выбор и расчет привода зажимного устройства	51
2.6 Разработка технических требований на изготовление и сборку приспособления	52
2.7 Описание конструкции и принципа работы приспособления.....	52
2.8 Расчет приспособления на точность	53
2.9 Расчет экономической эффективности.....	55
2.10 Анализ технических требований.....	56
2.11 Анализ технологичности конструкции.....	57
2.12 Разработка технологической схемы сборки.....	58

- 3 ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ **Ошибка! Закладка не определена.**
- 4 СОЦИАЛЬНАЯ ЧАСТЬ..... **Ошибка! Закладка не определена.**

Введение

Машиностроение традиционно является ведущей отраслью экономики. Развитие машиностроения определяется как разработкой принципиально новых конструкций машин, так и совершенных технологий их изготовления. Часто именно технологичность конструкции определяет, будет ли она широко использоваться. Экономичность производства напрямую зависит от качества технологических процессов, разрабатываемых на нём.

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 учитывать также с расчётом максимально полного использования возможностей оборудования.

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.

1. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

						Лист
						5
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

1.1 Назначение и конструкция детали

Разработать технологический процесс изготовления детали типа «втулка». Чертеж детали представлен на рисунке 1.1.

Годовая программа выпуска: 11 500 шт.

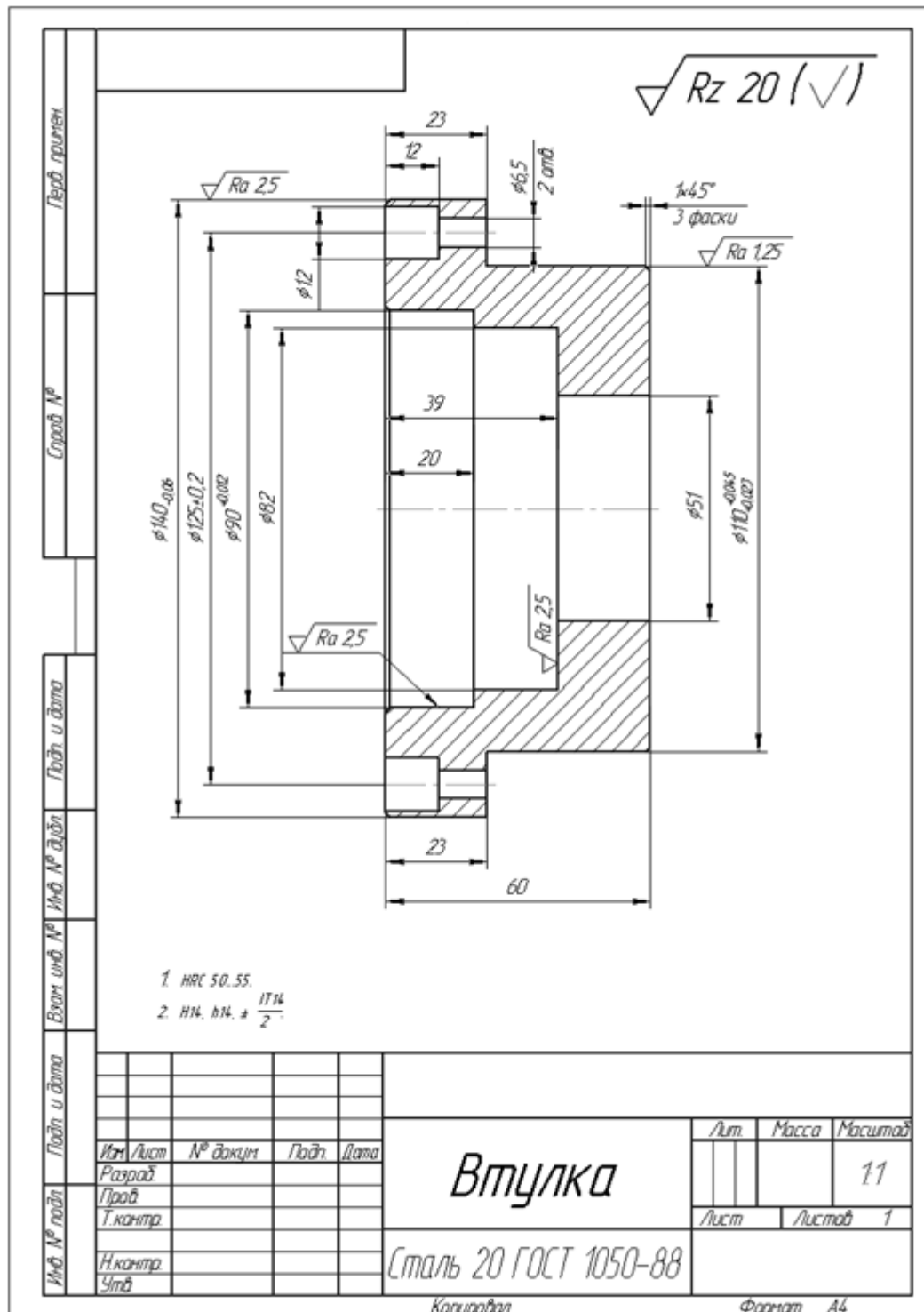


Рисунок 1.1 - Чертеж детали

1.2 Анализ технологичности конструкции детали и технологический контроль чертежа

Анализируя параметры точности размеров детали, можно заметить, что почти на все поверхности назначены относительно точные допуски, что предполагает использование как универсального оборудования, так и обрабатывающих центров и станков с ЧПУ.

Деталь представляет собой ступенчатое тело вращения со ступенчатым сквозным центральным отверстием и 2 отверстиями $\varnothing 12$ мм. Обеспечивается свободный доступ инструмента ко всем обрабатываемым поверхностям, деталь является достаточно жесткой, имеет совокупность поверхностей, которые могут быть использованы в качестве технологических баз.

Наличие точной внутренней $\varnothing 90^{+0,012}$ Ra=2,5 мкм и наружных $\varnothing 110_{+0,023}$ Ra=1,25 мкм и $\varnothing 140_{-0,06}$ Ra=2,5 мкм поверхностей подразумевает применение операции, обеспечивающей высокую точность размера, например – шлифования.

Параметры шероховатости Rz 20 мкм для неуказанных поверхностей, а также Ra2,5 мкм для поверхностей $\varnothing 90^{+0,012}$, $\varnothing 140_{-0,06}$, а также по торцу $\varnothing 82$ мм. Шероховатость поверхности $\varnothing 110_{+0,023}$ Ra=1,25 мкм.

Материал детали - Сталь 20, которая хорошо обрабатывается резанием.

С учетом вышесказанного конструкция детали является технологичной.

1.3 Определение типа, формы и методов организации производств

Для определения типа производства на этапе проектирования технологического процесса необходимо рассчитать коэффициент закрепления операций:

$$K_{з.о} = \frac{t_{\text{в}}}{T_{\text{ср}}}, \quad (1)$$

где $t_{\text{в}}$ – такт выпуска детали, мин.;

$T_{\text{ср}}$ – среднее штучно–калькуляционное время на выполнение операций технологического процесса, мин.

Такт выпуска детали определяем по формуле:

$$t_{\text{с}} = \frac{F_{\text{с}}}{N_{\text{с}}},$$

где $F_{\text{с}}$ – годовой фонд времени работы оборудования, мин.;

$N_{\text{с}}$ – годовая программа выпуска деталей.

Годовой фонд времени работы оборудования определяем по таблице 2.1 [5,стр.22] при двухсменном режиме работы: $F_{\text{с}} = 4015$ ч.

Тогда

$$t_{\text{с}} = \frac{F_{\text{с}}}{N_{\text{с}}} = \frac{4015 \times 60}{11500} = 20,95 \text{ мин};$$

Среднее штучно – калькуляционное время на выполнение операций технологического процесса:

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

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

n – количество основных операций.

В качестве основных операций выберем 3 операции ($n=3$).

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

$$T_{\text{ш.к } i} = \varphi_{\text{к } i} \cdot T_{\text{oi}} \quad (3)$$

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

T_{oi} – основное технологическое время i - ой операции, мин.

Для первой операции (токарная с ЧПУ): $\varphi_{\text{к.1}} = 2,14$;

Для второй операции (сверление): $\varphi_{\text{к.2}} = 1,73$;

Для третьей операции (шлифовальной): $\varphi_{\text{к.4}} = 2,10$

Основное технологическое время определяем по рекомендациям приложения 1 [5, стр.146], где время зависит от длины и диаметра обрабатываемой поверхности, а также от вида обработки.

Основное технологическое время первой операции определяем только для наиболее продолжительных по времени переходов: растачивание отверстия, подрезка торца.

$$T_{01} = (0,18 \cdot d \cdot l + 0,052(D^2 - d^2)) \cdot 10^{-3}$$

где d – диаметр, мм;

l – длина обрабатываемой поверхности, мм.

Значения вышеперечисленных переменных определяем приближенно, по чертежу детали.

Тогда:

$$T_{01} = (0,18 \cdot 90 \cdot 20 + 0,052 \cdot (140^2 - 90^2)) \cdot 10^{-3} = 0,4 \text{ мин};$$

Штучно – калькуляционное время данной операции определяем по формуле (3):

$$T_{\text{ш.к}1} = \varphi_{\text{к}1} \cdot T_{\text{o.1}} = 2,14 \cdot 0,4 = 0,9 \text{ мин.}$$

Основное технологическое время второй операции (см. чертеж детали)

$$T_{02} = (0,18 \cdot d \cdot l) \cdot 10^{-3}$$

где B – ширина обрабатываемой поверхности.

Тогда:

$$T_{02} = (0,18 \cdot 6,5 \cdot 23 + 0,18 \cdot 12 \cdot 12) \cdot 10^{-3} = 0,1 \text{ мин}$$

Штучно – калькуляционное время данной операции рассчитываем по формуле (3):

$$T_{\text{ш.к}2} = \varphi_{\text{к}2} \cdot T_{\text{o.2}} = 1,73 \cdot 0,1 = 0,173 \text{ мин.}$$

Основное технологическое время для третьей, шлифовальной операции (см. чертеж детали):

$$T_{03} = (0,1 \cdot d \cdot l + 2,5 \cdot l) \cdot 10^{-3}$$

тогда

$$T_{03} = (0,1 \cdot 110 \cdot 37) \cdot 10^{-3} = 0,4 \text{ мин},$$

Штучно – калькуляционное время данной операции так же определяем по формуле (3):

$$T_{ш.к3} = \varphi_{к3} \cdot T_{о.3} = 2,1 \cdot 0,4 = 0,84 \text{ мин.}$$

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

$$T_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^n T_{ш.к i}}{n} = \frac{T_{ш.к1} + T_{ш.к2} + T_{ш.к3}}{3} = \frac{0,9 + 0,173 + 0,84}{3} = 0,64 \text{ мин.}$$

Коэффициент закрепления операция определяем по формуле (1):

$$K_{з.о.} = \frac{t_b}{T_{cp}} = \frac{20,95}{0,64} = 32,73$$

Так как $K_{з.о.} = 32,73$, то тип производства – мелкосерийное.

1.4 Выбор заготовки

Способ получения заготовки определяется на основании чертежа детали, результатов анализа ее служебного назначения, технических требований, программы выпуска и величины серии, типа производства, экономичности изготовления [9, с. 96].

Исходя из необходимости максимального приближения формы и размеров заготовки к параметрам готовой детали, следует применять прогрессивные методы и способы получения заготовок, такие как литье по выплавляемым моделям, литье под давлением, штамповка в закрытых штампах и др. Прогрессивные способы получения заготовок обеспечивают снижение затрат на механическую обработку и повышение качества продукции.

На основании анализа конструкции детали по чертежу, учебной и справочной литературе выбираем в качестве заготовки штамповку.

1.5 Принятый маршрутный и технологический процесс

Из справочной литературы выбираем наиболее похожий типовой маршрут изготовления детали.

На текущем этапе анализируется движение заготовки по этапам технологического процесса для достижения конструкции, заданной по чертежу, с соблюдением всех требований на изделие. Маршрут изготовления на одну деталь может быть различен, в связи с тем, что, в первую очередь, на какой вид производства ориентируется изготовления детали, во-вторых, производство обладает или не обладает необходимым оборудованием в станочном парке, режущим инструментом, оснасткой и прочими технологическими возможностями. Так же при прочих равных условиях от маршрута изготовления зависит и экономическая сторона выбора последовательности изготовления, что существенно на предприятиях по серийному или массовому производству.

Маршрут технологии изготовления детали типа «втулка» представлен в таблице 1. Предварительный маршрут включает в себя схемы базирования заготовки, выдерживаемые технологические размеры, а также тексты переходов и их эскизы.

Таблица 1 - Маршрут обработки

№ оп	Уст	Наименование операции и содержание переходов	Операционный эскиз
005		<u>Заготовительная</u> 1. Штамповать заготовку согласно чертежу	

010	А	<u>Токарная с ЧПУ</u> Установить, закрепить и снять деталь. 1. Подрезать торец 1 в размер $61,2 \pm 0,4$ 2. Точить поверхности 2,3, выдерживая размеры $\varnothing 110,2 \pm 0,4$ и $24,2 \pm 0,3$ 3. Точить фаску 45° 4. Расточить отверстие, выдерживая размер $\varnothing 51 \pm 0,4$	
	Б	Установить, закрепить и снять деталь 1. Подрезать торец 1 в размер $60_{-0,7}$ 2. Точить поверхность 2, выдерживая размер $\varnothing 140_{-0,06}$ 3. Расточить фаску 45° 4. Расточить поверхность 3 в размер $\varnothing 82^{+0,87}$, выдерживая размер $37,8 \pm 0,3$ 5. Расточить поверхность 4 в размер $\varnothing 89,4 \pm 0,4$, выдерживая размер $20_{-0,5}$	
015		<u>Слесарная</u> 1. Острые кромки притупить, заусенцы запилить	
020		<u>Вертикально-сверлильная</u> Установить, закрепить и снять деталь 1. Сверлить два отверстия в размер $\varnothing 6,5$ 2. Зенкеровать два отверстия в размер $\varnothing 12$, выдерживая глубину $12_{-0,4}$	

025		<u>Круглошлифовальная</u> Установить, закрепить и снять деталь 1. Шлифовать поверхность 1, выдерживая размеры $\varnothing 110^{+0,046}_{-0,023}$ и $23_{-0,6}$	$\nabla Ra 1,25$
030		<u>Внутришлифовальная</u> Установить, закрепить и снять деталь 1. Шлифовать торец 1, выдерживая размер $39_{-0,06}$ 2. Шлифовать поверхность 2, выдерживая размер $\varnothing 90^{+0,012}$	$\nabla Ra 2,5$
035		<u>Контрольная</u> 1. Контролировать размеры, допуски формы и взаимного расположения поверхностей, параметры шероховатости согласно чертежу изделия.	

На рисунке 1 представлена размерная схема изготовления детали, на рисунке 2 – граф технологических размеров.

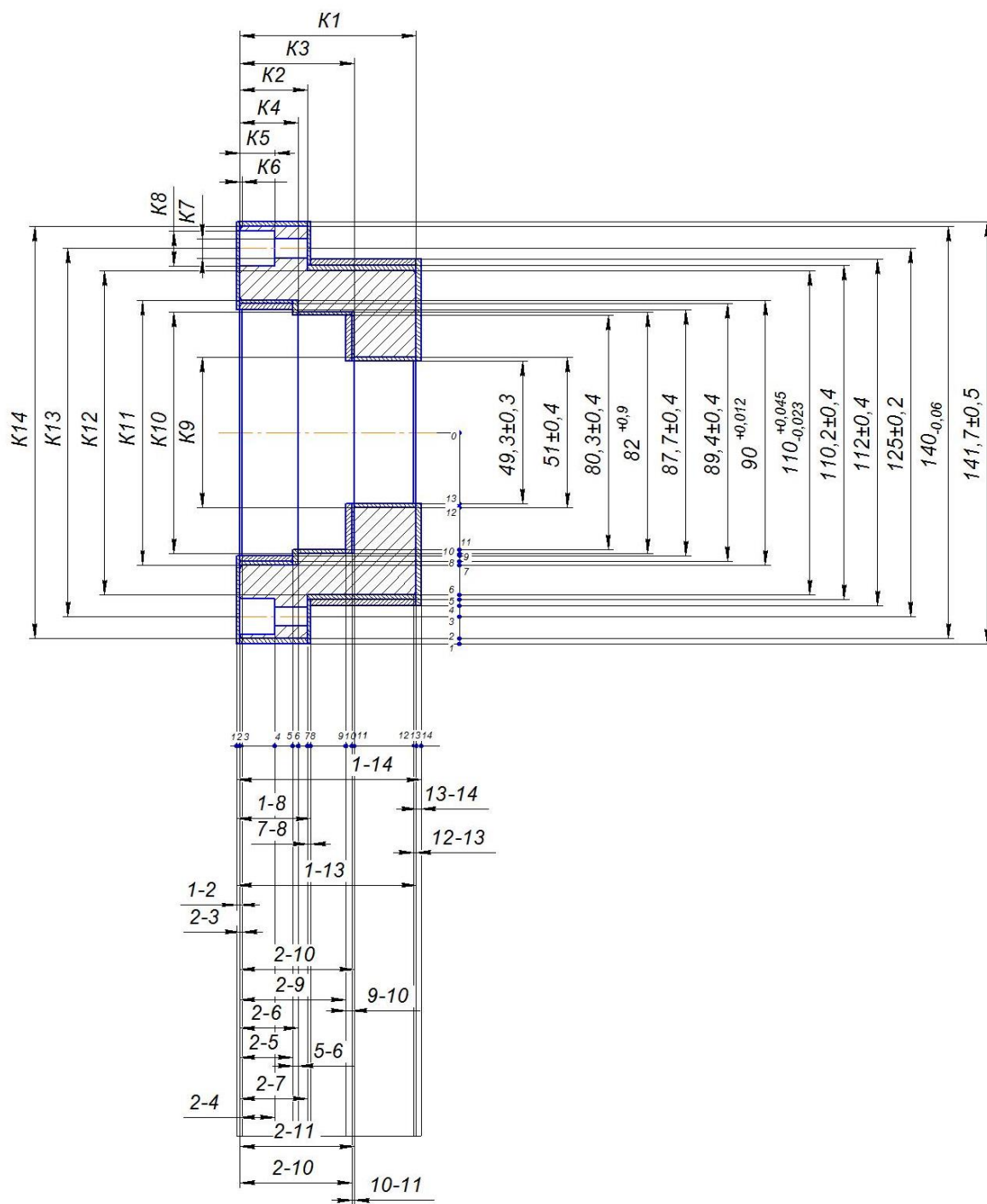


Рисунок 1 - Размерная схема

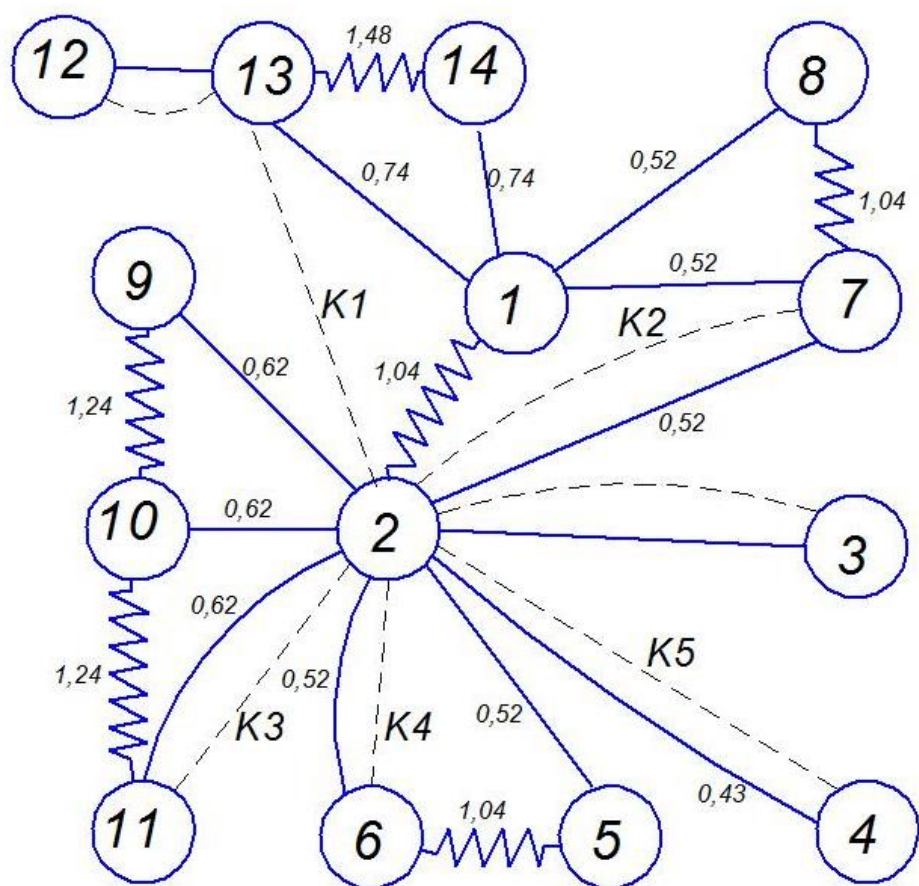


Рисунок 2 - Граф технологических размеров

1.6 Расчет припусков на обработку операционных и исходных размеров заготовки

1.6.1 Определение допусков на технологические размеры

Допуски размеров исходной заготовки находятся по соответствующим стандартам и справочным материалам. Допуски размеров, получаемых на операциях механической обработки, определяются с использованием таблиц точности.

Эти таблицы включают в себя статистические данные по погрешностям размерам заготовок, обрабатываемых на различных металлорежущих станках. Величина допуска непосредственно зависит от вида и метода обработки, используемого оборудования, числа рабочих ходов и размера обрабатываемой поверхности.

1.6.2 Определение припусков на конструкторские размеры

Припуск – слой металла, который необходимо удалить, чтобы получить большую точность и более качественную поверхность.

Припуск определяется тремя методами:

1. Опытно - статистический основан на использовании уже известных данных.
2. Расчетно-аналитический основан на анализе различных условий обработки.
3. Вероятностно - статистический является дальнейшим развитием расчетно-аналитического, но в основу исследования расчета припусков и размеров заготовок положен вероятностный подход.

В данной работе будем придерживаться расчетно-аналитического метода.

Определяем припуск по следующим формулам:

$$Z_{\text{MIN}} = R_{Zi-1} + T_{i-1} + \rho_{i-1} + \varepsilon_i, \text{ мм}$$

$$Z_{\max} = Z_{\min} + JT_z, \text{ мм}$$

$$IT_{\Delta} = \sum |IT_i|$$

$$Z_c = \frac{Z_{\max} + Z_{\min}}{2}, \text{ мм}$$

$$\Delta_z = \frac{JT_z}{2}, \text{ мм},$$

Где $R_{z_{i-1}}$ - высота неровностей профиля (по десяти точкам) предшествующей обработки;

T_{i-1} - дефектный слой предшествующей обработки;

ρ_{i-1} - пространственное отклонение (погрешность расположения поверхности);

ξ_i - погрешность установки на данной операции;

$Z_{\max}, Z_{\min}, Z_c$ - припуск максимальный, минимальный, средний;

JT_z - допуск припуска;

Δ_z - среднее отклонение поля допуска припуска.

При расчете припусков данные R_z, T, ρ, ξ , данные берем из справочной литературы, результаты расчетов представим в таблице 2.

Таблица 2 – Расчет припусков

Индекс	Состояние поверхности	R_z , мкм	T , мкм	ρ , мкм	E , мкм	$Z_{\min}$ мм	IT_z , мм	$Z_{\max}$, мм	Z_c , мм	
Z_{13-14}	После штамповки	160	200	150	120	0,63	1,48	2,11	1,57	1,37
Z_{7-8}	После штамповки	160	200	150	90	0,60	1,04	1,64	1,35	1,12
Z_{1-2}	После штамповки	160	200	150	90	0,60	1,04	1,64	1,35	1,12

Z ₉₋₁₀	После черновой обработки	40	50	150	90	0,33	1,24	1,57	1,45	0,95
Z ₅₋₆	После черновой обработки	40	50	150	90	0,33	1,04	1,37	1,35	0,85
Z ₁₀₋₁₁	После чистовой обработки	25	30	50	80	0,19	0,645	0,835	0,94	0,51

Для расчета размерных цепей нам также необходимы средние значения конструкторских размеров. Расчет конструкторских размеров также сведем в таблицу 3.

Таблица 3 - Средние значения конструкторских размеров

Индекс	Предельный размер, мм	Допуск, мм	Среднее отклонение, мм	Средний размер, мм
K ₂₋₁₃	60 _{-0,74}	0,74	-0,37	59,63
K ₂₋₇	23 _{-0,52}	0,52	-0,26	22,74
K ₂₋₆	20 _{-0,52}	0,52	-0,26	19,74
K ₂₋₁₁	39 _{-0,025}	0,025	-0,013	38,987

Рассчитаем технологические размеры с помощью размерных цепей выявленных на графе.

Задачи, решаемые с помощью размерных цепей:

1. Установление геометрических и кинематических связей между размерами деталей, расчет номинальных значений, отклонений и допусков размеров звеньев.

2. Анализ правильности простановки размеров и отклонений на рабочих чертежах деталей.

3. Расчет межоперационных размеров, припусков и допусков, пересчет конструктивных размеров на технологические.

4. Обоснование последовательности технологических операций при изготовлении и сборке изделий.

5. Выбор измерительных и технологических баз деталей.

Основное уравнение размерной цепи.

Для проведения размерного анализа кроме размерной схемы составляется основное уравнение размерной цепи (вытекающее из условия замкнутости):

$$\xi A_{\Delta \text{ср}} + \sum^n \xi A_{i \text{ср}} = 0$$

Основное уравнение расписывается на два уравнения:

уравнение номиналов: $\xi A_{\Delta \text{н}} + \sum^n \xi A_{i \text{н}} = 0$

уравнение средних отклонений: $\xi \Delta_{\Delta} + \sum^n \xi \Delta_i = 0$

Уравнение допусков: $IT_{\Delta} = \sum |IT_i|$

Анализируя уравнения, можно заметить, что повышение точности замыкающего звена размерной цепи может быть достигнуто двумя путями:

1. Уменьшение допусков каждого из составляющих звеньев;
2. Сокращение числа звеньев в размерной цепи.

Размерные цепи используются для решения прямой и обратной задач, отличающихся последовательностью расчетов.

Прямая задача – когда по известному исходному звену определяются составляющие звенья.

Обратная задача – когда по известным составляющим звеньям определяется замыкающее звено.

Расчеты размерных цепей могут производиться двумя методами:

1. Метод «максимум - минимум», при котором рассчитывается допуск замыкающего звена по следующей формуле:

$$IT_{\Delta} = \sum |IT_i|$$

2. Вероятностным методом, при котором учитываются законы рассеяния размеров деталей и случайный характер их сочетания в сборке.

$$IT_{\Delta} = \sqrt{\sum k_i^2 IT_i^2},$$

K - коэффициент, учитывающий способ распределения погрешности;
 $K=1.2$, если способ распределения не известен, $K=1.7$ для несоосностей.

Решение размерной цепи заключается в достижении заданной точности ее замыкающего звена и обеспечения равенства двух частей уравнения размерной цепи. Это может быть осуществлено следующими методами:

1. Полной взаимозаменяемости.
2. Неполной взаимозаменяемости:
 - Группового подбора (селективная сборка);
 - Пригонки;
 - Регулирования.

При выборе метода достижения заданной точности замыкающего звена необходимо учитывать, что точность должна достигаться с наименьшими технологическими и эксплуатационными затратами.

Составляющими звеньями в технологических размерных цепях обычно являются технологические размеры. Технологические размеры могут совпадать с конструкторскими размерами. В таком случае говорят, что конструкторские размеры выдерживаются непосредственно.

При несовпадении технологического размера с конструкторским необходимо выявить размерную цепь, в которую входит рассматриваемый конструкторский размер и технологические размеры, необходимые для его выполнения. В этом случае замыкающими звеньями в технологических размерных цепях являются конструкторские размеры, и припуски на обработку. Так как для конструкторского размера заданы номинальный размер и отклонения, то такие размеры являются исходными, т.е. исходя из них требуется рассчитать номинальные размеры и отклонения технологических размеров. Мы последовательно рассматриваем размерные цепи с одним

неизвестным технологическим размером и рассчитываем номинальный размер и отклонения этого звена.

Прежде чем окончательно рассчитывать технологические размеры (определяются номинальный размер и отклонения) необходимо проверить возможность решения цепи при предварительно принятых технологических размерах: сумма допусков всех составляющих звеньев ($\sum IT_i$) должна быть меньше или равна допуску исходного (замыкающего) звена (IT_Δ):

$$\sum IT_i \leq IT_\Delta . \quad (5)$$

Удобно допуски на размеры проставлять на соответствующих ребрах составленного графа, что позволяет быстро и безошибочно выявить необходимую размерную цепь и проконтролировать увязку допусков.

Если условие (5) не выполняется, то необходимо уменьшить величины допусков всех составляющих звеньев (или нескольких, или, может быть, достаточно только одного звена), т.е. обрабатывать размеры с большей точностью или расширить допуск конструкторского размера. Если данная операция не дает желаемого результата, то дальнейшее ужесточение (уменьшение) допусков нецелесообразно, поскольку приведет к существенному повышению себестоимости изготовления детали. Если после снижения точности условие неравенства (5) выполняется, значит задачу по определению номинальных размеров и отклонений звеньев составляющих (технологических размеров) решить можно. В нашем случае конструкторские размеры выдерживаются, кроме размера канавки K_{10-7} , но поскольку данный размер не играет важной роли, после согласования с конструктором, принимаем решение снизить требования к точности исполнения данного размера.

Замыкающими звеньями будут припуски - они собирают погрешность.

Допуск припуска считаем как допуск замыкающего звена:

$$JT_z = \sum_{i=1}^n | JT_i | ,$$

Результаты расчетов технологических размеров представим в таблице 4.

Таблица 4 - Расчет технологических размеров

Индекс	Уравнения размерных цепей	Средний размер, мм	Допуск, мм
T ₁₋₁₃	$T_{1-13} - z_{1-2} - K_{2-13} = 0$ $T_{1-13} = z_{1-2} + K_{2-13}$ $T_{1-13} = 1,12 + 59,63 = 60,75$ Принимаем $T_{1-13} = 60,8 \pm 0,37$	60,8	0,74
T ₁₋₁₄	$T_{1-14} - z_{13-14} - T_{1-13} = 0$ $T_{1-14} = z_{13-14} + T_{1-13}$ $T_{1-14} = 1,37 + 60,8 = 62,17$ Принимаем $T_{1-14} = 62,2 \pm 0,37$	62,2	0,74
T ₂₋₅	$T_{2-5} + z_{5-6} - K_{2-6} = 0$ $T_{2-5} = K_{2-6} - z_{5-6}$ $T_{2-5} = 19,74 - 0,85 = 18,89$ Принимаем $T_{2-5} = 18,9 \pm 0,26$	18,9	0,52
T ₂₋₁₀	$T_{2-10} + z_{10-11} - K_{2-11} = 0$ $T_{2-10} = K_{2-11} - z_{10-11}$ $T_{2-10} = 38,987 - 0,51 = 38,477$ Принимаем $T_{2-10} = 38,5 \pm 0,31$	38,5	0,62
T ₂₋₉	$T_{2-9} - T_{2-10} + z_{9-10} = 0$ $T_{2-9} = T_{2-10} - z_{9-10}$ $T_{2-9} = 38,5 - 0,95 = 37,55$ Принимаем $T_{2-9} = 37,6 \pm 0,31$	37,6	0,62
T ₈₋₁₃	$T_{8-13} + z_{7-8} - (K_{2-13} - K_{2-7}) = 0$ $T_{8-13} = K_{2-13} - K_{2-7} - z_{7-8}$ $T_{8-13} = 59,63 - 22,74 - 1,12 = 35,77$ Принимаем $T_{8-13} = 35,8 \pm 0,31$	35,8	0,62

T ₁₋₈	$T_{1-8} = K_{2-7} + z_{1-2} + z_{7-8}$ $T_{1-8} = 22,74 + 1,12 + 1,12 = 24,98$ $T_{1-8} = 25 \pm 0,26$	25	0,52
T ₁₋₇	$T_{1-7} = K_{2-7} + z_{7-8}$ $T_{1-7} = 22,74 + 1,12 = 23,86$ $T_{1-7} = 23,9 \pm 0,26$	23,9	0,52
T ₁₋₁₁	$T_{1-11} = K_{2-11} + z_{1-2}$ $T_{1-11} = 38,987 + 1,12 = 40,107$ $T_{1-11} = 40,1 \pm 0,31$	40,1	0,62

Для расчета припусков на радиальные размеры используем следующие формулы:

$$Z_{\min} = R_{z_{i-1}} + T_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2},$$

$$IT_z = IT_{z02} + IT_{z01}$$

$$Z_{\max} = Z_{\min} + IT_z / 2,$$

$$Z_c = \frac{Z_{\max} + Z_{\min}}{2}$$

При расчете припусков данные R_z, T, p, ζ , данные берем из справочной литературы [6], результаты представим в таблице 6.

Таблица 6 – Расчет припусков на радиальные размеры

Индекс	Состояние поверхности	R_z , мкм	T , мкм	ρ , мкм	E , мкм	$Z_{\min}$ мм	IT_z , мм	$Z_{\max}$, мм	Z_c , мм
Z ₀₄₋₀₅	После штамповки	160	200	150	320	0,713	0,781	1,103	0,908
Z ₀₁₂₋₀₁₃	После штамповки	160	200	150	280	0,677	1,417	1,386	1,032

Продолжение таблицы 6

Z ₀₁₋₀₂	После штамповки	160	200	150	280	0,677	0,737	1,046	0,862
Z ₀₁₀₋₀₁₁	После штамповки	160	200	150	280	0,677	1,547	1,451	1,064
Z ₀₈₋₀₉	После штамповки	160	200	150	280	0,713	0,689	1,022	0,849
Z ₀₅₋₀₆	После черновой обработки	30	40	150	100	0,25	0,318	0,409	0,329
Z ₀₇₋₀₈	После черновой обработки	30	40	150	100	0,25	0,262	0,381	0,316

Расчет конструкторских диаметральных размеров сводим в таблицу 7.

Таблица 7 - Средние значения конструкторских диаметральных размеров

Индекс	Предельный размер, мм	Допуск, мм	Среднее отклонение, мм	Средний размер, мм
K ₀₂	140±0,5	0,5	0	140
K ₀₃	125±0,2	0,4	0	125
K ₀₆	110 _{-0,035}	0,035	-0,018	109,982
K ₀₇	90 ^{+0,035}	0,035	0,018	90,018
K ₀₁₀	82 ^{+0,87}	0,87	0,435	82,435
K ₀₁₂	51 ^{+0,74}	0,74	0,37	51,37

Расчет диаметральных размеров сводим в таблицу 8.

Таблица 8 - Расчет диаметральных размеров

Индекс	Уравнения размерных цепей	Средний размер, мм	Допуск, мм
D ₀₁	$D_{01} = K_{02} + 2 \cdot z_{01-02}$ $D_{01} = 140 + 2 \cdot 0,862 = 141,724$ $D_{01} = 141,7 \pm 0,5$	141,7	1
D ₀₅	$D_{05} = K_{06} + 2 \cdot z_{05-06}$ $D_{05} = 109,982 + 2 \cdot 0,329 = 110,64$ $D_{05} = 110,6 \pm 0,435$	110,6	0,87
D ₀₄	$D_{04} = D_{05} + 2 \cdot z_{04-05}$ $D_{04} = 110,6 + 2 \cdot 0,908 = 112,416$ $D_{04} = 112,4 \pm 0,435$	112,4	0,87
D ₀₈	$D_{08} = K_{07} - 2 \cdot z_{07-08}$ $D_{08} = 90,018 - 2 \cdot 0,316 = 89,386$ $D_{08} = 89,4 \pm 0,435$	89,4	0,87
D ₀₉	$D_{09} = D_{08} - 2 \cdot z_{08-09}$ $D_{09} = 89,4 - 2 \cdot 0,849 = 87,702$ $D_{09} = 87,7 \pm 0,435$	87,7	0,87
D ₀₁₁	$D_{011} = K_{010} - 2 \cdot z_{010-011}$ $D_{011} = 82,435 - 2 \cdot 1,064 = 80,307$ $D_{011} = 80,3 \pm 0,435$	80,3	0,87
D ₀₁₃	$D_{013} = K_{012} - 2 \cdot z_{012-013}$ $D_{013} = 51,37 - 2 \cdot 1,032 = 49,306$ $D_{013} = 49,3 \pm 0,31$	49,3	0,62

1.7 Расчет режимов резания

При назначении режимов резания следует учитывать вид обработки, тип и размеры инструмента, материал его режущей части, материал заготовки, тип и состояние станка [6].

1. Токарная операция с ЧПУ.

Выполняется на токарном станке с ЧПУ Victor Vturn – X200 со следующими характеристиками:

- Частота вращения шпинделя 0-4200 об/мин регулируется бесступенчато, что позволяет использовать почти любую частоту.
- Мощность электродвигателя главного привода, кВт: 22

Установ А.

1) Подрезка торца 1.

Инструмент:

Резец с пластинами из твердого сплава T15K6

Геометрия инструмента: $\varphi=60^0$; $\gamma=10$; $\lambda=0^0$; $R=1,5$ мм

Глубина резания:

За два прохода: $t_1=1$ мм, $t_2=0,56$ мм.

Подача: $S_1=0.3$ мм/об., $S_2=0,49$ мм/об.

Скорость резания:

При наружном продольном точении скорость резания рассчитывается по формуле

$$V = \frac{C_V}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_V$$

где K_V - общий поправочный коэффициент на скорость резания учитывающий фактические условия резания. $K_V=K_{mv} \cdot K_{uv} \cdot K_{pv}$, где K_{mv} – коэффициент учитывающий влияние материала заготовки.

$$K_{mv}=K_r \cdot (750/\sigma_B)^{nv}, \quad n_v=1, \quad K_r=1, \quad \sigma_B=647 \text{ МПа}, \quad K_{mv}=1 \cdot (750/647)^1=1.16;$$

K_{pv} - коэффициент учитывающий состояние поверхности, $K_{pv}=0.8$;

K_{uv} - коэффициент учитывающий материал инструмента, $K_{uv}=1$

$$K_V=1.16 \cdot 0.8 \cdot 1=0.93$$

$$1) \quad C_V = 350, \quad x = 0.15, \quad y = 0.2, \quad m = 0.2$$

$$V_1 = \frac{C_V}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_V = \frac{350}{60^{0.2} \cdot 1^{0.15} \cdot 0.3^{0.2}} \cdot 0.93 = 181,84 \frac{\text{м}}{\text{мин}}$$

$$n = \frac{V \cdot 1000}{\pi \cdot D} = \frac{181,84 \cdot 1000}{3,14 \cdot 140} = 414 \text{ об/мин}$$

$$2) C_v = 290, x = 0.15, y = 0.35, m = 0.2$$

$$V_2 = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_v = \frac{290}{60^{0.2} \cdot 0.56^{0.15} \cdot 0.49^{0.35}} \cdot 0.93 = 167,52 \frac{\text{м}}{\text{мин}}$$

$$n = \frac{V \cdot 1000}{\pi \cdot D} = \frac{167,52 \cdot 1000}{3,14 \cdot 140} = 381 \text{ об/мин}$$

Расчет сил резания:

Силы резания рассчитываются по формуле:

$$P_{z \ x \ y} = 10 \cdot C_P \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_P$$

где K_P – поправочный коэффициент, представляющий собой произведение ряда коэффициентов, учитывающих фактические условия резания.

$$K_P = K_{mp} K_{\varphi p} K_{\gamma p} K_{\lambda p} K_{rp}; K_{mp} = (\sigma_b / 750)^n \quad n = 0.75, \sigma_b = 647 \text{ МПа}, K_{mp} = (647 / 750)^{0.75} = 0.9$$

$$1) K_P = K_{mp} \cdot K_{\varphi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{rp} = 0.9 \cdot 0.94 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0.93 = 0.79$$

$$C_P = 300, x = 1, y = 0.75, n = -0.15$$

$$P_{z \ 1} = 10 \cdot C_P \cdot t_1^x \cdot S_1^y \cdot V_1^n \cdot K_P = 10 \cdot 300 \cdot 1^1 \cdot 0.3^{0.75} \cdot 181,84^{-0.15} \cdot 0.79 \\ = 437,9 \text{ Н}$$

$$P_{z \ 2} = 10 \cdot C_P \cdot t_2^x \cdot S_2^y \cdot V_2^n \cdot K_P = 10 \cdot 300 \cdot 0.56^1 \cdot 0.49^{0.75} \cdot 167,52^{-0.15} \cdot 0.79 \\ = 359,5 \text{ Н}$$

$$2) K_P = K_{mp} \cdot K_{\varphi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{rp} = 0.9 \cdot 0.77 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0.82 = 0.568$$

$$C_P = 243, x = 0.9, y = 0.6, n = -0.3$$

$$P_{y \ 1} = 10 \cdot C_P \cdot t_1^x \cdot S_1^y \cdot V_1^n \cdot K_P = 10 \cdot 243 \cdot 1^{0.9} \cdot 0.3^{0.6} \cdot 181,84^{-0.3} \cdot 0.568 \\ = 140,9 \text{ Н}$$

$$P_{y \ 2} = 10 \cdot C_P \cdot t_2^x \cdot S_2^y \cdot V_2^n \cdot K_P = 10 \cdot 243 \cdot 0.56^{0.9} \cdot 0.49^{0.6} \cdot 167,52^{-0.3} \cdot 0.568 \\ = 116,45 \text{ Н}$$

$$3) K_P = K_{mp} \cdot K_{\varphi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{rp} = 0.9 \cdot 1.11 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 0.999$$

$$C_P = 339, x = 1, y = 0.5, n = -0.4$$

$$P_{x \ 1} = 10 \cdot C_P \cdot t_1^x \cdot S_1^y \cdot V_1^n \cdot K_P = 10 \cdot 339 \cdot 1^1 \cdot 0.3^{0.5} \cdot 181,84^{-0.4} \cdot 0.999 \\ = 232 \text{ Н}$$

$$P_{y \ 2} = 10 \cdot C_P \cdot t_2^x \cdot S_2^y \cdot V_2^n \cdot K_P = 10 \cdot 339 \cdot 0.56^1 \cdot 0.49^{0.5} \cdot 167,52^{-0.4} \cdot 0.999 \\ = 168,4 \text{ Н}$$

2) Растачивание отверстия до $\varnothing 90^{+0,012}$ мм.

Инструмент:

Резец с пластинами из твердого сплава Т15К6

Геометрия инструмента: $\varphi=60^0$; $\gamma=10$; $\lambda=0^0$; R=2 мм

Глубина резания:

За два прохода: $t_1=1$ мм, $t_2=0,42$ мм.

Подача: $S_1=0.6$ мм/об., $S_2=0,32$ мм/об.

Скорость резания:

При наружном продольном точении скорость резания рассчитывается по формуле

$$V = \frac{C_V}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_V$$

$$K_V = 1.16 \cdot 0.8 \cdot 1 = 0.93$$

$$1) C_V = 290, x = 0.15, y = 0.35, m = 0.2$$

$$V_1 = \frac{C_V}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_V = \frac{290}{60^{0.2} \cdot 1^{0.15} \cdot 0.6^{0.35}} \cdot 0.93 = 142 \frac{\text{м}}{\text{мин}}$$

$$n = \frac{V \cdot 1000}{\pi \cdot D} = \frac{142 \cdot 1000}{3.14 \cdot 87.5} = 517 \text{ об/мин}$$

$$2) C_V = 290, x = 0.15, y = 0.35, m = 0.2$$

$$V_2 = \frac{C_V}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_V = \frac{290}{60^{0.2} \cdot 0.42^{0.15} \cdot 0.32^{0.35}} \cdot 0.93 = 201.3 \frac{\text{м}}{\text{мин}}$$

$$n = \frac{V \cdot 1000}{\pi \cdot D} = \frac{201.3 \cdot 1000}{3.14 \cdot 91} = 705 \text{ об/мин}$$

Расчет сил резания:

Силы резания рассчитываются по формуле:

$$P_{z \ x \ y} = 10 \cdot C_P \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_P$$

$$1) K_P = K_{mp} \cdot K_{\varphi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{rp} = 0.9 \cdot 0.94 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0.93 = 0.79$$

$$C_P = 300, x = 1, y = 0.75, n = -0.15$$

$$\begin{aligned} P_{z \ 1} &= 10 \cdot C_P \cdot t_1^x \cdot S_1^y \cdot V_1^n \cdot K_P = 10 \cdot 300 \cdot 1^1 \cdot 0.6^{0.75} \cdot 141.9^{-0.15} \cdot 0.79 \\ &= 773.6 \text{ Н} \end{aligned}$$

$$P_{z2} = 10 \cdot C_P \cdot t_2^x \cdot S_2^y \cdot V_2^n \cdot K_P = 10 \cdot 300 \cdot 0,42^1 \cdot 0,32^{0,75} \cdot 201,3^{-0,15} \cdot 0,79 \\ = 190,4H$$

$$2) K_P = K_{mp} \cdot K_{\varphi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{rp} = 0,9 \cdot 0,77 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,82 = 0,568$$

$$C_P = 243, x = 0,9, y = 0,6, n = -0,3$$

$$P_{y1} = 10 \cdot C_P \cdot t_1^x \cdot S_1^y \cdot V_1^n \cdot K_P = 10 \cdot 243 \cdot 1^{0,9} \cdot 0,6^{0,6} \cdot 141,9^{-0,3} \cdot 0,568 \\ = 229,6H$$

$$P_{y2} = 10 \cdot C_P \cdot t_2^x \cdot S_2^y \cdot V_2^n \cdot K_P = 10 \cdot 243 \cdot 0,42^{0,9} \cdot 0,32^{0,6} \cdot 201,3^{-0,3} \cdot 0,568 \\ = 64,51H$$

$$3) K_P = K_{mp} \cdot K_{\varphi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{rp} = 0,9 \cdot 1,11 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 0,999$$

$$C_P = 339, x = 1, y = 0,5, n = -0,4$$

$$P_{x1} = 10 \cdot C_P \cdot t_1^x \cdot S_1^y \cdot V_1^n \cdot K_P = 10 \cdot 339 \cdot 1^1 \cdot 0,6^{0,5} \cdot 141,9^{-0,4} \cdot 0,999 \\ = 369,8H$$

$$P_{y2} = 10 \cdot C_P \cdot t_2^x \cdot S_2^y \cdot V_2^n \cdot K_P = 10 \cdot 339 \cdot 0,42^1 \cdot 0,32^{0,5} \cdot 201,3^{-0,4} \cdot 0,999 \\ = 97,3H$$

3) Наружное точение до $\emptyset 110_{-0,87}$, с подрезкой торца.

Инструмент:

Резец с пластинами из твердого сплава T15K6

Геометрия инструмента: $\varphi=45^0$; $\gamma=10$; $\lambda=0^0$; $R=1,5$ мм

Глубина резания:

За два прохода: $t=0,75$ мм,

Подача: $S=0.49$ мм/об.

Скорость резания:

При наружном продольном точении скорость резания рассчитывается по формуле

$$V = \frac{C_V}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_V$$

$$K_V = 1.16 \cdot 0.8 \cdot 1 = 0,93$$

$$1) C_V = 290, x = 0,15, y = 0,35, m = 0,2$$

$$V = \frac{C_V}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_V = \frac{290}{60^{0,2} \cdot 0,75^{0,15} \cdot 0,49^{0,35}} \cdot 0,93 = 158,7 \frac{\text{м}}{\text{мин}}$$

$$n = \frac{V \cdot 1000}{\pi \cdot D} = \frac{158,7 \cdot 1000}{3,14 \cdot 110} = 460 \text{ об/мин}$$

Расчет сил резания:

Силы резания рассчитываются по формуле:

$$P_{z \ x \ y} = 10 \cdot C_P \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_P$$

$$1) K_P = K_{mp} \cdot K_{\varphi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{rp} = 0,9 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,93 = 0,84$$

$$C_P = 300, \ x = 1, \ y = 0,75, \ n = -0,15$$

$$P_z = 10 \cdot C_P \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_P = 10 \cdot 300 \cdot 0,75^1 \cdot 0,49^{0,75} \cdot 158,7^{-0,15} \cdot 0,84$$

$$= 502,4 \text{ Н}$$

$$2) K_P = K_{mp} \cdot K_{\varphi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{rp} = 0,9 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,82 = 0,74$$

$$C_P = 243, \ x = 0,9, \ y = 0,6, \ n = -0,3$$

$$P_y = 10 \cdot C_P \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_P = 10 \cdot 243 \cdot 0,75^{0,9} \cdot 0,49^{0,6} \cdot 158,7^{-0,3} \cdot 0,74$$

$$= 190,9 \text{ Н}$$

$$3) K_P = K_{mp} \cdot K_{\varphi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{rp} = 0,9 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 0,9$$

$$C_P = 339, \ x = 1, \ y = 0,5, \ n = -0,4$$

$$P_x = 10 \cdot C_P \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_P = 10 \cdot 339 \cdot 0,75^1 \cdot 0,49^{0,5} \cdot 158,7^{-0,4} \cdot 0,9$$

$$= 211,4 \text{ Н}$$

4) Наружное точение до $\emptyset 140,23_{-0,05}$

Инструмент:

Резец с пластинами из твердого сплава Т15К6

Геометрия инструмента: $\varphi=45^0$; $\gamma=10$; $\lambda=0^0$; $R=1,5 \text{ мм}$

Глубина резания:

За два прохода: $t_1=1 \text{ мм}$, $t_2=0,65 \text{ мм}$.

Подача: $S_1=0,8 \text{ мм/об.}$, $S_2=0,49 \text{ мм/об.}$

Скорость резания:

При наружном продольном точении скорость резания рассчитывается по формуле

$$V = \frac{C_V}{T^m \cdot t^x \cdot s^y} \cdot K_V$$

$$K_V = 1.16 \cdot 0.8 \cdot 1 = 0.93$$

$$1) C_V = 280, x = 0.15, y = 0.45, m = 0.2$$

$$V_1 = \frac{C_V}{T^m \cdot t^x \cdot s^y} \cdot K_V = \frac{280}{60^{0.2} \cdot 1^{0.15} \cdot 0.8^{0.45}} \cdot 0.93 = 127.6 \frac{\text{м}}{\text{мин}},$$

$$n = \frac{V \cdot 1000}{\pi \cdot D} = \frac{127.6 \cdot 1000}{3.14 \cdot 140.23} = 289.8 \text{ об/мин}$$

$$2) C_V = 290, x = 0.15, y = 0.35, m = 0.2$$

$$V_2 = \frac{C_V}{T^m \cdot t^x \cdot s^y} \cdot K_V = \frac{290}{60^{0.2} \cdot 0.65^{0.15} \cdot 0.49^{0.35}} \cdot 0.93 = 162.5 \frac{\text{м}}{\text{мин}},$$

$$n = \frac{V \cdot 1000}{\pi \cdot D} = \frac{162.5 \cdot 1000}{3.14 \cdot 140} = 370 \text{ об/мин}$$

Расчет сил резания:

Силы резания рассчитываются по формуле:

$$P_{z \ x \ y} = 10 \cdot C_P \cdot t^x \cdot s^y \cdot V^n \cdot K_P$$

$$1) K_P = K_{mp} \cdot K_{\phi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{rp} = 0.9 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0.93 = 0.84$$

$$C_P = 300, x = 1, y = 0.75, n = -0.15$$

$$P_{z \ 1} = 10 \cdot C_P \cdot t_1^x \cdot s_1^y \cdot V_1^n \cdot K_P = 10 \cdot 300 \cdot 1^1 \cdot 0.8^{0.75} \cdot 127.6^{-0.15} \cdot 0.84 = 1034.6 \text{ Н}$$

$$P_{z \ 2} = 10 \cdot C_P \cdot t_2^x \cdot s_2^y \cdot V_2^n \cdot K_P = 10 \cdot 300 \cdot 0.65^1 \cdot 0.49^{0.75} \cdot 162.5^{-0.15} \cdot 0.84 = 437.3 \text{ Н}$$

$$2) K_P = K_{mp} \cdot K_{\phi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{rp} = 0.9 \cdot 0.1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0.82 = 0.74$$

$$C_P = 243, x = 0.9, y = 0.6, n = -0.3$$

$$P_{y \ 1} = 10 \cdot C_P \cdot t_1^x \cdot s_1^y \cdot V_1^n \cdot K_P = 10 \cdot 243 \cdot 1^{0.9} \cdot 0.8^{0.6} \cdot 127.6^{-0.3} \cdot 0.74 = 361.9 \text{ Н}$$

$$P_{y \ 2} = 10 \cdot C_P \cdot t_2^x \cdot s_2^y \cdot V_2^n \cdot K_P = 10 \cdot 243 \cdot 0.65^{0.9} \cdot 0.49^{0.6} \cdot 162.5^{-0.3} \cdot 0.74 = 174.9 \text{ Н}$$

$$3) K_P = K_{mp} \cdot K_{\phi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{rp} = 0,9 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 0,9$$

$$C_P = 339, \quad x = 1, \quad y = 0.5, \quad n = -0.4$$

$$P_{x1} = 10 \cdot C_P \cdot t_1^x \cdot S_1^y \cdot V_1^n \cdot K_P = 10 \cdot 339 \cdot 1^1 \cdot 0,8^{0,5} \cdot 127,6^{-0,4} \cdot 0,9 \\ = 380,15H$$

$$P_{y2} = 10 \cdot C_P \cdot t_2^x \cdot S_2^y \cdot V_2^n \cdot K_P = 10 \cdot 339 \cdot 0,65^1 \cdot 0,49^{0,5} \cdot 162,5^{-0,4} \cdot 0,9 \\ = 180,5H$$

2. Сверлильная операция.

Выполняется на вертикально-сверлильном станке 2Н135 со следующими характеристиками:

- Частота вращения шпинделя, об/мин: 31,5; 45; 63; 90; 125; 180; 250; 355; 500; 710; 1000; 1400;
- Мощность электродвигателя главного привода, кВт: 4

1) Сверление двух отверстий $\varnothing 6,5^{+0,52}$ мм.

Инструмент:

Спиральное сверло из быстрорежущей стали $\varnothing 6,5$ мм.

Глубина резания:

$$t = 0,5D = 0,5 \cdot 6,5 = 3,25 \text{ мм.}$$

Подача: $S=0.27$ мм/об.

Скорость резания:

$$V = \frac{C_V \cdot D^q}{T^m \cdot S_z^y} \cdot K_V$$

$$K_V = 1.09 \cdot 1 \cdot 1 = 1,09$$

$$C_V = 9,8 \quad q = 0.4, \quad y = 0.5, \quad m = 0,2 \quad T = 45 \text{ мин.}$$

$$V = \frac{C_V \cdot D^q}{T^m \cdot S_z^y} \cdot K_V = \frac{9,8 \cdot 6,5^{0,4}}{45^{0,2} \cdot 0,27^{0,5}} \cdot 1,09 = 21 \text{ м/мин}$$

Расчет крутящего момента:

$$M_{кр} = 10 \cdot C_M \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_P$$

$$C_M = 0,0345, \quad y = 0.8, \quad q = 2, \quad K_P = K_{MP} = 0,9$$

$$M_{кр} = 10 \cdot C_M \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_P = 10 \cdot 0,0345 \cdot 6,5^2 \cdot 0,27^{0,7} \cdot 0,9 = 28,4 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Расчет осевой силы:

$$P_o = 10 \cdot C_p \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p$$

$$C_p = 68, \quad y = 0.7, \quad q = 1, \quad K_p = K_{MP} = 0.9$$

$$P_o = 10 \cdot C_p \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p = 10 \cdot 68 \cdot 6.5 \cdot 0.27^{0.7} \cdot 0.9 = 3852 \text{ Н}$$

Расчет требуемой мощности:

$$n = \frac{V \cdot 1000}{\pi \cdot D} = \frac{21 \cdot 1000}{3.14 \cdot 6.5} = 1028.9 \text{ об/мин}$$

Принимаем по паспорту станка: $n_\phi = 1000 \text{ об/мин}$,

$$\text{Тогда } V_\phi = \frac{n_\phi \cdot \pi \cdot D}{1000} = \frac{1000 \cdot 3.14 \cdot 6.5}{1000} = 20.41 \text{ м/мин}$$

5. Внутришлифовальная операция.

Выполняется на внутришлифовальном станке 3К229В со следующими характеристиками:

- Частота вращения шпинделя, об/мин: 3500; 4500; 6000.
- Мощность электродвигателя главного привода, кВт: 7,5

1) Внутреннее шлифование до $\varnothing 90^{+0,012}$ мм.

Инструмент: Шлифовальный круг.

Параметры: Ширина (В) = 8 мм.

Основные параметры резания при шлифовании:

Скорость круга: $V_K = 35 \text{ м/с}$,

Скорость заготовки: $V_z = 40 \text{ м/мин}$,

Глубина шлифования: $t = 0.01 \text{ мм}$,

Продольная подача: $S = 0.25 \text{ В} = 0.25 \cdot 8 = 2 \text{ мм/об}$.

Расчет эффективной мощности:

$$N = C_N \cdot V_z^r \cdot t^x \cdot S^y \cdot d^q$$

где d – диаметр шлифования.

$$C_N = 0.36, \quad r = 0.35, \quad x = 0.4, \quad y = 0.4, \quad q = 0.3.$$

$$N = C_N \cdot V_z^r \cdot t^x \cdot S^y \cdot d^q = 0.36 \cdot 40^{0.35} \cdot 0.01^{0.4} \cdot 2^{0.4} \cdot 90^{0.3} = 1.2 \text{ кВт}$$

2) Шлифование торца.

Инструмент: Шлифовальный круг.

Параметры: Ширина(B) = 8 мм.

Основные параметры резания при шлифовании:

Скорость круга: $V_K=25$ м/с,

Скорость заготовки: $V_3 = 10$ м/мин,

Глубина шлифования: $t=0,005$ мм,

Расчет эффективной мощности:

$$N = C_N \cdot V_3^r \cdot t^x \cdot b^z$$

где b – ширина шлифования.

$C_N=1,31$, $r=0,5$, $x=0,5$, $z=0,6$.

$$N = C_N \cdot V_3^r \cdot t^x \cdot d^q = 1,31 \cdot 10^{0,5} \cdot 0,005^{0,5} \cdot 82^{0,6} = 3,2 \text{ кВт}$$

Мощность электродвигателя достаточна для выполнения операции.

2 Круглошлифовальная операция.

Выполняется на круглошлифовальном 3М163В станке со следующими характеристиками:

- Частота вращения шпинделя шлифовального круга, об/мин: 1260.
- Мощность электродвигателя главного привода, кВт: 13

Наружное шлифование до $\varnothing 140_{-0,06}$

Инструмент: Шлифовальный круг.

Параметры: Ширина(B) = 16 мм.

Основные параметры резания при шлифовании:

Скорость круга: $V_K=30$ м/с,

Скорость заготовки: $V_3 = 20$ м/мин,

Глубина шлифования: $t=0,01$ мм,

Продольная подача: $S=0,2B=0,7 \cdot 16=3,2$ мм/об.

Расчет эффективной мощности:

$$N = C_N \cdot V_3^r \cdot t^x \cdot s^y \cdot d^q$$

где d – диаметр шлифования.

$C_N=2,65$, $r=0,5$, $x=0,5$, $y=0,55$, $q -$

$$N = C_N \cdot V_3^r \cdot t^x \cdot s^y \cdot d^q = 2,65 \cdot 20^{0,5} \cdot 0,01^{0,5} \cdot 140^{0,55} = 2,3 \text{ кВт}$$

1.8 Расчет норм времени операция технологического процесса

1.8.1 Расчет основного времени

Основное время – время, затрачиваемое на движение инструмента на рабочей подаче.

Расчет основного времени производят на основании следующей зависимости [8]:

$$t_o = \frac{L * i}{S * n}, \text{мин};$$

где L – расчётная длина обработки, мм;

i - число рабочих ходов;

n – частота вращения шпинделя, об/мин;

S – подача, мм/об (мм/мин).

Расчетную длину обработки определяют как:

$$L = l + l_1 + l_2 + l_3, \text{мм};$$

здесь l – размер детали на данном переходе, мм;

l_1 - величина подвода инструмента, мм;

l_2 – величина врезания инструмента, мм.

l_3 – величина перебега инструмента, мм.

Величины подвода и перебега для токарной, сверлильной и фрезерной принимаем равной 1мм, для шлифовальной операции данный параметр принимаем равным 0.

Величина врезания инструмента в каждом конкретном случае определяется как:

$$l_2 = \frac{t}{tg\varphi};$$

где t – глубина резания, мм;

φ - угол в плане.

1. Токарная операция с ЧПУ .

1.1 Для подрезки торца 1.

$$1) \quad t_o = \frac{L \cdot i}{S \cdot n} = \frac{(l + l_1 + \frac{t}{\text{tg}\varphi} + l_3) \cdot i}{S \cdot n} = \frac{(60 + 1 + 0,58 + 1) \cdot 1}{0,3 \cdot 470} = 0,9 \text{ мин};$$

$$2) \quad t_o = \frac{L \cdot i}{S \cdot n} = \frac{(l + l_1 + \frac{t}{\text{tg}\varphi} + l_3) \cdot i}{S \cdot n} = \frac{(60 + 1 + 0,32 + 1) \cdot 1}{0,49 \cdot 434} = 0,6 \text{ мин}$$

1.2 Расточка отверстия до $\varnothing 90^{+0,012}$ мм.

$$1) \quad t_o = \frac{L \cdot i}{S \cdot n} = \frac{(l + l_1 + \frac{t}{\text{tg}\varphi} + l_3) \cdot i}{S \cdot n} = \frac{(39 + 1 + 0,58 + 1) \cdot 1}{0,6 \cdot 494} = 0,24 \text{ мин}$$

$$2) \quad t_o = \frac{L \cdot i}{S \cdot n} = \frac{(l + l_1 + \frac{t}{\text{tg}\varphi} + l_3) \cdot i}{S \cdot n} = \frac{(39 + 1 + 0,24 + 1) \cdot 1}{0,32 \cdot 700} = 0,31 \text{ мин}$$

1.3 Точение до $\varnothing 110_{-0,87}$ мм с подрезкой торца.

$$t_o = \frac{L \cdot i}{S \cdot n} = \frac{(l + l_1 + \frac{t}{\text{tg}\varphi} + l_3) \cdot i}{S \cdot n} = \frac{(37 + 1 + 0,75 + 1) \cdot 2}{0,49 \cdot 411} = 0,19 \text{ мин}$$

$$t_o = \frac{L \cdot i}{S \cdot n} = \frac{(l + l_1 + \frac{t}{\text{tg}\varphi} + l_3) \cdot i}{S \cdot n} = \frac{(37 + 1 + 1,03 + 1) \cdot 2}{0,49 \cdot 200} = 0,09 \text{ мин}$$

1.4 Наружное точение до $\varnothing 140,7_{-0,0185}$.

$$1) \quad t_o = \frac{L \cdot i}{S \cdot n} = \frac{(l + l_1 + \frac{t}{\text{tg}\varphi} + l_3) \cdot i}{S \cdot n} = \frac{(23 + 1 + 1 + 1) \cdot 1}{0,8 \cdot 167} = 0,4 \text{ мин}$$

$$2) \quad t_o = \frac{L \cdot i}{S \cdot n} = \frac{(l + l_1 + \frac{t}{\text{tg}\varphi} + l_3) \cdot i}{S \cdot n} = \frac{(23 + 1 + 0,65 + 1) \cdot 2}{0,49 \cdot 212} = 0,5 \text{ мин}$$

2. Сверлильная операция.

2.1 Сверление двух отверстий $\varnothing 6,5$

$$t_o = \frac{L \cdot i}{S \cdot n} = \frac{(l + l_1 + \frac{t}{\text{tg}\varphi} + l_3) \cdot i}{S \cdot n} = \frac{(23 + 1 + 5,3 + 1) \cdot 2}{0,27 \cdot 500} = 0,5 \text{ мин}$$

2.2 Сверление двух отверстий $\varnothing 12$.

$$t_o = \frac{L \cdot i}{S \cdot n} = \frac{(l + l_1 + \frac{t}{\text{tg}\varphi} + l_3) \cdot i}{S \cdot n} = \frac{(12 + 1 + 1,2 + 1) \cdot 2}{0,25 \cdot 500} = 0,8 \text{ мин}$$

5. Внутришлифовальная.

5.1 Внутренне шлифование до $\varnothing 90^{+0,012}$

$$t_o = \frac{L \cdot i}{S \cdot n} = \frac{(l + l_1 + \frac{t}{tg\varphi} + l_3) \cdot i}{S \cdot n} = \frac{(20 + 0 + 10 + 0) \cdot 34}{2 \cdot 4500} = 0,25 \text{ мин}$$

5.2. Шлифование торца.

$$t_o = \frac{L \cdot i}{S \cdot n} = \frac{(l + l_1 + \frac{t}{tg\varphi} + l_3) \cdot i}{S \cdot n} = \frac{(82 + 0 + 10 + 0) \cdot 1}{0,005 \cdot 4500} = 4,3 \text{ мин}$$

6. Круглошлифовальная операция.

6.1 Наружное шлифование до $\varnothing 140_{-0,06}$

$$t_o = \frac{L \cdot i}{S \cdot n} = \frac{(l + l_1 + \frac{t}{tg\varphi} + l_3) \cdot i}{S \cdot n} = \frac{(23 + 0 + 10 + 0) \cdot 35}{3,2 \cdot 1260} = 0,6 \text{ мин}$$

1.8.2 Расчет вспомогательного времени

Вспомогательное время для операции будет складываться из времени на установку и снятие детали, управление станком, измерение детали [8].

$$t_{\text{в}} = t_{\text{уст}} + t_{\text{упр}} + t_{\text{изм}}; \quad (10)$$

Где $t_{\text{уст}}$ - время на установку и снятие детали;

$t_{\text{упр}}$ - время на управление станком;

$t_{\text{изм}}$ - время измерения детали.

1. Токарная операция с ЧПУ.

На станке с ЧПУ время измерений перекрывается временем управления станком.

Из справочника 3.

Первый установ.

$$t_{\text{в}} = t_{\text{уст}} + t_{\text{упр}} = 0,41 + 0,12 = 0,53 \text{ мин},$$

Второй установ.

$$t_{\text{в}} = t_{\text{уст}} + t_{\text{упр}} = 0,41 + 0,23 = 0,64 \text{ мин},$$

2. Сверлильная операция.

$$t_{\text{в}} = t_{\text{узм}} + t_{\text{упр}} + t_{\text{узм}} = 0,18 + 0,11 + 0,29 = 0,58 \text{ мин};$$

3. Внутришлифовальная операция.

$$t_{\text{в}} = t_{\text{узм}} + t_{\text{упр}} + t_{\text{узм}} = 0,39 + 0,81 + 0,44 = 1,64 \text{ мин};$$

4. Круглошлифовальная операция

$$t_{\text{в}} = t_{\text{узм}} + t_{\text{упр}} + t_{\text{узм}} = 0,3 + 0,6 + 0,38 = 1,28 \text{ мин.}$$

1.8.3 Расчет оперативного времени

$$t_{\text{оп}} = t_{\text{осн}} + t_{\text{в}} \quad (11)$$

1. Токарная операция с ЧПУ.

Установ А.

$$t_{\text{оп}} = t_{\text{осн}} + t_{\text{в}} = 4,7 + 0,53 = 5,23 \text{ мин}$$

Установ Б.

$$t_{\text{оп}} = t_{\text{осн}} + t_{\text{в}} = 6,53 + 0,64 = 7,17 \text{ мин}$$

2. Сверлильная операция.

$$t_{\text{оп}} = t_{\text{осн}} + t_{\text{в}} = 0,63 + 0,58 = 1,21 \text{ мин}$$

3. Внутришлифовальная операция.

$$t_{\text{оп}} = t_{\text{осн}} + t_{\text{в}} = 5,55 + 1,64 = 7,19 \text{ мин}$$

4. Круглошлифовальная операция.

$$t_{\text{оп}} = t_{\text{осн}} + t_{\text{в}} = 10,1 + 1,28 = 11,38 \text{ мин}$$

1.8.4 Расчет времени на обслуживание рабочего места

$$t_{\text{обс}} = \alpha * t_{\text{оп}} \quad (12)$$

1. Токарная операция с ЧПУ.

Установ А.

$$t_{\text{обс}} = \alpha * t_{\text{оп}} = 0,03 * 5,53 = 0,2 \text{ мин}$$

Установ Б.

$$t_{\text{обс}} = \alpha * t_{\text{оп}} = 0,03 * 7,17 = 0,2 \text{ мин};$$

2. Сверлильная операция.

$$t_{\text{обс}} = \alpha * t_{\text{оп}} = 0,02 * 1,21 = 0,024 \text{ мин};$$

3. Внутришлифовальная операция.

$$t_{обс} = \alpha * t_{он} = 0,02 \cdot 7,19 = 0,14 \text{ мин};$$

4. Круглошлифовальная операция.

$$t_{обс} = 0,08 \text{ мин.}$$

1.8.5 Расчет времени на отдых

$$t_{отд} = \beta * t_{оп} \quad (13)$$

1. Токарная операция с ЧПУ.

Установ А.

$$t_{отд} = \beta * t_{он} = 0,04 \cdot 5,53 = 0,22 \text{ мин};$$

Установ Б.

$$t_{отд} = \beta * t_{он} = 0,04 \cdot 7,17 = 0,29 \text{ мин};$$

2. Сверлильная операция.

$$t_{отд} = \beta * t_{он} = 0,04 \cdot 1,21 = 0,05 \text{ мин};$$

3. Внутришлифовальная операция.

$$t_{отд} = \beta * t_{он} = 0,06 \cdot 7,19 = 0,43 \text{ мин};$$

4. Круглошлифовальная операция.

$$t_{отд} = \beta * t_{он} = 0,06 \cdot 11,38 = 0,68 \text{ мин.}$$

1.8.6 Определение подготовительно-заключительного времени.

1. Токарная операция с ЧПУ.

Установ А.

$$t_{нз} = 12 \text{ мин}$$

Установ Б.

$$t_{нз} = 12 \text{ мин}$$

2. Сверлильная операция.

$$t_{нз} = 9 \text{ мин}$$

3. Внутришлифовальная операция.

$$t_{нз} = 9 \text{ мин}$$

4. Круглошлифовальная операция.

$$t_{нз} = 8 \text{ мин}$$

1.8.7 Расчет штучного времени

$$t_{шт} = t_{осн} + t_{в} + t_{обс} + t_{отд} \quad (14)$$

1. Токарная операция с ЧПУ.

Установ А.

$$t_{шт} = t_{осн} + t_{в} + t_{обс} + t_{отд} = 4,7 + 0,53 + 0,2 + 0,22 = 5,65 \text{ мин};$$

Установ Б.

$$t_{шт} = t_{осн} + t_{в} + t_{обс} + t_{отд} = 6,53 + 0,64 + 0,2 + 0,29 = 7,66 \text{ мин};$$

2. Сверлильная операция.

$$t_{шт} = t_{осн} + t_{в} + t_{обс} + t_{отд} = 0,63 + 0,58 + 0,024 + 0,05 = 1,28 \text{ мин};$$

3. Внутришлифовальная операция.

$$t_{шт} = t_{осн} + t_{в} + t_{обс} + t_{отд} = 5,55 + 1,64 + 0,14 + 0,43 = 7,78 \text{ мин};$$

4. Круглошлифовальная операция.

$$t_{шт} = t_{осн} + t_{в} + t_{обс} + t_{отд} = 10,1 + 1,28 + 0,08 + 0,68 = 11,14 \text{ мин}.$$

1.8.8 Расчет штучно-калькуляционного времени

$$t_{шт.к} = \sum t_{шт} + \frac{\sum t_{пз}}{N}, \quad (15)$$

где N – объем партии деталей.

$$t_{шт.к} = 33,51 + \frac{52}{11500} = 33,52 \text{ мин}.$$

2 КОНСТРУКТОРСКАЯ ЧАСТЬ

					ВКР.150700.ТАМП.ПЗ	43
						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		69

2.1 Анализ исходных данных и разработка технического задания

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 получения двух отверстий в заготовке приведено в таблице 9.

Таблица 9 – Проектирование специального приспособления

Раздел	Содержание раздела
Наименование и область применения	Приспособление для сверления в заготовке (втулка) двух отверстий диаметром $6,5^{+0,3}$ мм, глубиной 23 мм с углом расположения центров отверстий 180° на вертикально-сверлильном станке модели 2Н135 (операция 030);
Основание для разработки	Операционная карта технологического процесса механической обработки втулки;
Цель и назначение разработки	Проектируемое приспособление должно обеспечить: точную установку и надежное закрепление заготовки стойки, а также постоянное во времени положение заготовки относительно стола станка и режущего инструмента с целью получения необходимой точности размеров отверстия и их положений относительно других поверхностей заготовки; удобство установки, закрепления и снятия заготовки; время установки заготовки не должно превышать 0,05 мин; рост производительности труда на данной операции на 10...15%;

Технические (тактико- технические) требования	Тип производства – крупносерийный; программа выпуска – 11500 шт. в год; Установочные и присоединительные размеры приспособления должны соответствовать станку 2Н135; 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 сверлильную операцию 030: наружный диаметр заготовки $110,8_{(-0,1)}$ мм, $R_z = 20$ мкм; высота заготовки $60_{-0,4}$ мм, шероховатость торцов заготовки $R_z = 20$ мкм; Выходные данные операции 030: диаметр отверстий $6,5^{+0,3}$ мм; угол расположения центров отверстий 180°; Приспособление обслуживается оператором 3-го разряда; Техническая характеристика станка 2Н135: рабочая поверхность стола, мм; 450х500; расстояние от торца шпинделя до рабочей поверхности стола, мм: 400; ширина Т-образного паза стола станка 2Н150 18 мм; Характеристика режущего инструмента: диаметр сверла $6,5_{-0,018}$ мм; материал сверла Р6М5; Операция выполняется за один переход;
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 сверлильного приспособления; спецификация.
-------------------------------------	--

2.2 Разработка принципиальной схемы и компоновка приспособления

Имея технические решения и исходные данные, представленные в ТЗ (табл. 9), приступаем к проектированию приспособления. Цель данного раздела – создать работоспособную, экономичную в изготовлении и отвечающую всем требованиям конструкцию приспособления.

Перед разработкой принципиальной схемы и перед компоновкой приспособления, необходимо определить относительно каких поверхностей заготовки будет происходить ее фиксация во время обработки на станке. Изобразим заготовку с указанием возможных мест приложения усилий (рис. 3).

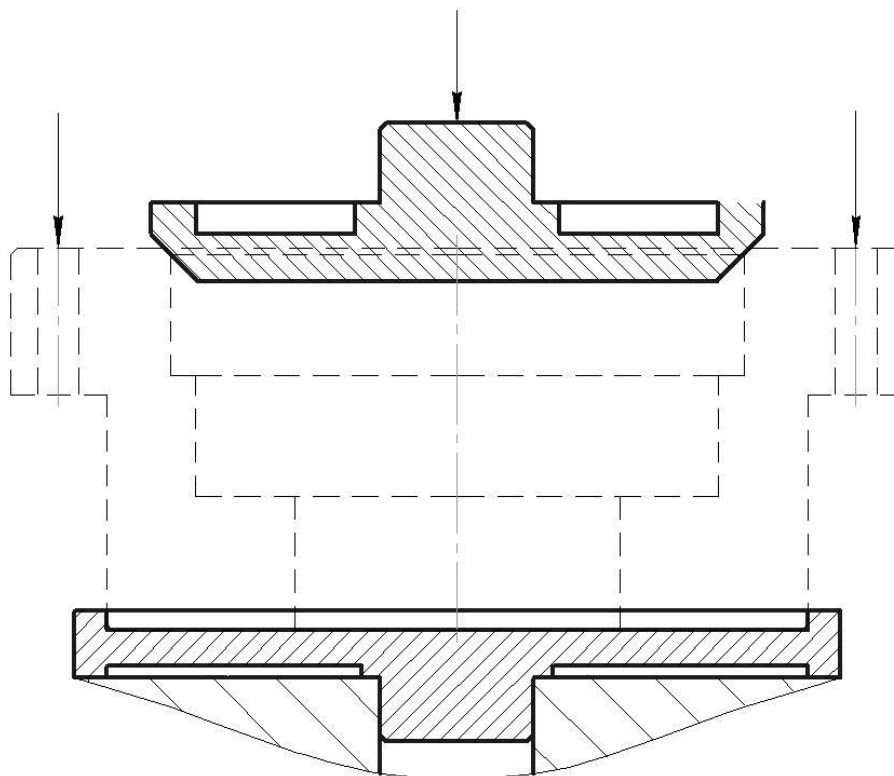


Рисунок 3 - Заготовка с указанием возможных мест приложения усилий

Для получения экономичного и простого в изготовлении приспособления, а также с целью уменьшения металлоемкости закрепляющих элементов, выбираем закрепление заготовки относительно наружного диаметра.

2.3 Конструирование и расчет функциональных элементов приспособления и исполнительных размеров

Базовым поверхностям обрабатываемой детали соответствуют установочные поверхности приспособления.

Детали приспособлений, несущие установочные поверхности, применяют в виде опорных штырей, пластин, призм, установочных пальцев и т.п. В ряде случаев в установочную систему входят ориентирующие или центрирующие механизмы и механизмы опор.

Установочные детали и механизмы делятся на основные и вспомогательные.

Основные предусматриваются схемой базирования и определяют положение детали в соответствии с правилом шести точек.

Вспомогательные вводятся иногда в установочную систему не для целей базирования, а лишь для повышения устойчивости и жесткости обрабатываемой детали и противодействия силам резания.

В нашем случае торцовая поверхность детали (втулка) является установочной базой. Наружная поверхность $\varnothing 110$ является направляющей базой.

Конструкции и размеры установочных деталей должны выбираться по ГОСТ или нормам машиностроения, т.к. большинство из них гостированы или нормализованы [9, с. 31].

В нашем случае конструкции и размеры установочных деталей (элементов) используемые в приспособлении не гостированы, поэтому их размеры назначаем конструктивно.

Приведем схему базирования заготовки (втулка) с установочными элементами приспособления (рис. 4) [7, с. 9].

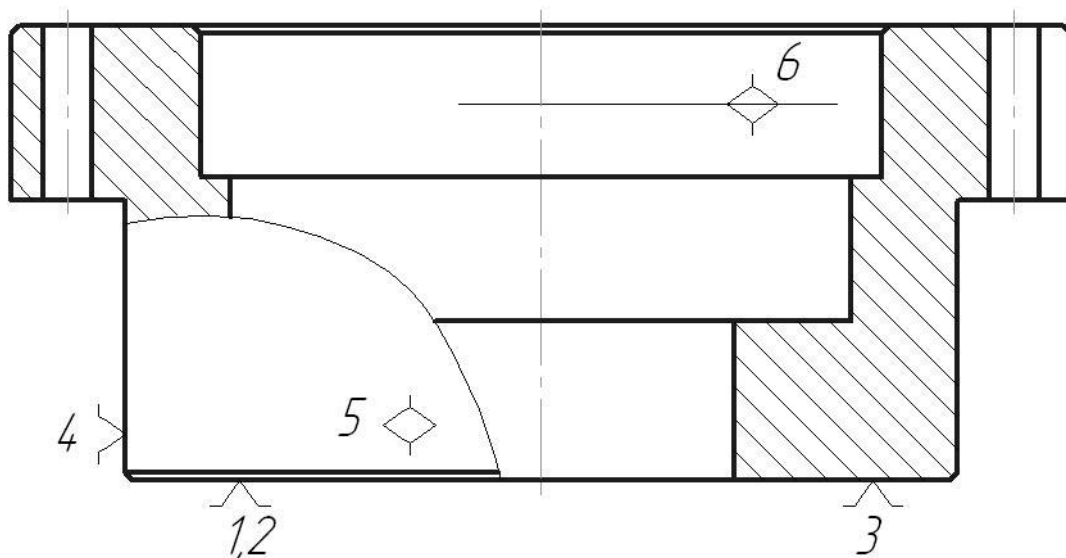


Рисунок 4 - Схема базирования заготовки с установочными элементами приспособления

Поверхности установочных деталей должны обладать большой износоустойчивостью. Поэтому их обычно изготавливают из сталей 15 и 20 с цементацией на глубину 0,8 – 1,2 мм. и с последующей закалкой до твердости HRC₃ 50...55.

2.4 Разработка схемы для расчета и определения сил закрепления

Вертикально-фрезерный станок с ЧПУ 2Н135, N= 5.5 кВт, n=6000 об/мин

1. Глубина резания: $t_{2,3} = 0,5 \cdot D = 0,5 \cdot 6,5 = 3,25$ мм.
2. Подача по табл. 25 [2, Т.2, стр.277] : 0,15-0,45 мм/об
 $S = 0,2$ мм/об.

3. Скорость резания определяется по формуле:

$$V = \frac{C_v \times D^q}{T^m \times S^y} \times K_v, \quad (8)$$

Период стойкости инструмента принимаем по табл. 30 [2, Т.2, стр.279]:
 $T = 25$ мин.

Значения коэффициентов: $C_V = 9,8$; $q = 0,4$; $m = 0,2$; $y = 0,5$ – определены по табл. 28 [2, Т.2, стр.278].

Коэффициент K_V :

$$K_V = K_{MV} * K_{IV} * K_{IIV},$$

где K_{IV} - коэффициент, учитывающий глубину сверления;

Коэффициенты K_{MV} , K_{IIV} выбраны в соответствии с рекомендациями.

По табл. 31 [2, Т.2, стр.280]: $K_{IV} = 1$.

$$K_V = K_{MV} * K_{IV} * K_{IIV} = 1,14 * 1 * 1 = 1,14.$$

Скорость резания, форм. (8):

$$V = \frac{C_V \cdot D^q}{T^m \cdot S^y} \cdot K_V = \frac{9,8 \cdot 6,5^{0,4}}{25^{0,2} \cdot 0,2^{0,5}} \cdot 1,14 = 20,7 \text{ м / мин}$$

4. Расчётное число оборотов шпинделя:

$$n = 1000 * V / (\pi * D) = 1000 * 20,7 / (3,14 * 6,5) = 975 \text{ об/мин.}$$

5. Принимаем фактическое число оборотов, с учетом типа станка:

$$n_{\phi} = 900 \text{ об/мин.}$$

6. Фактическая скорость резания:

$$V = \pi * D * n_{\phi} / 1000 = 3,14 * 6,5 * 900 / 1000 = 18,3 \text{ м/мин.}$$

7. Определяем крутящий момент по формуле:

$$M_{кр} = 10 * C_M * D^q * S^y * K_p, \quad (9)$$

Значения коэффициентов: $C_M = 0,0345$; $q = 2,0$; $y = 0,8$ – определены по табл. 32 [2, Т.2, стр.281].

Коэффициент K_p : $K_p = K_{MP} = 1,1$.

Крутящий момент, форм. (9):

$$M_{кр} = 10 * C_M * D^q * S^y * K_p = 10 * 0,0345 * 6,5^2 * 0,2^{0,8} * 1,1 = 3,84 \text{ Н*м.}$$

8. Определяем осевую силу по формуле:

$$P_o = 10 * C_p * D^q * S^y * K_p,$$

Значения коэффициентов: $C_p = 68$; $q = 1$; $y = 0,7$ – определены по табл. 32 [2, Т.2, стр.281].

Осевая сила:

$$P_o = 10 * C_p * D^q * S^y * K_p = 10 * 68 * 6,5 * 0,2^{0,7} * 1,1 = 1424 \text{ Н.}$$

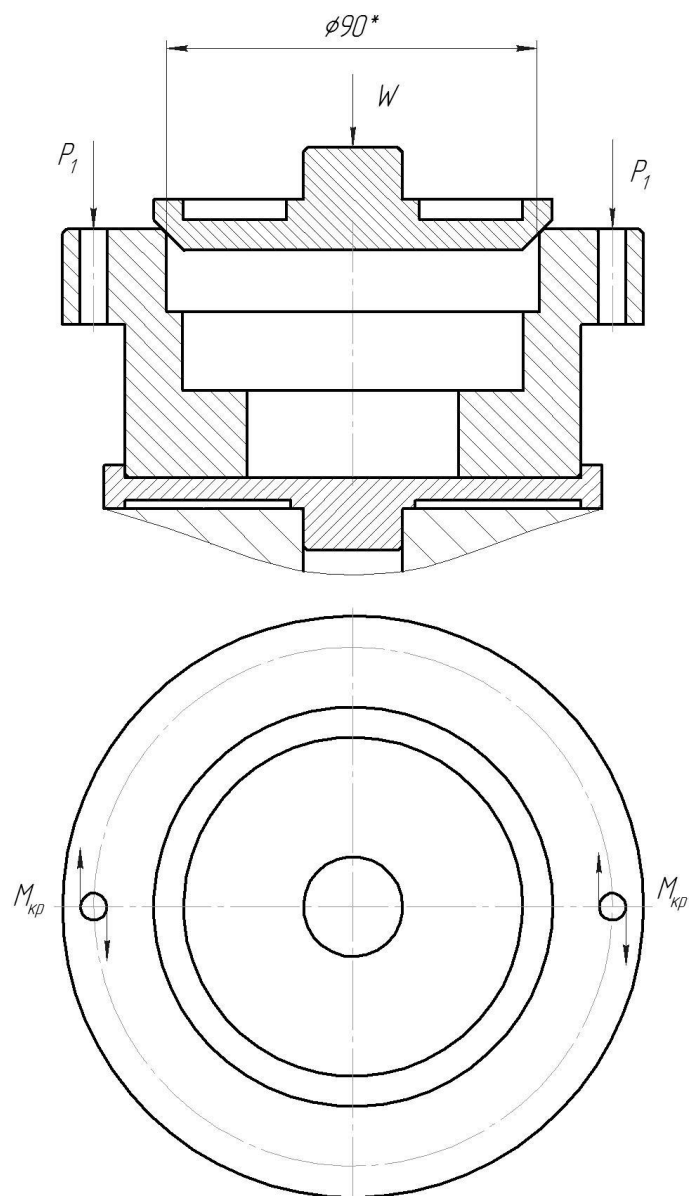


Рисунок 5 - Расчётная схема

Расчет по крутящему моменту (рис. 5)

По полученной схеме определяем силу зажима заготовки по следующей формуле:

$$W_i = \frac{2 \cdot k \cdot M_{кр}^i}{3 \cdot f \cdot d_{омб}},$$

здесь:

$k = 2,59$ — коэффициент запаса, (10, с. 119);

$f = 0,15$ — коэффициент трения, (8, с. 46);

$d_{отс} = 20mm$ – диаметр отверстия, на котором прикладывается усилие для зажима заготовки;

$M_{кр}^i$ - крутящий момент инструмента.

$$W_1 = \frac{2 \cdot k \cdot M_{кр}^1}{3 \cdot f \cdot d_{отс}} = \frac{2 \cdot 2,59 \cdot 3,84}{3 \cdot 0,15 \cdot 0,090} = 491,4H;$$

2.5 Выбор и расчет привода зажимного устройства

В качестве привода зажимного устройства применяем 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.

Определяем усилия на штоке пневмоцилиндра: [9, с. 143]:

Принимаем предварительно диаметр поршня 100 мм

$$W = \frac{\pi}{4} \times D^2 \times p \times \eta = \frac{3,14}{4} \times 100^2 \times 0,4 \times 0,85 = 2660H.$$

Где:

D - диаметр поршня пневмоцилиндра, мм (конструктивно принимаем $d=100$ мм)

p - давление сжатого воздуха, МПа η - КПД

Выбираем диаметр поршня равный 100 мм.

Очевидно, что такого усилия хватит для зажима заготовки

2.6 Разработка технических требований на изготовление и сборку приспособления

Станочное приспособление должно обеспечивать строго определенное положение обрабатываемых поверхностей, которые определяются координирующими размерами и геометрическими соотношениями – параллельностью, соосностью, перпендикулярностью и т.д. Все необходимые требования, указания предельных отклонений, формы и расположения поверхностей приведены на чертеже приспособления, в соответствии с ГОСТ 2.308-68.

2.7 Описание конструкции и принципа работы приспособления

Воздух давлением поступает через штуцер 7 (рис. 6) в цилиндр 2, вызывая перемещение штока 4, который, в свою очередь, действует на плиту 6, а последняя перемещаясь вместе со скалками 5 прижимает заготовку упором 13 к нижнему упору 14. Возврат в начальное положение осуществляется за счет силы упругости пружины 18. В плите 6 запрессованы кондукторные втулки для обеспечения точности просверливаемых отверстий.

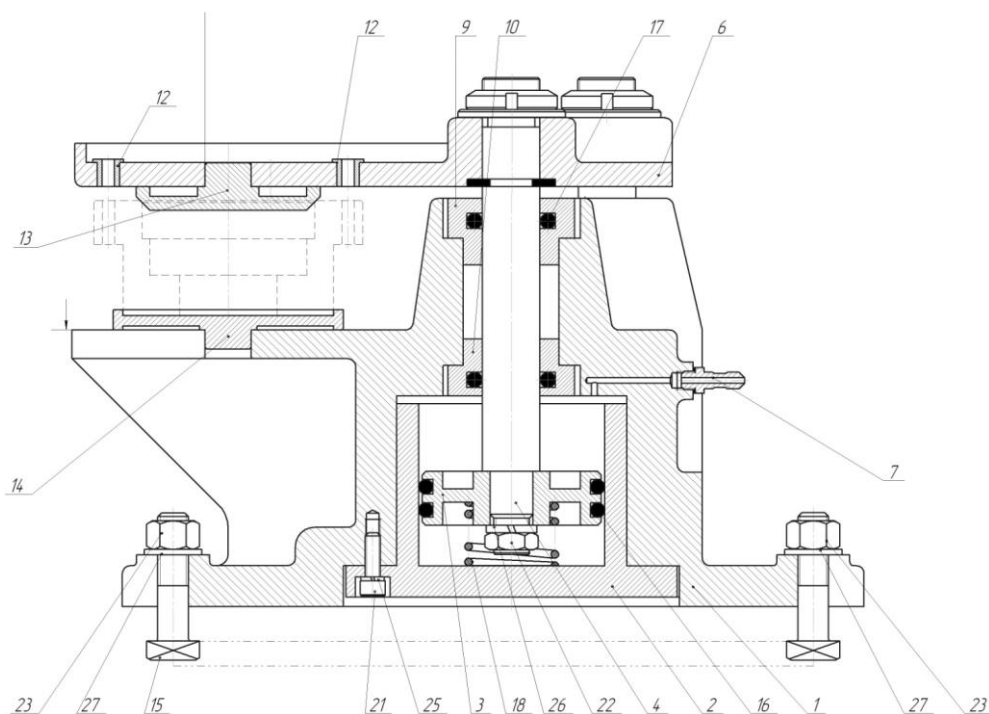


Рисунок 6 - Приспособление для сверления

2.8 Расчет приспособления на точность

При выполнении операции 030 (сверлильная) определяем необходимую точность приспособления для обеспечения следующих требований и размеров:

— отклонение диаметра центров двух отверстий $\varnothing 6,5$ мм относительно оси детали не более 0,4 мм ;

— диаметр отверстий - $\varnothing 6,5^{+0,3}$;

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. $\varepsilon_o \leq \delta$.

1. 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:

$\delta = 0.4$ 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);

$\varepsilon_{\delta} = 0,05$ – погрешность базирования заготовки в приспособлении

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

сил зажима, (2, с. 81);

$\varepsilon_y = 0,03 \text{ мм}$ – 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).

$$\varepsilon_{np} \leq 0,4 - 1,2 \sqrt{(0,8 \cdot 0,05)^2 + 0,07^2 + 0,03^2 + 0,01^2 + 0,005^2 + (0,6 \cdot 0,11)^2} = 0,26 \text{ мм}$$

Принимаем допуск 0,2 мм.

2. Диаметр отверстий $\varnothing 6,5^{+0,3} \text{ мм}$

Предельные отклонения диаметра инструментов (сверл) для обработки отверстий

принимаем в соответствии с (9, с.178): диаметр сверла $\varnothing 6,5 h_{8(-0,018)} \text{ мм}$.

При сверлении распространенной погрешностью является так называемый увод сверла, т.е. смещение и перекос оси обработанного отверстия по отношению к оси вращения шпинделя станка. Удельный увод сверла $\Delta_{y\varnothing}$ (на 1мм длины отверстия) и начальное смещение C_o можно оценить с помощью следующих эмпирических формул (11, с. 46):

$$\Delta_{y\varnothing} = 0,66 + 2,06 \exp(-0,09 \cdot d),$$

где $d = 6,5 \text{ мм}$ - диаметр сверла

$$\Delta_{y\varnothing} = 0,66 + 2,06 \exp(-0,99 \cdot d) = 0,66 + 2,06 \exp(-0,09 \cdot 6,5) = 1,9 \text{ мкм}$$

$$C_o = 5\sqrt{d} = 5\sqrt{6,5} = 13 \text{ мм}$$

Исходя из полученных данных рассчитаем полный увод сверла (11, с.46):

$$\Delta = \sqrt{(L \cdot \Delta_{y\partial})^2 + C_o^2} = \sqrt{(23 \cdot 1,807)^2 + 13^2} = 15_{MKM} = 0,015_{MM}$$

На данной обрабатываемой длине (23 мм.) расчетный увод сверла допустим.

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

2.9 Расчет экономической эффективности

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:

$$\mathcal{E}_n = (t_{um} - t'_{um}) \cdot \frac{C_{чз} \cdot N}{60} \cdot k_{ц},$$

где $t_{um} = 3,9$ мин - норма штучного времени при обработке заготовки без приспособления;

$t_{шт} = 2,65$ мин - норма штучного времени при обработке заготовки с приспособлением;

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

$N=11500$ шт/год – годовая программа выпуска деталей;

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

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

$$C_{чз} = C'_{чз} \cdot k_m,$$

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

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

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

$$\begin{aligned} \Delta_{п} &= (t_{шт} - t'_{шт}) \times \frac{C_{чз} \times N}{60} \times k_u = (3,9 - 2,65) \times \frac{16,8 \times 11500}{60} \times 20 \\ &= 80500 \text{ руб.} \end{aligned}$$

Определяем годовые затраты на эксплуатацию приспособления:

$$P = S_{пр} \cdot (k_a + k_p) \cdot k_u,$$

$S_{пр} = 2300$ 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.

$$P = S_{пр} \times (K_a + K_p) \times K_u = 2300 \times (0,5 + 0,2) \times 20 = 32220 \text{ руб.}$$

Экономический эффект от применения приспособления сверлильного

$$\Delta = \Delta_{п} - P = 80500 - 32220 = 48300 \text{ руб.}$$

2.10 Анализ технических требований

Технические требования:

1. Отклонение от параллельности установочной поверхности плиты относительно основания приспособления А не более 0,05мм на длине 100мм.
2. Отклонение от перпендикулярности осей упоров относительно основания А приспособления не более 0,05мм на длине 100мм.
3. Отклонение от перпендикулярности осей отверстий кондукторных втулок относительно основания приспособления А не более 0,025мм на длине 50мм.
4. Покрытие приспособления – эмаль НЦ132П серая, ГОСТ 6631-74.

Отклонение от параллельности установочной поверхности плиты с втулкой (на этой поверхности базируется заготовка) относительно основания приспособления достигается за счет фрезерной и шлифовальной обработки наружной поверхности и за счет сборки.

Отклонение от перпендикулярности осей пальца и втулки относительно основания А приспособления достигается за счет растачивания отверстий под пальцы в сборе приспособления.

Отклонение от перпендикулярности осей отверстий кондукторных втулок относительно основания приспособления достигается за счет сверления отверстий в сборе приспособления.

Наружные поверхности покрывают серой эмалью для защиты от влияния внешней среды при хранении и эксплуатации и для придания эстетического вида приспособлению.

2.11 Анализ технологичности конструкции

Сконструированное сверлильное приспособление технологично. Корпус приспособления изготавливается литьем с последующей механической обработкой. Корпус приспособления предусматривает установку встроенного пневмоцилиндра, в результате чего мы имеем достаточно компактные

габариты. Подача сжатого воздуха осуществляется через специальные Каналы в приспособлении.

Упоры являются установочными элементами приспособления, их устанавливают запрессовкой.

При зажиме заготовка самоустанавливается в приспособлении, что дает возможность избежать дополнительной коррекции положения заготовки в приспособлении.

Для сверления применяется специальная двухшпиндельная головка, с помощью которой отверстия обрабатываются за один переход. При сверлении осевая нагрузка равномерно распределяется по торцу заготовки, что исключает перекосы.

Разработанное нами приспособление облегчает зажим заготовки и ускоряет обработку четырех отверстий.

Недостатком приспособления является то, что область его применения ограничена, т. к. в приспособление можно устанавливать заготовки определенной длины и диаметра, но следует учесть, что упоры можно менять, что позволит использовать его для различных заготовок похожего типоразмера.

2.12 Разработка технологической схемы сборки

Составим технологическую карту сборки сверлильного приспособления, маршрут технологического процесса сборки приведен в таблице 10.

Таблица 10 – Маршрут технологического процесса сборки сверлильного приспособления

№ операц ии	Название	Содержание
05	Сборка корпуса (Сб. 1)	1. Запрессовать втулки (дет. 11) в корпус (дет. 1);

		2. Запрессовать втулки (дет. 9,10) в корпус (дет. 1); 3. Запрессовать упор (дет. 14) в корпус (дет. 1); 4. Установить поршень (дет. 3) на шток (дет. 4); 5. Установить шайбу (дет. 26), завинтить гайку (дет. 22); 6. Установить уплотнение (дет.16) 7. Установить поршень (дет. 3) во втулку(дет. 9); 8. Установить пружину (дет. 18) 9. Запрессовать цилиндр (дет. 2) в корпус (дет. 1); 10. Завинтить винты (дет. 21) 11. Запрессовать втулки (дет. 12) в плиту (дет. 6); 12. Запрессовать упор (дет. 13) в плиту (дет. 6); 13. Установить скалки (дет. 5) в плиту(дет. 6); 14. Установить шайбы (дет. 28) и закрутить гайки(дет. 24); 15. Установить плиту (дет. 6) на корпус (дет. 1) 16. Установить шайбу (дет. 28), завернуть гайку (дет. 24) 17. Сверлить и развернуть отверстия в кондукторных втулках
25	Контрольная	1. Проверить отклонение от перпендикулярности осей втулок относительно основания корпуса;

Список использованной литературы

1. Горбачевич А. Ф., Шкред В. А. Курсовое проектирование по технологии машиностроения.: Учеб. пособие для машиностроительных специальностей вузов.-Минск: Высшая школа,.

2Обработка 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

3. Справочник технолога машиностроителя .В 2-х томах Под редакцией А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова.4-е издание, преработанное и доп.- машиностроение, 1985,496 с.,илл

4. Скворцов В.Ф. Основы размерного анализа технологических процессов изготовления деталей. Учебное пособие . Томск изд ТПУ 2006,100с.

5. 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

6. Щёголев А.В. Конструирование протяжек. М.; Л.: Машгиз,1960. 352 с.

7. Резание материалов и режущий инструмент. Расчёт фасонных резцов и протяжек для обработки круглых отверстий: учебное пособие по проектированию / С. В. Кирсанов; Национальный исследовательский Томский политехнический университет. - Томск: Издательство ТПУ, 2010 - 80 с.