

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт ИК
Направление подготовки Машиностроение
Кафедра ТАМЦ

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Разработка технологического процесса изготовления центрального переходника УДК 621.824-254.64.001.6

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Л21	Лаптев Никита Витальевич		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ассистент	Бабаев А.С.	кандидат наук		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Конотопский В.Ю.	кандидат наук		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ассистент	Мезенцева И. Л.			

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Зав. кафедрой	Арляпов А.Ю.	кандидат наук		

АННОТАЦИЯ

Выпускная курсовая работа включает в себя проектирование технологического процесса обработки детали "Переходник центральный" и содержит: анализ чертежа и технологичности детали; способ получения заготовки; расчет припусков на обработку; разработку технологического процесса, выбор и расчет режимов резания; размерный анализ технологического процесса.

Приложение содержит технологические карты, сборочный чертёж и спецификацию.

Содержание

Введение	6
1. Технологическая часть	7
1.1 Определение типа производства	7
1.2. Анализ чертежа детали «Переходник центральный»	9
1.3. Анализ технологичности детали «Центр»	10
1.4. выбор заготовки и метода ее изготовления	10
1.5. Расчёт заготовки	12
1.6. Проектирование технологического маршрута	14
1.7. Определение минимальных допусков на обработку	19
1.8. Расчёт припусков на обработку	20
1.8.1. Расчёт продольных технологических размеров	23
1.8.2. Расчёт диаметральных технологических размеров.....	28
1.9. Выбор средств технического оснащения	30
1.10. Расчёт режимов резания	32
1.12.Расчет основного времени.....	45
1.12.1.Расчёт штучно-калькуляционного времени.....	54
2. Конструкторский раздел	55
2.1. Описание и сборка устройства.....	55
2.2. Расчёт усилия закрепления.....	55
2.3.Расчёт погрешности закрепления	57
3.Экономическая раздел.....	59
1.Расчёт затрат по статье «сырьё и материалы».....	59
2.Расчет затрат по статье «Возвратные отходы».....	59
3.Расчет затрат по статье «Основная заработная плата».....	59
4.Расчет затрат по статье «Дополнительная заработная плата производственных рабочих».....	60
5.Расчет затрат по статье «Налоги, отчисления в бюджет и внебюджетные фонды»...60	
6.Расчет затрат по статье «Погашение стоимости инструментов и приспособлений целевого назначения»	60
7. Расчет затрат по статье «Расходы по содержанию и эксплуатации машин и оборудования».....	60
8.Расчет затрат по статье «Общехозяйственные расходы»	65
9.Расчет затрат по статье «Общехозяйственные расходы».....	65
10.Расчет затрат по статье «Расходы на реализацию (внепроизводственные)»	65

11.Расчет прибыли.....	65
12. Расчет НДС	65
13.Цена изделия	65
4.СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ.....	66
1.Профессиональная социальная безопасность.....	66
1.1. Анализ вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть при эксплуатации объекта исследования.....	66
1.2 Обоснование мероприятий по защите исследователя от действия опасных и вредных факторов	69
2. Экологическая безопасность.	70
3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях	71
4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	72
Заключение	74
Список использованной литературы	75
Приложения	

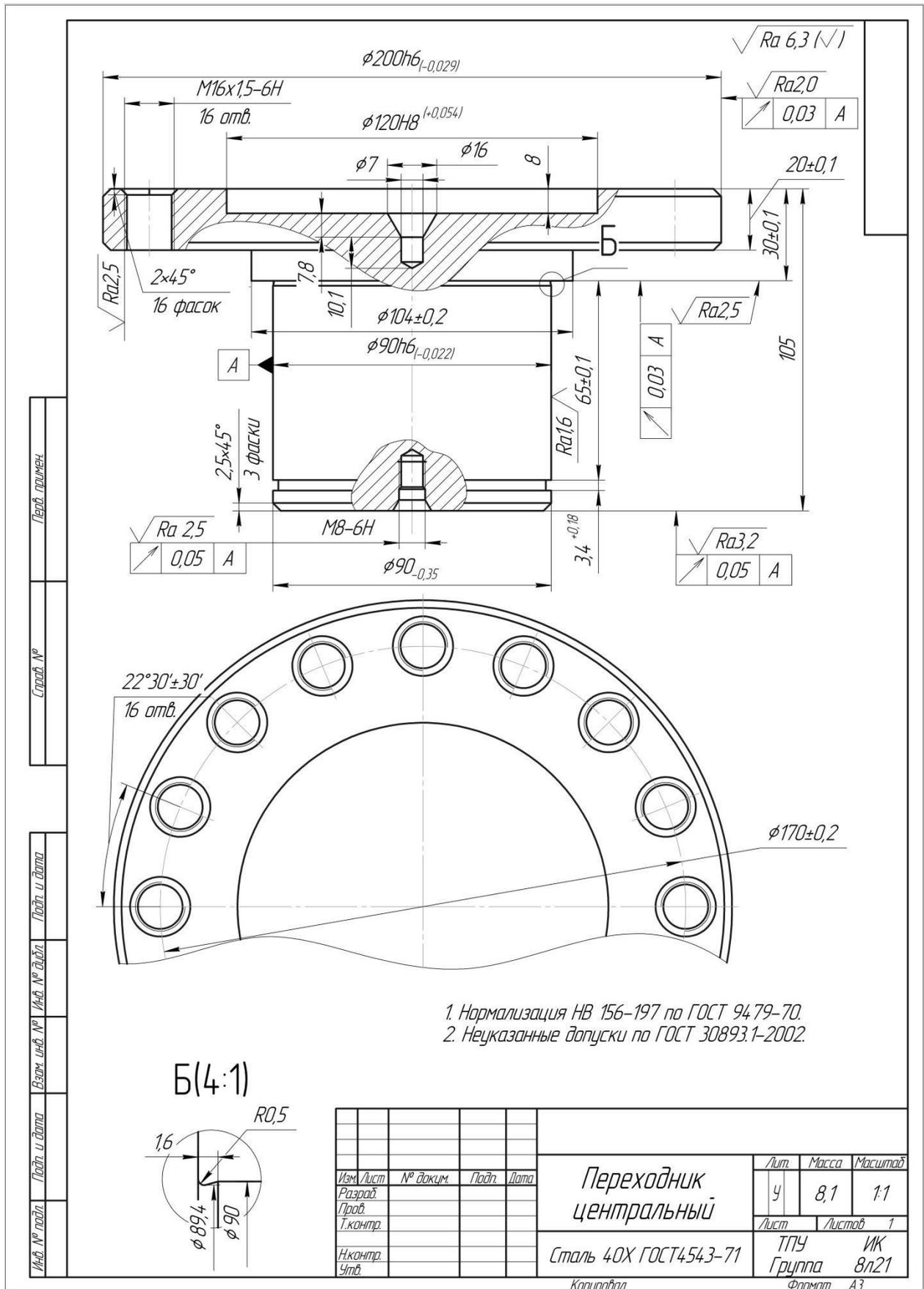


Рис. 1. Чертёж детали «Переходник центральный» для выпускной квалификационной работы

Введение

Эффективность производства, его технический прогресс, качество выпускаемой продукции во многом зависят от опережающего развития производства нового оборудования, машин, станков и агрегатов, от внедрения методов технико-экономического анализа, обеспечивающих решение технических вопросов и экономическую эффективность технологических и конструкторских разработок.

Целью выпускной квалификационной работы является разработка технологического процесса для подтверждения квалификации «бакалавр техники и технологии» по направлению 150700 «Технология, оборудование и автоматизация машиностроительных производств».

1. Технологическая часть

1.1 Определение типа производства

Тип производства определяем по коэффициенту закрепления операций, который находим по формуле [2]:

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

где $t_в$ – такт выпуска детали, мин.; $T_{ср}$ – среднее штучно – калькуляционное время на выполнение операций технологического процесса, мин.

Такт выпуска детали определяем по формуле [2]:

$$t_в = \frac{F_r}{N_r}, \quad (2)$$

где F_r – годовой фонд времени работы оборудования, мин.; N_r – годовая программа выпуска деталей.

Годовой фонд времени работы оборудования определяем по [2] при двухсменном режиме работы: $F_r = 4029$ ч.

Тогда по формуле (2):

$$t_в = \frac{F_r}{N_r} = \frac{4029 \cdot 60}{3000} = 80,58 \text{ мин};$$

Среднее штучно – калькуляционное время на выполнение операций технологического процесса [2]:

$$T_{ср} = \frac{\sum_{i=1}^n T_{ш.к i}}{n}, \quad (3)$$

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

В качестве основных операций выберем 5 операций ($n=5$): три токарные операции, сверлильная операция и шлифовальная (см. операционную карту).

Штучно – калькуляционное время i -ой основной операции определяем по рекомендациям [2]:

$$T_{ш.к i} = \varphi_{к.и} \cdot T_{о.и}, \quad (4)$$

где $\varphi_{к.и}$ – коэффициент i -ой основной операции, зависящий от вида станка и типа предполагаемого производства, мин; $T_{о.и}$ – основное технологическое время i -ой операции, мин.

Основное технологическое время определяем по рекомендациям [2], где время зависит от длины и диаметра обрабатываемой поверхности, а также от вида обработки.

Основное технологическое время токарной операции определяем только для наиболее продолжительных по времени переходов.

Основное технологическое время на первой операции:

$$T_{o.1} = (0,17 \times d \times l \times 10^{-3}) + (0,0 \times (D^2 - d^2)) + 0,19 \cdot d^2; \quad (5)$$

где d - диаметр обрабатываемого отверстия, мм; l - длина обрабатываемой поверхности, мм.

Тогда по формуле (5):

$$T_{o.1} = ((0,17 \cdot 90 \cdot 95) + (0,037 \cdot (200^2 + 90^2)) + 0,19 \cdot 90^2) \cdot 10^{-3} = 4,173 \cdot 10^{-3} \text{ мин.}$$

Штучно – калькуляционное время данной операции определяем по формуле (4):

$$T_{ш.к.1} = \varphi_{к.1} \cdot T_{o.1} = 1,36 \times 4,173 = 6,92 \text{ мин.}$$

Основное технологическое время на второй операции:

$$T_{o.2} = (0,17 \cdot d \cdot l \cdot 10^{-3}) + (0,057 \cdot (D^2 - d^2)) + 0,19 \cdot d^2, \quad (6)$$

Тогда по формуле (6):

$$T_{o.2} = ((0,17 \cdot 90 \cdot 95) + (0,037 \cdot (200^2 + 90^2)) + 0,19 \cdot 90^2) \cdot 10^{-3} = 4,811 \text{ мин.}$$

Штучно – калькуляционное время данной операции, по формуле (3)

$$T_{ш.к.2} = \varphi_{к.2} \cdot T_{o.2} = 1,36 \cdot 4,811 = 6,54 \text{ мин.}$$

Основное технологическое время для третьей сверлильной операции:

$$T_{o.3} = (0,52 \cdot d \cdot l) \cdot 16; \text{ (для сверления)} \quad (7)$$

$$T_{o.3.1} = (0,4 \cdot d_1 \cdot l) \cdot 16; \text{ (для нарезания резьбы)} \quad (8)$$

где d – диаметр сверления мм; l – глубина отверстия в мм; d_1 – диаметр нарезаемой резьбы.

Тогда по формулам (7,8):

$$T_{o.3} = (0,52 \cdot 14,4 \cdot 20) \cdot 16 = 2,412 \text{ мин.}$$

$$T_{o.3.1} = (0,4 \cdot 16 \cdot 20) \cdot 16 = 2,408 \text{ мин.}$$

Штучно – калькуляционное время данной операции по формуле (4):

$$T_{ш.к.3} = \varphi_{к.3} \cdot T_{o.3} = 1,35 \cdot 2,412 = 3,26 \text{ мин.}$$

$$T_{ш.к.3.1} = \varphi_{к.3} \cdot T_{o.3.1} = 1,35 \cdot 2,408 = 3,25 \text{ мин.}$$

Основное технологическое время для четвёртой токарной операции:

$$T_{o.4} = (0,17 \cdot D \cdot l) + 19 \cdot D^2; \quad (9)$$

где d – наименьший диаметр мм; D – наибольший диаметр мм.

Тогда по формуле (9):

$$T_{o.4} = ((0,17 \cdot 200 \cdot 20) + 0,19 \cdot 200^2) \cdot 10^{-3} = 7,7 \text{ мин.}$$

Штучно – калькуляционное время данной операции по формуле (4):

$$T_{ш.к4} = \varphi_{к.} \cdot T_{о,4} = 1,36 \cdot 7,7 = 10,42 \text{ мин.}$$

Основное технологическое время для шлифовальной операции:

$$T_{о,5} = (0,15 \cdot d \cdot l) + (0,15 \cdot D \cdot l); \quad (10)$$

где d – наименьший диаметр мм; D -наибольший диаметр мм.

Тогда по формуле (10):

$$T_{о,5} = (0,15 \cdot 90 \cdot 75) \cdot 10^{-3} + (0,15 \cdot 200 \cdot 20) \cdot 10^{-3} = 1,612 \text{ мин.}$$

Штучно – калькуляционное время данной операции по формуле (4):

$$T_{ш.к5} = \varphi_{к.} \cdot T_{о,5} = 1,55 \cdot 1,612 = 2,5 \text{ мин.}$$

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

$$\begin{aligned} T_{cp} &= \frac{\sum_{i=1}^n T_{ш.кi}}{n} = \frac{T_{ш.к1} + T_{ш.к2} + T_{ш.к3} + T_{ш.к3.1} + T_{ш.к4} + T_{ш.к5}}{5} = \\ &= \frac{6,54 + 6,92 + 3,26 + 3,25 + 10,42 + 2,5}{5} = 6,58 \text{ мин.} \end{aligned}$$

Тип производства определяем по формуле(1):

$$K_{з.о} = \frac{t_g}{T_{cp}} = \frac{80,58}{6,58} = 12,25$$

Так как $10 < K_{з.о} = 12,25 < 20$, то тип производства принимаем среднесерийный.

С учётом типа производства производится разработка технологического процесса, выбор металлообрабатывающего оборудования, режущего и измерительного инструментов, а так же расчёт и конструирование специального приспособления для сверления 16-ти отверстий под резьбу.

1.2. Анализ чертежа детали «Переходник центральный»

На чертеже (см. рис. 1) имеются все необходимые виды и разрезы, достаточные для понимания конструкции детали и постановки всех необходимых размеров. Отклонения на размеры соответствуют конструкторскому заданию, шероховатость поверхностей принята с соответствием конструкторским заданием. Наиболее точными поверхностями являются наружные диаметры $\varnothing 200h6_{(-0,029)}$ и $\varnothing 90h6_{(-0,022)}$, которые имеют весьма малые значения допусков и назначенных по ГОСТ 30893.1 – 2002. Также на чертеже указаны требования к твердости и виду термической обработки изделия (нормализация НВ 156-197).

1.3. Анализ технологичности детали «Центр»

Деталь «переходник центральный» предположительно используют для консольного крепления оси с установленной на ней шестерней, выполненной на перегородке картера ДВС.

Деталь изготавливается из стали 40Х (химический состав $C \approx 0,4\%$; $Cr \approx 1\%$; $Si < 0,27\%$; $Mn < 0,6\%$; $Ni < 0,3$; $P < 0,035\%$), поэтому заготовка может быть получена разными способами. Выбор окончательного метода получения заготовки зависит от типа производства, имеющегося технологического оборудования и др. условий. Деталь центр относится к деталям типа «тела вращения». Деталь имеет большие перепады диаметров, что требует использовать специальные методы её изготовления. С целью повышения коэффициент использования металла целесообразно использовать штамповку. Основную обработку наружных поверхностей предполагается обрабатывать на токарных центрах с ЧПУ, отверстия $\varnothing 14,5$ мм – на вертикально – сверлильном станке с использованием специального приспособления. Проектирование последнего производится в настоящей работе. Окончательная обработка должна производиться на шлифовальных станках, так как размеры $\varnothing 200h6_{(-0,029)}$ и $\varnothing 90h6_{(-0,022)}$ должны быть выполнены с малыми допусками (по IT6) и с малой шероховатостью поверхностей – Ra 2,0 и 1,6 мкм, соответственно. Форма детали удобна для изготовления и контроля. Конструкция детали обеспечивает беспрепятственное удаление стружки и позволяет вести обработку с использованием стандартных приспособлений (трёхкулачковый самоцентрирующийся патрон). Применение центров при шлифовании обязательно в связи с достаточно малым допуском торцевого биения относительно $\varnothing 90h6$ $E_{CA}=0,05$ и 0,03 мм, а также допуском радиального биения $E_{CR}=0,03$ мм относительно поверхности А.

По требованиям чертежа деталь должна пройти нормализацию (НВ 156...197) для снятия напряжений после штамповки, что требует применения термической операции.

1.4. выбор заготовки и метода ее изготовления

Способ получения заготовки определяется на основании чертежа детали, результатов анализа ее служебного назначения, технических требований, программы выпуска и величины серии, типа производства, экономичности изготовления [2].

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. Эти способы получения заготовок обеспечивают снижение затрат на механическую обработку и повышение качества продукции.

На основании анализа конструкции детали по чертежу, учебной и справочной литературы [2,6] выбираем заготовку и метод ее изготовления. Заготовку получаем штамповкой в закрытых штампах на кривошипном горячештамповочном прессе (КГШП).

В соответствие с ГОСТ на данном оборудовании можно обеспечить точность по 15...16-му квалитетам, параметры шероховатости поверхности Rz 320...160 мкм [2].

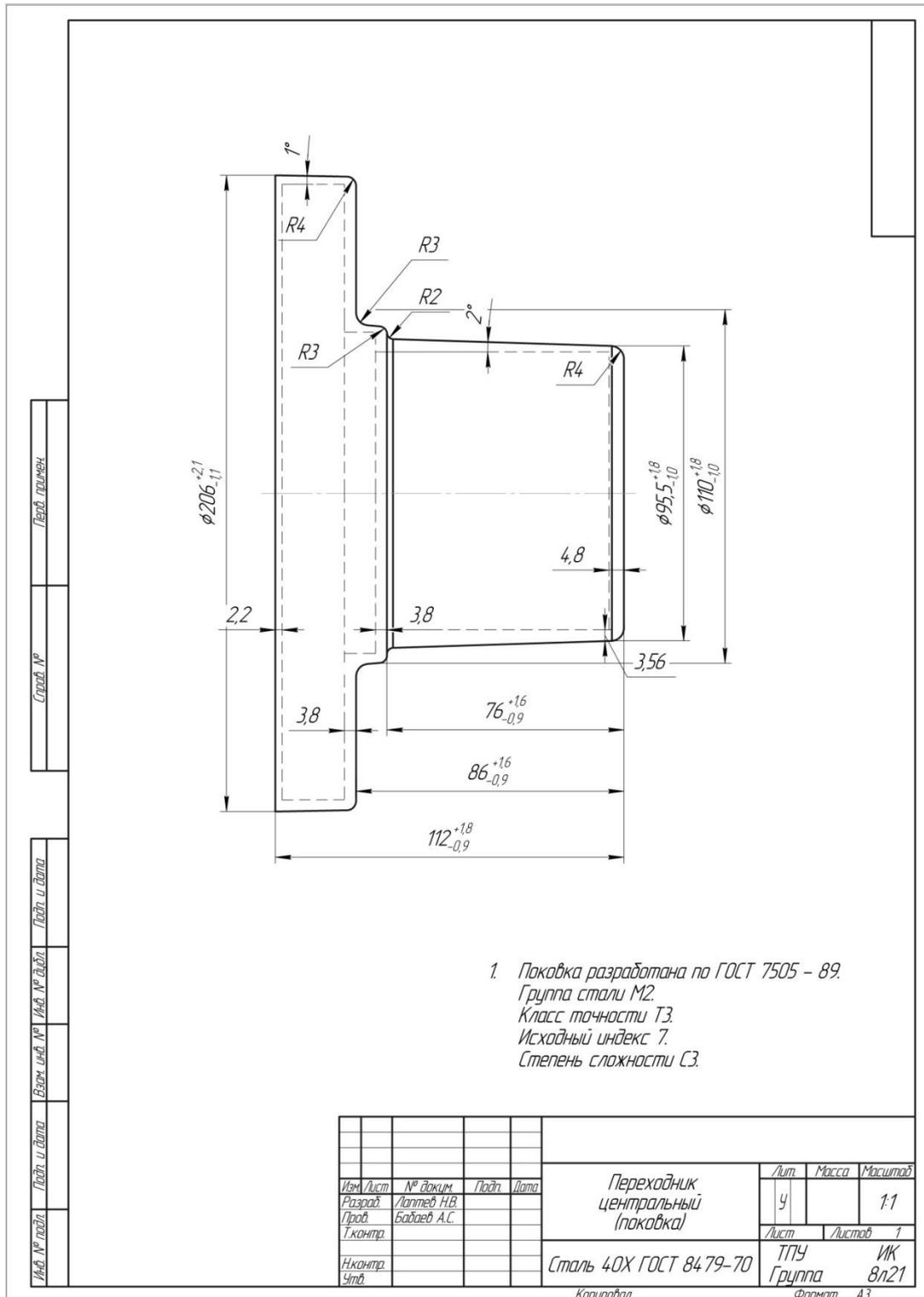


Рис.2. Эскиз поковки.

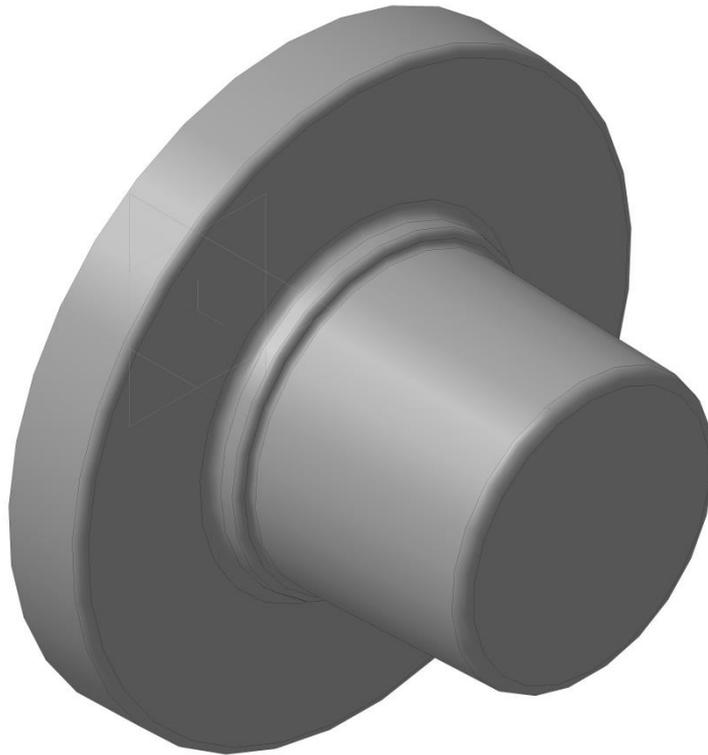


Рис.3. Эскиз твердотельной модели поковки

1.5. Расчёт заготовки

По ГОСТ 7505-89 назначаем допуски и припуски на поковку для построения твердотельной модели (см. рис.3.). Проектируемая поковка относится к группе стали М2 (сталь с массовой долей углерода свыше 0,35% до 0,65% включительно или суммарной массовой долей легирующих элементов свыше 2,0% до 5,0% включительно), степени сложности С3 (степень сложности определяется путём вычисления отношения массы заготовки (прутка) к массе геометрической фигуры поковки), класс точности Т3 (выбирается на основе выбора типа оборудования), исходный индекс 7 (определяется по перечисленным выше значениям соответственно).

Диаметр $200+(1,5+0,4+0,5)2=206\text{мм.}$

Диаметр $104+(1,4+0,4+0,5)2=110\text{мм.}$

Диаметр $90+(1,1+0,4+0,5)2=94\text{мм.}$

Толщина $20+(1,1+1,2+0,5+0,4)=24\text{мм.}$

Толщина $30+(1,1+1,3+0,5+0,4)=34\text{мм.}$

Толщина $105+(1,5+2+0,5+0,4)=110\text{мм.}$

Штамповочные уклоны принимаем по $1 - 2^0$ в соответствие с ГОСТ 7505-89. По полученным размерам с помощью системы автоматизированного проектирования Компас3d v. 15.2 компании Аскон (Россия), определяем по предварительно построенной твердотельной модели (см. ри.2.) объем и массу поковки.

Основные параметры поковки:

диаметр $D_{\text{п}}=207\text{мм}$; периметр поковки $P_{\text{п}}=650\text{мм}$; объем поковки $V_{\text{п}}=1\,494\,837\text{мм}^3$;
 масса поковки $G_{\text{п}}=11,7\text{кг}$; объём облоя $V_{\text{об}}=40\,000\text{мм}^3$;

$$V_{\text{об}} = p \cdot (b \cdot h_3 + h_2 \cdot B) = 646,87 \cdot (5 \cdot 1,6 + 3,2 \cdot 20) = 0,04 \cdot 10^6 \text{ мм}^3; \quad (1)$$

где p – периметр поковки, мм; b – ширина мостика, мм; h_3 – толщина мостика, мм; h_2 – средняя толщина облоя по магазину, мм; B – ширина облоя в магазине, мм [13];

Основные размеры поковки определяют по её объему:

$$V_{\text{зг}} = V_{\text{п}} + V_{\text{об}} = 1,48 \cdot 10^6 + 0,04 \cdot 10^6 = 1,525 \cdot 10^6 \text{ мм}^3; \quad (2)$$

Для облегчение отрезки заготовки из проката выбираем значительный коэффициент m при определении диаметра прутка по формуле [13]:

$$m = L_{\text{зг}} / D_{\text{зг}} = 2,2. \quad (3)$$

Найдём диаметр прутка заготовки [13]:

$$D_{\text{зг}} = 1,07 \cdot \sqrt[3]{\frac{V_{\text{зг}}}{m}} = 1,07 \cdot \sqrt[3]{\frac{1,53 \cdot 10^6}{2,2}} = 94,569 \text{ мм}. \quad (4)$$

Выбираем прутки обычной точности диаметром $D = 95_{-1,3}^{+0,5}$ по ГОСТ2590-88.

Тогда окончательная длина заготовки $L_{\text{зг}}=212 \pm 1\text{мм}$.

Для выбора оборудования произведем расчет необходимого усилия штампа.

$$P = \sigma_m \left((1,5 + \mu_0 \frac{b}{h_0}) F_0 + \left(\frac{2\mu_0 b}{h_0} - 0,375 + 1,25 \ln \frac{100}{h_0} \right) F_n \right);$$

$$P = 140 \left((1,5 + 0,5 \frac{5}{2}) 27260 + \left(\frac{2 \cdot 0,5 \cdot 5}{2} - 0,375 + 1,25 \ln \frac{1,2}{2} \right) 105000 \right) = 7,892 \cdot 10^6 \text{ Па};$$

где σ_m – предел текучести металла в МПа; $\mu_0 = 0,5$ коэффициент внешнего трения;
 $b = 6\text{мм}$; $h_0 = 4\text{мм}$; $a = 3\text{мм}$; принимаем значения по рекомендациям [13] $F_0 = 27260\text{мм}^2$
 площадь облоя; $F_n = 105000\text{мм}^2$ площадь проекции поковки на площадь разъема;

С учётом ранее полученных значений, усилие штампа принимаем $P = 8\text{МПа}$;

1.6. Проектирование технологического маршрута

Проектирование технологических процессов (ТП) механической обработки начинается с изучения служебного назначения детали, технических требований к ней, норм точности и программы выпуска, анализа возможности предприятия по обработке данной детали.

Проектирование ТП представляет собой многовариантную задачу, правильное решение которой требует проведения ряда расчетов. В начале проектирования предварительно устанавливаются виды обработки отдельных поверхностей заготовки и методы достижения их точности, соответствующие требованиям чертежа, серийности производства и имеющегося на предприятии оборудования.

При низкой точности исходных заготовок ТП начинается с черновой обработки поверхности, имеющей наибольшие припуски. В первую очередь снимается припуск с поверхностей, на которых возможны дефекты с целью скорейшего отсеивания брака.

Дальнейший маршрут строится по принципу обработки сначала грубых, а затем более точных поверхностей. Наиболее точные поверхности обрабатываются в последнюю очередь.

В конце маршрута выполняются второстепенные операции (сверление, нарезание крепежной резьбы, снятие фасок, заусениц и т.д.). Наиболее легко повреждаемые поверхности обрабатываются на заключительной стадии ТП.

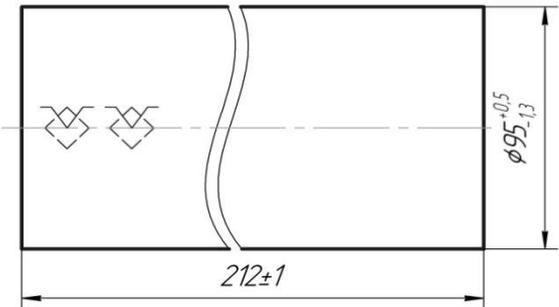
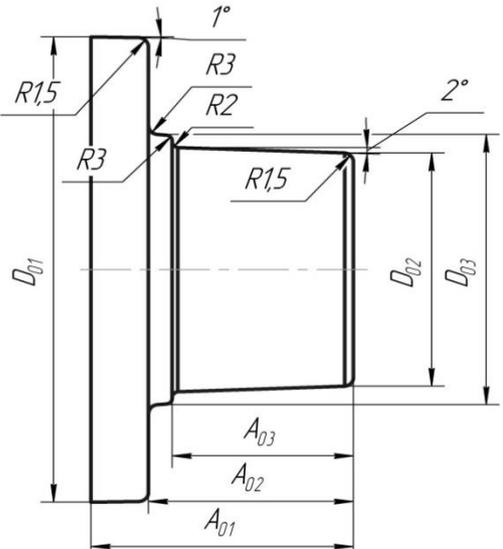
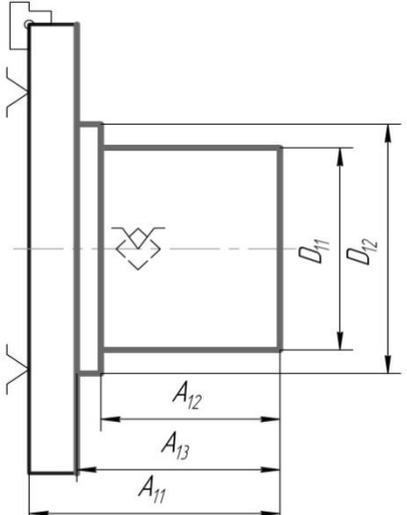
При составлении маршрута ТП требуется предварительно определить количество обработок каждой поверхности. Для этого лучше взять поверхность с наиболее точным размером и составить последовательность обработки. При этом припуски последовательно «наслаиваются» на окончательный (конструкторский) размер, что позволяет нам получить промежуточные технологические размеры. В нашем задании наиболее точный наружный размер это $\varnothing 90_{-0,022}$. Он должен быть обработан по 6 качеству (определяем это по величине допуска $T = 0,022$ мм при номинальном размере 90 мм), перед этим – по 9, а ещё ранее – по 11 качеству. Начинаем записывать технологические размеры с конца и идем к началу обработки. Термообработка производится для снятия напряжений после штамповки, тогда маршрут будет выглядеть так:

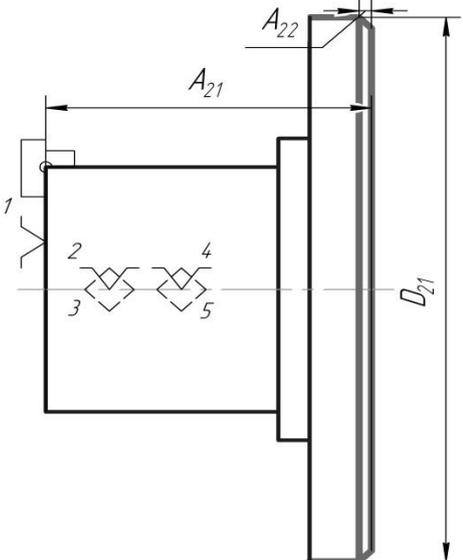
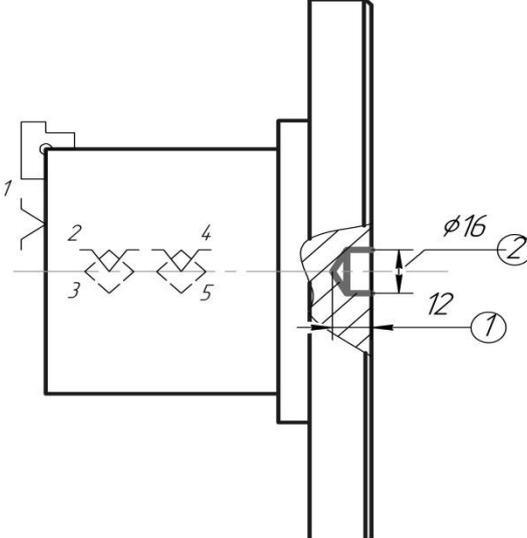
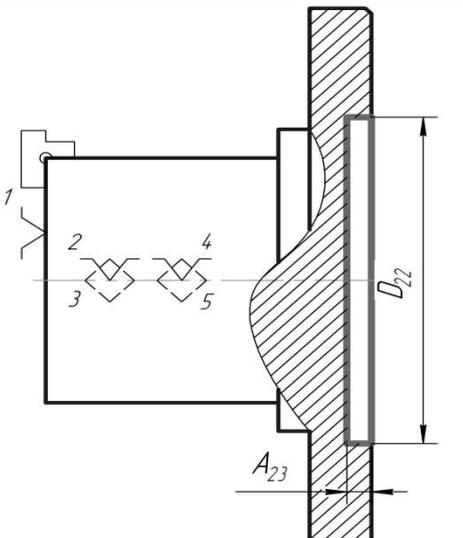
$\varnothing 94h15 \rightarrow$ термообработка $\rightarrow \varnothing 90,8h11 \rightarrow \varnothing 90,2h9 \rightarrow \varnothing 90h6$.

$$2Z_{min} = 3,2 \text{ mm} \quad 2Z_{min} = 0,6 \text{ mm} \quad 2Z_{min} = 0,2 \text{ mm}$$

В табл.1 сначала записываем последовательность обработки и операционные эскизы, а величину промежуточных технологических размеров рассчитаем с помощью размерного анализа, после расчета минимальных припусков на обработку (табл.4).

Табл. 1 Маршрут изготовления детали «Переходник центральный»

операции	последовательность	Название операции и её содержание.	Операционный эскиз.
005	1 2	<p><u>Заготовительная</u></p> <p>Установить пруток в тиски; Отрезать заготовку выдерживая размеры 212 ± 1, $\phi 95^{+0,5}_{-1,3}$.</p>	
010	1	<p><u>Штамповочная</u></p> <p>Произвести штамповку на кривошипном горячештамповочном прессе (КГШП), выдерживая размеры в соответствии с эскизом.</p>	
015	1	<p><u>Термическая</u></p> <p>Произвести нормализацию до HB 220.</p>	
020	1 2	<p><u>Токарная с ЧПУ</u></p> <p>Установить и снять деталь; Точить по контуру, выдерживая размеры $A_{11}, A_{12}, A_{13}, D_{11}, D_{12}$.</p>	

операции	передачи	Название операции и её содержание	Операционный эскиз
025		<p><u>Токарная с ЧПУ</u></p> <p>1 Установить и снять деталь; 2 Точить по контуру, выдерживая размеры A_{21}, A_{22}, D_{21}.</p>	
		<p>1 Сверлить отверстие выдерживая размеры 1,2.</p>	
		<p>1 Расточить диаметр, выдерживая размеры A_{23}, D_{22}.</p>	

операции	передачи	Название операции и её содержание	Операционный эскиз
025	5	Сверлить отверстие выдерживая размеры 1,2,3.	
030	1 2 3 4	<p><u>Вертикально – сверлильная</u></p> <p>1 Установить в специальное приспособление и снять деталь.</p> <p>2 Сверлить отверстие, выдерживая размер 1.</p> <p>3 Зенковать отверстие, выдерживая размер 2.</p> <p>4 Нарезать резьбу, выдерживая размеры 3.</p>	
035	1 2	<p><u>Токарная с ЧПУ</u></p> <p>1 Установить и снять деталь;</p> <p>2 Точить по контуру, выдерживая размеры $A_{31}, A_{32}, A_{33}, A_{34}, A_{35}, D_{31}, D_{32}, D_{33}$.</p>	

операции	переходы	Название операции и её содержание.	Операционный эскиз.
035	3	Точить канавку выдерживая размеры.	
	4 5	Сверлить отверстие специальным сверлом выдерживая размеры 1,2,3,4. Нарезать резьбу, выдерживая размеры 1,5.	
040	1 2	<u>Шлифовальная</u> Установить снять деталь. Шлифовать поверхности 1,2, выдерживая размеры.	

1.7. Определение минимальных допусков на обработку

Допуски на диаметральные размеры, принимаем равные статистической точности на обработку заготовки $TD = \omega_c$. Допуски на осевые размеры назначаем по методике изложенной [1]. Допуски на поковку назначаются в соответствие с ГОСТ 7505-89. Полученные значения записываются в табл.2.

Табл. 2. Минимальные допуски на обработку

D	ω	TD	A	ω	ρ	ε	ТА
D ₀₁	-	3200	A ₀₁	-	-	-	2700
D ₀₂	-	3200	A ₀₂	-	-	-	2500
D ₀₃	-	2800	A ₀₃	-	-	-	2500
D ₁₁	220	220	A ₁₁	250	1350	120	1720
D ₁₂	220	220	A ₁₂	200	1250	120	1620
D ₂₁	290	290	A ₁₃	250	1250	60	1620
D ₂₂	160	185	A ₂₁	100	1350	60	1550
D ₂₃	54	54	A ₂₂	200	-	-	200
D ₃₁	140	140	A ₂₃	120	-	-	120
D ₃₂	140	140	A ₃₁	120	-	-	120
D ₃₃	350	350	A ₃₂	80	-	-	80
D ₄₁	22	22	A ₃₃	80	-	-	80
D ₄₂	29	29	A ₃₄	200	-	-	200
-	-	-	A ₃₅	200	-	-	200
-	-	-	A _{36.1}	180	-	-	180
-	-	-	A _{36.2}	140	-	-	140
-	-	-	A ₄₁	14	-	-	14
-	-	-	A ₄₂	14	-	-	14

Примечание: TD – минимальный допуск на диаметральные размеры;
ТА – минимальный допуск на линейные размеры.

1.8. Расчёт припусков на обработку

Табл. 3. Расчёт минимального припуска на обработку для диаметра $\varnothing 200h6_{-0,029}$

Технологические переходы обработки поверхности $\varnothing 200h6_{-0,029}$	Элементы припуска, мкм				$2Z_{\min}$, мкм	Допуск, δ мкм
	Rz	H	ρ	ε		
Заготовка	150	250	873	-	-	3200
Черновое точение	50	50	52	80	2554	290
Чистовое точение	30	30	2	80	391	185
Шлифование	5	15	-	-	120	29

Расчет припусков на механическую обработку внутренней поверхности $\varnothing 200h6_{-0,029}$ мм.

Погрешность установки заготовки (патрон самоцентрирующий):

$$\varepsilon_y = \sqrt{\varepsilon_B^2 + \varepsilon_3^2}, \quad (1)$$

где ε_B – погрешность базирования, ε_3 – погрешность закрепления;

Погрешность базирования равна нулю, т.к. заготовка базируется по наружной поверхности в самоцентрирующем трехкулачковом патроне, т.е. $\varepsilon_B = 0$ [2];

Погрешность закрепления возникает в результате смещения обрабатываемой поверхности заготовки от действия зажимной силы. Так как мы в качестве зажимного приспособления используем трехкулачковый патрон с пневматическим приводом, обеспечивающим постоянство усилий

Минимальный припуск определяется по формуле:

$$2Z_{\min_i} = 2 \cdot \left(Rz_{i-1} + H_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2} \right), \quad (2)$$

где Rz_{i-1} – высота неровностей профиля на предшествующем переходе; H_{i-1} – глубина дефектного слоя на; ε_i предшествующем переходе; ρ_{i-1} – величина пространственных отклонений на предшествующем переходе – погрешность установки заготовки на текущем переходе.

Для поковки значение $Rz = 150$ мкм, $H = 250$ мкм [3]. Для черного точения $Rz = 50$ мкм, $H = 50$ мкм [3], для чистового точения $Rz = 30$ мкм, $H = 30$ мкм [3].

Величина пространственных отклонений для заготовки определяется по формуле:

$$\rho = \sqrt{\rho_k^2 + \rho_{\text{экс}}^2 + \rho_{\text{см}}^2}; \quad (3)$$

$$\rho_k = \Delta k \cdot l; \quad (4)$$

где $\Delta k = 0,6$ мкм/мм – удельная кривизна заготовки; $l = 110$ мм – длина заготовки; $\rho_{\text{экс}}$ – смещение оси обрабатываемой заготовки относительно базовой поверхности, назначить в соответствие с [3]; $\rho_{\text{см}}$ – отклонение от соосности, назначить в соответствие с [3];

Тогда по формуле (4):

$$\rho_k = 0,6 \cdot 110 = 66 \text{ мкм};$$

Тогда по формуле (3):

$$\rho = \sqrt{66^2 + 500^2 + 600^2} = 873 \text{ мкм}.$$

Величина пространственных отклонений после чистового точения и шлифования [1]:

$$\rho_{\text{ост}} = k_y \cdot \rho_k, \quad (5)$$

где k_y – коэффициент уточнения формы [1];

Тогда по формуле 5:

$$\rho_{\text{черн.точ.}} = 0,06 \cdot 873 \approx 50 \text{ мкм};$$

$$\rho_{\text{чист.точ.}} = 0,04 \cdot 50 \approx 2 \text{ мкм};$$

Минимальный припуск под черновое точение:

$$2Z_{\text{min}_1} = 2 \cdot \left(150 + 250 + \sqrt{873^2 + 80^2} \right) = 2554 \text{ мкм};$$

Минимальный припуск под чистовое точение:

$$2Z_{\text{min}_2} = 2 \cdot \left(50 + 50 + \sqrt{50^2 + 80^2} \right) = 400 \text{ мкм};$$

Минимальный припуск под шлифование:

$$2Z_{\text{min}_3} = 2 \cdot (30 + 30) = 120 \text{ мкм};$$

Табл. 4. Таблица минимальных припусков на диаметральные и осевые размеры

Технологические переходы обработки поверхности	Элементы припуска, мкм				Расчетный припуск $2z_{\min}$, мкм	Допуск Т, мкм
	R_z	H	ρ	ϵ		
Диаметр $\varnothing 90h6(-0,022)$						
Заготовка - поковка	150	250	873	-	-	2800
Точение:						
черновое	50	50	52	500	2775	-
чистовое	30	30	0	80	391	-
шлифование (h6)	5	15	0	0	120	-
Диаметр $\varnothing 104 (\pm 0,2)$						
Заготовка - поковка	150	250	873	-	-	-
Точение:						
черновое	50	50	52	500	2775	-
чистовое	30	30	0	80	390	-
Минимальные припуски на осевые технологические размеры						
Технологические переходы обработки поверхности	Элементы припуска, мкм				Расчетный припуск z_{\min} , мкм	Допуск Т, мкм
	R_z	H	ρ	ϵ		
Поверхность 105						
Заготовка - поковка	150	250	162	-	-	2700
Точение:						
черновое	50	50	52	120	602	-
чистовое	30	30	0	80	195	-
Поверхность 85						
Заготовка - поковка	150	250	150	-	-	2500
Точение:						
черновое	50	50	52	120	592	-
чистовое	30	30	0	80	195	-
Поверхность 75						
Заготовка - поковка	150	250	150	-	-	2500
Точение:						
черновое	50	50	52	120	592	-
чистовое	30	30	0	80	195	-

1.8.1. Расчёт продольных технологических размеров

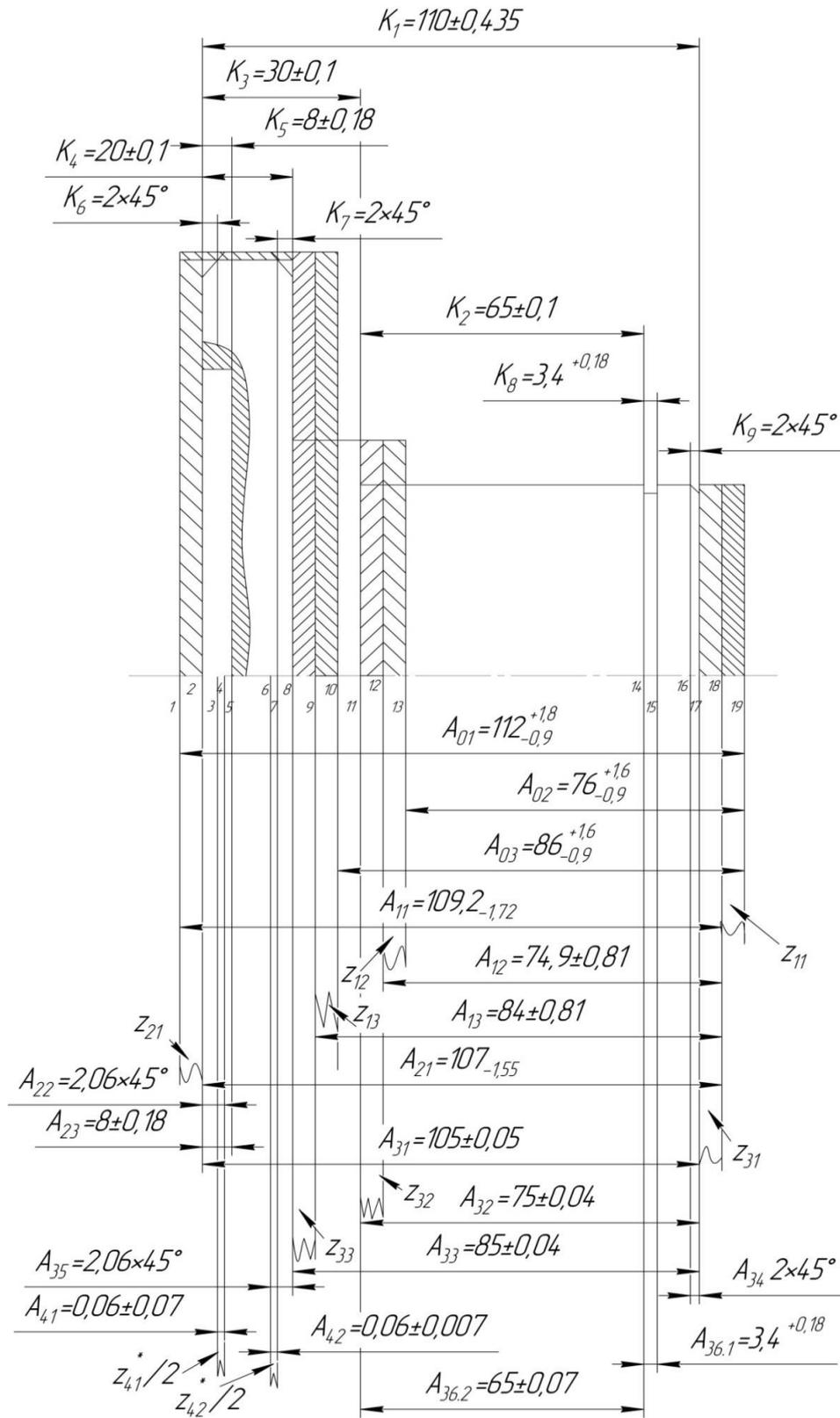


Рис. 4. Размерная схема для осевых размеров в мм

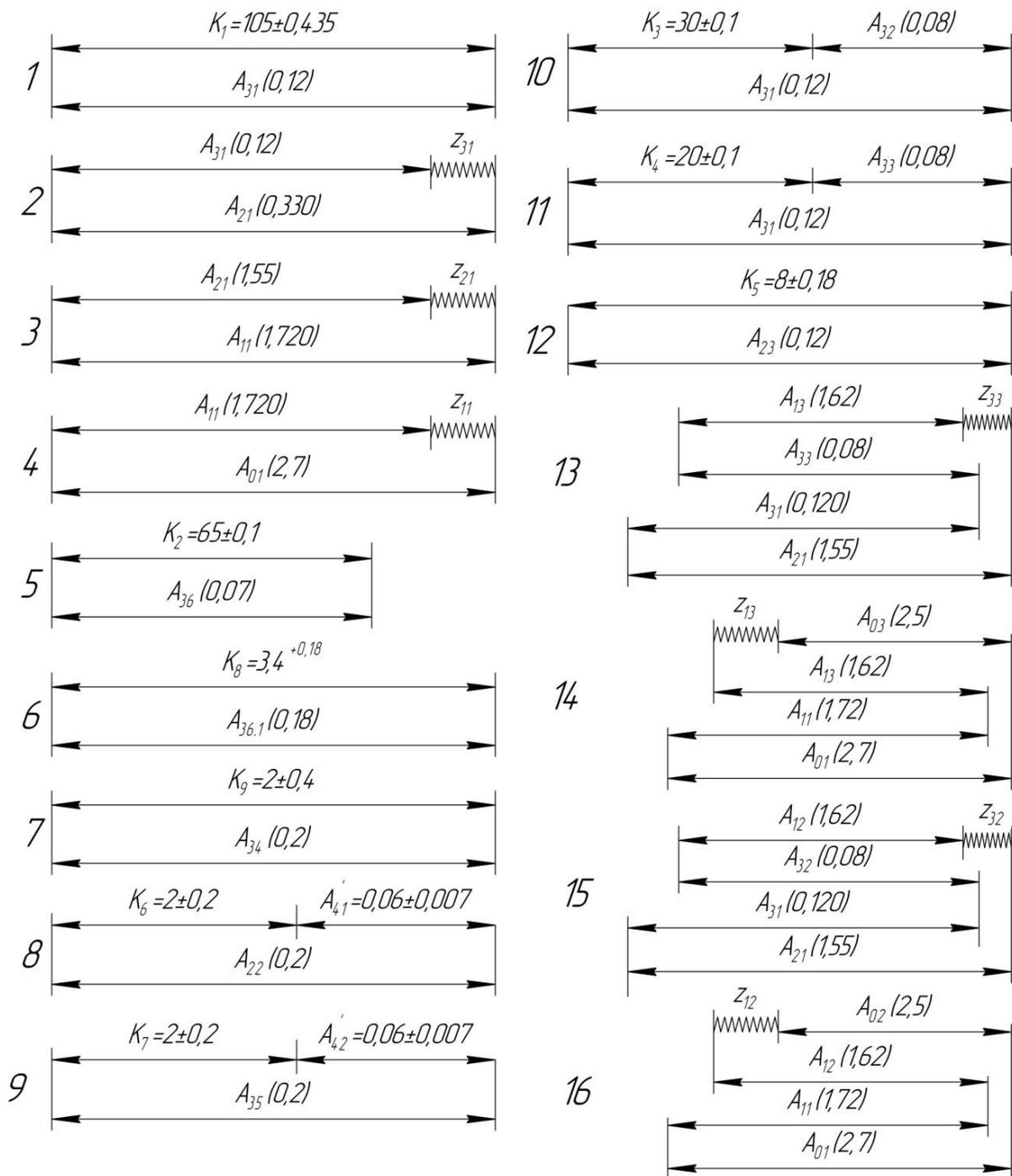


Рис. 6. Размерные цепи осевых технологических размеров в мм

В результате проведения операции шлифования получаем технологические размеры A_{41} и A_{42} .

Данные размеры необходимо принять равные половине припуска на шлифовании размера D_{42} соответственно. Тогда имеем, $A_{41} = z_{D_{4.2}}^d / 2 = 0,06 \pm 0,007$; $A_{42} = z_{D_{4.2}}^d / 2 = 0,06 \pm 0,007$; Указанные размеры в мм.

Для проверки обеспечения требуемой точности воспользуемся формулами, приведёнными далее.

$$TK_3 = 0,2 \geq 0,2 = 0,08 + 0,12 = TA_{32} + TA_{31};$$

$$TK_4 = 0,2 \geq 0,2 = 0,12 + 0,08 = TA_{31} + TA_{33};$$

$$TK_6 = 0,4 > 0,127 = 0,12 + 0,007 = TA_{22} + TA_{41};$$

$$TK_7 = 0,4 > 0,127 = 0,12 + 0,007 = TA_{35} + TA_{42};$$

Все непосредственно не выдерживаемые конструкторские размеры выдерживаются. Для обеспечения необходимых характеристик детали, принимаем размер A_{31} равный технологической точности.

$$A_{23} = K_5 = 8 \pm 0,18 \text{ мм};$$

$$A_{31} = 105 \pm 0,06 = K_1 = 105 \pm 0,435 \text{ мм};$$

$$A_{36.1} = K_8 = 3,4_{-0,18} \text{ мм};$$

$$A_{36.2} = K_6 = 65 \pm 0,1 \text{ мм};$$

$$A_{34} = K_9 = 2 \pm 0,2 \text{ мм};$$

Из цепи №2 найдём технологический размер A_{21} .

$$z_{31}^c = z_{31\min} + \frac{TA_{31} + TA_{21}}{2} = 0,195 + \frac{0,12 + 1,550}{2} = 1,03;$$

$$A_{31}^c = A_{31} + \frac{BOA_{31} + HOA_{31}}{2} = 105 + \frac{0,06 - 0,06}{2} = 105;$$

$$A_{21}^c = A_{31}^c + z_{31}^c = 105 + 1,03 = 106,03 \pm 0,775;$$

$$A_{21}^{\max} = 106,805_{-1,5} \approx 107_{-1,5};$$

$$z_{31} = 2;$$

Из цепи №3 найдём технологический размер A_{11} .

$$z_{21}^c = z_{21\min} + \frac{TA_{21} + TA_{11}}{2} = 0,602 + \frac{1,550 + 1,72}{2} = 2,237;$$

$$A_{11}^c = A_{21}^c + z_{21}^c = 106,03 + 2,237 = 108,267 \pm 0,86;$$

$$A_{11}^{\max} = 109,127 \approx 109,2_{-1,72};$$

$$z_{21} = 2,2;$$

Из цепи №4 найдём технологический размер A_{01} .

$$z_{11}^c = z_{11\min} + \frac{TA_{11} + TA_{01}}{2} = 0,602 + \frac{1,72 + 2,7}{2} = 2,812;$$

$$A_{01}^c = A_{11}^c + z_{11}^c = 108,267 + 2,812 = 111,079 \approx 112_{-0,9}^{+1,8};$$

$$z_{11} = 2,8;$$

Из цепи №8 найдём технологический размер A_{22} .

$$K_6^c = A_{22}^c - A_{41}^c;$$

$$A_{22}^c = K_6^c + A_{41}^c = 2 + 0,06 = 2,06 \pm 0,1;$$

Из цепи №9 найдём технологический размер A_{35} .

$$K_7^c = A_{35}^c - A_{42}^c;$$

$$A_{35}^c = K_7^c + A_{42}^c = 2 + 0,06 = 2,06 \pm 0,1;$$

Из цепи №10 найдём технологический размер A_{32} .

$$K_3^c = A_{31}^c - A_{32}^c;$$

$$A_{32}^c = A_{31}^c - K_3^c = 105 - 30 = 75 \pm 0,04;$$

Из цепи №11 найдём технологический размер A_{33} .

$$K_4^c = A_{31}^c - A_{33}^c;$$

$$A_{33}^c = A_{31}^c - K_4^c = 105 - 20 = 85 \pm 0,04;$$

Из цепи №13 найдём технологический размер A_{13} .

$$z_{33}^c = z_{33\min} + \frac{TA_{33} + TA_{13}}{2} = 0,195 + \frac{0,08 + 1,62}{2} = 1,045;$$

$$A_{13}^c = A_{33}^c + A_{21}^c - A_{31}^c - z_{33}^c = 85 + 106,03 - 105 - 1,045 = 84,985 \pm 0,81;$$

$$A_{13}^{max} = 84,9 \pm 0,81;$$

$$z_{33} = 1,13;$$

Из цепи №14 найдём технологический размер A_{03} .

$$z_{13}^c = z_{13\min} + \frac{TA_{13} + TA_{03}}{2} = 0,592 + \frac{1,62 + 2,5}{2} = 2,652;$$

$$A_{03}^c = A_{01}^c + A_{13}^c - A_{11}^c - z_{13}^c = 112 + 84,985 - 108,267 - 2,652 = 86,066 \approx 86_{-0,9}^{+1,6};$$

$$z_{13} = 2,718;$$

Из цепи №15 найдём технологический размер A_{12} .

$$z_{32}^c = z_{32\min} + \frac{TA_{32} + TA_{12}}{2} = 0,195 + \frac{0,08 + 1,62}{2} = 1,045;$$

$$A_{12}^c = A_{32}^c + A_{21}^c - A_{31}^c - z_{32}^c = 75 + 106,03 - 105 - 1,045 = 74,985 \approx 74,9 \pm 0,81;$$

$$z_{32} = 1,13;$$

Из цепи №16 найдём технологический размер A_{02} .

$$z_{12}^c = z_{12\min} + \frac{TA_{12} + TA_{02}}{2} = 0,592 + \frac{1,62 + 2,5}{2} = 2,652;$$

$$A_{02}^c = A_{01}^c + A_{12}^c - A_{11}^c - z_{12}^c = 112 + 74,9 - 108,267 - 2,652 = 76,066 \approx 76_{-0,9}^{+1,6};$$

$$z_{12} = 2,718;$$

1.8.2. Расчёт диаметральных технологических размеров

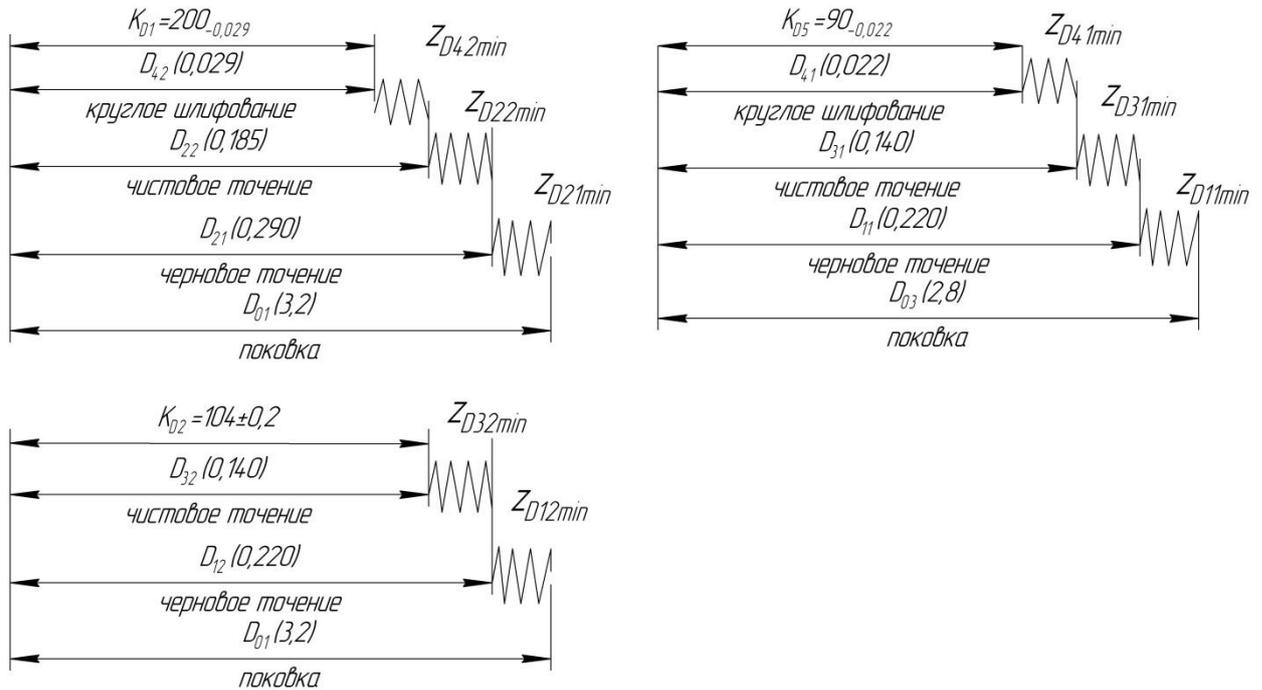


Рис.7. Размерные цепи для диаметральных размеров

Все непосредственно не выдерживаемые конструкторские размеры выдерживаются.

$$D_{33} = K_4^d = 86,5_{-0,35} \text{ мм};$$

$$D_{23} = 120^{+0,054} = K_6^d = 120 \pm 0,435 \text{ мм};$$

Расчёт технологических размеров при обработке наружной поверхности $\emptyset 200_{-0,029} \text{ мм}$.

$$D_{42}^c = D_{42} + \frac{BOD_{42} + HOD_{42}}{2} = 200 + \frac{0 - 0,029}{2} = 199,986;$$

$$z_{42c}^d = 2 \cdot z_{42}^d + \frac{TD_{42} + TD_{22}}{2} = 0,12 + \frac{0,029 + 0,160}{2} = 0,214;$$

$$D_{22}^c = D_{42}^c + z_{42}^c = 199,986 + 0,214 = 200,2 \pm 0,08 \approx 200,3_{-0,16};$$

$$2 \cdot z_{42}^d = 0,3;$$

$$z_{22c}^d = 2 \cdot z_{22}^d + \frac{TD_{22} + TD_{21}}{2} = 0,391 + \frac{0,160 + 0,29}{2} = 0,696;$$

$$D_{21}^c = D_{22}^c + z_{22}^c = 200,2 + 0,696 = 200,896 \pm 0,145 \approx 201,1_{-0,29};$$

$$2 \cdot z_{21}^d = 0,8;$$

$$z_{21c}^d = 2 \cdot z_{21}^d + \frac{TD_{21} + TD_{01}}{2} = 2,554 + \frac{0,29 + 3,2}{2} = 4,545;$$

$$D_{01}^c = D_{21}^c + z_{21}^c = 200,896 + 4,545 = 205,44_{-1,1}^{+2,1};$$

$$D_{01} = D_{01}^c + \frac{BOD_{01} + HOD_{01}}{2} = 205,44 + \frac{2,1 - 1,1}{2} = 205,885 \approx 206_{-1,1}^{+2,1};$$

$$2 \cdot z_{21}^d = 4,9;$$

Расчёт технологических размеров при обработке наружной поверхности $90_{-0,022}$. и $\emptyset 90_{-0,35}$.

$$D_{41}^c = D_{41} + \frac{BOD_{42} + HOD_{42}}{2} = 90 + \frac{0 + 0,022}{2} = 89,989;$$

$$z_{41c}^d = 2 \cdot z_{41}^d + \frac{TD_{41} + TD_{31}}{2} = 0,12 + \frac{0,029 + 0,140}{2} = 0,205;$$

$$D_{31}^c = D_{41}^c + z_{41}^c = 89,989 + 0,205 = 90,194 \pm 0,07 \approx 90,3_{-0,14};$$

$$2 \cdot z_{41}^d = 0,3;$$

$$z_{31c}^d = 2 \cdot z_{31}^d + \frac{TD_{31} + TD_{11}}{2} = 0,391 + \frac{0,140 + 0,220}{2} = 0,571;$$

$$D_{11}^c = D_{31}^c + z_{31}^c = 90,194 + 0,571 = 90,765 \pm 0,145 \approx 91_{-0,290};$$

$$2 \cdot z_{31}^d = 0,7;$$

$$z_{11c}^d = 2 \cdot z_{11}^d + \frac{TD_{11} + TD_{01}}{2} = 2,775 + \frac{0,22 + 2,8}{2} = 4,21;$$

$$D_{03}^c = D_{11}^c + z_{11}^c = 90,765 + 4,21 = 94,975_{-1,0}^{+1,8};$$

$$D_{03} = D_{03}^c + \frac{BOD_{03} + HOD_{03}}{2} = 94,975 + \frac{1,8 - 1,0}{2} = 95,375 \approx 95,5_{-1,0}^{+1,8};$$

$$2 \cdot z_{11}^d = 4,5;$$

Расчёт технологических размеров при обработке наружной поверхности $\emptyset 104_{-0,2}^{+0,2}$ мм.

$$D_{32}^c = D_{32} + \frac{BOD_{32} + HOD_{32}}{2} = 104 + \frac{0,2 - 0,2}{2} = 104;$$

$$z_{32c}^d = 2 \cdot z_{32}^d + \frac{TD_{32} + TD_{12}}{2} = 0,391 + \frac{0,4 + 0,22}{2} = 0,71;$$

$$D_{12}^c = D_{32}^c + z_{32}^c = 104 + 0,71 = 104,71 \pm 0,11 \approx 104,9_{-0,22};$$

$$2 \cdot z_{32}^d = 0,9;$$

$$z_{12c}^d = 2 \cdot z_{12}^d + \frac{TD_{12} + TD_{03}}{2} = 2,775 + \frac{0,22 + 3,2}{2} = 4,485;$$

$$D_{01}^c = D_{12}^c + z_{12}^c = 104,71 + 4,485 = 109,195_{-1,1}^{+2,1};$$

$$D_{03} = D_{03}^c + \frac{BOD_{03} + HOD_{03}}{2} = 109,195 + \frac{2,1 - 1,1}{2} = 109,695 \approx 110_{-1,0}^{+1,8};$$

$$2 \cdot z_{12}^d = 5,1;$$

1.9. Выбор средств технического оснащения

Оборудование выбрано на основе: типа производства, наличие оборудования в лабораториях ТПУ, обеспечения высокого качества и точности изготовления.

Табл. 5. Токарный обрабатывающий центр мод. GLS – 1500LY фирмы Goodway (Тайвань)

Максимальный диаметр точения, мм	430
Максимальная длина точения, мм	330/630
Скорость вращения шпинделя, об/мин	60-6000
Скорость быстрого перемещения по оси X,Z м/мин	30
Количество позиций в револьверной головке, шт	12
Позиционирование, мм	0,003
Система ЧПУ	Fanuk, Siemens
Тип направляющих	качения
Мощность двигателя шпинделя, кВт	11
Габаритные размеры, мм	2090 – 1640 – 1720
Вес, кг	3000

Табл. 6. Универсальный токарный станок с ЧПУ мод. GTX 310 ecoLine фирмы DMG-MORI (Япония)

Максимальный диаметр точения, мм	330
Максимальная длина точения, мм	450
Скорость вращения шпинделя, об/мин	60-4500
Ускоренный ход (X/Z), м/мин	30/30
Количество позиций в револьверной головке, шт	12
Позиционирование, мм	0,008
Система ЧПУ	Fanuk, Siemens
Тип направляющих	качения
Мощность двигателя шпинделя, кВт	11
Габаритные размеры, мм	3082 – 2260 - 1775
Вес, кг	3200

Табл.7. Вертикально-сверлильный станок мод. 2Н150 фирмы ООО НПО Станкостроение (Россия)

Наибольший условный диаметр сверления в стали, мм	50
Рабочая поверхность стола, мм	500×560
Наибольший ход шпинделя, мм	300
Наибольший ход стола, мм	260
Частота вращения шпинделя, об/мин	45 – 2000
Наибольший ход шпинделя	200
Подача шпинделя, мм/об	0,1 – 1,6
Количество соростей	12
Количество подач	9
Максимальная осевая сила резания, Н	9000
Мощность электродвигателя привода главного движения, кВт	2,8
Габаритные размеры, мм	2350 – 785 – 915
Вес, кг	880

Табл.8. Полуавтомат круглошлифовальный универсальный мод. 3М131 фирма ОАО «Шлифверст» (Россия)

Наибольшие размеры устанавливаемой заготовки, мм	280×700
Высота центров, мм	185
Наибольшее продольное перемещение стола, мм	710
Скорость перемещения стола, м/мин	0,05 - 5
Диаметр шлифовального круга, мм	450 - 600
Скорость вращения шпинделя шлифовальной бабки, об/мин	1590
Скорость вращения изделия, об/мин	40-400
Конус центров по ГОСТ 13241 - 67	Морзе 4
Частота вращения шпинделя, об/мин	25 – 1250
Скорость продольного хода стола, мм/мин	50-5000
Периодическая поперечная подача шлифовального круга, мм/ход	0,002-0,1
Габаритные размеры, мм	3176 – 1250 – 2170
Мощность двигателя, кВт	7,5

1.10. Расчёт режимов резания

При назначении элементов режимов резания (скорость резания, подача, глубина резания) учитывают характер обработки, тип и размеры инструмента, материал режущей части, материал и состояние заготовки, тип и состояние оборудования. Расчёт режимов резания произведен по методике изложенной в [6].

Исходные данные:

1. Заготовка – штамповка, сталь 40Х ГОСТ 4543-71.
2. Предел прочности стали 40Х – $\sigma_B = 1000$ МПа, твёрдость по Бринеллю НВ=220 кгс / мм².

Величины заднего угла α и вспомогательного угла в плане ϕ не приводятся, т.к. в предлагаемой методике расчётов не задействованы.

1. Режимы резания для операции 020. Токарная, обработка по контуру.

Инструмент – токарный проходной резец ISO DCLNR 2020K 12.

Резец с пластиной из твердого сплава типа Т15К10, пластина ISO CNMG 12 04 16-PM 4325.

Геометрия режущей части инструмента $\varphi = 95^{\circ}, \lambda = -5^{\circ}, \gamma = 5^{\circ}, r = 0,5$ мм.

При наружном продольном точении:

$$V_{рез} = \frac{C_v \cdot K_v}{T^m \cdot t^x \cdot S^y}; \quad (1)$$

Стойкость инструмента $T=60$ мин.

Коэффициенты и показатели степени: $C_v=340; m=0.2; x=0.15; y=0.45;$

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{pv} \cdot K_{iv}; \quad (2)$$

где $K_{iv}=1$ – коэффициент, учитывающий материал инструмента; $K_{pv}=0,8$ – коэффициент, учитывающий состояние поверхности; $K_{mv} = K_{\Gamma} \cdot \left(\frac{750}{\sigma_{\epsilon}}\right)^{n_v}$ – коэффициент, учитывающий материала заготовки; $n_v=1; K_{\Gamma}=1; \sigma_B=530$ МПа ;

$$K_{mv} = 0,95 \cdot \left(\frac{750}{530}\right)^1 = 1,344;$$

$$K_v = 1,344 \cdot 0,8 \cdot 0,65 = 0,7;$$

Скорость резания по формуле (1):

$$V_{рез} = \frac{340 \cdot 0,7}{60^{0,2} \cdot 2,8^{0,15} \cdot 0,8^{0,45}} = 105,126 \text{ м / мин};$$

$$S = 0,8, \quad t = 2,8;$$

Частота вращения детали:

$$n = \frac{1000 \cdot V_{рез}}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 105,126}{\pi \cdot 90} = 371,807 \approx 371 \text{ об / мин}; \quad (3)$$

Сила резания:

$$P_{xyz} = 10 \cdot C_v \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p; \quad (4)$$

где

$$K_p = K_{mp} \cdot K_{\varphi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{rp}; \quad (5)$$

где

$$K_{mp} = \left(\frac{\sigma_{\epsilon}}{750}\right)^n = \left(\frac{530}{750}\right)^{0,75} = 0,771,$$

$n = 0,75$ - для твердого сплава;

Табл.9. Сводная таблица коэффициентов

п/п	Коэффициенты $K_{m p}, K_{\varphi p}, K_{\gamma p}, K_{\lambda p}, K_{r p}$								
	Коэффициенты C_p x, y, n								
п/п	C_p	x	Y	N	$K_{\varphi p}$	$K_{\gamma p}$	$K_{\lambda p}$	$K_{r p}$	$K_{m p}$
P_z	300	1	0,75	-0,15	0,89	1,25	1	1	0,771
P_y	243	0,9	0,6	-0,3	0,5	2	0,75	1	0,771
P_x	339	1	0,5	-0,4	1,17	2	1,07	1	0,771

Тогда по формуле (5):

$$K_{pz} = 0,89 \cdot 1,25 \cdot 1 \cdot 0,771 \cdot 1 = 0,963;$$

$$K_{py} = 1 \cdot 0,77 \cdot 1 \cdot 0,771 \cdot 1 = 0,593;$$

$$K_{px} = 1 \cdot 1,11 \cdot 0,771 \cdot 1 \cdot 1 = 1,93;$$

Главная составляющая силы резания по формуле (4):

$$P_z = 9,8 \cdot 300 \cdot 2,86^1 \cdot 0,8^{0,75} \cdot 105,126^{-0,15} \cdot 0,746 = 2641 \text{ H};$$

Мощность резания:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{3361 \cdot 105,126}{1020 \cdot 60} = 4,537 \text{ кВт}. \quad (6)$$

1. Режимы резания для операции 025, токарная по контуру.

В виду подобия текущей операции с операцией 020 режимы резания принимаются аналогичные.

3. Операция 025, переход 2, сверлить отверстие $\varnothing 16$ мм.

Инструмент сверло спиральное $\varnothing 16$ из быстрорежущей стали марки P6M5, с цилиндрическим хвостовиком по ГОСТ 10902-77.

Скорость резания при сверлении:

$$V_{рез} = \frac{C_v \cdot D^q \cdot K_v}{T^m \cdot f^x \cdot S^y}; \quad (1)$$

Стойкость инструмента $T=45$ мин.

Коэффициенты и показатели степени: $C_v=7, m=0,2, y=0,7, q=0,4$.

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{lv} \cdot K_{uv} [6]; \quad (2)$$

где $K_{иv} = 1$ – коэффициент, учитывающий материал инструмента; $K_{lv}=1$ – коэффициент, учитывающий глубину сверления; $K_{mv} = K_{\Gamma} \cdot \left(\frac{750}{\sigma_{\epsilon}}\right)^{n_v}$ – коэффициент, учитывающий материала заготовки; $n_v=1$; $K_{\Gamma}=1$; $\sigma_B = 530$ МПа;

$$K_{mv} = 0,85 \cdot \left(\frac{750}{530}\right)^1 = 1,2;$$

$$K_v = 1,2 \cdot 1 \cdot 1 = 1,2;$$

Скорость резания по формуле (1):

$$V_{рез} = \frac{7 \cdot 1,2 \cdot 16^{0,4}}{45^{0,2} \cdot 8^{0,2} \cdot 0,18^{0,7}} = 299,376 \approx 46,741 \text{ м / мин};$$

Частота вращения детали:

$$n = \frac{1000 \cdot V_{рез}}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 46,741}{\pi \cdot 90} = 930 \text{ об / мин}; \quad (3)$$

Определяем крутящий момент по формуле:

$$M_{кр} = 10 \cdot C_M \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p; \quad (4)$$

Значения коэффициентов: $C_M = 0,0345$; $q = 2,0$; $y = 0,8$; Коэффициент $K_p = K_{MP} = 0,85$;

Крутящий момент по формуле (4):

$$M_{кр} = 10 \cdot C_M \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p = 10 \cdot 0,0345 \cdot 16^2 \cdot 0,18^{0,8} \cdot 0,85 = 19,04 \text{ Н·м.}$$

Определяем осевую силу по формуле:

$$P_o = 10 \cdot C_p \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p \quad (5)$$

Значения коэффициентов: $C_p = 68$; $q = 1,0$; $y = 0,7$;

Осевая сила по формуле (5):

$$P_o = 10 \cdot C_p \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p = 10 \cdot 68 \cdot 16^{1,0} \cdot 0,18^{0,7} \cdot 0,85 = 2784 \text{ Н}; \quad (6)$$

Мощность резания:

$$N = \frac{M_{кр} \cdot n_{\phi}}{9750} = \frac{19,4 \cdot 930}{9750} = 1,85 \text{ кВт.} \quad (7)$$

4. Операция 025, переход 3, расточить диаметр.

Инструмент – токарный проходной резец ISO A12M-STFCR 11-RB1.

Резец с пластинами из твердого сплава типа Т30К4, пластина ISO TCMT 11 03 12-PR 4325

Геометрия инструмента $\varphi = 95^{\circ}, \lambda = -5^{\circ}, \gamma = 5^{\circ}, r = 0,5$ мм;

Режимы резания при растачивании выбираем по рекомендациям [6].

Тогда

$$V_p = 300 \frac{\text{ММ}}{\text{МИН}}, S = 0,27 \frac{\text{ММ}}{\text{ОБ}}, t = z = 2 \text{ мм.}$$

Частота вращения детали:

$$n = \frac{1000 \cdot V_{рез}}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 300}{\pi \cdot 120} = 796 \text{ об / мин}; \quad (1)$$

Сила резания:

$$P_{xyz} = 10 \cdot C_v \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p; \quad (2)$$

где

$$K_p = K_{mp} \cdot K_{\varphi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{rp}; \quad (3)$$

где

$$K_{mp} = \left(\frac{\sigma_a}{750} \right)^n = \left(\frac{530}{750} \right)^{0,75} = 0,771,$$

$n=0,75$ - для твердого сплава.

Табл.10. Сводная таблица коэффициентов

п/п	Коэффициенты $K_{mp}, K_{\varphi p}, K_{\gamma p}, K_{\lambda p}, K_{rp}$ [6]					Коэффициенты C_p, x, y, n [6]			
	C_p	x	Y	N	$K_{\varphi p}$	$K_{\gamma p}$	$K_{\lambda p}$	K_{rp}	K_{mp}
P_z	300	1	0,75	-0,15	0,89	1,0	1	1	0,771
P_y	243	0,9	0,6	-0,3	0,5	1,0	0,75	1	0,771
P_x	339	1	0,5	-0,4	1,17	1,0	1,07	1	0,771

Тогда по формуле (3):

$$K_{pz} = 0,89 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,771 \cdot 1 = 0,686;$$

$$K_{py} = 0,5 \cdot 0,75 \cdot 1 \cdot 0,771 \cdot 1 = 0,289;$$

$$K_{px} = 1,17 \cdot 1,0 \cdot 1,07 \cdot 1 \cdot 0,771 = 0,965;$$

Главная составляющая силы резания по формуле (2):

$$P_z = 9,8 \cdot 300 \cdot 2^1 \cdot 0,2^{0,75} \cdot 300^{-0,15} \cdot 0,686 = 512,49 \text{ Н};$$

Мощность резания:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{512,49 \cdot 300}{1020 \cdot 60} = 2,51 \text{ кВт}; \quad (4)$$

5. Операция 025, переход 4, сверлить отверстие центровым сверлом.

На операциях 025 переход 4 и 030 переход 3 производится сверление центровых отверстий центровочным сверлом, после чего отверстия по очереди выполняют функции опоры и базы на шлифовальной операции. Материал центровочного сверла быстрорежущая сталь Р6М5. Для операции 025, переход 4, использовать сверла центровочные комбинированные по ГОСТ 14952-75 (без предохранительного конуса ТИП А) $d=8$ $D=20$ $L83$ $l=11,5$. Стойкость сверла $T = 60 \text{ мин}$. Для операции 030, переход 3 использовать сверло специальное по DIN 8374.

Основные параметры при сверлении:

глубина резания: $t = 0,5 D_{омс}$, мм; подача в направлении резания (сверления) s , мм/об;

Скорость резания:

$$v = \frac{C_v \cdot D_{омс}^q}{T^m s^y} K_v, \text{ м/мин}; \quad (1)$$

здесь C_v, q, m, y - коэффициент и показатели степени из [6];

$$K_v = K_{Mv} K_{Iv} K_{lv}; \quad (2)$$

где K_v - поправочный коэффициент, $K_{Mv} = 1,2$ коэффициент на обрабатываемый материал, $K_{Iv} = 1,0$ коэффициент на инструментальный материал; $K_{lv} = 1,0$ коэффициент, учитывающий глубину резания.

Подача при сверлении зависит от диаметра сверла, а в данном случае $D_{омс} = 8 \text{ мм}$ для стали 40х с НВ 156-197, то подача $s = 0,15 \text{ мм/об}$.

Назначаем коэффициенты $C_v = 7,0$, $q = 0,40$, $m = 0,20$, $y = 0,70$. С учётом этих коэффициентов по формуле 1:

$$v = \frac{C_v \cdot D_{oms}^q}{T^m \cdot s^y} = \frac{7,0 \cdot 8^{0,40}}{60^{0,20} \cdot 0,15^{0,70}} \cdot 1,2 = 32,109 \text{ м / мин};$$

Так как сверло будет закреплено неподвижно, то вращение необходимо задавать детали, поэтому необходимо рассчитать частоту вращения заготовки:

$$n = \frac{1000 \cdot v_s}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 32,109}{3,14 \cdot 90} = 114 \text{ мин}^{-1};$$

Крутящий момент осевая сила при сверлении:

$$M_{кр} = 10 C_M D^q s^y K_p, H \cdot м; \quad (3)$$

здесь C_M, q, y - коэффициент и показатели степени из [6]: $K_p = 0,94$ коэффициент, учитывающий условие обработки, в данном случае зависит от материала заготовки.

Назначаем коэффициенты и показатель для степени: $C_M = 0,0345$, $q = 2,0$, $y = 0,8$;

Теперь можно подставить в формулу 3:

$$M_{кр} = 10 C_M D^q s^y K_p = 10 \cdot 0,0345 \cdot 4^{2,0} \cdot 0,15^{0,8} \cdot 0,94 = 1,14 H \cdot м.$$

Осевая сила при сверлении по рекомендациям из [6]:

$$P_0 = 10 C_P D^q s^y K_p, H; \quad (4)$$

здесь C_P, q, y - коэффициент и показатели степени: $K_p = 0,94$ коэффициент, учитывающий условие обработки, в данном случае зависит от материала заготовки.

Назначаем коэффициенты и показатель для степени: $C_P = 68$, $q = 1,0$, $y = 0,7$.

Теперь можно подставить в формуле (4):

$$P_0 = 10 C_P D^q s^y K_p = 10 \cdot 68 \cdot 4^{1,0} \cdot 0,15^{0,7} \cdot 0,94 = 677,6 H;$$

Тогда мощность резания:

$$N_e = \frac{M_{кр} \cdot n}{9750} = \frac{1,14 \cdot 114}{9750} = 0,013 \text{ кВт}. \quad (5)$$

6. Операция 030, переход 1, сверлить 16 отверстий Ø14,5 мм.

Инструмент сверло спиральное Ø14,5 мм из быстрорежущей стали марки Р6М5, с цилиндрическим хвостовиком по ГОСТ 10902-77.

Скорость резания сверления:

$$V_{рез} = \frac{C_v \cdot D^q \cdot K_v}{T^m \cdot t^x \cdot S^y}; \quad (1)$$

Стойкость инструмента $T = 45$ мин.

Коэффициенты и показатели степени по [6] : $C_v=7$, $m=0,2$, $y=0,7$, $q=0,4$.

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{lv} \cdot K_{uv}; \quad (2)$$

где $K_{uv}=1$ – коэффициент, учитывающий материал инструмента; $K_{lv}=1$ – коэффициент, учитывающий глубину сверления; $K_{mv} = K_\Gamma \cdot \left(\frac{750}{\sigma_B}\right)^{n_v}$ – коэффициент, учитывающий материала заготовки; $n_v=1$; $K_\Gamma=0,85$; $\sigma_B=530$ МПа;

$$K_{mv} = 0,85 \cdot \left(\frac{750}{530}\right)^1 = 1,2;$$

$$K_v = 1,2 \cdot 1 \cdot 1 = 1,2;$$

Скорость резания

$$V_{рез} = \frac{7 \cdot 1,2 \cdot 14,5^{0,4}}{45^{0,2} \cdot 7,25^{0,2} \cdot 0,18^{0,7}} = 44,937 \text{ м / мин};$$

$S = 0,18$ мм/об,

Частота вращения детали:

$$n = \frac{1000 \cdot V_{рез}}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 44,973}{\pi \cdot 90} = 986 \text{ об / мин};$$

Определяем крутящий момент по формуле :

$$M_{кр} = 10 \cdot C_M \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p; \quad (3)$$

Значения коэффициентов: $C_M = 0,0345$; $q = 2,0$; $y = 0,8$; Коэффициент $K_p = K_{MP} = 0,85$;

Крутящий момент по формуле (3):

$$M_{кр} = 10 \cdot 0,0345 \cdot 14,5^2 \cdot 0,18^{0,8} \cdot 0,85 = 15,64 \text{ Н}\cdot\text{м};$$

Определяем осевую силу по формуле:

$$P_o = 10 \cdot C_p \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p; \quad (4)$$

Значения коэффициентов: $C_p = 68$; $q = 1,0$; $y = 0,7$;

Осевая сила по формуле (4):

$$P_o = 10 \cdot C_p \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p = 10 \cdot 68 \cdot 16^{1,0} \cdot 0,18^{0,7} \cdot 0,85 = 2523 \text{ Н};$$

Мощность резания:

$$N = \frac{M_{кр} \cdot n_{\phi}}{9750} = \frac{15,64 \cdot 986}{9750} = 1,618 \text{ кВт.} \quad (5)$$

7. Операция 030, переход 2, зенкеровать отверстия $\varnothing 16$ мм .

Инструмент зенкер $\varnothing 16$ мм, $d_0 = 3,2$ мм, $l = 60$ мм, $z = 3$, по ГОСТ 14953 – 80 ,
где z – число зубьев зенкера;

Скорость резания:

$$V_{рез} = \frac{C_v \cdot D^q \cdot K_v}{T^m \cdot t^x \cdot S^y}; \quad (1)$$

Стойкость инструмента $T=30$ мин.

Коэффициенты и показатели степени: $C_v=16,3$, $m=0,2$, $y=0,5$, $q=0,4$, $x=0,2$.

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{lv} \cdot K_{uv}; \quad (2)$$

где $K_{uv}=1$ – коэффициент, учитывающий материал инструмента; $K_{lv}=1$ – коэффициент, учитывающий глубину зенкерования; $K_{mv} = K_{\Gamma} \cdot \left(\frac{750}{\sigma_b}\right)^{n_v}$ – коэффициент, учитывающий материала заготовки ; $n_v=1$, $K_{\Gamma}=0,85$; $\sigma_b = 530$ МПа;

$$K_{mv} = 0,85 \cdot \left(\frac{750}{530}\right)^1 = 1,2;$$

$$K_v = 1,2 \cdot 1 \cdot 1 = 1,2;$$

Скорость резания по формуле (1):

$$V_{рез} = \frac{16,3 \cdot 1,2 \cdot 18,5^{0,4}}{30^{0,2} \cdot 4^{0,2} \cdot 0,6^{0,5}} = 31,141 \text{ м / мин};$$

$S = 0,6$ мм/об,

Частота вращения детали:

$$n = \frac{1000 \cdot V_{рез}}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 31,141}{\pi \cdot 18,5} = 536 \text{ об / мин}; \quad (3)$$

Определяем крутящий момент по формуле [6]:

$$M_{кр} = 10 \cdot C_M \cdot D^q \cdot S^y \cdot t_x \cdot K_p; \quad (4)$$

Значения коэффициентов: $C_M = 0,09$; $q = 1,0$; $y = 0,8$, $x = 0,9$; коэффициент $K_P = K_{MP} = 0,85$;

Крутящий момент по формуле (4):

$$M_{кр} = 10 \cdot 0,09 \cdot 18,5^1 \cdot 0,6^{0,8} \cdot 4^{0,9} \cdot 0,85 = 32,75 \text{ Н}\cdot\text{м}.$$

Определяем осевой момент по формуле:

$$P_0 = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot s^y \cdot K_P; \quad (5)$$

Значения коэффициентов: $C_p = 67$; $x = 1,2$; $y = 0,65$;

Осевая сила, по формуле (5):

$$P_0 = 10 \cdot 67 \cdot 4^{1,2} \cdot 0,6^{0,65} \cdot 0,85 = 2157 \text{ Н}\cdot\text{м};$$

Мощность резания:

$$N = \frac{P_0 \cdot n_\phi}{9750} = \frac{32,75 \cdot 536}{9750} = 1,814 \text{ кВт}.$$

8. Операция 030, переход 3, нарезание резьбы М16 – 1,5 – 6Н.

Материал режущего инструмента выбираем в соответствии по рекомендациями [6] – Р6М5.

Подача: $s = P = 1,5$ мм/об, где P – шаг резьбы.

Скорость резания определяется по формуле:

$$V = \frac{C_V \cdot D^q}{T^m \cdot S^y} \cdot K_V, \quad (1)$$

Значения коэффициентов: $C_V = 64,8$; $m = 0,90$; $y = 0,5$; $q = 1,2$; $T=90$ мин; коэффициент K_V определяем по формуле:

$$K_V = K_{MV} \cdot K_{CV} \cdot K_{IV}; \quad (2)$$

где K_{CV} – коэффициент, учитывающий способ нарезания резьбы; $K_{M1} = 0,7$; $K_{T1} = 0,8$; $K_{И1} = 1,0$;

$$K_V = K_{MV} \cdot K_{CV} \cdot K_{IV} = 0,7 \cdot 0,8 \cdot 1,0 = 0,56;$$

Скорость резания по формуле (1):

$$V = \frac{C_V \cdot d^q}{T^m \cdot S^y} \cdot K_V = \frac{64,8 \cdot 14,5^{1,2}}{90^{0,9} \cdot 1,5^{0,5}} \cdot 0,56 = 12,78 \text{ м / мин.}$$

Расчётное число оборотов шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 12,78}{3,14 \cdot 14,5} = 280,56 \approx 280 \frac{\text{об}}{\text{мин}}; \quad (3)$$

Принимаем фактическое число оборотов, с учетом типа станка:

$$M_{кр} = 10 \cdot C_M \cdot D^q \cdot P^y \cdot K_p; \quad (4)$$

Значения коэффициентов: $C_M = 0,027$; $q = 1,4$; $y = 1,5$; Коэффициент $K_p = K_{MP} = 1,3$;

Крутящий момент по формуле (4):

$$M_{кр} = 9,8 \cdot 0,027 \cdot 14,5^{1,4} \cdot 1,5^{1,5} \cdot 1,3 = 26,7 \text{ Н·м};$$

Мощность резания:

$$N = \frac{M_{кр} \cdot n}{975} = \frac{26,7 \cdot 280}{975} = 7,668 \text{ кВт}; \quad (5)$$

Мощность станка составляет 2,8 кВт.

С условием мощности станка рассчитаем скорость вращения и количество оборотов шпинделя.

$$n = \frac{975 \cdot N_{ст}}{M_{кр}} = \frac{975 \cdot 2,8}{26,7} = 102,247 \approx 100 \text{ об/мин};$$

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 14,5 \cdot 100}{1000} = 4,44 \text{ м/мин.}$$

9. Режимы резания для операции 030, переход 1, токарная по контуру.

Инструмент – токарный проходной резец ISO DCLNR 2020K 12.

Резец с пластинами из твердого сплава T15K6, пластина ISO CNMG 12 04 16 - PM 4325.

Геометрия режущего инструмента $\phi = 95^\circ$ $\lambda = -5^\circ$ $\gamma = 5^\circ$ $r = 0,5 \text{ мм}$;

При наружном продольном точении:

$$V_{рез} = \frac{C_v \cdot K_v}{T^m \cdot t^x \cdot S^y}; \quad (1)$$

Стойкость инструмента $T = 60$ мин.

Коэффициенты и показатели степени: $C_v=420$, $m=0,2$, $x=0,15$, $y=0,2$.

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{nv}; \quad (2)$$

где $K_{nv}=1$ – коэффициент, учитывающий материал инструмента; $K_{nv}=1$ – коэффициент, учитывающий состояние поверхности; $K_{mv} = K_{\Gamma} \cdot \left(\frac{750}{\sigma_B}\right)^{n_v}$ – коэффициент, учитывающий материала заготовки; $n_v = 1$, $K_{\Gamma} = 0,95$; $\sigma_B = 530$ МПа;

$$K_{mv} = 0,95 \cdot \left(\frac{750}{530}\right)^1 = 1,344;$$

$$K_v = 1,344 \cdot 1 \cdot 1 = 1,344;$$

Скорость резания по формуле (1):

$$V_{рез} = \frac{420 \cdot 1,344}{60^{0,2} \cdot 1,1^{0,15} \cdot 0,3^{0,2}} = 312,166 \approx 312 \text{ м / мин};$$

$$S = 0,3, \quad t = 1,1;$$

Частота вращения детали:

$$n = \frac{1000 \cdot V_{рез}}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 312}{\pi \cdot 90} = 1103 \text{ об / мин}; \quad (3)$$

10. Операция 035, переход 2, точить канавку

Режимы резания выбираем аналогичные пункту 1.

Инструмент – резец канавочный по ISO QD-LL1G33-25A.

Резец с пластинами из твердого сплава типа T15K6, пластина ISO QD-NG-0318-0002-СМ 1125.

Принимаем подачу: $S = 0,1$ мм/об;

При прорезании пазов – скорость рассчитывается по формуле ;

$$V = \frac{C_v \cdot K_v}{T^m \cdot S^y} = \frac{47 \cdot 0,7}{60^{0,2} \cdot 0,1^{0,8}} = 91,53 \frac{\text{м}}{\text{мин}}; \quad (1)$$

Скорость вращения заготовки:

$$n = \frac{1000 \cdot V_{рез}}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 91,53}{\pi \cdot 90} = 323,721 \approx 323 \text{ об / мин}; \quad (2)$$

11. Операция 035, переход 4, нарезать резьбу М8-6Н.

Режимы резания выбрать аналогичные пункту 8.

12. Операция 040, переход 1, шлифовальная.

Для шлифования закаленной стали марки 40Х выбираем шлифовальный круг на основе электрокорунда белого по ГОСТ 2424-83: ПП 450x20x127 15А 40 С2 К8 5[6] .

Скорость вращения детали принимаем в соответствии с рекомендациями приведенными в [6]: $V_{заг} = 30$ м/мин;

$$n_3 = \frac{1000 \cdot v_3}{\pi D_3} = \frac{1000 \cdot 30}{3,14 \cdot 200} = 47,748 \text{ об/мин}; \quad (1)$$

Глубину резания выбираем: $t = 0,01$ мм

Продольную подачу выбираем: $s = 6$ мм/об.

Эффективная мощность, кВт, при шлифовании периферией круга:

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

где d – диаметр шлифования; $C_N = 2,2$; $r = 0,5$; $x = 0,5$; $y = 0,55$;

Тогда:

$$N = 2,2 \cdot 30^{0,5} \cdot 0,01^{0,5} \cdot 6^{0,55} = 2,24 \text{ кВт}.$$

13. Операция 040, переход 2, шлифовать $\varnothing 90_{-0,022}$ мм .

Для $\varnothing 90_{-0,022}$ мм, назначаем режимы шлифования аналогичные пункту 12.

1.12. Расчет основного времени.

Для токарных работ см. рис.6 при точении наружной поверхности до упора расчёт производится по формуле:

$$T_0 = \frac{L}{n \cdot S_0} i, \quad (1)$$

где T_0 - основное время на операцию (переход), мин;
 L - расчётная длина рабочего хода инструмента, мм;
 n - частота вращения шпинделя, мин⁻¹;
 S - подача на оборот шпинделя, мм/об;
 i - число проходов инструмента.

Причём

$$L = l + l_1 + l_2, \quad (2)$$

здесь l - длина обрабатываемой поверхности, мм;
 l_1 - величина врезания инструмента, мм;
 l_2 - величина пробега инструмента, мм.
 Величина врезания инструмента:

$$l_1 = \frac{t}{\operatorname{tg}(\varphi)}, \quad (3)$$

где t – глубина резания, мм; φ - угол в плане;

Тогда окончательная формула для определения основного времени:

$$T_0 = (l + t/\operatorname{tg} \varphi + l_1 + l_2) \cdot i / (n \cdot S), \quad (4)$$

1. Основное время для операции 020, переход 1:

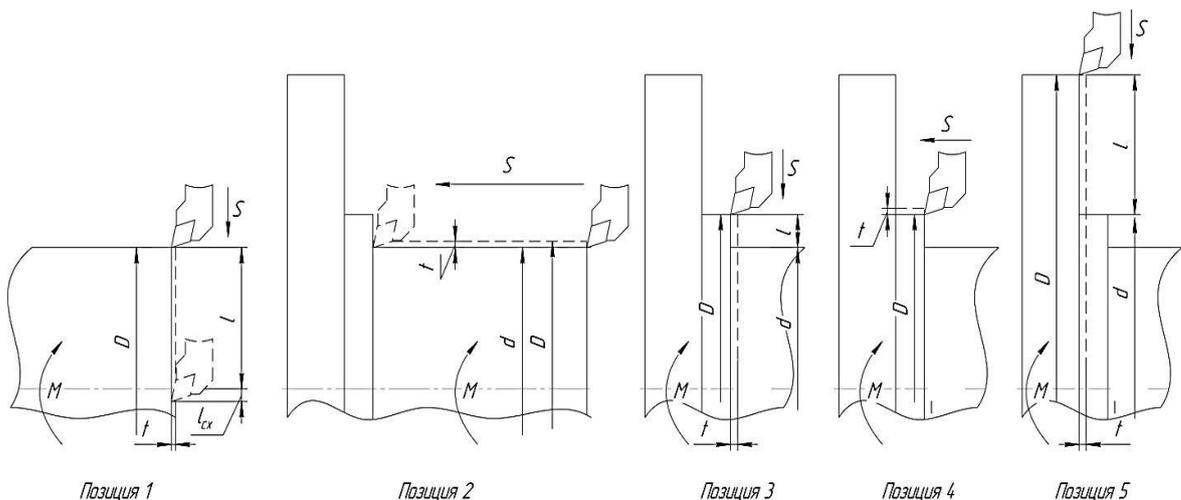


Рис. 6 Схемы к расчёту основного времени при контурной обработке

Для удобства расчётов, токарную операцию «точение по контуру» разбиваем на 5 независимых переходов.

1. Переход 1 состоит из подвода инструмента, подрезки торца и его отвода. Тогда основное время рассчитывается по формуле:

$$T_0 = (1 + l_{cx}) \cdot i / (n \cdot S) = (48+1) \cdot 1 / (350 \cdot 0,8) = 0,175 \text{ мин.}$$

2. Переход 2 состоит из продольного точения и отвода инструмента.

$$T_0 = (l) \cdot i / (n \cdot S) = (71) \cdot 1 / (350 \cdot 0,8) = 0,254 \text{ мин.}$$

3. Переход 3 состоит из подрезки торца и отвода инструмента.

$$T_0 = (l) \cdot i / (n \cdot S) = (9,6) \cdot 1 / (350 \cdot 0,8) = 0,034 \text{ мин.}$$

4. Переход 4 состоит из продольного точения и отвода инструмента.

$$T_0 = (l) \cdot i / (n \cdot S) = (10) \cdot 1 / (350 \cdot 0,8) = 0,036 \text{ мин.}$$

5. Переход 5, подрезка торца.

$$T_0 = (l) \cdot i / (n \cdot S) = (50,6) \cdot 1 / (350 \cdot 0,8) = 0,181 \text{ мин.}$$

2. **Основное время для операции 025, переход 1:**

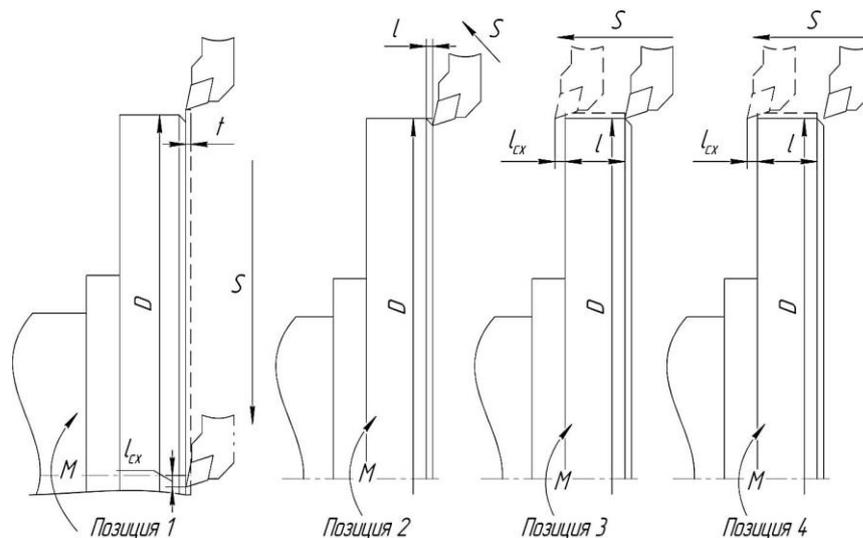


Рис. 7 Схемы к расчёту основного времени при контурной обработке

Для удобства расчёта, токарную операцию «точение по контуру» разбиваем на 4 переходов.

1. Переход 1, подрезка торца и отвод инструмента.

$$T_0 = (1 + l_{cx}) \cdot i / (n \cdot S) = (104) \cdot 1 / (350 \cdot 0,8) = 0,371 \text{ мин.}$$

2. Переход 2, снять фаску.

$$T_0 = (l) \cdot i / (n \cdot S) = (2) \cdot 1 / (350 \cdot 0,8) = 0,007 \text{ мин.}$$

3. Переход 3, продольное точение (черновое).

$$T_0 = (1 + l_{cx}) \cdot i / (n \cdot S) = (24) \cdot 1 / (1103 \cdot 0,1) = 0,086 \text{ мин.}$$

4. Переход 4, продольное точение (чистовое).

$$T_0 = (1 + l_{cx}) \cdot i / (n \cdot S) = (24) \cdot 1 / (350 \cdot 0,8) = 0,218 \text{ мин.}$$

3. **Основное время для операции 025, переход 2:**

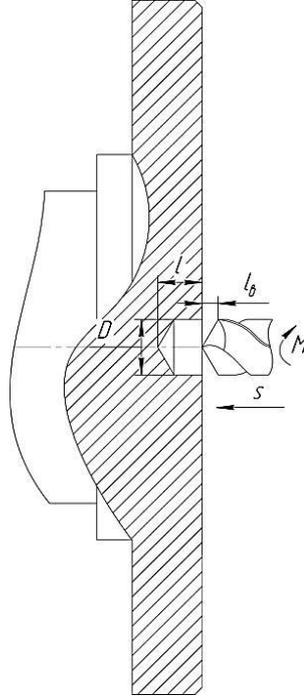


Рис. 8 Схема к расчёту основного времени при сверлении

где $l_{вр} = 6 \text{ мм}$, [9]

$$T_0 = (1 + l_{вр}) \cdot i / (n \cdot S) = (14) \cdot 1 / (930 \cdot 0,18) = 0,084 \text{ мин.}$$

4. **Основное время для операции 025, переход 3:**

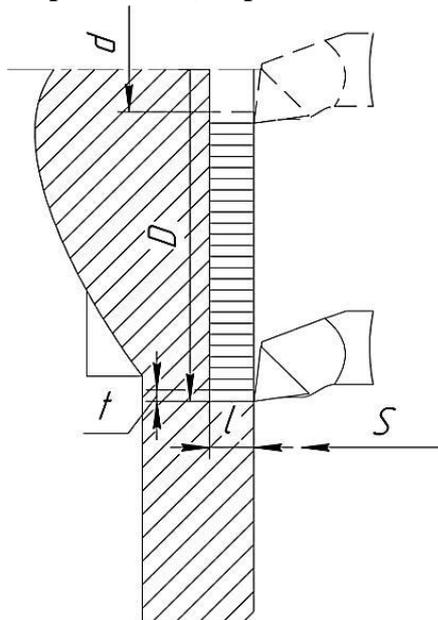


Рис. 10 Схема к расчёту основного времени при растачивании

$$T_0 = (l) \cdot i / (n \cdot S) = (8) \cdot 22 / (796 \cdot 0,27) = 0,968 \text{ мин.}$$

5. Основное время для операции 025, переход 4:

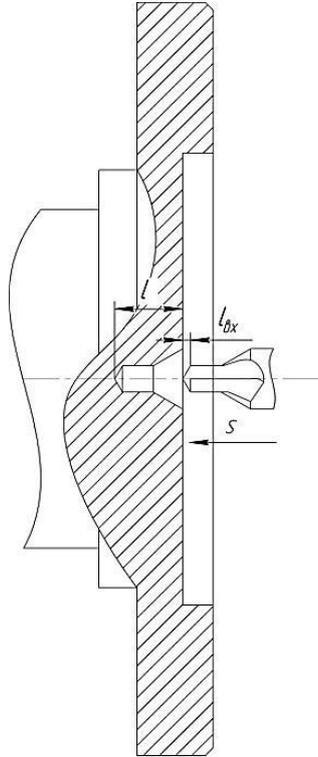


Рис. 11 Схема к расчёту основного времени при сверлении центрального отверстия

$$T_0 = (l + l_{\text{вп}}) \cdot i / (n \cdot S) = (18) \cdot 1 / (114 \cdot 0,15) = 0,468 \text{ мин.}$$

6. Основное время для операции 030, переход 1:

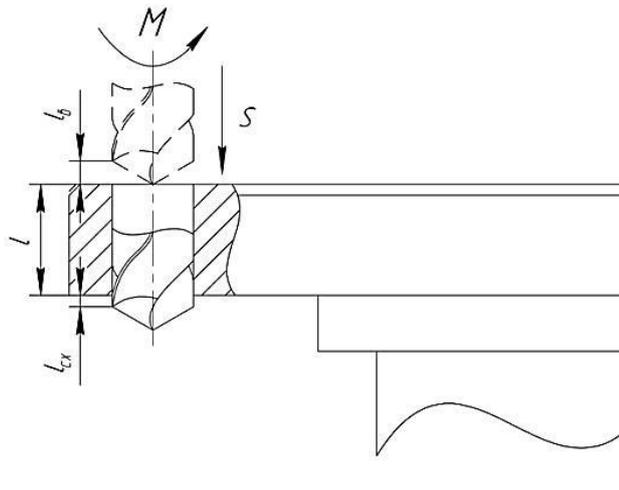


Рис. 12 Схема к расчёту основного времени при сверлении

$$T_0 = (l + l_{\text{вп}} + l_{\text{cx}}) \cdot i / (n \cdot S) = (27) \cdot 1 / (986 \cdot 0,18) = 0,152 \text{ мин.}$$

Так как сверлим 16 отверстий то $T_0 = 2,432 \text{ мин.}$

7. Основное время для операции 030, переход 2:

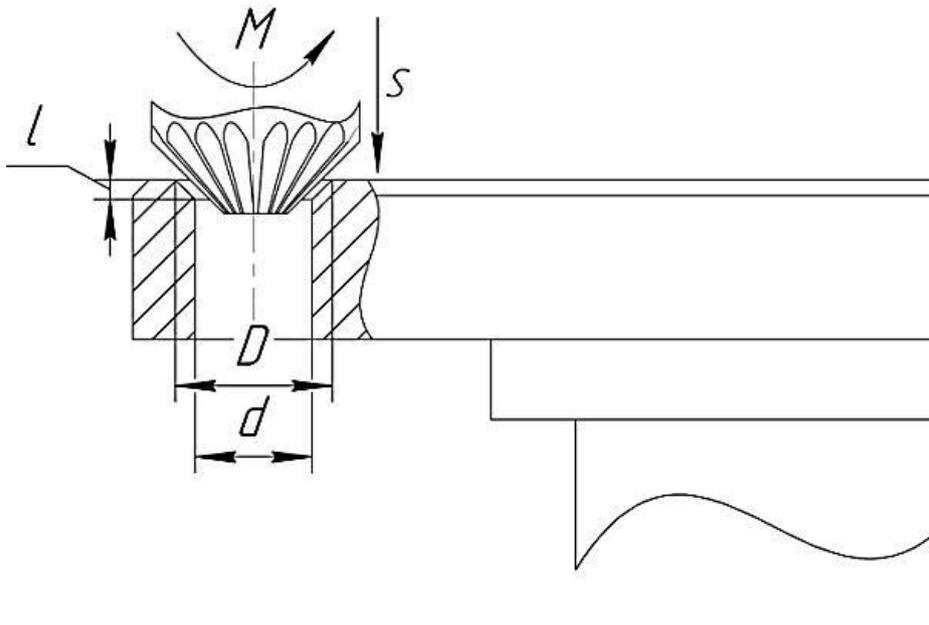


Рис. 13 Схема к расчёту основного времени при зенкервании

$$T_0 = (l) \cdot i / (n \cdot S) = (2) \cdot 1 / (536 \cdot 0,6) = 0,006 \text{ мин.}$$

Так как зенкеруем 16 отверстий то $t_0 = 0,096$ мин.

8. Основное время для операции 030, переход 3:

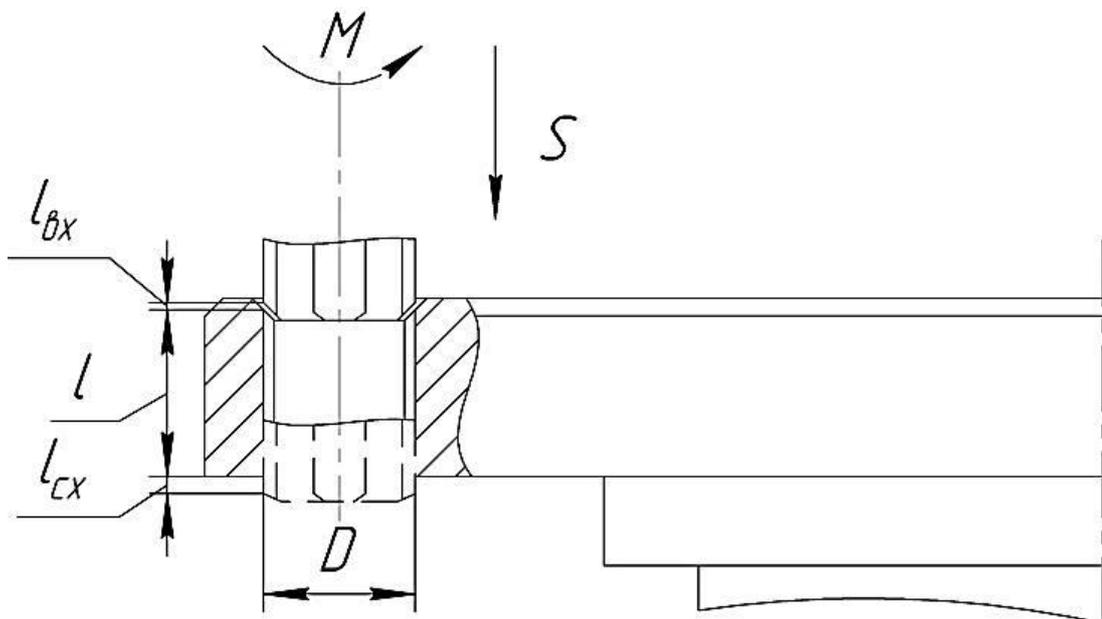


Рис. 14 Схема к расчёту основного времени при контурной обработке

$$T_0 = (l + 6 \cdot P) \cdot i / (n \cdot S) = (27) \cdot 1 / (280 \cdot 1,5) = 0,064 \text{ мин.}$$

Так как нарезаем резьбу на 16 отверстиях то $T_0 = 1,024$ мин.

9. Основное время для операции 035, переход 1:

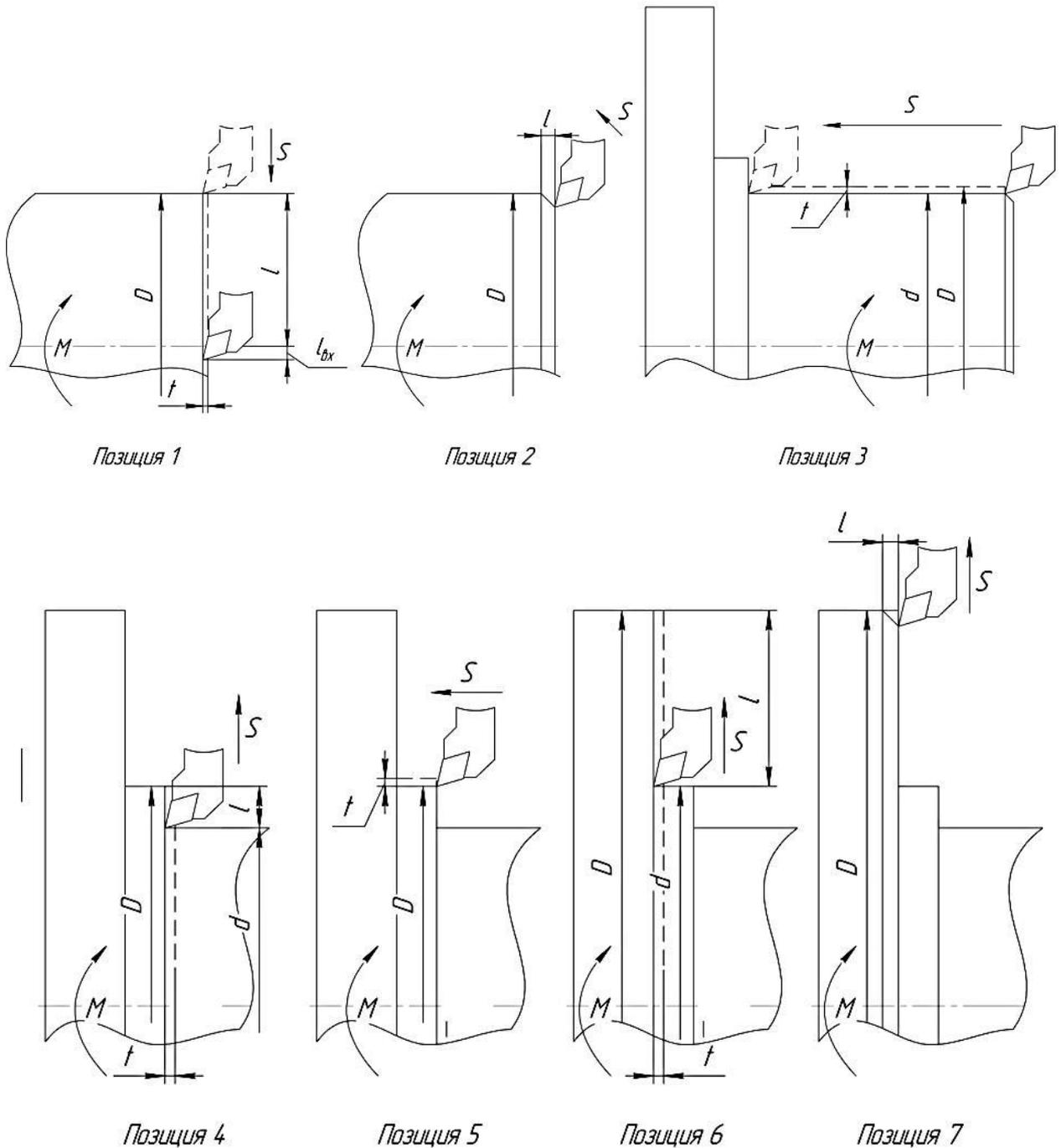


Рис. 15 Схемы к расчёту основного времени при контурной обработке

Для удобства расчёта, токарную операцию «точение по контуру» разбиваем на 7 переходов.

1. Переход 1, подрезка торца

$$T_0 = (l + l_{вх}) \cdot i / (n \cdot S) = (49) \cdot 1 / (1103 \cdot 0,3) = 0,148 \text{ мин.}$$

2. Переход 2, снять фаску.

$$T_0 = (l) \cdot i / (n \cdot S) = (2) \cdot 1 / (1103 \cdot 0,3) = 0,006 \text{ мин.}$$

3. Переход 3, продольное точение.

$$T_0 = (l) \cdot i / (n \cdot S) = (71) \cdot 1 / (1103 \cdot 0,3) = 0,215 \text{ мин.}$$

4. Переход 4, подрезка торца.

$$T_0 = (l) \cdot i / (n \cdot S) = (7,4) \cdot 1 / (1103 \cdot 0,3) = 0,022 \text{ мин.}$$

5. Переход 5, продольное точение.

$$T_0 = (l) \cdot i / (n \cdot S) = (10) \cdot 1 / (1103 \cdot 0,3) = 0,03 \text{ мин.}$$

6. Переход 6, подрезка торца.

$$T_0 = (l) \cdot i / (n \cdot S) = (44) \cdot 1 / (1103 \cdot 0,3) = 0,113 \text{ мин.}$$

7. Переход 7, снять фаску.

$$T_0 = (l) \cdot i / (n \cdot S) = (2) \cdot 1 / (1103 \cdot 0,3) = 0,006 \text{ мин.}$$

10. Основное время для операции 035, переход 2:

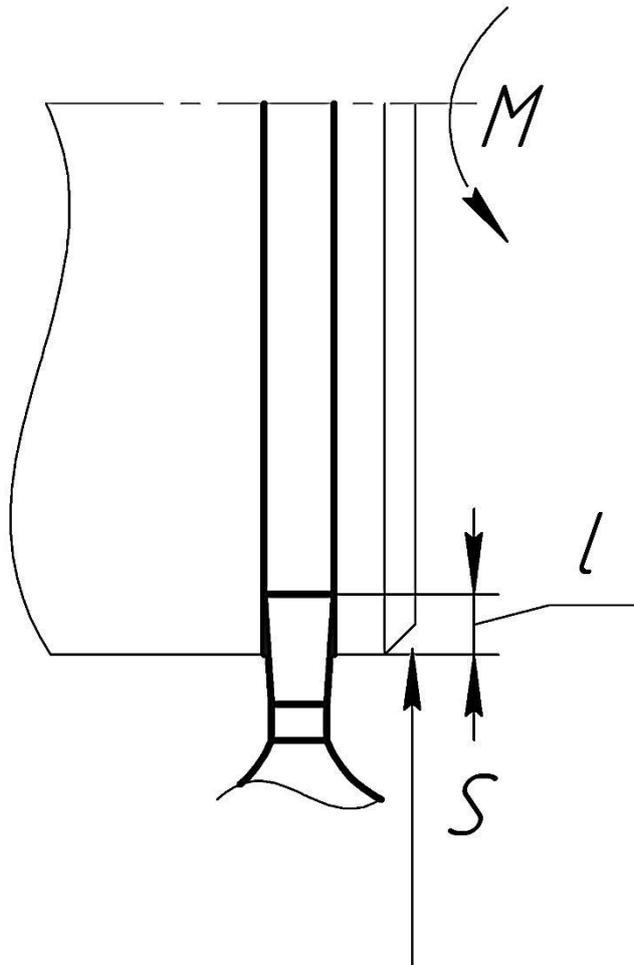


Рис. 16 Схема к расчёту основного времени при точении паза

$$T_0 = (l) \cdot i / (n \cdot S) = (1,75) \cdot 1 / (323 \cdot 0,1) = 0,054 \text{ мин.}$$

11. Основное время для операции 035, переход 3:

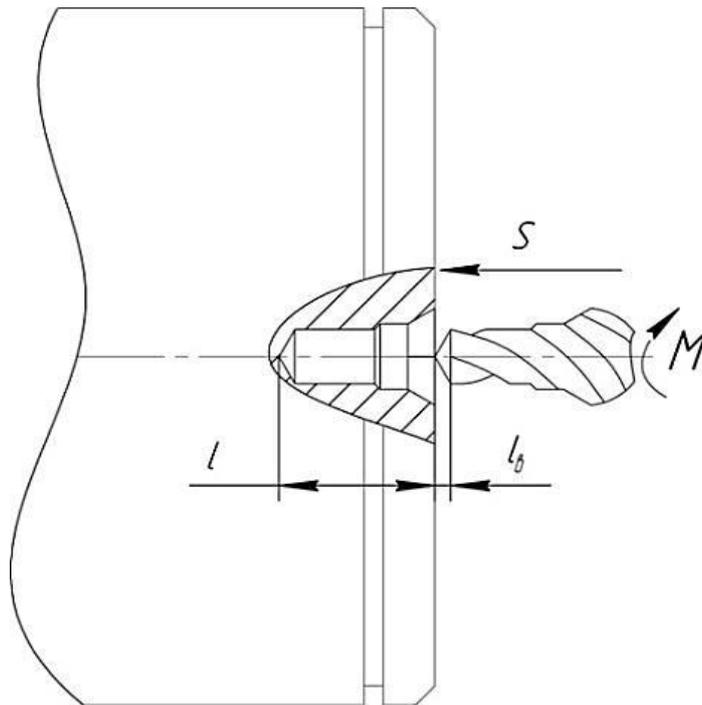


Рис. 17 Схемы к расчёту основного времени при контурной обработке

$$T_0 = (l + l_{вп}) \cdot i / (n \cdot S) = (20) \cdot 1 / (114 \cdot 0,15) = 1,17 \text{ мин.}$$

12. Основное время для операции 035, переход 4:

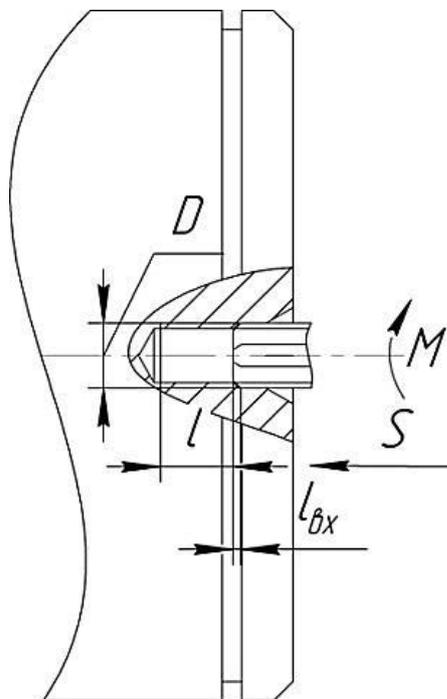


Рис. 18 Схема к расчёту основного времени при нарезании резьбы

$$T_0 = (l + l_{всп}) \cdot i / (n \cdot P) = (13) \cdot 1 / (114 \cdot 1) = 0,114 \text{ мин.}$$

13. Основное время для операции 040, переход 1:

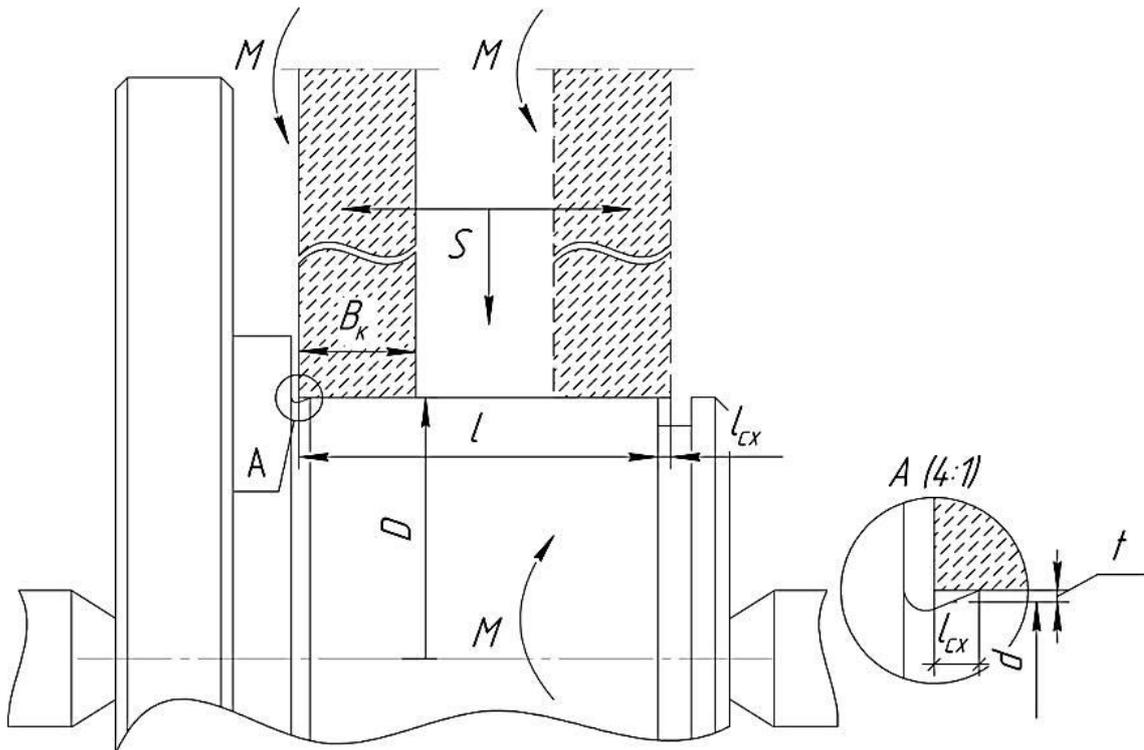


Рис. 19 Схемы к расчёту основного времени при шлифовании

$$T_0 = (l + l_{cx}) \cdot i / (n \cdot B_k \cdot S) = (63,4 + 1 + 1) \cdot 11 / (47,68 \cdot 0,1 \cdot 20) = 7,613 \text{ мин.}$$

14. Основное время для операции 040, переход 2:

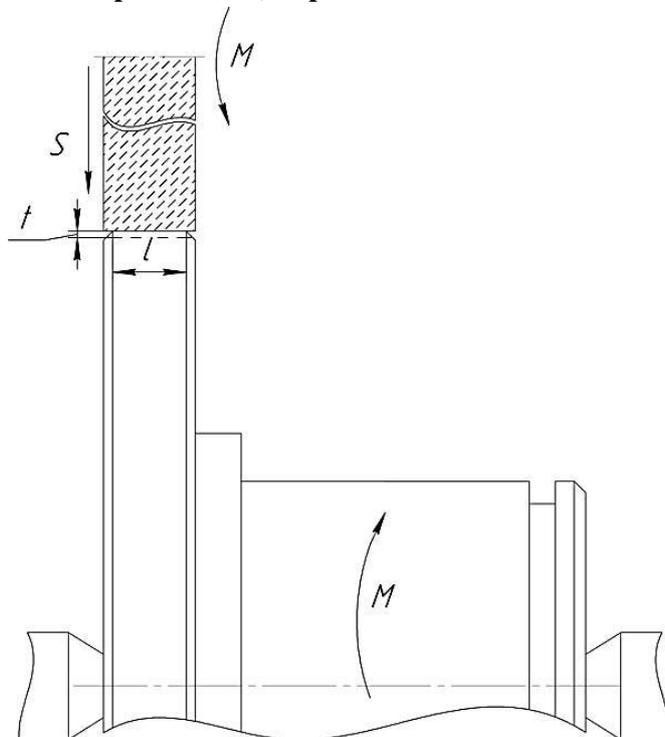


Рис. 20 Схема к расчёту основного времени при шлифовании

$$T_0 = (l) / (n \cdot S_{рад}) = (0,157) / (47,68 \cdot 0,001) = 3,293 \text{ мин.}$$

1.12.1. Расчёт штучно-калькуляционного времени

Для расчёта штучно – калькуляционного времени воспользуемся методикой изложенной в [2].

В серийном производстве для всех операций, кроме шлифовальной, воспользуемся формулой:

$$T_{шт-к} = \frac{T_{п-з}}{n} + T_o + (T_{в.у} + T_{у.п.} + T_{из.})k + T_{об.от}; \quad (1)$$

где T_o -основное время на операцию, мин; $T_{в.у}$ -вспомогательное время, мин; $T_{пз}$ - подготовительно-заключительное время;

$$T_{в} = T_{в.у} + T_{у.п.} + T_{из.}; \quad (2)$$

где $T_{ву}$ - время на установку и снятие детали, мин; $T_{уп}$ - время связанное с выполнением вспомогательных ходов и перемещений при обработке поверхности, мин; $T_{из}$ – время связанное с измерениями. $T_{обсл/от}$ - время обслуживания рабочего места и отдых, мин;

$$T_{об.от} = T_{оп} + П_{об.от}/100 ; \quad (3)$$

где $П_{об.от}$ – процент от основного времени на обслуживание рабочего места, отдых и естественные надобности;

Табл. 10. Таблица расчётов штучно-калькуляционного времени,(мин)

Номер операции	T_o	$T_{в}, \text{ мин}$			$T_{оп}$	$T_{обс/от}$	$T_{шт}$	$T_{п-з}$	$T_{шт-к}$
		$T_{в.у}$	$T_{уп}$	$T_{из}$					
020	0,68	0,18	0,18	0,17	1,21	0,042	1,2542	0,0053	1,26
025	2,202	0,18	0,725	0,23	4,3	0,143	4,443	0,0053	4,5
030	3,552	0,165	2,985	1,04	6,96	0,23	8,23	0,0033	8,24
035	1,878	0,18	0,165	0,42	3,29	0,122	3,41	0,0053	3,42
040	10,906	0,15	0,185	0,27	12	7,15	19,153	0,0026	19,16

2. Конструкторский раздел

2.1. Описание и сборка устройства

Для сверления отверстий на вертикально сверлильном станке (операция 030 переход 1) базирование осуществляется по наружной цилиндрической поверхности $\varnothing 90$ мм, и уступу заготовки. Отверстия расположены на одной окружности с равным шагом в $22^{\circ}30'$. Для реализации такой схемы базирования предлагается использовать специальное наладочное приспособление, состоящее из сборки универсальных приспособлений: стол поворотный по ГОСТ 16935-93, прецизионные модульные станочные тиски со сменными призматическими губками и накладной кондуктор.

Поворотный стол устанавливается на стол вертикально – сверлильного станка и прижимается винтами. Затем устанавливаются тиски и прижимаются винтами, после запрессовываются штифты в тиски и по ним устанавливаются сменные призматические губки тисков. После установки для закрепления, губки прикручиваются винтами к тискам. Затем заготовка зажимается в тисках с помощью механизированного привода. По окончании установки заготовки, закрепляется накладной кондуктор. Кондуктор базируется по пазу заготовки и для предотвращения поворота фиксируется винтами.

Для смены заготовки необходимо ослабить винты кондуктора, снять его с заготовки, ослабить винт станочных тисов, снять заготовку.

2.2. Расчёт усилия закрепления

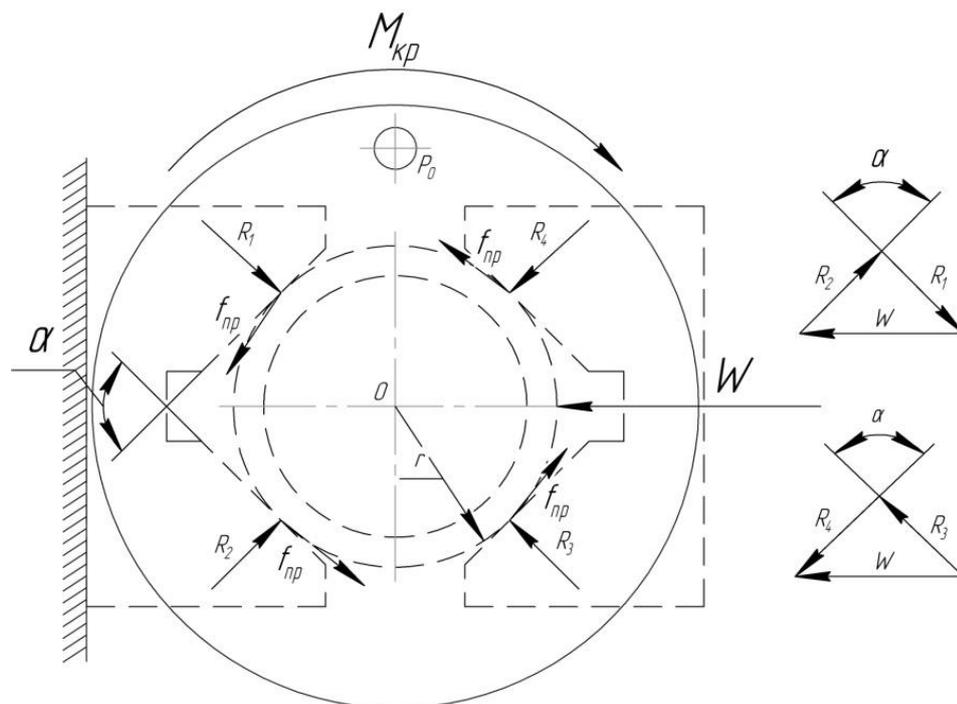


Рис. 21. Схема к расчёту сил закрепления

$$R = R_1 = R_2 = R_3 = R_4 = \frac{W}{4 \cdot \sin(\alpha/2)}; \quad (1)$$

где R – сила противодействия; W – усилие для обеспечения зажима заготовки;

$$kM_{кр} = W \cdot f_{пр} \cdot r; \quad (2)$$

где $k = 2$ коэффициент запаса; $M_{кр}$ – момент возникающий при сверлении; $f_{пр}$ – приведённый коэффициент трения для призмы;

$$f_{пр} = f \cdot \frac{1}{\sin(\frac{\alpha}{2})}; \quad (3)$$

где $f = 0,15$ коэффициент трения для стали;

$$W = \frac{kM_{кр}}{r(4 \cdot f_{пр})} = \frac{1,5 \cdot 15,64 \cdot 10^3}{90(4 \cdot 0,21)} = 310 \text{ Н.}$$

Расчёт сил зажима с учётом осевой силы не ведётся, так как деталь базируется по цилиндрической поверхности и торцу детали.

Винтовые зажимные устройства применяются в приспособлениях с ручным закреплением заготовок, в механизированных приспособлениях и на автоматических линиях в приспособлениях – спутниках. Они просты и надёжны в работе. Расчёт винтовых зажимных устройств проводится по методике изложенной в [9].

1. Определяем номинальный наружный диаметр резьбы винта d по формуле [9]:

$$d = C\sqrt{W/[\sigma]} = 1,4\sqrt{310/80} = 2,76\text{мм.} \quad (4)$$

Принимаем диаметр винта равный М8.

2. Определяем момент M , который нужно развить на винте (гайке) для обеспечения заданной зажимной силы W по формуле [9, стр. 131]:

$$M = r_{cp} \cdot W \cdot \text{tg}(\alpha + \varphi) + M_{тр}, \quad (5)$$

где $r_{cp} = 0,45d$ – средний радиус резьбы; α – угол подъема резьбы (для М8 $3^{\circ}10'$);
 $\varphi = 10,5^{\circ}$ угол трения в резьбе;

Тогда по формуле 2:

$$M = 3,6 \cdot 310 \cdot \text{tg}(13,52^{\circ}) = 268 \text{ Н.}$$

Из полученного значения момента, выбираем ручное зажимное устройство, показанное на рис 16.

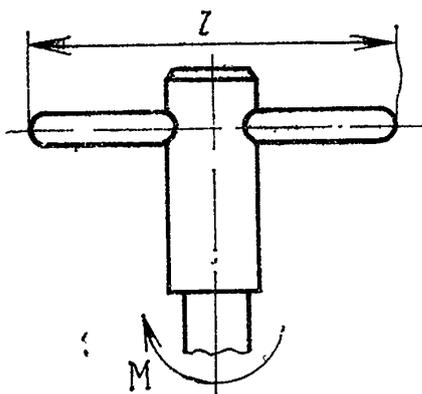


Рис. 22. Винтовой зажим.

Где $l = 100$ мм.

2.3. Расчёт погрешности закрепления

Погрешность при закреплении заготовки в призмы возникает из-за смещения оси заготовки в следствие колебаний размеров в пределах допуска на требуемый размер базирующей поверхности.

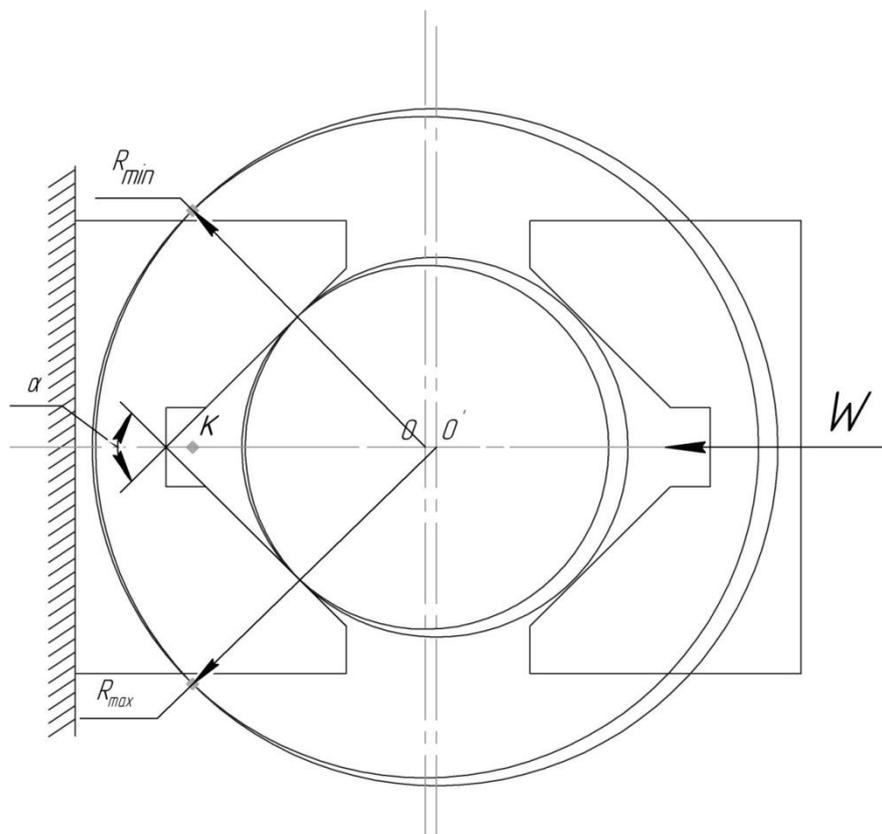


Рис. 22. Схема базирования заготовки

где R_{\max} и R_{\min} – соответственно максимальный и минимальный размер заготовки; α – угол призмы; W – усилие закрепления;

Погрешность базирования будет равна смещению OO' заготовки.

$$\varepsilon_{\delta 1} = OO' = O'K - OK = \frac{R_{\max}}{\sin\left(\frac{\alpha}{2}\right)} - \frac{R_{\min}}{\sin\left(\frac{\alpha}{2}\right)} = \frac{TD}{2 \cdot \sin\left(\frac{\alpha}{2}\right)} = \frac{0,160}{\sqrt{2}} = 0,113 \text{ мм.}$$

Погрешность базирования накладного кондуктора приведена на рис. 23.

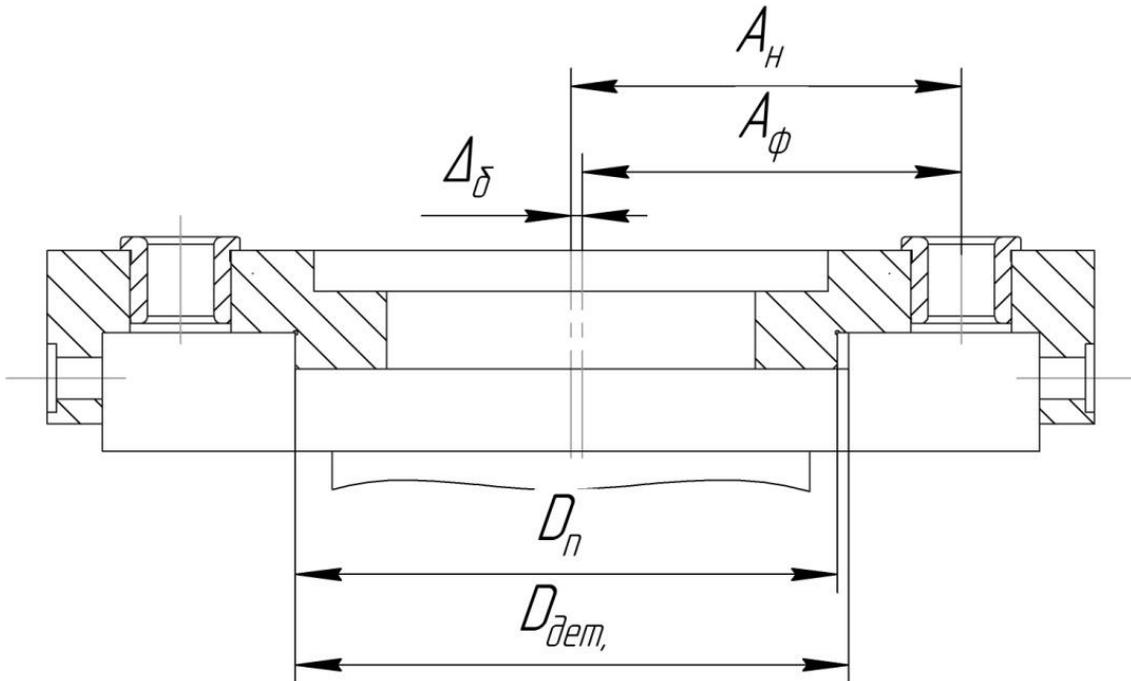


Рис. 23. Схема базирования накладного кондуктора

Здесь A_H – размер наладки приспособления, A_ϕ – фактический размер наладки приспособления [12].

$$\varepsilon_{\delta 2} = S + \frac{IT_{D_{\Pi}}}{2} + \frac{IT_{D_{дет.}}}{2} + TD_{изг.} = \frac{0,054 + 0,054}{2} + 0,02 \approx 0,074 \text{ мм;}$$

Где S – гарантированный зазор (при посадке Н/н: $S=0$ [12]); $IT_{D_{\Pi}}$ – допуск накладного кондуктора, $IT_{D_{дет.}}$ – допуск детали, $TD_{изг.}$ – допуск на изготовление.

Погрешность приспособления

$$\varepsilon_{\Pi} = \varepsilon_{\delta 1} + \varepsilon_{\delta 2} = 0,074 + 0,113 = 0,187 \text{ мм;}$$

Приспособление обеспечивает требуемую точность и расположение отверстий в соответствии требованиям конструкторского чертежа.

3. Экономическая часть.

1. Расчёт затрат по статье «сырьё и материалы»

Расчёт ведётся по методике изложенной в методике [11]:

$$C_{\Pi} = \Pi_{\Pi} \cdot (1 + k_{\text{тз}}); \quad (1)$$

где Π_{Π} – цена единицы покупного полуфабриката или комплектующего изделия, ден. ед.

$$C_{\Pi} = 540 \cdot 1,06 = 543,24;$$

2. Расчет затрат по статье «Возвратные отходы»

$$C_{\text{от}} = M_{\text{от}} \cdot \Pi_{\text{от}} = (B_{\text{чр}} - B_{\text{чст}}) \cdot (1 - \beta) \cdot \Pi_{\text{от}}; \quad (2)$$

где $M_{\text{от}}$ – количество отходов в физических единицах, получаемых при изготовлении единицы продукции; $\Pi_{\text{от}}$ – цена отходов, ден.ед.; $B_{\text{чр}}$ – масса заготовки; $B_{\text{чст}}$ – чистая масса детали; β – доля безвозвратных потерь (принять 0,02).

$$C_{\text{от}} = 3,8 \cdot 7,9 \cdot 0,98 = 29,42$$

3. Расчет затрат по статье «Основная заработная плата»

$$C_{\text{озп}} = \sum_{i=1}^{K_0} \frac{t_i^{\text{шт.к}}}{60} \cdot \text{ЧТС}_i \cdot k_{\text{пр}}; \quad (3)$$

где $t_i^{\text{шт.к}}$ – штучное время выполнения i -й операции, мин; K_0 – количество операций в процессе; ЧТС_i – часовая тарифная ставка на i -й операции; $k_{\text{пр}}$ – коэффициент, учитывающий доплаты, выплаты и премии, предусмотренные законодательством о труде. При проектировании следует принять его равным 1,4.

$$C_{\text{озп1}} = \frac{4,68}{60} \cdot 65,05 \cdot 1,4 = 7,1;$$

$$C_{\text{озп2}} = \frac{4,5}{60} \cdot 65,05 \cdot 1,4 = 6,83;$$

$$C_{\text{озп3}} = \frac{10,1}{60} \cdot 65,05 \cdot 1,4 = 15,33;$$

$$C_{\text{озп4}} = \frac{19,16}{60} \cdot 82,96 \cdot 1,4 = 37;$$

$$C_{\text{озп}} = (C_{\text{озп1}} + C_{\text{озп2}} + C_{\text{озп3}} + C_{\text{озп4}}) = 66,26; \quad (4)$$

где $C_{озп1}$ и $C_{озп2}$ – заработная плата операторов станков с ЧПУ. $C_{озп3}$ – заработная плата рабочего обслуживающий сверлильный станок. $C_{озп4}$ – заработная плата шлифовальщика.

4. Расчет затрат по статье «Дополнительная заработная плата производственных рабочих»

$$C_{дзп} = C_{озп} \cdot k_d; \quad (5)$$

где $C_{озп}$ – основная зарплата, ден. ед.; k_d – коэффициент, учитывающий дополнительную зарплату. При проектировании следует принять его равным 1,1.

$$C_{дзп} = 66,26 \cdot 1,1 = 72,89;$$

5. Расчет затрат по статье «Налоги, отчисления в бюджет и внебюджетные фонды»

$$C_n = (C_{озп} + C_{дзп}) \cdot (C_{с.н} + C_{стр}) / 100; \quad (6)$$

где $C_{озп}$ – основная зарплата производственных рабочих, ден. ед.;

$C_{дзп}$ – дополнительная зарплата производственных рабочих, ден. ед.; $O_{с.н.}$ – ставка

социального налога (принять 30 %); $O_{стр}$ – ставка страховых взносов по прочим видам обязательного страхования (принять 0,7%);

$$C_n = (66,26 + 72,89) \cdot \frac{30+0,7}{100} = 42,71; \quad (7)$$

6. Расчет затрат по статье «Погашение стоимости инструментов и приспособлений целевого назначения»

$$C_{присп.} = Ц_{присп.} / n = 93\,000 / 3000 = 31; \quad (8)$$

7. Расчет затрат по статье «Расходы по содержанию и эксплуатации машин и оборудования»

Эта статья является комплексной и включает следующие виды расходов:

- a. амортизация оборудования и ценного инструмента (оснастки), обозначение C_a ;
- b. эксплуатация оборудования (кроме расходов на ремонт);
- c. ремонт оборудования;
- d. внутривоздушное перемещение грузов;
- e. погашение стоимости инструментов и приспособлений общего назначения;
- f. прочие расходы.

Порядок расчета отдельных элементов данной статьи при выполнении ВКР следующий.

а. Амортизация оборудования и ценного инструмента (оснастки), обозначение C_a :

$$A_{\text{год}} = \sum_{i=1}^T \Phi_i \cdot H_{ai} + \sum_j^m \Phi_j \cdot H_{aj}; \quad (9)$$

где Φ_i – первоначальная (балансовая) стоимость единицы оборудования i -го типа, $i = 1, \dots, T$; T – количество типов используемого оборудования; Φ_j – то же для j -го типа оснастки $j=1, \dots, m$; m – количество типов используемой оснастки; $H_{обi}$ и $H_{оснj}$ – соответствующие нормы амортизации.

Табл. 11. Цены на металлообрабатывающие оборудование

Наименование оборудования	Цена, руб.
Токарный обрабатывающий центр GOODWEY GLS-150	6 830 000
Токарный обрабатывающий центр DMG Mori GTX ecoline.	5 600 000
Вертикально – сверлильный станок 2Н125.	364 000
Шлифовальный станок	787 800
Центры	6 760
Патроны токарные	29 900x2
Патрон сверлильный	40 000

$$A_{\text{год}} = (6\,830\,000 + 5\,600\,000 + 364\,000 + 787\,800) \cdot 0,125 + 59800 \cdot 0,33 + (4000) \cdot 0,5 + (6760) \cdot 1 = 1\,726\,119 \text{ руб.};$$

Норма амортизации в общем виде определяется по формуле

$$H_a = \frac{1}{T_{\text{ти}}}; \quad (10)$$

Для оснастки принять следующие значения $T_{\text{ти}}$: патроны сверлильные – 2 года; центры вращающиеся – 1 год; патроны трёх кулачковые самоцентрирующиеся – 3 года.

$$H_{\text{а.п.с.}} = \frac{1}{2} = 0,5;$$

$$H_{\text{а.ц.в.}} = \frac{1}{1} = 1;$$

$$H_{\text{а.т.с.}} = \frac{1}{3} = 0,33;$$

$$H_{\text{а.ст.}} = \frac{1}{8} = 0,125;$$

Расчёт средней загрузки оборудования.

$$l_{\text{кр}} = \frac{N_{\text{в}} \cdot \sum_{i=1}^P t_i^{\text{шт.к}}}{\sum_{i=1}^P F_i}; \quad (11)$$

где $N_{\text{в}}$ – годовой объем выпуска изделия (детали), шт.; P – количество операций в технологическом процессе; $t_i^{\text{шт.к}}$ – штучно-калькуляционное время на i -й операции процесса, $i = 1, \dots, P$; F_i – действительный годовой фонд времени работы оборудования, используемого на i -й операции с учетом принятого количества рабочих смен.

Для металлорежущих станков 1–30 категорий ремонтной сложности при двухсменном режиме работы $F_i = 4029$ часов;

$$l_{\text{кр}} = 3000 \cdot \frac{38,44 \cdot 60}{4029} = 0,477;$$

$$l_{\text{кр}} \leq 0,6,$$

Тогда

$$C_{\text{а}} = (A_{\text{г}}/N_{\text{в}}) \cdot (l_{\text{кр}}/\eta_{\text{з.н.}}) = (1\,726\,119/3000) \cdot (0,477/0,7) = 392; \quad (12)$$

б. Эксплуатация оборудования (кроме расходов на ремонт):

$$C_{\text{экс}} = (C_{\text{озп}} + C_{\text{дзп}} + C_{\text{н}}) \cdot 0,4 = (66,26 + 74,886 + 47,18) \cdot 0,4 = 75,33; \quad (13)$$

$$C_{\text{мэкс}} = C_{\text{а}} \cdot 0,2 = 392 \cdot 0,2 = 78,4; \quad (14)$$

$$C_{\text{эл.п}} = \Pi_{\text{э}} \cdot K_{\text{п}} \cdot \sum_{i=1}^P W_i \cdot K_{\text{ми}} \cdot t_i^{\text{маш}}; \quad (15)$$

где $C_э$ – тариф на электроэнергию ден. ед. / кВт.ч.; $K_ц$ – коэффициент, учитывающий потери мощности в сети (1,05); W_i – мощность электропривода оборудования, используемого на i -й операции; K_{mi} – коэффициент загрузки оборудования по мощности;

$$C_{эл.п} = 5,2 \cdot 1,05 + (11 + 11 + 2,8 + 7,5) \cdot 0,7 \cdot 19,218 \cdot 1,18 = 2\ 800;$$

с. Ремонт оборудования:

$$C_{рем} = C_{озп} \cdot (1,0 - 1,2) = 188,326 \cdot 1,2 = 225,99; \quad (16)$$

d. Погашение стоимости инструментов и приспособлений общего назначения:

$$C_{ион} = \frac{(1 + k_{тз}) \cdot \sum_{i=1}^P C_{иi} \cdot t_{рез.i} \cdot m_i}{T_{ст.и.i} \cdot n_i}; \quad (17)$$

где $C_{иi}$ – цена инструмента, используемого на i -й операции, $i = 1, \dots, P$; $t_{рез.i}$ – время работы инструмента, применяемого на i -й операции, мин.; m_i – количество одновременно используемых инструментов; $T_{ст.и.i}$ – период стойкости инструмента (время резания между переточками), мин., (см. прил. 5); n_i – возможное количество переточек (правок) инструмента; $k_{тз}$ – коэффициент транспортно-заготовительных расходов ($k_{тз}=0,06$);

Табл. 12. Режущий инструмент его цена и стойкость

№	Наименование режущего инструмента	Стойкость, мин	Цена, руб.
1	Резец проходной отогнутый (черн.)	80	660,1
2	Резец проходной отогнутый (чист.)	80	660,1
3	Резец расточной	112	600
4	Резец отрезной	36	400,1
5	Сверло	11	231
6	Сверло	45	264,2
7	Сверло центровочное	8	252
8	Сверло центровочное	8	1115,9
9	Зенкер	60	270

10	Метчик 8х1	16	195
11	Метчик 16х1,5	16	243,89
12	Круг шлифовальный	1500	1421

$$C_{\text{ион1}} = \frac{(1 + 0,06) \cdot 660,1 \cdot 1,362 \cdot 1}{80} = 11,9;$$

$$C_{\text{ион2}} = \frac{(1 + 0,06) \cdot 660,1 \cdot 0,54 \cdot 1}{80} = 4,72;$$

$$C_{\text{ион3}} = \frac{(1 + 0,06) \cdot 600 \cdot 0,968 \cdot 1}{112} = 5,49;$$

$$C_{\text{ион4}} = \frac{(1 + 0,06) \cdot 400,1 \cdot 0,054 \cdot 1}{36} = 0,636;$$

$$C_{\text{ион5}} = \frac{(1 + 0,06) \cdot 231 \cdot 0,096 \cdot 1}{11} = 2,13;$$

$$C_{\text{ион6}} = \frac{(1 + 0,06) \cdot 264 \cdot 2,432 \cdot 1}{45} = 29,13;$$

$$C_{\text{ион7}} = \frac{(1 + 0,06) \cdot 252 \cdot 0,468 \cdot 1}{8} = 15,62;$$

$$C_{\text{ион8}} = \frac{(1 + 0,06) \cdot 1116 \cdot 1,17 \cdot 1}{8} = 173;$$

$$C_{\text{ион9}} = \frac{(1 + 0,06) \cdot 270 \cdot 0,096 \cdot 1}{60} = 0,46;$$

$$C_{\text{ион10}} = \frac{(1 + 0,06) \cdot 195 \cdot 0,114 \cdot 1}{16} = 1,47;$$

$$C_{\text{ион11}} = \frac{(1 + 0,06) \cdot 243,89 \cdot 1,024 \cdot 1}{16} = 16,49;$$

$$C_{\text{ИОН12}} = \frac{(1 + 0,06) \cdot 1421 \cdot 10,906 \cdot 1}{1500} = 10,95;$$

$$C_{\text{ИОН}} = (\sum C_{\text{ИОН}}) = 271,998;$$

8. Расчет затрат по статье «Общехозяйственные расходы».

$$C_{\text{оп}} = C_{\text{озп}} \cdot k_{\text{оп}} = C_{\text{озп}} \cdot (0,6) = 66,26 \cdot 0,6 = 39,76;$$

9. Расчет затрат по статье «Общехозяйственные расходы».

$$C_{\text{ох}} = C_{\text{озп}} \cdot k_{\text{ох}} = 66,26 \cdot 0,5 = 33,13;$$

10. Расчет затрат по статье «Производственная себестоимость»

$$C_{\text{пр.}} = C_{\text{ох}} + C_{\text{оп}} + C_{\text{ион}} + C_{\text{рем}} + C_{\text{эл.п}} + C_{\text{экс}} + C_{\text{а}} + C_{\text{н}} + C_{\text{дзп}} + C_{\text{озп}} + C_{\text{от}} + C_{\text{п}} + C_{\text{пр.}} = 4702 \text{руб.};$$

11. Расчет затрат по статье «Расходы на реализацию (внепроизводственные)»

$$C_{\text{реал.}} = C_{\text{пр.}} \cdot 0,01 = 47 \text{руб.}$$

12. Расчет прибыли.

$$P = (C_{\text{пр}} + C_{\text{реал.}}) \cdot 0,2 = 449,8 \text{руб.}$$

12. Расчет НДС

$$H = (C_{\text{пр.}} + C_{\text{реал.}} + P) \cdot 0,18 = 1025,78 \text{руб.}$$

13. Цена изделия

$$S = C_{\text{пр}} + C_{\text{реал.}} + P + H = 6224,564 \text{руб.}$$

В результате расчётов было установлено, что себестоимость изготовления детали «Переходник центральный» составляет 6224,564 руб.

4. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

Введение

Объектом выпускной квалификационной работы является проектирование процесса изготовления «переходника центрального», в работе будет рассмотрено воздействие вредных факторов на человека и окружающую среду в процессе производства. Деталь «переходник центральный» используют для консольного крепления оси с установленной на ней шестерней, выполненной на перегородке картера ДВС.

В процессе обработки детали возможны действия следующих вредных и опасных факторов, если станок не оснащён необходимыми средствами безопасности. Станочник подвергается опасности травмирования сливной стружкой, обрабатываемым изделием, режущим инструментом, поражение электрическим током. В течении вспомогательного времени происходит основное физическое напряжение рабочего, вызываемое многочисленными повторяющимися ручными операциями, особенно при работе на универсальном оборудовании. К вредным факторам возникающих в цеху можно отнести: превышенный уровень шума, недостаточную освещённость рабочей зоны, загрязнённый воздух, негативное воздействие СОЖ, отклонение показателей микроклимата.

Воздействие опасных производственных факторов может привести к травме или внезапному резкому ухудшению здоровья.

1. Профессиональная социальная безопасность

1.1. Анализ вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть при эксплуатации объекта исследования

При производстве детали «переходник центральный» на участке цеха используется следующее оборудование: универсальный токарный станок с ЧПУ DMG Mori GTX Ecoline (Германия), токарный обрабатывающий центр GOODWEY GLS-150Y (Тайвань), сверлильный станок модели 2Н150 (Россия), шлифовальный станок модели 3М150 (Россия). Перечень всех опасных и вредных факторов и меры защиты от них при изготовлении детали «переходник центральный» приведены в таблице 1, на примере токарного обрабатывающего центра GOODWEY GLS-150Y (по ГОСТ 12.0.003-74 ССБТ).

Табл. 1. Опасные и вредные факторы при изготовлении детали «переходник центральный».

Оборуд.	Вредные и опасные факторы	Меры защиты
<p style="text-align: center;">Механическая обработка</p> <p style="text-align: center;">Токарный обрабатывающий центр с ЧПУ GOODWEY GLS-150Y (Тайвань)</p>	1. Незащищённые подвижные элементы производственного оборудования	1. Ограждение зоны обработки
	2. Опасный уровень напряжения в электрической цепи, замыкание которой может пройти через тело человека	2. $U=380В$, $J=10А$, $f=50Гц$ Применение контурного заземления $R_3 \leq 4Ом$
	3. Повышенный уровень шума на рабочем месте $УЗД=97дБА$ $ПДУ=80дБА$	3. Использование звукопоглощающих покрытий $\alpha \geq 0,5$, защитных кожухов, перфорированных экранов
	4. Повышенный уровень вибрации $f=18Гц$ $ПДУ=92дБ$	4. Упругая подвеска, амортизация, индивидуальные средства защиты (антивибрационные пояса, спец. одежда, поглощающая обувь, коврик)
	5. Стружкообразование материала стали 40Х	5. Индивидуальные средства защиты: очки, использование стружколомов, использование автоматической уборки стружки
	6. Недостаточная освещенность рабочей зоны	6. Применение комбинированной системы освещения с использованием люминесцентных ламп типа ЛБ и ЛД
	7. Повышенная запыленность воздуха рабочей зоны	7. Использование принудительной вытяжной вентиляции
	8. Недопустимые метеорологические условия для помещения рабочей зоны	8. Использование приточно-вытяжной вентиляции, системы воздушного отопления
	9. Возможность возникновения ЧС – пожаропасность	9. Первичные средства пожаротушения – пенные и углекислотные огнетушители, ящики с песком.

С точки зрения санитарно-гигиенических норм можно выделить следующие вредные факторы, связанные с работой на станках данного технологического процесса:

1. Загрязненность рабочей зоны мелкой стружкой и пылью обрабатываемого материала. Следствием этого может быть травма глаз и легочные заболевания (пневмокониозы), вызванные длительным воздействием пыли на органы дыхания.

2. Монотонный шум, вызванный работой станков. При обработке детали на токарных и фрезерных станках раздражающее действие на станочника оказывает шум в виде скрипа и свиста, обусловленный трением инструмента об обрабатываемые материалы, а также шум, возникающий при работе станков. Воздействие шума на организм может проявляться в виде специфического поражения органа слуха в сочетании с нарушениями со стороны различных органов и систем. Также монотонный шум может привести к ослаблению внимания станочника. Следствием этого могут быть ошибочные переключения станочного оборудования, а это приводит к тяжелым различным травмам. Предельно допустимый уровень шума в цехе должен быть не более 80дБА по СанПин 2.2.4. Допустимые уровни шума на рабочих местах относятся к широкополосному шуму. Источником вибраций в основном является сборочное оборудование, а причиной возникновения вибрации при работе станков являются неуравновешенные силовые воздействия. Воздействие вибрации проявляется в повышенной утомляемости, увеличении реакции, нарушении вестибулярных реакций и координации движений. Все это приводит к снижению производительности труда.

3. Недостаточная освещенность рабочей зоны приводит к перенапряжению органов зрения, в результате чего снижается острота зрения, и человек быстро устает. Работает менее продуктивно, возникает потенциальная опасность несчастных случаев и, кроме того, длительное, плохое освещение может привести к профессиональным заболеваниям (близорукость и др.). Причиной плохой освещенности в цехе является снижение уровня естественной освещенности в связи с загрязнением остекленных поверхностей световых проемов, стен и потолков.

4. Использование СОЖ приводит к различным заболеваниям кожи, а также раздражающе действует на слизистые оболочки верхних дыхательных путей.

5. Активную роль на безопасность работы оказывают параметры микроклимата. Влияние микроклимата на самочувствие имеет большое значение. Недостаточная влажность становится причиной пересыхания и растрескивания кожи и слизистой. Повышенная влажность приводит к быстрому перегреву организма. Длительное воздействие высокой температуры при повышенной влажности может привести к гипертермии, а при пониженных показателях температуры и при повышенной влажности возможны переохлаждение и гипотермия. Согласно ГОСТ 12.1.005-88 устанавливается комплекс оптимальных и допустимых метеорологических условий для помещения рабочей зоны, включающий значение температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха. Допустимые и оптимальные нормы температуры, относительной

влажности и скорости движения воздуха в рабочей зоне помещения цеха приведены в таблице 2.

Табл. 2. Условия микроклимата

Категория работы	Период года	Температура, °С		Относительная влажность, %		Скорость воздуха, м/с	
		оптим	допуст	оптим	допустимая	оптимальн	допустим
Средней тяжести, Па	Холодный	18-20	17-23	40-60	не более 75	не более 0,2	не более 0,3
	Тёплый	21-23	18-27	40-60	не более 55 при 28°С 60 при 27°С 65 при 26°С 70 при 25°С 75 при 24°С	не более 0,3	0,2-0,4

1.2 Обоснование мероприятий по защите исследователя от действия опасных и вредных факторов

В качестве мероприятий по снижению опасных и вредных факторов при производстве детали «переходник центральный» предлагается использовать:

1) Ограждение опасных зон: движущихся частей станков и механизмов, режущих инструментов, обрабатываемого материала, токоведущих частей электрооборудования, зоны выделения стружки.

2) Применение предохранительных устройств: от перегрузки станка, от перехода движущихся узлов за установленные пределы, от внезапного падения или повышения напряжения электрического тока.

3) Использование системы дистанционного управления: управление станком осуществляется с помощью стойки ЧПУ, которая включает в себя клавиатуру для ввода команд и дисплей. Стойка ЧПУ расположена вне опасной зоны станка. Применение звукопоглощающих покрытий $\alpha \geq 0,5$, защитных кожухов, перфорированных экранов. Использование индивидуальных средств защиты (наушники и др.).

4) Применение профилактических испытаний станка и его узлов: на механическую прочность, на электрическую проводимость, на надёжность срабатывания предохранительных устройств-блокировок.

5) Использование сигнализации безопасности: цветовой и знаковой. Отключающие устройства станка, в том числе аварийные, окрашены в красный сигнальный цвет согласно. При нарушении технологического процесса на станке предусмотрены сигнальные лампы, окрашенные в красный цвет. Открытые и не полностью закрытые движущиеся части оборудования окрашены в желтый цвет. На шкафах с электрооборудованием станка нанесен знак «Осторожно! Электрическое напряжение».

6) Применение расстояния и габаритных размеров безопасности: габаритные размеры рабочих мест, безопасные расстояния между станками и элементами производственного помещения, габаритные размеры, габаритные размеры подвеса электрических проводов.

7) Использование средств индивидуальной защиты: очки, спец.одежда, головные уборы, специальная обувь.)

8) Использование и применение специальных средств обеспечения безопасности: защитное контурное заземление $R_3 \leq 4$ Ом, средства дробления сливной стружки в процессе резания, искусственное освещение станков, ограничители шума $УЗД=97$ дБА, ПДУ=80дБА и вибрации $f=18$ Гц, ПДУ=92дБ, манипуляторы с программным управлением.

9) Необходимой мерой безопасности является освещение в соответствии с требованиями норм и правил СНиП 23-05-95 для общего освещения производственных помещений механических цехов рекомендуется применять общее и местное освещение. Величина минимальной освещенности должна составлять 400 лк согласно СНиП 23-05-95. В нашем случае освещенность цеха комбинированная – сочетание общего освещения с местным источником света на рабочем месте. При устройстве освещения следует помнить, что оно нормируется и по показателям яркости рабочей поверхности. Поверхности, отражающие свет, не должны производить слепящего действия на человека. Наиболее благоприятно для человека естественное освещение.

2. Экологическая безопасность.

Механическая обработка металлов на станках сопровождается выделением пыли, стружки, туманов масел и эмульсий, которые через вентиляционную систему выбрасываются из помещений.

При обработке деталей на металлорежущих станках от 15 до 20% массы заготовки превращается в металлическую стружку, поэтому возникает важная проблема уборки стружки от станков и последующей ее утилизации и переработки. Обработываемая деталь «переходник центральный» изготовлена из стали, стружка после обработки идет на переработку.

Также огромное значение имеет очистка вентиляционных выбросов от механических примесей. Это происходит аппаратами мокрого и сухого пылеулавливания, волокнистыми фильтрами и электрофильтрами.

Очистку и обезвреживание газовых составляющих выбросов производства осуществляют конденсационным методом, заключающимся в охлаждении паровоздушной смеси ниже точки росы в специальных теплообменниках – конденсаторах.

Защита от тончайшей пыли и металообразивной стружки, а также от выбросов вредных газов осуществляется вытяжными трубами, воздухоборниками, отсосами. Воздух, проходя через многочисленные фильтры, очищается, а пыль и грязь поступает в отходы.

Загрязнение водных ресурсов металлорежущими станками может произойти при чистке станков и его узлов. Такая чистка производится на специальном месте оборудованном стоком с фильтрами, задерживающими грязь, масла, кислоты.

На предприятиях машиностроительной промышленности очистка сточных вод осуществляется, как правило, в отстойниках, шлако-накопителях, нефте- и маслотовушках. Очищенные воды в большинстве случаев используются в системах оборотного водоснабжения. При этом вода основного источника или из других циклов водопользования идёт на компенсацию потерь оборотной воды.

3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях

К возможным ситуациям техногенного характера может быть выделено возгорание в цехе/производственном участке при несоблюдении предписанных норм пожарной безопасности или же вследствие короткого замыкания или проблем с токопроводящим оборудованием. Поэтому следует:

В качестве профилактических мероприятий на участке используются:

- правильная эксплуатация машин, правильное содержание территории, противопожарный инструктаж рабочих и служащих;
- соблюдение противопожарных правил, норм при устройстве оборудования, отопления, освещения, правильное размещение оборудования;

- запрещение курения в неустановленных местах, проведения сварочных и других огневых работ в пожароопасных помещениях;

- своевременные профилактические осмотры, ремонты и испытания технологического оборудования.

- применение автоматических средств обнаружения пожаров;

- повышение огнестойкости зданий и сооружений путём облицовки или оштукатуривания металлических конструкций.

- в доступном месте должны висеть инструкции по действиям при пожаре с указанием последовательности действий, а также планов эвакуации с телефонами спецслужб, куда стоит сообщить о возникновении чрезвычайной ситуации.

- обязательно наличие звуковой пожарной сигнализации.

- система пожарной сигнализации включается в общезаводскую/общецеховую систему пожарных извещателей кольцевого типа. Оповещение рабочих происходит через местную связь (радиосвязь).

Для обеспечения тушения пожара в начальной стадии его возникновения используется система пожарных водопроводов и аппараты пожаротушения (смонтированные в зданиях стационарные установки, предназначенные для тушения пожара без участия людей, и огнетушители - пенные ОХВП-10 и углекислотные ОУ-2 по одному на каждые 700 м² площади, ящики с песком 1-ин на 500м² площади). Для обеспечения безопасности людей при пожарах в производственных помещениях предусматриваются пути эвакуации и устройства для удаления из помещений дыма (дымовые люки и т. п.)

4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Охрана труда представляет собой систему сохранения жизни и здоровья работников в процессе трудовой деятельности, включающая в себя правовые, социально-экономические, организационно-технические, санитарно-гигиенические, лечебно-профилактические, реабилитационные и иные мероприятия. Так как в цеху много вредных и опасных факторов для жизни человека (такие как работа в запылённом помещении, работа с горячим металлом, работа с подвижными частями механизмов), должны соблюдаться все необходимые требования и правила [14].

-для рабочих и служащих администрацией предприятия (организации) должны быть разработаны и утверждены в соответствии с действующим положением о разработке инструкций по охране труда, совместно с профсоюзным комитетом инструкции по

охране труда. Эти инструкции не должны противоречить требованиям настоящих правил и стандартов системы стандартов безопасности труда.

- административно-технический персонал предприятий и организаций обязан обеспечить выполнение организационных и технических мероприятий для создания безопасных условий труда работающих с применением грузоподъемных механизмов, приспособлений и инструментов, отвечающих требованиям настоящих правил и системы стандартов безопасности труда.

- администрация предприятия (организации) должна обеспечить систематический контроль за соответствием механизмов, приспособлений и инструмента требованиям безопасности, соблюдением персоналом правил безопасности, применением им предохранительных приспособлений, спецодежды и других средств индивидуальной защиты.

- должностные лица, не обеспечивающие выполнение настоящих Правил, подвергаются дисциплинарным взысканиям и привлекаются в установленном порядке к административной либо уголовной ответственности согласно действующему законодательству.

- электрозащитные средства и средства индивидуальной защиты, используемые при ремонтно-эксплуатационных, строительно-монтажных и наладочных работах (диэлектрические перчатки, указатели напряжения, инструмент с изолирующими рукоятками, предохранительные пояса, каски и т.п.), должны соответствовать требованиям государственных стандартов и «Правил применения и испытания средств защиты, используемых в электроустановках».

Заключение

Разработанный технологический процесс механической обработки детали «Центр» отвечает требованиям современного производства. Для обработки детали используется прогрессивное станочное оборудование с ЧПУ и режущий инструмент. Благодаря этому уменьшается время на обработку, увеличивается экономия материала и инструмента. Стоит отметить, что данный технологический процесс предполагает большие материальные затраты на покупку оборудования, что подтверждается экономической целесообразностью, т.к. данное оборудование обладает большой гибкостью, легко перенастраивается и может использоваться для изготовления других деталей.

Конструкторская часть настоящей работы выполнена в соответствии с требованиями к разработке конструкторской документации и предполагает получение навыков конструирования специальных станочных приспособлений. Специальные приспособления служат для автоматизации процесса производства и упрощения труда рабочих. Использование таких приспособлений объясняется отсутствием станков с ЧПУ или использованием универсального станочного оборудования. В ходе работы было рассчитано и спроектировано приспособление для сверления отверстий под дальнейшее нарезание резьбы. Такое приспособление включает стол поворотный по ГОСТ 16935-93, прецизионные модульные станочные тиски со сменными призматическими губками и накладной кондуктор. Приспособление обеспечивает требуемую точность и расположение отверстий.

Экономическая часть настоящей работы имеет упрощённую форму и не предусматривает расчёт и анализ экономической эффективности производства. В результате расчётов было установлено, что себестоимость изготовления детали «Переходник центральный» составляет 6224,564 руб.

В раздел «Социальная ответственность» действующей выпускной квалификационной работы был проведён анализ вредных воздействий и факторов для здоровья человека и предложены меры защиты от них. Также данный раздел содержит сведения о воздействии производства детали «переходник центральный» на окружающую среду, а также устройств по очистке и обезвреживанию отходов.

Список использованной литературы

1. Основы размерного анализа технологических процессов изготовления деталей: учебное пособие / В. Ф. Скворцов. – Томск: Издательство Томского политехнического университета, 2006. – 99 с.
2. Горбачевич А. Ф., Шкред В. А. Курсовое проектирование по технологии машиностроения: Учебное пособие для вузов. – 5-е издание, стереотипное. Перепечатка с четвёртого издания 1983 г. – М.: ООО ИД «Альянс», 2007. – 256 с.
3. Маталин А. А. Технология машиностроения: Учебник для машиностроительных вузов по специальности «Технология машиностроения, металлорежущие станки и инструменты». – Л.: Машиностроение, Ленингр. от-ние, 1985. – 496 с., ил.
4. Станочное оборудование и станки металлорежущие [электронный ресурс] // <http://www.1stanok.ru>, свободный. – Загл. с экрана (дата обращения: 10.04.2016).
5. Металлорежущие станки и оборудование [электронный ресурс] // <http://www.gigant.com>, свободный. – Загл. с экрана (дата обращения: 11.04.2016).
6. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. С74 Т. 2/Под ред. А. Г. Косиловой и Р. К. Мещерякова. – 4-е изд., перераб. и доп.- М.: Машиностроение, 1985. 496 с., ил.
7. Прогрессивные режущие инструменты и режимы резания металлов: Справочник/В. И. Баранчиков, А. В. Жаринов, Н. Д. Юдина и др.: Под общ. ред. В. И. Баранчикова. – М.: Машиностроение, 1990. – 400 с.: ил.
8. Обработка металлов резанием: Справочник технолога / А. А. Панов, В. В. Аникин, Н. Г. Бойм и др.; Под общ. ред. А. А. Панова. 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 2004. – 784 с.: ил.
9. Проектирование и расчёт приспособлений: Учебн. пособие для студентов вузов машиностроительных спец. / В.А. Горохов. – Мн.: Выш. шк., 1986.-238 с.: ил.
10. Конструктору станочных приспособлений.: Справ. пособие. / В.Е. Антонюк. . – Мн.: Беларусь,1991.-400 с.: ил.
11. Методические указания к выполнению раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» выпускной квалификационной работы для студентов, обучающихся по направлению подготовки бакалавров 15.03.01 «Машиностроение» / сост. В.Ю. Конотопский; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2015. – 22 с.

12. Методические указания по разработке раздела «Социальная ответственность» выпускной квалификационной работы магистра, специалиста и бакалавра всех направлений (специальностей) и форм обучения ТПУ/Сост. С.В. Романенко, Ю.В. Анищенко – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2016. – 11 с.
13. Ковка и штамповка: Справочник. В 4-х т./Ред. Совет: К56 Е.И. Семенов (пред.) и др. – М.: Машиностроение, 1986. – Т. 2. Горячая штамповка/Под ред. Е.И. Семенова, 1986. 592 с., ил.
14. Охрана труда в машиностроении. Учебник для машиностроительных ВУЗов./ Под ред. Фельдштейна Е.Э. – Минск: Дизайн ПРО, 1997 – 384с.