

## Оглавление

Реферат	5
Техническое задание	6
1. Составление маршрута изготовления корпуса и определение типа производства.	7
1.1 Краткое описание изделия.	7
1.2 Анализ технологичности детали	11
1.2 Анализ существующего технологического процесса.	13
1.4 Структура нового технологического процесса	16
2. Построение расчётной схемы и графа технологических цепей	17
3. Расчёт минимальных припусков $z_{\min}$ на обработку заготовки в диаметральном направлении	18
3.1 Определение допусков на диаметральные технологические размеры	21
4.1 Расчёт диаметра проката заготовки	23
4.2 Расчёт припусков на первой операции.	26
4.3 Расчёт припусков на второй операции.	31
5. Расчёт технологических размеров и минимальных припусков в осевом направлении	35
5.1 Определение допусков на осевые технологические размеры	35
5.2 Проверка конструкторских размеров	39
6. Выбор технологического оборудования	44
7. Расчёты режимов резания	47
7.1 Расчёт режимов резания при точении	48
7.2 Расчёт режимов резания при подрезке торцев	85
7.3 Расчёт режима разрезания при отрезании ленточной пилой	88
7.4 Расчёт режимов резания при сверлении центровых отверстий	88
8. Расчёт технической нормы времени.	90
8.1 Расчёт основного времени на токарных операциях	90

8.2	Расчёт основного времени на фрезерной операции	93
9.	Конструкторский раздел	97
9.1	Описание и принцип работы приспособления	97
9.2	Расчёт приспособления на точность.	98
10.	Экономический раздел	100
10.1	Калькуляция данных, общих для всех технологических процессов	101
10.2	Предлагаемый заводу технологический процесс	102
10.3	Сравнение вариантов затрат при изменении технологического процесса	109
10.4	Расчет экономического эффекта	110
11.	Производственная и экологическая безопасность	113
11.1	Общие положения	113
11.2	Анализ опасных и вредных производственных факторов	114
11.3	Требования безопасности и мероприятия по их осуществлению	116
11.4	Безопасность в чрезвычайных ситуациях	130
11.5	Пожарная и взрывная безопасность	132
11.6	Охрана окружающей среды	134
	Заключение	135
	Список используемой литературы	136

Реферат.

Разрабатываемый дипломный проект по дисциплине «Технология машиностроения» является неотъемлемой частью учебного процесса в Институте Кибернетики, кафедра ТАМП. Темой выпускной квалификационной работы является «Совершенствование технологического процесса изготовления корпуса ЕИВЖ 724281.001». В ходе выполнения проекта был произведен анализ существующего технологического процесса изготовления Корпуса. Были выявлены положительные и отрицательные стороны данной детали.

Целью данной работы является разработка технологического процесса изготовления изделия – корпуса, по требованиям, предъявленным конструктором в виде чертежа детали. Вся работа представлена в пояснительной записке и разделена на части. При проектировании технологического процесса было выполнено следующее: выбраны базы и схемы установки; разработана маршрутная и операционная технология; определены технологические допуски, припуски на операционные размеры; выбрано нужное оборудование с ЧПУ, приспособления и инструмент для обработки детали; рассчитаны режимы резания, и основные нормы. В первой части производится анализ технологичности изделия, что затем определяет маршрут обработки, по которому строится размерная схема и граф-дерево. В расчётной части проверяется соблюдение всех конструкторских размеров, качества поверхности, по предложенной последовательности изготовления.

В конструкторской части были сконструировано одно новое приспособления «Кондукторная плита» для закрепления детали на фрезерной операции для проведения сверлильных операций.

Новый технологический процесс в этом проекте, экономически обосновано, что подтверждают расчеты экономической эффективности и представленные технико-экономические показатели проекта.

В последней части ВКР были рассмотрены вопросы экономии, произведен расчет защитного заземления, разработаны мероприятия по обеспечению безопасности жизнедеятельности.

# Техническое задание

Разработать новый технологический процесс изготовления изделия, представленного на эскизе рисунке 1.

Годовая программа выпуска изделия - 1500 шт.

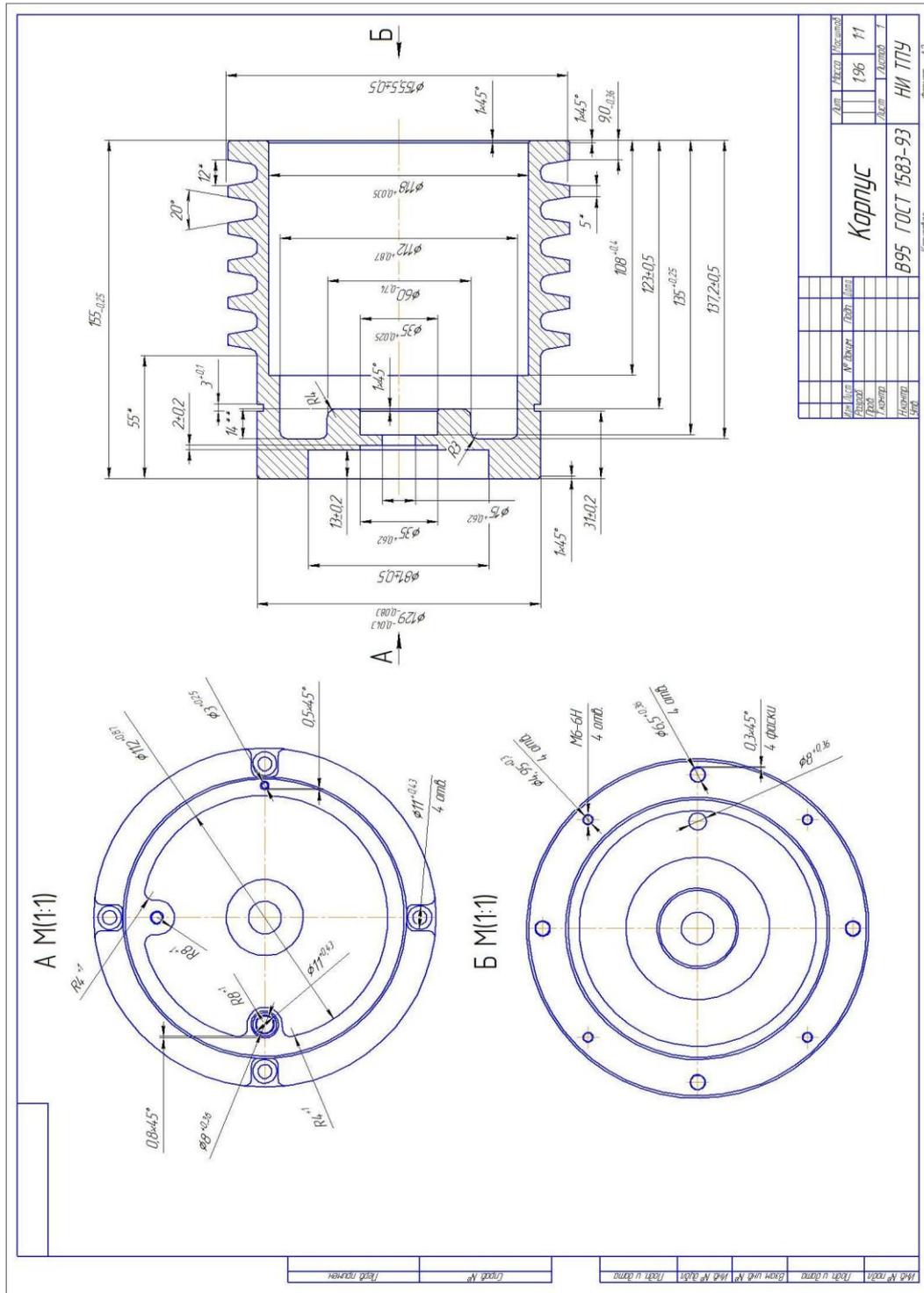


Рисунок 1. Деталь корпус

1. Составление маршрута изготовления корпуса и определение типа производства.

### 1.1 Краткое описание изделия.

Деталь типа «Корпус» представленная для разработки технологического процесса. Корпус предназначен для защиты узла внутри него собранного. Сам корпус проверяют на взрывозащищенность, и не допускаются на поверхности какие-либо дефекты при изготовлении.

Корпус относится к классу деталей фланцевого типа. Заготовку для неё можно получать литьём в кокель – сплав АК9ч, АЛ4 с этой группы. Деталь несимметрична. Средняя толщина стенок – 6 мм, деталь нормальной точности по изготовлению, самая точная поверхность изготавливается по 7 качеству с шероховатостью  $Ra=2.5$ . Ребра жесткости, предусмотренные конструкцией, способствуют более эффективному отводу тепла, корпус должен быть герметичен и взрывонепроницаем.

Опираясь на факты, что требуемый выпуск продукции в год составит 1500 штук, и, что корпус не является уникальной в изготовлении деталью и его размеры относительно не большие, делается вывод, что производство серийное. Однако, в пункте об определении типа производства, будет точно установлено к какому из трёх производств – мелко-, средне- или крупносерийному, относиться изготовление корпуса. Первоочередной этап маршрута – это выбор исходной заготовки. Для изготовления корпуса – деталь типа тело вращения, выгоднее и рациональнее использовать сплав из алюминия по ГОСТ 1583-93. Материал заготовки алюминиевый сплав – В95. Сплав В95 относится к конструкционным герметичным сплавам, сплавы такого рода применяют для высоконагруженных конструкций, для самолетостроения и ракетостроения.

В распоряжении станочный парк, который оснащён станками с ЧПУ, необходимый режущий инструмент. В учебном проекте станки подбираются из каталога, в реальном же производстве привязываются к оборудованию, которым оснащено производство, или на основе технологии изготовления детали подбирается станочный парк и прочее оборудование.

Принимая во внимание вышеописанные условия составления маршрута, проектируем маршрут в системе КОМПАС V15.2, что добавляет проекту долю автоматизации и уменьшает время на подготовку документации и создание чертежей или эскизов. В совокупности маршрут представлен на рис. 2 – 4.

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

$$K_{з.о} = \frac{t_в}{T_{ср}}$$

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:

$$t_в = \frac{F_г}{N_г}$$

где  $F_г$  – годовой фонд времени работы оборудования, мин.;

$N_г$  – годовая программа выпуска деталей.

Годовой фонд времени работы оборудования при односменном режиме работы по [2, стр. 22 табл. 2.1]:  $F_г = 2014$  ч.

Тогда

$$t_в = \frac{F_г}{N_г} = \frac{2014 \cdot 60}{1500} = 80,56 \text{ мин.};$$

Среднее штучно – калькуляционное время на выполнение операций технологического процесса:

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

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

$n$  – количество основных операций.

В качестве основных операций выберем 4 операции ( $n=4$ ).

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

$$T_{ш.к.i} = \varphi_{к.i} \cdot T_{oi}$$

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

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

для (1, 2, 3, 4-ой) операции (токарной с ЧПУ)  $\varphi_{к.1} = \varphi_{к.2} = 2,14$ ;

для фрезерной операции  $\varphi_{к.3} = 1,84$ .

для шлифовальной:  $\varphi_{к.4} = 2,10$ .

для сверления :  $\varphi_{к.4} = 1,72$ .

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

Основное технологическое время первой токарной операции определяем только для наиболее продолжительных по времени переходов (подрезка торца, точение поверхности начерно и начисто по контуру (см. маршрутно-операционную карту)):

$$T_{0,1} = (0,037(D^2 - d^2) + 0,17 \cdot d \cdot l + 0,17 \cdot d \cdot l) \cdot 10^{-3} \text{ где}$$

$d$  – диаметр обрабатываемой поверхности, мм;

$l$  – длина обрабатываемой поверхности, мм.

Значения вышеперечисленных переменных определяем приближенно:

$$T_{0,1} = (0,037(D^2 - d^2) + 0,17 \cdot d \cdot l + 0,17 \cdot 34 \cdot 20) \cdot 10^{-3} =$$

$$= (0,037(160^2 - 0^2) + 0,17 \cdot 12 \cdot 160 + 0,17 \cdot 117 \cdot 108 + 0,17 \cdot 112 \cdot 29 + 0,17 \cdot 60 \cdot 14$$

$$= 3,3 \text{ мин}$$

Штучно – калькуляционное время данной токарной операции определяем по формуле:

$$T_{ш.к.1} = \varphi_{к.1} \cdot T_{0,1} = 2,14 \cdot 3,3 = 7,062 \text{ мин.}$$

Основное технологическое время второй токарной операции определяем для следующих переходов: наиболее продолжительных по времени переходов (подрезка торца, точение поверхности начерно и начисто по контуру (см. маршрутно-операционную карту)):

$$T_{0,2} = (0,037(D^2 - d^2) + 0,17 \cdot d \cdot l + 0,17 \cdot d \cdot l + 0,17 \cdot d \cdot l + 0,17 \cdot d \cdot l) \cdot 10^{-3} \text{ тогда}$$

$$T_{0,2} = (0,037(D^2 - d^2) + 0,17 \cdot d \cdot l + 0,17 \cdot d \cdot l + 0,17 \cdot d \cdot l + 0,17 \cdot d \cdot l) \cdot 10^{-3}$$

$$= (0,037(156^2 - 0^2) + 0,17 \cdot 130 \cdot 55 + 0,17 \cdot 81 \cdot 13 + 0,17 \cdot 35 \cdot 2 + 0,17 \cdot 35 \cdot 30) \cdot 10^{-3} = 1,59 \text{ мин}$$

Штучно – калькуляционное время данной токарной операции:

$$T_{ш.к.2} = \varphi_{к.2} \cdot T_{0,2} = 2,14 \cdot 1,59 = 3,4 \text{ мин.}$$

Основное технологическое время для третьей операции сверление отверстий (см. операционную карту):

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

тогда

$$T_{0,3} = (4,3 \cdot 10 + 6,5 \cdot 10) \cdot 10^{-3} \cdot 2 = 0,15 \text{ мин.}$$

Штучно – калькуляционное время данной фрезерной операции, формула:

$$T_{ш.к.3} = \varphi_{к.3} \cdot T_{0,3} = 2,10 \cdot 0,15 = 0,315 \text{ мин.}$$

Основное технологическое время для четвёртой операции фрезерование контура, сверление отверстий, нарезание резьбы.

(см. операционную карту):

$$T_{0,4} = 0,15 \cdot (d \cdot l + d \cdot l + d \cdot l) i \cdot 10^{-3}$$

тогда

$$T_{0,4} = 0,15 \cdot (112 \cdot 13 + 4,9 \cdot 15 + 2,5 \cdot 13 + 8 \cdot 18 + 11 \cdot 15) \cdot 10^{-3} = 2,8 \text{ мин}$$

Штучно – калькуляционное время данной операции:

$$T_{ш.к.4} = \varphi_{к.4} \cdot T_{0,4} = 2,10 \cdot 2,8 = 5,88 \text{ мин.}$$

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

$$T_{ср} = \frac{\sum_{i=1}^n T_{ш.к.i}}{n} = \frac{T_{ш.к.1} + T_{ш.к.2} + T_{ш.к.3} + T_{ш.к.4}}{4} = \frac{7,062 + 3,4 + 0,315 + 2,8}{2} = 6,68 \text{ мин.}$$

Тип производства определяем по формуле:

$$Кз. о = \frac{t_g}{T_{ср}} = \frac{80,56}{6,68} = 12,5$$

Так как  $10 < Кз.о = 12,58 < 20$ , то тип производства мелкосерийное.

## 1.2 Анализ технологичности детали

Технологический контроль чертежей сводится к тщательному их изучению. Рабочие чертежи обрабатываемых деталей должны содержать все необходимые сведения, дающие полное представление о детали, то есть все проекции, разрезы и сечения, совершенно четко и однозначно объясняющие ее конфигурацию и возможные способы получения заготовки. На чертеже должны быть указаны все размеры с необходимыми допусками, классы чистоты обрабатываемых поверхностей, допускаемые отклонения от правильных геометрических форм, а также взаимного положения поверхностей. Чертеж должен содержать все необходимые сведения о материале детали, термической обработке, применяемых защитных и декоративных покрытиях, весе детали и т. п. Таким образом, технологический контроль – важная стадия проектирования технологических процессов и во многих случаях способствует выяснению и уточнению приведенных выше факторов.

При разработке технологического процесса изготовления корпуса необходимо проанализировать конструкцию с точки зрения ее технологичности и особенностей обработки.

Основные задачи, решаемые при анализе технологичности конструкции обрабатываемой детали, сводятся к возможному уменьшению трудоемкости и металлоемкости, возможности обработки детали высокопроизводительными методами. Таким образом, улучшение технологичности конструкции позволяет снизить себестоимость ее изготовления без ущерба для служебного назначения.

Чертеж детали соответствует всем необходимым требованиям, представлены все необходимые разрезы и сечения.

Корпус – сложная деталь, поэтому для обработки поверхностей необходимо использовать специальные приспособления для закрепления, на всех операциях технологического процесса.

Технологический анализ конструкции обеспечивает улучшение технико-экономических показателей разрабатываемого технологического процесса.

Поэтому технологический анализ – один из важнейших этапов технологической разработки, в том числе и курсового проектирования.

Деталь, предложенная на ВКР, полностью соответствует вышеперечисленным требованиям. В процессе обработки, обрабатываемые поверхности легко доступны для режущего инструмента.

Из вышесказанного можно сделать вывод, что деталь в целом технологична.

### 1.3 Анализ существующего технологического процесса.

Технологический процесс изготовления корпуса составлен со всеми требованиями, предъявленными к чертежу.

Метод получения заготовки обоснован т.к. при данной программе выпуска деталей этот метод наиболее целесообразен, напряжения, возникающие при литье, снимаются термообработкой (отжигом).

Заготовка реально соответствует чертежу в отношении фактических припусков на обработку и выполнения прочих технических требований.

Выполняется соблюдение принципа единства технологических баз, правильность выбора черновых, чистовых и промежуточных баз.

Для достижения заданной точности детали правильно установлена последовательность операций процесса.

Параметры установленного оборудования не соответствуют требованиям т.к. оборудование, задействованное в технологическом процессе, является устаревшим и изношенным.

Недостатком существующего технологического процесса является применение низко производительного режущего инструмента с малой стойкостью, что увеличивает затраты на замену и переточку инструмента.

Применение большого числа специальных приспособлений негативно сказывается на точности изготовления детали.

## 1.4 Структура нового технологического процесса

Номер		Наименование и содержание операций и переходов	Операционный эскиз
операции	перехода		
1	2	3	4
005	1	Заготовительная Отрезать заготовку выдерживая размер $A_{11}$	
	1	Токарная операция с ЧПУ (Станок 16A20ФЗС39) Установ А: 1. Установить и закрепить. 2. Подрезать торец выдерживая размер $A_{12}$	<p>Установ А</p>
	2	Сверлить центровочное отверстие	<p>Установ А (продолжение)</p>
	3	Сверлить на проход выдерживая размер $D_{11}$	
	4	Точить поверхность выдерживая размер $D_{12}$ выдерживая размер $A_{13}^{\ast}$ начерно.	
	5	Расточить отверстие выдерживая размеры $D_{13}$ , $A_{16}$ начерно.	<p>*Размеры для справок</p>
	6	Расточить отверстие выдерживая размеры $D_{14}$ , $A_{14}$	
	7	Точить поверхность выдерживая размеры $D_{15}$ , $r_1=R_4^{\ast}$ , $r_2=R_3^{\ast}$	
	8	Расточить отверстие выдерживая размеры $D_{16}$ на глубину $A_{15}$ начерно	
	9	Точить 5 канавкой выдерживая размеры $A_{17}$ , $A_{18}=5^{\ast}$ , $A_{19}=12^{\ast}$ , $h=20^{\ast}$	
	10	Точить фаску выдерживая размер $A_{110} \times 45^{\ast}$	

Рисунок 2 Технология изготовления корпуса

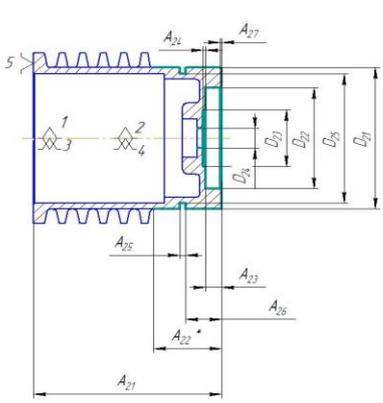
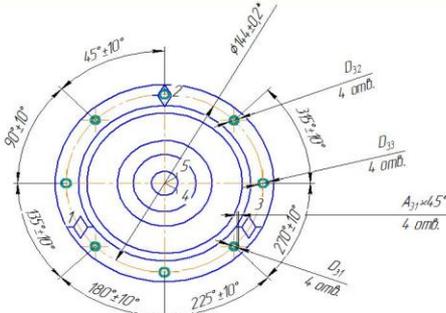
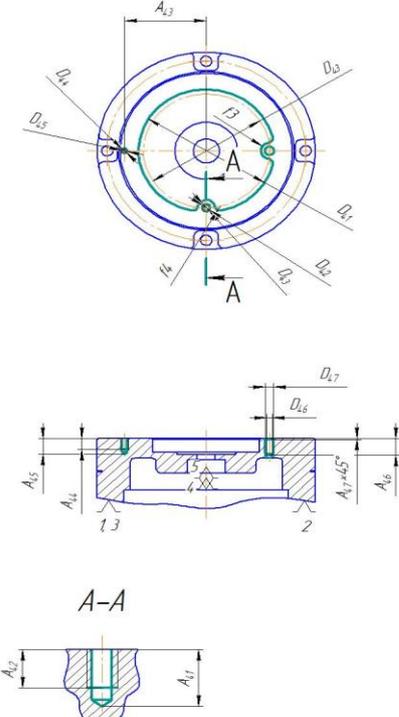
020	<p>1 Токарная операция с ЧПУ (Станок 16А20ФЗС39) Установ Б 1 Установить и закрепить. 2 Подрезать торцы выдерживая размеры <math>A_{21}</math>.</p> <p>2 Точить поверхность, выдерживая размеры <math>D_{21}</math> на длину <math>A_{22}</math> начерно.</p> <p>3 Расточить отверстие выдерживая размеры <math>D_{22}</math>, <math>A_{23}</math></p> <p>4 Расточить отверстие выдерживая размеры <math>D_{23}</math> мм на глубину <math>A_{24}</math></p> <p>5 Расточить отверстие на проход, выдерживая размер <math>D_{24}</math></p> <p>7 Точить канавку, выдерживая размеры <math>D_{25}</math>, <math>A_{25}</math>, <math>A_{25}</math></p> <p>8 Точить фаску выдерживая размер <math>A_{27} \times 45^\circ</math></p>	<p>Установ Б</p>  <p>*Размеры для справок</p>
025	<p>1 Фрезерная операция с ЧПУ 1 Установить и закрепить. 2 Сверлить 4 отверстия на проход, выдерживая размер <math>D_{31}</math>.</p> <p>2 Зенковать 4 отверстия, выдерживая размер <math>A_{31} \times 45^\circ</math></p> <p>3 Нарезать резьбу в 4 отверстиях, выдерживая размер <math>D_{32} \rightarrow M5 - 7H</math> мм.</p> <p>4 Сверлить 4 отверстия на проход, выдерживая размер <math>D_{33}</math></p>	 <p>*Размеры для справок</p>
030	<p>1 Фрезеровать канавку выдерживая размеры <math>D_{41}</math>, <math>T3 \rightarrow R8^*</math> мм, <math>T4 \rightarrow R8^*</math> мм.</p> <p>2 Центровать отверстие, под диаметр <math>D_{42}</math> выдерживая размер <math>D_{43}</math></p> <p>3 Сверлить отверстие, выдерживая размеры <math>D_{42}</math>, <math>A_{41}</math>.</p> <p>4 Нарезать резьбу выдерживая размеры <math>D_{43} \rightarrow M5 - 6H</math> мм, <math>A_{42}</math>.</p> <p>5 Центровать отверстие под диаметр <math>D_{44}</math> выдерживая размер <math>A_{43}</math></p> <p>6 Сверлить отверстие, выдерживая размеры <math>D_{44}</math>, <math>A_{44}</math></p> <p>7 Нарезать резьбу выдерживая размеры <math>D_{45} \rightarrow M5 - 6H</math> мм, <math>A_{45}</math></p> <p>8 Центровать отверстие выдерживая размер <math>D_{46}</math> под диаметр <math>D_{46}</math></p> <p>9 Сверлить отверстие, выдерживая размеры <math>D_{46}</math> мм на проход.</p> <p>10 Расверлить отверстие, выдерживая размеры <math>D_{47}</math>, <math>A_{46}</math></p> <p>11 Точить фаску, выдерживая размер <math>A_{47} \times 45^\circ</math></p>	 <p>A-A</p> <p>*Размеры для справок</p>

Рисунок 3 Технология изготовления корпуса (продолжение)

035	<p>1 Цековать отверстие выдерживая размеры <math>D_{51}</math>, <math>A_{51}</math></p>	
040	<p>1 Сверлить отверстие выдерживая размеры <math>D_{61}</math>, <math>A_{61}</math></p> <p>2 Нарезать резьбу выдерживая размеры <math>D_{62}</math> = М25-6Н мм, <math>A_{62}</math></p>	
045	<p>1 Токарная операция с ЧПУ (Станок 16А20ФЭС39) Установ А (Чистовая) 1. Установить и закрепить. 2. Расточить кулачки. 3. Подрезать торец выдерживая размер <math>A_1</math>, начисто</p> <p>2 Расточить отверстие выдерживая размеры <math>D_{71}</math>, <math>A_{72}</math> начисто.</p> <p>3 Расточить отверстие выдерживая размеры <math>D_{72}</math> на глубину <math>A_{73}</math> начисто.</p> <p>4 Точить поверхность на проход выдерживая размер <math>D_{73}</math> начисто.</p> <p>5 Точить фаски выдерживая размеры <math>A_{71} \times 45^\circ</math>, <math>A_{72} \times 45^\circ</math>.</p>	<p>Установ А</p>
050	<p>1 Токарная операция с ЧПУ (Станок 16А20ФЭС39) Установ Б (Чистовая) 1. Установить и закрепить. 2. Подрезать торец выдерживая размер <math>A_1</math>, начисто.</p> <p>Точить поверхность на проход выдерживая размер <math>D_{81}</math> начисто.</p> <p>Точить фаску выдерживая размер <math>A_{82} \times 45^\circ</math> мм</p>	<p>Установ Б</p>

Рисунок 4 Технология изготовления корпуса (продолжение)

## 2. Построение расчётной схемы и графа технологических цепей

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

На основании маршрута изготовления корпуса, составляется расчётная схема, которая представлена на рис. 4, и содержит все осевые технологические размеры, припуски на обработку и конструкторские размеры, проверка которых будет осуществляться по ходу данной работы.

С целью облегчения составления размерных цепей в дальнейшем, на базе расчётной схемы строится технологическое граф - дерево. Методика построения граф - дерева подробно излагается в источнике [1, стр. 29].

Построение начинается с размерных связей заготовки на первой операции. В качестве вершин граф - дерева выступают поверхности заготовки, припуска и готовой детали, а в качестве ребер технологические размеры, т.е. размеры, которые получаются при обработке, на которые настраивается станок. Построение граф - дерева является проверкой правильности размеров, оно не должно иметь циклов и все поверхности должны быть привязаны к какой-либо базе. Технологические размеры будут составляющими звеньями, конструкторские будут исходными, а припуски будут замыкающими звеньями.

Граф-дерево для расчётной схемы изготовления корпуса представлено на рисунке 6.

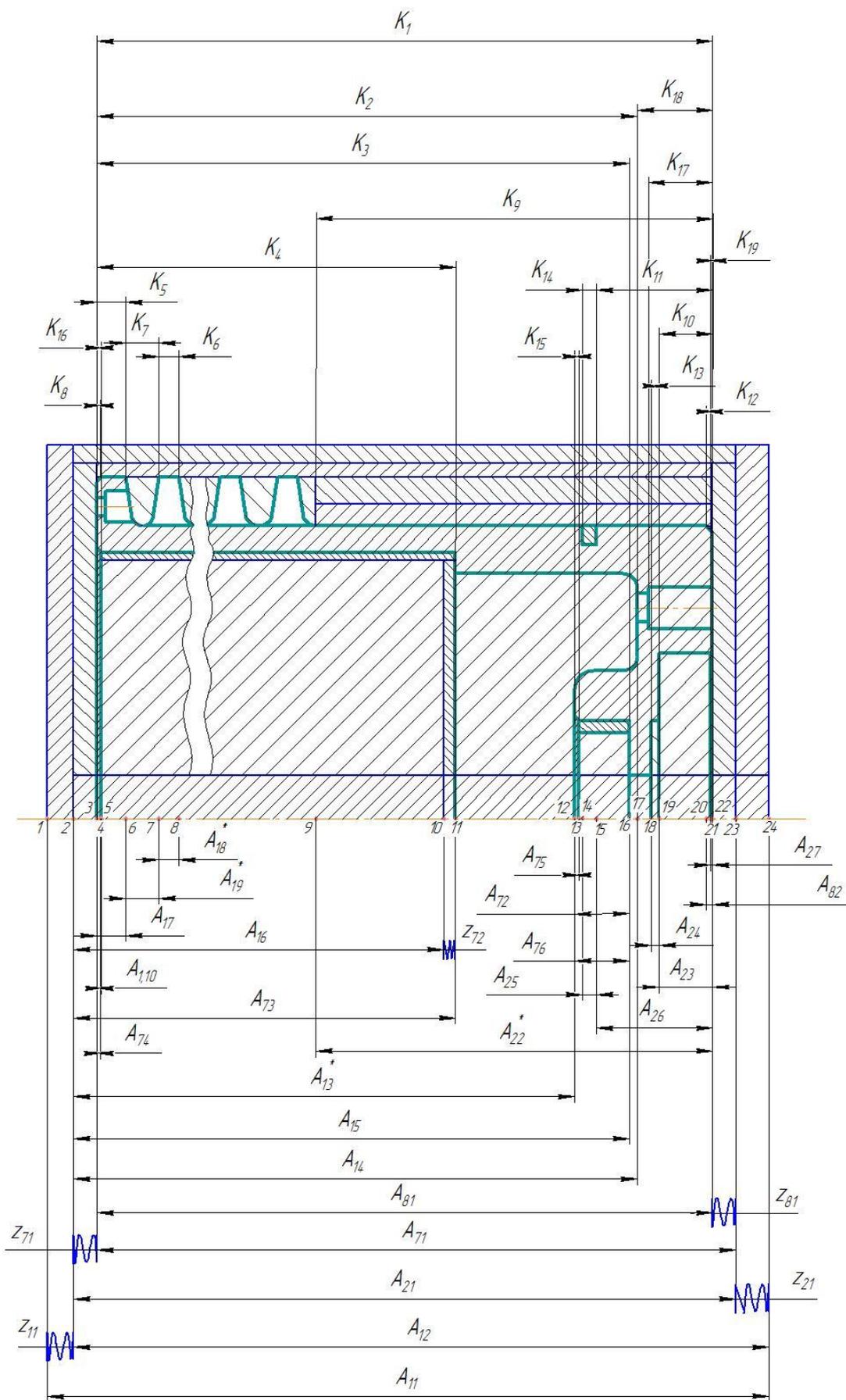


Рисунок 5 Размерная схема корпуса

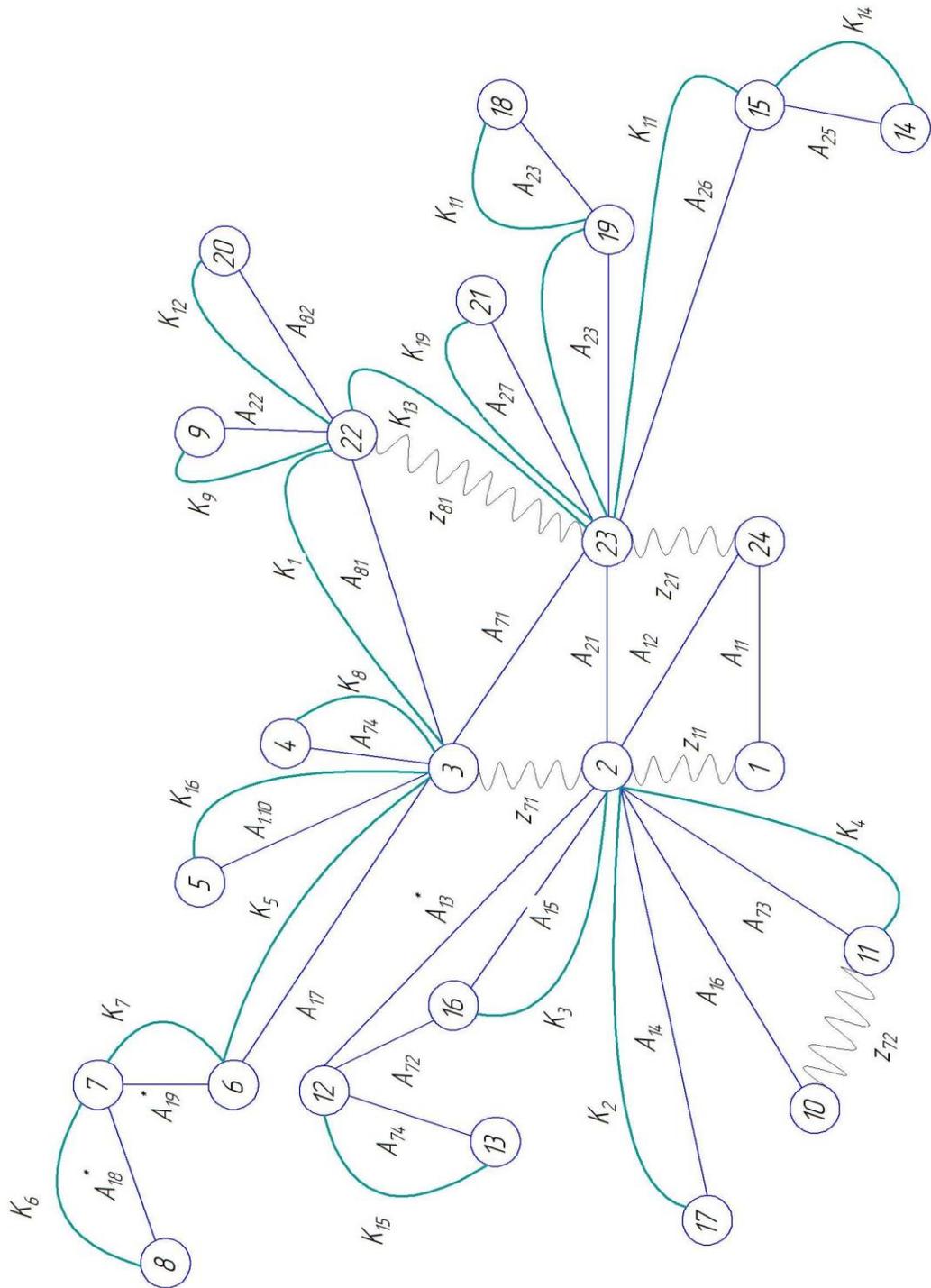


Рисунок 6 Граф технологических цепей

### 3. Расчёт минимальных припусков $z_{\min}$ на обработку заготовки в диаметральном направлении

Как известно из [3] минимальный припуск на обработку должен быть таким, чтобы его удаления было достаточно для обеспечения требуемой точности детали и её заданного качества поверхностного слоя.

Таким образом, минимальный припуск на обрабатываемый диаметр определяется по формуле из [1, стр. 47]:

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

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

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

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

$\rho_{i-1}$  - суммарная погрешность формы, полученная на предшествующем переходе, мкм;

$\varepsilon_{yi}$  - погрешность установки заготовки на текущем переходе, мкм.

В свою очередь:

$$\rho_{i-1} = \sqrt{\rho_{Pi-1}^2 + \rho_{\Phi i-1}^2}, \quad (2)$$

где  $\rho_{Pi-1}^2$  - погрешность расположения обрабатываемой поверхности, возникшая на предыдущем переходе, мкм;

$\rho_{\Phi i-1}^2$  - погрешность формы обрабатываемой поверхности с предыдущего перехода.

Расчёт припуска на обработку плоскости, определяется по формуле из [1, стр. 47]:

$$z_{i\min} = Rz_{i-1} + h_{i-1} + \rho_{i-1}, \quad (3)$$

где  $\rho_{i-1} = \rho_{Pi-1} + \rho_{\Phi i-1}$ .

### 3.1 Определение допусков на диаметральные технологические размеры

Допуски на диаметральные размеры принимаются равными статистической погрешности [1, стр. 38]:

$$TD_i = \omega_{ci},$$

где  $\omega_{ci}$  - статическая погрешность, мм.

Тогда назначаем допуски, руководствуясь [1, стр. 73 П1]:

$$TD_{12} = 1.1 \text{ мм}$$

$$TD_{21} = 0.20 \text{ мм}$$

$$TD_{13} = 0.20 \text{ мм}$$

$$TD_{22} = 0.20 \text{ мм}$$

$$TD_{14} = 0.20 \text{ мм}$$

$$TD_{23} = 0.20 \text{ мм}$$

$$TD_{15} = 0.20 \text{ мм}$$

$$TD_{24} = 0.20 \text{ мм}$$

$$TD_{16} = 0.12 \text{ мм}$$

$$TD_{25} = 0.12 \text{ мм}$$

$$TD_{31} = 0.2 \text{ мм}$$

$$TD_{42} = 0.2 \text{ мм}$$

$$TD_{32} = 0.20 \text{ мм}$$

$$TD_{44} = 0.20 \text{ мм}$$

$$TD_{33} = 0.20 \text{ мм}$$

$$TD_{46} = 0.20 \text{ мм}$$

$$TD_{47} = 0.20 \text{ мм}$$

Расчётная схема корпуса с диаметральными размерами, припусками на обработку представлена на рисунках 7.1 и 7.2

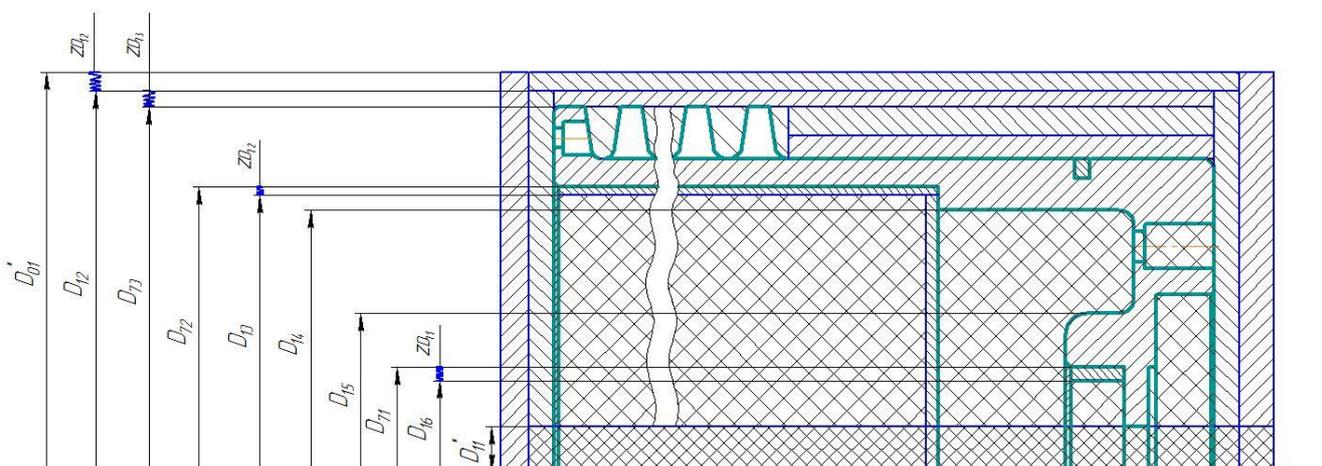


Рисунок 7.1 Размерная схема по диаметру (левая сторона)

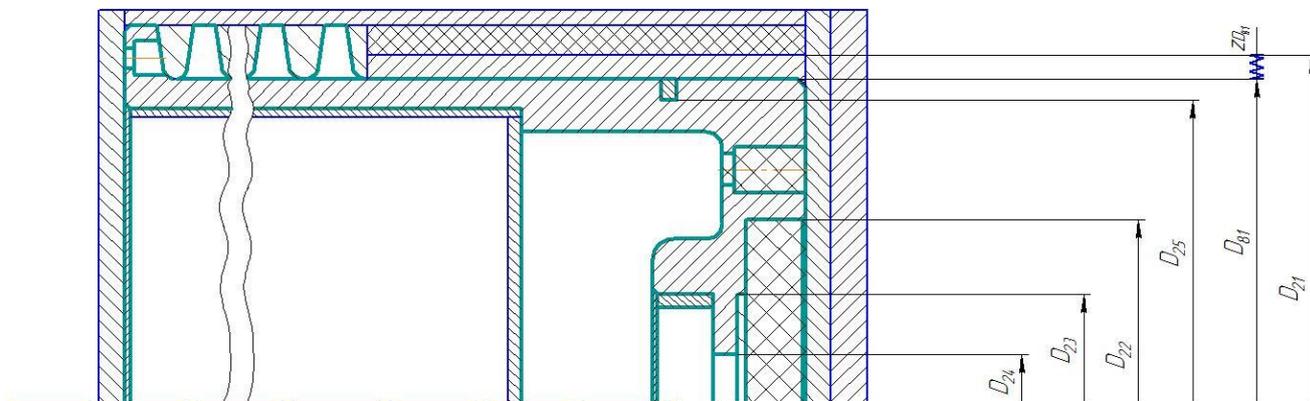


Рисунок 7.2 Размерная схема по диаметру (правая сторона)

#### 4.1 Расчёт диаметра проката заготовки

Суммарное пространственное отклонение определяется только пространственным отклонением исходной заготовки (круглого проката), и может быть определено из выражения:

$$\rho_{\phi_{i-1}} = \Delta_k \cdot l, \quad (4)$$

где  $\Delta_k$  - удельная кривизна заготовки, мкм/мм;

$l$  - длина обрабатываемого участка, мм.

Величина  $\Delta_k$  выбирается из [2, стр. 71].  $\Delta_k = 1 \text{ мкм} / \text{мм}$ ,  $l = 123 \text{ мм}$ .

Подставим выбранные значения в формулу (4):

$$\rho_{\phi_{i-1}} = \Delta_k \cdot l = 1 \cdot 93 = 123 \text{ мкм}.$$

Погрешность установки при черновом точении определяется только погрешностью закрепления трехкулачкового патрона [1, стр. 84]:

$$\varepsilon_y = 370 \text{ мкм}.$$

Определим остаточное пространственное отклонение после чернового точения [2, стр. 73]:

$$\rho = k_y \cdot \rho_{\text{заг}}, \quad (5)$$

где  $k_y$  - коэффициент уточнение,  $k_y = 0,04$

$$\rho_{\text{заг}} = 123. \text{ Тогда } \rho = k_y \cdot \rho_{\text{заг}} = 0,04 \cdot 123 = 4,92 \text{ мкм}.$$

Погрешность установки при чистовом точении  $\varepsilon_y = 80 \text{ мкм}$ .

Остальные данные о погрешности установки выбираются из [1, стр. 85] и вносятся в таблицу 1.

Таблица 1

Переходы обработки поверхности	Элементы минимального припуска, мкм				Минимальный припуск $2z_{Di \min}$ , мкм
	Rz	h	$\rho$	$\varepsilon$	
$\varnothing 155,6h14_{-0.35}$ $\varnothing 118h6^{+0.025}$					
Заготовительная	160	125	123	-	
Черновое	100	75	4	370	1220

точение					
Чистовое точение	20	20	0	80	510

Теперь можно рассчитать минимальные припуски на обработку:

- под черновое точение  $2z_{D_{12}min} = 2(160 + 125 + \sqrt{123^2 + 370^2}) \approx 1350_{мкм.} = 1,35_{мм.}$ ;
- под чистовое точение  $2z_{D_{72}min} = 2(100 + 75 + \sqrt{108^2 + 80^2}) \approx 620_{мкм.} = 0,62_{мм.}$ ;
- под чистовое точение  $2z_{D_{81}min} = 2(100 + 75 + \sqrt{100^2 + 80^2}) \approx 600_{мкм.} = 0,60_{мм.}$ ;
- под чистовое точение  $2z_{D_{71}min} = 2(100 + 75 + \sqrt{16^2 + 80^2}) \approx 256_{мкм.} = 0,256_{мм.}$ ;

Для определения диаметра исходной заготовки  $D_{11}$ , а именно круглого алюминиевого сплава, необходимо рассмотреть следующую диаметральную размерную цепь  $D_{12}$ ,  $2z_{D_{12}}$ :

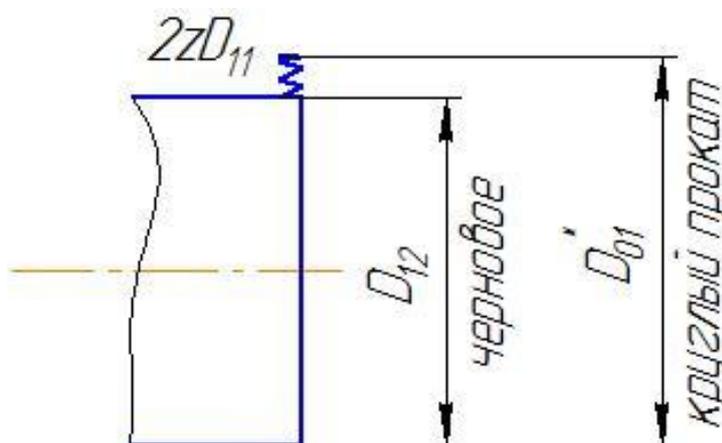


Рисунок 1 Размерная цепь для определения диаметра заготовки

Находим среднее значение припуска:

$$2z^c_{D_{12}} = 2z_{D_{12}min} + \frac{TD_{73} + TD_{12}}{2} = 1,35 + \frac{0,25 + 1,1}{2} = 2,025_{мм}$$

Рассчитаем среднее значение диаметра круглого алюминиевого сплава при условии, что  $D_{73} = K_1 = 160_{-0,62}$ :

$$D^c_{01} = D^c_{12} + 2z^c_{D12} = 155,6 + 4,05 = 159,65 \text{ мм}$$

Вычисляем номинальный размер проката:

$$D_{01} = D^c_{01} - \frac{BOD_{01} + HOD_{01}}{2} = 159,65 - \frac{0,4 - 0,7}{2} = 159,8 \text{ мм}.$$

Таким образом расчётное значение проката:

$D_{01} = 159,8^{+0,4}_{-0,7} \text{ мм}$ . Из ГОСТ 2590-88 выбираем прокат с фактическим диаметром

$D^{\phi}_{01} = 160^{+0,4}_{-0,7} \text{ мм}$ . Тогда пересчитываем значение припуска:

$$2z^{\phi}_{D01} = 160^{+0,4}_{-0,7} - 155,6_{-0,35} = 4,4^{+0,75}_{-0,7} \text{ мм}.$$

В итоге для изготовления корпуса в качестве заготовки используется круглый алюминиевый прокат с номинальным диаметром  $D^{\phi}_{01} = 160^{+0,4}_{-0,7} \text{ мм}$ .

## 4.2 Расчёт припусков на первой операции.

### 4.2.1 Расчёт диаметральных технологических размеров для обработки поверхности $\varnothing 155.5_{-0.5} \text{ мм}$

Расчёты производятся из цепи, что на рис. 7.1.

Рассмотрим размерную цепь на рис. 8:

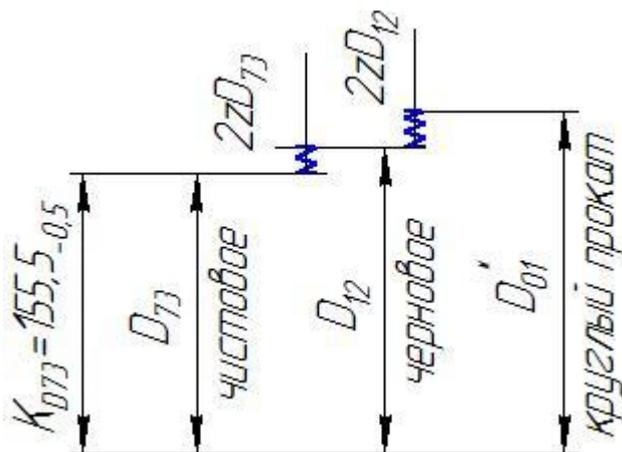


Рисунок 2 Размерная цепь поверхности

Из пункта 4.2 известно, что  $2z_{D73 \min} = 0.2 \text{ мм}$  и  $2z_{D12 \min} = 1.35 \text{ мм}$

Рассмотрим на этой размерной цепи элементы  $D_{73}$ ,  $D_{12}$  и  $z_{D73}$ .

На схеме  $D_{73} = K_{D73} = 155.5_{-0.5} \text{ мм}$ .

Находим  $D_{12}$ :

$$D_{73}^c = D_{73} + \frac{BOD_{73} + HOD_{73}}{2} = 155.5 + \frac{0 - 0.5}{2} = 155.75 \text{ мм}.$$

Теперь находим:

$$2z_{D73}^c = 2z_{D73 \min} + \frac{TD_{73} + TD_{12}}{2} = 0.2 + \frac{0.5 + 0.2}{2} = 0.55 \text{ мм}.$$

Теперь вычисляем  $D_{12}^c = D_{73}^c + 2z_{D73}^c = 155.75 + 0.55 = 156.3 \text{ мм}$ .

То есть  $D_{12} = 156.3 \pm 0.1 \text{ мм}$ .

Далее вычисляется по аналогичному алгоритму размер  $D_{21}$ :

$$2z_{D12}^c = 2z_{D12 \min} + \frac{TD_{01} + TD_{12}}{2} = 1.35 + \frac{0.2 + 0.2}{2} = 1.55 \text{ мм}.$$

Теперь вычисляем  $D_{01}^c = D_{12}^c + 2z_{D12}^c = 156.3 + 1.55 = 157.85 \text{ мм}$ .

То есть  $D_{01} = 157.85 \pm 0.1 \text{ мм}$ .

Из курса метрологии известно, что для размеров корпусов, получаемых механической обработкой, в качестве номинального размера необходимо использовать наибольший размер, тогда запишем:

$$D_{12} = 156_{-0.2} \text{ мм. и } D_{01} = 160_{-0.2} \text{ мм.}$$

Теперь найдём припуск на черновое точение, который одновременно является напуском, так как проходит операция сверления на проход корпуса:

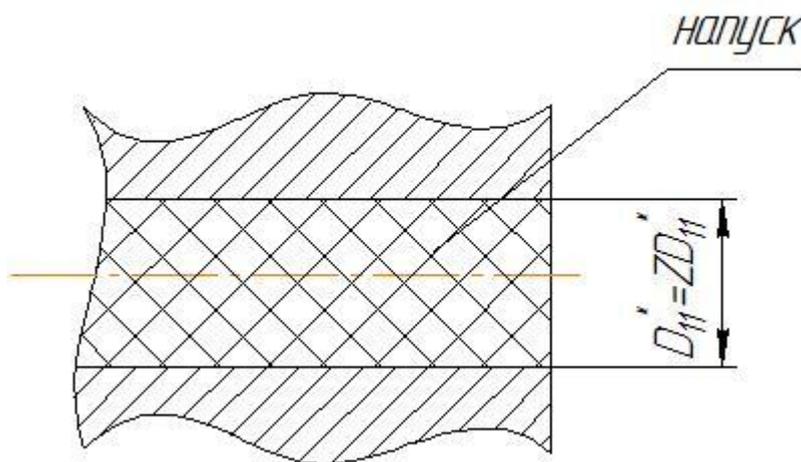


Рисунок 3 Размерная цепь на черновую обработку, сверления отверстия

Рассмотрим расчётную цепь на рис. 9, в частности элементы  $D^{CB}$ ,  $2z_{D11}$  и  $D_{11}^*$ .

Решая обратную задачу этой размерной цепи в результате имеем, что:

$$D_{11}^* = 2z_{D11} = D^{CB} = 12_{-0.2}^{+0.2}$$

$D^{CB}$  - диаметр сверла.

Напуск при черновом точении можно удалить за 1 проход, с целью достижения заданных параметров.

#### 4.2.2 Расчёт диаметральных технологических размеров для обработки $\varnothing 118^{+0.025} \text{ мм}$

Расчёты производятся из цепи, что на рис. 7.1.

Рассмотрим размерную цепь на рис. 10:

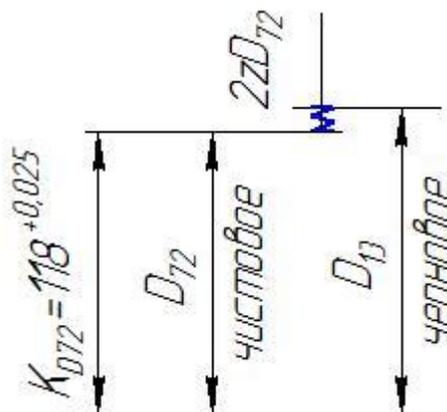


Рисунок 10 Размерная цепь  $\varnothing 118^{+0.025} \text{ мм}$

Из пункта 4.2 известно, что  $2z_{D72\text{min}} = 0.2 \text{ мм}$  и  $2z_{D13\text{min}} = 0.62 \text{ мм}$

Рассмотрим на этой размерной цепи элементы  $D_{72}$ ,  $D_{13}$  и  $z_{D72}$ .

На схеме  $D_{72} = K_{D72} = 118^{+0.025} \text{ мм}$ .

Находим  $D_{13}$ :

$$D_{72}^c = D_{72} + \frac{BOD_{72} + HOD_{72}}{2} = 118 + \frac{0,025 - 0}{2} = 117,9875 \text{ мм}.$$

Теперь находим:

$$2z_{D72}^c = 2z_{D72\text{min}} + \frac{TD_{72} + TD_{13}}{2} = 0,2 + \frac{0,025 + 0,12}{2} = 0,272 \text{ мм}.$$

Теперь вычисляем  $D_{13}^c = D_{72}^c + 2z_{D72}^c = 117,987 + 0,272 = 118,26 \text{ мм}$ .

То есть  $D_{13} = 118,26 \pm 0,06 \text{ мм}$ .

i. Расчёт диаметральных технологических размеров для обработки  $\varnothing 35^{+0.025}_{мм}$

Расчёты производятся из цепи, что на рис. 7.1.

Рассмотрим размерную цепь на рис. 11:

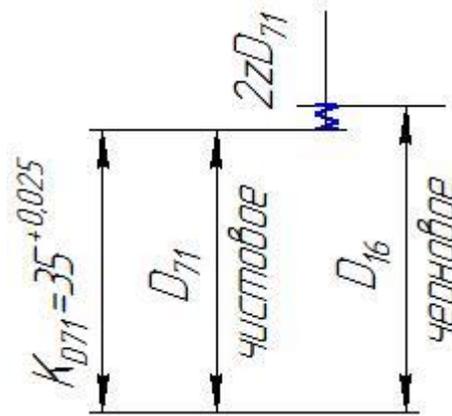


Рисунок 11 Размерная цепь  $\varnothing 35^{+0.025}_{мм}$

Из пункта 4.2 известно, что  $2z_{D71min} = 0.2мм$  и  $2z_{D16min} = 0.256мм$

Рассмотрим на этой размерной цепи элементы  $D_{71}$ ,  $D_{16}$  и  $z_{D71}$ .

На схеме  $D_{71} = K_{D71} = 35^{+0.025}_{мм}$ .

Находим  $D_{16}$ :

$$D^c_{71} = D_{71} + \frac{BOD_{71} + HOD_{71}}{2} = 118 + \frac{0,025 - 0}{2} = 35,9875мм.$$

Теперь находим:

$$2z^c_{D71} = 2z_{D71min} + \frac{TD_{71} + TD_{16}}{2} = 0,2 + \frac{0,025 + 0,128}{2} = 0,276мм.$$

Теперь вычисляем  $D^c_{16} = D^c_{71} + 2z^c_{D71} = 35,987 + 0,272 = 35,26мм$ .

То есть  $D_{16} = 35,26 \pm 0,06мм$ .

ii. Расчёт диаметральных технологических размеров для обработки  $\varnothing 112^{+0.87} \text{ мм}$

Расчёты производятся из цепи, что на рис. 7.1.

Рассмотрим размерную цепь на рис. 12:

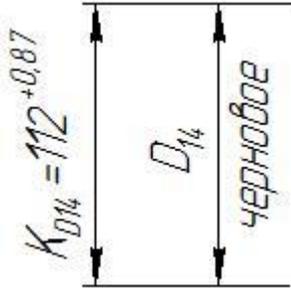


Рисунок 12 Размерная цепь  $\varnothing 112^{+0.87} \text{ мм}$

Из пункта 4.2 известно, что  $2z_{D_{14\min}}$  является напуском.

.

Теперь вычисляем  $D_{14}^c = D_{KD14}^c = 111,565 \pm 0.06 \text{ мм}$ .

iii. Расчёт диаметральных технологических размеров для обработки  $\varnothing 60_{-0.74} \text{ мм}$

Расчёты производятся из цепи, что на рис. 7.1.

Рассмотрим размерную цепь на рис. 13:

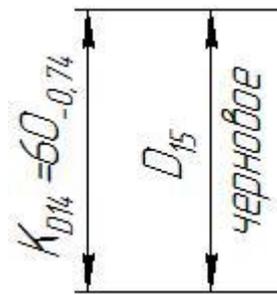


Рисунок 13 Размерная цепь  $\text{Ø} 60_{-0.74} \text{ мм}$

Из пункта 4.2 известно, что  $2z_{D15\text{min}}$  является напуском.

Теперь вычисляем  $D^c_{15} = D^c_{KD15} = 60,37 \pm 0.06 \text{ мм}$ .

б. Расчёт припусков на второй операции.

і. Расчёт диаметральных технологических размеров для обработки  $\text{Ø} 130_{-0.087} \text{ мм}$

Расчёты производятся из цепи, что на рис. 7.2.

Рассмотрим размерную цепь на рис. 14:

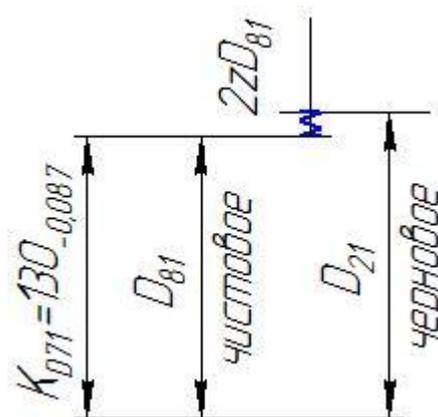


Рисунок 14 Размерная цепь  $\text{Ø} 130_{-0.087} \text{ мм}$

Из пункта 4.2 известно, что  $2z_{D81\text{min}} = 0.2 \text{ мм}$ ,  $2z_{D21\text{min}}$  является напуском.

Рассмотрим на этой размерной цепи элементы  $D_{21}$ ,  $D_{81}$  и  $z_{D81}$ .

На схеме  $D_{81} = K_{D81} = 130_{-0.087} \text{ мм}$ .

Находим  $D_{21}$ :

$$D_{81}^c = D_{81} + \frac{BOD_{81} + HOD_{81}}{2} = 130 + \frac{0 - 0.087}{2} = 130,0435 \text{ мм.}$$

Теперь находим:

$$2z_{D781}^c = 2z_{D81\text{min}} + \frac{TD_{81} + TD_{21}}{2} = 0.2 - \frac{0.087 + 0.12}{2} = 0,167 \text{ мм.}$$

Теперь вычисляем  $D_{21}^c = D_{81}^c + 2z_{D81}^c = 130,0435 + 0,167 = 130,21 \text{ мм.}$

То есть  $D_{13} = 130,21 \pm 0,06 \text{ мм.}$

ii. Расчёт диаметральных технологических размеров для обработки  $\varnothing 81_{-0.5}^{+0.5} \text{ мм}$

Расчёты производятся из цепи, что на рис. 7.2.

Рассмотрим размерную цепь на рис. 15:

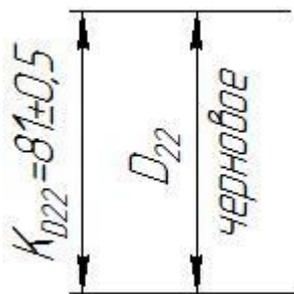


Рисунок 15 Размерная цепь  $\varnothing 81_{-0.5}^{+0.5} \text{ мм}$

Из пункта 4.2 известно, что  $2z_{D22\text{min}}$  является напуском.

.

Теперь вычисляем  $D_{22}^c = D_{KD22}^c = 81 \pm 0,06 \text{ мм.}$

#### 4.4.3 Расчёт диаметральных технологических размеров для обработки $\varnothing 35^{+0.62}$ мм

Расчёты производятся из цепи, что на рис. 7.2.

Рассмотрим размерную цепь на рис. 16:

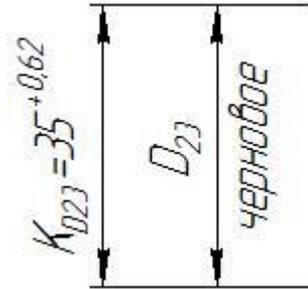


Рисунок 16 Размерная цепь  $\varnothing 35^{+0.62}$  мм

Из пункта 4.2 известно, что  $2z_{D_{23}\min}$  является напуском.

Теперь вычисляем  $D_{23}^c = D_{KD23}^c = 34,69 \pm 0.06$  мм .

#### 4.4.4 Расчёт диаметральных технологических размеров для обработки $\varnothing 15^{+0.43}$ мм

Расчёты производятся из цепи, что на рис. 7.2.

Рассмотрим размерную цепь на рис. 17:

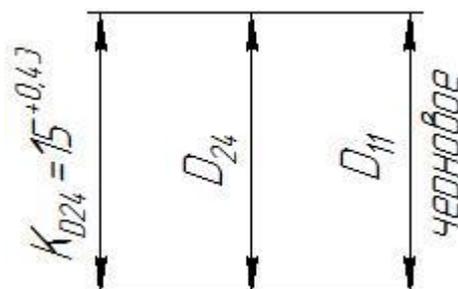


Рисунок 17 Размерная цепь  $\varnothing 15^{+0.43}$  мм

Из пункта 4.2 известно, что  $2z_{D24\min}$  является напуском.

.

Теперь вычисляем  $D^c_{24} = D^c_{11} = D^c_{KD24} = 14,785 \pm 0,06 \text{ мм}$ .

#### 4.4.5 Расчёт диаметральных технологических размеров для обработки $\varnothing 123_{-0,3} \text{ мм}$

Расчёты производятся из цепи, что на рис. 7.2.

Рассмотрим размерную цепь на рис. 18:

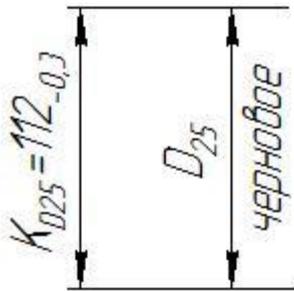


Рисунок 18 Размерная цепь  $\varnothing 123_{-0,3} \text{ мм}$

Из пункта 4.2 известно, что  $2z_{D25\min}$  является напуском.

.

Теперь вычисляем  $D^c_{25} = D^c_{KD25} = 123,15 \pm 0,06 \text{ мм}$ .

## 5 Расчёт технологических размеров и минимальных припусков в осевом направлении

В данном разделе расчёты производятся по схеме, что на рис. 5 и графа – рис. 6.

### 5.1 Определение допусков на осевые технологические размеры

Допуски на осевые технологические размеры принимаются равными из [1, стр. 38]:

$$TA_i = \omega_{ci} + \rho_{\delta.i-1} + \varepsilon_{yi},$$

где  $\omega_{ci}$  - статическая погрешность, мм;

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

Параметр  $\rho_u$  зависит от вида исходной заготовки и будет включен в допуск на размер  $A_{11}$ , так как при поджиме по торцу заготовки неизбежно возникает пространственное отклонение, вызванное неплоской поверхностью, с которой соприкасается упор станка. Из источника

[1, стр. 81 ПЗ]  $\rho^{отрез}_u = 0.30\text{мм}$ . На первой токарной операции, когда происходит подрезка торца, в трёхкулачковом патроне ещё не обработанная поверхность так же имеет пространственное (после отрезки на предыдущей операции) отклонение и, поэтому, это отклонение  $\rho^{точение}_u = 0.30\text{мм}$  должно быть включено в допуск на технологический размер. Допуски на технологические размеры в осевом направлении по [1, стр. 73 П1] с учётом статической погрешности:

Заготовительная операция:

$$TA_{11} = \omega_{11} + \rho_{11} + \varepsilon_{11} = 1 + 0.30 + 0 = 1.30\text{мм}$$

Полрезка торца на первой токарной операции:

$$IA_{21} = \omega_{21} + \rho_{11} = 0.20 + 0.30 = 0.5\text{мм}$$

<u>Первая токарная операция.</u>
$TA_{12} = 0.5\text{мм}$
$TA_{13} = 0.12\text{мм}$
$TA_{14} = 0.12\text{мм}$

$TA_{15} = 0.12\text{ мм}$
$TA_{16} = 0.12\text{ мм}$
$TA_{17} = 0.12\text{ мм}$
$TA_{18} = 0.12\text{ мм}$
$TA_{19} = 0.12\text{ мм}$
$TA_{1,10} \times 45^\circ = 0.12\text{ мм}$

На последующих переходах допуски на технологические размеры в осевом направлении будут без пространственного отклонения, то есть равняются только статистической погрешности. По маршруту обработки все значения допусков на выдерживаемые технологически размеры, получаемые на первой токарной операции, занесены для удобства в таблицу 1.

<u>Вторая токарная операция.</u>
$TA_{21} = 0.21\text{ мм}$
$TA_{22} = 0.12\text{ мм}$
$TA_{24} = 0.12\text{ мм}$
$TA_{25} = 0.12\text{ мм}$
$TA_{36} = 0.12\text{ мм}$
$TA_{27} \times 45^\circ = 0.12\text{ мм}$

На второй токарной операции после переустановки, заготовка зажимается в кулачках с упором в задний центр. На предшествующей операции была произведена чистовая контурная обработка ступеней вала, то есть закрепление происходит по обработанной начисто поверхности, поэтому пространственное отклонение в допуске на технологический размер будет составлять

$TA_{31} = \omega_{31} + \rho_{31} + \varepsilon_{yi} = 0.20 + 0.01 + 0 = 0.21\text{ мм}$ . Поверхность имеет незначительное отклонение.

Численные значения допусков на технологические размеры, получаемы на второй токарной операции, сведены для наглядности в табл. 2.

Последовательно по маршруту обработки назначены допуски на всех операциях обработки корпуса :

#### Фрезерные операции:

$TA_{31} = 0.1 \times 45^\circ\text{ мм}$  допуск на технологический размер фаски.

$TA_{31}^* = 0.1\text{ мм}$  настроечный размер 1.

$TA_{41} = 0.1\text{ мм}$  допуск на технологический размер получения глубины отверстия.

$TA_{41}^* = 0.1\text{ мм}$  настроечный размер 2.

$TA_{42} = 0.1\text{ мм}$  допуск на технологический размер получения глубина резьбы.

- $TA_{42}^* = 0.1\text{мм}$  настроечный размер 3.
- $TA_{44} = 0.1\text{мм}$  допуск на технологический размер получения глубины отверстия.
- $TA_{44}^* = 0.1\text{мм}$  настроечный размер 4.
- $TA_{45} = 0.1\text{мм}$  допуск на технологический размер получения глубина резьбы.
- $TA_{45}^* = 0.1\text{мм}$  настроечный размер 5.
- $TA_{46} = 0.1\text{мм}$  допуск на технологический размер получения глубины отверстия.
- $TA_{46}^* = 0.1\text{мм}$  настроечный размер 6.
- $TA_{47} = 0.1 \times 45^\circ \text{мм}$  допуск на технологический размер фаски.
- $TA_{47}^* = 0.1\text{мм}$  настроечный размер 7.
- $TA_{51} = 0.1\text{мм}$  допуск на технологический размер получения глубины отверстия.
- $TA_{51}^* = 0.1\text{мм}$  настроечный размер 8.
- $TA_{61} = 0.1\text{мм}$  допуск на технологический размер получения глубины отверстия.
- $TA_{61}^* = 0.1\text{мм}$  настроечный размер 9.
- $TA_{62} = 0.1\text{мм}$  допуск на технологический размер получения глубина резьбы.
- $TA_{62}^* = 0.1\text{мм}$  настроечный размер 10.

<u>Третья токарная операция.</u>
$TA_{71} = 0.21\text{мм}$
$TA_{72} = 0.12\text{мм}$
$TA_{73} = 0.12\text{мм}$
$TA_{74} \times 45^\circ = 0.12\text{мм}$
$TA_{75} \times 45^\circ = 0.12\text{мм}$

На третьей токарной операции после переустановки, заготовка зажимается в кулачках с упором в задний центр. На предшествующей операции была произведена чистовая контурная обработка ступеней вала, то есть закрепление происходит по обработанной начисто поверхности, поэтому пространственное отклонение в допуске на

технологический размер будет составлять  $TA_{31} = \omega_{31} + \rho_{31} + \varepsilon_{yi} = 0.20 + 0.01 + 0 = 0.21\text{мм}$ .

Поверхность имеет незначительное отклонение.

Численные значения допусков на технологические размеры, получаемы на второй токарной операции, сведены для наглядности в табл. 3.

<u>Четвертая токарная операция.</u>
$TA_{81} = 0.12 \text{ мм}$
$TA_{82} \times 45^\circ = 0.12 \text{ мм}$

На четвертой токарной операции после переустановки, заготовка зажимается в кулачках с упором в задний центр. На предшествующей операции была произведена чистовая контурная

обработка ступеней вала, то есть закрепление происходит по обработанной начисто поверхности, поэтому пространственное отклонение в допуске на технологический размер будет составлять  $TA_{31} = \omega_{31} + \rho_{31} + \varepsilon_{yi} = 0.20 + 0.01 + 0 = 0.21 \text{ мм}$ .

Поверхность имеет незначительное отклонение.

Численные значения допусков на технологические размеры, получаемы на второй токарной операции, сведены для наглядности в табл. 4.

По маршруту обработки назначены допуски на всех операциях обработки корпуса.

## 5.2 Проверка конструкторских размеров

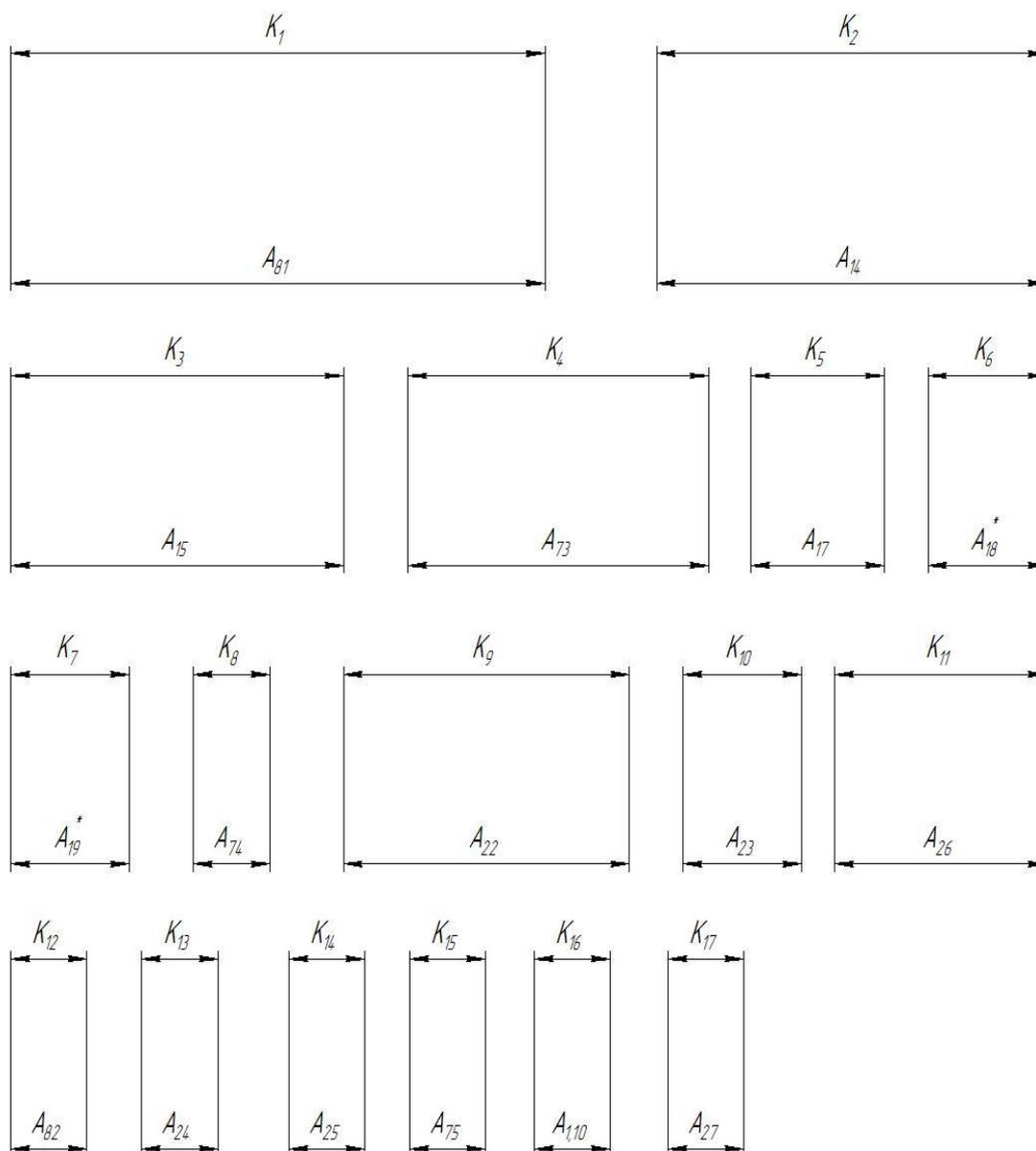


Рисунок 19 Технологические размерные цепи, формирующие конструкторские размеры.

Проверки подлежат каждый конструкторский размер. Для это составляются размерные цепи, по которым производится проверки выдерживаемых конструкторских размеров. На рис. 19 представлены все технологические размерные цепи. Число составляющих звеньев, как видно из рис. 19, в преобладающем большинстве не превышает одного. Поэтому расчёт конструкторских размеров производится методом максимума-минимума.

Конструкторские размеры, выдерживаемые непосредственно записаны ниже:

$$\text{Цепь №1. } K_1 = A_{81} = 129_{-0.083}^{-0.043} \text{ мм.}$$

$$\text{Цепь №2. } K_2 = A_{14} = 137 \pm 0.5 \text{ мм.}$$

$$\text{Цепь №3. } K_3 = A_{15} = 135,2^{+0.22} \text{ мм.}$$

$$\text{Цепь №4. } K_4 = A_{73} = 108^{+0.19} \text{ мм.}$$

$$\text{Цепь №5. } K_5 = A_{17} = 9,2_{-0.36} \text{ мм.}$$

$$\text{Цепь №6. } K_6 = A_{18}^* = 5 \pm 0.1 \text{ мм.}$$

$$\text{Цепь №7. } K_7 = A_{19}^* = 12 \pm 0.2 \text{ мм.}$$

$$\text{Цепь №8. } K_8 = A_{74} = 1 \times 45^\circ \text{ мм.}$$

$$\text{Цепь №9 } K_9 = A_{22}^* = 55 \pm 0.3 \text{ мм.}$$

$$\text{Цепь №10. } K_{10} = A_{23} = 13.2 \pm 0.2 \text{ мм.}$$

$$\text{Цепь №11. } K_{11} = A_{26} = 31 \pm 0.2 \text{ мм}$$

$$\text{Цепь №12. } K_{12} = A_{82} = 1 \times 45^\circ \text{ мм}$$

$$\text{Цепь №13. } K_{13} = A_{24} = 2 \pm 0.2 \text{ мм}$$

$$\text{Цепь №14. } K_{14} = A_{25} = 3^{+0.1} \text{ мм.}$$

$$\text{Цепь №15. } K_{15} = A_{75} = 0.5 \times 45^\circ \text{ мм}$$

$$\text{Цепь №16. } K_{16} = A_{1,10} = 1.35 \times 45^\circ \text{ мм}$$

$$\text{Цепь №17. } K_{17} = A_{27} = 0.5 \times 45^\circ \text{ мм}$$

Анализируя полученные результаты проверки конструкторских размеров можно сделать вывод, что допуски на технологические размеры можно увеличить, то есть сделать грубее, при этом сэкономить на точной наладке и подналадке станка. В рассматриваемом учебном проекте производить замену допусков не следует, а в реальном производстве, на месте, такую замену сделать необходимо. Коррекция значений допусков предусматривает их повышение, по сравнению с текущими, минимум на 70%, а в некоторых случаях и на 200%.

При расчёте числовых значений технологических размеров воспользуемся методом средних значений, при котором в цепи известны предельные значения составляющих звеньев и допуск на замыкающее (искомое) звено. Размеры, не относящиеся ни к размерам валов, ни к отверстиям, записываются в виде

$$A_{ij} = A_{ij}^c \pm \frac{TA_{ij}}{2}.$$

Запишем с учётом предельных значений и округлением.

Размерный анализ на этом закончен. Все осевые технологические размеры для удобства чтения и идентификации сведены в табл. 5.

Таблица 5

Обозначение технологического размера на размерной схеме	Среднее значение технологического размера	Номинальное значение и предельные отклонения технологического размера
$A_{11}$	156,5	$156.5 \pm 0,5$
$A_{12}$	155,3	$240,3 \pm 0,06$
$A_{13}$	118.26	$118.26 \pm 0,06$
$A_{14}$	137	$137 \pm 0,5$
$A_{15}$	134,89	$134,89 \pm 0,06$
$A_{16}$	107,91	$107,91 \pm 0,06$
$A_{17}$	9,02	$9,02 \pm 0,06$
$A_{18}^*$	5	$5 \pm 0,06$
$A_{19}^*$	12	$12 \pm 0,06$

$A_{1.10}$	1.35x45°	1.35x45°
$A_{21}$	155.57	155.57 <sub>-0,35</sub>
$A_{22}^*$	55	55±0,2
$A_{23}$	13.2	13.2±0,2
$A_{24}$	2	2±0,2
$A_{25}$	2.95	2.95 <sup>+0.1</sup>
$A_{26}$	31	31±0,2
$A_{27}$	0.5x45°	0.5x45°
$A_{31}$	0.3x45°	0.3x45°
$A_{41}$	15	15±0,06
$A_{42}$	8	8±0,06
$A_{43}$	60.5	60.5±0,23
$A_{44}$	13	13±0,06
$A_{45}$	8	8±0,06
$A_{46}$	15	15±0,06
$A_{47}$	0.8x45°	0.8x45°
$A_{51}$	3.2	3.2±0,06
$A_{61}$	12	12±0.3
$A_{62}$	8	8±0,2
$A_{71}$	155.375	155.375 <sub>-0,35</sub>
$A_{72}$	134,89	134,89 <sup>+0.22</sup>

$A_{73}$	107,905	$107,905^{+0.19}$
$A_{74}$	1x45°	1x45°
$A_{75}$	0.5x45°	0.5x45°
$A_{81}$	155,175	$155_{-0,35}$
$A_{82}$	1x45°	1x45°

## 6 Выбор технологического оборудования

Металлообрабатывающее оборудование выбирается из источника [4]. Станки должны обеспечивать заданное качество при обработки деталей, точность изготовления, иметь достаточную производительность. Предложенный маршрут обработки подразумевает в рамках данной разрабатываемой технологии использование станков с ЧПУ, что в достаточной степени автоматизирует изготовление детали. Оборудование выбрано из [4]. Инструмент выбран из [6].

Для отрезной операции:

Ленточно-отрезной станок по металлу PMS 250 ANS

### Характеристики:

Размер заготовки пакетов, мм	150-250 x 100-150
Размер полотна, мм	3505 x 0,9 x 27
Скорость пилы, м/мин	22-75
Мин.остаток заготовки, мм	50
Мин.остаток заготовки(пакет.резка), мм	170
Мин.ход тисков, мм	10
Подача заготовки, шаг, мм	400
Привод полотна, кВт	2,2
Масса, кг	1430 / 1570



Рисунок 20. Отрезной станок по металлу PMS 250 ANS

Для токарной операции:

Токарный станок с ЧПУ модели 160НТ

Характеристики:

Наибольший диаметр обработки, мм	200
Наибольшая длина обработки, мм	120
Наибольший диаметр прутка, мм	50
Диапазон частот вращения шпинделя (бесступенчатое регулирование), об/мин	5...5000
Предельные рабочие подачи, мм/мин.	1...15000
Дискретность рабочих перемещений, мм	0,001
Мощность привода главного движения, кВт	14



Рисунок 21. Токарный станок с ЧПУ модели 160НТ

Для фрезерной операции назначен фрезерный станок с ЧПУ.

Фрезерный станок с ЧПУ модели КМ-80

Характеристики:

Размер рабочей поверхности стола, мм	305x1270
Наибольшее перемещение стола, мм	
продольное	800
поперечное	500
вертикальное(установочное)	500
Частота вращения шпинделя, мин <sup>-1</sup>	50-6000
Пределы подач стола, мм/мин	
продольной и поперечной	1-10000
вертикальной	1-10000
Мощность двигателя главного привода, кВт	5,5
Масса, кг	2200



Рисунок 22. Фрезерный станок с ЧПУ модели КМ-80

К основным рабочим характеристикам, напрямую влияющим на процесс получения поверхностного слоя детали в процессе удаления слоя материала путём резания, относятся скорость резания, подача (заготовки или инструмента) и глубина резания. Все остальные характеристики, так или иначе, вытекают из описанных выше. В данном учебном проекте рассчитываются следующие величины: скорость резания, подача, силы, возникающие при резании и требуемая мощность для выполнения операции резания, а для фрезерования и шлифования – крутящий момент на шпинделе станка.

На некоторых переходах производится снятие припуска за несколько проходов, поэтому этот факт следует учесть. Настройка режущего инструмента на обработку производится по среднему значению фактического припуска. Методика расчетов представлена в источнике [6, стр. 261-300]. Логичнее будет начать рассматривать последовательно каждый переход, двигаясь от принятого размера проката заготовки на токарной операции.

Далее в пояснительной записке изложен последовательный расчёт режимов резания для двух токарных операций. Там, где удаление напуска происходит за несколько проходов, напуск разбивается на проходы и расчёт производится на черновой операции для более грубого значения припуска. Для удобства чтения расчёт режимов резания разделён по блокам: в первом блоке подсчитываются режимы резания для черновой обработки, потом на чистовом проходе контурного точения, далее по маршруту обрабатываются шпоночные пазы и завершать расчёты будут параметры резания при шлифовании. В последнем пункте будет произведён расчёт для заготовительной операции.

## 7.1 Расчёт режимов резания при точении

Инструмент для черновой обработки: резец проходной с квадратной пластиной по

ГОСТ 24247-80. Материал и параметры режущей части Т15К6  $\varphi = 90^\circ$ ,  $\gamma = 10^\circ$ ,  $\lambda = 0^\circ$ ,  $\alpha = 10^\circ$ ,  $r = 1.0$  мм.

Инструмент для чистовой обработки: проходной с ромбической пластиной по

ГОСТ 24247-80. Материал и параметры режущей части Т15К6  $\varphi = 90^\circ$ ,  $\gamma = 10^\circ$ ,  $\lambda = 0^\circ$ ,  $\alpha = 10^\circ$ ,  $r = 1.0$  мм.

Скорость резания при наружном точении из [6, стр. 265]:

$$v = \frac{C_v}{T^{m_t} t^{x_s} s^y} K_v, \text{ м/мин (1)}$$

где  $C_v, m, x, y$  - коэффициенты из [6, 269 табл. 17];

$T$  - период стойкости инструмента, мин; для токарных операций  $T = 20_{\text{мин}}$ ;

$t$  - глубина резания, мм;

$s$  - подача, мм/об.

$K_v$  - произведение коэффициентов, то есть

$$K_v = K_{mv} K_{nv} K_{uv} \text{ (2);}$$

$K_{mv}$  - коэффициент, учитывающий материал заготовки из [6, стр. 261-263 табл. 1-4];

$K_{nv}$  - коэффициент, учитывающий состояние поверхности из [6, стр. 263 табл. 5];

$K_{uv}$  - коэффициент, учитывающий материал инструмента из [6, стр. 263 табл. 6].

Из [6, стр. 261-263 табл. 1-6]:

$$K_{mv} = K_\Gamma \left( \frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v}, \text{ (3)}$$

где  $\sigma_B$  - предел выносливости материала, МПа;

$K_\Gamma$  - коэффициент, характеризующий группу обрабатываемости из [6, стр. 262 табл. 2];

$n_v$  - показатель степени для группы обрабатываемости материалов из [6, стр. 262 табл. 2].

Силу резания принято раскладывать на составляющие силы, направленные по осям координат станка (тангенциальную  $P_z$ , радиальную  $P_y$  и осевую  $P_x$ ). В данной работе будет рассчитана сила  $P_z$ , с дальнейшей целью определения затрачиваемой мощности  $N$ . Сила резания рассчитывается по формуле из [6, стр. 271]:

$$P_z = 10C_p t^x s^y v^n K_p, \text{ Н (4)}$$

где  $C_p$  - постоянный коэффициент;

$K_p$  - поправочный коэффициент, который находится как:

$$K_p = K_{mp} K_{\varphi p} K_{\gamma p} K_{\lambda p} K_{rp}, \text{ (5)}$$

Коэффициент  $K_{rp}$  не учитывается, так как обработка происходит твёрдым сплавом. Численные значения коэффициентов, входящих в формулу (5), даны

в [6, стр. 264-265, 275].  $K_{mp} = \left(\frac{\sigma_s}{750}\right)^n$ . При обработке конструкционной стали

твёрдым сплавом  $n = 0.75$ , то есть  $K_{mp} = \left(\frac{\sigma_s}{750}\right)^n = \left(\frac{690}{750}\right)^{0.75} = 0.94$ .

Мощность резания рассчитывается по формуле из [6, стр. 271]:

$$N = \frac{P_z v}{1020 \cdot 60}, \text{ кВт (6)}$$

Расчет по операциям:

Операция 010 (а):

Технические характеристики станка ЧПУ модели 160НТ:

Частота вращения шпинделя, об/мин 50 – 5000

Выполняем расчёт для первого перехода

Точение заготовки с проката до диаметра  $\varnothing 155,6_{-0,35} \text{ мм}$  :

1. Глубина резания:  $t = z_{\max} = 0,4 \text{ мм}$ .

2. Поперечная подача по табл. 11 [3,Т.2,стр.266] для данной глубины резания принимаем:

$$S = 1,9 \text{ мм/об.}$$

3. Скорость резания определяется по формуле:

$$V = \frac{C_V}{T^m \times t^x \times s^y} \times K_V \quad (6.1),$$

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

Значения коэффициентов:  $C_V = 240$ ;  $m = 0,2$ ;  $x = 0,15$ ;  $y = 0,45$  – определены по табл. 17 [3,Т.2,стр.269].

Коэффициент  $K_V$ :

$$K_V = K_{mv} \times K_{nv} \times K_{uv},$$

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

$K_{nv}$  – коэффициент, отражающий состояние поверхности заготовки;

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

По табл. 4, 5, 6 [3,Т.2,стр.261]:  $K_{mv} = 1$ ;  $K_{nv} = 1$ ;  $K_{uv} = 1$ .

$$K_V = K_{mv} \times K_{nv} \times K_{uv} = 1 \times 1 \times 1 = 1.$$

Скорость резания:

$$V = \frac{C_V}{T^m \times t^x \times s^y} \times K_V = \frac{240}{60^{0,2} 0,4^{0,15} \times 1,9^{0,45}} \times 2,43 = 152 \text{ м/мин.}$$

4. Расчётное число оборотов шпинделя:

$$n = \frac{1000 \times V}{\pi \times d} = \frac{1000 \times 152}{3,14 \times 160} = 302,5 \text{ об/мин.}$$

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

$$n_\phi = 302 \text{ об/мин.}$$

6. Фактическая скорость резания:

$$V = \frac{n_\phi \times d \times \pi}{1000} = \frac{302 \times 160 \times 3,14}{1000} = 151,7 \text{ м/мин.}$$

7. Определяем главную составляющую силы резания по формуле:

$$P_z = 10 \times C_p \times t^x \times s^y \times V^n \times K_p.$$

Значения коэффициентов:  $C_p = 40$ ;  $n = 0$ ;  $x = 1$ ;  $y = 0,75$  – определены по табл. 22 [2, Т.2, стр.273].

Коэффициент  $K_p$ :

$$K_p = K_{mp} \times K_{\varphi p} \times K_{\gamma p} \times K_{\lambda p}$$

Коэффициенты, входящие в формулу, учитывают фактические условия резания.

По табл. 9,23 [3, Т.2, стр.264]:

$$K_{mp} = 1,5; K_{\varphi p} = 0,89; K_{\gamma p} = 1; K_{\lambda p} = 1;$$

$$K_p = K_{mp} \times K_{\varphi p} \times K_{\gamma p} \times K_{\lambda p} = 0,94 \times 1 \times 1 \times 1 = 0,94 .$$

Главная составляющая силы резания:

$$P_z = 10 \times C_p \times t^x \times s^y \times V^n \times K_p = 10 \times 40 \times 0,4^1 \times 0,4^{0,75} \times 151,7^{-0,15} \times 0,94 = 3511 H$$

8. Мощность резания:

$$N = \frac{P_z \times V}{1020 \times 60} = \frac{3511 \times 151,7}{1020 \times 60} = 8,7 \text{ кВт.}$$

Мощность электродвигателя станка 14 кВт, она достаточна для выполнения операции.

Операция 010 (б):

Технические характеристики станка ЧПУ модели 160НТ:

Частота вращения шпинделя, об/мин 50 – 5000

Выполняем расчёт для первого перехода

Растачивание отверстия до диаметра  $\varnothing 117^{+0.087}_{+0.010}$  мм :

1. Глубина резания:  $t = z_{\max} = 60$  мм.

2. Поперечная подача по табл. 11 [3,Т.2,стр.266] для данной глубины резания принимаем:

$S = 0,5$  мм/об.

3. Скорость резания определяется по формуле:

$$V = \frac{C_V}{T^m \times t^x \times s^y} \times K_V \quad (6.1),$$

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

Значения коэффициентов:  $C_V = 240$ ;  $m = 0,2$ ;  $x = 0,15$ ;  $y = 0,45$  – определены по табл. 17 [3,Т.2,стр.269].

Коэффициент  $K_V$ :

$$K_V = K_{mv} \times K_{nv} \times K_{iv},$$

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

$K_{nv}$  – коэффициент, отражающий состояние поверхности заготовки;

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

По табл. 4, 5, 6 [3,Т.2,стр.261]:  $K_{mv} = 1$ ;  $K_{nv} = 1$ ;  $K_{iv} = 1$  без корки.

$$K_V = K_{mv} \times K_{nv} \times K_{iv} = 1 \times 1 \times 1 = 1.$$

Скорость резания:

$$V = \frac{C_V}{T^m \times t^x \times s^y} \times K_V = \frac{240}{60^{0,2} 60^{0,15} \times 0,5^{0,45}} \times 2,43 = 78,43 \text{ м/мин.}$$

4. Расчётное число оборотов шпинделя:

$$n = \frac{1000 \times V}{\pi \times d} = \frac{1000 \times 48,43}{3,14 \times 160} = 96,39 \text{ об/мин.}$$

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

$$n_{\phi} = 96 \text{ об/мин.}$$

6. Фактическая скорость резания:

$$V = \frac{n_{\phi} \times d \times \pi}{1000} = \frac{96 \times 160 \times 3,14}{1000} = 48,23 \text{ м/мин.}$$

7. Определяем главную составляющую силы резания по формуле:

$$P_z = 10 \times C_p \times t^x \times s^y \times V^n \times K_p.$$

Значения коэффициентов:  $C_p = 40$ ;  $n = 0$ ;  $x = 1$ ;  $y = 0,75$  – определены по табл. 22 [2, Т.2, стр.273].

Коэффициент  $K_p$ :

$$K_p = K_{mp} \times K_{\phi p} \times K_{\gamma p} \times K_{\lambda p}$$

Коэффициенты, входящие в формулу, учитывают фактические условия резания.

По табл. 9,23 [3, Т.2, стр.264]:

$$K_{mp} = 0,94; K_{\phi p} = 1; K_{\gamma p} = 1; K_{\lambda p} = 1;$$

$$K_p = K_{mp} \times K_{\phi p} \times K_{\gamma p} \times K_{\lambda p} = 0,94 \times 1 \times 1 \times 1 = 0,94 .$$

Главная составляющая силы резания:

$$P_z = 10 \times C_p \times t^x \times s^y \times V^n \times K_p = 10 \times 40 \times 0,4^1 \times 0,5^{0,75} \times 48,23^0 \times 0,94 = 4279 \text{ Н}$$

8. Мощность резания:

$$N = \frac{P_z \times V}{1020 \times 60} = \frac{4279 \times 48,23}{1020 \times 60} = 3,4 \text{ кВт.}$$

Мощность электродвигателя станка 14 кВт, она достаточна для выполнения операции.

Операция 010 (в):

Технические характеристики станка ЧПУ модели 160НТ:

Частота вращения шпинделя, об/мин 50 – 5000

Выполняем расчёт для первого перехода

Растачивание отверстия до диаметра  $\text{Ø}112^{+0,87} \text{ мм}$ :

1. Глубина резания:  $t = z_{\max} = 26 \text{ мм.}$

2. Поперечная подача по табл. 11 [3,Т.2,стр.266] для данной глубины резания принимаем:

$$S = 0,5 \text{ мм/об.}$$

3. Скорость резания определяется по формуле:

$$V = \frac{C_V}{T^m \times t^x \times s^y} \times K_V \quad (6.1),$$

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

Значения коэффициентов:  $C_V = 240$ ;  $m = 0,2$ ;  $x = 0,15$ ;  $y = 0,45$  – определены по табл. 17 [3,Т.2,стр.269].

Коэффициент  $K_V$ :

$$K_V = K_{mv} \times K_{nv} \times K_{uv},$$

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

$K_{nv}$  – коэффициент, отражающий состояние поверхности заготовки;

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

По табл. 4, 5, 6 [3,Т.2,стр.261]:  $K_{mv} = 1$ ;  $K_{nv} = 1$ ;  $K_{uv} = 1$  без корки.

$$K_V = K_{mv} \times K_{nv} \times K_{uv} = 1 \times 1 \times 1 = 1.$$

Скорость резания:

$$V = \frac{C_V}{T^m \times t^x \times s^y} \times K_V = \frac{240}{60^{0,2} 26^{0,15} \times 0,5^{0,45}} \times 2,43 = 89,21 \text{ м/мин.}$$

4. Расчётное число оборотов шпинделя:

$$n = \frac{1000 \times V}{\pi \times d} = \frac{1000 \times 89,12}{3,14 \times 160} = 177,5 \text{ об/мин.}$$

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

$$n_\phi = 177 \text{ об/мин.}$$

6. Фактическая скорость резания:

$$V = \frac{n_\phi \times d \times \pi}{1000} = \frac{177 \times 160 \times 3,14}{1000} = 88,92 \text{ м/мин.}$$

7. Определяем главную составляющую силы резания по формуле:

$$P_z = 10 \times C_p \times t^x \times s^y \times V^n \times K_p.$$

Значения коэффициентов:  $C_p = 40$ ;  $n = 0$ ;  $x = 1$ ;  $y = 0,75$  – определены по табл. 22 [2,Т.2,стр.273].

Коэффициент  $K_p$ :

$$K_p = K_{mp} \times K_{fp} \times K_{gp} \times K_{lp}$$

Коэффициенты, входящие в формулу, учитывают фактические условия резания.

По табл. 9,23 [3,Т.2,стр.264]:

$$K_{mp} = 0.94; K_{fp} = 1; K_{gp} = 1; K_{lp} = 1;$$

$$K_p = K_{mp} \times K_{fp} \times K_{gp} \times K_{lp} = 0.94 \times 1 \times 1 \times 1 = 0.94 .$$

Главная составляющая силы резания:

$$P_z = 10 \times C_p \times t^x \times s^y \times V^n \times K_p = 10 \times 40 \times 0,4^1 \times 0,5^{0,75} \times 88,92^0 \times 0,94 = 7890H$$

8. Мощность резания:

$$N = \frac{P_z \times V}{1020 \times 60} = \frac{7890 \times 88,92}{1020 \times 60} = 11,4 \text{ кВт.}$$

Мощность электродвигателя станка 14 кВт, она достаточна для выполнения операции.

Операция 010 (г):

Технические характеристики станка ЧПУ модели 160НТ:

Частота вращения шпинделя, об/мин 50 – 5000

Выполняем расчёт для первого перехода

Растачивание отверстия до диаметра  $\varnothing 60_{-0,74} \text{ мм}$ :

1. Глубина резания:  $t = z_{\max} = 16,3 \text{ мм}$ .

2. Поперечная подача по табл. 11 [3,Т.2,стр.266] для данной глубины резания принимаем:

$$S = 0,5 \text{ мм/об.}$$

3. Скорость резания определяется по формуле:

$$V = \frac{C_V}{T^m \times t^x \times s^y} \times K_V \quad (6.1),$$

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

Значения коэффициентов:  $C_V = 240$ ;  $m = 0,2$ ;  $x = 0,15$ ;  $y = 0,45$  – определены по табл. 17 [3, Т.2, стр.269].

Коэффициент  $K_V$ :

$$K_V = K_{mv} \times K_{nv} \times K_{iv},$$

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

$K_{nv}$  – коэффициент, отражающий состояние поверхности заготовки;

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

По табл. 4, 5, 6 [3, Т.2, стр.261]:  $K_{mv} = 1$ ;  $K_{nv} = 1$ ;  $K_{iv} = 1$  без корки.

$$K_V = K_{mv} \times K_{nv} \times K_{iv} = 1 \times 1 \times 1 = 1.$$

Скорость резания:

$$V = \frac{C_V}{T^m \times t^x \times s^y} \times K_V = \frac{240}{60^{0,2} 16,3^{0,15} \times 0,5^{0,45}} \times 1 = 96 \text{ м/мин.}$$

4. Расчётное число оборотов шпинделя:

$$n = \frac{1000 \times V}{\pi \times d} = \frac{1000 \times 96}{3,14 \times 160} = 191,5 \text{ об/мин.}$$

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

$$n_\phi = 191 \text{ об/мин.}$$

6. Фактическая скорость резания:

$$V = \frac{n_\phi \times d \times \pi}{1000} = \frac{191 \times 65 \times 3,14}{1000} = 38,9 \text{ м/мин.}$$

7. Определяем главную составляющую силы резания по формуле:

$$P_z = 10 \times C_p \times t^x \times s^y \times V^n \times K_p.$$

Значения коэффициентов:  $C_p = 40$ ;  $n = 0$ ;  $x = 1$ ;  $y = 0,75$  – определены по табл. 22 [2, Т.2, стр.273].

Коэффициент  $K_p$ :

$$K_p = K_{mp} \times K_{\phi p} \times K_{\gamma p} \times K_{\lambda p}$$

Коэффициенты, входящие в формулу, учитывают фактические условия резания.

По табл. 9,23 [3,Т.2,стр.264]:

$$K_{mp} = 0.94; K_{\phi p} = 1; K_{\gamma p} = 1; K_{\lambda p} = 1;$$

$$K_p = K_{mp} \times K_{\phi p} \times K_{\gamma p} \times K_{\lambda p} = 0.94 \times 1 \times 1 \times 1 = 0.94 .$$

Главная составляющая силы резания:

$$P_z = 10 \times C_p \times t^x \times s^y \times V^n \times K_p = 10 \times 40 \times 0,4^1 \times 0,5^{0,75} \times 38,9^0 \times 0,94 = 3451H$$

8. Мощность резания:

$$N = \frac{P_z \times V}{1020 \times 60} = \frac{3451 \times 38,9}{1020 \times 60} = 2,2 \text{ кВт.}$$

Мощность электродвигателя станка 14 кВт, она достаточна для выполнения операции.

Операция 010 (д):

Технические характеристики станка ЧПУ модели 160НТ:

Частота вращения шпинделя, об/мин 50 – 5000

Выполняем расчёт для первого перехода

Растачивание отверстия до диаметра  $\varnothing 34^{+0,25} \text{ мм}$ :

1. Глубина резания:  $t = z_{\max} = 9,5 \text{ мм}$ .

2. Поперечная подача по табл. 11 [3,Т.2,стр.266] для данной глубины резания принимаем:

$$S = 0,5 \text{ мм/об.}$$

3. Скорость резания определяется по формуле:

$$V = \frac{C_V}{T^m \times t^x \times s^y} \times K_V \quad (6.1),$$

Период стойкости инструмента принимаем:  $T = 60 \text{ мин}$ .

Значения коэффициентов:  $C_V = 240$ ;  $m = 0,2$ ;  $x = 0,15$ ;  $y = 0,45$  – определены по табл. 17 [3,Т.2,стр.269].

Коэффициент  $K_V$ :

$$K_V = K_{mv} \times K_{nv} \times K_{uv} ,$$

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

$K_{nv}$  – коэффициент, отражающий состояние поверхности заготовки;

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

По табл. 4, 5, 6 [3, Т.2, стр.261]:  $K_{mv} = 1$ ;  $K_{nv} = 1$ ;  $K_{iv} = 1$  без корки.

$$K_v = K_{mv} \times K_{nv} \times K_{iv} = 1 \times 1 \times 1 = 1.$$

Скорость резания:

$$V = \frac{C_v}{T^m \times t^x \times s^y} \times K_v = \frac{240}{60^{0,2} 9,5^{0,15} \times 0,5^{0,45}} \times 1 = 104 \text{ м/мин.}$$

4. Расчётное число оборотов шпинделя:

$$n = \frac{1000 \times V}{\pi \times d} = \frac{1000 \times 140}{3,14 \times 160} = 278,5 \text{ об/мин.}$$

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

$$n_\phi = 278 \text{ об/мин.}$$

6. Фактическая скорость резания:

$$V = \frac{n_\phi \times d \times \pi}{1000} = \frac{278 \times 34 \times 3,14}{1000} = 29,67 \text{ м/мин.}$$

7. Определяем главную составляющую силы резания по формуле:

$$P_z = 10 \times C_p \times t^x \times s^y \times V^n \times K_p.$$

Значения коэффициентов:  $C_p = 40$ ;  $n = 0$ ;  $x = 1$ ;  $y = 0,75$  – определены по табл. 22 [2, Т.2, стр.273].

Коэффициент  $K_p$ :

$$K_p = K_{mp} \times K_{\phi p} \times K_{\gamma p} \times K_{\lambda p}$$

Коэффициенты, входящие в формулу, учитывают фактические условия резания.

По табл. 9,23 [3, Т.2, стр.264]:

$$K_{mp} = 0,94; K_{\phi p} = 1; K_{\gamma p} = 1; K_{\lambda p} = 1;$$

$$K_p = K_{mp} \times K_{\phi p} \times K_{\gamma p} \times K_{\lambda p} = 0,94 \times 1 \times 1 \times 1 = 0,94.$$

Главная составляющая силы резания:

$$P_z = 10 \times C_p \times t^x \times s^y \times V^n \times K_p = 10 \times 40 \times 0,4^1 \times 0,5^{0,75} \times 29,67^0 \times 0,94 = 2633 \text{ Н}$$

8. Мощность резания:

$$N = \frac{P_z \times V}{1020 \times 60} = \frac{2633 \times 29,67}{1020 \times 60} = 1,3 \text{ кВт.}$$

Мощность электродвигателя станка 14 кВт, она достаточна для выполнения операции.

Операция 020:

Технические характеристики станка ЧПУ модели 160НТ:

Частота вращения шпинделя, об/мин 50 – 5000

Выполняем расчёт для первого перехода

Точение поверхности до диаметра  $\varnothing 130_{-0,087} \text{ мм}$  :

1. Глубина резания:  $t = z_{\max} = 10 \text{ мм}$ .

2. Поперечная подача по табл. 11 [3,Т.2,стр.266] для данной глубины резания принимаем:

$$S = 0,5 \text{ мм/об.}$$

3. Скорость резания определяется по формуле:

$$V = \frac{C_V}{T^m \times t^x \times S^y} \times K_V \quad (6.1),$$

Период стойкости инструмента принимаем:  $T = 60 \text{ мин}$ .

Значения коэффициентов:  $C_V = 240$ ;  $m = 0,2$ ;  $x = 0,15$ ;  $y = 0,45$  – определены по табл. 17 [3,Т.2,стр.269].

Коэффициент  $K_V$ :

$$K_V = K_{mv} \times K_{nv} \times K_{iv},$$

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

$K_{nv}$  – коэффициент, отражающий состояние поверхности заготовки;

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

По табл. 4, 5, 6 [3,Т.2,стр.261]:  $K_{mv} = 1$ ;  $K_{nv} = 1$ ;  $K_{iv} = 1$  без корки.

$$K_V = K_{mv} \times K_{nv} \times K_{iv} = 1 \times 1 \times 1 = 1.$$

Скорость резания:

$$V = \frac{C_v}{T^m \times t^x \times s^y} \times K_v = \frac{240}{60^{0,2} 10^{0,15} \times 0,5^{0,45}} \times 1 = 103,8 \text{ м/мин.}$$

4. Расчётное число оборотов шпинделя:

$$n = \frac{1000 \times V}{\pi \times d} = \frac{1000 \times 103,8}{3,14 \times 160} = 206,6 \text{ об/мин.}$$

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

$$n_\phi = 206 \text{ об/мин.}$$

6. Фактическая скорость резания:

$$V = \frac{n_\phi \times d \times \pi}{1000} = \frac{206 \times 130 \times 3,14}{1000} = 84 \text{ м/мин.}$$

7. Определяем главную составляющую силы резания по формуле:

$$P_z = 10 \times C_p \times t^x \times s^y \times V^n \times K_p.$$

Значения коэффициентов:  $C_p = 40$ ;  $n = 0$ ;  $x = 1$ ;  $y = 0,75$  – определены по табл. 22 [2, Т.2, стр.273].

Коэффициент  $K_p$ :

$$K_p = K_{mp} \times K_{\phi p} \times K_{\gamma p} \times K_{\lambda p}$$

Коэффициенты, входящие в формулу, учитывают фактические условия резания.

По табл. 9,23 [3, Т.2, стр.264]:

$$K_{mp} = 0,94; K_{\phi p} = 1; K_{\gamma p} = 1; K_{\lambda p} = 1;$$

$$K_p = K_{mp} \times K_{\phi p} \times K_{\gamma p} \times K_{\lambda p} = 0,94 \times 1 \times 1 \times 1 = 0,94.$$

Главная составляющая силы резания:

$$P_z = 10 \times C_p \times t^x \times s^y \times V^n \times K_p = 10 \times 40 \times 0,4^1 \times 0,5^{0,75} \times 84^0 \times 0,94 = 7453 \text{ Н}$$

8. Мощность резания:

$$N = \frac{P_z \times V}{1020 \times 60} = \frac{7453 \times 84}{1020 \times 60} = 10,2 \text{ кВт.}$$

Мощность электродвигателя станка 14 кВт, она достаточна для выполнения операции.

Операция 020 (б):

Технические характеристики станка ЧПУ модели 160НТ:

Частота вращения шпинделя, об/мин 50 – 5000

Выполняем расчёт для первого перехода

Точение поверхности до диаметра  $\varnothing 81_{-0.5}^{+0.5}$  мм :

1. Глубина резания:  $t = z_{\max} = 12$  мм.

2. Поперечная подача по табл. 11 [3,Т.2,стр.266] для данной глубины резания принимаем:

$S = 0,5$  мм/об.

3. Скорость резания определяется по формуле:

$$V = \frac{C_V}{T^m \times t^x \times s^y} \times K_V \quad (6.1),$$

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

Значения коэффициентов:  $C_V = 240$ ;  $m = 0,2$ ;  $x = 0,15$ ;  $y = 0,45$  – определены по табл. 17 [3,Т.2,стр.269].

Коэффициент  $K_V$ :

$$K_V = K_{mv} \times K_{nv} \times K_{iv},$$

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

$K_{nv}$  – коэффициент, отражающий состояние поверхности заготовки;

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

По табл. 4, 5, 6 [3,Т.2,стр.261]:  $K_{mv} = 1$ ;  $K_{nv} = 1$ ;  $K_{iv} = 1$  без корки.

$$K_V = K_{mv} \times K_{nv} \times K_{iv} = 1 \times 1 \times 1 = 1.$$

Скорость резания:

$$V = \frac{C_V}{T^m \times t^x \times s^y} \times K_V = \frac{240}{60^{0,2} \times 12^{0,15} \times 0,5^{0,45}} \times 1 = 100,5 \text{ м/мин.}$$

4. Расчётное число оборотов шпинделя:

$$n = \frac{1000 \times V}{\pi \times d} = \frac{1000 \times 100,5}{3,14 \times 160} = 200,03 \text{ об/мин.}$$

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

$$n_{\phi} = 200 \text{ об/мин.}$$

6. Фактическая скорость резания:

$$V = \frac{n_{\phi} \times d \times \pi}{1000} = \frac{200 \times 81 \times 3,14}{1000} = 50,8 \text{ м/мин.}$$

7. Определяем главную составляющую силы резания по формуле:

$$P_z = 10 \times C_p \times t^x \times s^y \times V^n \times K_p.$$

Значения коэффициентов:  $C_p = 40$ ;  $n = 0$ ;  $x = 1$ ;  $y = 0,75$  – определены по табл. 22 [2, Т.2, стр.273].

Коэффициент  $K_p$ :

$$K_p = K_{mp} \times K_{\phi p} \times K_{\gamma p} \times K_{\lambda p}$$

Коэффициенты, входящие в формулу, учитывают фактические условия резания.

По табл. 9,23 [3, Т.2, стр.264]:

$$K_{mp} = 0,94; K_{\phi p} = 1; K_{\gamma p} = 1; K_{\lambda p} = 1;$$

$$K_p = K_{mp} \times K_{\phi p} \times K_{\gamma p} \times K_{\lambda p} = 0,94 \times 1 \times 1 \times 1 = 0,94 .$$

Главная составляющая силы резания:

$$P_z = 10 \times C_p \times t^x \times s^y \times V^n \times K_p = 10 \times 40 \times 0,4^1 \times 0,5^{0,75} \times 50,8^0 \times 0,94 = 5407 \text{ Н}$$

8. Мощность резания:

$$N = \frac{P_z \times V}{1020 \times 60} = \frac{4507 \times 50,8}{1020 \times 60} = 3,7 \text{ кВт.}$$

Мощность электродвигателя станка 14 кВт, она достаточна для выполнения операции.

Операция 020 (в):

Технические характеристики станка ЧПУ модели 160НТ:

Частота вращения шпинделя, об/мин 50 – 5000

Выполняем расчёт для первого перехода

Точение поверхности до диаметра  $\varnothing 35^{+0,62} \text{ мм}$ :

1. Глубина резания:  $t = z_{\max} = 2$  мм.

2. Поперечная подача по табл. 11 [3,Т.2,стр.266] для данной глубины резания принимаем:

$$S = 0,5 \text{ мм/об.}$$

3. Скорость резания определяется по формуле:

$$V = \frac{C_V}{T^m \times t^x \times s^y} \times K_V \quad (6.1),$$

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

Значения коэффициентов:  $C_V = 240$ ;  $m = 0,2$ ;  $x = 0,15$ ;  $y = 0,45$  – определены по табл. 17 [3,Т.2,стр.269].

Коэффициент  $K_V$ :

$$K_V = K_{mv} \times K_{nv} \times K_{iv},$$

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

$K_{nv}$  – коэффициент, отражающий состояние поверхности заготовки;

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

По табл. 4, 5, 6 [3,Т.2,стр.261]:  $K_{mv} = 1$ ;  $K_{nv} = 1$ ;  $K_{iv} = 1$  без корки.

$$K_V = K_{mv} \times K_{nv} \times K_{iv} = 1 \times 1 \times 1 = 1.$$

Скорость резания:

$$V = \frac{C_V}{T^m \times t^x \times s^y} \times K_V = \frac{240}{60^{0,2} \times 2^{0,15} \times 0,5^{0,45}} \times 1 = 186 \text{ м/мин.}$$

4. Расчётное число оборотов шпинделя:

$$n = \frac{1000 \times V}{\pi \times d} = \frac{1000 \times 186}{3,14 \times 160} = 370,4 \text{ об/мин.}$$

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

$$n_\phi = 370 \text{ об/мин.}$$

6. Фактическая скорость резания:

$$V = \frac{n_\phi \times d \times \pi}{1000} = \frac{370 \times 35 \times 3,14}{1000} = 40,66 \text{ м/мин.}$$

7. Определяем главную составляющую силы резания по формуле:

$$P_z = 10 \times C_p \times t^x \times s^y \times V^n \times K_p.$$

Значения коэффициентов:  $C_p = 40$ ;  $n = 0$ ;  $x = 1$ ;  $y = 0,75$  – определены по табл. 22 [2, Т.2, стр.273].

Коэффициент  $K_p$ :

$$K_p = K_{mp} \times K_{fp} \times K_{gp} \times K_{lp}$$

Коэффициенты, входящие в формулу, учитывают фактические условия резания.

По табл. 9,23 [3, Т.2, стр.264]:

$$K_{mp} = 0.94; K_{fp} = 1; K_{gp} = 1; K_{lp} = 1;$$

$$K_p = K_{mp} \times K_{fp} \times K_{gp} \times K_{lp} = 0.94 \times 1 \times 1 \times 1 = 0.94 .$$

Главная составляющая силы резания:

$$P_z = 10 \times C_p \times t^x \times s^y \times V^n \times K_p = 10 \times 40 \times 0,4^1 \times 0,5^{0,75} \times 40,66^0 \times 0,94 = 3608H$$

8. Мощность резания:

$$N = \frac{P_z \times V}{1020 \times 60} = \frac{3608 \times 40,66}{1020 \times 60} = 2,4 \text{ кВт.}$$

Мощность электродвигателя станка 14 кВт, она достаточна для выполнения операции.

Операция 020 (г):

Технические характеристики станка ЧПУ модели 160НТ:

Частота вращения шпинделя, об/мин 50 – 5000

Выполняем расчёт для первого перехода

Точение поверхности до диаметра  $\varnothing 15^{+0,43}$  мм :

1. Глубина резания:  $t = z_{\max} = 3$  мм.

2. Поперечная подача по табл. 11 [3, Т.2, стр.266] для данной глубины резания принимаем:

$$S = 0,5 \text{ мм/об.}$$

3. Скорость резания определяется по формуле:

$$V = \frac{C_v}{T^m \times t^x \times s^y} \times K_v \quad (6.1),$$

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

Значения коэффициентов:  $C_v = 240$ ;  $m = 0,2$ ;  $x = 0,15$ ;  $y = 0,45$  – определены по табл. 17 [3,Т.2,стр.269].

Коэффициент  $K_v$ :

$$K_v = K_{mv} \times K_{nv} \times K_{iv},$$

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

$K_{nv}$  – коэффициент, отражающий состояние поверхности заготовки;

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

По табл. 4, 5, 6 [3,Т.2,стр.261]:  $K_{mv} = 1$ ;  $K_{nv} = 1$ ;  $K_{iv} = 1$  без корки.

$$K_v = K_{mv} \times K_{nv} \times K_{iv} = 1 \times 1 \times 1 = 1.$$

Скорость резания:

$$V = \frac{C_v}{T^m \times t^x \times s^y} \times K_v = \frac{240}{60^{0,2} \times 3^{0,15} \times 0,5^{0,45}} \times 1 = 81 \text{ м/мин.}$$

4. Расчётное число оборотов шпинделя:

$$n = \frac{1000 \times V}{\pi \times d} = \frac{1000 \times 81}{3,14 \times 160} = 161,7 \text{ об/мин.}$$

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

$$n_\phi = 162 \text{ об/мин.}$$

6. Фактическая скорость резания:

$$V = \frac{n_\phi \times d \times \pi}{1000} = \frac{162 \times 15 \times 3,14}{1000} = 7,63 \text{ м/мин.}$$

7. Определяем главную составляющую силы резания по формуле:

$$P_z = 10 \times C_p \times t^x \times s^y \times V^n \times K_p.$$

Значения коэффициентов:  $C_p = 40$ ;  $n = 0$ ;  $x = 1$ ;  $y = 0,75$  – определены по табл. 22 [2,Т.2,стр.273].

Коэффициент  $K_p$ :

$$K_p = K_{mp} \times K_{\phi p} \times K_{\gamma p} \times K_{\lambda p}$$

Коэффициенты, входящие в формулу, учитывают фактические условия резания.

По табл. 9,23 [3,Т.2,стр.264]:

$$K_{mp} = 0.94; K_{\phi p} = 1; K_{\gamma p} = 1; K_{\lambda p} = 1;$$

$$K_p = K_{mp} \times K_{\phi p} \times K_{\gamma p} \times K_{\lambda p} = 0.94 \times 1 \times 1 \times 1 = 0.94 .$$

Главная составляющая силы резания:

$$P_z = 10 \times C_p \times t^x \times s^y \times V^n \times K_p = 10 \times 40 \times 0,4^1 \times 0,5^{0,75} \times 7,63^0 \times 0,94 = 677H$$

8. Мощность резания:

$$N = \frac{P_z \times V}{1020 \times 60} = \frac{677 \times 7,63}{1020 \times 60} = 0,08 \text{ кВт.}$$

Мощность электродвигателя станка 14 кВт, она достаточна для выполнения операции.

### Операция 030 . Фрезерование контура.

Инструмент для фрезерования: фреза шпоночная по ГОСТ У 609-10-22-73,  
 $D = 10 \text{ мм.}$

Материал режущей части Р6М5.

Конфигурация обрабатываемой поверхности и вид оборудования определяют тип применяемой фрезы. То есть размеры фрезы определяются размерами обрабатываемой заготовки (получаемого профиля) и глубиной срезаемого слоя. Все расчёты и выбор коэффициентов будут производиться по [6, стр. 282-292.]. По заданию стойкость фрезы  $T = 60 \text{ мин.}$

Скорость резания, или она же окружная скорость фрезы:

$$v = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m t^x s_z^y B^u z^p} K_v, \quad (8)$$

здесь  $C_v, q, m, x, y, u, p$  - коэффициенты из [6, стр. 286 табл. 39];

$s_z$  - подача на зуб фрезы, мм/зуб;

$B$  - ширина фрезерования, мм;

$z$  - число зубьев фрезы;

$D$  - диаметр фрезы, мм;

$t$  - глубина фрезерования, мм;

$K_v$  - коэффициент, состоящий из  $K_v = K_{Mv} K_{Iv} K_{Iv}, \quad (9)$

где  $K_{Mv}$  - коэффициент, учитывающий качество обрабатываемого материала  
из

[6, стр. 261 табл. 1.];

$K_{Пv}$  - коэффициент, учитывающий состояние поверхностного слоя заготовки по

[6, стр. 263 табл. 5.];

$K_{Иv}$  - коэффициент, учитывающий материал инструмента.

Назначаем из [6, стр. 286 табл. 38]:

$$s_z = 0.12 \text{ мм/зуб}, t = 0.3 \text{ мм}, D = 10 \text{ мм}, B = 10 \text{ мм}$$

Назначим коэффициенты, необходимые для расчётов:

$$C_v = 12, q = 0.3, m = 0.26, x = 0.3, y = 0.25, p = 0, u = 0$$

Из [6, стр. 261 табл. 1.]:

$$K_{Mv} = K_{\Gamma} \left( \frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v}, \quad (10)$$

для фрезерования  $n_v = 0.9$ . Тогда подставляя в (10):

$$K_{Mv} = K_{\Gamma} \left( \frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v} = 1.0 \left( \frac{750}{690} \right)^{0.9} = 1.078.$$

$K_{Пv} = 1.0$  для заготовки без корки и  $K_{Иv} = 1.0$  для Р6М5. Подставим в формулу (9):

$$K_v = K_{Mv} K_{Пv} K_{Иv} = 1.078 \cdot 1.0 \cdot 1.0 = 1.078$$

Все параметры для расчёта скорости резания при фрезеровании найдены, подставим в (8):

$$v = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m t^x s_z^y B^u z^p} K_v = \frac{12 \cdot 10^{0.3}}{60^{0.26} \cdot 12^{0.3} \cdot 0.12^{0.25} \cdot 10^0 \cdot 4^0} \cdot 1.078 = \frac{27.56}{2.89 \cdot 2.1 \cdot 0.59 \cdot 1 \cdot 1} = 8.29 \text{ м/мин}$$

Число оборотов на шпинделе станка при данной скорости должно быть:

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 8.29}{3.14 \cdot 10} = 165 \text{ мин}^{-1}.$$

При величине напуска на фрезерование паза в размер глубины, количество проходов будет составлять 14. На последнем проходе будет сниматься припуск на величину в 0.1 мм.

Сила резания при фрезеровании рассчитывается по формуле из [6, стр. 282]:

$$P_z = \frac{10C_p t^x s_z^y B^u z}{D^q n^w}, \quad (11)$$

где  $C_p, x, y, u, q, w$  - коэффициент и показатели степеней из [6, стр. 291 табл. 41].

Остальные данные принимаются без изменений из предыдущих расчётов.

Назначаем:

$$C_p = 68.2, \quad x = 0.86, \quad y = 0.72, \quad u = 1.0, \quad q = 0.86, \quad w = 0.$$

Подставим в формулу (11):

$$P_z = \frac{10C_p t^x s_z^y B^u z}{D^q n^w} = \frac{10 \cdot 68.2 \cdot 12^{0.86} \cdot 0.12^{0.72} \cdot 16^{1.0} \cdot 2}{10^{0.86} \cdot 165^0} = \frac{682 \cdot 0.36 \cdot 0.22 \cdot 16}{5.98} = 252 \text{ Н}.$$

Крутящий момент на шпинделе рассчитывается по [6, стр. 290]:

$$M_{кр} = \frac{P_z \cdot D}{2 \cdot 100} = \frac{252 \cdot 10}{200} = 20,6 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Эффективная мощность резания по формуле из [6, стр. 290]:

$$N_e = \frac{P_z \cdot v}{1020 \cdot 60} = \frac{252 \cdot 8,29}{61200} = 0,08 \text{ кВт}.$$

### Операция 030 (б)

Инструмент для фрезерования: сверло по HSS СЦ 0397А  $D = 2,5 \text{ мм}$ .

Материал режущей части Р6М5.

Конфигурация обрабатываемой поверхности и вид оборудования определяют тип применяемой фрезы. То есть размеры фрезы определяются размерами обрабатываемой заготовки (получаемого профиля) и глубиной срезаемого слоя. Все расчёты и выбор коэффициентов будут производиться по [6, стр. 282-292.]. По заданию стойкость сверла  $T = 60 \text{ мин}$ .

Скорость резания, или она же окружная скорость фрезы:

$$v = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m t^x s_z^y B^u z^p} K_v, \quad (8)$$

здесь  $C_v, q, m, x, y, u, p$  - коэффициенты из [6, стр. 286 табл. 39];

$s_z$  - подача на зуб фрезы, мм/зуб;

$B$  - ширина фрезерования, мм;

$z$  - число зубьев фрезы;

$D$  - диаметр фрезы, мм;

$t$  - глубина фрезерования, мм;

$K_v$  - коэффициент, состоящий из  $K_v = K_{Mv}K_{Pv}K_{Iv}$ , (9)

где  $K_{Mv}$  - коэффициент, учитывающий качество обрабатываемого материала из

[6, стр. 261 табл. 1.];

$K_{Pv}$  - коэффициент, учитывающий состояние поверхностного слоя заготовки по

[6, стр. 263 табл. 5.];

$K_{Iv}$  - коэффициент, учитывающий материал инструмента.

Назначаем из [6, стр. 286 табл. 38]:

$$s_z = 0.12 \text{ мм/зуб}, t = 13 \text{ мм}, D = 2.5 \text{ мм}, B = 2.5 \text{ мм}$$

Назначим коэффициенты, необходимые для расчётов:

$$C_v = 12, q = 0.3, m = 0.26, x = 0.3, y = 0.25, p = 0, u = 0$$

Из [6, стр. 261 табл. 1.]:

$$K_{Mv} = K_{\Gamma} \left( \frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v}, \quad (10)$$

для фрезерования  $n_v = 0.9$ . Тогда подставляя в (10):

$$K_{Mv} = K_{\Gamma} \left( \frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v} = 1.0 \left( \frac{750}{690} \right)^{0.9} = 1.078.$$

$K_{Pv} = 1.0$  для заготовки без корки и  $K_{Iv} = 1.0$  для Р6М5. Подставим в формулу (9):

$$K_v = K_{Mv}K_{Pv}K_{Iv} = 1.078 \cdot 1.0 \cdot 1.0 = 1.078$$

Все параметры для расчёта скорости резания при фрезеровании найдены, подставим в (8):

$$v = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m t^x s_z^y B^u z^p} K_v = \frac{12 \cdot 2.5^{0.3}}{60^{0.26} \cdot 13^{0.3} \cdot 0.12^{0.25} \cdot 2.5^0 \cdot 2^0} \cdot 1.078 = \frac{15.84}{2.89 \cdot 2.1 \cdot 0.59 \cdot 1 \cdot 1} = 4.32 \text{ м/мин}$$

Число оборотов на шпинделе станка при данной скорости должно быть:

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 4.32}{3.14 \cdot 2.5} = 550 \text{ мин}^{-1}.$$

При величине напуска на фрезерование отверстия в размер глубины, количество проходов будет составлять 1. Сила резания при фрезеровании рассчитывается по формуле из [6, стр. 282]:

$$P_z = \frac{10C_p t^x s_z^y B^u z}{D^q n^w}, \quad (11)$$

где  $C_p, x, y, u, q, w$  - коэффициент и показатели степеней из [6, стр. 291 табл. 41].

Остальные данные принимаются без изменений из предыдущих расчётов.

Назначаем:

$$C_p = 68.2, \quad x = 0.86, \quad y = 0.72, \quad u = 1.0, \quad q = 0.86, \quad w = 0.$$

Подставим в формулу (11):

$$P_z = \frac{10C_p t^x s_z^y B^u z}{D^q n^w} = \frac{10 \cdot 68.2 \cdot 13^{0.86} \cdot 0.12^{0.72} \cdot 2.5^{1.0} \cdot 2}{2.5^{0.86} \cdot 550^0} = \frac{682 \cdot 0.36 \cdot 0.22 \cdot 2.5}{2.19} = 61,64 \text{ Н}.$$

Крутящий момент на шпинделе рассчитывается по [6, стр. 290]:

$$M_{кр} = \frac{P_z \cdot D}{2 \cdot 100} = \frac{61,64 \cdot 2.5}{200} = 0,77 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Эффективная мощность резания по формуле из [6, стр. 290]:

$$N_e = \frac{P_z \cdot v}{1020 \cdot 60} = \frac{0.77 \cdot 4,32}{61200} = 0,054 \text{ кВт}.$$

### Нарезание резьбы:

Инструмент для фрезерования: Метчик М2.5-7Н ГОСТ 3266-81  $D = 2,5 \text{ мм}$ .

Материал режущей части Р6М5.

Конфигурация обрабатываемой поверхности и вид оборудования определяют тип применяемой фрезы. То есть размеры фрезы определяются размерами обрабатываемой заготовки (получаемого профиля) и глубиной срезаемого слоя. Все расчёты и выбор коэффициентов будут производиться по [6, стр. 282-292.]. По заданию стойкость метчика  $T = 20 \text{ мин}$ .

Скорость резания, или она же окружная скорость фрезы:

$$v = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m t^x s_z^y B^u z^p} K_v, \quad (8)$$

здесь  $C_v, q, m, x, y, u, p$  - коэффициенты из [6, стр. 286 табл. 39];

$s_z$  - подача на зуб фрезы, мм/зуб;

$B$  - ширина фрезерования, мм;

$z$  - число зубьев фрезы;

$D$  - диаметр фрезы, мм;

$t$  - глубина фрезерования, мм;

$K_v$  - коэффициент, состоящий из  $K_v = K_{Mv}K_{Пv}K_{Иv}$ , (9)

где  $K_{Mv}$  - коэффициент, учитывающий качество обрабатываемого материала из

[6, стр. 261 табл. 1.];

$K_{Пv}$  - коэффициент, учитывающий состояние поверхностного слоя заготовки по

[6, стр. 263 табл. 5.];

$K_{Иv}$  - коэффициент, учитывающий материал инструмента.

Назначаем из [6, стр. 286 табл. 38]:

$$s_z = 0.12 \text{ мм/зуб}, t = 0.2 \text{ мм}, D = 2.5 \text{ мм}, B = 2.5 \text{ мм}$$

Назначим коэффициенты, необходимые для расчётов:

$$C_v = 12, q = 0.3, m = 0.26, x = 0.3, y = 0.25, p = 0, u = 0$$

Из [6, стр. 261 табл. 1.]:

$$K_{Mv} = K_{\Gamma} \left( \frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v}, \quad (10)$$

для фрезерования  $n_v = 0.9$ . Тогда подставляя в (10):

$$K_{Mv} = K_{\Gamma} \left( \frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v} = 1.0 \left( \frac{750}{690} \right)^{0.9} = 1.078.$$

$K_{Пv} = 1.0$  для заготовки без корки и  $K_{Иv} = 1.0$  для Р6М5. Подставим в формулу (9):

$$K_v = K_{Mv}K_{Пv}K_{Иv} = 1.078 \cdot 1.0 \cdot 1.0 = 1.078$$

Все параметры для расчёта скорости резания при фрезеровании найдены, подставим в (8):

$$v = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m t^x s_z^y B^u z^p} K_v = \frac{12 \cdot 2.5^{0.3}}{60^{0.26} \cdot 13^{0.3} \cdot 0.12^{0.25} \cdot 2.5^0 \cdot 2^0} \cdot 1.078 = \frac{15.84}{2.89 \cdot 2.1 \cdot 0.59 \cdot 1 \cdot 1} = 4.32 \text{ м/мин}$$

Число оборотов на шпинделе станка при данной скорости должно быть:

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 4,32}{3,14 \cdot 2,5} = 550_{\text{мин}^{-1}}.$$

При величине напуска на фрезерование отверстия в размер глубины, количество проходов будет составлять 1. Сила резания при фрезеровании рассчитывается по формуле из [6, стр. 282]:

$$P_z = \frac{10C_p t^x s_z^y B^u z}{D^q n^w}, \quad (11)$$

где  $C_p, x, y, u, q, w$  - коэффициент и показатели степеней из [6, стр. 291 табл. 41].

Остальные данные принимаются без изменений из предыдущих расчётов.

Назначаем:

$$C_p = 68,2, \quad x = 0,86, \quad y = 0,72, \quad u = 1,0, \quad q = 0,86, \quad w = 0.$$

Подставим в формулу (11):

$$P_z = \frac{10C_p t^x s_z^y B^u z}{D^q n^w} = \frac{10 \cdot 68,2 \cdot 13^{0,86} \cdot 0,12^{0,72} \cdot 2,5^{1,0} \cdot 2}{2,5^{0,86} \cdot 550^0} = \frac{682 \cdot 0,36 \cdot 0,22 \cdot 2,5}{2,19} = 61,64 \text{ Н}.$$

Крутящий момент на шпинделе рассчитывается по [6, стр. 290]:

$$M_{кр} = \frac{P_z \cdot D}{2 \cdot 100} = \frac{61,64 \cdot 2,5}{200} = 0,77 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Эффективная мощность резания по формуле из [6, стр. 290]:

$$N_e = \frac{P_z \cdot v}{1020 \cdot 60} = \frac{0,77 \cdot 4,32}{61200} = 0,054 \text{ кВт}.$$

### Операция 030 (в)

Инструмент для фрезерования: сверло по HSS СЦ 0397А  $D = 4,95 \text{ мм}$ .

Материал режущей части Р6М5.

Конфигурация обрабатываемой поверхности и вид оборудования определяют тип применяемой фрезы. То есть размеры фрезы определяются размерами обрабатываемой заготовки (получаемого профиля) и глубиной срезаемого слоя. Все расчёты и выбор коэффициентов будут производиться по [6, стр. 282-292]. По заданию стойкость сверла  $T = 60_{\text{мин}}$ .

Скорость резания, или она же окружная скорость фрезы:

$$v = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m t^x s_z^y B^u z^p} K_v, \quad (8)$$

здесь  $C_v, q, m, x, y, u, p$  - коэффициенты из [6, стр. 286 табл. 39];

$s_z$  - подача на зуб фрезы, мм/зуб;

$B$  - ширина фрезерования, мм;

$z$  - число зубьев фрезы;

$D$  - диаметр фрезы, мм;

$t$  - глубина фрезерования, мм;

$K_v$  - коэффициент, состоящий из  $K_v = K_{Mv} K_{Pv} K_{Iv}$ , (9)

где  $K_{Mv}$  - коэффициент, учитывающий качество обрабатываемого материала из

[6, стр. 261 табл. 1.];

$K_{Pv}$  - коэффициент, учитывающий состояние поверхностного слоя заготовки по

[6, стр. 263 табл. 5.];

$K_{Iv}$  - коэффициент, учитывающий материал инструмента.

Назначаем из [6, стр. 286 табл. 38]:

$$s_z = 0.12 \text{ мм/зуб}, \quad t = 15 \text{ мм}, \quad D = 2.5 \text{ мм}, \quad B = 2.5 \text{ мм}$$

Назначим коэффициенты, необходимые для расчётов:

$$C_v = 12, \quad q = 0.3, \quad m = 0.26, \quad x = 0.3, \quad y = 0.25, \quad p = 0, \quad u = 0$$

Из [6, стр. 261 табл. 1.]:

$$K_{Mv} = K_{\Gamma} \left( \frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v}, \quad (10)$$

для фрезерования  $n_v = 0.9$ . Тогда подставляя в (10):

$$K_{Mv} = K_{\Gamma} \left( \frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v} = 1.0 \left( \frac{750}{690} \right)^{0.9} = 1.078.$$

$K_{Pv} = 1.0$  для заготовки без корки и  $K_{Iv} = 1.0$  для Р6М5. Подставим в формулу (9):

$$K_v = K_{Mv} K_{Pv} K_{Iv} = 1.078 \cdot 1.0 \cdot 1.0 = 1.078$$

Все параметры для расчёта скорости резания при фрезеровании найдены, подставим в (8):

$$v = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m t^x s_z^y B^u z^p} K_v = \frac{12 \cdot 4.95^{0.3}}{60^{0.26} \cdot 15^{0.3} \cdot 0.12^{0.25} \cdot 4.95^0 \cdot 2^0} 1.078 = \frac{19.38}{2.89 \cdot 2.3 \cdot 0.59 \cdot 1 \cdot 1} = 4,94 \text{ м/мин}$$

Число оборотов на шпинделе станка при данной скорости должно быть:

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 4,94}{3.14 \cdot 4.95} = 318 \text{ мин}^{-1}.$$

При величине напуска на фрезерование отверстия в размер глубины, количество проходов будет составлять 1. Сила резания при фрезеровании рассчитывается по формуле из [6, стр. 282]:

$$P_z = \frac{10 C_p t^x s_z^y B^u z}{D^q n^w}, \quad (11)$$

где  $C_p, x, y, u, q, w$  - коэффициент и показатели степеней из [6, стр. 291 табл. 41].

Остальные данные принимаются без изменений из предыдущих расчётов.

Назначаем:

$$C_p = 68.2, \quad x = 0.86, \quad y = 0.72, \quad u = 1.0, \quad q = 0.86, \quad w = 0.$$

Подставим в формулу (11):

$$P_z = \frac{10 C_p t^x s_z^y B^u z}{D^q n^w} = \frac{10 \cdot 68.2 \cdot 13^{0.86} \cdot 0.12^{0.72} \cdot 4.95^{1.0} \cdot 2}{4.95^{0.86} \cdot 318^0} = \frac{682 \cdot 0,36 \cdot 0,22 \cdot 4.95}{3.95} = 67,68 \text{ Н}.$$

Крутящий момент на шпинделе рассчитывается по [6, стр. 290]:

$$M_{кр} = \frac{P_z \cdot D}{2 \cdot 100} = \frac{67,68 \cdot 4.95}{200} = 1,67 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Эффективная мощность резания по формуле из [6, стр. 290]:

$$N_e = \frac{P_z \cdot v}{1020 \cdot 60} = \frac{1,67 \cdot 4,94}{61200} = 0,14 \text{ кВт}.$$

### Нарезание резьбы:

Инструмент для фрезерования: Метчик М6-6Н ГОСТ 3266-81  $D = 6 \text{ мм}$ .

Материал режущей части Р6М5.

Конфигурация обрабатываемой поверхности и вид оборудования определяют тип применяемой фрезы. То есть размеры фрезы определяются размерами обрабатываемой заготовки (получаемого профиля) и глубиной

срезаемого слоя. Все расчёты и выбор коэффициентов будут производиться по [6, стр. 282-292.]. По заданию стойкость сверла  $T = 60_{мин}$ .

Скорость резания, или она же окружная скорость фрезы:

$$v = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m t^x s_z^y B^u z^p} K_v, \quad (8)$$

здесь  $C_v, q, m, x, y, u, p$  - коэффициенты из [6, стр. 286 табл. 39];

$s_z$  - подача на зуб фрезы, мм/зуб;

$B$  - ширина фрезерования, мм;

$z$  - число зубьев фрезы;

$D$  - диаметр фрезы, мм;

$t$  - глубина фрезерования, мм;

$K_v$  - коэффициент, состоящий из  $K_v = K_{Mv} K_{Пv} K_{Иv}$ , (9)

где  $K_{Mv}$  - коэффициент, учитывающий качество обрабатываемого материала из

[6, стр. 261 табл. 1.];

$K_{Пv}$  - коэффициент, учитывающий состояние поверхностного слоя заготовки по

[6, стр. 263 табл. 5.];

$K_{Иv}$  - коэффициент, учитывающий материал инструмента.

Назначаем из [6, стр. 286 табл. 38]:

$$s_z = 0.12_{мм/зуб}, \quad t = 8_{мм}, \quad D = 6_{мм}, \quad B = 6_{мм}$$

Назначим коэффициенты, необходимые для расчётов:

$$C_v = 12, \quad q = 0.3, \quad m = 0.26, \quad x = 0.3, \quad y = 0.25, \quad p = 0, \quad u = 0$$

Из [6, стр. 261 табл. 1.]:

$$K_{Mv} = K_{\Gamma} \left( \frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v}, \quad (10)$$

для фрезерования  $n_v = 0.9$ . Тогда подставляя в (10):

$$K_{Mv} = K_{\Gamma} \left( \frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v} = 1.0 \left( \frac{750}{690} \right)^{0.9} = 1.078.$$

$K_{Пв} = 1.0$  для заготовки без корки и  $K_{Ив} = 1.0$  для Р6М5. Подставим в формулу (9):

$$K_v = K_{Мв} K_{Пв} K_{Ив} = 1.078 \cdot 1.0 \cdot 1.0 = 1.078$$

Все параметры для расчёта скорости резания при фрезеровании найдены, подставим в (8):

$$v = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m t^x s_z^y B^u z^p} K_v = \frac{12 \cdot 6^{0.3}}{60^{0.26} \cdot 15^{0.3} \cdot 0.12^{0.25} \cdot 6^0 \cdot 2^0} 1.078 = \frac{20}{2.89 \cdot 2.3 \cdot 0.59 \cdot 1 \cdot 1} = 4,74 \text{ м/мин}$$

Число оборотов на шпинделе станка при данной скорости должно быть:

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 4,74}{3,14 \cdot 6} = 334 \text{ мин}^{-1}.$$

При величине напуска на фрезерование отверстия в размер глубины, количество проходов будет составлять 1. Сила резания при фрезеровании рассчитывается по формуле из [6, стр. 282]:

$$P_z = \frac{10 C_p t^x s_z^y B^u z}{D^q n^w}, \quad (11)$$

где  $C_p, x, y, u, q, w$  - коэффициент и показатели степеней из [6, стр. 291 табл. 41].

Остальные данные принимаются без изменений из предыдущих расчётов. Назначаем:

$$C_p = 68.2, \quad x = 0.86, \quad y = 0.72, \quad u = 1.0, \quad q = 0.86, \quad w = 0.$$

Подставим в формулу (11):

$$P_z = \frac{10 C_p t^x s_z^y B^u z}{D^q n^w} = \frac{10 \cdot 68.2 \cdot 13^{0.86} \cdot 0.12^{0.72} \cdot 6^{1.0} \cdot 2}{6^{0.86} \cdot 334^0} = \frac{682 \cdot 0,36 \cdot 0,22 \cdot 6}{4.66} = 14,67 \text{ Н}.$$

Крутящий момент на шпинделе рассчитывается по [6, стр. 290]:

$$M_{кр} = \frac{P_z \cdot D}{2 \cdot 100} = \frac{14,67 \cdot 6}{200} = 0,44 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Эффективная мощность резания по формуле из [6, стр. 290]:

$$N_e = \frac{P_z \cdot v}{1020 \cdot 60} = \frac{0,44 \cdot 4,74}{61200} = 0,003 \text{ кВт}.$$

## Операция 030 (г)

Инструмент для фрезерования: сверло по HSS СЦ 0397А  $D=8.1\text{мм}$ .

Материал режущей части Р6М5.

Конфигурация обрабатываемой поверхности и вид оборудования определяют тип применяемой фрезы. То есть размеры фрезы определяются размерами обрабатываемой заготовки (получаемого профиля) и глубиной срезаемого слоя. Все расчёты и выбор коэффициентов будут производиться по [6, стр. 282-292.]. По заданию стойкость сверла  $T=60\text{мин}$ .

Скорость резания, или она же окружная скорость фрезы:

$$v = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m t^x s_z^y B^u z^p} K_v, \quad (8)$$

здесь  $C_v, q, m, x, y, u, p$  - коэффициенты из [6, стр. 286 табл. 39];

$s_z$  - подача на зуб фрезы, мм/зуб;

$B$  - ширина фрезерования, мм;

$z$  - число зубьев фрезы;

$D$  - диаметр фрезы, мм;

$t$  - глубина фрезерования, мм;

$K_v$  - коэффициент, состоящий из  $K_v = K_{Mv} K_{Пv} K_{Иv}$ , (9)

где  $K_{Mv}$  - коэффициент, учитывающий качество обрабатываемого материала из

[6, стр. 261 табл. 1.];

$K_{Пv}$  - коэффициент, учитывающий состояние поверхностного слоя заготовки по

[6, стр. 263 табл. 5.];

$K_{Иv}$  - коэффициент, учитывающий материал инструмента.

Назначаем из [6, стр. 286 табл. 38]:

$$s_z = 0.12\text{мм/зуб}, \quad t = 0.3\text{мм}, \quad D = 8.1\text{мм}, \quad B = 8.1\text{мм}$$

Назначим коэффициенты, необходимые для расчётов:

$$C_v = 12, \quad q = 0.3, \quad m = 0.26, \quad x = 0.3, \quad y = 0.25, \quad p = 0, \quad u = 0$$

Из [6, стр. 261 табл. 1.]:

$$K_{Mv} = K_{\Gamma} \left( \frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v}, \quad (10)$$

для фрезерования  $n_v = 0.9$ . Тогда подставляя в (10):

$$K_{Mv} = K_{\Gamma} \left( \frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v} = 1.0 \left( \frac{750}{690} \right)^{0.9} = 1.078.$$

$K_{Iv} = 1.0$  для заготовки без корки и  $K_{Hv} = 1.0$  для Р6М5. Подставим в формулу (9):

$$K_v = K_{Mv} K_{Iv} K_{Hv} = 1.078 \cdot 1.0 \cdot 1.0 = 1.078$$

Все параметры для расчёта скорости резания при фрезеровании найдены, подставим в (8):

$$v = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m t^x s_z^y B^u z^p} K_v = \frac{12 \cdot 8.1^{0.3}}{60^{0.26} \cdot 0.3^{0.3} \cdot 0.12^{0.25} \cdot 8.1^0 \cdot 2^0} \cdot 1.078 = \frac{22,47}{2.89 \cdot 0.69 \cdot 0.59 \cdot 1 \cdot 1} = 19,04 \text{ м / мин}$$

Число оборотов на шпинделе станка при данной скорости должно быть:

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 19,04}{3.14 \cdot 8.1} = 976 \text{ мин}^{-1}.$$

При величине напуска на фрезерование отверстия в размер глубины, количество проходов будет составлять 1. Сила резания при фрезеровании рассчитывается по формуле из [6, стр. 282]:

$$P_z = \frac{10 C_p t^x s_z^y B^u z}{D^q n^w}, \quad (11)$$

где  $C_p, x, y, u, q, w$  - коэффициент и показатели степеней из [6, стр. 291 табл. 41].

Остальные данные принимаются без изменений из предыдущих расчётов.

Назначаем:

$$C_p = 68.2, \quad x = 0.86, \quad y = 0.72, \quad u = 1.0, \quad q = 0.86, \quad w = 0.$$

Подставим в формулу (11):

$$P_z = \frac{10 C_p t^x s_z^y B^u z}{D^q n^w} = \frac{10 \cdot 68.2 \cdot 13^{0.86} \cdot 0.12^{0.72} \cdot 4.95^{1.0} \cdot 2}{8.1^{0.86} \cdot 976^0} = \frac{682 \cdot 0.36 \cdot 0.22 \cdot 8.1}{6.04} = 72,43 \text{ Н}.$$

Крутящий момент на шпинделе рассчитывается по [6, стр. 290]:

$$M_{кр} = \frac{P_z \cdot D}{2 \cdot 100} = \frac{72,43 \cdot 8.1}{200} = 2.93 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Эффективная мощность резания по формуле из [6, стр. 290]:

$$N_e = \frac{P_z \cdot v}{1020 \cdot 60} = \frac{72,43 \cdot 19,04}{61200} = 2,25 \text{ кВт}.$$

### Операция 030 (д)

Инструмент для фрезерования: сверло по HSS СЦ 0397А  $D=11\text{мм}$ .

Материал режущей части Р6М5.

Конфигурация обрабатываемой поверхности и вид оборудования определяют тип применяемой фрезы. То есть размеры фрезы определяются размерами обрабатываемой заготовки (получаемого профиля) и глубиной срезаемого слоя. Все расчёты и выбор коэффициентов будут производиться по [6, стр. 282-292.]. По заданию стойкость сверла  $T=60\text{мин}$ .

Скорость резания, или она же окружная скорость фрезы:

$$v = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m t^x s_z^y B^u z^p} K_v, \quad (8)$$

здесь  $C_v, q, m, x, y, u, p$  - коэффициенты из [6, стр. 286 табл. 39];

$s_z$  - подача на зуб фрезы, мм/зуб;

$B$  - ширина фрезерования, мм;

$z$  - число зубьев фрезы;

$D$  - диаметр фрезы, мм;

$t$  - глубина фрезерования, мм;

$K_v$  - коэффициент, состоящий из  $K_v = K_{Mv} K_{Пv} K_{Иv}$ , (9)

где  $K_{Mv}$  - коэффициент, учитывающий качество обрабатываемого материала из

[6, стр. 261 табл. 1.];

$K_{Пv}$  - коэффициент, учитывающий состояние поверхностного слоя заготовки по

[6, стр. 263 табл. 5.];

$K_{Иv}$  - коэффициент, учитывающий материал инструмента.

Назначаем из [6, стр. 286 табл. 38]:

$$s_z = 0,12 \text{ мм/зуб}, \quad t = 0,3 \text{ мм}, \quad D = 11 \text{ мм}, \quad B = 11 \text{ мм}$$

Назначим коэффициенты, необходимые для расчётов:

$$C_v = 12, q = 0,3, m = 0,26, x = 0,3, y = 0,25, p = 0, u = 0$$

Из [6, стр. 261 табл. 1.]:

$$K_{Mv} = K_{\Gamma} \left( \frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v}, \quad (10)$$

для фрезерования  $n_v = 0.9$ . Тогда подставляя в (10):

$$K_{Mv} = K_{\Gamma} \left( \frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v} = 1.0 \left( \frac{750}{690} \right)^{0.9} = 1.078.$$

$K_{Пv} = 1.0$  для заготовки без корки и  $K_{Иv} = 1.0$  для Р6М5. Подставим в формулу (9):

$$K_v = K_{Mv} K_{Пv} K_{Иv} = 1.078 \cdot 1.0 \cdot 1.0 = 1.078$$

Все параметры для расчёта скорости резания при фрезеровании найдены, подставим в (8):

$$v = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m t^x s_z^y B^u z^p} K_v = \frac{12 \cdot 11^{0.3}}{60^{0.26} \cdot 0,3^{0.3} \cdot 0,12^{0.25} \cdot 11^0 \cdot 2^0} \cdot 1.078 = \frac{24.63}{2.89 \cdot 0.69 \cdot 0.59 \cdot 1 \cdot 1} = 21,05 \text{ м/мин}$$

Число оборотов на шпинделе станка при данной скорости должно быть:

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 21,05}{3,14 \cdot 11} = 983 \text{ мин}^{-1}.$$

При величине напуска на фрезерование отверстия в размер глубины, количество проходов будет составлять 1. Сила резания при фрезеровании рассчитывается по формуле из [6, стр. 282]:

$$P_z = \frac{10 C_p t^x s_z^y B^u z}{D^q n^w}, \quad (11)$$

где  $C_p, x, y, u, q, w$  - коэффициент и показатели степеней из [6, стр. 291 табл. 41].

Остальные данные принимаются без изменений из предыдущих расчётов.

Назначаем:

$$C_p = 68.2, x = 0.86, y = 0.72, u = 1.0, q = 0.86, w = 0.$$

Подставим в формулу (11):

$$P_z = \frac{10 C_p t^x s_z^y B^u z}{D^q n^w} = \frac{10 \cdot 68.2 \cdot 13^{0.86} \cdot 0.12^{0.72} \cdot 11^{1.0} \cdot 2}{11^{0.86} \cdot 983^0} = \frac{682 \cdot 0.36 \cdot 0.22 \cdot 11}{67.76} = 17,53 \text{ Н}.$$

Крутящий момент на шпинделе рассчитывается по [6, стр. 290]:

$$M_{кр} = \frac{P_z \cdot D}{2 \cdot 100} = \frac{17,53 \cdot 11}{200} = 0,96 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Эффективная мощность резания по формуле из [6, стр. 290]:

$$N_e = \frac{P_z \cdot v}{1020 \cdot 60} = \frac{17,73 \cdot 20,05}{61200} = 0,01 \text{ кВт}.$$

### Операция 040 (сверление)

Инструмент для фрезерования: сверло по HSS СЦ 0397А  $D = 2,5 \text{ мм}$ .

Материал режущей части Р6М5.

Конфигурация обрабатываемой поверхности и вид оборудования определяют тип применяемой фрезы. То есть размеры фрезы определяются размерами обрабатываемой заготовки (получаемого профиля) и глубиной срезаемого слоя. Все расчёты и выбор коэффициентов будут производиться по [6, стр. 282-292.]. По заданию стойкость сверла  $T = 60 \text{ мин}$ .

Скорость резания, или она же окружная скорость фрезы:

$$v = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m t^x s_z^y B^u z^p} K_v, \quad (8)$$

здесь  $C_v, q, m, x, y, u, p$  - коэффициенты из [6, стр. 286 табл. 39];

$s_z$  - подача на зуб фрезы, мм/зуб;

$B$  - ширина фрезерования, мм;

$z$  - число зубьев фрезы;

$D$  - диаметр фрезы, мм;

$t$  - глубина фрезерования, мм;

$K_v$  - коэффициент, состоящий из  $K_v = K_{Mv} K_{Pv} K_{Iv}$ , (9)

где  $K_{Mv}$  - коэффициент, учитывающий качество обрабатываемого материала из

[6, стр. 261 табл. 1.];

$K_{Pv}$  - коэффициент, учитывающий состояние поверхностного слоя заготовки по

[6, стр. 263 табл. 5.];

$K_{Иv}$  - коэффициент, учитывающий материал инструмента.

Назначаем из [6, стр. 286 табл. 38]:

$$s_z = 0.12 \text{ мм/зуб}, t = 13 \text{ мм}, D = 2.5 \text{ мм}, B = 2.5 \text{ мм}$$

Назначим коэффициенты, необходимые для расчётов:

$$C_v = 12, q = 0.3, m = 0.26, x = 0.3, y = 0.25, p = 0, u = 0$$

Из [6, стр. 261 табл. 1.]:

$$K_{Mv} = K_{\Gamma} \left( \frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v}, \quad (10)$$

для фрезерования  $n_v = 0.9$ . Тогда подставляя в (10):

$$K_{Mv} = K_{\Gamma} \left( \frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v} = 1.0 \left( \frac{750}{690} \right)^{0.9} = 1.078.$$

$K_{Пv} = 1.0$  для заготовки без корки и  $K_{Иv} = 1.0$  для Р6М5. Подставим в формулу (9):

$$K_v = K_{Mv} K_{Пv} K_{Иv} = 1.078 \cdot 1.0 \cdot 1.0 = 1.078$$

Все параметры для расчёта скорости резания при фрезеровании найдены, подставим в (8):

$$v = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m t^x s_z^y B^u z^p} K_v = \frac{12 \cdot 2.5^{0.3}}{60^{0.26} \cdot 13^{0.3} \cdot 0.12^{0.25} \cdot 2.5^0 \cdot 2^0} \cdot 1.078 = \frac{15.84}{2.89 \cdot 2.1 \cdot 0.59 \cdot 1 \cdot 1} = 4.32 \text{ м/мин}$$

Число оборотов на шпинделе станка при данной скорости должно быть:

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 4.32}{3.14 \cdot 2.5} = 550 \text{ мин}^{-1}.$$

При величине напуска на фрезерование отверстия в размер глубины, количество проходов будет составлять 1. Сила резания при фрезеровании рассчитывается по формуле из [6, стр. 282]:

$$P_z = \frac{10 C_p t^x s_z^y B^u z}{D^q n^w}, \quad (11)$$

где  $C_p, x, y, u, q, w$  - коэффициент и показатели степеней из [6, стр. 291 табл. 41].

Остальные данные принимаются без изменений из предыдущих расчётов.

Назначаем:

$$C_p = 68.2, x = 0.86, y = 0.72, u = 1.0, q = 0.86, w = 0.$$

Подставим в формулу (11):

$$P_z = \frac{10C_p t^x s_z^y B^u z}{D^q n^w} = \frac{10 \cdot 68.2 \cdot 13^{0.86} \cdot 0.12^{0.72} \cdot 2.5^{1.0} \cdot 2}{2.5^{0.86} \cdot 550^0} = \frac{682 \cdot 0,36 \cdot 0,22 \cdot 2.5}{2.19} = 61,64 \text{ Н}.$$

Крутящий момент на шпинделе рассчитывается по [6, стр. 290]:

$$M_{кр} = \frac{P_z \cdot D}{2 \cdot 100} = \frac{61,64 \cdot 2.5}{200} = 0,77 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Эффективная мощность резания по формуле из [6, стр. 290]:

$$N_e = \frac{P_z \cdot v}{1020 \cdot 60} = \frac{0,77 \cdot 4,32}{61200} = 0,054 \text{ кВт}.$$

### Нарезание резьбы:

Инструмент для фрезерования: Метчик М2.5-7Н ГОСТ 3266-81  $D = 2,5 \text{ мм}$ .

Материал режущей части Р6М5.

Конфигурация обрабатываемой поверхности и вид оборудования определяют тип применяемой фрезы. То есть размеры фрезы определяются размерами обрабатываемой заготовки (получаемого профиля) и глубиной срезаемого слоя. Все расчёты и выбор коэффициентов будут производиться по [6, стр. 282-292.]. По заданию стойкость метчика  $T = 20 \text{ мин}$ .

Скорость резания, или она же окружная скорость фрезы:

$$v = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m t^x s_z^y B^u z^p} K_v, \quad (8)$$

здесь  $C_v, q, m, x, y, u, p$  - коэффициенты из [6, стр. 286 табл. 39];

$s_z$  - подача на зуб фрезы, мм/зуб;

$B$  - ширина фрезерования, мм;

$z$  - число зубьев фрезы;

$D$  - диаметр фрезы, мм;

$t$  - глубина фрезерования, мм;

$K_v$  - коэффициент, состоящий из  $K_v = K_{Mv} K_{Iv} K_{Iv}$ , (9)

где  $K_{Mv}$  - коэффициент, учитывающий качество обрабатываемого материала из

[6, стр. 261 табл. 1.];

$K_{Пv}$  - коэффициент, учитывающий состояние поверхностного слоя заготовки по

[6, стр. 263 табл. 5.];

$K_{Иv}$  - коэффициент, учитывающий материал инструмента.

Назначаем из [6, стр. 286 табл. 38]:

$$s_z = 0.12 \text{ мм/зуб}, t = 0.2 \text{ мм}, D = 2.5 \text{ мм}, B = 2.5 \text{ мм}$$

Назначим коэффициенты, необходимые для расчётов:

$$C_v = 12, q = 0.3, m = 0.26, x = 0.3, y = 0.25, p = 0, u = 0$$

Из [6, стр. 261 табл. 1.]:

$$K_{Mv} = K_{\Gamma} \left( \frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v}, \quad (10)$$

для фрезерования  $n_v = 0.9$ . Тогда подставляя в (10):

$$K_{Mv} = K_{\Gamma} \left( \frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v} = 1.0 \left( \frac{750}{690} \right)^{0.9} = 1.078.$$

$K_{Пv} = 1.0$  для заготовки без корки и  $K_{Иv} = 1.0$  для Р6М5. Подставим в формулу (9):

$$K_v = K_{Mv} K_{Пv} K_{Иv} = 1.078 \cdot 1.0 \cdot 1.0 = 1.078$$

Все параметры для расчёта скорости резания при фрезеровании найдены, подставим в (8):

$$v = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m t^x s_z^y B^u z^p} K_v = \frac{12 \cdot 2.5^{0.3}}{60^{0.26} \cdot 13^{0.3} \cdot 0.12^{0.25} \cdot 2.5^0 \cdot 2^0} \cdot 1.078 = \frac{15.84}{2.89 \cdot 2.1 \cdot 0.59 \cdot 1 \cdot 1} = 4.32 \text{ м/мин}$$

Число оборотов на шпинделе станка при данной скорости должно быть:

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 4.32}{3.14 \cdot 2.5} = 550 \text{ мин}^{-1}.$$

При величине напуска на фрезерование отверстия в размер глубины, количество проходов будет составлять 1. Сила резания при фрезеровании рассчитывается по формуле из [6, стр. 282]:

$$P_z = \frac{10 C_p t^x s_z^y B^u z}{D^q n^w}, \quad (11)$$

где  $C_p, x, y, u, q, w$  - коэффициент и показатели степеней из [6, стр. 291 табл. 41].

Остальные данные принимаются без изменений из предыдущих расчётов.

Назначаем:

$$C_p = 68.2, x = 0.86, y = 0.72, u = 1.0, q = 0.86, w = 0.$$

Подставим в формулу (11):

$$P_z = \frac{10C_p t^x s_z^y B^u z}{D^q n^w} = \frac{10 \cdot 68.2 \cdot 13^{0.86} \cdot 0.12^{0.72} \cdot 2.5^{1.0} \cdot 2}{2.5^{0.86} \cdot 550^0} = \frac{682 \cdot 0.36 \cdot 0.22 \cdot 2.5}{2.19} = 61,64 \text{ Н}.$$

Крутящий момент на шпинделе рассчитывается по [6, стр. 290]:

$$M_{кр} = \frac{P_z \cdot D}{2 \cdot 100} = \frac{61,64 \cdot 2,5}{200} = 0,77 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Эффективная мощность резания по формуле из [6, стр. 290]:

$$N_e = \frac{P_z \cdot v}{1020 \cdot 60} = \frac{0,77 \cdot 4,32}{61200} = 0,054 \text{ кВт}.$$

## 7.2 Расчёт режимов резания при подрезке торцев

На первой и на второй токарных операциях происходит подрезка торцев, с целью последующего сверления отверстий, и обеспечение линейного размера.

Расчёт режимов резания для подрезки торцев производится по рекомендациям из [7, стр. 237, 242-244 табл. 26, 36-37].

Глубина резания на отрезании первого торца  $t = z^c_{12} = 1.35 \text{ мм}$ . Назначим подачу исходя из рекомендуемых данных по [7, стр. 237 табл. 26]  $s = 0.30 \text{ мм/об}$ .

Скорость резания по [7, стр. 240]:

$$v = v_T \cdot K_v, \text{ м/мин} \quad (7)$$

где  $v_T$  - табличное значение скорости резания, м/мин;

$$K_v = K_{vm} K_{vi} K_{v\varphi} K_{vt} K_{vj} K_{\varphi n} K_{v\omega}, \quad (8)$$

здесь  $K_{vm}$  - коэффициент обрабатываемости материала заготовки;

$K_{vi}$  - коэффициент, учитывающий свойства материала инструмента;

$K_{v\varphi}$  - коэффициент, учитывающий влияние угла в плане;

$K_{vt}$  - коэффициент, учитывающий вид обработки,  $K_{v\omega}$  для поперечного точения;

$K_{\text{ож}}$  - коэффициент, учитывающий жёсткость технологической системы;  
 $K_{\text{фн}}$  - коэффициент, учитывающий состояние обрабатываемой поверхности;

$K_{\text{во}}$  - коэффициент, учитывающий влияние СОЖ.

Из [7, стр. 243 табл. 36] при значении подачи  $s = 0.30 \text{ мм/об}$  и глубине резания  $t = 1.02 \text{ мм}$  выбираем  $v_T = 242 \text{ м/мин}$ . Все необходимые коэффициенты выбираются из [7, стр. 244 табл. 37] и подставляем в формулу (8):

$$K_v = K_{\text{vm}} K_{\text{vi}} K_{\text{vф}} K_{\text{vt}} K_{\text{ож}} K_{\text{фн}} K_{\text{во}} = 1.0 \cdot 1.0 \cdot 1.0 \cdot 0.5 \cdot 0.53 \cdot 1.0 \cdot 0.8 = 0.212$$

Учитывая всё вышеизложенное, подставляем в формулу (7):

$$v = v_T \cdot K_v = 242 \cdot 0.212 = 51 \text{ м/мин}.$$

Тогда частота вращения заготовки:

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 51}{3.14 \cdot 160} = 101 \text{ мин}^{-1}.$$

Найдём силу резания, подставив значения в:

$$P_z = 10 C_p t^x s^y v^n K_p = 10 \cdot 300 \cdot 1.02^{1.0} \cdot 0.30^{0.75} \cdot 51^{-0.15} \cdot 0.84 = 2570 \cdot 0.41 \cdot 0.55 = 580 \text{ Н}.$$

Тогда мощность, необходимая на черновое точение:

$$N = \frac{P_z v}{1020 \cdot 60} = \frac{580 \cdot 51}{61200} = 0.48 \text{ кВт}.$$

Глубина резания на отрезании второго торца  $t = z^c_{71} = 1.125 \text{ мм}$ . Назначим подачу исходя из рекомендуемых данных по [7, стр. 237 табл. 26]  $s = 0.30 \text{ мм/об}$ .

Скорость резания по [7, стр. 240]:

$$v = v_T \cdot K_v, \text{ м/мин} \quad (7)$$

где  $v_T$  - табличное значение скорости резания, м/мин;

$$K_v = K_{\text{vm}} K_{\text{vi}} K_{\text{vф}} K_{\text{vt}} K_{\text{ож}} K_{\text{фн}} K_{\text{во}}, \quad (8)$$

здесь  $K_{\text{vm}}$  - коэффициент обрабатываемости материала заготовки;

$K_{\text{vi}}$  - коэффициент, учитывающий свойства материала инструмента;

$K_{\text{vф}}$  - коэффициент, учитывающий влияние угла в плане;

$K_{\text{vt}}$  - коэффициент, учитывающий вид обработки,  $\hat{E}_{\text{v1}}$  для поперечного точения;

$K_{\text{ож}}$  - коэффициент, учитывающий жёсткость технологической системы;  
 $K_{\text{фн}}$  - коэффициент, учитывающий состояние обрабатываемой поверхности;

$K_{\text{во}}$  - коэффициент, учитывающий влияние СОЖ.

Из [7, стр. 243 табл. 36] при значении подачи  $s = 0.30 \text{ мм/об}$  и глубине резания  $t = 1.125 \text{ мм}$  выбираем  $v_T = 242 \text{ м/мин}$ . Все необходимые коэффициенты выбираются из [7, стр. 244 табл. 37] и подставляем в формулу (8):

$$\hat{E}_v = \hat{E}_{vi} \hat{E}_{v\dot{e}} \hat{E}_{v\phi} \hat{E}_{v\ddot{o}} \hat{E}_{v\text{xe}} \hat{E}_{\phi i} \hat{E}_{vi} = 1.0 \cdot 1.0 \cdot 1.0 \cdot 1.45 \cdot 0.53 \cdot 1.0 \cdot 0.8 = 0.61$$

Учитывая всё вышеизложенное, подставляем в формулу (7):

$$v = v_T \cdot K_v = 242 \cdot 0.61 = 150 \text{ м/мин} .$$

Тогда частота вращения заготовки:

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 150}{3.14 \cdot 155} = 300 \text{ мин}^{-1} .$$

Найдём силу резания, подставив значения в:

$$P_z = 10 C_p t^x s^y v^n K_p = 10 \cdot 300 \cdot 1.02^{1.0} \cdot 0.30^{0.75} \cdot 150^{-0.15} \cdot 0.84 = 2570 \cdot 0.47 \cdot 0.55 = 600 \text{ Н} .$$

Тогда мощность, необходимая на черновое точение:

$$N = \frac{P_z v}{1020 \cdot 60} = \frac{600 \cdot 150}{61200} = 0.47 \text{ кВт} .$$

Фактически одинаковые режимы резания при обработке торцев, исключения составляют только значения глубины резания и то не значительно.

На токарной операции 010 переходе 7 производится точение канавок канавочным резцом. При ширине канавки в 3 мм изменяется подача на  $s = 0.12 \text{ мм/об}$  при той же скорости резания, что и при чистовом точении. Аналогично и для токарной операции 045 и 050 подрезка торца является  $s = 0.12 \text{ мм/об}$ , а скорость неизменна после чистового подрезания .

Изменять режимы обработки не рационально, поэтому при контурной обработке торцев на чистовой токарной операции частота вращения заготовки та же, что и при продольном точении размеров.

### 7.3 Расчёт режима резания при отрезании ленточной пилой

По данной технологии изготовления вала переднего исходная заготовка получается из горячекатаного прутка отрезанием на ленточно - отрезном станке. Расчёт режимов производится по [6, стр. 292-293 табл. 43-44]:

Для ленточных пил при обрабатываемом материале с  $\sigma_B > 600 \text{ МПа}$  :

- подача  $s_M = 45 \text{ мм/мин}$

скорость резания  $v_p = 10 \text{ м/мин}$ .

### 7.4 Расчёт режимов резания при сверлении центровых отверстий

На операциях 010 переход 2 после подрезки торцев производится сверление центровочного отверстия центровочным сверлом, после чего отверстия выполняет функцию для точного сверления на токарном станке, Материал центровочного сверла быстрорежущая сталь Р6М5. Стойкость сверла  $T = 60 \text{ мин}$ .

Расчёт режимов резания при сверлении производится по [6, стр. 276-281 табл. 25, 28 и 31].

Основные параметры при сверлении:

глубина резания  $t = 0.5 D_{отв}$ , мм;

подача в направлении резания (сверления)  $s$ , мм/об;

$$\text{скорость резания } v = \frac{C_v \cdot D_{отв}^q}{T^{m_s y}} K_v, \text{ м/мин (13),}$$

здесь  $C_v, q, m, y$  - коэффициент и показатели степени из [6, стр. 278 табл. 28].

$K_v$  - поправочный коэффициент,  $K_v = K_{Mv} K_{Iv} K_{lv}$ , в котором

$K_{Mv}$  - коэффициент на обрабатываемый материал,  $K_{Mv} = 1.078$  ;

$K_{Iv}$  - коэффициент на инструментальный материал  $K_{Iv} = 1.0$  ;

$K_{lv}$  - коэффициент, учитывающий глубину резания  $K_{lv} = 1.0$ .

Подача при сверлении зависит от диаметра сверла, а в данном случае  $D_{отв} = 4 \text{ мм}$  для Стали 45 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:

$$v = \frac{C_v \cdot D_{отв}^q}{T^m \cdot s^y} = \frac{7,0 \cdot 4^{0,40}}{60^{0,20} \cdot 0,15^{0,70}} \cdot 1,078 = \frac{12,19}{0,6} \cdot 1,078 = 21,86 \text{ м/мин}.$$

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

$$n = \frac{1000 \cdot v_s}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 21,86}{3,14 \cdot 160} = 120 \text{ мин}^{-1}.$$

Крутящий момент осевая сила при сверлении по рекомендациям из [6, стр. 277]:

$$M_{кр} = 10 C_M D^q s^y K_p, H \cdot м \quad (14)$$

здесь  $C_M, q, y$  - коэффициент и показатели степени из [6, стр. 281 табл. 32]:

$K_p$  - коэффициент, учитывающий условие обработки, в данном случае зависит от материала заготовки  $K_p = 0,94$ .

Назначаем коэффициенты и показатель для степени:

$C_M = 0,0345$ ,  $q = 2,0$ ,  $y = 0,8$ . Теперь можно подставить в формулу (14):

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

Осевая сила при сверлении по рекомендациям из [6, стр. 277]:

$$P_0 = 10 C_P D^q s^y K_p, H \quad (15)$$

здесь  $C_P, q, y$  - коэффициент и показатели степени из [6, стр. 281 табл. 32]:

$K_p$  - коэффициент, учитывающий условие обработки, в данном случае зависит от материала заготовки  $K_p = 0,94$ .

Назначаем коэффициенты и показатель для степени:

$C_P = 68$ ,  $q = 1,0$ ,  $y = 0,7$ . Теперь можно подставить в формулу (15):

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

Тогда мощность резания из [6, стр. 280]:

$$N_e = \frac{M_{кр} \cdot n}{9750} = \frac{1,14 \cdot 230}{9750} = 0,026 \text{ кВт}.$$

## 8 Расчёт технической нормы времени.

Технические нормы времени в условиях серийного производства устанавливаются расчётно-аналитическим методом. В серийном производстве определяется норма штучно-калькуляционного времени  $T_{шт.к.}$

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

где;  $T_{пз}$  – подготовительно-заключительное время.

$T_{шт}$  – штучное время.

$n$  – количество деталей в партии.

$$T_{шт} = T_o + T_{всп} + T_{об} + T_{отд}$$

где;  $T_{всп}$  – вспомогательное время.

$T_o$  – основное (машинное) время.

$T_{об}$  – время на обслуживание рабочего места.

$T_{отд}$  – время на отдых и личные надобности.

$$T_{всп} = T_{у.с} + T_{з.о} + T_{уп} + T_{из}$$

где;  $T_{у.с}$  – время на установку и снятие детали.

$T_{з.о}$  – время на закрепление и открепление детали.

$T_{уп}$  – время на управление станком.

$T_{из}$  – время на измерение детали.

### 8.1 Расчёт основного времени на токарных операциях

Для токарных работ см. рис 23 при точении наружной поверхности до упора расчёт производится по формуле:

$$T_0 = \frac{L}{n \cdot S_0} i, (16)$$

где  $T_0$  - основное время на операцию (переход), мин;

$L$  - расчётная длина рабочего хода инструмента, мм;

$n$  - частота вращения шпинделя,  $\text{мин}^{-1}$ ;

$S_0$  - подача на оборот шпинделя, мм/об;

$i$  - число проходов инструмента.

Причём

$$L = l + l_1 + l_2, (17)$$

здесь  $l$  - длина обрабатываемой поверхности, мм;

$l_1$  - величина врезания инструмента, мм;

$l_2$  - величина пробег инструмента, мм.

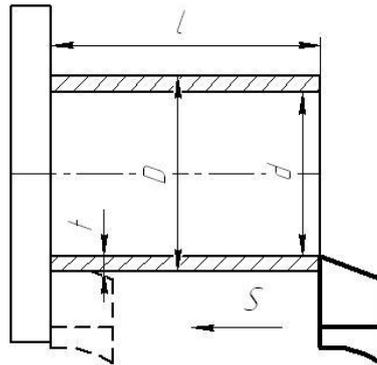


Рисунок 23 Обтачивание цилиндрической поверхности до уступа

При обработке фасок и протачивании канавок рис. 24 а) и б) соответственно:

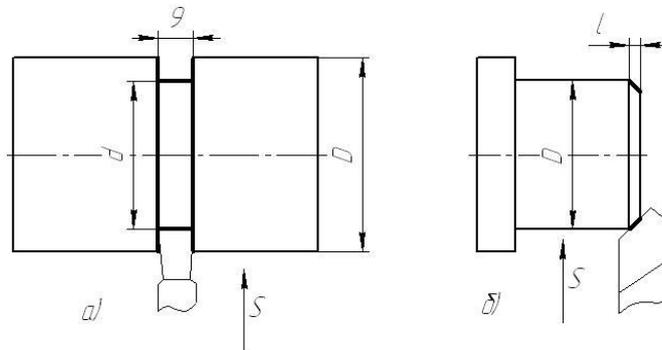


Рисунок 24 а) Точение канавок б) Точение фаски

При подрезании торца расчетная схема для определения основного времени на рис. 25:

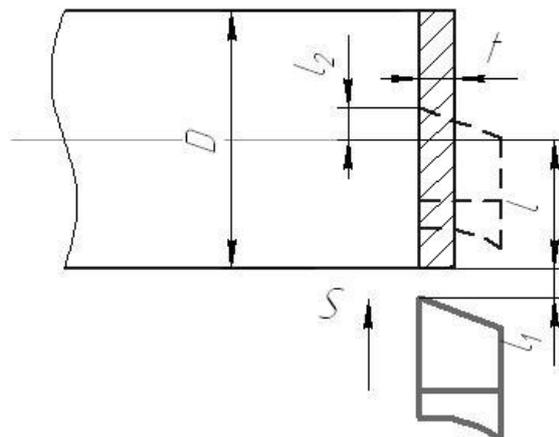


Рисунок 25 Подрезка торца

Первая токарная операция с ЧПУ:

Операция 010 переход 2 подрезка торца:

$$L = l + l_1 + l_2 = 22 + 5 + 1 = 28 \text{ мм.}$$

Подставим в формулу (16) значения из пункта 7.1.3:

$$T_0 = \frac{L}{n \cdot S_0} i = \frac{28}{1085 \cdot 0,3} 1 = 0,1 \text{ мин.}$$

Операция 010 переход 4 черновое точение:

$$L = l + l_1 + l_2 = 123 + 5 + 0 = 128 \text{ мм} .$$

Подставим в формулу (16) значения из пункта 7.1.1:

$$T_0 = \frac{L}{n \cdot S_0} i = \frac{128}{1380 \cdot 0,8} 1 = 0,08 \text{ мин} .$$

Операция 010 переход 5 черновое внутреннее точение до ступени:

$$L = l + l_1 + l_2 = 108 + 5 + 0 = 113 \text{ мм}$$

Подставим в формулу (16) значения из пункта 7.1.1:

$$T_0 = \frac{L}{n \cdot S_0} i = \frac{113}{2030 \cdot 0,5} 1 = 0,08 \text{ мин} .$$

Операция 010 переход 6 черновое внутреннее точение до ступени:

$$L = l + l_1 + l_2 = 46 + 5 + 0 = 51 \text{ мм}$$

Подставим в формулу (16) значения из пункта 7.1.1:

$$T_0 = \frac{L}{n \cdot S_0} i = \frac{51}{2380 \cdot 0,5} 1 = 0,04 \text{ мин} .$$

Операция 010 переход 8 чистовое точение по контуру:

$$L = l + l_1 + l_2 = 93 + 5 + 0 = 98 \text{ мм}$$

Подставим в формулу (16) значения из пункта 7.1.2 значение среднего числа оборотов:

$$T_0 = \frac{L}{n \cdot S_0} i = \frac{98}{3596 \cdot 0,12} 1 = 0,23 \text{ мин} .$$

Операция 010 переход 9 формирование фаски:

$$L = l + l_1 + l_2 = 0 + 2 + 0 = 2 \text{ мм}$$

Подставим в формулу (16) значения из пункта 7.1.2 значение среднего числа оборотов:

$$T_0 = \frac{L}{n \cdot S_0} i = \frac{2}{3596 \cdot 0,12} 1 = 0,01 \text{ мин} .$$

Операция 010 переход 10 прорезка канавок:

$$L = l + l_1 + l_2 = 0,5 + 5 + 0 = 5,5 \text{ мм}$$

Подставим в формулу (16) значения из пункта 7.1.3 с учётом того, что 3 места под канавки:

$$T_0 = \frac{L}{n \cdot S_0} i = \frac{5,5}{3860 \cdot 0,12} 3 = 0,03 \text{ мин} .$$

Вторая токарная операция с ЧПУ:

Операция 020 переход 21 подрезка торца:

$$L = l + l_1 + l_2 = 55 + 5 + 1 = 60 \text{ мм} .$$

Подставим в формулу (16) значения из пункта 7.1.3:

$$T_0 = \frac{L}{n \cdot S_0} i = \frac{60}{1085 \cdot 0,3} 1 = 0,1 \text{ мин} .$$

Операция 020 переход 21 черновое точение на проход:

$$L = l + l_1 + l_2 = 13,2 + 5 = 17,2 \text{ мм} .$$

Подставим в формулу (16) значения из пункта 7.1.1:

$$T_0 = \frac{L}{n \cdot S_0} i = \frac{17,2}{1530 \cdot 0,9} 1 = 0,01 \text{ мин} .$$

Операция 020 переход 3 черновое точение до ступени:

$$L = l + l_1 + l_2 = 2 + 5 + 0 = 7 \text{ мм}$$

Подставим в формулу (16) значения из пункта 7.1.1:

$$T_0 = \frac{L}{n \cdot S_0} i = \frac{7}{1440 \cdot 0,8} 1 = 0,001 \text{ мин.}$$

Операция 015 переход 5 черновое точение до ступени:

$$L = l + l_1 + l_2 = 15 + 5 + 0 = 20 \text{ мм}$$

Подставим в формулу (16) значения из пункта 7.1.1:

$$T_0 = \frac{L}{n \cdot S_0} i = \frac{20}{2030 \cdot 0,5} 1 = 0,01 \text{ мин.}$$

Операция 015 переход 6 черновое точение до ступени:

$$L = l + l_1 + l_2 = 0,5 + 1 + 0 = 1,5 \text{ мм}$$

Подставим в формулу (16) значения из пункта 7.1.1:

$$T_0 = \frac{L}{n \cdot S_0} i = \frac{1,5}{2435 \cdot 0,5} 1 = 0,001 \text{ мин.}$$

Операция 015 переход 7 прорезка канавок:

$$L = l + l_1 + l_2 = 0,5 + 5 + 0 = 5,5 \text{ мм}$$

Подставим в формулу (16) значения из пункта 7.1.3 с учётом того, что 3 места под канавки:

$$T_0 = \frac{L}{n \cdot S_0} i = \frac{5,5}{4270 \cdot 0,12} 3 = 0,03 \text{ мин.}$$

## 8.2 Расчёт основного времени на фрезерной операции

Для фрезерных работ при фрезеровании контура и сверление отверстий рис. 25 основное время рассчитывается по формуле:

$$T_0 = \frac{L}{S_M} i, \quad (18)$$

где  $T_0$  - основное время на операцию (переход), мин;

$L$  - расчётная длина рабочего хода инструмента, мм;

$S_M$  - минутная подача, мм/мин;

$i$  - число проходов инструмента.

Причём

$$L = l + l_1 + l_2, \quad (19)$$

здесь  $l$  - длина обрабатываемой поверхности, мм;

$l_1$  - величина врезания инструмента, мм;

$l_2$  - величина пробега инструмента, мм.

В литературе [8, стр. 623 табл. 7] не имеется данных по назначению длины врезания шпоночной фрезы с  $d_{фрез} = 8\text{мм}$ . Поэтому принимаем  $l_1 = 4\text{мм}$ , как ближайшее значение диаметра шпоночной фрезы с  $d_{фрез} = 10\text{мм}$ . Минутная подача из пункта 7.2  $S_M = S_z n z = 0.12 \cdot 820 \cdot 2 = 196.8\text{мм/мин}$ .

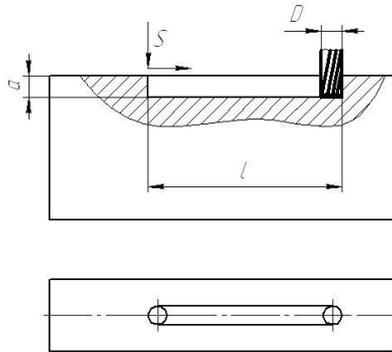


Рисунок 4 Фрезерование шпоночных пазов при маятниковой подаче

Фрезерная операция:

Операция 030 переход 1 фрезерование контура:

$$L = l + l_1 + l_2 = 13.2 + 4 + 0 = 17.2\text{мм}.$$

Подставим в формулу (18):

$$T_0 = \frac{L}{S_M} i = \frac{17.2}{196.8} 112 = 5.74\text{мин}.$$

В литературе [8, стр. 625 табл. 2] не имеется данных по назначению длины сверла  $L_{сверла} = 20\text{мм}$ . и диаметр сверла  $d_{сверла} = 2.5\text{мм}$

Операция 030 переход 6 сверление отверстий:

$$L = l + l_1 + l_2 = 13 + 4 + 0 = 17\text{мм}.$$

Подставим в формулу (18):

$$T_0 = \frac{L}{S_M} i = \frac{17}{196.8} 2.5 = 0.17\text{мин}.$$

Операция 030 переход 7 нарезать резьбу в отверстие:

$$L = l + l_1 + l_2 = 8 + 4 + 0 = 12\text{мм}.$$

Подставим в формулу (18):

$$T_0 = \frac{L}{S_M} i = \frac{12}{196.8} 3 = 0.16\text{мин}.$$

В литературе [8, стр. 625 табл. 2] не имеется данных по назначению длины сверла  $L_{\text{сверла}} = 20 \text{ мм}$  . и диаметр сверла  $d_{\text{сверла}} = 4.9513 \text{ мм}$

Операция 030 переход 3 сверление отверстий:

$$L = l + l_1 + l_2 = 15 + 4 + 0 = 19 \text{ мм} .$$

Подставим в формулу (18):

$$T_0 = \frac{L}{S_M} i = \frac{19}{196,8} 4.95 = 0,44 \text{ мин} .$$

Операция 030 переход 4 нарезать резьбу в отверстие:

$$L = l + l_1 + l_2 = 12 + 4 + 0 = 16 \text{ мм} .$$

Подставим в формулу (18):

$$T_0 = \frac{L}{S_M} i = \frac{16}{196,8} 6 = 0,48 \text{ мин} .$$

В литературе [8, стр. 625 табл. 2] не имеется данных по назначению длины сверла  $L_{\text{сверла}} = 20 \text{ мм}$  . и диаметр сверла  $d_{\text{сверла}} = 8.1 \text{ мм}$

Операция 030 переход 9 сверление отверстий:

$$L = l + l_1 + l_2 = 15 + 4 + 0 = 19 \text{ мм} .$$

Подставим в формулу (18):

$$T_0 = \frac{L}{S_M} i = \frac{19}{196,8} 8.1 = 0,78 \text{ мин} .$$

В литературе [8, стр. 625 табл. 2] не имеется данных по назначению длины сверла  $L_{\text{сверла}} = 20 \text{ мм}$  . и диаметр сверла  $d_{\text{сверла}} = 11 \text{ мм}$

Операция 030 переход 10 сверление отверстий:

$$L = l + l_1 + l_2 = 8 + 4 + 0 = 12 \text{ мм} .$$

Подставим в формулу (18):

$$T_0 = \frac{L}{S_M} i = \frac{12}{196,8} 11 = 0,67 \text{ мин} .$$

В литературе [8, стр. 625 табл. 2] не имеется данных по назначению длины сверла  $L_{\text{сверла}} = 20 \text{ мм}$  . и диаметр сверла  $d_{\text{сверла}} = 11 \text{ мм}$

Операция 035 переход 1 цековать отверстие:

$$L = l + l_1 + l_2 = 3.2 + 4 + 0 = 7.2 \text{ мм} .$$

Подставим в формулу (18):

$$T_0 = \frac{L}{S_M} i = \frac{7.2}{196,8} 11 = 0,40 \text{ мин} .$$

В литературе [8, стр. 625 табл. 2] не имеется данных по назначению длины сверла  $L_{\text{сверла}} = 20 \text{ мм}$  . и диаметр сверла  $d_{\text{сверла}} = 2.05 \text{ мм}$

Операция 040 переход 1 сверлить отверстия:

$$L = l + l_1 + l_2 = 12 + 4 + 0 = 14 \text{ мм} .$$

Подставим в формулу (18):

$$T_0 = \frac{L}{S_M} i = \frac{14}{196,8} 2.05 = 0,14 \text{ мин} .$$

Операция 040 переход 2 нарезать резьбу в отверстие:

$$L = l + l_1 + l_2 = 8 + 4 + 0 = 12 \text{ мм} .$$

Подставим в формулу (18):

$$T_0 = \frac{L}{S_M} i = \frac{12}{196,8} 2.5 = 0,15 \text{ мин} .$$

## 9. Конструкторский раздел

### 9.1 Описание и принцип работы приспособления

При совершенствовании технологического процесса возникла необходимость в проектировании нового приспособления. Исходя из вида производства (мелкосерийное), технологических требований, конфигурации обрабатываемой детали, проектируемое приспособление относится к группе специальных приспособлений.

Сборка приспособления и порядок работы:

В Плиту (1) запрессовывается ось (2), шайбой (3) и гайкой (4) фиксирует делить на плите, т-образными болтами (5) фиксируется положения плиты на столе фрезерного станка, для закрепления плиты на столе шайбой (7) и гайкой (6) закрепляется.

Приспособление предназначено для закрепления деталей на столе фрезерного станка, для удобства и быстроты обработки, сверления и нарезания резьбы. Установка приспособления на столе станка осуществляется при помощи двух установочных т-образных болтов, которые фиксирует положение приспособление на столе станка. Базирование детали производится при помощи трёх баз: установочная база (плита), направляющая база (ось), опорная база (торец плиты).

Принцип работы приспособления (применяется на 025, 035 операции):

Деталь устанавливается торцом на опорную плиту (1) таким образом, чтобы плоскость фланца упиралась в торец плиты, базирование происходит по внутреннему диаметру  $D_{22}$ . Оператор, прижав торец детали к опорной плите, поджимает деталь ключом, при помощи гайки (3) и шайбы (4) производится фиксация положения детали в вертикальной плоскости. Порядок повторяется с другими деталями. На кондукторную плиту устанавливаются сразу 4 детали.

Плита (1) нагревается в печи до температуры 220 – 250°C и выдерживается в течение 2 – 4 часов. Затем ось (2) запрессовывается в плиту (1) до упора.

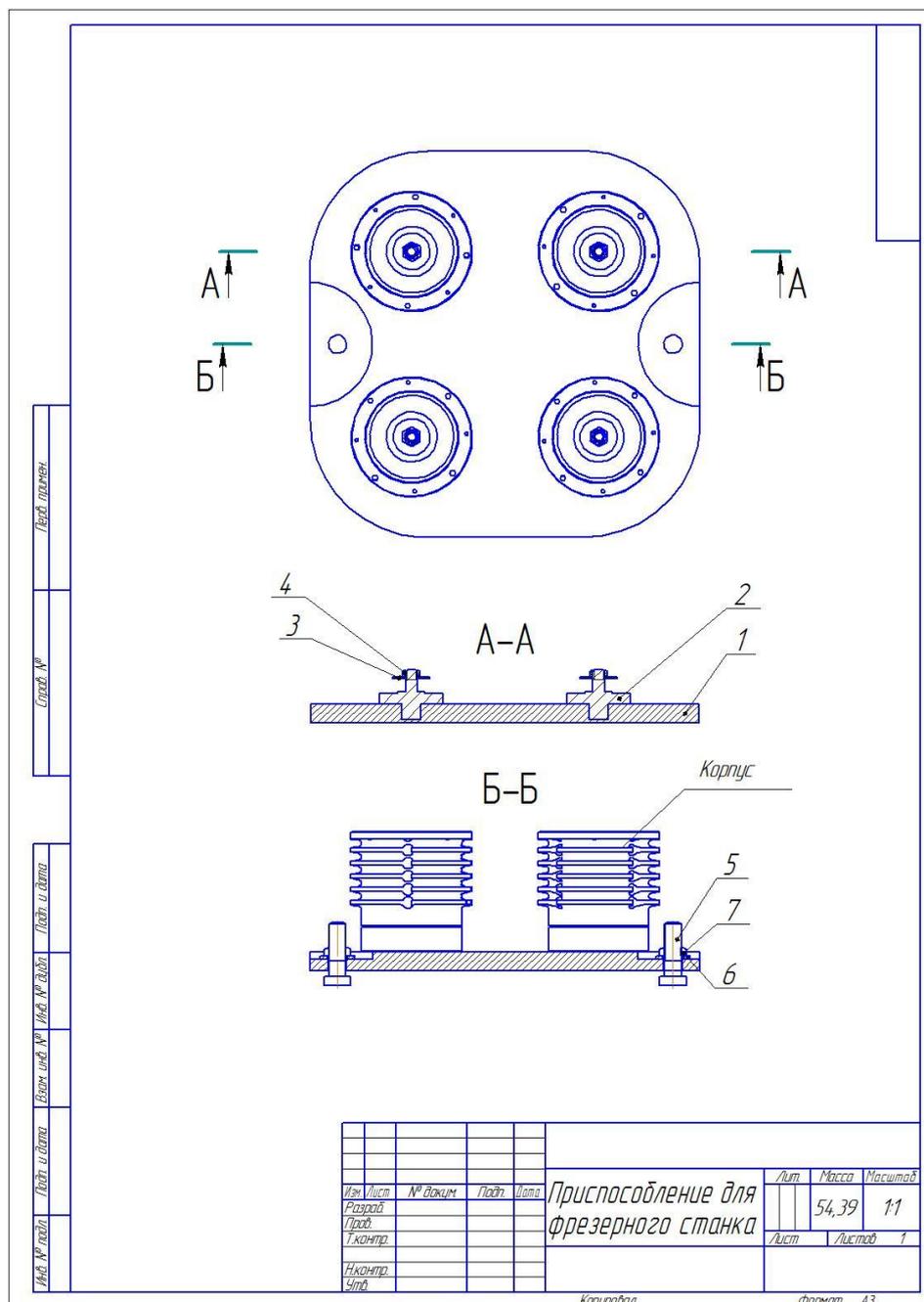


Рисунок 22. Приспособления для сверления отверстий и нарезания резьбы.

## 9.2 Расчёт приспособления на точность.

Погрешность установки – представляет собой отклонение фактического положения закреплённой детали в приспособлении от требуемого теоретического.

Погрешность установки  $\epsilon_{ус}$  включает следующие погрешности: базирования  $\epsilon_{б}$ , закрепления  $\epsilon_{з}$ , и положения детали в приспособлении  $\epsilon_{п}$ . [6,стр.151]

$$\epsilon_{ус} = \epsilon_{б} + \epsilon_{з} + \epsilon_{п}$$

Погрешность положения  $\epsilon_{п}$  детали в приспособлении – состоит из погрешностей: изготовления приспособления  $\epsilon_{пр}$ , установки приспособления на станке  $\epsilon_{у}$ , положению детали из-за износа элементов приспособления  $\epsilon_{и}$ .

$$\epsilon_{п} = \epsilon_{пр} + \epsilon_{у} + \epsilon_{и}$$

Погрешность базирования  $\epsilon_{б}$

При установке по наружной цилиндрической поверхности в призму с углом  $2\alpha$  ;

$$\epsilon_{б} = 0; [6,стр.153].$$

Погрешность закрепления  $\epsilon_{з}$

Состоит из изменения положения детали в результате приложения к ней усилия закрепления, по [6,табл.76] находим:  $\epsilon_{з} = 200\text{мкм}$ .

Погрешность изготовления приспособления  $\epsilon_{пр}$

Для экономической точности обработки для развёртывания по 7 качеству допустимая погрешность изготовления приспособления  $\epsilon_{пр} = 37\text{мкм}$ , [6,табл.91].

Погрешность установки детали на станке  $\epsilon_{у}$

Зависит от смещений или перекосов корпуса приспособления на столе станка

$$\epsilon_{у} = T_{11} + 0,25 \sum s' = 0,32 + 0,25 \times 0,034 = 0,041\text{мм} = 41\text{мкм} \quad [6,стр.195]$$

$T_{11}$  – допуск на координаты штифтовых отверстий.

$\sum s'$  - сумма max. зазоров в посадке штифтов в отверстиях.

Погрешность износа установочных элементов  $\epsilon_{и}$ .

На износ влияют размеры и конструкция установочных элементов, материал и масса обрабатываемой детали.

$$\epsilon_{и} = 28\text{мкм}, [6,табл.93,стр.197].$$

$U$  – средний износ установочных элементов.

$$\epsilon_{п} = \epsilon_{пр} + \epsilon_{у} + \epsilon_{и} = 37 + 41 + 28 = 106\text{мкм},$$

тогда погрешность установки будет равна:

$$\epsilon_{ус} = \epsilon_{б} + \epsilon_{з} + \epsilon_{п} = 0 + 200 + 106 = 306\text{мкм}.$$

## 10. Экономический раздел

Целью выполнения данного раздела является сравнительная оценка экономической эффективности изготовления щита подшипникового четырьмя различными способами.

Экономическая эффективность – соотношение между получаемыми результатами производства – продукцией и материальными услугами, с одной стороны, и затратами труда и средств производства – с другой.

Себестоимость продукции – денежное выражение текущих затрат на производство и реализацию продукции. Себестоимость продукции – часть стоимости, включающая затраты на потребление средств производства и оплату труда.

Исходные данные:

1. программа выпуска:	$Q_{\text{вып}} = 1500$ шт./год;
2. период оборота:	8 час;
3. режим работы, смен, S:	1;
4. продолжительность смены, $T_{\text{см}}$ :	8 час;
5. регламентированные перерывы $T_{\text{рег}}$ :	60 мин./смену;
6. технологически неизбежные потери продукции, $\alpha_{\text{шт}}$ :	3%;
7. вес детали:	0,69 кг;
8. цена материала за кг (алюминий АМГ6 ГОСТ 21488-97)	75 руб./кг;
9. средний коэффициент использования материала	40%;
10. цена отходов от стоимости материалов	10%
11. тип производства:	среднесерийный;
12. стоимость электроэнергии за 1 кВт/ч	1,5 руб
13. стоимость приспособления 1	5000 руб.

## 10.1 Калькуляция данных, общих для всех технологических процессов

Определяем номинальный фонд времени работы оборудования:

$$T_{ном} = (D_z - D_{вых} - D_{пр}) \cdot S \cdot T_{см} - D_{пред} \cdot T_{сокp}, \text{ час / год};$$

где:  $D_z$  – число рабочих дней в планируемом периоде;

$D_{вых}$  – число выходных дней;

$D_{пр}$  – число праздничных дней;

$S$  – число рабочих смен в сутки;

$T_{см}$  – длительность рабочей смены, час;

$D_{пред}$  – число предпраздничных дней;

$T_{сокp}$  – продолжительность нерабочего времени в предпраздничные дни, час.

$$\begin{aligned} T_{ном} &= (D_z - D_{вых} - D_{пр}) \cdot S \cdot T_{см} - D_{пред} \cdot T_{сокp} = \\ &= (365 - 108 - 12) \cdot 1 \cdot 8 - 12 \cdot 1 = 1\,974 \text{ час / год} \end{aligned}$$

Определяем программу запуска:

$$Q_{зан} = \frac{Q_{вып} \cdot 100}{100 - \alpha_{nn}}, \text{ шт. / год};$$

где:

$\alpha_{nn}$ , % - технологически неизбежные потери.

$$Q_{зан} = \frac{Q_{вып} \cdot 100}{100 - \alpha_{nn}} = \frac{1500 \cdot 100}{100 - 3} = 1546 \text{ шт. / год}.$$

Расчет стоимости материала.

Цена материала одного изделия составляет:

$$C_m = \frac{m}{K_u} \cdot C_M ;$$

где

$m$  – масса одного изделия;

$K_u$  – средний коэффициент использования материала;

$C_m$  – стоимость материала, руб./кг.

Тогда цена материала:

$$C_m = \frac{0,69}{0,4} \cdot 173 = 298,425 \text{ руб.}$$

Реализуемые отходы определяются зависимостью:

$$C_{отх} = \left( \frac{m}{K_u} - m \right) \cdot C_{отх},$$

где  $C_{отх}$  – цена отходов.

Цена отходов на одно изделие:

$$C_{отх} = \left( \frac{0,69}{0,4} - 0,69 \right) \cdot 65 = 67,275 \text{ руб.}$$

Затраты на основные материалы за вычетом отходов на единицу изделия составят:

$$C_{M.осн} = C_m - C_{отх} = 298,425 - 67,275 = 231,15 \text{ руб.}$$

## 10.2 Выбор ресурсосберегающего технологического процесса

Современная техника и технология позволяют изготавливать одно и то же изделие различными методами. Технологический процесс представляет собой строго определенную совокупность выполняемых в заданной последовательности технологических операций. Одна и та же операция может выполняться многими способами и на различном оборудовании.

### 10.2.1 Предлагаемый заводу технологический процесс

Операции первого технологического процесса изготовления корпуса, с указанием штучно-калькуляционного времени ( $T_{ш-к}$ ), разряда работы, стоимости работы (в соответствии с тарифной сеткой завода) представлены в таблице 6.

Таблица 6

№ оп.	Наименование операции	$T_{ш-к}$ , мин.	Разряд работы	Основная заработная плата ( $Z_{осн}$ ), руб.
05	Отрезная	1,51	2	1,83
10	Токарная	7,22	4	7,23
20	Токарная	3,53	4	4,76
20	Фрезерная	5,88	4	6,37
30	Фрезерная	2,8	4	4,34
40	Фрезерная	0,8	3	1,34
50	Токарная	1,62	4	1,91
60	Токарная	0,9	4	1,45
	Прочие	20		20
ИТОГО				49,23
Основная заработная плата ( $Z_{осн}$ ) приведена с учетом премии (40%) и районного коэффициента (30%)				

Дополнительная заработная плата

Дополнительная заработная плата, не связанная с производством – оплата труда полагающаяся по закону за не проработанное время, составляет 9% от основной заработной платы.

Дополнительная заработная плата на единицу изделия составит:

$$Z_{дон} = Z_{осн} \cdot K_{дон} = 49,23 \cdot 0,09 = 4,43 \text{ руб.}$$

Отчисления на социальные цели

Отчисления на социальные цели на одно изделие определяются следующей зависимостью:

$$C_{соц} = (Z_{осн} + Z_{дон}) \cdot K_{соц},$$

где  $K_{соц}$  – коэффициент единого социального налога ( $K_{соц} = 27,2\%$ ).

Отчисления на социальные цели на одно изделие составят:

$$C_{соц} = (49,23 + 4,43) \cdot 0,272 = 14,59 \text{ руб.}$$

Прямые затраты:

$$C_n = C_{М.осн} + Z_{осн} + Z_{дон} + C_{соц} = 231,15 + 49,23 + 4,43 + 14,59 = 299,4.$$

Общепроизводственные расходы.

Общепроизводственные расходы составляют 300% от основной заработной платы. Сюда входят затраты на заработную плату вспомогательного персонала и прочие:

$$C_{пр} = Z_{осн} \cdot 300\% = 49,23 \cdot 3 = 147,69 \text{ руб.}$$

Состав общепроизводственных расходов:

$$C_{пр} = C_{ТП.общ.} + A_i + Э_i + C_{присн1} + C_{присн2},$$

где  $C_{ТП.общ.}$  – производственные расходы, общие для всех четырех ТП;

$A_i$  – затраты на амортизацию оборудования для  $i$ -го ТП;

$Э_i$  – затраты на электроэнергию для  $i$ -го ТП;

$C_{присн1}$  и  $C_{присн2}$  – затраты на приспособление 1 и 2 соответственно.

Общая производственная себестоимость:

$$C_{о.пр} = C_n + C_{пр.} = 299,4 + 147,69 = 447,09 \text{ руб.}$$

Калькуляционная стоимость щита подшипникового первого технологического процесса сведена в таблицу 7.

Таблица 7

п/п	Наименование	руб.
1.	Материалы	231,15
2.	Основная заработная плата	49,23
3.	Дополнительная заработная плата	4,43
4.	Отчисления на социальное страхование	14,59
5.	Прямые затраты	299,4
6.	Общепроизводственные расходы	147,69
7.	Производственная себестоимость	447,09

Затраты на электроэнергию и амортизацию оборудования на одну деталь приведены в таблице 8.

Таблица 8

Наименование станка	Время исполыз., мин	Мощность, кВт/ч	Расходы на ЭЭ, руб.	Амортизационные отчисления
Фрезерная С ЧПУ	1,51	4,5	0,11	1,51
Токарная С ЧПУ	16,38	10	2,73	16,38
Отрезной	1,2	7,5	0,2	1,4
ИТОГО			3,04	19,28

Определим производственные расходы на одну деталь, общие для всех двух ТП:

$$C_{ТП.общ.} = C_{пр} - A_i - Э_i - (C_{присл})/1546 .$$

В предлагаемом технологическом процессе используются 1 приспособления, следовательно:

$$C_{ТП.общ.} = 447,09 - 19,28 - 3,04) / 1546 = 274 \text{ руб.}$$

### 10.2.2 Первоначальный (исходный) технологический процесс

Операции второго технологического процесса изготовления корпуса, с указанием штучно-калькуляционного времени ( $T_{ш-к}$ ), разряда работы, стоимости работы (в соответствии с тарифной сеткой завода) представлены в таблице 9.

Таблица 9

№ оп.	Наименование операции	$T_{ш-к}$ , мин.	Разряд работы	Основная заработная плата ( $Z_{осн}$ ), руб.
05	Литье в кокель	4,51	2	7,83
10	Токарная	1,22	3	2,74
15	Токарная с ЧПУ	4,22	4	8,74
20	Токарная с ЧПУ	2,63	4	4,3
25	Фрезерная с ЧПУ	3,4	4	6,07
25	Фрезерная с ЧПУ	6,4	4	9,07
30	Сверлильная с ЧПУ	4,41	3	6,88
35	Резьбонарезная с ЧПУ	3.45	3	5,4
40	Резьбонарезная с ЧПУ	3.7	3	5,9
45	Токарная с ЧПУ	1,34	4	2,7
50	Токарная с ЧПУ	1,1	4	1,95
	Прочие	40		40
ИТОГО				102,21
Основная заработная плата ( $Z_{осн}$ ) приведена с учетом премии (40%) и районного коэффициента (30%)				

Дополнительная заработная плата

Дополнительная заработная плата, не связанная с производством – оплата труда полагающаяся по закону за не проработанное время, составляет 9% от основной заработной платы.

Дополнительная заработная плата на единицу изделия составит:

$$Z_{дон} = Z_{осн} \cdot K_{дон} = 102,21 \cdot 0,09 = 9,19 \text{ руб.}$$

Отчисления на социальные цели

Отчисления на социальные цели на одно изделие определяются следующей зависимостью:

$$C_{соц} = (З_{осн} + З_{дон}) \cdot K_{соц},$$

где  $K_{соц}$  – коэффициент единого социального налога ( $K_{соц} = 27,2\%$ ).

Отчисления на социальные цели на одно изделие составят:

$$C_{соц} = (102,21 + 9,19) \cdot 0,272 = 30,3 \text{ руб.}$$

Расчет стоимости материала для литья в кокель.

Цена материала одного изделия составляет:

$$C_m = \frac{m}{K_u} \cdot Ц_M ;$$

где

$m$  – масса одного изделия;

$K_u$  – средний коэффициент использования материала;

$Ц_M$  – стоимость материала, руб./кг.

Тогда цена материала:

$$Ц_M = 102 \text{ руб./кг.}$$

$$C_m = \frac{0,69}{0,4} \cdot 102 = 175,95 \text{ руб.}$$

Реализуемые отходы определяются зависимостью:

$$C_{отх} = \left( \frac{m}{K_u} - m \right) \cdot Ц_{отх},$$

где  $Ц_{отх}$  – цена отходов.

Цена отходов на одно изделие:

$$C_{отх} = \left( \frac{0,69}{0,4} - 0,69 \right) \cdot 65 = 67,275 \text{ руб.}$$

Затраты на основные материалы за вычетом отходов на единицу изделия составят:

$$C_{M.осн} = C_m - C_{отх} = 175,95 - 67,275 = 108,675 \text{ руб.}$$

Прямые затраты:

$$C_n = C_{M.осн} + Z_{осн} + Z_{доп} + C_{соц} = 108,675 + 102,21 + 9,19 + 30,3 = 251,095$$

Затраты на электроэнергию и амортизацию оборудования на одну деталь приведены в таблице 10.

Таблица 10

Наименование станка	Время использ., мин.	Мощность, кВт/ч	Расходы на ЭЭ, руб.	Амортизационные отчисления
Токарно-винторезный 16К20	1,51	4,5	0,11	1,51
Токарная с ЧПУ	8,79	10	2,73	16,38
Фрезерная с ЧПУ	7,01	7,5	0,88	21,03
Резьбонарезной с ЧПУ	2,62	2,8	0,21	8,8
ИТОГО			3,93	47,72

Общепроизводственные расходы.

Во втором ТП дополнительные приспособления не используются ( $C_{присн1} = C_{присн2} = 0$ ):

$$C_{пр} = C_{ПП.общ.} + A_i + Э_i + (C_{присн1} + C_{присн2}) / 6186 = 251,095 + 47,72 + 3,93 = 309,32 \text{ руб}$$

Общая производственная себестоимость:

$$C_{о.пр} = C_n + C_{пр.} = 251,095 + 309,32 = 560,42 \text{ руб.}$$

Калькуляционная стоимость щита подшипникового второго технологического процесса сведена в таблицу 11.

Таблица 11

п/п	Наименование	руб.
1.	Материалы	175,95
2.	Основная заработная плата	102,21
3.	Дополнительная заработная плата	9,91
4.	Отчисления на социальное страхование	30,3
5.	Прямые затраты	251,09
6.	Общепроизводственные расходы	309,32
7.	Производственная себестоимость	560,42

10.3 Сравнение вариантов затрат при изменении технологического процесса

Сравнение вариантов затрат при изменении технологического процесса производства корпуса (1500 шт.) приведены в таблице 12.

Таблица 12

п/п	Статьи затрат	Первый ТП	Второй ТП
1.	Материалы	231,15	175,95
2.	Основная заработная плата	49,23	102,21
3.	Дополнительная заработная плата	4,43	9,91
4.	Отчисления на социальное страхование	14,59	30,3
5.	Прямые затраты	299,4	251,09
6.	Общепроизводственные расходы	147,69	309,32
7.	Производственная себестоимость	447,09	560,42

Для наглядности данные из таблицы 12 приведены в виде диаграммы на рисунке 24.

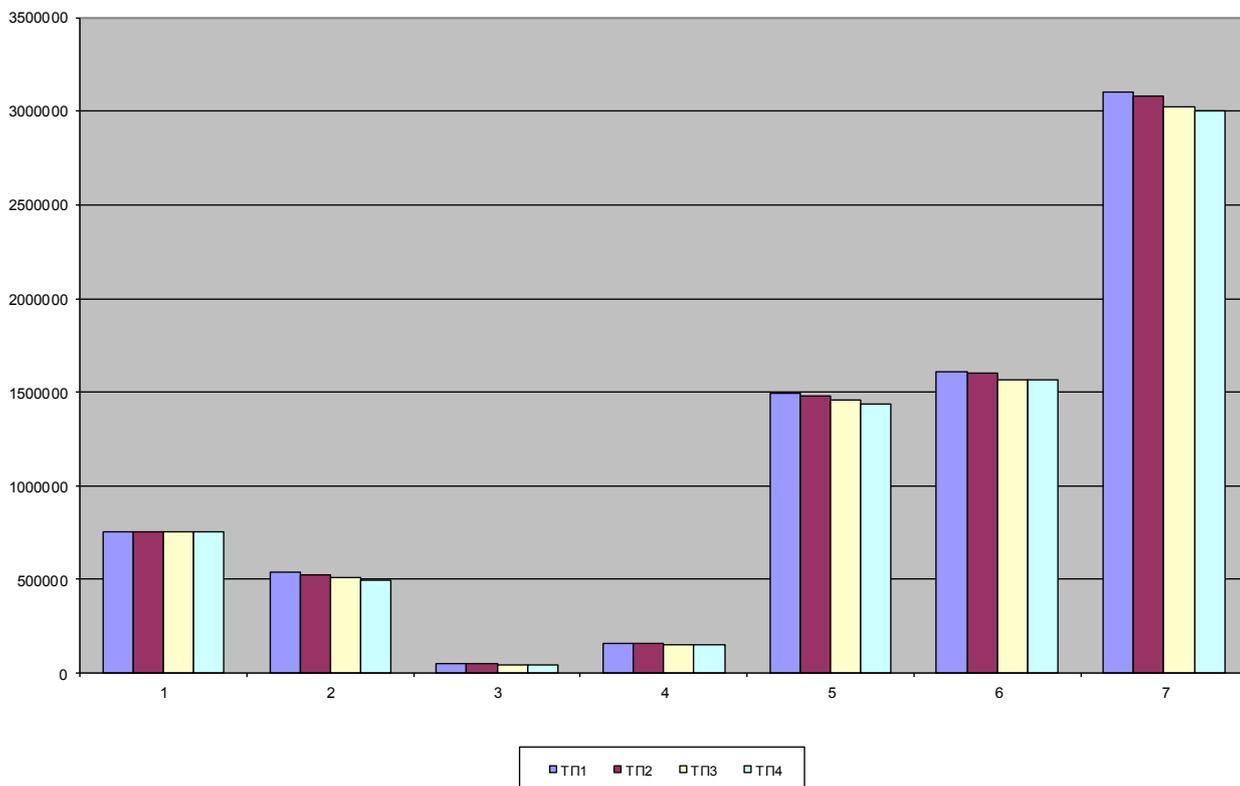


Рисунок 24 – Сравнение вариантов затрат при изменении технологического процесса

Как видно из рисунка 24 двух технологический процесс превосходит первый ТП по большинству показателей. Это доказывает, что, с точки зрения ресурсосбережения, двух ТП является наиболее целесообразно первая предлагаемая. Следовательно, выбор его в качестве основного верен.

#### 9.4 Расчет экономического эффекта

Рассчитаем экономический эффект:

$$\text{ЭЭ} = C_{o.np} 1 - C_{o.np} 2.,$$

где  $C_{o.np} 1$  – производственная себестоимость первого (существующего) ТП;

$C_{o.np} 2$  – производственная себестоимость четвертого (предлагаемого) ТП.

Тогда:

$$\text{ЭЭ} = 560,42 - 447,09 = 113,33 \text{руб.}$$

Теперь умножаем на количество деталей в год.

$$\text{ЭЭ}_{\text{детали\год}} = 113,33 \times 1500 = 169995 \text{руб.}$$

Положим затраты на внедрение нового техпроцесса  $C_{\text{вн}} = 50000 \text{руб}$ , тогда период окупаемости определится как:

$$T_{\text{ок}} = \frac{C_{\text{вн}}}{\text{ЭЭ}} = \frac{50000}{169995} = 0,3 \text{года}$$

Расчеты показали, что срок окупаемости нового технологического процесса составляет приблизительно три месяца. За один год расходы сократились на 169 тысяч 995 рублей.

## 9.5 Нормирование предлагаемого техпроцесса.

Технические нормы времени в условиях серийного производства устанавливаются расчётно-аналитическим методом. В серийном производстве определяется норма штучно-калькуляционного времени Тшт.к.

$$T_{\text{штк}} = \frac{T_{\text{пз}}}{n} + T_{\text{шт}}$$

где  $T_{\text{пз}}$  – подготовительно-заключительное время;

$T_{\text{о}}$  – основное (машинное) время;

$T_{\text{шт}}$  – штучное время;

$n$  – количество деталей в партии.

$$T_{\text{шт}} = T_{\text{о}} + T_{\text{всп}} + T_{\text{об}} + T_{\text{отд}}$$

где  $T_{\text{всп}}$  – вспомогательное время;

$T_{\text{об}}$  – время на обслуживание рабочего места;

$T_{\text{отд}}$  – время на отдых и личные надобности.

$$T_{\text{всп}} = T_{\text{у.с}} + T_{\text{з.о}} + T_{\text{уп}} + T_{\text{ис}}$$

где  $T_{\text{у.с}}$  – время на установку и снятие детали;

$T_{\text{з.о}}$  – время на закрепление и открепление детали;

$T_{\text{уп}}$  – время на управление станком;

Тиз – время на измерение детали.

Основное время (То) нами уже рассчитано при определении режимов резания.

Нормативы на отдельные элементы вспомогательного времени для серийного производства взяты из [2,прил.5,стр197-221].

Операция 010

Определим вспомогательное время:

$$T_{всп} = T_{у.с} + T_{з.о} + T_{уп} + T_{из}$$

По [2,прил.5] находим: Ту.с=0 мин; Тз.о=0 мин; Туп=5,2 мин; Тиз=0 мин.

Ту.с., Тз.о, Тиз перекрывается машинным временем,

тогда  $T_{всп} = 0 + 0 + 5,2 + 0 = 5,2$  мин.

Определим штучное время:

$$T_{шт} = T_o + T_{всп} + T_{об} + T_{отд}$$

По [2,прил.5] находим:  $T_{об}=4\%T_{оп}$  ;  $T_{отд}=5\%T_{оп}$ ;

$T_{оп}=T_o+T_{всп}=17,301+5,2=22,501$  мин.

$T_{об}=0,04*22,501=0,9$  мин,  $T_{отд}=0,05*22,501=1,125$  мин.

Тогда  $T_{шт} = 17,301 + 5,2 + 0,9 + 1,125 = 24,526$  мин.

Определим штучно-калькуляционное время:

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

по [5,стр21] находим:  $T_{пз}=42$  мин , тогда  $T_{шт} = \frac{42}{48} + 24,526 = 25,401$  мин .

## 11. Производственная и экологическая безопасность

В данном разделе ВКР инженера рассмотрены вопросы, связанные с организацией рабочего места на механическом участке по производству щита подшипникового, промышленного предприятия ФГУП НПЦ «Полус», в соответствии с нормами производственной санитарии, техники производственной безопасности и охраны окружающей среды.

### 11.1 Общие положения

Охрана труда – система 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.

Условия труда – совокупность факторов, производственной среды и трудового процесса, оказывающих влияние на работоспособность и здоровье работника.

Вредный производственный фактор – производственный фактор, воздействие которого на работника может привести к его заболеванию.

Опасный производственный фактор – производственный фактор, воздействие которого на работника может привести к его травме.

Безопасные условия труда – условия труда, при которых воздействие на работающих вредных или опасных производственных факторов исключено либо уровни их воздействия не превышают установленные нормативы.

Рабочее место – место, в котором работник должен находиться или в которое ему необходимо прибыть в связи с его работой и которое прямо или косвенно находится под контролем работодателя. [11]

## 11.2 Анализ опасных и вредных производственных факторов

Согласно ГОСТ 12.0.003-74 «ССБТ Опасные и вредные производственные факторы» при изготовлении изделия «Корпус» рабочие подвергается опасным и вредным производственным факторам.

### 11.2.1 Физические факторы

Опасность поражения электрическим током

Одним из наиболее опасным производственным фактором является поражение электрическим током от сети 220 В, необходимым для питания различного оборудования.

Основными причинами, приводящими к поражению электрическим током, являются:

- случайное прикосновение к токоведущим частям, находящимся под напряжением;
- появление на корпусе устройств сетевого напряжения в результате повреждения изоляции из-за многократных изгибов соединительного провода;
- появления напряжения на отключенных токоведущих частях, вследствие неверного включения устройств.

Повышенный уровень шума на рабочем месте и повышенный уровень вибрации

При выполнении работ на токарных и фрезерных станках раздражающее действие на человека оказывает шум в виде скрипа и свиста, обусловленный трением инструмента об обрабатываемые материалы. Длительное воздействие шума большой интенсивности приводит к патологическому состоянию слухового органа, к его утомлению.

Утомление может постепенно перейти в тугоухость и глухоту, обнаруживаемые через несколько лет работы. Интенсивный шум вызывает

изменения сердечно-сосудистой системы, сопровождаемые нарушением тонуса и ритма сердечных сокращений, изменяется артериальное кровяное давление. Шум приводит к нарушению нормальной функции желудка. Особенно страдает центральная нервная система.

Вибрация приводит тело или его структурные единицы в колебательное движение. Вибрации частотой 35 – 250 Гц и выше развивают вибрационную болезнь со спазмом (сужением) кровеносных сосудов конечностей.

#### Недостаток освещения

При работе на станках недостаточная освещенность рабочего места и производственного помещения в целом приводит к ослаблению зрения и общей утомляемости рабочего. [11]

#### Повышенный травматизм

При работе на токарных, фрезерных станках, используемых в данном технологическом процессе, возможен захват одежды рабочего вращающимися частями станков. Следствием этого может быть тяжелая травма, и даже смертельный исход.

Попадание одежды и рук в пространство между вращающимися частями станка при удалении стружки приводит к травмам рук.

В результате отлета стружки в сторону рабочего места при фрезеровании и точении деталей возможна травма глаз и открытых частей тела.

При обработке используется СОЖ (смазывающая охлаждающая жидкость). При попадании масла на обувь рабочего или пол во время работы на станке возможны вывихи, переломы и повреждения кожного покрова в результате падения.

В результате отлета стружки в сторону рабочего места при фрезеровании и точении деталей возможна травма глаз и открытых частей тела.

### 11.2.2 Химические факторы

При работе с СОЖ рабочий подвергается также и химическим опасным и вредным производственным факторам, которые согласно ГОСТ 12.0.003-74 можно классифицировать следующим образом:

- по характеру воздействия на организм человека – раздражающие;
- по пути проникания в организм человека – кожные покровы, органы дыхания.

### 11.3 Требования безопасности и мероприятия по их осуществлению

Для снижения утомляемости, вероятности травматизма необходимо создать оптимальное рабочее место. Основные требования к организации рабочего места изложены в ГОСТ 12.2.033-78 «ССБТ Рабочее место при выполнении работ стоя».

На участке, где ведутся работы, не допускается нахождение посторонних лиц.

#### 11.3.1 Электробезопасность

Меры безопасности условно можно разделить на две группы:

а) меры, обеспечивающие безопасность эксплуатации при нормальном состоянии электрооборудования;

б) меры, обеспечивающие безопасность в аварийном режиме – при появлении напряжения на нетоковедущих частях оборудования (корпусах, кожухах и др.).

Мерами, обеспечивающими безопасность при нормальном состоянии электрооборудования, являются недоступность и рабочая изоляция токоведущих частей, защитное разделение сетей и малые напряжения. К дополнительным мерам, устраняющим опасность при появлении напряжения на нетоковедущих частях, относятся защитное заземление, зануление, защитное отключение, выравнивание потенциалов и двойная изоляция.

Согласно требованиям электробезопасности (ГОСТ-12.1.019-79 «ССБТ Электробезопасность») всё электрооборудование и приборы должны находиться на специально отведенных местах, и заземлены. Наличие защитного заземления обязательно. При устройстве заземления используются искусственные заземлители, в качестве которых применяются стальные трубы или штыри. В качестве заземляющих проводников применяются стальные полосы, провода, а так же медные оголенные провода. Соединения заземляющих проводников с контуром заземления должны выполняться с помощью болтов или на сварке.

#### Защитное заземление

Защитное заземление – это преднамеренное электрическое соединение с землей или ее эквивалентом металлических нетоковедущих частей, которые могут оказаться под напряжением. Защитное действие заземления основано на снижении напряжения прикосновения при переходе напряжения на нетоковедущие части, что достигается уменьшением потенциала корпуса относительно земли, как за счет малого сопротивления заземления, так и за счет повышения потенциала примыкающей к оборудованию поверхности земли.

Целью расчета защитного заземления является определение числа, размера и сопротивления заземляющих элементов. [12]

Расчет защитного заземления:

Для расчета заземляющего устройства необходимы следующие данные:

- сопротивление заземляющего устройства  $R_z$ , требуемое по нормам ПУЭ;
- удельное сопротивление грунта;
- длина, диаметр и глубина расположения в грунте искусственных заземлителей;
- повышающий коэффициент  $k_p$ .

В соответствии с ПУЭ сопротивление заземляющего устройства  $R_z$  должно быть не более 4 Ом. Для мощности источников электроэнергии до 100 кВА  $R_z \leq 10$  Ом, а при токах замыкания на землю более 500 А  $R_z \leq 0,5$  Ом.

Удельное сопротивление грунта  $\rho$  зависит от характера грунта и его влажности. Данные об удельном сопротивлении для некоторых видов грунта и их влажности приведены в табл. 1

Таблица 1.

## Удельное сопротивление грунта

Вид грунта	Удельное сопротивление грунта $\rho$ , Ом.см·10 <sup>-4</sup>	Удельное сопротивление грунта при влажности 10-20% к массе грунта $\rho$ , Ом.см·10 <sup>-4</sup>
Песок	4 – 7	7
Каменистый грунт	1,5 – 4	3
Суглинок	0,4 - 1,5	1,0
Садовая земля	0,2 - 0,6	0,4
Глина	0,08 - 0,7	0,4
Чернозем	0,09 - 5,3	2,0
Торф	0,1 - 0,3	0,2

На практике опытным путем замеряют заземление одиночного заземлителя, а по нему рассчитывают удельное сопротивление грунта.

Для постоянных заземляющих устройств в качестве искусственных заземлителей используют стальные (газопроводные) трубы диаметром 40-60 мм или стержни из уголкового стали, забиваемые вертикально в грунт. Если вместо труб используют заземлители из уголкового стали, то для расчетов применяют так называемый эквивалентный диаметр  $d_{\text{э}} = 0,95 * b$ , где  $b$  - ширина стороны уголка.

Наиболее часто при устройстве искусственного заземления применяют вертикальные заземлители, которые забивают на расстоянии  $h = 0,5 - 0,8$  м от поверхности земли. На рис. 1 приведена схема установки в земле вертикального одиночного трубчатого заземлителя.

При таком расположении заземлителей удастся в течение всего года иметь наиболее устойчивое значение сопротивления заземляющего устройства, чем, например, при расположении в горизонтальном направлении заземлителей.

Диаметр трубы и глубину ее забивки выбирают в зависимости от характера грунта, руководствуясь экономическими соображениями. Влияние длины и глубины цилиндрического заземлителя показано на рис. 2 (грунт песчаный 50%-ной влажности).

Влияние диаметра заземлителя на сопротивление растеканию тока меньше, чем влияние, оказываемое глубиной забивки.

Повышающий коэффициент  $k_p$  - это коэффициент, учитывающий глубину забивки одиночных заземлителей и влажность грунта, в среднем он может быть принят как  $k_p = 1,5$ .

По удельному сопротивлению грунта  $\rho$  и повышающему коэффициенту  $k_p$  находится расчетное удельное сопротивление грунта  $\rho_{расч} = k_p \cdot \rho$ , Ом·см.

Сопротивление растеканию одиночного заземлителя можно вычислить по формуле

$$R_1 = \frac{0,366 \rho_{расч}}{l} \left( \lg \frac{2l}{d} + \frac{1}{2} \lg \frac{4t+l}{4t-l} \right),$$

где  $\rho_{расч}$  - расчетное удельное сопротивление грунта, Ом·см;  $l$ ,  $d$  - длина и диаметр трубы одиночного заземлителя, см;  $t = l/2 + h$ , см (см. рис.1);  $h$  - глубина заложения трубы.

Приближенное число заземлителей  $n' = R_1 / R_{доп}$ , где  $R_{доп}$  - нормируемое значение заземляющего устройства.

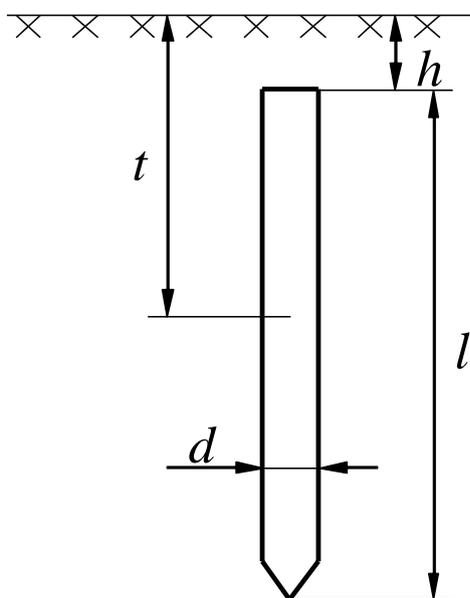


Рис. 1

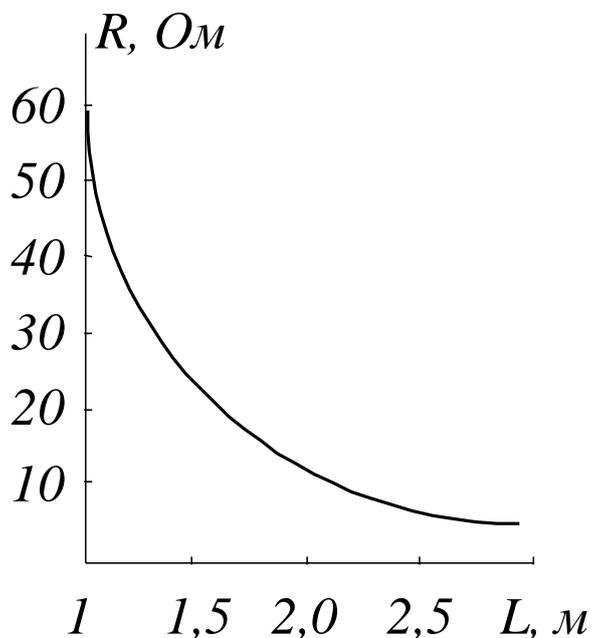


Рис. 2

При определении фактического сопротивления растеканию тока для соединительной полосы между одиночными заземлителями необходимо учитывать коэффициент использования полосы  $\eta_{п.с.}$ , так как между соединительной полосой и трубами происходит взаимное экранирование.

Одиночные заземлители в групповом заземлителе могут быть расположены в ряд (рис. 3,а) или по контуру, как показано на рис. 3,б.

Коэффициенты использования  $\eta_{тр}$  вертикальных стержневых заземлителей, расположенных в ряд или по контуру, можно определить из табл. 2

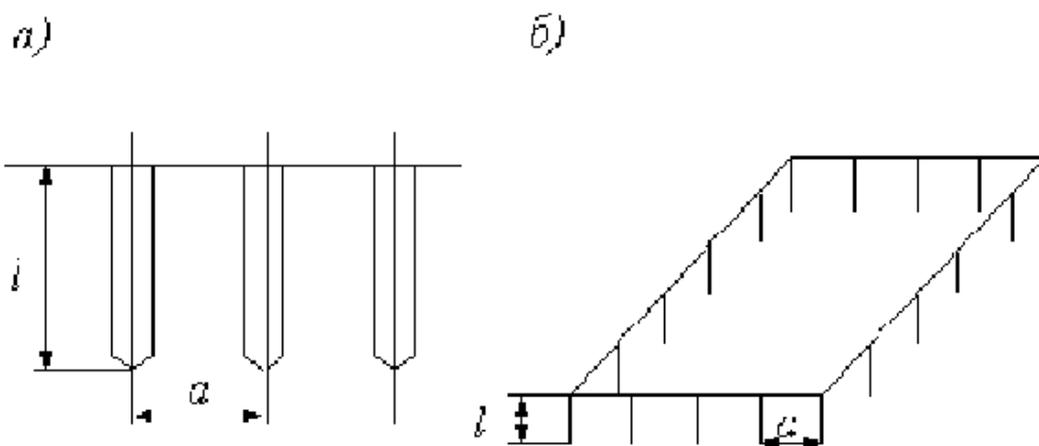


Рис.3 Одиночные заземлители в групповом заземлителе

Таблица 2.

Коэффициент использования  $\eta_{тр} = f(n, a/l)$ 

Число заземли- телей, шт.	Отношение расстояний между заземлителями к их длине (a/l)					
	Размещение заземлителей					
	в ряд			по контуру		
	1	2	3	1	2	3
2	0,85	0,91	0,94			
4	0,73	0,83	0,89	0,69	0,78	0,85
6	0,65	0,77	0,85	0,61	0,73	0,80
10	0,59	0,74	0,81	0,55	0,68	0,76
20	0,48	0,67	0,76	0,42	0,63	0,71
40				0,41	0,58	0,66
60				0,35	0,55	0,64
100				0,30	0,52	0,62

В табл.3 приведены значения коэффициентов использования  $\eta_{п}$  полос связи горизонтального полосового заземлителя, соединяющего вертикальные стержневые заземлители.

Таблица 3.

Коэффициент использования  $\eta_{п}$ 

Отношение расстояний Между заземлителями к их длине	Число стержневых заземлителей n, шт.							
	2	4	6	10	20	40	60	100
	Заземлители размещены в ряд							
1	0,85	0,77	0,72	0,62	0,42			
2	0,94	0,89	0,84	0,75	0,56			
3	0,96	0,92	0,88	0,82	0,68			
Заземлители размещены по контуру								

1	0,45	0,40	0,34	0,27	0,22	0,20	0,19
2	0,55	0,48	0,40	0,32	0,29	0,27	0,23
3	0,70	0,64	0,56	0,45	0,39	0,36	0,33

Для нахождения коэффициентов использования труб предварительно задаются расположением труб в групповом заземлении (в ряд или по контуру), а далее принимают расстояние между трубами. При небольшом количестве труб (менее пяти) они располагаются в ряд, при большом - по контуру. Расстояние между трубами выбирают из соотношения  $1 \leq a \leq 3$ .

По приближенному числу заземлителей  $n'$  по табл.3 определяют коэффициент использования труб. После этого находим число труб  $n = n' / \eta_{тр}$  с учетом найденного коэффициента использования труб  $n = n' / \eta_{тр}$ . Затем уточняем коэффициент использования труб с учетом найденного количества труб  $n$  и определяем сопротивление растеканию тока труб группового заземлителя:

$$R_{тр} = \frac{R_1}{n \eta_{тр}},$$

где  $a$  - расстояние между заземлителями.

Сопротивление растеканию тока одиночной полосы связи  $R_{о.п.}$  (в Омах) определяется по формуле

$$R_{о.п.} = \frac{0,366 \rho_{расч}}{l_{п}} \lg \frac{2l_{п}^2}{bh},$$

$l_{п} = 1,05 \cdot a \cdot n$ , где  $l_{п}$  - длина полосы связи, см;  $h$  - расстояние от поверхности земли до полосы связи, см;  $b$  - ширина полосы связи, см.

Сечение полосы связи должно быть не менее 100-120 мм<sup>2</sup>, из этих соображений выбирается ее толщина и ширина.

В табл. 3 определяем коэффициент использования полосы связи  $\eta_{п}$  и вычисляем сопротивление растеканию тока полосы связи  $R_{п}$  с учетом найденного коэффициента использования  $R_{п} = R_{о.п.} / \eta_{п}$ , Ом.

Общее сопротивление растеканию тока заземляющего устройства

$$R_3 = \frac{1}{\frac{1}{R_p} + \frac{1}{R}}$$

должно быть не более установленной нормы, в противном случае увеличивается число заземлителей и расчет повторяется.

Произведем расчет для нашего случая:

Исходные данные:

- заземлители размещены по контуру в два ряда;
- сопротивление заземляющего устройства  $R_3 \leq 4 \text{ Ом}$ ;
- размеры одиночного заземлителя (трубы)  $l = 2 \text{ м}$ ;  $d_{нар} = 5 \text{ см}$ ;
- расстояние между трубами  $a = 2 \text{ м}$ ; глубина заложения труб  $h = 0,8 \text{ м}$ ;
- размер соединительной полосы связи  $25 \cdot 4 \text{ мм}$ ;
- грунт - суглинок; повышающий коэффициент  $k_p = 1,5$ .

Расчет:

Определяется расчетное сопротивление грунта: для суглинка  $\rho = 1,0 \cdot 10^4 \text{ Ом}\cdot\text{см}$ .

$$\rho_{расч} = \rho \cdot k_p = 1,5 \cdot 1,0 \cdot 10^4 = 15000 \text{ Ом}\cdot\text{см}.$$

1) Определяется сопротивление растеканию тока одиночного трубчатого вертикального заземлителя:

$$R_1 = \frac{0,366 \rho_{расч}}{l} \left( \lg \frac{2l}{d} + \frac{1}{2} \lg \frac{4t+l}{4t-l} \right) =$$

$$= \frac{0,366 \cdot 1,5 \cdot 10^4}{200} \left( \lg \frac{2 \cdot 200}{5} + \frac{1}{2} \lg \frac{4 \cdot 180 + 200}{4 \cdot 180 - 200} \right) = 55,641 \text{ Ом}.$$

2) Ориентировочное число заземлителей (труб) без учета коэффициента использования:

$$n' = \frac{R_1}{R_3} = \frac{55,641}{4} = 13,91 \approx 14$$

3) По табл. 2 определяется коэффициент использования для трубы:  
 $\eta_{тр} = 0,68$ .

4) Число труб в грунтовом заземлителе с учетом коэффициента использования:

$$n = \frac{n'}{\eta_{\text{тр}}} = \frac{14}{0,68} = 20,588 \approx 21.$$

Уточняется коэффициент использования  $\eta_{\text{тр}}$  (см. табл.2) для 21 трубы:

$$\eta_{\text{тр}} = 0,63.$$

5) Сопротивление растеканию всех труб:

$$R_{\text{тр}} = \frac{R_1}{n\eta_{\text{тр}}} = \frac{55,641}{21 * 0,63} = 4,205 \quad \text{Ом.}$$

6) Длина полосы связи, объединяющей трубы в один групповой заземлитель:  $l_{\text{п}} = 1,05 \cdot a \cdot n = 1,05 * 200 * 21 = 4410$  см, где  $a = l = 200$  см (по условию).

7) Определяется сопротивление растеканию тока одиночной полосы связи:

$$R_{\text{о.п.}} = \frac{0,366 \rho_{\text{расч}}}{ln} \lg \frac{2l_{\text{п}}^2}{bh}, \quad \text{Ом}$$

где  $b = 2,5$  см,  $h = 80$  см - расстояние от поверхности земли до полосы связи

$$R_{\text{о.п.}} = \frac{0,366 * 1,5 * 10^4}{4410} \lg \frac{2 * 4410^2}{2,5 * 80} = 6,584 \quad \text{Ом.}$$

8) По табл. 4.2.3.1 находится коэффициент использования полосы связи (заземлители расположены по контуру,  $a / l = 1$  и  $n \approx 20$ ):

$$\eta_{\text{п}} = 0,32.$$

9) Сопротивление растеканию тока полосы связи, объединяющей все трубы, с учетом коэффициента использования полосы связи:

$$R_{\text{п}} = \frac{R_{\text{о.п.}}}{\eta_{\text{п}}} = \frac{6,584}{0,32} = 20,575 \quad \text{Ом.}$$

10) Общее сопротивление заземляющего устройства:

$$R_{\text{з}} = \frac{1}{\frac{1}{R_{\text{тр}}} + \frac{1}{R_{\text{п}}}} = \frac{1}{\frac{1}{4,205} + \frac{1}{20,575}} = 3,491 \quad \text{Ом,}$$

что удовлетворяет поставленному условию:  $3,491 < 4$  Ом.

### 11.3.2 Шум и вибрация

В производственном процессе рабочие сталкиваются, в основном, с широкополосными шумами – это шумы с непрерывным спектром шириной более одной октавы (при работе на фрезерных станках);

Согласно ГОСТ 12.1.003-83 «Шум. Общие требования безопасности» допустимые уровни звукового давления в октавных полосах частот, уровни звука и эквивалентные уровни звука на рабочих местах следует принимать: для широкополосного постоянного и непостоянного (кроме импульсного) шума – по таблице 10.1.

Таблица 10.1 – Допустимые уровни шума

Рабочее место	Уровни звукового давления, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами в Гц.								Уровень звука и эквивалентный уровень звука, дБА
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Постоянные рабочие места и рабочие зоны в производственных помещениях и на территории предприятий.	99	92	86	83	80	78	76	74	85

### Снижение уровня шума и вибрации

Мероприятия по устранению повышенного уровня шума:

- правильная организация труда и отдыха;
- ликвидация шума в источнике его возникновения путем своевременного устранения неисправности технологического оборудования;
- применение звукопоглощающих материалов в конструкциях шумящих механизмов и оборудования;
- облицовка помещений (потолка и стен в небольших помещениях) звукоизолирующими и звукопоглощающими материалами;
- применение индивидуальных средств защиты органов слуха – наушников, вкладышей, шлемов (ГОСТ 12.4.011-89 ССБТ).

### 11.3.3 Освещенность

Значение освещения в процессе жизнедеятельности и, особенно в производственной деятельности, велико. При неудовлетворительном освещении зрительная способность глаз снижается, и могут появиться такие заболевания, как близорукость, резь в глазах, катаракта, профессиональное заболевание. Правильно выполненная система освещения имеет большое значение в снижении производственного травматизма, уменьшая потенциальную опасность многих

производственных факторов; создает нормальные условия для работы органам зрения и повышает общую работоспособность организма.

При проектировании и расчете освещения, в первую очередь, руководствуются СНиП 23-05-95 «Естественное и искусственное освещение».

Параметры цеха:

– длина  $a = 60\text{м}$ ;

– ширина  $b = 20\text{м}$ ;

– высота  $h = 10\text{м}$ .

Площадь помещения:

$$S = 60 \cdot 20 = 1200\text{м}^2$$

Высота рабочей поверхности  $h_p = 1\text{м}$ .

В цехе производятся работы средней точности (минимальная величина различия составляет от 0,5 до 1 мм).

Рекомендуемая освещенность помещения, при среднем контрасте с тёмным фоном, составляет  $E_o = 200\text{лк}$ , учитывая коэффициент запаса (загрязнение светильника)  $K = 1,5$ , получаем освещенность в помещении

$$E = E_o \cdot K = 200 \cdot 1,5 = 300\text{лк}.$$

Требуется создать освещенность  $E = 300\text{Лк}$ .

Коэффициент отражения стен  $R_c = 70\%$ , потолка  $R_{п} = 50\%$ .

Коэффициент запаса  $k = 1,5$ , коэффициент неравномерности  $Z = 1,1$

Рассчитываем систему общего люминесцентного освещения.

Выбираем светильники типа ОД,  $\lambda = 1,4$ .

Рассчитаем  $h$  – высоту светильника над рабочей поверхностью по формуле:

$$h = H - h_p - h_c,$$

где  $h_c$  – расстояние светильников от перекрытия (свес).

Приняв  $h_c = 4\text{ м}$ , получим:

$$h = 10 - 4 - 1 = 5\text{м},$$

$$L = 1,4 \cdot 5 = 7\text{м},$$

где  $L$  – расстояние между соседними светильниками или рядами.

$$L/3 = 2,3\text{м}$$

Размещаем светильники в три ряда. В каждом ряду можно установить 27 светильника типа ОД мощностью 40 Вт (с длиной 1,23 м), при этом разрывы между светильниками в ряду составят 50 см. Учитывая, что в каждом светильнике установлено две лампы, общее число ламп в помещении  $n = 162$ .

Находим индекс помещения по формуле:

$$i = \frac{S}{h(a+b)},$$

тогда:

$$i = \frac{1200}{5(60+20)} = 3.$$

При этом коэффициент использования светового потока:

$$\eta = 0,54.$$

Определяем потребный световой поток ламп в каждом из рядов, по формуле:

$$\Phi = \frac{E_n \cdot S \cdot K \cdot Z}{n \cdot \eta},$$

тогда:

$$\Phi = \frac{300 \cdot 1200 \cdot 1,5 \cdot 1,1}{162 \cdot 0,54} = 6790 \text{ Лм}$$

Выбираем ближайшую стандартную лампу – ЛБ80 на 5220 Лм. Делаем проверку выполнения условия:

$$-10\% \leq \frac{\Phi_{\text{л.станд}} - \Phi_{\text{л.расч}}}{\Phi_{\text{л.станд}}} \cdot 100\% \leq +20\%$$

Получаем:

$$-10\% \leq -0,3\% \leq +20\%$$

#### 11.3.4 Химические факторы опасности

При работе с СОЖ следует соблюдать меры предосторожности и правила безопасности в соответствии с требованиями ГОСТ 12.1.007-76.

А именно мероприятия по обеспечению безопасности труда при контакте с вредными веществами должны предусматривать:

- замену вредных веществ в производстве наименее вредными;
- применение средств индивидуальной защиты работающих;
- специальную подготовку и инструктаж обслуживающего персонала;
- проведение предварительных и периодических медицинских осмотров лиц, имеющих контакт с вредными веществами;
- разработку медицинских противопоказаний для работы с конкретными вредными веществами, инструкций по оказанию доврачебной и неотложной медицинской помощи пострадавшим при отравлении.

#### 11.3.5 Мероприятия по снижению производственного травматизма

В связи с опасностью травматизма при использовании подъемно-транспортных механизмов необходимо проводить обязательную аттестацию работающих на право работы на данных механизмах с выдачей соответствующих документов. Кроме того, необходим контроль над тем, чтобы люди, не имеющие допуска, не работали на подъемно-транспортных механизмах. С технической стороны данной проблемы необходимо проводить контрольные испытания подъемно-транспортного оборудования с целью проверки их пригодности к использованию. Испытания должны проводиться один раз в полгода, а сведения о результатах испытаний должны заноситься в специальный журнал. С целью обеспечения безопасности при транспортировке деталей с помощью электрокара необходимо, чтобы водители при въезде на участок подавали предупредительные сигналы и снижали скорость до 5 км/ч. Проезд для электрокаров должен быть установленной ширины с запасом на случай непредвиденных ситуаций и не должен быть загроможден.

При работе на токарных станках во избежание попадания стружки в глаза необходимо установить защитные ограждения или выдать защитные очки рабочему.

Для того чтобы предотвратить захват волос вращающимися частями станков или режущим инструментом необходимо выдавать рабочим специальные береты или косынки.

#### 11.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Чрезвычайная ситуация (ЧС) – состояние, при котором в результате возникновения источника ЧС на объекте, определенной территории или акватории нарушаются нормальные условия жизни и деятельности людей, возникает угроза их жизни и здоровью, наносится ущерб имуществу населения, народному хозяйству и окружающей природной среде.

В настоящее время существует два основных направления минимизации вероятности возникновения последствий ЧС на промышленных объектах. Первое направление заключается в разработке технических и организационных мероприятиях, уменьшающих вероятность реализации опасного поражающего потенциала в современных технических системах. В рамках этого направления на заводе технические системы снабжают защитными устройствами – средствами взрыво- и пожарозащиты технологического оборудования, электро- и молниезащиты, локализации и тушения пожаров и т.д.

Второе направление заключается в подготовке объекта и обслуживающего персонала к действиям в условиях ЧС. Основой второго направления является формирование планов действий в ЧС. Для этого на заводе прогнозируют размеры и степень поражения объектов при воздействии на него поражающих факторов различных видов (взрывы, пожары, отключения электроэнергии, наводнения, землетрясения, террористические акты, нападение вероятного противника и др.), опираясь на экспериментальные и статистические данные о физических и химических явлениях, составляющих возможную аварию.

Повышение устойчивости технических систем и объектов достигается главным образом организационно-техническими мероприятиями. Для этого сначала исследуется устойчивость и уязвимость предприятия в условиях ЧС.

Исследования включают в себя анализ:

- надежности установок и технологических комплексов;
- последствий аварий отдельных систем производства;
- распространения ударной волны по территории предприятия при взрывах коммуникаций;
- распространения огня при пожарах различных видов;
- рассеивания веществ, высвобождающихся при ЧС;
- возможности вторичного образования токсичных, пожаро- и взрывоопасных смесей и т.п.

Затем разрабатываются мероприятия по повышению устойчивости и подготовке объекта к восстановлению после ЧС. К таким мероприятиям относятся правильная планировка наземных и подземных зданий и сооружений основного и вспомогательного производства, складских помещений и зданий административно-бытового назначения; внутренняя планировка помещений; расстановка сил и состояние пунктов управления, и надежность узлов связи; безопасное хранение горючих и токсичных веществ и т.д.

В случае возникновения очага возгорания эвакуация людей и оборудования должна производиться по специальным эвакуационным путям, обозначенные на планах эвакуации в случае пожара, которые должны быть вывешены в наиболее видных местах. Эвакуационными выходами служат двери и ворота, ведущие из помещения наружу. [12]

В соответствии со СНиП II-2-80 все производства делят на категории по пожарной, взрывной и взрывопожарной опасности. Цех, в котором изготавливается сверло-зенкер, относится к категории Д, так как в нашем производстве обрабатываются негорючие вещества и материалы в холодном состоянии.

## 11.5 Пожарная и взрывная безопасность

Пожары на машиностроительных предприятиях представляют большую опасность для работников и могут причинить огромный материальный ущерб. Вопросы обеспечения пожарной безопасности производственных зданий и сооружений имеют большое значение и регламентируются государственными постановлениями и указами.

Пожаром называется неконтролируемое горение вне специального очага, наносящего материальный ущерб. Согласно ГОСТ 12. 1.004 – 91 ССБТ [5] понятие пожарная безопасность означает состояние объекта, при котором с установленной вероятностью исключается возможность возникновения и развития пожара и воздействия на людей опасных факторов пожара, а также обеспечивается защита материальных ценностей.

Возникновение пожара при работе с электронной аппаратурой может быть по причинам как электрического, так и неэлектрического характера.

Причины возникновения пожара неэлектрического характера [15]:

- а) халатное неосторожное обращение с огнем (курение, оставленные без присмотра нагревательные приборы, использование открытого огня);
- б) самовоспламенение и самовозгорание веществ.

Причины возникновения пожара электрического характера: короткое замыкание, перегрузки по току, искрение и электрические дуги, статическое электричество и т. п.

Для устранения причин возникновения пожаров в помещении цеха должны проводиться следующие мероприятия:

- а) сотрудники предприятия должны пройти противопожарный инструктаж;
- б) сотрудники обязаны знать расположение средств пожаротушения и уметь ими пользоваться;
- в) необходимо обеспечить правильный тепловой и электрический режим работы оборудования;

г) пожарный инвентарь и первичные средства пожаротушения должны содержаться в исправном состоянии и находиться на видном и легко доступном месте.

## 11.6 Охрана окружающей среды

В современных условиях одной из важнейших задач является защита окружающей среды. Выбросы промышленных предприятий, энергетических систем и транспорта в атмосферу, водоемы и недра земли на данном этапе развития достигли таких размеров, что в ряде крупных промышленных центров, уровни загрязнения существенно превышают допустимые санитарные нормы.

Объектом оценки воздействия на окружающую среду является ФГУП НПЦ «Полюс», в дальнейшем, именуемое предприятие.

В целом, предприятие относится к 4 классу опасности. Санитарно-защитной зоны промплощадка предприятие не имеет.

В результате проведённых расчётов приземных концентраций загрязняющих веществ в атмосфере было установлено, что превышение предельно допустимых концентраций (ПДК) на границе предприятия нет.

Основными источниками выделения загрязняющих веществ являются основные и вспомогательные цеха.

Существует множество мероприятий по защите окружающей среды:

1. Механизация и автоматизация производственных процессов, сопряженных с опасностью для здоровья.
2. Применение технологических процессов и оборудования, исключающих появление вредных факторов.
3. Защита работающих от источников тепловых излучений.
4. Устройство и оборудование вентиляции и отопления.
5. Применение средств воздухоочистки.
6. Предотвращение выброса вредных веществ в окружающую среду.
7. Вывоз отходов, не подвергающихся вторичному использованию в специальные места захоронения.

8. Применение средств индивидуальной защиты работающих.

В охране окружающей среды важную роль играют службы контроля качества окружающей среды, призванные вести, систематизированные наблюдения за состоянием атмосферы, воды и почв для получения фактических уровней загрязнения окружающей среды.

## Заключение

В результате проделанной работы был спроектирован новый технологический процесс и рассчитаны все технологические размеры для изготовления корпуса. Достигнуты все требуемые по чертежу параметры качества поверхностного слоя и взаимного расположения поверхностей. Рассчитанные значения режимов резания позволяют изготовить деталь на выбранном оборудовании по разработанному маршруту. Таким образом, поставленное изначально задание выполнено, в процессе проделанной работы был произведен:

- обоснованный выбор материала;
- расчет припусков на обработку;
- расчет промежуточных технологических размеров;
- размерный анализ технологического процесса;
- выбор оборудования, инструмента;
- расчет режимов резания, сил резания и потребной мощности оборудования;
- расчет основного времени;
- разработка расчетно-технологических карт;
- разработка вопросов охраны труда;
- разработка вопросов экономики и экономической эффективности.

При разработке вопросов экономики был произведен сравнительный анализ двух технологических процессов, который показал целесообразность применения, с точки зрения экономической эффективности, предлагаемого технологического процесса по сравнению с исходной.

Полученные результаты данной ВКР могут быть применены на производстве, также на других предприятиях аналогичного профиля с целью совершенствования существующего технологического процесса изготовления детали – корпуса.

## 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. Горбацевич А. Ф., Шкред В. А. Курсовое проектирование по технологии машиностроения: Учебное пособие для вузов. – 5-е издание, стереотипное. Перепечатка с четвертого 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. отделение, 1985. – 496 с., ил.
4. Интернет – ресурс: <http://www.1stanok.ru/> - станочное оборудование и станки металлорежущие.
5. Интернет – ресурс: <http://www.gig-ant.com> - металлорежущие станки и оборудование.
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. Беспалов П.Н., Корчуганова М.А. “Методические указания по выполнению курсового проекта для студентов специальности 120100 ”; Юрга, ИПЛ ЮФ ТПУ,1999.- 39с.

10. Горбацевич А.Ф., Шкред В.А. "Курсовое проектирование по технологии машиностроения": Учебное пособие– 4-е изд., перераб. и доп. Машиностроение, 1983.–256с., ил.
11. Справочник технолога машиностроителя. В 2-х т. Т.1 /Под ред.А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова. – 4-е изд., перераб. и доп. – Машиностроение, 1985.-656с., ил.
12. "Режимы резания": Справочник. /Под ред. Ю.В.Барановского изд. 3-е перераб. и доп. – Машиностроение, Москва 1972.-406с., ил.
13. "Общемашиностроительные нормативы времени": Справочник. /Под ред. С.И.Иванова, изд. 4-е. перераб. и доп. – Машиностроение, Москва 1982.- 326с.
- 6.Антонюк В.Е."Конструктору станочных приспособлений.": Справ. пособие.– Мн.: Беларусь, 1991.–400с., ил.
14. Ансёров. М.А."Приспособления для металлорежущих станков" 3-е изд. перераб. и доп. – Машиностроение, Ленинград 1966.- 650с., ил.
15. Фрайфельд. И.А. "Расчёты и конструкции специального металлорежущего инструмента."2-е изд. стереотипное – Машиностроение, 1959.- 194с., ил.
16. Корчагина Р. Л."Экономическое обоснование технологических решений": Учебное пособие по дипломному проектированию. – Л.: ЛМИ, 1984.-119с.
17. "Безопасность жизнедеятельности": Справочное пособие по дипломному проектированию./ Под ред. Иванова Н. И.. –СПб.: БГТУ, 1995.-122с.
18. "Безопасность жизнедеятельности": Комплексные средства защиты. Справочное пособие по дипломному проектированию./ Под ред. Фадына И. М. – СПб.: БГТУ, 2000.-190с.