

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

Школа Инженерная школа новых производственных технологий
Направление подготовки 15.03.01 Машиностроение
Отделение школы (НОЦ) Материаловедения

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Анализ и совершенствование технологического процесса изготовления детали «Щит подшипниковый 005»

УДК 621.822-783.41.002

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-8ЛЗ1	Прохорова Марина Петровна		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Червач Юрий Борисович	к.т.н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Старикова Екатерина Васильевна	к.ф.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Федорчук Юрий Митрофанович	д.т.н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
15.03.01 Машиностроение	Ефременков Е.А.	к.т.н.		

Томск – 2018 г.

Планируемые результаты обучения по программе

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
Профессиональные компетенции	
P2	Применять глубокие знания в области современных технологий машиностроительного производства для решения междисциплинарных инженерных задач
P3	Ставить и решать инновационные задачи инженерного анализа, связанные с созданием и обработкой материалов и изделий, с использованием системного анализа и моделирования объектов и процессов машиностроения
P4	Разрабатывать технологические процессы, проектировать и использовать новое оборудование и инструменты для обработки материалов и изделий, конкурентоспособных на мировом рынке машиностроительного производства
P5	Проводить теоретические и экспериментальные исследования в области современных технологий обработки материалов, нанотехнологий, создания новых материалов в сложных и неопределенных условиях
Универсальные компетенции	
P11	Самостоятельно учиться и непрерывно повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности

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

Школа Инженерная школа новых производственных технологий
 Направление подготовки 15.03.01 Машиностроение
 Отделение школы (НОЦ) Материаловедения

УТВЕРЖДАЮ:
 Руководитель ООП
Ефременков Е.А.
 (Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Бакалаврской работы

Студенту:

Группа	ФИО
3-8ЛЗ1	Прохоровой Марине Петровне

Тема работы:

Анализ и совершенствование технологического процесса изготовления детали «Щит подшипниковый 005»	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	05.04.2018г. №2348/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:	12.06.2018г.
--	--------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	-Чертеж детали; -Годовая программа выпуска.
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	-Аналитический обзор научно-технической литературы; -Определение типа производства, форм и методов организации работ; -Анализ технологичности конструкции детали; -Выбор заготовки; -Разработка маршрута обработки детали; -Размерный анализ техпроцесса; -Выбор оборудования; -Расчет и назначение режимов обработки; -Нормирование технологического процесса; -Конструирование приспособления.

Перечень графического материала	-Чертеж детали; -Размерный анализ; -Карта технологического процесса; -Чертеж приспособления.
--	---

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы

Раздел	Консультант
Технологический	Червач Юрий Борисович
Конструктоский	Червач Юрий Борисович
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Старикова Екатерина Васильевна
Социальная ответственность	Федорчук Юрий Митрофанович

Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:

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

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Червач Юрий Борисович	к. т. н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-8Л31	Прохорова Марина Петровна		

Реферат

Выпускная квалификационная работа 215 с., 43 рис., 20 табл., 10 источников, 10 приложений.

Ключевые слова: щит подшипниковый, технологический процесс, режимы резания, припуски, контрольно-измерительное приспособление.

Объектом изучения является: чертеж и технологический процесс детали «Щит подшипниковый 005».

Цель работы: совершенствование технологического процесса изготовления детали «Щит подшипниковый 005»; разработка контрольно-измерительного приспособления, назначение режимов резания и инструмента для механической обработки, расчет экономических показателей.

В процессе изучения проводились – анализ чертежа, анализ принятого технологического процесса.

В результате изучения: рассчитаны уточненные технологические размеры; даны рекомендации по выбору режимов резания, режущего инструмента и оборудования; спроектировано контрольно-измерительное приспособление.

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, инструмент для обработки детали; рассчитаны режимы резания и основные нормы. Вся работа представлена в пояснительной записке и разделена на части.

The object of study is: the drawing and the technological process of the detail "Bearing Shield 005".

The purpose of the work: improvement of the technological process of production of the "Bearing Shield 005"; the development of a control and measuring device, the designation of cutting modes and tools for machining, the calculation of economic indicators.

In the process of the study, analysis of the drawing, analysis of the accepted technological process was carried out.

As a result of the study: the calculated technological dimensions were calculated; recommendations on the choice of cutting modes, cutting tools and equipment; a test and measuring device was designed.

Оглавление

Введение.....	8
Раздел 1. Технологическая часть.....	9
1.1 Служебное назначение детали.....	9
1.2 Анализ технологичности конструкции детали и технологический контроль чертежа.....	9
1.3 Расчет такта выпуска, определение типа производства.....	11
1.4 Выбор заготовки.....	17
1.4.1 Расчет получения заготовки.....	18
1.5 Разработка маршрута обработки детали «Щит подшипниковый 005».....	19
1.6 Определение минимальных припусков на обработку.....	36
1.7 Размерный анализ технологического процесса.....	40
1.7.1 Расчет диаметральных технологических размеров.....	41
1.7.2 Расчет продольных технологических размеров.....	53
1.8 Выбор оборудования.....	85
1.9 Расчет и назначение режимов резания.....	86
1.10 Нормирование технологического процесса.....	145
1.10.1 Расчет основного времени.....	146
1.10.2 Расчет штучно – калькуляционного времени.....	151
Раздел 2. Конструкторская часть.....	155
2.1 Анализ исходных данных для проектирования контрольно-измерительного приспособления.....	155
2.2 Разработка принципиальной схемы контроля.....	156
2.3 Выбор средства измерения.....	156
2.4 Описание конструкции и работы КИП.....	157
Раздел 3. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.....	159
Введение.....	160
3.1 Потенциальные потребители детали «щит подшипниковый 005».....	160

3.2	Технология QuaD.....	161
3.3	SWOT – анализ.....	163
3.4	Структура работ в рамках научного исследования.....	167
3.5	Определение трудоемкости выполнения работ.....	168
3.6	Разработка графика проведения научного исследования.....	172
3.7	Бюджет научного – технического исследования (НТИ).....	178
3.8	Расчет материальных затрат НТИ.....	178
3.9	Основная заработная плата исполнителей темы.....	179
3.10	Дополнительная заработная плата исполнителей темы.....	182
3.11	Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления).....	182
3.12	Накладные расходы.....	183
3.13	Формирование бюджета затрат научно – исследовательского проекта.....	184
3.14	Оценка эффективности исследования.....	184
Раздел 4. Социальная ответственность.....		186
4.1	Анализ выявленных вредных и опасных факторов проектируемой производственной среды.....	187
4.1.1	Микроклимат.....	188
4.1.2	Вредные вещества.....	190
4.1.3	Производственный шум.....	192
4.1.4	Освещенность.....	193
4.1.5	Электрическая безопасность.....	197
4.1.6	Движущиеся машины и механизмы.....	200
4.1.7	Пожарная безопасность.....	201
4.2	Экологическая безопасность.....	203
4.3	Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	207
4.4	Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.....	211
Заключение.....		213
Список использованных источников.....		214

Введение

В машиностроении технологический процесс характеризуется не только совершенствованием конструкции машин, но и постоянным улучшением технологии их изготовления. На сегодняшний день немаловажно дешево, качественно и в запланированные сроки с минимальными затратами труда изготовить изделие, используя следующее высокопроизводительное современное оснащение: инструмент, технологическую оснастку, оборудование, средства механизации и автоматизации производства. Совершенствование технологического процесса устанавливается нуждами производства потребных обществу изделий. В то же время формирование новых прогрессивных технологических методов оказывает содействие конструированию более совершенных изделий, понижению их себестоимости и уменьшению затрат труда на их производство.

Совершенствование машиностроения означает переход к более экономичным технологиям на производстве, а именно:

- экономия материала;
- поиск и разработка более дешевых, но в то же время более прочных конструкционных материалов;
- стремление к получению более точных заготовок, что ведёт к меньшей трате материала на отходы (обрезь, стружка);

В данной выпускной квалификационной работе решается задача по совершенствованию технологического процесса изготовления детали с учётом обеспечения высокого качества её получения методами механической обработки на реальном оборудовании и проектированию контрольно-измерительное приспособление для контроля радиального биения в условиях серийного производства.

1. Технологическая часть

1.1 Служебное назначение детали

Данная деталь – «Щит подшипниковый» является составной частью электродвигателя и предназначена для передачи крутящего момента совместно работающих агрегатов, а также удерживает подшипники, в которых вращается ротор, будучи сам прикреплен к корпусу. Щит служит, кроме того, для предохранения от попадания в электрический двигатель посторонних предметов или для полной изоляции внутренней части электрического двигателя от окружающей среды.

1.2 Анализ технологичности конструкции детали и технологический контроль чертежа

Под технологичностью конструкции понимают совокупность конструктивных и технологических решений, обеспечивающих использование прогрессивной технологии и организации производства с наименьшими затратами времени, труда и материалов, которые обеспечивают наименьшую себестоимость и высокое качество изделий.

Технологический контроль чертежа выполняется, согласно требований ЕСКД и ГОСТа.

Анализ детали «Щит подшипниковый 005» показал, что чертеж выполнен в масштабе 1:1, содержит главный вид, разрез ломаный и выносной элемент. Масса детали 1 кг. Выносные элементы и разрезы довольно ясно и однозначно определяют ее форму.

Деталь относится к типу «Диск», т.к. отношение длины детали к ее наружному диаметру не превышает двух и составляет $L/D = 53,5/156 = 0,34$.

Самые точные поверхности:

- посадочные диаметры: $\varnothing 118f7(-\frac{0.036}{0.071})$ мм, $\varnothing 14,5H7(+0,018)$ мм;
- посадочный диаметр под подшипник $\varnothing 35H7(+0,025)$ мм.

Наружный контур состоит из двух ступеней $\varnothing 118f7(-\frac{0.036}{0.071})$ мм - $\varnothing 156$ мм - $\varnothing 104_{-0,25}$ мм. Имеется канавка $\varnothing 128$ мм глубиной $2,6^{+0,1}$ мм.

На торце $\varnothing 156$ мм имеется 4 гладких сквозных отверстия $\varnothing 5,4$ мм с цековкой $\varnothing 10$ мм и глубиной 6 мм для «утопания» шляпки винта и 4 сквозных резьбовых отверстия М8-7Н, расположенных с шагом $45^\circ \pm 10'$ на $\varnothing 141 \pm 0,2$.

В качестве технологических баз используются цилиндрические поверхности.

Все поверхности доступны для обработки и измерения. Наружные поверхности детали имеют открытую ступенчатую форму, благодаря этому обеспечивают свободный доступ инструмента к обрабатываемым поверхностям и обработку на проход.

Отверстия выполнены на проход, что облегчает обработку данных отверстий.

Требования к шероховатости поверхности не высокие: указанная шероховатость отдельных поверхностей Ra 2,5; неуказанная шероховатость Rz 20.

Допуск на торцевое биение поверхностей $\varnothing 156$ мм и $\varnothing 35H7(+0,025)$ относительно базовой поверхности (В - $\varnothing 35H7(+0,025)$) составляет 0,03 мм. Допуски на радиальное биение поверхностей относительно той же базовой поверхности (В): $\varnothing 14,5H7(+0,018)$ составляет 0,015 мм, $\varnothing 104_{-0,25}$ составляет 0,04 мм.

В результате выше изложенного следует, что данная деталь является технологичной.

Далее произведем изменения:

1. В технических требованиях исправим пункт 1: «Неуказанные предельные отклонения по Н14, h14, $\pm IT14/2$ » на «Общие допуски по ГОСТ 30893.1 - m» - в соответствии с требованиями ГОСТ 30893.1 – 2002.
2. В надписи технических требований исключим материал заменитель: плита Д16.Т 55 ГОСТ 17232-99, т.к., во-первых, материал в данном ГОСТе отсутствует, имеется без индекса Т; во-вторых, толщина выбрана неправильно, не учли предельное отклонение по толщине при данной ширине ($\pm 1,5$ мм), а также неплоскостность на 1м длины плит в зависимости от ширины (3 мм).

3. Для облегчения чтения чертежа изменим размеры отверстий под винт, обозначенные отдельно на чертеже на упрощенное нанесение размеров отверстий $\emptyset 5,4/\emptyset 10 \times 6$.
4. Исправим обозначение резьбы М8 4 отв. на М8-7Н 4 отв.
5. Исправим на чертеже расположение знака шероховатости, т.к. перевернут «вверх ногами», в соответствии с требованиями ГОСТ 2.309 – 73.
6. Изменим номинальный размер $42,1_{-0,6}$ на размер из основного ряда предпочтительных чисел $42^{+0,1}_{-0,5}$.
7. Уберем размеры 4,5 min; 25 min; 5 min, т.к. данные размеры в размерных цепях являются замыкающими звеньями.
8. Для обеспечения требуемой точности расположения резьбовых отверстий М8-7Н и $\emptyset 5,4/\emptyset 10 \times 6$, назначим позиционный допуск для межцентровых размеров: $\emptyset 141,45^\circ$, относительно базы В.

1.3 Расчет такта выпуска, определение типа производства

В машиностроении различают три основных типа производства: массовое, серийное, единичное. Массовое производство характеризуется узкой номенклатурой выпускаемых изделий при большом объеме выпуска. Серийное производство характеризуется более широкой номенклатурой выпускаемых изделий и меньшим объемом выпуска. Серийное производство является наиболее гибким и устойчивым, наиболее поддается автоматизированию. Единичное производство характеризуется широкой номенклатурой и малым объемом выпуска изделий.

Тип производства определяется коэффициентом закрепления операций по формуле:

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

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

t_B - такт выпуска детали, мин/шт.

Такт выпуска детали, вычисляют по формуле:

$$t_B = \frac{\Phi_D \cdot 60}{N_r}, \quad (2)$$

где Φ_D – действительный годовой фонд времени работы оборудования при двухсменной работе, ч;

$N_r=5\ 000$ – годовой объем выпуска деталей, шт.

$$\Phi_D = \Phi_n \cdot \left(1 - \frac{K}{100}\right), \quad (3)$$

где $\Phi_n = d \cdot t \cdot n$ – номинальный фонд работы оборудования при 2^х сменном режиме, ч;

$K=3\%$ - коэффициент, учитывающий потери рабочего времени;

$d=247$ – число рабочих дней в 2017 году;

$t=8$ – продолжительность рабочей смены, ч;

$n=2$ – количество рабочих смен в день.

$$\Phi_D = 247 \cdot 8 \cdot 2 \cdot \left(1 - \frac{3}{100}\right) = 3833 \text{ ч.}$$

$$t_B = \frac{\Phi_D \cdot 60}{N_r} = \frac{3833 \cdot 60}{5000} = 46 \text{ мин.}$$

Определяем среднее штучно-калькуляционное время на выполнение операций технологического процесса (среднюю трудоемкость) по формуле:

$$T_{\text{ср}} = \frac{\sum_{i=1}^n T_{\text{шт.к.}i}}{n}, \quad (4)$$

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

В качестве основных операций выберем операции техпроцесса ($n=4$).
 Основное технологическое время T_0 на операционные переходы определяем по укрупненным нормативам таблица 1. [4, прилож.11 с.244]

Таблица 1 - Формулы для определения норм основного времени

Наименование перехода	Основное время обработки, T_0 , мин
Отрезка	$0,011 \cdot D$
Черновая подрезка торца	$0,000037 \cdot (D^2 - d^2)$
Чистовая подрезка торца	$0,000052 \cdot (D^2 - d^2)$
Черновое точение	$0,000075 \cdot dl$
Чистовое точение	$0,00017 \cdot dl$
Растачивание отверстий на токарном станке	$0,00018 \cdot dl$
Черновое растачивание отверстий	$0,00020 \cdot dl$
Сверление отверстий	$0,00052 \cdot dl$
Зенкерование	$0,00021 \cdot dl$
Фрезерование	$0,00701$
d -диаметр обрабатываемой поверхности; l -длина обрабатываемой поверхности; D - диаметр обрабатываемого торца; $(D-d)$ -разность наибольшего и наименьшего диаметров обрабатываемого торца.	

Расчет основного времени по переходам операций базового (заводского) техпроцесса

005 Отрезная:

$$T_0 = 0,011 \cdot D = 0,011 \cdot 160 = 1,76 \text{ мин.}$$

010 Токарная:

- переход 1

$$T_0 = 0,000037 \cdot (D^2 - d^2) = 0,000037 \cdot 160^2 = 0,9472 \text{ мин}$$

- переход 2

$$T_0 = 0,00017 \cdot d_l = 0,00017 \cdot 104 \cdot 6 = 0,10608 \text{ мин}$$

- переход 3

$$T_0 = 0,00017 \cdot d_l = 0,00017 \cdot 156 \cdot 31 = 0,802212 \text{ мин}$$

- переход 4

$$T_0 = 0,00052 \cdot d_l = 0,00052 \cdot 12,5 \cdot 55 = 0,3575 \text{ мин}$$

- переход 5

$$T_0 = 0,00020 \cdot d_l = 0,00020 \cdot 94 \cdot 3,4 = 0,06392 \text{ мин}$$

- переход 6

$$T_0 = 0,00020 \cdot d_l = 0,00020 \cdot 58,5 \cdot 6 = 0,0702 \text{ мин}$$

015 Токарная:

- переход 1

$$T_0 = 0,000037 \cdot (D^2 - d^2) = 0,000037 \cdot 160^2 = 0,9472 \text{ мин}$$

- переход 2

$$T_0 = 0,00017 \cdot d_l = 0,00017 \cdot 118 \cdot 27,5 = 0,55165 \text{ мин}$$

- переход 3

$$T_0 = 0,00020 \cdot d_l = 0,00020 \cdot 108 \cdot 10,8 = 0,23328 \text{ мин}$$

- переход 4

$$T_0 = 0,00020 \cdot d_l = 0,00020 \cdot 29 \cdot 12 = 0,0696 \text{ мин}$$

- переход 5

$$T_0 = 0,00020 \cdot d_l = 0,00020 \cdot 84 \cdot 42,1 = 0,70728 \text{ мин}$$

- переход 6

$$T_0 = 0,00018 \cdot d_l = 0,00018 \cdot 35 \cdot 11 = 0,0693 \text{ мин}$$

- переход 7

$$T_0 = 0,00018 \cdot d_l = 0,00018 \cdot 14,5 \cdot 25 = 0,06525 \text{ мин}$$

- переход 8

$$T_0 = 0,00020 \cdot d_l = 0,00020 \cdot 123 \cdot 2,6 = 0,06396 \text{ мин}$$

020 Фрезерная:

- переход 1

$$T_0 = 0,00052 \cdot d_l = 4 \cdot (0,00052 \cdot 6,7 \cdot 21) = 0,292656 \text{ мин}$$

- переход 2

$$T_0 = 0,00052 \cdot d_l = 4 \cdot (0,00052 \cdot 5,4 \cdot 21) = 0,235872 \text{ мин}$$

- переход 3

$$T_0 = 0,00701 \cdot d_l = 4 \cdot (0,00701 \cdot 10 \cdot 6) = 0,4206 \text{ мин}$$

- переход 4

$$T_0 = 0,00021 \cdot d_l = 4 \cdot (0,00021 \cdot 11 \cdot 0,5) = 0,00462 \text{ мин}$$

Штучно – калькуляционное время i -ой основной операции, вычисляют по формуле:

$$T_{шт.к.i} = T_{oi} \cdot \varphi_{к.i}, \quad (5)$$

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

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

Для среднесерийного производства: [4, табл.П11.2 с.245]

$\varphi_k = 1,36$ (токарные станки)

$\varphi_k = 1,51$ (фрезерные станки)

Таблица 2 - Основное и штучно-калькуляционное время для основных операций базового техпроцесса

Наименование операции	$\sum T_0$, мин.	$\sum T_{шт.к}$, мин.
005 Отрезная	1,76	3,96
010 Токарная	2,347	3,192

015 Токарная	3,334	4,534
020 Фрезерная	0,954	1,441

Средне штучно-калькуляционное время:

$$T_{\text{ср}} = \frac{\sum_{i=1}^n T_{\text{шт.к.}i}}{n} = \frac{3,96 + 3,192 + 4,534 + 1,441}{4} = 3,28 \text{ мин.}$$

Коэффициент закрепления операций (серийности):

$$K_{\text{з.о}} = \frac{t_B}{T_{\text{ср}}} = \frac{46}{3,28} = 14.$$

По значению коэффициента определяем тип производства при $10 < K_{\text{з.о}} = 14 < 20$ – производство является среднесерийным.

Определяем размер партии деталей (количество деталей, запускаемых в производство одновременно) по формуле:

$$\Pi = \frac{N_r \cdot a}{\Phi}, \quad (6)$$

где $\Phi=247$ – количество рабочих дней в 2017 году;

$a=15$ – нормы запаса (дне) для хранения на складе готовых деталей на складе

$$\Pi = \frac{N_r \cdot a}{\Phi} = \frac{5000 \cdot 15}{247} = 304 \text{ шт.}$$

Полученный ориентировочный размер партии для обеспечения ритмичности работы участка рекомендуется округлить до величины, кратной месячному объему выпуска

$$\Pi = \frac{N_r}{12} = \frac{5000}{12} = 417 \text{ шт.}$$

1.4 Выбор заготовки

Основным принципом выбора метода получения заготовки является обеспечение максимального приближения ее конфигурации, размеров и качества поверхности к схожим характеристикам обрабатываемой детали. Следовательно, значительно сокращается объем механической обработки, расход металла и производственный цикл изготовления детали.

Основными видами заготовок в машиностроении для деталей являются отливки из цветных металлов и сплавов, штамповки и всевозможные профили проката, стальные и чугунные отливки.

Д16.Т – это конструкционный закаленный и естественно-состаренный сплав. Такие сплавы называются дюралюми. Твердость 125 – 130 НВ.

Данный материал легко поддается механической обработке, но не предназначен для сваривания, т.к., например, в случае аргоно-дугового и газового сваривания на материале могут образовываться кристаллизационные трещины. Однако отлично сваривается с помощью точечного вида сварки.

Применяется в авиационной, космической, нефтедобывающей промышленности, благодаря их прочности и относительной легкости.

Химический состав материала Д16.Т представлен в таблице 3.

Таблица 3 - Химический состав в % материала Д16.Т

Fe	Si	Mn	Cr	Ti	Al	Cu	Mg	Zn	Примесей	-
до 0,5	до 0,5	0,3 – 0,9	до 0,1	до 0,15	90,9- 94,7	3,8- 4,9	1,2- 1,8	до 0,25	Прочие, каждая 0,05; всего 0,15	Ti+Zr<0,2

Примечание: Al – основа; процентное содержание Al дано приблизительно

1.4.1 Расчет получения заготовки

Выбираем заготовку сортовой круглый прокат нормальной точности по ГОСТу 21488-97 $\varnothing 160_{-1,6}$ мм и длиной $58 \pm 1,5$ мм.

Масса заготовки из круглого проката $Q^{пр}$, кг определяем по формуле :

$$Q^{пр} = \rho \cdot V, \quad (7)$$

где $\rho = 2,77 \cdot 10^{-6}$ кг/мм³ – плотность материала;

V – объем прутка, мм³ находим по формуле:

$$V = \pi \cdot R^2 \cdot L, \quad (8)$$

где R – радиус прутка, мм;

L – длина заготовки, мм.

Тогда,

$$V = 3,14 \cdot 80^2 \cdot 58 = 1165568 \text{ мм}^3.$$

$$Q^{пр} = 2,77 \cdot 10^{-6} \cdot 1165568 = 3,2 \text{ кг}.$$

Коэффициент полезного использования материала:

$$K_{им}^{пр} = \frac{m_d}{Q^{пр}}, \quad (9)$$

где m_d – масса детали, кг.

Тогда,

$$K_{им}^{пр} = \frac{1}{3,2} = 0,3$$

1.5 Разработка маршрута обработки детали

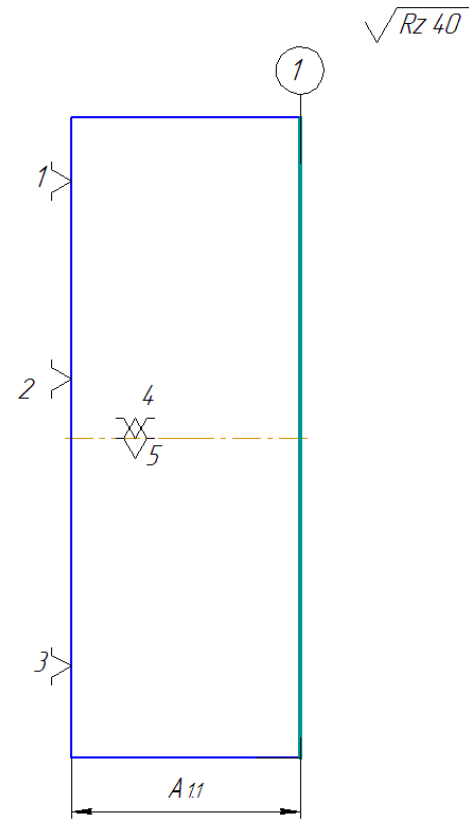
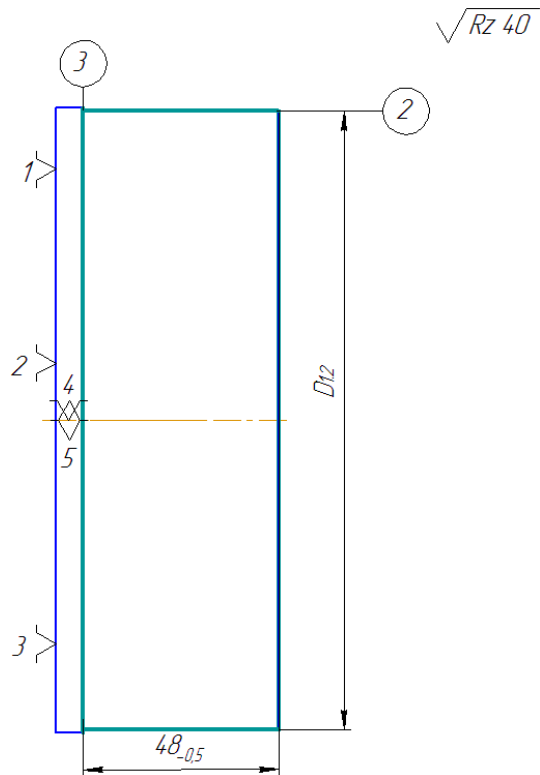
«Щит подшипниковый 005»

Проектирование техпроцесса обработки детали начинается с разработки маршрута обработки поверхностей. Это необходимо для последующего расчета технологических (промежуточных) размеров заготовки по технологическим переходам обработки.

При установлении последовательности обработки сначала обрабатывают поверхности, принятые за технологические базы. Затем обрабатывают поверхности менее точные. Заканчивают обработку поверхности, которая является наиболее точной и имеет наибольшее значение для детали. Обработку легкоповреждаемых поверхностей выносят в конец маршрута. Маршрут обработки детали представлен в таблице 4.

Таблица 4 - Маршрут обработки детали "Щит подшипниковый 005"

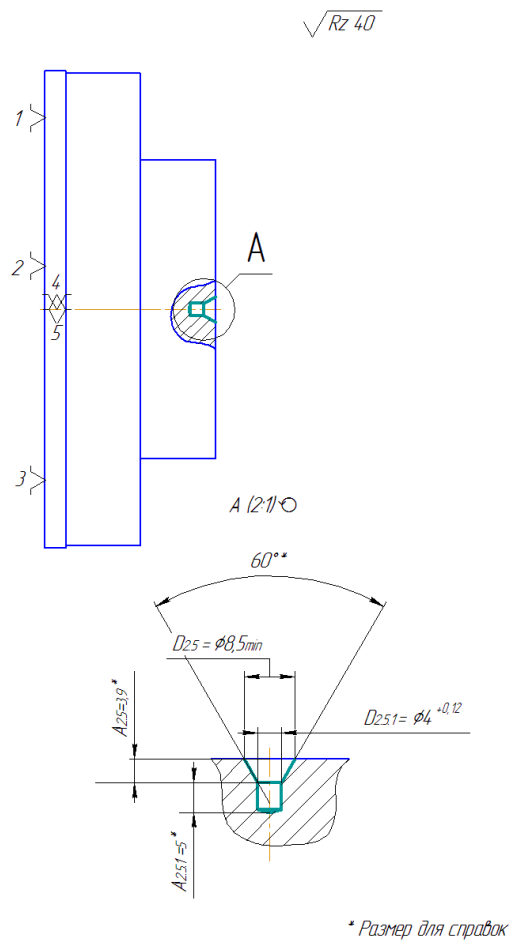
Номер		Наименование и содержание операции и переходов	Операционный эскиз
операции	перехода		
1	2	3	4
00	1	<p><u>Заготовительная</u></p> <p>Отрезать заготовку, выдерживая размер $A_{0.1}$</p>	

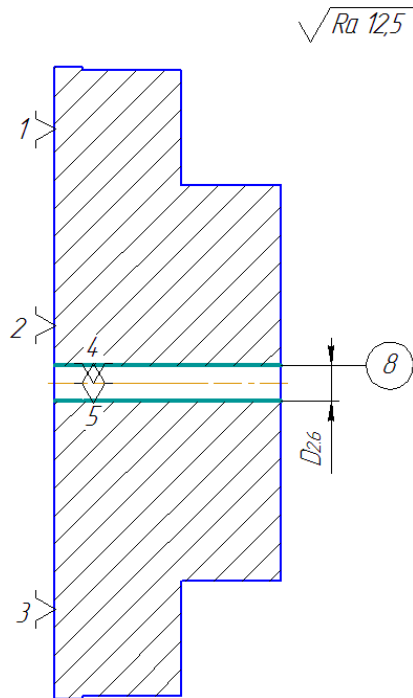
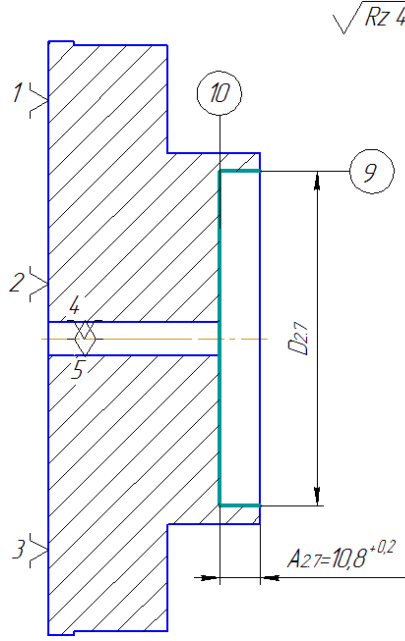
01	<p><u>Токарная</u></p> <p>Установить и снять заготовку</p> <p>1 Точить поверхность 1, выдерживая размер $A_{1.1}$</p>	
2	<p>2 Точить поверхности 2, 3 выдерживая размеры $D_{1.2}$ и $48_{-0.5}$ мм.</p>	

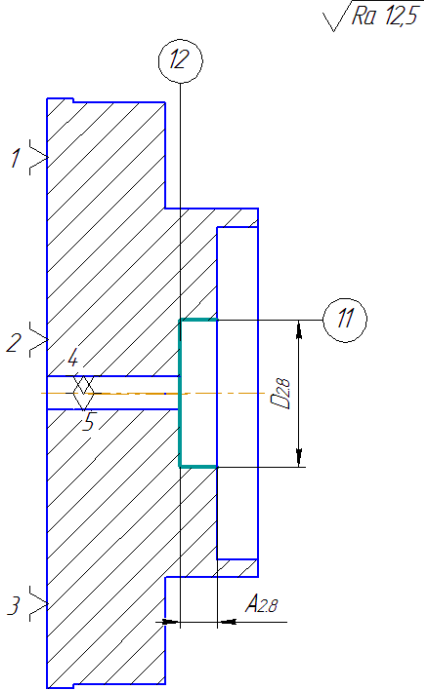
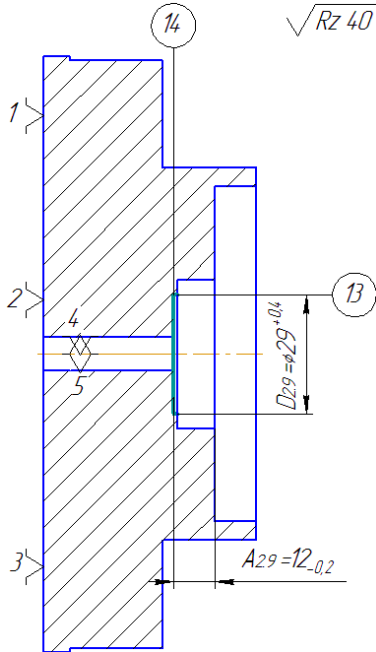
02	<p><u>Токарная с ЧПУ</u></p> <p>Установить и снять заготовку</p> <p>1 Точить поверхность 1, выдерживая размер $A_{2.1} = 53,5_{-0,25}$ мм.</p>	
2	<p>2 Точить поверхность 2, 3, выдерживая размеры $D_{2.2} = \varnothing 156_{-1}$ мм и $48^{+0,5}$ мм.</p>	<p>* Размер для справок</p>

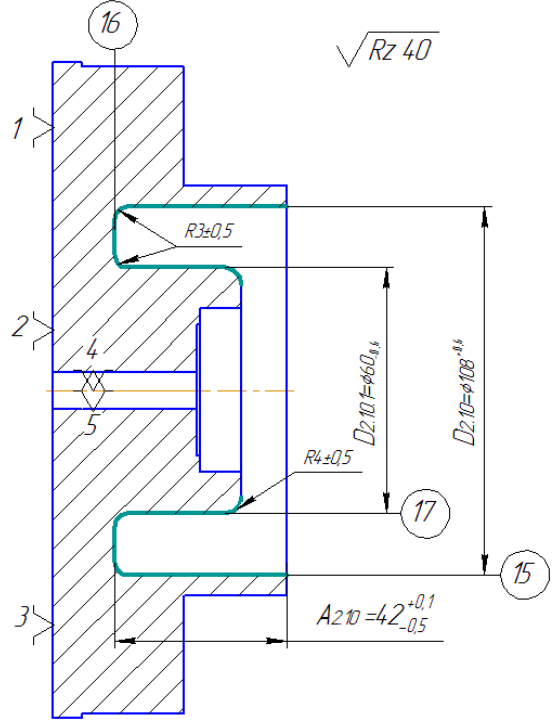
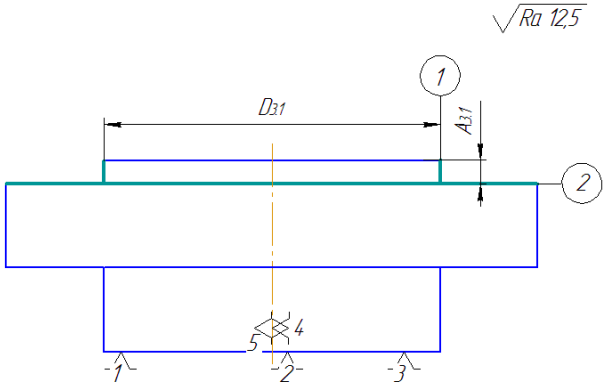
3	<p>Точить поверхности 4,5, выдерживая размеры $D_{2.3}$ и $A_{2.3}$</p>	
4	<p>Точить поверхности 6,7, выдерживая размеры $D_{2.4}$ и $A_{2.4} = 27,5^{+0,2}$</p>	

5 Центровать отверстие,
 выдерживая размеры
 $D_{2.5} = \varnothing 8,5 \text{ min мм}$,
 $A_{2.5} = 3,9^* \text{ мм}$,
 $D_{2.5.1} = \varnothing 4^{+0,12} \text{ мм}$ и
 $A_{2.5.1} = 5^* \text{ мм}$.



6	<p>Сверлить отверстие 8 на проход, выдерживая размер $D_{2.6}$</p>	 <p style="text-align: right;">$\sqrt{Ra\ 12,5}$</p>
7	<p>Расточить поверхности 9, 10, выдерживая размеры $D_{2.7}$ и $A_{2.7}=10,8^{+0,2}$</p>	 <p style="text-align: right;">$\sqrt{Rz\ 40}$</p>

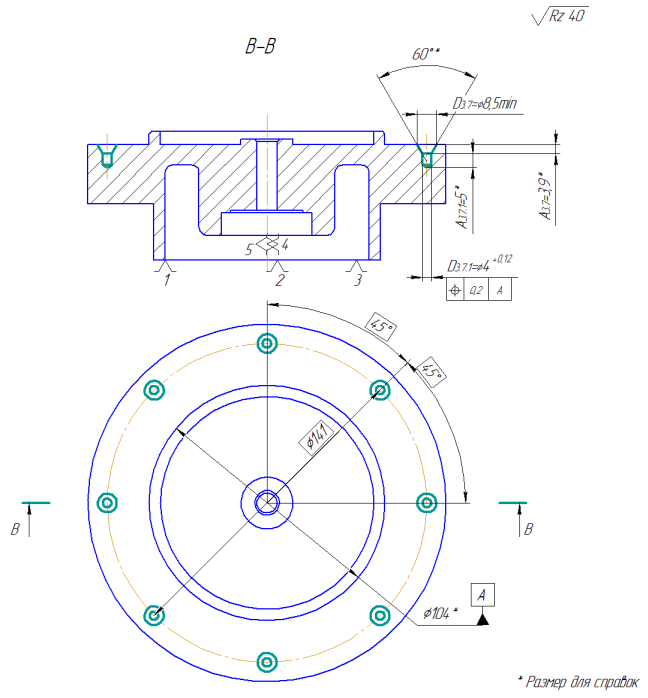
8	<p>Расточить поверхности 11, 12, выдерживая размеры $D_{2.8}$ и $A_{2.8}$</p>	 <p>Technical drawing of a stepped shaft. The drawing shows a cross-section of the shaft with a diameter of 28 mm ($D_{2.8}$) and a length of 12 mm ($A_{2.8}$). The surfaces are labeled 1, 2, 3, 4, 5, 11, and 12. The surface finish is specified as $\sqrt{Ra\ 12.5}$.</p>
9	<p>Расточить поверхности 13, 14, выдерживая размеры $D_{2.9}=\varnothing 29^{+0.4}$ и $A_{2.9}=12_{-0.2}$</p>	 <p>Technical drawing of a stepped shaft. The drawing shows a cross-section of the shaft with a diameter of 29 mm ($D_{2.9}=\varnothing 29^{+0.4}$) and a length of 12 mm ($A_{2.9}=12_{-0.2}$). The surfaces are labeled 1, 2, 3, 4, 5, 13, and 14. The surface finish is specified as $\sqrt{Rz\ 40}$.</p>

10	<p>Расточить поверхности 15, 16, 17, выдерживая размеры $D_{2.10}=\varnothing 108^{+0,6}$, $A_{2.10} = 42_{-0,5}^{+0,1}$, $D_{2.10.1}=\varnothing 60_{-0,6}$, $R3\pm 0,5$ и $R4\pm 0,5$</p>	 <p>Technical drawing of a stepped shaft. The drawing shows a shaft with three main diameters: $D_{2.10} = \varnothing 108^{+0,6}$ (outer diameter), $D_{2.10.1} = \varnothing 60_{-0,6}$ (inner diameter), and $D_{2.10.2} = \varnothing 60_{-0,6}$ (inner diameter). The shaft has three main sections: a top section with diameter $D_{2.10}$ and length $A_{2.10} = 42_{-0,5}^{+0,1}$, a middle section with diameter $D_{2.10.1}$ and length $A_{2.10.1} = 42_{-0,5}^{+0,1}$, and a bottom section with diameter $D_{2.10.2}$ and length $A_{2.10.2} = 42_{-0,5}^{+0,1}$. The shaft has three main surfaces: surface 16 (top), surface 17 (middle), and surface 15 (bottom). The surface finish requirements are $\sqrt{Rz 40}$ for surface 16, $\sqrt{Ra 125}$ for surface 17, and $\sqrt{Ra 125}$ for surface 15. The drawing also shows chamfered edges with radii $R3\pm 0,5$ and $R4\pm 0,5$. The drawing is divided into three sections by dashed lines labeled 1, 2, and 3. A cross-section symbol is shown at the bottom left.</p>
03	<p><u>Токарная с ЧПУ</u></p> <p>Установить и снять заготовку</p> <p>1 Точить поверхности 1, 2 выдерживая размеры $D_{3.1}$ и $A_{3.1}$</p>	 <p>Technical drawing of a stepped shaft. The drawing shows a shaft with two main diameters: $D_{3.1}$ (outer diameter) and $D_{3.2}$ (inner diameter). The shaft has two main sections: a top section with diameter $D_{3.1}$ and length $A_{3.1}$, and a bottom section with diameter $D_{3.2}$ and length $A_{3.2} = 3,4 \pm 0,1$. The shaft has two main surfaces: surface 1 (top) and surface 2 (bottom). The surface finish requirements are $\sqrt{Ra 125}$ for surface 1 and $\sqrt{Ra 125}$ for surface 2. The drawing is divided into three sections by dashed lines labeled 1, 2, and 3. A cross-section symbol is shown at the bottom left.</p>
2	<p>Расточить поверхности 3, 4, выдерживая размеры $D_{3.2}$ и $A_{3.2}=3,4\pm 0,1$</p>	

3	<p>Расточить фаску 5, выдерживая размер $A_{3.3} \times 45^\circ \pm 1^\circ$</p>	
4	<p>Расточить поверхности 6, 7, 8, выдерживая размеры $D_{3.4} = \varnothing 94^{+0.6}$, $A_{3.4} = 6 \pm 0.1$, $D_{3.4.1} = \varnothing 23_{-0.4}$</p>	
5	<p>Точить поверхности 9, 10, выдерживая размеры $D_{3.5} = \varnothing 104_{-0.25}$ $A_{3.5} = 6 \pm 0.1$</p>	
6	<p>Точить фаску 11, выдерживая размер $A_{3.6} = 1 \pm 0.2 \times 45^\circ \pm 1^\circ$</p>	

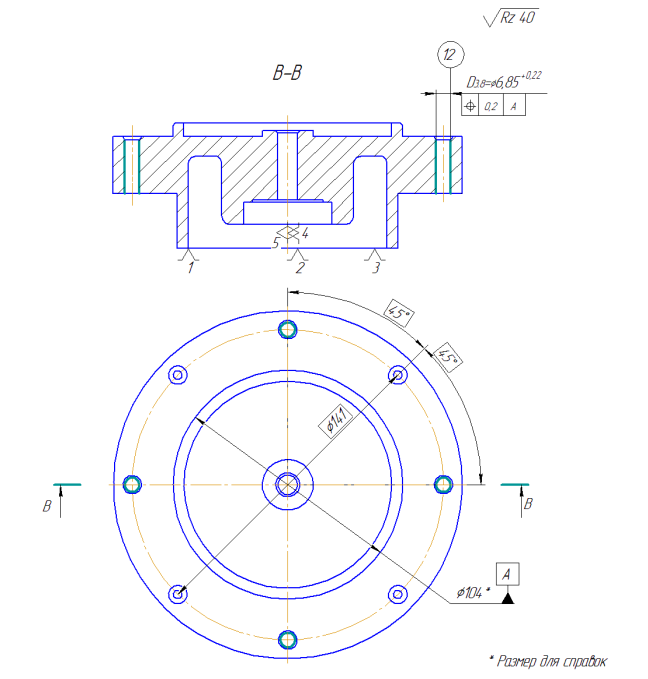
7

Центровать 8 отверстий,
выдерживая размеры
 $D_{3.7} = \varnothing 8,5 \text{ min мм}$,
 $A_{3.7} = 3,9^* \text{ мм}$,
 $D_{3.7.1} = \varnothing 4^{+0,12} \text{ мм}$ и
 $A_{3.7.1} = 5^* \text{ мм}$.



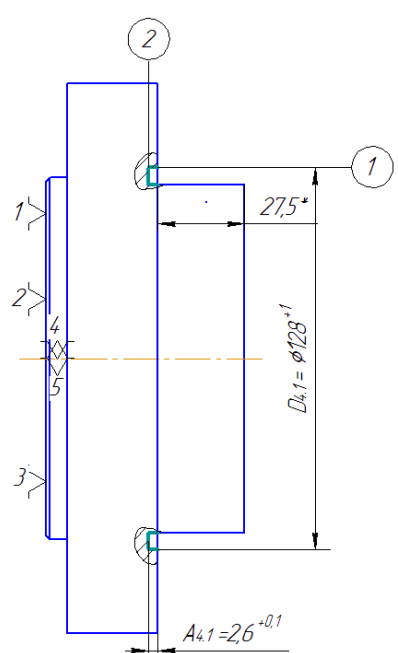
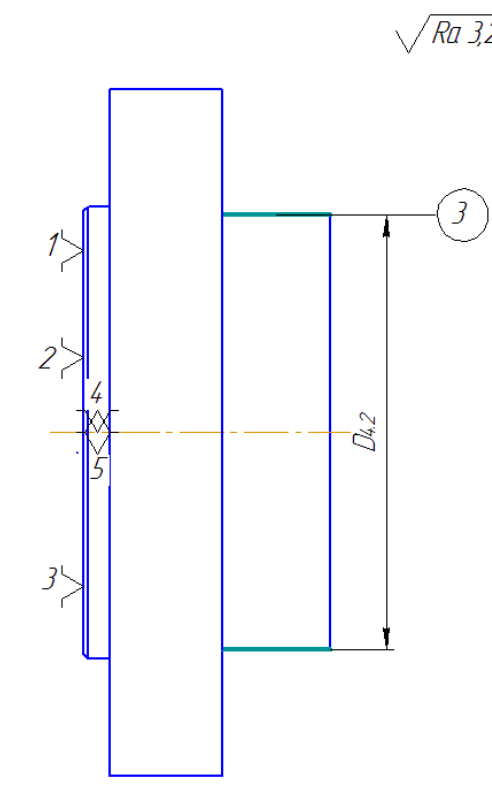
8

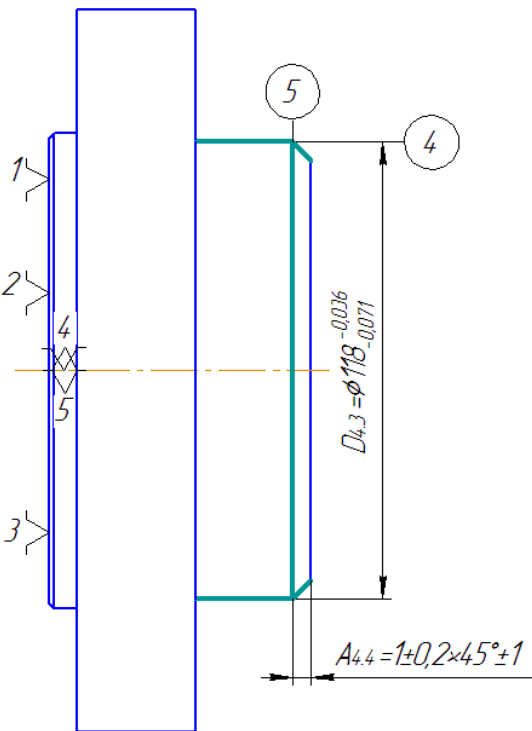
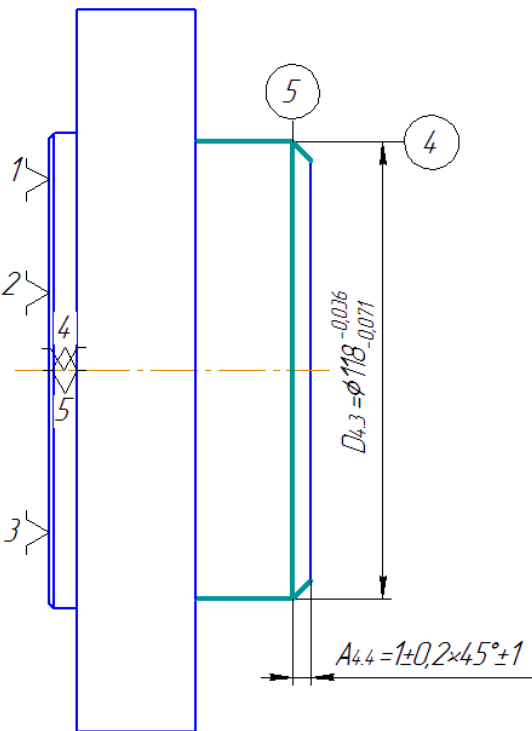
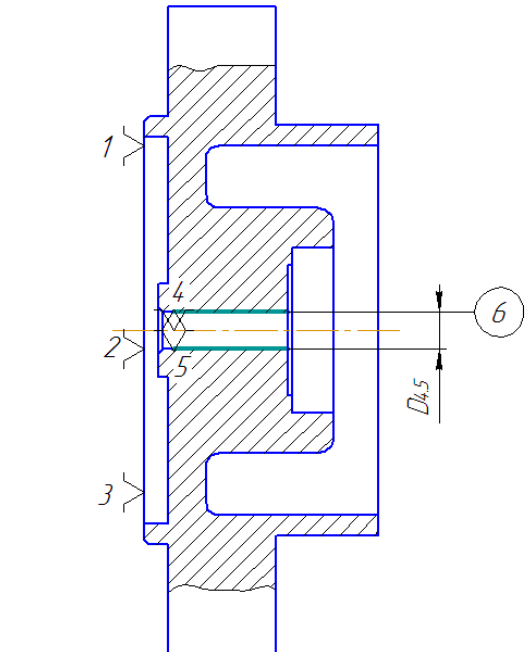
Сверлить 4 отверстия 12
на проход, выдерживая
размер $D_{3.8} = \varnothing 6,85^{+0,22}$

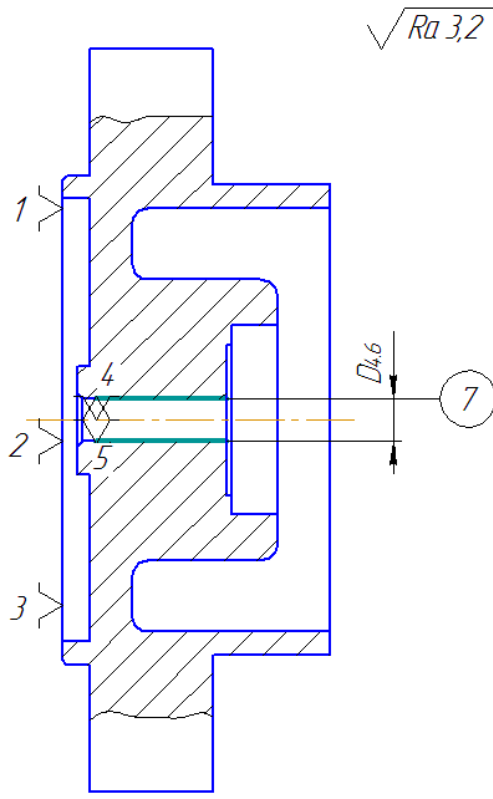
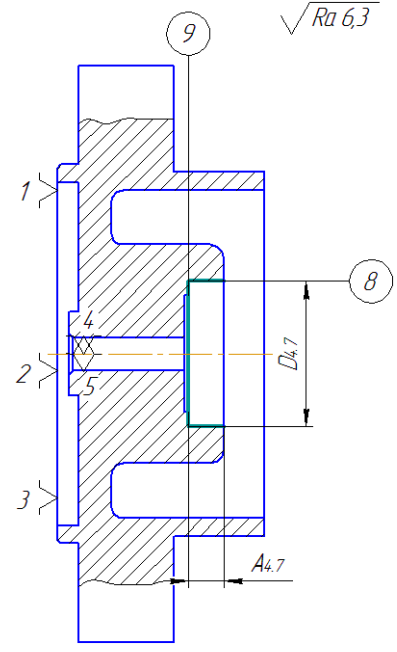


9	<p>Сверлить 4 отверстия 13 на проход, выдерживая размер $D_{3.9}=\varnothing 5,4^{+0,2}$</p>	<p>Technical drawing showing a cross-section (B-B) and a top view of a part. The cross-section shows a central hole and four side holes. The top view shows a circular part with four holes arranged in a square pattern. Dimensions include hole diameter $D_{3.9}=\varnothing 5,4^{+0,2}$, hole spacing A, and surface roughness $\sqrt{Rz\ 40}$. The top view also shows a diameter of $\varnothing 10$ and a chamfered edge with a 45° angle.</p>
10	<p>Цековать поверхность 14, 15 в 4^х отверстиях $\varnothing 5,4^{+0,2}$, выдерживая размеры $D_{3.10}=\varnothing 10^{+0,4}$ и $A_{3.10}=6\pm 0,1$</p>	
11	<p>Зенковать 4 отверстия $\varnothing 10^{+0,4}$ фаской 16, выдерживая размер $A_{3.11}=0,3\pm 0,2\times 45^\circ\pm 1^\circ$</p>	

12	<p>Зенковать 4 отверстия $\varnothing 5,4^{+0,2}$ фаской 17, выдерживая размер $A_{3.12}=0,3\pm 0,2\times 45^\circ\pm 1^\circ$</p>	<p>Technical drawing for item 12 showing a cross-section and a top view of a part with chamfered holes. The cross-section B-B shows a hole with diameter $D_{3.12} = 5,4^{+0,2}$ mm and chamfer dimensions $A_{1.12} = 0,3 \pm 0,2$ mm and 17. The top view shows four holes arranged in a circle with a diameter of $\varnothing 104$ mm. Chamfer angles are 45°. Surface texture is $\sqrt{Rz\ 40}$. A note indicates the diameter is for a trial fit: * Размер для справок.</p>
13	<p>Зенковать 4 отверстия $\varnothing 6,85^{+0,22}$ фаской 18, выдерживая размер $A_{3.13}=1,6\pm 0,2\times 45^\circ\pm 1^\circ$</p>	<p>Technical drawing for item 13 showing a cross-section and a top view of a part with chamfered holes. The cross-section B-B shows a hole with diameter $D_{3.13} = 6,85^{+0,22}$ mm and chamfer dimensions $A_{1.13} = 1,6 \pm 0,2$ mm and 18. The top view shows four holes arranged in a circle with a diameter of $\varnothing 104$ mm. Chamfer angles are 45°. Surface texture is $\sqrt{Rz\ 40}$. A note indicates the diameter is for a trial fit: * Размер для справок.</p>
14	<p>Нарезать резьбу в 4^х отверстия $\varnothing 6,85^{+0,22}$ на проход, выдерживая размер $D_{3.14} = M8-7H$</p>	<p>Technical drawing for item 14 showing a cross-section and a top view of a part with threaded holes. The cross-section B-B shows a hole with diameter $D_{3.14} = M8-7H$ and chamfer dimensions $A_{1.14} = 1,6 \pm 0,2$ mm and 18. The top view shows four holes arranged in a circle with a diameter of $\varnothing 104$ mm. Chamfer angles are 45°. Surface texture is $\sqrt{Rz\ 40}$. A note indicates the diameter is for a trial fit: * Размер для справок.</p>

<p>04</p> <p>1</p>	<p><u>Токарная с ЧПУ</u></p> <p>Установить и снять заготовку</p> <p>Расточить поверхности 1, 2 выдерживая размеры $D_{4.1} = \varnothing 128^{+0.1}$ и $A_{4.1} = 2,6^{+0.1}$</p>	 <p>Technical drawing of a shaft with dimensions and surface callouts. The drawing shows a shaft with a diameter of $D_{4.1} = \varnothing 128^{+0.1}$ and a length of $A_{4.1} = 2,6^{+0.1}$. The surface roughness is $\sqrt{Rz\ 40}$. The drawing includes callouts 1, 2, 3, 4, and 5. A dimension of $27,5^*$ is shown for the length of the section between callouts 1 and 2. A note at the bottom right states: <i>* Размер для справок</i>.</p>
<p>2</p>	<p>Обточить поверхность 3, выдерживая размеры $D_{4.2}$</p>	 <p>Technical drawing of a shaft with dimensions and surface callouts. The drawing shows a shaft with a diameter of $D_{4.2}$. The surface roughness is $\sqrt{Ra\ 3,2}$. The drawing includes callouts 1, 2, 3, 4, and 5. The surface 3 is highlighted in green.</p>

3	<p>Обточить поверхность 4, выдерживая размер $D_{4.3} = \varnothing 118 f7 (-0.036 / -0.071)$</p>	<p style="text-align: right;">$\sqrt{Ra\ 2,5}$</p> 
4	<p>Точить фаску 5, выдерживая размер $A_{4.4} = 1 \pm 0,2 \times 45^\circ \pm 1^\circ$</p>	
5	<p>Расточить поверхность 6, выдерживая размер $D_{4.5}$</p>	<p style="text-align: right;">$\sqrt{Ra\ 6,3}$</p> 

6	<p>Расточить поверхность 7, выдерживая размер $D_{4.6}$</p>	 <p>$\sqrt{Ra\ 3,2}$</p> <p>1, 2, 3, 4, 5</p> <p>$D_{4.6}$</p> <p>7</p>
7	<p>Расточить поверхности 8, 9, выдерживая размеры $D_{4.7}$, $A_{4.7}$</p>	 <p>$\sqrt{Ra\ 6,3}$</p> <p>1, 2, 3, 4, 5</p> <p>$D_{4.7}$</p> <p>$A_{4.7}$</p> <p>8, 9</p>

8	<p>Расточить фаску 10, выдерживая размер $A_{4.8}=1\pm 0,2\times 45^\circ\pm 1^\circ$</p>	
9	<p>Расточить поверхности 11, 12, выдерживая размеры $D_{4.9}=\phi 35H7^{(+0,025)}$, $A_{4.9}=11_{-0,2}$</p>	
10	<p>Расточить фаску 13, выдерживая размер $A_{4.10}=0,5\pm 0,2\times 45^\circ\pm 1^\circ$</p>	
11	<p>Расточить поверхность 14, выдерживая размер $D_{4.11}=\phi 14,5H7^{(+0,018)}$</p>	
05	<p><u>Сверлильная</u></p> <p>Установить и снять заготовку</p> <p>1 Зенковать 4 отверстия М8-7Н фаской 1, выдерживая размер $A_{5.1}=1,6\pm 0,2\times 45^\circ\pm 1^\circ$</p>	

2	Зенковать 4 отверстия $\varnothing 5,4^{+0,2}$ фаской 2, выдерживая размер $A_{5.2} = 0,3 \pm 0,2 \times 45^\circ \pm 1^\circ$	
---	---	--

1.6 Определение минимальных припусков на обработку

Припуски принято разделять на промежуточные и общие. Промежуточный припуск необходим для выполнения отдельного перехода, общий припуск - для выполнения всех технологических переходов обработки данной поверхности.

Следует различать минимальное, максимальное, среднее и номинальное значения припуска на обработку. Однако в первую очередь, определяющим остальные категории припуска, является его минимальное значение.

Минимальный припуск должен быть таким, чтобы его удаление было достаточно для обеспечения требуемой точности и качества поверхностного слоя обработанной поверхности.

Таким образом, минимальный припуск на обрабатываемый диаметр определяется по формуле: [3, стр. 47]

$$Z_{i \min} = 2 \left(Rz_{i-1} + h_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_{y_i}^2} \right), \quad (9)$$

где Rz_{i-1} – шероховатость поверхности, полученная на предшествующем переходе (операции) обработки данной поверхности, мкм;

h_{i-1} – толщина дефектного поверхностного слоя, сформированного на предшествующем переходе (операции) обработки данной поверхности, мкм;

ρ_{i-1} – суммарное пространственное отклонение расположения и форм обрабатываемой поверхности на предшествующем переходе (операции), мкм, вычисляют по формуле:

$$\rho_{i-1} = \sqrt{\rho_{\Phi_{i-1}}^2 + \rho_{\rho_{i-1}}^2}, \quad (10)$$

где $\rho_{\rho_{i-1}}$ – погрешность расположения обрабатываемой поверхности, полученная на предшествующем переходе, мкм;

$\rho_{\Phi_{i-1}}$ – погрешность формы обрабатываемой поверхности с предыдущего перехода, мкм, определяют по формуле:

$$\rho_{\Phi_{i-1}} = \Delta_k \cdot l, \quad (11)$$

где Δ_k – кривизна проката, мкм/мм;

l – вылет заготовки из патрона, мм;

ε_{y_i} – погрешность установки на выполняемом переходе (операции), мкм.

$$2z_{1.2}^{\min} = 2 \cdot \left(80 + 100 + \sqrt{11,4^2 + 600^2} \right) = 740 \text{ мкм} = 0,74 \text{ мм};$$

$$\rho_{\Phi_{i-1}} = \Delta_k \cdot l = 57 \cdot 0,2 = 11,4 \text{ мкм}$$

$$2z_{2.2}^{\min} = 2 \cdot \left(40 + 50 + \sqrt{112^2 + 140^2} \right) = 500 \text{ мкм} = 0,5 \text{ мм};$$

$$\rho_{1.2} = \sqrt{50^2 + 100^2} = 112 \text{ мкм}$$

$$2z_{2.4}^{\min} = 2 \cdot (50 + 80 + \sqrt{134^2 + 120^2}) = 620 \text{ мкм} = 0,62 \text{ мм};$$

$$\rho_{2.3} = \sqrt{60^2 + 120^2} = 134 \text{ мкм}$$

$$2z_{2.10}^{\min} = 2 \cdot (40 + 80 + \sqrt{127^2 + 140^2}) = 618 \text{ мкм} = 0,62 \text{ мм};$$

$$\rho_{2.7} = \sqrt{55^2 + 115^2} = 127 \text{ мкм}$$

$$2z_{3.4}^{\min} = 2 \cdot (40 + 80 + \sqrt{134^2 + 120^2}) = 599 \text{ мкм} = 0,6 \text{ мм};$$

$$\rho_{3.2} = \sqrt{60^2 + 120^2} = 134 \text{ мкм}$$

$$2z_{3.5}^{\min} = 2 \cdot (50 + 80 + \sqrt{134^2 + 120^2}) = 619 \text{ мкм} = 0,62 \text{ мм};$$

$$\rho_{3.1} = \sqrt{60^2 + 120^2} = 134 \text{ мкм}$$

$$2z_{4.2}^{\min} = 2 \cdot (25,2 + 50 + \sqrt{82,5^2 + 60^2}) = 354,4 \text{ мкм} = 0,35 \text{ мм};$$

$$\rho_{2.4} = \sqrt{20^2 + 80^2} = 82,5 \text{ мкм}$$

$$2z_{4.3}^{\min} = 2 \cdot (12,8 + 30 + \sqrt{26,2^2 + 60^2}) = 216,5 \text{ мкм} = 0,22 \text{ мм};$$

$$\rho_{4.2} = \sqrt{8^2 + 25^2} = 26,2 \text{ мкм}$$

$$2z_{4.5}^{\min} = 2 \cdot (50 + 80 + \sqrt{107,7^2 + 60^2}) = 506,6 \text{ мкм} = 0,5 \text{ мм};$$

$$\rho_{2.6} = \sqrt{40^2 + 100^2} = 107,7 \text{ мкм}$$

$$2z_{4.6}^{\min} = 2 \cdot (25,2 + 60 + \sqrt{87,3^2 + 60^2}) = 382,3 \text{ мкм} = 0,4 \text{ мм};$$

$$\rho_{4.5} = \sqrt{35^2 + 80^2} = 87,3 \text{ мкм}$$

$$2z_{4.7}^{\min} = 2 \cdot (50 + 70 + \sqrt{98,5^2 + 60^2}) = 470 \text{ мкм} = 0,47 \text{ мм};$$

$$\rho_{2.8} = \sqrt{40^2 + 90^2} = 98,5 \text{ мкм}$$

$$2z_{4.9}^{\min} = 2 \cdot (25,2 + 30 + \sqrt{52,5^2 + 60^2}) = 270 \text{ мкм} = 0,27 \text{ мм};$$

$$\rho_{4.7} = \sqrt{16^2 + 50^2} = 52,5 \text{ мкм}$$

$$2z_{4.11}^{\min} = 2 \cdot (12,8 + 15 + \sqrt{17,3^2 + 60^2}) = 180,5 \text{ мкм} = 0,18 \text{ мм};$$

$$\rho_{4.6} = \sqrt{3^2 + 17^2} = 17,3 \text{ мкм}.$$

Расчет припуска на обработку плоскости, определяется по формуле: [4, стр. 47]

$$Z_{i \min} = Rz_{i-1} + h_{i-1} + \rho_{i-1} , \quad (12)$$

где Rz_{i-1} – шероховатость поверхности, полученная на предшествующем переходе (операции) обработки данной поверхности, мкм;

h_{i-1} – толщина дефектного поверхностного слоя, сформированного на предшествующем переходе (операции) обработки данной поверхности, мкм;

ρ_{i-1} – суммарное пространственное отклонение расположения и форм обрабатываемой поверхности на предшествующем переходе (операции), мкм.

$$\rho_{i-1} = \rho_{\Phi_{i-1}} + \rho_{\rho_{i-1}} , \quad (13)$$

где $\rho_{\rho_{i-1}}$ - погрешность расположения обрабатываемой поверхности, полученная на предшествующем переходе, мкм;

$\rho_{\Phi_{i-1}}$ - погрешность формы обрабатываемой поверхности с предыдущего перехода, мкм.

$$Z_{1.1}^{\min} = 80 + 150 + 80 + 360 = 670 \text{ мкм} = 0,67 \text{ мм};$$

$$Z_{2.1}^{\min} = 80 + 150 + 70 + 300 = 600 \text{ мкм} = 0,6 \text{ мм};$$

$$Z_{2.4}^{\min} = 50 + 80 + 60 + 200 = 390 \text{ мкм} = 0,4 \text{ мм};$$

$$Z_{3.5}^{\min} = 50 + 80 + 60 + 200 = 390 \text{ мкм} = 0,4 \text{ мм};$$

$$Z_{4.7}^{\min} = 50 + 80 + 25 + 100 = 255 \text{ мкм} = 0,26 \text{ мм};$$

$$Z_{4.9}^{\min} = 25,2 + 50 + 15 + 35 = 125,2 \text{ мкм} = 0,12 \text{ мм}.$$

Расчитанные минимальные припуски на обработку сводим в таблицу 5.

Таблица 5 - Минимальные припуски на обработку

Минимальный припуск на обрабатываемый диаметр, мм		Минимальный припуск на обрабатываемую плоскость, мм
$2z_{1.2}^{\min} = 0,74$ мм	$2z_{4.3}^{\min} = 0,22$ мм	$Z_{1.1}^{\min} = 0,67$ мм
$2z_{2.2}^{\min} = 0,5$ мм	$2z_{4.5}^{\min} = 0,5$ мм	$Z_{2.1}^{\min} = 0,6$ мм
$2z_{2.4}^{\min} = 0,62$ мм	$2z_{4.6}^{\min} = 0,4$ мм	$Z_{2.4}^{\min} = 0,4$ мм
$2z_{2.10}^{\min} = 0,62$ мм	$2z_{4.7}^{\min} = 0,47$ мм	$Z_{3.5}^{\min} = 0,4$ мм
$2z_{3.4}^{\min} = 0,6$ мм	$2z_{4.9}^{\min} = 0,27$ мм	$Z_{4.7}^{\min} = 0,26$ мм
$2z_{3.5}^{\min} = 0,62$ мм	$2z_{4.11}^{\min} = 0,18$ мм	$Z_{4.9}^{\min} = 0,12$ мм
$2z_{4.2}^{\min} = 0,35$ мм		

1.7 Размерный анализ технологического процесса

Расчетная схема изготовления детали 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 обработки детали.

На основании технологического процесса изготовления детали «Щит подшипниковый», составляется размерная схема, которая содержит все осевые технологические размеры, припуски на обработку и конструкторские размеры, проверка которых будет осуществляться по ходу работы. Для облегчения составления размерных цепей, на базе размерной схемы строится граф технологических размерных цепей.

Сначала, как правило, рассчитываются диаметральные, а затем – продольные технологические размеры. Это обусловлено тем, что обработка поверхностей вращения может сопровождаться изменением продольных размеров заготовки.

1.7.1 Расчет диаметральных технологических размеров

Расчет выполняется методом максимума-минимума с использованием способа средних значений.

1) Расчет технологического размера при обработке наружной поверхности $\varnothing 156_{-1}$ мм.

Сначала из размерной цепи $D_{1,2}$, $D_{2,2}$, $2Z_{2,2}^{min}$ (рис. 1), в которой $D_{2,2}=K_{D1}=156_{-1}$ мм, находим $D_{1,2}$.

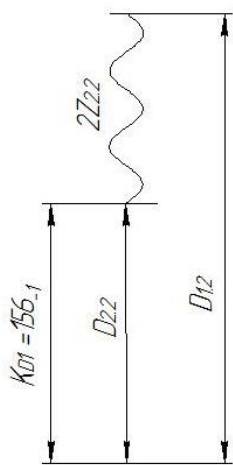


Рисунок 1.

Для этого определяем

$$D_{2.2}^c = D_{2.2} + \frac{BOD_{2.2} + HOD_{2.2}}{2} = 156 + \frac{0 - 1}{2} = 155,5 \text{ мм.}$$

Затем находим

$$2Z_{2.2}^c = 2Z_{2.2}^{min} + \frac{TD_{1.2} + TD_{2.2}}{2} = 0,5 + \frac{1 + 1}{2} = 1,5 \text{ мм}$$

и вычисляем

$$D_{1.2}^c = D_{2.2}^c + 2Z_{2.2}^c = 155,5 + 1,5 = 157 \text{ мм.}$$

Звено $D_{1.2}$ записываем в виде $D_{1.2}=157\pm 0,5$ мм.

Так как для размеров валов, получаемых механической обработкой, в качестве номинального принято использовать наибольший предельный размер, то окончательно запишем $D_{1.2}=157,5_{-1}$ мм.

2) Расчет диаметра проката.

Для определения диаметра проката (D_0) необходимо рассмотреть технологическую размерную цепь $D_0, D_{1.2}, 2Z_{1.2}^{min}$ (рис. 2), в которой $D_{1.2}=157,5_{-1}$ мм, находим D_0 .

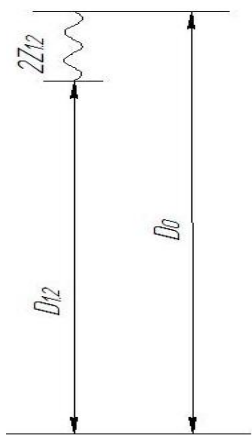


Рисунок 2.

Определяется допуск звена D_0 :

$$TD_0 = BOD_0 - HOD_0 = 0 - (-1,6) = 1,6 \text{ мм.}$$

Находится среднее значение припуска $2Z_{1.2}$:

$$2Z_{1.2}^c = 2Z_{1.2}^{min} + \frac{TD_{1.2} + TD_0}{2} = 0,74 + \frac{1 + 1,6}{2} = 2,04 \text{ мм}$$

Посчитываем среднее значение звена D_0 :

$$D_0^c = D_{1.2}^c + 2Z_{1.2}^c = 157 + 2,04 = 159,04 \text{ мм.}$$

Вычисляем номинальное значение звена D_0 :

$$D_0 = D_0^c - \frac{BOD_0 + HOD_0}{2} = 159,04 - \frac{0 - 1,6}{2} = 159,84 \text{ мм.}$$

Таким образом, расчетное значение этого звена составляет $159,84_{-1,6}$ мм. Выбираем прокат диаметром $D_{0\phi} = 160_{-1,6}$ мм. Фактическое значение припуска $2Z_{1.2}$ будет $2Z_{1.2\phi} = D_{0\phi} - D_{1.2} = 160_{-1,6} - 157,5_{-1} = 2,5_{-1,6}^{+1}$ мм.

3) Расчет технологических размеров при обработке наружной поверхности

$\varnothing 118_{-0,071}^{-0,036}$ мм.

Сначала из размерной цепи $D_{4.2}, D_{4.3}, 2Z_{4.3}^{min}$ (рис. 3), в которой $D_{4.3} = K_{D2} = 118_{-0,071}^{-0,036}$ мм, находим $D_{4.2}$.

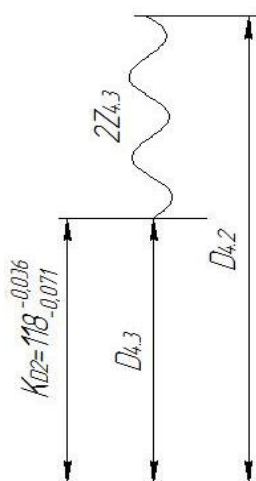


Рисунок 3.

Для этого определяем

$$D_{4.3}^c = D_{4.3} + \frac{BOD_{4.3} + HOD_{4.3}}{2} = 118 + \frac{-0,036 - 0,071}{2} = 117,9465 \text{ мм.}$$

Затем находим

$$2Z_{4.3}^c = 2Z_{4.3}^{min} + \frac{TD_{4.2} + TD_{4.3}}{2} = 0,22 + \frac{0,087 + 0,035}{2} = 0,281 \text{ мм}$$

и вычисляем

$$D_{4.2}^c = D_{4.3}^c + 2Z_{4.3}^c = 117,9465 + 0,281 = 118,2275 \text{ мм.}$$

Звено $D_{4.2}$ записываем в виде $D_{4.2}=118,2275\pm 0,0435$ мм.

Так как для размеров валов, получаемых механической обработкой, в качестве номинального принято использовать наибольший предельный размер, то окончательно запишем $D_{4.2}=118,271_{-0,087}$ мм, принимаем $D_{4.2}=118,3_{-0,1}$.

$$2Z_{4.3\phi} = D_{4.2\phi} - D_{4.3} = 118,3_{-0,1} - 118_{-0,071}^{+0,036} = 0,3_{-0,064}^{+0,071} \text{ мм}$$

Далее переходим к рассмотрению размерной цепи $D_{4.2}$, $D_{2.4}$, $2Z_{4.2}^{min}$ (рис. 4) и из нее аналогичным образом находим $D_{2.4}$.

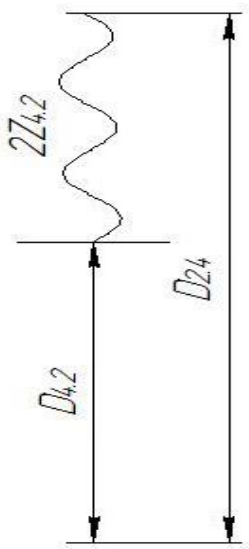


Рисунок 4.

Для этого определяем

$$2Z_{4.2}^c = 2Z_{4.2}^{min} + \frac{TD_{2.4} + TD_{4.2}}{2} = 0,35 + \frac{0,22 + 0,1}{2} = 0,51 \text{ мм}$$

И посчитываем

$$D_{2.4}^c = D_{4.2}^c + 2Z_{4.2}^c = 118,25 + 0,51 = 118,76 \text{ мм.}$$

Таким образом, получим $D_{2.4}=118,76\pm 0,11$ мм.

Так как для размеров валов, получаемых механической обработкой, в качестве номинального принято использовать наибольший предельный размер, то окончательно запишем $D_{2.4}=118,87_{-0,22}$ мм, принимаем $D_{2.4}=118,9_{-0,2}$.

$$2Z_{4.2\phi} = D_{2.4\phi} - D_{4.2} = 118,9_{-0,2} - 118,3_{-0,1} = 0,6_{-0,2}^{+0,1} \text{ мм}$$

Далее переходим к рассмотрению размерной цепи $D_{2.4}$, $D_{2.3}$, $2Z_{2.4}^{min}$ (рис. 5) и из нее аналогичным образом находим $D_{2.3}$.

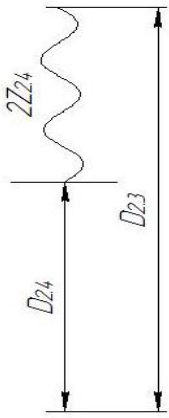


Рисунок 5.

Для этого определяем

$$2Z_{2.4}^c = 2Z_{2.4}^{min} + \frac{TD_{2.3} + TD_{2.4}}{2} = 0,62 + \frac{0,54 + 0,2}{2} = 0,99 \text{ мм}$$

И посчитываем

$$D_{2.3}^c = D_{2.4}^c + 2Z_{2.4}^c = 118,8 + 0,99 = 119,79 \text{ мм.}$$

Таким образом, получим $D_{2.3} = 119,79 \pm 0,27$ мм.

Так как для размеров валов, получаемых механической обработкой, в качестве номинального принято использовать наибольший предельный размер, то окончательно запишем $D_{2.3} = 120,06_{-0,54}$ мм, принимаем $D_{2.3} = 120,1_{-0,5}$.

$$2Z_{2.4\phi} = D_{2.3\phi} - D_{2.4} = 120,1_{-0,5} - 118,9_{-0,2} = 1,2_{-0,5}^{+0,2} \text{ мм.}$$

4) Расчет технологического размера при обработке наружной поверхности $\emptyset 104_{-0,25}$ мм.

Сначала из размерной цепи $D_{3.5}$, $D_{3.1}$, $2Z_{3.5}^{min}$ (рис. 6), в которой $D_{3.5} = K_{D3} = \emptyset 104_{-0,25}$ мм, находим $D_{3.1}$.

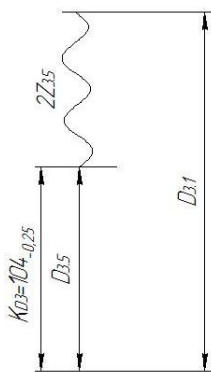


Рисунок 6.

Для этого определяем

$$D_{3.5}^c = D_{3.5} + \frac{BOD_{3.5} + HOD_{3.5}}{2} = 104 + \frac{0 - 0,25}{2} = 103,875 \text{ мм.}$$

Затем находим

$$2Z_{3.5}^c = 2Z_{3.5}^{min} + \frac{TD_{3.1} + TD_{3.5}}{2} = 0,62 + \frac{0,54 + 0,25}{2} = 1,015 \text{ мм}$$

и вычисляем

$$D_{3.1}^c = D_{3.5}^c + 2Z_{3.5}^c = 103,875 + 1,015 = 104,89 \text{ мм.}$$

Звено $D_{3.1}$ записываем в виде $D_{3.1} = 104,89 \pm 0,27$ мм.

Так как для размеров валов, получаемых механической обработкой, в качестве номинального принято использовать наибольший предельный размер, то окончательно запишем $D_{3.1} = 105,16_{-0,54}$ мм, принимаем $D_{3.1} = 105,2_{-0,5}$.

$$2Z_{3.5\phi} = D_{3.1\phi} - D_{3.5} = 105,2_{-0,5} - 104_{-0,25} = 1,2_{-0,5}^{+0,25} \text{ мм.}$$

5) Расчет технологических размеров при обработке отверстия $\phi 14,5^{+0,018}$ мм.

Сначала из размерной цепи $D_{4.11}$, $D_{4.6}$, $2Z_{4.11}^{min}$ (рис. 7), в которой $D_{4.11} = K_{D4} = 14,5^{+0,018}$ мм, находим $D_{4.6}$.

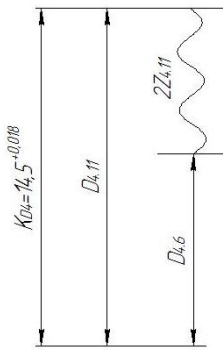


Рисунок 7.

$$D_{4,11}^c = D_{4,11} + \frac{BOD_{4,11} + HOD_{4,11}}{2} = 14,5 + \frac{0,018 + 0}{2} = 14,509 \text{ мм.}$$

Определяем

$$2Z_{4,11}^c = 2Z_{4,11}^{min} + \frac{TD_{4,6} + TD_{4,11}}{2} = 0,18 + \frac{0,043 + 0,018}{2} = 0,2105 \text{ мм}$$

и вычисляем

$$D_{4,6}^c = D_{4,11}^c - 2Z_{4,11}^c = 14,509 - 0,2105 = 14,2985 \text{ мм.}$$

В итоге имеем $D_{4,6} = 14,2985 \pm 0,0215$ мм.

Учитывая, что для размеров отверстий, формируемых механической обработкой, в качестве номинального принято брать наименьший предельный размер, запишем:

$$D_{4,6} = 14,277^{+0,043} \text{ мм.}$$

Номинальное значение $D_{4,6}$ целесообразно округлить, приняв окончательно $D_{4,6} = 14,27^{+0,04}$ мм.

$$2Z_{4,11\phi} = D_{4,11\phi} - D_{4,6} = 14,5^{+0,018} - 14,27^{+0,04} = 0,23_{-0,04}^{+0,018} \text{ мм}$$

Далее переходим к рассмотрению размерной цепи $D_{4,6}$, $D_{4,5}$, $2Z_{4,6}^{min}$ (рис. 8) и из нее аналогичным образом находим $D_{4,5}$.

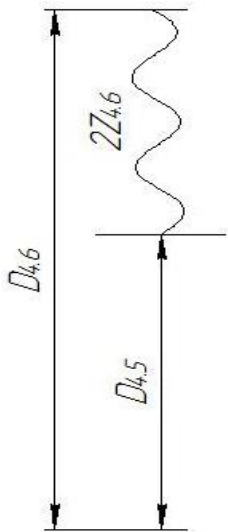


Рисунок 8.

$$2Z_{4.6}^c = 2Z_{4.6}^{min} + \frac{TD_{4.5} + TD_{4.6}}{2} = 0,4 + \frac{0,18 + 0,04}{2} = 0,51 \text{ мм}$$

$$D_{4.5}^c = D_{4.6}^c - 2Z_{4.6}^c = 14,29 - 0,51 = 13,78 \text{ мм.}$$

Таким образом, получим $D_{4.5} = 13,78 \pm 0,09$ мм.

Учитывая, что для размеров отверстий, формируемых механической обработкой, в качестве номинального принято брать наименьший предельный размер, запишем:

$$D_{4.5} = 13,69^{+0,18} \text{ мм, принимаем } D_{4.5} = 13,6^{+0,2} \text{ мм.}$$

$$2Z_{4.6\phi} = D_{4.6\phi} - D_{4.5} = 14,27^{+0,04} - 13,6^{+0,2} = 0,67_{-0,2}^{+0,04} \text{ мм.}$$

Далее переходим к рассмотрению размерной цепи $D_{4.5}, D_{2.6}, 2Z_{4.5}^{min}$ (рис. 9) и из нее аналогичным образом находим $D_{2.6}$.

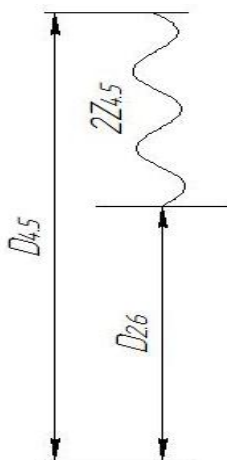


Рисунок 9.

$$2Z_{4,5}^c = 2Z_{4,5}^{min} + \frac{TD_{2,6} + TD_{4,5}}{2} = 0,5 + \frac{0,27 + 0,2}{2} = 0,735 \text{ мм}$$

$$D_{2,6}^c = D_{4,5}^c - 2Z_{4,5}^c = 13,7 - 0,735 = 12,965 \text{ мм.}$$

Таким образом, получим $D_{2,6} = 12,965 \pm 0,135 \text{ мм.}$

Учитывая, что для размеров отверстий, формируемых механической обработкой, в качестве номинального принято брать наименьший предельный размер, запишем:

$$D_{2,6} = 12,83^{+0,27} \text{ мм.}$$

Номинальное значение $D_{2,6}$ целесообразно округлить, приняв окончательно $D_{2,6} = 12,8^{+0,3} \text{ мм.}$ Очевидно, что приведет к незначительному увеличению припуска на растачивание отверстия и является вполне допустимым.

$$2Z_{4,5\phi} = D_{4,5\phi} - D_{2,6} = 13,6^{+0,2} - 12,8^{+0,3} = 0,8^{+0,2}_{-0,3} \text{ мм.}$$

б) Расчет технологических размеров при обработке отверстия $\varnothing 35^{+0,025} \text{ мм.}$

Сначала из размерной цепи $D_{4,9}, D_{4,7}, 2Z_{4,9}^{min}$ (рис. 10), в которой $D_{4,9} = K_{D5} = 35^{+0,025} \text{ мм,}$ находим $D_{4,7}.$

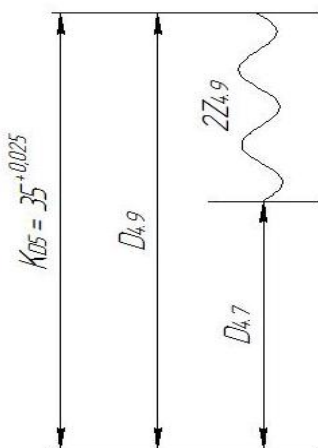


Рисунок 10.

$$D_{4,9}^c = D_{4,9} + \frac{BOD_{4,9} + HOD_{4,9}}{2} = 35 + \frac{0,025 + 0}{2} = 35,0125 \text{ мм.}$$

Определяем

$$2Z_{4,9}^c = 2Z_{4,9}^{min} + \frac{TD_{4,7} + TD_{4,9}}{2} = 0,27 + \frac{0,062 + 0,025}{2} = 0,3135 \text{ мм}$$

и вычисляем

$$D_{4.7}^c = D_{4.9}^c - 2Z_{4.9}^c = 35,0125 - 0,3135 = 34,699 \text{ мм.}$$

В итоге имеем $D_{4.7} = 34,699 \pm 0,031$ мм.

Учитывая, что для размеров отверстий, формируемых механической обработкой, в качестве номинального принято брать наименьший предельный размер, запишем:

$$D_{4.7} = 34,668^{+0,062} \text{ мм, принимаем } D_{4.7} = 34,66^{+0,06}.$$

$$2Z_{4.9\phi} = D_{4.9\phi} - D_{4.7} = 35^{+0,025} - 34,66^{+0,06} = 0,34_{-0,06}^{+0,025} \text{ мм}$$

Далее переходим к рассмотрению размерной цепи $D_{4.7}$, $D_{2.8}$, $2Z_{4.7}^{min}$ (рис. 11) и из нее аналогичным образом находим $D_{2.8}$.

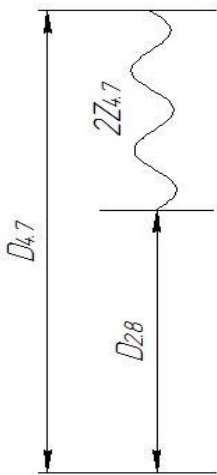


Рисунок 11.

$$2Z_{4.7}^c = 2Z_{4.7}^{min} + \frac{TD_{2.8} + TD_{4.7}}{2} = 0,47 + \frac{0,16 + 0,06}{2} = 0,58 \text{ мм}$$

$$D_{2.8}^c = D_{4.7}^c - 2Z_{4.7}^c = 34,69 - 0,58 = 34,11 \text{ мм.}$$

Таким образом, получим $D_{2.8} = 34,11 \pm 0,08$ мм.

Учитывая, что для размеров отверстий, формируемых механической обработкой, в качестве номинального принято брать наименьший предельный размер, запишем:

$$D_{2.8} = 34,03^{+0,16} \text{ мм, принимаем } D_{2.8} = 34^{+0,15}.$$

$$2Z_{4.7\phi} = D_{4.7\phi} - D_{2.8} = 34,66^{+0,06} - 34^{+0,15} = 0,66_{-0,15}^{+0,06} \text{ мм.}$$

7) Расчет технологических размеров при обработке отверстия $\phi 94^{+0,6}$ мм.

Сначала из размерной цепи $D_{3.4}$, $D_{3.2}$, $2Z_{3.4}^{min}$ (рис. 12), в которой $D_{3.4}=K_{D6}=94^{+0,6}$ мм, находим $D_{3.2}$.

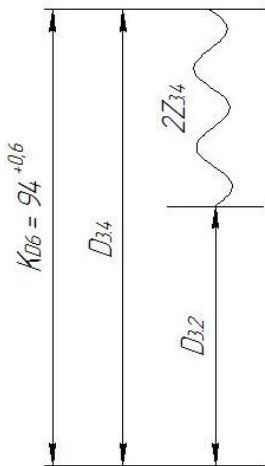


Рисунок 12.

$$D_{3.4}^c = D_{3.4} + \frac{BOD_{3.4} + HOD_{3.4}}{2} = 94 + \frac{0,6 + 0}{2} = 94,3 \text{ мм.}$$

Определяем

$$2Z_{3.4}^c = 2Z_{3.4}^{min} + \frac{TD_{3.2} + TD_{3.4}}{2} = 0,6 + \frac{0,87 + 0,6}{2} = 1,335 \text{ мм}$$

и вычисляем

$$D_{3.2}^c = D_{3.4}^c - 2Z_{3.4}^c = 94,3 - 1,335 = 92,965 \text{ мм.}$$

В итоге имеем $D_{3.2} = 92,965 \pm 0,435$ мм.

Учитывая, что для размеров отверстий, формируемых механической обработкой, в качестве номинального принято брать наименьший предельный размер, запишем:

$$D_{3.2} = 92,53^{+0,87} \text{ мм, принимаем } D_{3.2} = 92,5^{+0,8} \text{ мм.}$$

$$2Z_{3.4\phi} = D_{3.4\phi} - D_{3.2} = 94^{+0,6} - 92,5^{+0,9} = 1,5_{-0,9}^{+0,6} \text{ мм.}$$

8) Расчет технологических размеров при обработке отверстия $\varnothing 108^{+0,6}$ мм.

Сначала из размерной цепи $D_{2.10}$, $D_{2.7}$, $2Z_{2.10}^{min}$ (рис. 13), в которой $D_{2.10}=K_{D7}=108^{+0,6}$ мм, находим $D_{2.7}$.

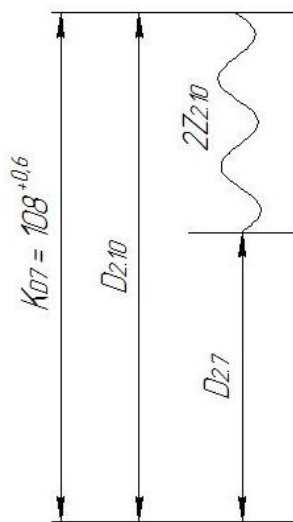


Рисунок 13.

$$D_{2.10}^c = D_{2.10} + \frac{BOD_{2.10} + HOD_{2.10}}{2} = 108 + \frac{0,6 + 0}{2} = 108,3 \text{ мм.}$$

Определяем

$$2Z_{2.10}^c = 2Z_{2.10}^{min} + \frac{TD_{2.7} + TD_{2.10}}{2} = 0,62 + \frac{0,87 + 0,6}{2} = 1,355 \text{ мм}$$

и вычисляем

$$D_{2.7}^c = D_{2.10}^c - 2Z_{2.10}^c = 108,3 - 1,355 = 106,945 \text{ мм.}$$

В итоге имеем $D_{2.7} = 106,945 \pm 0,435$ мм.

Учитывая, что для размеров отверстий, формируемых механической обработкой, в качестве номинального принято брать наименьший предельный размер, запишем:

$$D_{2.7} = 106,51^{+0,87} \text{ мм, принимаем } D_{2.7} = 106,5^{+0,8} \text{ мм.}$$

$$2Z_{2.10\phi} = D_{2.10\phi} - D_{2.7} = 108^{+0,6} - 106,5^{+0,8} = 1,5_{-0,8}^{+0,6} \text{ мм.}$$

1.7.2 Расчет продольных технологических размеров

Расчет выполняется методом максимума-минимума с использованием способа средних значений.

1) Найдем технологический размер $A_{2.1}$ из размерной цепи (рис. 14).

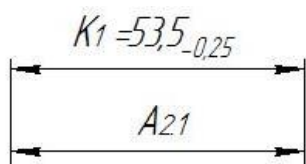


Рисунок 14.

$$A_{2.1} = K_1 = 53,5_{-0,25} \text{ мм.}$$

2) Найдем технологический размер $A_{2.4}$ из размерной цепи (рис. 15)

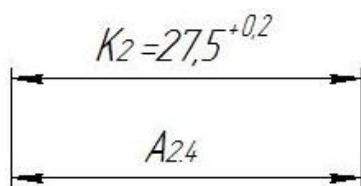


Рисунок 15.

$$A_{2.4} = K_2 = 27,5^{+0,2} \text{ мм.}$$

3) Найдем технологический размер $A_{2.7}$ из размерной цепи (рис. 16)

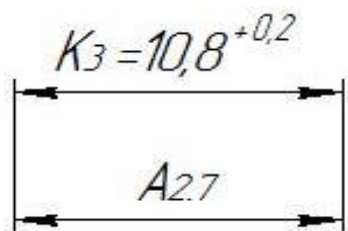


Рисунок 16.

$$A_{2.7} = K_3 = 10,8^{+0,2} \text{ мм.}$$

4) Найдем технологический размер $A_{2.9}$ из размерной цепи (рис. 17)

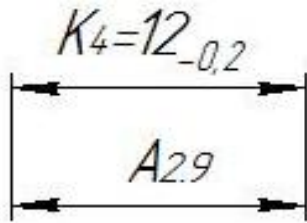


Рисунок 17.

$$A_{2.9} = K_4 = 12_{-0.2} \text{ мм.}$$

5) Найдем технологический размер $A_{2.10}$ из размерной цепи (рис. 18)

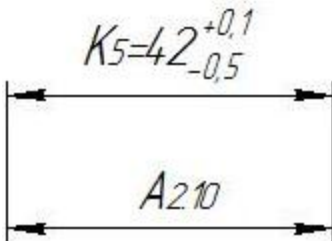


Рисунок 18.

$$A_{2.10} = K_5 = 42_{-0.5}^{+0.1} \text{ мм.}$$

6) Найдем технологический размер $A_{3.2}$ из размерной цепи (рис. 19)

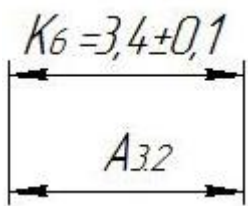


Рисунок 19.

$$A_{3.2} = K_6 = 3,4 \pm 0,1 \text{ мм.}$$

7) Найдем технологический размер $A_{3.4}$ из размерной цепи (рис. 20)

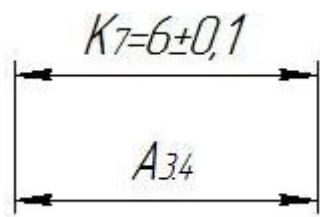


Рисунок 20.

$$A_{3.4} = K_7 = 6 \pm 0,1 \text{ мм.}$$

8) Найдем технологический размер $A_{3.5}$ из размерной цепи (рис. 21)

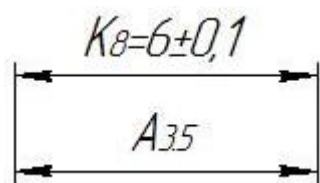


Рисунок 21.

$$A_{3.5} = K_8 = 6 \pm 0,1 \text{ мм.}$$

9) Найдем технологический размер $A_{3.10}$ из размерной цепи (рис. 22)

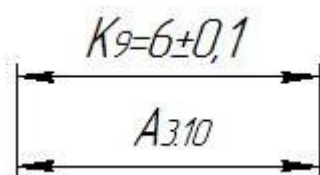


Рисунок 22.

$$A_{3.10} = K_9 = 6 \pm 0,1 \text{ мм.}$$

10) Найдем технологический размер $A_{3.11}$ из размерной цепи (рис. 23)

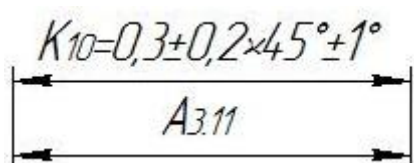


Рисунок 23.

$$A_{3.11} = K_{10} = 0,3 \pm 0,2 \times 45^\circ \pm 1^\circ \text{ мм.}$$

11) Найдем технологический размер $A_{3.12}$ из размерной цепи (рис. 24)

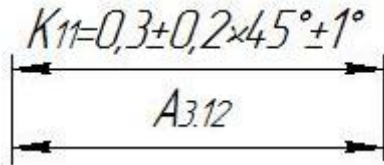


Рисунок 24.

$$A_{3.12} = K_{11} = 0,3 \pm 0,2 \times 45^\circ \pm 1^\circ \text{ мм.}$$

12) Найдем технологический размер $A_{3.13}$ из размерной цепи (рис. 25)

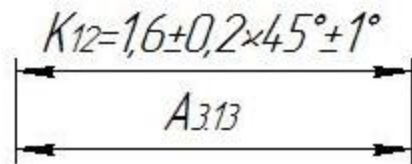


Рисунок 25.

$$A_{3.13} = K_{12} = 1,6 \pm 0,2 \times 45^\circ \pm 1^\circ \text{ мм.}$$

13) Найдем технологический размер $A_{4.4}$ из размерной цепи (рис. 26)

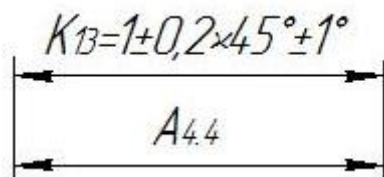


Рисунок 26.

$$A_{4.4} = K_{13} = 1 \pm 0,2 \times 45^\circ \pm 1^\circ \text{ мм.}$$

14) Найдем технологический размер $A_{4.8}$ из размерной цепи (рис. 27)

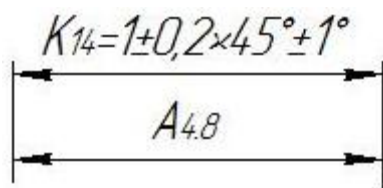


Рисунок 27.

$$A_{4.8} = K_{14} = 1 \pm 0,2 \times 45^\circ \pm 1^\circ \text{ мм.}$$

15) Найдем технологический размер $A_{4.9}$ из размерной цепи (рис. 28)

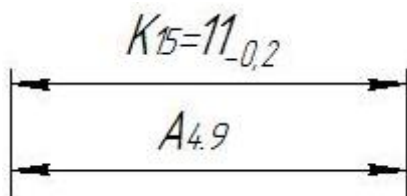


Рисунок 28.

$$A_{4.9} = K_{15} = 11_{-0,2} \text{ мм.}$$

16) Найдем технологический размер $A_{4.10}$ из размерной цепи (рис. 29)

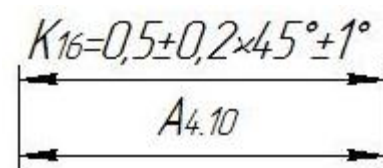


Рисунок 29.

$$A_{4.10} = K_{16} = 0,5 \pm 0,2 \times 45^\circ \pm 1^\circ \text{ мм.}$$

17) Найдем технологический размер $A_{5.1}$ из размерной цепи (рис. 30)

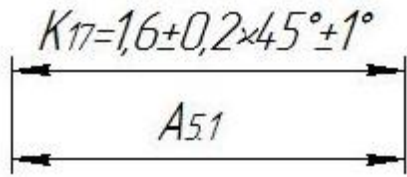


Рисунок 30.

$$A_{5.1} = K_{17} = 1,6 \pm 0,2 \times 45^\circ \pm 1^\circ \text{ мм.}$$

18) Найдем технологический размер $A_{5.2}$ из размерной цепи (рис. 31)

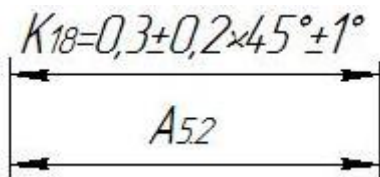


Рисунок 31.

$$A_{5.2} = K_{18} = 0,3 \pm 0,2 \times 45^\circ \pm 1^\circ \text{ мм.}$$

19) Найдем технологический размер $A_{4.1}$ из размерной цепи (рис. 32)

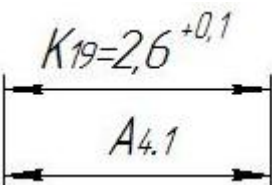


Рисунок 32.

$$A_{4.1} = K_{19} = 2,6^{+0,1} \text{ мм.}$$

20) Найдем технологический размер $A_{3.6}$ из размерной цепи (рис. 33)

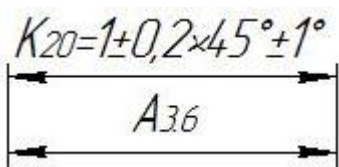


Рисунок 33.

$$A_{3,6} = K_{20} = 1 \pm 0,2 \times 45^\circ \pm 1^\circ \text{ мм.}$$

21) Найдем технологический размер $A_{1,1}$ из размерной цепи (рис. 34)

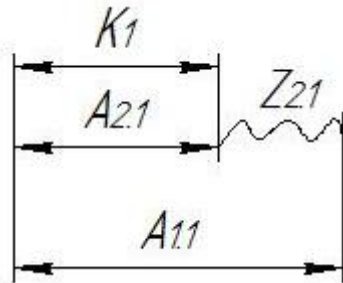


Рисунок 34.

Из данной цепи составляем уравнение для замыкающего звена. Далее находим среднее значение размера $A_{1,1}$.

$$Z_{2,1}^c = A_{1,1}^c - A_{2,1}^c$$

$$A_{1,1}^c = A_{2,1}^c + Z_{2,1}^c$$

$$A_{2,1}^c = 53,375 \text{ мм}$$

$$z_{2,1}^{cp} = \frac{z_{2,1}^{\min} + (z_{2,1}^{\min} + TA_{1,1} + TA_{2,1})}{2} = \frac{0,6 + (0,6 + 0,74 + 0,25)}{2} = 1,095 \text{ мм,}$$

$$A_{1,1}^{cp} = A_{2,1}^{cp} + z_{2,1}^{cp} = 53,375 + 1,095 = 54,47 \text{ мм,}$$

$A_{1,1} = 54,47 \pm 0,37$ мм. Так как этот размер относится к валам, то принимаем

$A_{1,1} = 54,84_{-0,74}$. После округления номинального значения окончательно получим

$$A_{1,1} = 54,8_{-0,7}$$

$$Z_{2,1\phi} = A_{1,1\phi} - A_{2,1} = 54,8_{-0,7} - 53,5_{-0,25} = 1,3_{-0,7}^{+0,25} \text{ мм.}$$

22) Найдем технологический размер $A_{0,1}$ из размерной цепи (рис. 35)

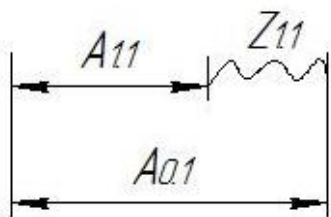


Рисунок 35.

Из данной цепи составляем уравнение для замыкающего звена. Далее находим среднее значение размера $A_{0.1}$.

$$Z_{1.1}^c = A_{0.1}^c - A_{1.1}^c$$

$$A_{0.1}^c = A_{1.1}^c + Z_{1.1}^c$$

$$A_{1.1}^c = 54,53 \text{ мм}$$

$$z_{1.1}^{cp} = \frac{z_{1.1}^{\min} + (z_{1.1}^{\min} + TA_{0.1} + TA_{1.1})}{2} = \frac{0,67 + (0,67 + 3 + 0,7)}{2} = 2,52 \text{ мм},$$

$$A_{0.1}^{cp} = A_{1.1}^{cp} + z_{1.1}^{cp} = 54,45 + 2,52 = 56,97 \text{ мм},$$

Принимаем $A_{0.1} = 57 \pm 1,5 \text{ мм}$.

$$Z_{1.1 \phi} = A_{0.1 \phi} - A_{1.1} = 57 \pm 1,5 - 54,8_{-0,7} = 2,2_{-1,5}^{+2,2} \text{ мм}.$$

23) Найдем технологический размер $A_{3.1}$ из размерной цепи (рис. 36)

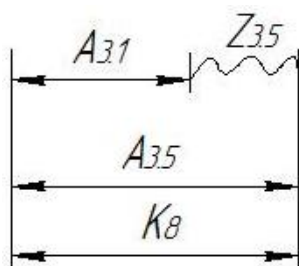


Рисунок 36.

Из данной цепи составляем уравнение для замыкающего звена. Далее находим среднее значение размера $A_{3.1}$.

$$Z_{3.5}^c = A_{3.5}^c - A_{3.1}^c$$

$$A_{3.1}^c = A_{3.5}^c - Z_{3.5}^c$$

$$A_{3.5}^c = 6 \text{ мм}$$

$$z_{3.5}^{cp} = \frac{z_{3.5}^{\min} + (z_{3.5}^{\min} + TA_{3.1} + TA_{3.5})}{2} = \frac{0,4 + (0,4 + 0,3 + 0,2)}{2} = 0,65 \text{ мм},$$

$$A_{3.1}^{cp} = A_{3.5}^{cp} - z_{3.5}^{cp} = 6 - 0,65 = 5,35 \text{ мм},$$

Принимаем $A_{3.1} = 5,3 \pm 0,15 \text{ мм}$.

$$Z_{3.5 \phi} = A_{3.5} - A_{3.1 \phi} = 6 \pm 0,1 - 5,3 \pm 0,15 = 0,7 \pm 0,25 \text{ мм}.$$

24) Найдем технологический размер $A_{2.3}$ из размерной цепи (рис. 37)

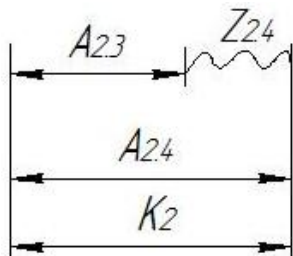


Рисунок 37.

Из данной цепи составляем уравнение для замыкающего звена. Далее находим среднее значение размера $A_{2.3}$

$$Z_{2.4}^c = A_{2.4}^c - A_{2.3}^c$$

$$A_{2.3}^c = A_{2.4}^c - Z_{2.4}^c$$

$$A_{2.4}^c = 27,6 \text{ мм}$$

$$z_{2.4}^{cp} = \frac{z_{2.4}^{min} + (z_{2.4}^{min} + TA_{2.3} + TA_{2.4})}{2} = \frac{0,4 + (0,4 + 0,52 + 0,2)}{2} = 0,76 \text{ мм},$$

$$A_{2.3}^{cp} = A_{2.4}^{cp} - z_{2.4}^{cp} = 27,6 - 0,76 = 26,84 \text{ мм},$$

Принимаем $A_{2.3} = 26,8 \pm 0,3 \text{ мм}$.

$$Z_{2.4\phi} = A_{2.4} - A_{2.3\phi} = 27,5^{+0,2} - 26,8 \pm 0,3 = 0,7_{-0,3}^{+0,46} \text{ мм}.$$

25) Найдем технологический размер $A_{4.7}$ из размерной цепи (рис. 38)

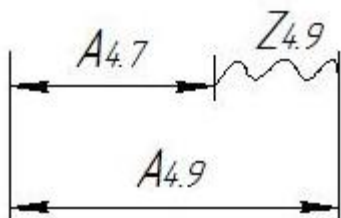


Рисунок 38.

Из данной цепи составляем уравнение для замыкающего звена. Далее находим среднее значение размера $A_{4.7}$

$$Z_{4.9}^c = A_{4.9}^c - A_{4.7}^c$$

$$A_{4.7}^c = A_{4.9}^c - Z_{4.9}^c$$

$$A_{4.9}^c = 10,9 \text{ мм}$$

$$z_{4.9}^{cp} = \frac{z_{4.9}^{\min} + (z_{4.9}^{\min} + TA_{4.7} + TA_{4.9})}{2} = \frac{0,12 + (0,12 + 0,27 + 0,2)}{2} = 0,355 \text{ мм},$$

$$A_{4.7}^{cp} = A_{4.9}^{cp} - z_{4.9}^{cp} = 10,9 - 0,355 = 10,545 \text{ мм},$$

Принимаем $A_{4.7} = 10,5 \pm 0,15 \text{ мм}$.

$$Z_{4.9 \phi} = A_{4.9} - A_{4.7 \phi} = 11_{-0,2} - 10,5 \pm 0,15 = 0,5_{-0,35}^{+0,15} \text{ мм}.$$

26) Найдем технологический размер $A_{2.8}$ из размерной цепи (рис. 39)

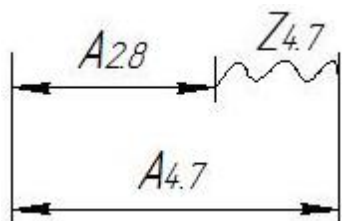


Рисунок 39.

Из данной цепи составляем уравнение для замыкающего звена. Далее находим среднее значение размера $A_{2.8}$

$$Z_{4.7}^c = A_{4.7}^c - A_{2.8}^c$$

$$A_{2.8}^c = A_{4.7}^c - Z_{4.7}^c$$

$$A_{4.7}^c = 10,5 \text{ мм}$$

$$z_{4.7}^{cp} = \frac{z_{4.7}^{\min} + (z_{4.7}^{\min} + TA_{2.8} + TA_{4.7})}{2} = \frac{0,26 + (0,26 + 0,43 + 0,3)}{2} = 0,625 \text{ мм},$$

$$A_{2.8}^{cp} = A_{4.7}^{cp} - z_{4.7}^{cp} = 10,5 - 0,625 = 9,875 \text{ мм},$$

Принимаем $A_{2.8} = 9,8 \pm 0,2 \text{ мм}$.

$$Z_{4.7 \phi} = A_{4.7} - A_{2.8 \phi} = 10,5 \pm 0,15 - 9,8 \pm 0,2 = 0,7 \pm 0,35 \text{ мм}.$$

26) Найдем технологический размер $A_{3.3}$ из размерной цепи (рис. 40)

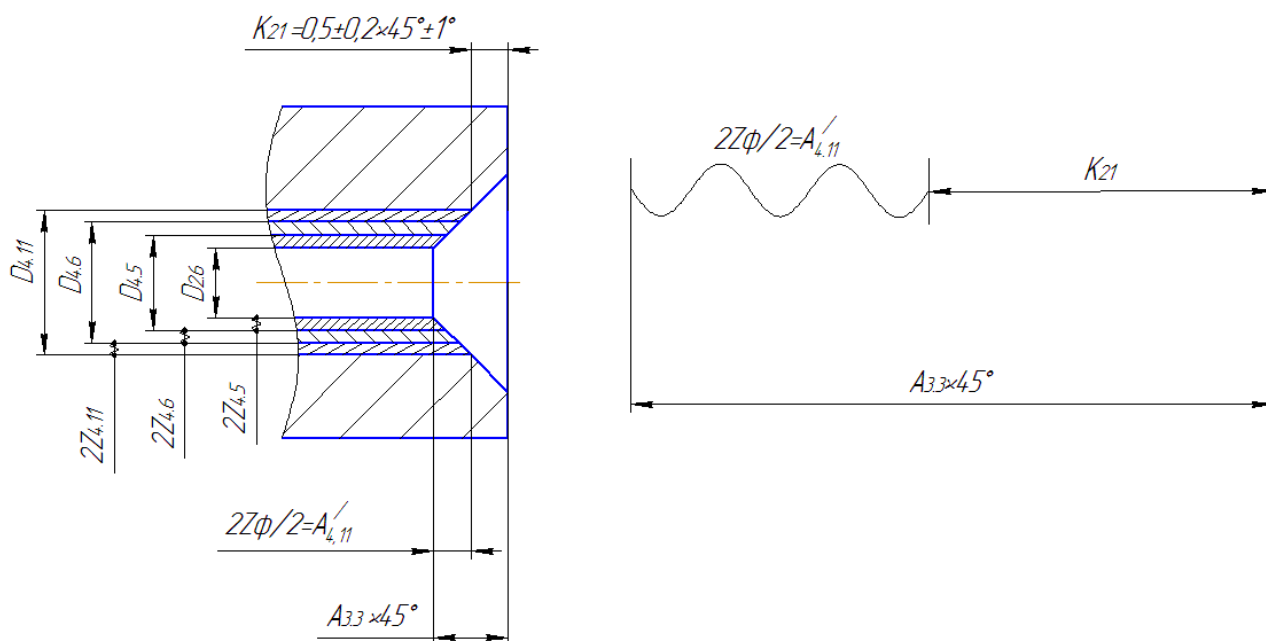


Рисунок 40.

Указанный размер при угле фаски 45° принимаем равным половине удаляемых при растачивании припусков на диаметры.

$$\sum 2Z_\phi = 2Z_{4.11} + 2Z_{4.6} + 2Z_{4.5} = 0,23^{+0,018}_{-0,04} + 0,67^{+0,04}_{-0,2} + 0,8^{+0,2}_{-0,3} = 1,7^{+0,258}_{-0,54}$$

$$A'_{4.11} = \sum 2Z_\phi / 2 = 1,7^{+0,258}_{-0,54} / 2 = 0,85^{+0,129}_{-0,27} \text{ мм.}$$

$$A_{3.3} = A'_{4.11} + K_{21} = 0,85^{+0,129}_{-0,27} + 0,5 \pm 0,2 = 1,35^{+0,329}_{-0,47} \text{ мм.}$$

Принимаем $A_{3.3} = 1,3 \pm 0,3$ мм.

Результаты расчета продольных и диаметральных технологических размеров сведем в таблицу 6.

Таблица 6 - Продольные и диаметральные технологические размеры

Обозначение технологического размера	Среднее значение технологического размера	Принятое номинальное значение и предельные отклонения технологического размера	Обозначение технологического размера	Среднее значение технологического размера	Принятое номинальное значение и предельные отклонения технологического размера
A _{2.8}	9,8	9,8 ± 0,2	A _{4.4}	1	1 ± 0,2
A _{4.7}	10,5	10,5 ± 0,15	A _{3.13}	1,6	1,6 ± 0,2
A _{2.3}	26,8	26,8 ± 0,3	A _{3.12}	0,3	0,3 ± 0,2
A _{3.1}	5,35	5,3 ± 0,15	A _{3.11}	0,3	0,3 ± 0,2
A _{0.1}	57	57 ± 1,5	A _{3.10}	6	6 ± 0,1
A _{1.1}	54,45	54,8 _{-0,7}	A _{3.5}	6	6 ± 0,1
A _{3.6}	1	1 ± 0,2	A _{3.4}	6	6 ± 0,1
A _{4.1}	2,65	2,6 ^{+0,1}	A _{3.2}	3,4	3,4 ± 0,1
A _{5.2}	0,3	0,3 ± 0,2	A _{2.10}	41,8	42 ^{+0,1} _{-0,5}
A _{5.1}	1,6	1,6 ± 0,2	A _{2.9}	11,9	12 _{-0,2}
A _{4.10}	0,5	0,5 ± 0,2	A _{2.7}	10,9	10,8 ^{+0,2}
A _{4.9}	10,9	11 _{-0,2}	A _{2.4}	27,5	27,5 ^{+0,2}
A _{4.8}	1	1 ± 0,2	A _{2.1}	53,5	53,5 _{-0,25}
A _{3.3}	1,3	1,3 ± 0,3	D _{2.9}	29,2	29 ^{+0,4}
D _{2.7}	106,9	106,5 ^{+0,8}	D _{2.10}	108,3	108 ^{+0,6}
D _{3.2}	92,95	92,5 ^{+0,9}	D _{3.4}	94,3	94 ^{+0,6}
D _{2.8}	34,075	34 ^{+0,15}	D _{4.7}	34,69	34,66 ^{+0,06}
D _{4.9}	35,0125	35 ^{+0,025}	D _{4.5}	13,7	13,6 ^{+0,2}
D _{2.6}	12,95	12,8 ^{+0,3}	D _{4.6}	14,29	14,27 ^{+0,04}

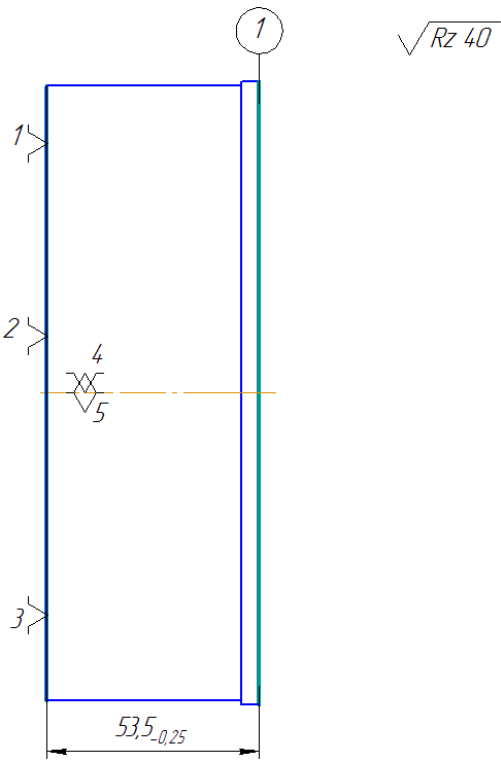
D _{4.11}	14,509	14,5 ^{+0,018}	D _{3.1}	104,95	105,2 _{-0,5}
D _{3.5}	103,875	104 _{-0,25}	D _{2.3}	119,85	120,1 _{-0,5}
D _{2.4}	118,8	118,9 _{-0,2}	D _{4.2}	118,25	118,3 _{-0,1}
D _{4.3}	117,9465	118 _{-0,071} ^{-0,036}	D ₀	159,2	160 _{-1,6}
D _{1.2}	157	157,5 ₋₁	D _{2.2}	155,5	156 ₋₁

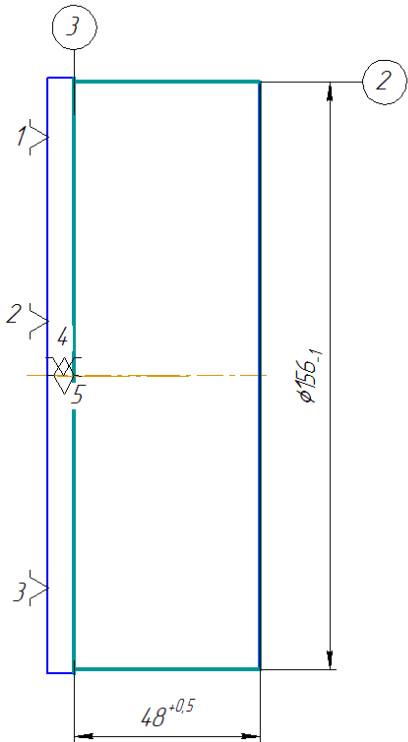
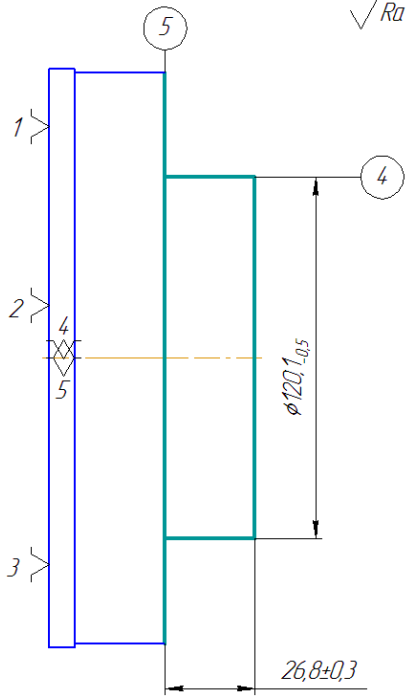
Расчитав продольные и диаметральные технологические размеры принимаем маршрут обработки детали «Щит подшипниковый 005», оформленный в таблицу 7.

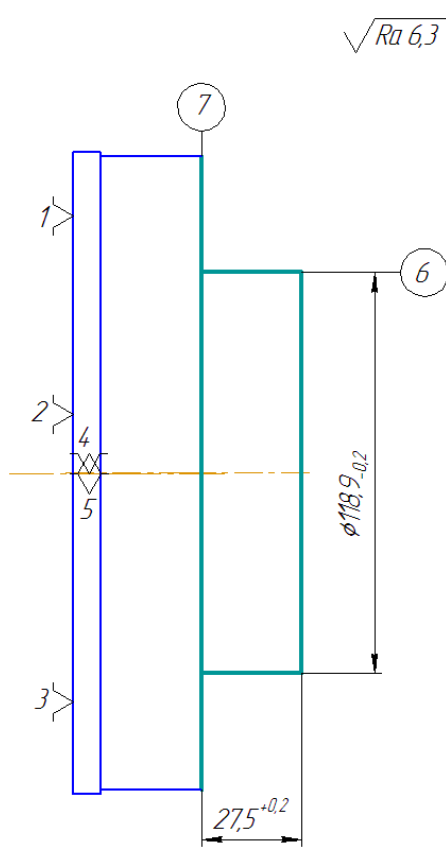
Таблица 7 - Принятый маршрут обработки детали "Щит подшипниковый 005"

Номер		Наименование и содержание операции и переходов	Операционный эскиз
операции	перехода		
1	2	3	4
005	1	<p><u>Заготовительная</u></p> <p>Отрезать заготовку, выдерживая размер $57 \pm 1,5$ мм.</p>	<p>* Размер для справок</p>

010	<p><u>Токарная</u></p> <p>Установить и снять заготовку</p> <p>1 Точить поверхность 1, выдерживая размер $54,8_{-0,7}$ мм.</p>	
2	<p>Точить поверхности 2, 3, выдерживая размеры $\varnothing 157,5_{-1}$ мм и $48_{-0,5}$ мм.</p>	

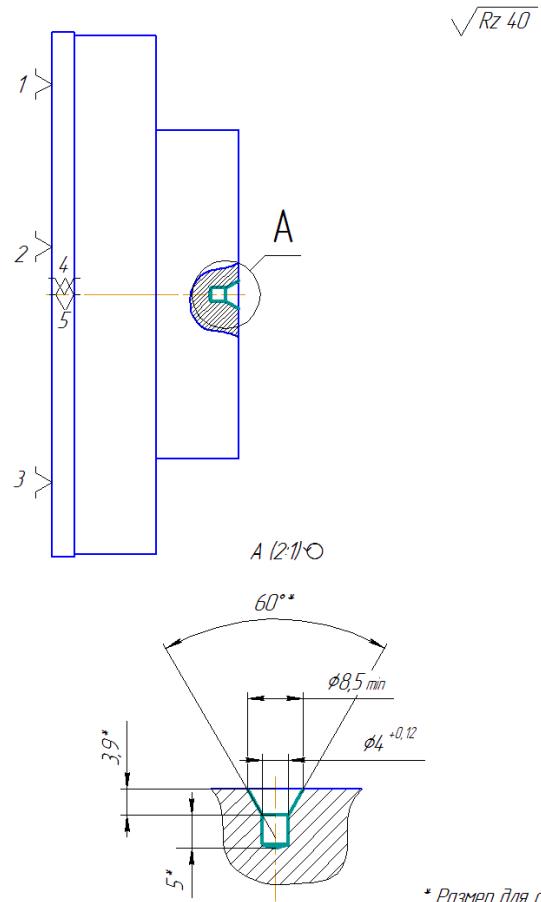
015	1	<p><u>Токарная с ЧПУ</u></p> <p>Установить и снять заготовку</p> <p>Точить поверхность 1, выдерживая размер $53,5_{-0,25}$ мм.</p>	 <p>The drawing shows a cylindrical part with a diameter of $53,5_{-0,25}$ mm. The top surface is labeled '1' in a circle. The left side has chamfered edges labeled '1', '2', and '3'. A hole is shown with a diameter of 4 mm and a depth of 5 mm. A surface finish requirement of $\sqrt{Rz 40}$ is indicated for the top surface.</p>
-----	---	---	---

2	<p>Точить поверхности 2, 3, выдерживая размеры $\varnothing 156_{-1}$ мм и $48^{+0,5}$ мм.</p>	<p style="text-align: right;">$\sqrt{Rz\ 40}$</p> 
3	<p>Точить поверхности 4,5, выдерживая размеры $\varnothing 120,1_{-0,5}$ мм и $26,8 \pm 0,3$ мм.</p>	<p style="text-align: right;">$\sqrt{Ra\ 12,5}$</p> 

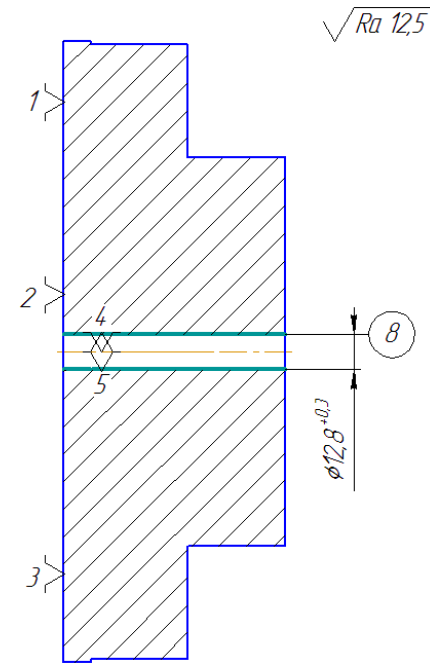
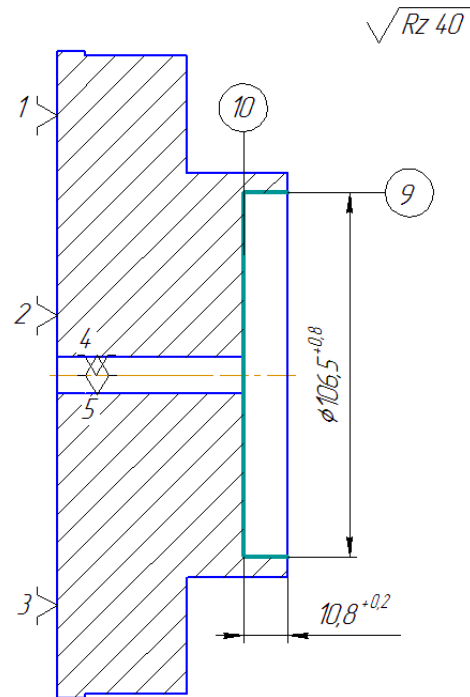
	<p>4 Точить поверхности 6,7, выдерживая размеры $\varnothing 118,9_{-0,2}$ мм и $27,5^{+0,2}$ мм.</p>	 <p>The drawing shows a stepped shaft with the following features and dimensions:</p> <ul style="list-style-type: none"> Surface 1: Chamfered end of the largest diameter section. Surface 2: Chamfered end of the middle diameter section. Surface 3: Chamfered end of the smallest diameter section. Surface 4: Chamfered end of the largest diameter section. Surface 5: Chamfered end of the middle diameter section. Surface 6: Cylindrical surface of the middle diameter section, with a diameter dimension of $\varnothing 118,9_{-0,2}$ mm. Surface 7: Cylindrical surface of the largest diameter section, with a length dimension of $27,5^{+0,2}$ mm. Surface Finish: A symbol $\sqrt{Ra\ 6,3}$ is indicated for the cylindrical surfaces.
--	---	--

5

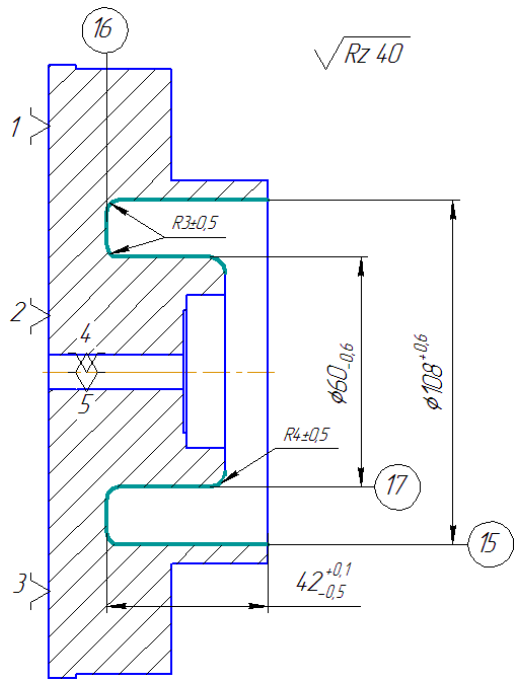
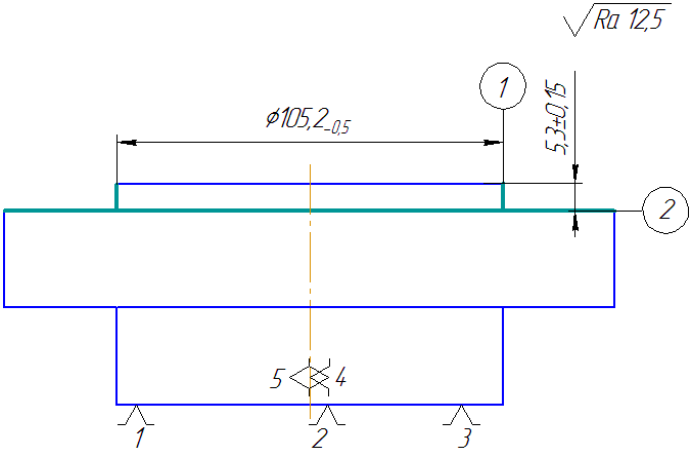
Центровать
отверстие,
выдерживая
размеры $\varnothing 8,5 \text{ min}$
мм, $3,9^*$ мм,
 $\varnothing 4^{+0,12}$ мм и 5^* мм.

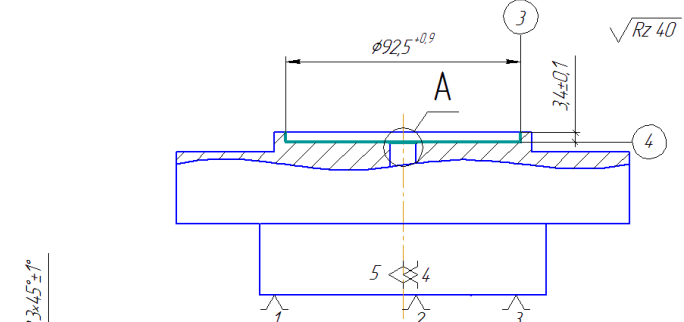
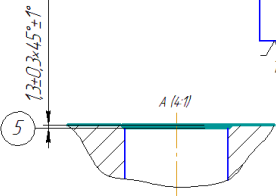
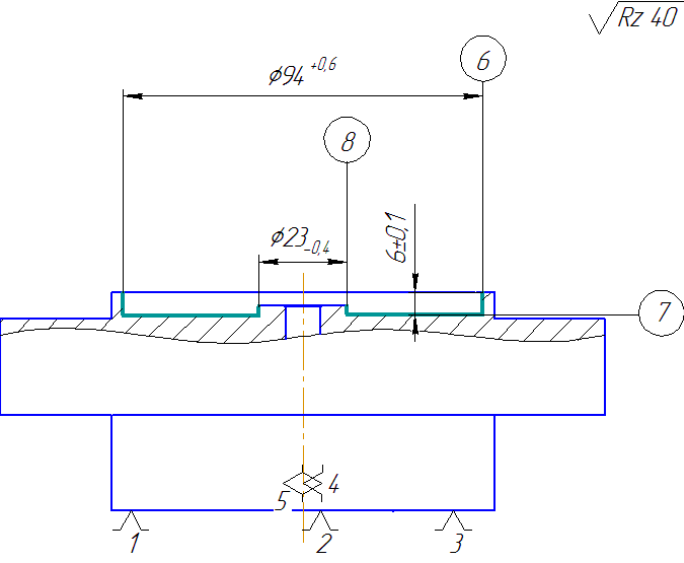


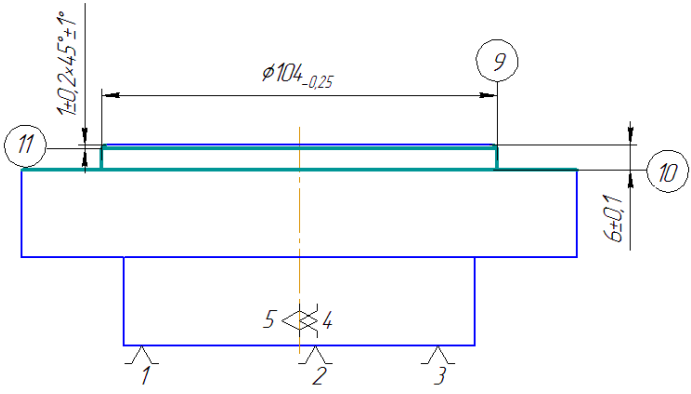
* Размер для справок

<p>6</p>	<p>Сверлить отверстие 8 на проход, выдерживая размер $\varnothing 12,8^{+0,3}$ мм.</p>	
<p>7</p>	<p>Расточить поверхности 9, 10, выдерживая размеры $\varnothing 106,5^{+0,8}$ мм и $10,8^{+0,2}$ мм.</p>	

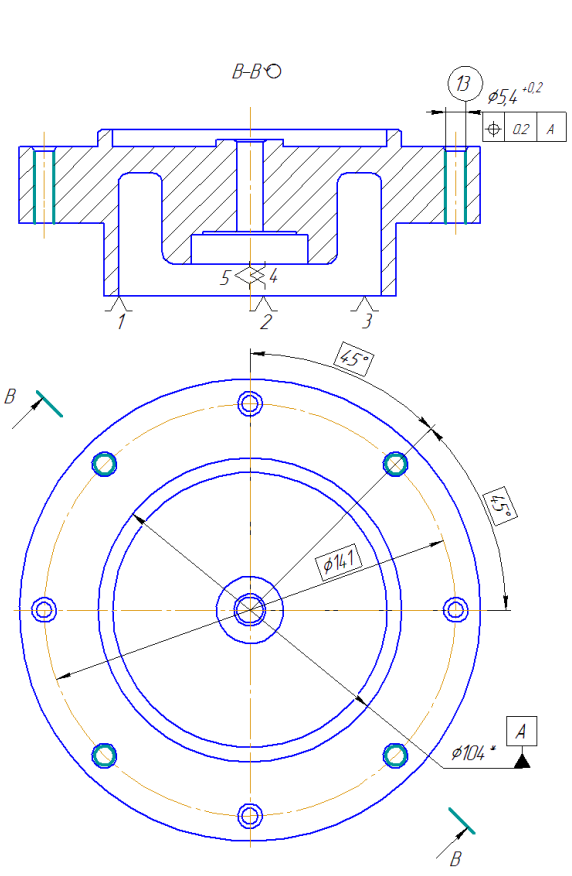
8	<p>Расточить поверхности 11, 12, выдерживая размеры $\varnothing 34^{+0,15}$ мм и $9,8 \pm 0,2$ мм.</p>	<p style="text-align: right;">$\sqrt{Ra\ 12,5}$</p>
9	<p>Расточить поверхности 13, 14, выдерживая размеры $\varnothing 29^{+0,4}$ мм и $12_{-0,2}$ мм.</p>	<p style="text-align: right;">$\sqrt{Rz\ 40}$</p>

10	<p>Расточить поверхности 15, 16, 17, выдерживая размеры $\varnothing 108^{+0,6}$ мм, $42^{+0,1}_{-0,5}$ мм, $\varnothing 60_{-0,6}$ мм, $R3 \pm 0,5$ мм и $R4 \pm 0,5$ мм.</p>	 <p>Technical drawing of a stepped shaft. The shaft has a total length of 42 mm with a tolerance of $\pm 0,1$ mm. It features three distinct diameters: an outer diameter of $\varnothing 108^{+0,6}$ mm, an intermediate diameter of $\varnothing 60_{-0,6}$ mm, and an inner diameter of $\varnothing 42^{+0,1}_{-0,5}$ mm. The outer diameter is labeled as surface 15, the intermediate diameter as surface 17, and the inner diameter as surface 16. The drawing shows chamfered ends (1, 2, 3) and chamfered transitions (4, 5) with radii $R3 \pm 0,5$ mm and $R4 \pm 0,5$ mm. A surface finish requirement of $\sqrt{Rz 40}$ is indicated for the outer diameter.</p>
020	<p><u>Токарная с ЧПУ с приводным инструментом</u></p> <p>Установить и снять заготовку</p> <p>1 Точить поверхности 1, 2 выдерживая размеры $\varnothing 105,2_{-0,5}$ мм и $5,3 \pm 0,15$ мм.</p>	 <p>Technical drawing of a cylindrical part. The diameter is $\varnothing 105,2_{-0,5}$ mm and the height is $5,3 \pm 0,15$ mm. The drawing shows chamfered ends (1, 2) and chamfered transitions (4, 5) with radii $R4 \pm 0,5$ mm and $R5 \pm 0,5$ mm. A surface finish requirement of $\sqrt{Ra 12,5}$ is indicated for the outer diameter.</p>

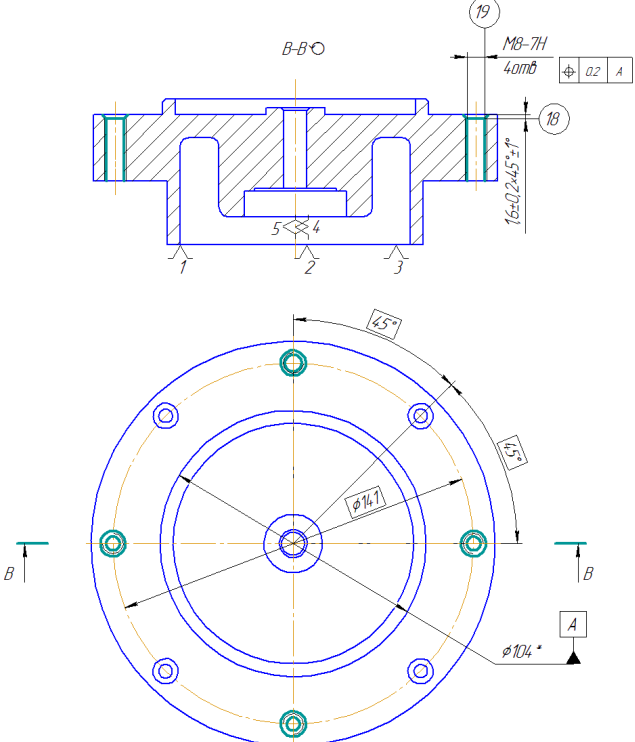
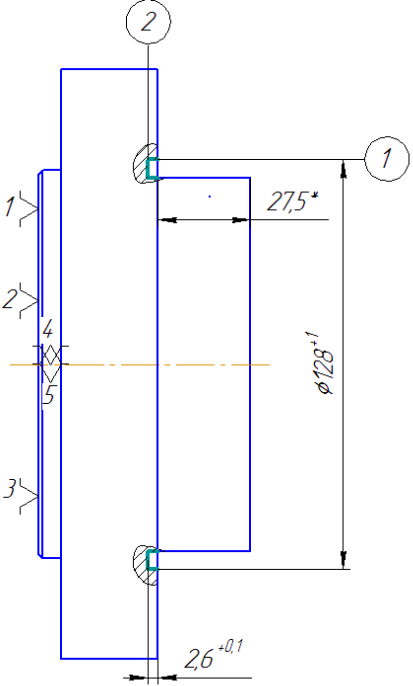
2	<p>Расточить поверхности 3, 4, выдерживая размеры $\varnothing 92,5^{+0,9}$ мм и $3,4 \pm 0,1$ мм.</p>	
3	<p>Расточить фаску 5, выдерживая размер $1,3 \pm 0,3 \times 45^\circ \pm 1^\circ$ мм.</p>	
4	<p>Расточить поверхности 6, 7, 8, выдерживая размеры $\varnothing 94^{+0,6}$ мм, $6 \pm 0,1$ мм и $\varnothing 23_{-0,4}$ мм.</p>	
5	<p>Точить поверхности 9, 10, выдерживая размеры $\varnothing 104_{-0,25}$ мм и $6 \pm 0,1$ мм.</p>	

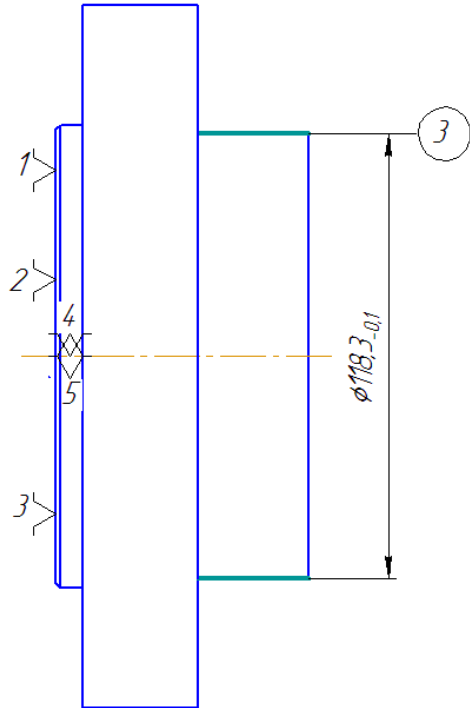
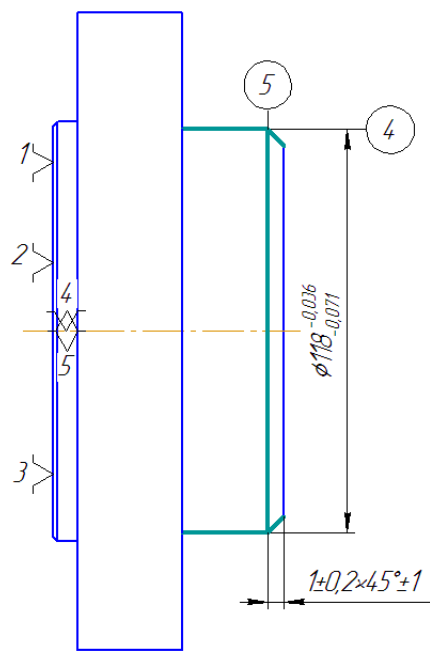
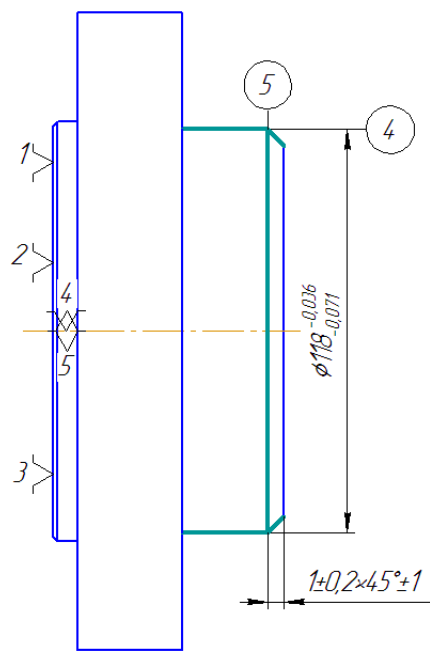
6	<p>Точить фаску 11, выдерживая размер $1 \pm 0,2 \times 45^\circ \pm 1^\circ$</p>	<p style="text-align: right;">$\sqrt{Ra\ 2,5}$</p>  <p>The drawing shows a shaft with a diameter of $\phi 104_{-0,25}$. A chamfered end is labeled 11 with a dimension of $1 \pm 0,2 \times 45^\circ \pm 1^\circ$. A diameter of $\phi 104_{-0,25}$ is indicated for a section of the shaft. A feature is labeled 9. A diameter of $6 \pm 0,1$ is shown for a section of the shaft. A feature is labeled 10. A feature is labeled 5, and a feature is labeled 4. Features 1, 2, and 3 are also indicated.</p>
---	--	--

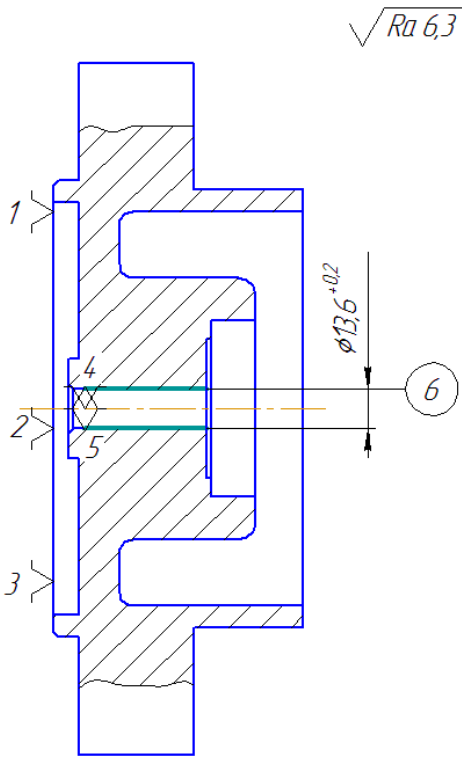
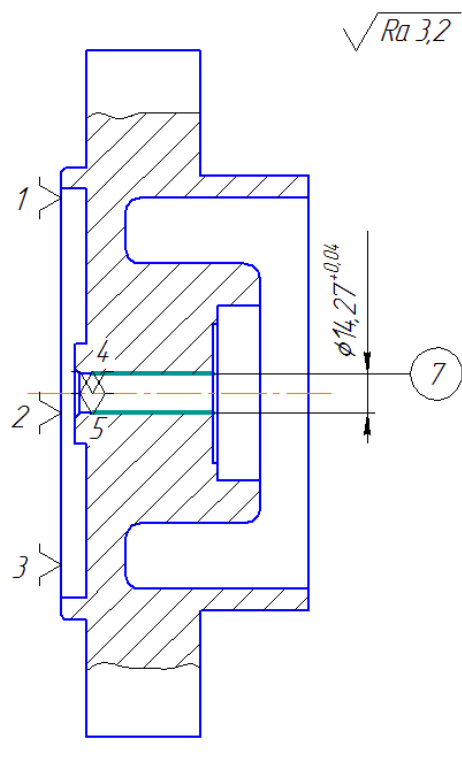
7	<p>Центровать 8 отверстий, выдерживая размеры $\varnothing 8,5 \text{ min}$ мм, $3,9^*$ мм, $\varnothing 4^{+0,12}$ мм и 5^* мм.</p>	<p>Technical drawing for task 7. The drawing shows a cross-section (B-B) and a top view of a part. The cross-section shows a central hole with a diameter of $\varnothing 4^{+0,12}$ mm and a depth of 5 mm. The outer diameter is $\varnothing 104^*$ mm. The distance from the center to the center of the holes is $\varnothing 85 \text{ min}$ mm. The holes have a diameter of $\varnothing 8,5 \text{ min}$ mm and a depth of 3,9 mm. The surface finish is $\sqrt{Rz 40}$. The top view shows the 8 holes arranged in a circle with a diameter of $\varnothing 104^*$ mm. The distance between adjacent holes is 45 degrees. The surface finish is $\sqrt{Rz 40}$. The drawing includes a section line B-B and a datum A.</p> <p>* Размер для справок</p>
8	<p>Сверлить 4 отверстия 12 на проход, выдерживая размер $\varnothing 6,85^{+0,22}$ мм.</p>	<p>Technical drawing for task 8. The drawing shows a cross-section (B-B) and a top view of a part. The cross-section shows a central hole with a diameter of $\varnothing 6,85^{+0,22}$ mm and a depth of 12 mm. The outer diameter is $\varnothing 104^*$ mm. The distance from the center to the center of the holes is $\varnothing 85^{+0,22}$ mm. The holes have a diameter of $\varnothing 6,85^{+0,22}$ mm and a depth of 12 mm. The surface finish is $\sqrt{Rz 40}$. The top view shows the 4 holes arranged in a circle with a diameter of $\varnothing 104^*$ mm. The distance between adjacent holes is 45 degrees. The surface finish is $\sqrt{Rz 40}$. The drawing includes a section line B-B and a datum A.</p> <p>* Размер для справок</p>

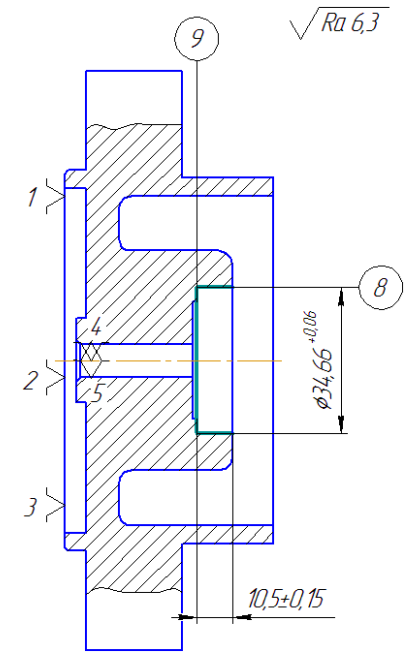
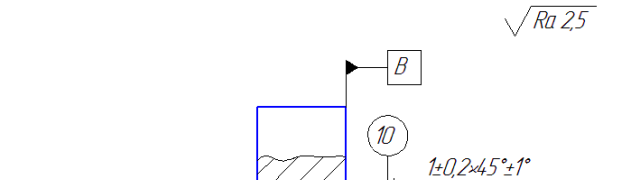
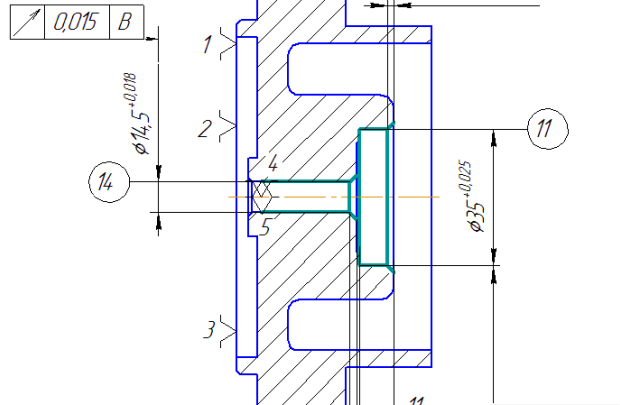
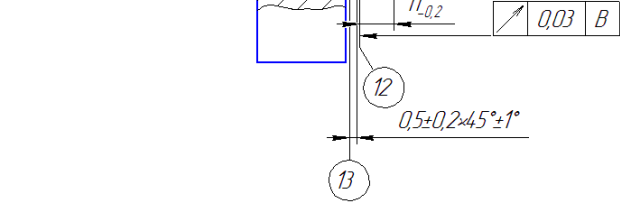
9	<p>Сверлить 4 отверстия 13 на проход, выдерживая размер $\varnothing 5,4^{+0,2}$ мм.</p>	 <p>Technical drawing showing a cross-section (B-B) and a top view of a mechanical part. The cross-section shows a central hole with diameter 13 and four side holes with diameter $\varnothing 5,4^{+0,2}$. The top view shows a circular part with four holes, a central hole of diameter $\varnothing 14,1$, and an outer diameter of $\varnothing 104^*$. Surface texture is indicated as $\sqrt{Rz 40}$. A note at the bottom right states: * Размер для справок.</p>
10	<p>Цековать поверхности 14, 15 в 4^х отверстиях $\varnothing 5,4^{+0,2}$, выдерживая размеры $\varnothing 10^{+0,4}$ мм и $6 \pm 0,1$ мм.</p>	

<p>11</p>	<p>Зенковать 4 отверстия $\varnothing 10^{+0,4}$ фаской 16, выдерживая размер $0,3 \pm 0,2 \times 45^\circ \pm 1^\circ$ мм.</p>	
<p>12</p>	<p>Зенковать 4 отверстия $\varnothing 5,4^{+0,2}$ фаской 17, выдерживая размер $0,3 \pm 0,2 \times 45^\circ \pm 1^\circ$ мм.</p>	
<p>13</p>	<p>Зенковать 4 отверстия $\varnothing 6,85^{+0,22}$ фаской 18, выдерживая размер $1,6 \pm 0,2 \times 45^\circ \pm 1^\circ$ мм.</p>	

14	<p>Нарезать резьбу в 4^х отверстия $\varnothing 6,85^{+0,22}$ на проход, выдерживая размер М8-7Н.</p>	<p style="text-align: right;">$\sqrt{Rz\ 40}$</p>  <p style="text-align: right;">* Размер для справок</p>
025	<p><u>Токарная с ЧПУ</u></p> <p>Установить и снять заготовку</p> <p>1 Расточить поверхности 1, 2 выдерживая размеры $\varnothing 128^{+1}$ мм и $2,6^{+0,1}$ мм.</p>	<p style="text-align: right;">$\sqrt{Rz\ 40}$</p>  <p style="text-align: right;">* Размер для справок</p>

<p>2</p>	<p>Обточить поверхность 3, выдерживая размер $\varnothing 118,3_{-0,1}$ мм.</p>	<p style="text-align: right;">$\sqrt{Ra\ 3,2}$</p> 
<p>3</p>	<p>Обточить поверхность 4, выдерживая размер $\varnothing 118f7(-0.036_{-0.071})$ мм.</p>	<p style="text-align: right;">$\sqrt{Ra\ 2,5}$</p> 
<p>4</p>	<p>Точить фаску 5, выдерживая размер $1 \pm 0,2 \times 45^\circ \pm 1^\circ$ мм.</p>	

5	<p>Расточить поверхность 6, выдерживая размер $\varnothing 13,6^{+0,2}$ мм.</p>	 <p>$\sqrt{Ra\ 6,3}$</p> <p>$\varnothing 13,6^{+0,2}$</p> <p>6</p>
6	<p>Расточить поверхность 7, выдерживая размер $\varnothing 14,27^{+0,04}$ мм.</p>	 <p>$\sqrt{Ra\ 3,2}$</p> <p>$\varnothing 14,27^{+0,04}$</p> <p>7</p>

7	<p>Расточить поверхности 8, 9, выдерживая размеры $\varnothing 34,66^{+0,06}$ мм и $10,5 \pm 0,15$ мм.</p>	
8	<p>Расточить фаску 10, выдерживая размер $1 \pm 0,2 \times 45^\circ \pm 1^\circ$ мм.</p>	
9	<p>Расточить поверхности 11, 12, выдерживая размеры $\varnothing 35^{+0,025}$ мм, $11_{-0,2}$ мм.</p>	
10	<p>Расточить фаску 13, выдерживая размер $0,5 \pm 0,2 \times 45^\circ \pm 1^\circ$ мм.</p>	

	11	<p>Расточить поверхность 14, выдерживая размер $\varnothing 14,5^{+0,018}$ мм.</p>	
030	1	<p><u>Сверлильная</u></p> <p>Установить и снять заготовку</p> <p>Зенковать 4 отверстия М8-7Н фаской 1, выдерживая размер $1,6 \pm 0,2 \times 45^\circ \pm 1^\circ$ мм.</p>	<p style="text-align: center;">B-B</p> <p style="text-align: center;">* Размер для справок</p>
	2	<p>Зенковать 4 отверстия $\varnothing 5,4^{+0,2}$ фаской 2, выдерживая размер $0,3 \pm 0,2 \times 45^\circ \pm 1^\circ$ мм.</p>	

1.8 Выбор оборудования

Ленточнопильный станок автоматический Cosen модели АН – 320Н

Паспортные данные станка:

Максимальный диаметр круглого профиля при резке 90° - 320 мм;

Длина полотна - 4242 мм;

Ширина полотна – 34 мм;

Толщина полотна – 1,1 мм;

Скорость движения полотна - 15-80 м/мин;

Мощность – 3,75 кВт.

Станок токарно – револьверный модели 1341

Наибольший диаметр детали, обрабатываемой в патроне – 380 мм;

Количество гнезд в револьверной головке – 16;

Диаметр инструментального отверстия – 30 мм, 40 мм;

Число оборотов шпинделя в минуту:

I диапазон, прямое вращение, об/мин – 60; 100; 475; 800

II диапазон, прямое вращение, об/мин – 150; 256; 1180; 2000.

Продольная подача револьверной головки, мм/об – 0,05; 0,1; 0,2; 0,4; 0,8; 1,2; 1,6.

Поперечная подача револьверной головки, мм/об – 0,03; 0,06; 0,12; 0,24; 0,48.

Мощность привода главного движения – 5,5 кВт.

Станок токарный с ЧПУ модели QTS 300 MAZAK

Паспортные данные станка:

Наибольший диаметр устанавливаемого изделия – 720 мм;

Наибольший диаметр обрабатываемого изделия – 420 мм;

Наибольшая длина обрабатываемого изделия – 1282 мм;

Диаметр прутка, проходящего через отверстие в шпинделе – 80 мм;

Верхняя револьверная головка, количество инструмента – 12;

Конус Морзе задней пиноли – 5 (с переходными втулками 2,3);

Державка – 25x25 мм;

Мощность главного электродвигателя – 26 кВт.

Станок вертикальный токарно – револьверный с ЧПУ модели VTL – 30M

Паспортные данные станка:

Максимальный диаметр обработки – 425 мм;

Максимальная частота вращения шпинделя – 4000 об/мин;

Количество гнезд в револьверной головке – 12;

Державка – 25x25 мм;

Мощность главного электродвигателя – 22 кВт.

Станок настольно - сверлильный модели НС-12А

Паспортные данные станка:

Наибольший диаметр сверления – 12 мм;

Наибольшее расстояние от торца шпинделя до стола – 20-420 мм;

Частота вращения шпинделя, об/мин – 450; 710; 1400; 2500; 4500.

Конус шпинделя – Морзе 2;

Мощность главного электродвигателя – 0,65 кВт.

1.9 Расчет и назначение режимов резания

При назначении элементов режимов резания учитывают тип и размеры инструмента, материал режущей части инструмента, характер обработки, материал и состояние заготовки, тип и состояние оборудования. Составляющие режима резания как правило устанавливают в следующем порядке: глубина резания t , подача, скорость резания.

Операция 005 «Заготовительная»

Оборудование: Ленточнопильный станок модели АН-320Н. Мощность мотора – 3,75 кВт; максимальная вместимость D – 320 мм; полотно пилы: скорость – 20-80 м/мин, размер - 4242*34*1,1 мм. Качественное биметаллическое ленточное полотно Honsberg M42 4242x34x1.1 (Германия), производится с использованием высоколегированного хромом (~4%) материала подложки и режущей кромки из быстрорежущей инструментальной стали M42 / Bimetal с 8 % содержанием кобальта.

Твердость зуба примерно 68 HRc, комбинированная с прочным материалом подложки с повышенной усталостной прочностью при изгибе, хорошо подходит для резки большинства рядовых марок стали с твердостью до ~ 45 HRc любых диаметров. Приведенные режимы для разрезания выбираем из справочных данных для данного материала.

Подача (S) ≤ 140 мм/мин, [2, с.425]

Принимаем S=40 мм/мин.

Скорость резания (V) 15 – 40 м/мин, [2, с.425]

По паспорту станка принимаем V = 40 м/мин.

Операция 010 «Токарная».

Оборудование: Токарно – револьверный станок модели 1341. Мощность привода главного движения – 5,5 кВт, наибольший диаметр детали, обрабатываемой в патроне: над верхней частью суппорта – 380 мм, над станиной – 400 мм.

Режущий инструмент - резец проходной 2101 – 0005 ВК6 ГОСТ 18879-73.

Обрабатываемый материал – Д16.Т ГОСТ 21488 – 97.

Операция 010 переход 1

1. Общая глубина резания: $t = Z_{1,1}^c = 2,52 \text{ мм} \approx 2,5 \text{ мм}$.

Количество рабочих ходов – 2;

Глубина резания: $t_1 = 1,5 \text{ мм}$; $t_2 = 1 \text{ мм}$

2. Подача для данной глубины резания: $S_1=S_2 = 0,51$ мм/об [2, с.366]; принимаем по паспорту станка $S = 0,48$ мм/об

3. Расчетная формула, скорости резания, м/мин [2, с.363

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

где T - стойкость инструмента, мин; t - глубина резания, мм; S - подача, мм/об;

C_V - постоянный коэффициент; m , x , y - показатели степени;

K_V - общий поправочный коэффициент на скорость резания учитывающий фактические условия резания. [2, с.369]

$$K_V = K_{MV} \cdot K_{ПВ} \cdot K_{ИВ},$$

где K_{MV} – коэффициент учитывающий влияние материала заготовки.

$$K_{MV} = 0,8 \quad [2, \text{с.360}]$$

$$K_{ПВ} - \text{коэффициент учитывающий состояние поверхности, } K_{ПВ} = 0,9; \quad [2, \text{с.361}]$$

$$K_{ИВ} - \text{коэффициент учитывающий материал инструмента, } K_{ИВ} = 2,7 \quad [2, \text{с.361}]$$

$$K_V = 0,8 \cdot 0,9 \cdot 2,7 = 1,944$$

Период стойкости инструмента принимаем: $T = 60$ мин. [2, с.363]

Значения коэффициентов: $C_V = 328$; $m = 0,28$; $x = 0,12$; $y = 0,5$

$$V_1 = \frac{C_V}{T^m \cdot t_1^x \cdot S_1^y} \cdot K_V = \frac{328}{60^{0,28} \cdot 1,5^{0,12} \cdot 0,48^{0,5}} \cdot 1,944 = 278,57 \frac{\text{м}}{\text{мин}} \approx 280 \frac{\text{м}}{\text{мин}}$$

$$V_2 = \frac{C_V}{T^m \cdot t_2^x \cdot S_2^y} \cdot K_V = \frac{328}{60^{0,28} \cdot 1^{0,12} \cdot 0,48^{0,5}} \cdot 1,944 = 292,46 \frac{\text{м}}{\text{мин}} \approx 290 \frac{\text{м}}{\text{мин}}$$

4. Расчётное число оборотов шпинделя

$$n_1 = \frac{1000 \cdot V_1}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 280}{3,14 \cdot 160} = 557 \frac{\text{об}}{\text{мин}}$$

$$n_2 = \frac{1000 \cdot V_2}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 290}{3,14 \cdot 160} = 557 \frac{\text{об}}{\text{мин}}$$

Из паспорта станка принимаем $n_1 = n_2 = 475 \frac{\text{об}}{\text{мин}}$.

5. Фактическая скорость резания:

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 160 \cdot 475}{1000} = 240 \frac{\text{м}}{\text{мин}}$$

6. Силы резания рассчитываются по формуле:

$$P_z = 10 \cdot C_P \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_P, \quad [2, \text{с.371}]$$

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

$$K_P = K_{mp} \cdot K_{\varphi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{rp} \quad [2, \text{с.371}]$$

$$K_{mp}=2,75; \quad K_{\varphi p}=0,94; \quad K_{\gamma p}=1; \quad K_{\lambda p}=1; \quad K_{rp}=0,93 \quad [2, \text{с.374}]$$

$$K_P = K_{mp} \cdot K_{\varphi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{rp} = 2,75 \cdot 0,94 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,93 = 2,4$$

$$C_P=40, \quad x=1, \quad y=0,75, \quad n=0 \quad [2, \text{с.373}]$$

$$P_{z1} = 10 \cdot C_P \cdot t_1^x \cdot S_1^y \cdot V^n \cdot K_P = 10 \cdot 40 \cdot 1,5^1 \cdot 0,48^{0,75} \cdot 240^0 \cdot 2,4 = 830 \text{ Н}$$

$$P_{z2} = 10 \cdot C_P \cdot t_2^x \cdot S_2^y \cdot V^n \cdot K_P = 10 \cdot 40 \cdot 1^1 \cdot 0,48^{0,75} \cdot 240^0 \cdot 2,4 = 554 \text{ Н}$$

7. Мощность резания: $[2, \text{с.371}]$

$$N_{\text{рез.1}} = \frac{P_{z1} \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{830 \cdot 240}{1020 \cdot 60} = 3,2 \text{ кВт.}$$

$$N_{\text{рез.2}} = \frac{P_{z2} \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{554 \cdot 240}{1020 \cdot 60} = 2,2 \text{ кВт.}$$

Проверка по мощности:

$$N_{\text{рез}} \leq N_{\text{ст}};$$

$N_{\text{ст}}$ - мощность на шпинделе станка;

$N_{\text{дв}}$ - мощность двигателя главного движения станка;

$$N_{\text{ст}} = N_{\text{дв}} \cdot \eta = 5,5 \cdot 0,9 = 4,95 \text{ кВт}$$

Примем минимальное значение КПД станка $\eta = 0,9$.

$$3,2 < 4,95.$$

Операция 010 переход 2

1. Глубина резания: $t = \frac{D_0^c - D_{1,2}^c}{2} = \frac{159,2 - 157}{2} = 1,1$ мм.

2. Подача для данной глубины резания: $S = 1,4$ мм/об [2, с.364]; принимаем по паспорту станка $S = 1,2$ мм/об

3. Расчетная формула, скорости резания, м/мин [2, с.363];

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

где T - стойкость инструмента, мин; t - глубина резания, мм; S - подача, мм/об;

C_V - постоянный коэффициент; m , x , y - показатели степени;

K_V - общий поправочный коэффициент на скорость резания учитывающий фактические условия резания. [2, с.369]

$$K_V = K_{MV} \cdot K_{ПV} \cdot K_{ИV},$$

где K_{MV} - коэффициент учитывающий влияние материала заготовки.

$$K_{MV} = 0,8 \quad [2, \text{с.360}]$$

$K_{ПV}$ - коэффициент учитывающий состояние поверхности, $K_{ПV} = 0,9$; [2, с.361]

$K_{ИV}$ - коэффициент учитывающий материал инструмента, $K_{ИV} = 2,7$ [2, с.361]

$$K_V = 0,8 \cdot 0,9 \cdot 2,7 = 1,944$$

Период стойкости инструмента принимаем: $T = 60$ мин. [2, с.363]

Значения коэффициентов: $C_V = 328$; $m = 0,28$; $x = 0,12$; $y = 0,5$

$$V = \frac{C_V}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_V = \frac{328}{60^{0,28} \cdot 1,1^{0,12} \cdot 1,2^{0,5}} \cdot 1,944 = 183 \frac{\text{м}}{\text{мин}}$$

Принимаем $V = 180 \frac{\text{м}}{\text{мин}}$

1. Расчётное число оборотов шпинделя

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 180}{3,14 \cdot 160} = 358,3 \frac{\text{об}}{\text{мин}}$$

Из паспорта станка принимаем $n = 256 \frac{\text{об}}{\text{мин}}$.

5. Фактическая скорость резания:

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 160 \cdot 256}{1000} = 130 \frac{\text{м}}{\text{мин}}$$

6. Силы резания рассчитываются по формуле:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p, \quad [2, \text{с.371}]$$

где K_p – поправочный коэффициент, представляющий собой произведение ряда коэффициентов, учитывающих фактические условия резания [2, с.371]

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

$$K_{mp}=2,75; K_{\varphi p}=0,94; K_{\gamma p}=1; K_{\lambda p}=1; K_{rp}=0,93 \quad [2, \text{с.374}]$$

$$K_p = K_{mp} \cdot K_{\varphi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{rp} = 2,75 \cdot 0,94 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,93 = 2,4$$

$$C_p=40, x=1, y=0,75, n=0 \quad [2, \text{с.373}]$$

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p = 10 \cdot 40 \cdot 1,1^1 \cdot 1,2^{0,75} \cdot 130^0 \cdot 2,4 = 1210,74 \text{ Н}$$

7. Мощность резания: [2, с.371]

$$N_{\text{рез}} = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{1210,74 \cdot 130}{1020 \cdot 60} = 2,6 \text{ кВт.}$$

Проверка по мощности:

$$N_{\text{рез}} \leq N_{\text{ст}};$$

$N_{\text{ст}}$ - мощность на шпинделе станка;

$N_{\text{дв}}$ - мощность двигателя главного движения станка;

$$N_{\text{ст}} = N_{\text{дв}} \cdot \eta = 5,5 \cdot 0,9 = 4,95 \text{ кВт}$$

Примем минимальное значение КПД станка $\eta = 0,9$.

$$2,6 < 4,95.$$

Обработка на данном станке при назначенных режимах возможна.

Операция 015 «Токарная с ЧПУ».

Оборудование: Станок токарный с ЧПУ модели QTS 300 MAZAK. Мощность главного электродвигателя – 26 кВт, наибольший диаметр обрабатываемого изделия – 420 мм, максимальная частота вращения шпинделя 4000 об/мин, верхняя револьверная головка, количество инструмента – 12, державка 25×25.

Для выбора металлорежущего инструмента воспользуемся каталогом компании Tungaloy. Однако, классических расчет режимов резания не подходит, т.к. нет данных по коэффициентам для твердосплавных пластин Tungaloy. Значит, для выбранного инструмента, режимы назначаем согласно рекомендациям Tungaloy.

Операция 015 переход 1

1. Режущий инструмент:

- державка ACLNR2525M12-A
- пластина CNGG 120408R-P, материал GH110

Обрабатываемый материал – Д16.Т ГОСТ 21488 – 97.

2. Глубина резания: $t = Z_{2.1}^c = 1,095 \text{ мм} \approx 1,1 \text{ мм}$.

3. Рекомендуемая подача для данной глубины резания: $S = 0,3 \text{ мм/об}$.

4. Рекомендуемая скорость резания 600 м/мин.

5. Расчётное число оборотов шпинделя

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 600}{3,14 \cdot 160} = 1194,27 \frac{\text{об}}{\text{мин}}$$

Т.к. максимальная частота вращения шпинделя составляет 4000 об/мин, следовательно, принимаем $n = 1200$ об/мин.

Тогда, фактическая скорость резания

$$V_{\phi} = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 160 \cdot 1200}{1000} = 600 \frac{\text{м}}{\text{мин}}$$

6. Силы резания рассчитываются по формуле:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p, \quad [2, \text{с.371}]$$

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

$$K_p = K_{mp} \cdot K_{\varphi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{rp} \quad [2, \text{с.371}]$$

$$K_{mp}=2,75; \quad K_{\varphi p}=0,89; \quad K_{\gamma p}=1; \quad K_{\lambda p}=1; \quad K_{rp}=0,93 \quad [2, \text{с.374}]$$

$$K_p = K_{mp} \cdot K_{\varphi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{rp} = 2,75 \cdot 0,89 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,93 = 2,3$$

$$C_p=40, \quad x=1, \quad y=0,75, \quad n=0 \quad [2, \text{с.373}]$$

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p = 10 \cdot 40 \cdot 1,1^1 \cdot 0,3^{0,75} \cdot 600^0 \cdot 2,3 = 410 \text{ Н.}$$

7. Мощность резания: $[2, \text{с.371}]$

$$N_{\text{рез}} = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{410 \cdot 600}{1020 \cdot 60} = 4 \text{ кВт.}$$

Проверка по мощности:

$$N_{\text{рез}} \leq N_{\text{ст}};$$

$N_{\text{ст}}$ - мощность на шпинделе станка;

$N_{\text{дв}}$ - мощность двигателя главного движения станка;

Примем минимальное значение КПД станка $\eta = 0,9$, тогда

$$N_{\text{ст}} = N_{\text{дв}} \cdot \eta = 26 \cdot 0,9 = 23,4 \text{ кВт}$$

$$4 < 23,4.$$

Операция 015 переход 2

1. Режущий инструмент:

- державка ACLNR2525M12-A

- пластина CNGG 120408R-P, материал GH110

Обрабатываемый материал – Д16.Т ГОСТ 21488 – 97.

2. Глубина резания: $t = \frac{D_{1,2}^c - D_{2,2}^c}{2} = \frac{157 - 155,5}{2} = 0,75 \text{ мм.}$

3. Рекомендуемая подача для данной глубины резания: $S = 0,3 \text{ мм/об.}$

4. Рекомендуемая скорость резания 600 м/мин.

5. Расчётное число оборотов шпинделя

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 600}{3,14 \cdot 157} = 1217 \frac{\text{об}}{\text{мин}}.$$

Фактическая скорость резания $V_{\text{ф}} = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 157 \cdot 1217}{1000} = 600 \frac{\text{м}}{\text{мин}}$

6. Силы резания рассчитываются по формуле:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p, \quad [2, \text{с.371}]$$

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

$$K_p = K_{mp} \cdot K_{\varphi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{rp} \quad [2, \text{с.371}]$$

$$K_{mp}=2,75; K_{\varphi p}=0,89; K_{\gamma p}=1; K_{\lambda p}=1; K_{rp}=0,93 \quad [2, \text{с.374}]$$

$$K_p = K_{mp} \cdot K_{\varphi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{rp} = 2,75 \cdot 0,89 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,93 = 2,3$$

$$C_p=40, x=1, y=0,75, n=0 \quad [2, \text{с.373}]$$

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p = 10 \cdot 40 \cdot 0,75^1 \cdot 0,3^{0,75} \cdot 600^0 \cdot 2,3 = 280 \text{ Н.}$$

7. Мощность резания: $[2, \text{с.371}]$

$$N_{\text{рез}} = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{280 \cdot 600}{1020 \cdot 60} = 2,7 \text{ кВт.}$$

Проверка по мощности:

$$N_{\text{рез}} \leq N_{\text{ст}};$$

$N_{\text{ст}}$ - мощность на шпинделе станка;

$N_{\text{дв}}$ - мощность двигателя главного движения станка;

Примем минимальное значение КПД станка $\eta = 0,9$, тогда

$$N_{\text{ст}} = N_{\text{дв}} \cdot \eta = 26 \cdot 0,9 = 23,4 \text{ кВт}$$

$$2,7 < 23,4.$$

Операция 015 переход 3

1. Режущий инструмент:

- державка ACLNR2525M12-A

- пластина CNGG 120408R-P, материал GH110

Обрабатываемый материал – Д16.Т ГОСТ 21488 – 97.

2. Общая глубина резания: $t = \frac{D_{2.2}^c - D_{2.3}^c}{2} = \frac{155,5 - 119,85}{2} = 17,825 \approx 17,8 \text{ мм.}$

Количество рабочих ходов – 6;

Глубина резания: $t=3$ мм.

3. Рекомендуемая подача для данной глубины резания: $S = 0,4$ мм/об.

4. Рекомендуемая скорость резания 800 м/мин.

5. Расчётное число оборотов шпинделя

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 800}{3,14 \cdot 156} = 1633,2 \frac{\text{об}}{\text{мин}}$$

Принимаем $n = 1630$ об/мин,

Тогда, фактическая скорость резания $V_{\phi} = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 156 \cdot 1630}{1000} = 800 \frac{\text{м}}{\text{мин}}$.

6. Силы резания рассчитываются по формуле:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p, \quad [2, \text{с.371}]$$

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

$$K_p = K_{mp} \cdot K_{\phi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{rp} \quad [2, \text{с.371}]$$

$$K_{mp}=2,75; \quad K_{\phi p}=0,89; \quad K_{\gamma p}=1; \quad K_{\lambda p}=1; \quad K_{rp}=0,93 \quad [2, \text{с.374}]$$

$$K_p = K_{mp} \cdot K_{\phi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{rp} = 2,75 \cdot 0,89 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,93 = 2,3$$

$$C_p=40, \quad x=1, \quad y=0,75, \quad n=0 \quad [2, \text{с.373}]$$

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p = 10 \cdot 40 \cdot 3^1 \cdot 0,4^{0,75} \cdot 800^0 \cdot 2,3 = 1388 \text{ Н.}$$

7. Мощность резания: $[2, \text{с.371}]$

$$N_{\text{рез}} = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{1388 \cdot 800}{1020 \cdot 60} = 18 \text{ кВт.}$$

Проверка по мощности:

$$N_{\text{рез}} \leq N_{\text{ст}};$$

$N_{\text{ст}}$ - мощность на шпинделе станка;

$N_{\text{дв}}$ - мощность двигателя главного движения станка;

Примем минимальное значение КПД станка $\eta = 0,9$, тогда

$$N_{\text{ст}} = N_{\text{дв}} \cdot \eta = 26 \cdot 0,9 = 23,4 \text{ кВт}$$

$$18 < 23,4.$$

Операция 015 переход 4

1. Режущий инструмент:

- державка DDQNR2525M15

- пластина DNGG 150404 - 01, материал GH110

Обрабатываемый материал – Д16.Т ГОСТ 21488 – 97.

2. Глубина резания: $t = \frac{D_{2,3}^c - D_{2,4}^c}{2} = \frac{119,85 - 118,8}{2} = 0,525 \approx 0,5 \text{ мм.}$

3. Рекомендуемая подача для данной глубины резания: $S = 0,1 \text{ мм/об.}$

4. Рекомендуемая скорость резания 600 м/мин.

5. Расчётное число оборотов шпинделя

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 600}{3,14 \cdot 120,1} = 1591 \frac{\text{об}}{\text{мин}}.$$

Принимаем $n = 1600 \text{ об/мин,}$

Тогда, фактическая скорость резания $V_{\text{ф}} = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 120,1 \cdot 1600}{1000} = 603 \frac{\text{м}}{\text{мин}}.$

6. Силы резания рассчитываются по формуле:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p, \quad [2, \text{с.371}]$$

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

$$K_p = K_{mp} \cdot K_{\varphi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{rp} \quad [2, \text{с.371}]$$

$$K_{mp}=2,75; K_{\varphi p}=0,94; K_{\gamma p}=1; K_{\lambda p}=1; K_{rp}=0,87 \quad [2, \text{с.374}]$$

$$K_p = K_{mp} \cdot K_{\varphi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{rp} = 2,75 \cdot 0,94 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,87 = 2,2$$

$$C_p=40, x=1, y=0,75, n=0 \quad [2, \text{с.373}]$$

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p = 10 \cdot 40 \cdot 0,5^1 \cdot 0,1^{0,75} \cdot 603^0 \cdot 2,2 = 78 \text{ Н}$$

7. Мощность резания: $[2, \text{с.371}]$

$$N_{\text{рез}} = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{78 \cdot 603}{1020 \cdot 60} = 0,8 \text{ кВт.}$$

Проверка по мощности:

$$N_{\text{рез}} \leq N_{\text{ст}};$$

$N_{\text{ст}}$ - мощность на шпинделе станка;

$N_{\text{дв}}$ - мощность двигателя главного движения станка;

Примем минимальное значение КПД станка $\eta = 0,9$, тогда

$$N_{\text{ст}} = N_{\text{дв}} \cdot \eta = 26 \cdot 0,9 = 23,4 \text{ кВт}$$

$$0,8 < 23,4.$$

Операция 015 переход 5

1. Режущий инструмент: сверло центровочное $\varnothing 4$ мм 2317 – 0107 ГОСТ14952 – 75, материал – Р6М5

Обрабатываемый материал – Д16.Т ГОСТ 21488 – 97.

2. Глубина резания: $t = \frac{D}{2} = \frac{4}{2} = 2$ мм.

3. Подача $S = 0,18$ мм/об.

4. Скорость резания определяется по формуле:

$$V = \frac{C_V \cdot D^q}{T^m \cdot S^y} \cdot K_V, \quad [2, \text{с.382}]$$

где $T = 20$ – период стойкости инструмента;

$$C_V = 21,8; q = 0,25; y = 0,55; m = 0,125.$$

$$K_V = K_{MV} \cdot K_{IV} \cdot K_{IV} = 0,8 \cdot 1 \cdot 1 = 0,8$$

$$V = \frac{21,8 \cdot 4^{0,25}}{20^{0,125} \cdot 0,18^{0,55}} \cdot 0,8 = 43,55 \text{ м/мин.}$$

5. Число оборотов шпинделя

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 43,55}{3,14 \cdot 4} = 3467,4 \text{ об/мин.}$$

Принимаем $n = 3470$ об/мин.

$$\text{Фактическая скорость резания } V = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 4 \cdot 3470}{1000} = 46 \text{ м/мин.}$$

6. Расчет осевой силы резания и крутящего момента:

$$P_0 = 10 C_p D^q S^y K_p = 10 \cdot 9,8 \cdot 4^1 \cdot 0,18^{0,7} \cdot 2,75 = 324,6 \text{ Н.}$$

$$M_{кр} = 10 C_m D^q S^y K_p = 10 \cdot 0,005 \cdot 4^2 \cdot 0,18^{0,8} \cdot 2,75 = 0,6 \text{ Нм.}$$

7. Мощность резания

$$N_{рез} = \frac{M_{кр} \cdot n}{9750} = \frac{0,6 \cdot 3470}{9750} = 0,2 \text{ кВт}$$

Проверка по мощности:

$$N_{рез} \leq N_{ст};$$

$N_{ст}$ - мощность на шпинделе станка;

$N_{дв}$ - мощность двигателя главного движения станка;

Примем минимальное значение КПД станка $\eta = 0,9$, тогда

$$N_{\text{ст}} = N_{\text{дв}} \cdot \eta = 26 \cdot 0,9 = 23,4 \text{ кВт}$$

$$0,2 < 23,4.$$

Операция 015 переход 6

1. Режущий инструмент: сверло спиральное с цилиндрическим хвостовиком для обработки легких сплавов $\varnothing 12,9$ мм СЦ0397А, материал – Р6М5. (Каталог «ТИЗ» «Инструмент высокоточный с вышлифованным профилем».)

Обрабатываемый материал – Д16.Т ГОСТ 21488 – 97.

2. Глубина резания: $t = \frac{D_{\text{св}}}{2} = \frac{12,9}{2} = 6,4$ мм.

3. Подача $S = 0,315$ мм/об.

4. Скорость резания $V = 65$ м/мин.

5. Число оборотов шпинделя

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 65}{3,14 \cdot 12,9} = 1617,2 \text{ об/мин.}$$

Принимаем $n = 1620$ об/мин.

Фактическая скорость резания $V = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 12,9 \cdot 1620}{1000} = 65,1$ м/мин.

6. Расчет осевой силы резания и крутящего момента:

$$P_o = 10C_p D^q S^y K_p = 10 \cdot 9,8 \cdot 12,9^1 \cdot 0,315^{0,7} \cdot 2,75 = 1536,7 \text{ Н}$$

$$M_{\text{кр}} = 10C_m D^q S^y K_p = 10 \cdot 0,005 \cdot 12,9^2 \cdot 0,315^{0,8} \cdot 2,75 = 8,9 \text{ Нм.}$$

7. Мощность резания

$$N_{\text{рез}} = \frac{M_{\text{кр}} \cdot n}{9750} = \frac{8,9 \cdot 1620}{9750} = 1,5 \text{ кВт}$$

Проверка по мощности:

$$N_{\text{рез}} \leq N_{\text{ст}};$$

$N_{ст}$ - мощность на шпинделе станка;

$N_{дв}$ - мощность двигателя главного движения станка;

Примем минимальное значение КПД станка $\eta = 0,9$, тогда

$$N_{ст} = N_{дв} \cdot \eta = 26 \cdot 0,9 = 23,4 \text{ кВт}$$
$$1,5 < 23,4.$$

Операция 015 переход 7

1. Режущий инструмент:

- державка A10K-SCLCR06-D120

- пластина CCGT060204-AL, материал KS05F

Обрабатываемый материал – Д16.Т ГОСТ 21488 – 97.

2. Общая глубина резания: $t = \frac{D_{2,7}^c - D_{2,6}^c}{2} = \frac{106,9 - 12,95}{2} = 46,975 \approx 47 \text{ мм.}$

Количество рабочих ходов – 12;

Глубина резания: $t_{1-11} = 4 \text{ мм; } t_{12} = 3 \text{ мм.}$

3. Рекомендуемая подача для данной глубины резания: $S = 0,4 \text{ мм/об}$

4. Расчетная формула, скорости резания, м/мин [2, с.363]

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

где T- стойкость инструмента, мин; t- глубина резания, мм; S - подача, мм/об;

C_V - постоянный коэффициент; m, x, y- показатели степени;

K_V - общий поправочный коэффициент на скорость резания учитывающий фактические условия резания [2, с.369]

$$K_V = K_{MV} \cdot K_{ПВ} \cdot K_{ИВ} ,$$

где K_{MV} – коэффициент учитывающий влияние материала заготовки.

$$K_{MV} = 0,8 \text{ [2, с.360]}$$

$K_{ПВ}$ - коэффициент учитывающий состояние поверхности, $K_{ПВ} = 1$; [2, с.361]

$K_{ИВ}$ - коэффициент учитывающий материал инструмента, $K_{ИВ} = 2,7$ [2, с.361]

$$K_V = 0,8 \cdot 1 \cdot 2,7 = 2,16$$

Период стойкости инструмента принимаем: $T = 60$ мин. [2, с.363]

Значения коэффициентов: $C_V = 328$; $m = 0,28$; $x = 0,12$; $y = 0,5$

$$V_{1-11} = \frac{C_V}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_V = \frac{328}{60^{0,28} \cdot 4^{0,12} \cdot 0,4^{0,5}} \cdot 2,16 = 301,4 \frac{\text{м}}{\text{мин}}$$

$$V_{12} = \frac{C_V}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_V = \frac{328}{60^{0,28} \cdot 3^{0,12} \cdot 0,4^{0,5}} \cdot 2,16 = 312 \frac{\text{м}}{\text{мин}}$$

5. Расчётное число оборотов шпинделя

$$n_{1-11} = \frac{1000 \cdot V_{1-11}}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 300}{3,14 \cdot 100,9} = 947 \frac{\text{об}}{\text{мин}};$$

$$n_{12} = \frac{1000 \cdot V_{12}}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 312}{3,14 \cdot 106,9} = 930 \frac{\text{об}}{\text{мин}}$$

6. Фактическая скорость резания:

$$V_{1-11} = \frac{\pi \cdot d \cdot n_{1-11}}{1000} = \frac{3,14 \cdot 100,9 \cdot 947}{1000} = 300 \frac{\text{м}}{\text{мин}};$$

$$V_{12} = \frac{\pi \cdot d \cdot n_{12}}{1000} = \frac{3,14 \cdot 106,9 \cdot 930}{1000} = 312 \frac{\text{м}}{\text{мин}}$$

8. Силы резания рассчитываются по формуле:

$$P_z = 10 \cdot C_P \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_P, [2, с.371]$$

где K_P – поправочный коэффициент, представляющий собой произведение ряда коэффициентов, учитывающих фактические условия резания [2, с.371]

$$K_P = K_{мп} \cdot K_{фр} \cdot K_{γр} \cdot K_{λр} \cdot K_{гр}$$

$$K_{mp}=2,75; K_{\varphi p}=0,89; K_{\gamma p}=1; K_{\lambda p}=1; K_{rp}=0,87 \quad [2, \text{с.374}]$$

$$K_P = K_{mp} \cdot K_{\varphi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{rp} = 2,75 \cdot 0,89 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,87 = 2,1$$

$$C_P=40, x=1, y=0,75, n=0 \quad [2, \text{с.373}]$$

$$P_{z1-11} = 10 \cdot C_P \cdot t_{1-11}^x \cdot S^y \cdot V_{1-11}^n \cdot K_P = 10 \cdot 40 \cdot 4^1 \cdot 0,4^{0,75} \cdot 300^0 \cdot 2,1 = 1690 \text{ Н};$$

$$P_{z12} = 10 \cdot C_P \cdot t_{12}^x \cdot S^y \cdot V_{12}^n \cdot K_P = 10 \cdot 40 \cdot 3^1 \cdot 0,4^{0,75} \cdot 312^0 \cdot 2,1 = 1267 \text{ Н}.$$

8. Мощность резания: [2, с.371]

$$N_{рез1-11} = \frac{P_{z1-11} \cdot V_{1-11}}{1020 \cdot 60} = \frac{1690 \cdot 300}{1020 \cdot 60} = 8,3 \text{ кВт};$$

$$N_{рез12} = \frac{P_{z12} \cdot V_{12}}{1020 \cdot 60} = \frac{1267 \cdot 312}{1020 \cdot 60} = 6,6 \text{ кВт}$$

Проверка по мощности:

$$N_{рез} \leq N_{ст};$$

$N_{ст}$ - мощность на шпинделе станка;

$N_{дв}$ - мощность двигателя главного движения станка;

$$N_{ст} = N_{дв} \cdot \eta = 26 \cdot 0,9 = 23,4 \text{ кВт}$$

Примем минимальное значение КПД станка $\eta = 0,9$.

$$8,3 < 23,4.$$

Операция 015 переход 8

1. Режущий инструмент:

- державка A10K-SCLCR06-D120

- пластина CCGT060204-AL, материал KS05F

Обрабатываемый материал – Д16.Т ГОСТ 21488 – 97.

2. Общая глубина резания: $t = \frac{D_{2,8}^c - D_{2,6}^c}{2} = \frac{34,075 - 12,95}{2} = 10,5625 \approx 10,5 \text{ мм}.$

Количество рабочих ходов – 3;

Глубина резания $t=3,5 \text{ мм}.$

3. Рекомендуемая подача для данной глубины резания: $S = 0,4 \text{ мм/об}$

4. Рекомендуемая скорость резания 300 м/мин

5. Расчётное число оборотов шпинделя

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 300}{3,14 \cdot 34} = 2810 \frac{\text{об}}{\text{мин}}$$

$$\text{Фактическая скорость резания } V_{\phi} = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 34 \cdot 2810}{1000} = 300 \frac{\text{м}}{\text{мин}}$$

6. Силы резания рассчитываются по формуле:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p, \quad [2, \text{с.371}]$$

где K_p – поправочный коэффициент, представляющий собой произведение ряда коэффициентов, учитывающих фактические условия резания [2, с.371]

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

$$K_{mp}=2,75; K_{\phi p}=0,89; K_{\gamma p}=1; K_{\lambda p}=1; K_{rp}=0,87 \quad [2, \text{с.374}]$$

$$K_p = K_{mp} \cdot K_{\phi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{rp} = 2,75 \cdot 0,89 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,87 = 2,1$$

$$C_p=40, x=1, y=0,75, n=0 \quad [2, \text{с.373}]$$

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p = 10 \cdot 40 \cdot 3,5^1 \cdot 0,4^{0,75} \cdot 300^0 \cdot 2,1 = 1478,7 \text{ Н.}$$

8. Мощность резания: [2, с.371]

$$N_{\text{рез}} = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{1478,7 \cdot 300}{1020 \cdot 60} = 7,2 \text{ кВт.}$$

Проверка по мощности:

$$N_{\text{рез}} \leq N_{\text{ст}};$$

$N_{\text{ст}}$ - мощность на шпинделе станка;

$N_{\text{дв}}$ - мощность двигателя главного движения станка;

$$N_{\text{ст}} = N_{\text{дв}} \cdot \eta = 26 \cdot 0,9 = 23,4 \text{ кВт}$$

Примем минимальное значение КПД станка $\eta = 0,9$.

$$7,2 < 23,4.$$

Операция 015 переход 9

1. Режущий инструмент:

- державка A10K-SCLCR06-D120

- пластина CCGT060204-AL, материал KS05F

Обрабатываемый материал – Д16.Т ГОСТ 21488 – 97.

2. Общая глубина резания: $t = \frac{D_{2,9}^c - D_{2,6}^c}{2} = \frac{29,2 - 12,95}{2} = 8,125 \approx 8 \text{ мм.}$

Количество рабочих ходов – 4;

Глубина резания $t=2 \text{ мм.}$

3. Рекомендуемая подача для данной глубины резания: $S = 0,3 \text{ мм/об}$

4. Рекомендуемая скорость резания 300 м/мин

5. Расчётное число оборотов шпинделя

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 300}{3,14 \cdot 29} = 3290 \frac{\text{об}}{\text{мин}}$$

Фактическая скорость резания $V_{\phi} = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 29 \cdot 3290}{1000} = 300 \frac{\text{м}}{\text{мин}}$.

6. Силы резания рассчитываются по формуле:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p, \quad [2, \text{с.371}]$$

где K_p – поправочный коэффициент, представляющий собой произведение ряда коэффициентов, учитывающих фактические условия резания [2, с.371]

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

$$K_{mp}=2,75; K_{\varphi p}=0,89; K_{\gamma p}=1; K_{\lambda p}=1; K_{rp}=0,87 \quad [2, \text{ с.374}]$$

$$K_p = K_{mp} \cdot K_{\varphi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{rp} = 2,75 \cdot 0,89 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,87 = 2,1$$

$$C_p = 40, x = 1, y = 0,75, n = 0 \quad [2, \text{ с.373}]$$

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p = 10 \cdot 40 \cdot 2^1 \cdot 0,3^{0,75} \cdot 300^0 \cdot 2,1 = 681 \text{ Н.}$$

8. Мощность резания: [2, с.371]

$$N_{\text{рез}} = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{681 \cdot 300}{1020 \cdot 60} = 3,3 \text{ кВт.}$$

Проверка по мощности:

$$N_{\text{рез}} \leq N_{\text{ст}};$$

$N_{\text{ст}}$ - мощность на шпинделе станка;

$N_{\text{дв}}$ - мощность двигателя главного движения станка;

$$N_{\text{ст}} = N_{\text{дв}} \cdot \eta = 26 \cdot 0,9 = 23,4 \text{ кВт}$$

Примем минимальное значение КПД станка $\eta = 0,9$.

$$3,3 < 23,4.$$

Операция 015 переход 10

1. Режущий инструмент:

- державка CGWSR2525-FLR4GP

- пластина FLEX40R, материал NS530

Обрабатываемый материал – Д16.Т ГОСТ 21488 – 97.

2. Общая глубина резания: $t = 32$ мм.

Количество рабочих ходов – 32;

Глубина резания $t=1$ мм.

3. Рекомендуемая подача для данной глубины резания: $S = 0,2$ мм/об

4. Рекомендуемая скорость резания $V = 200$ м/мин

5. Расчётное число оборотов шпинделя

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 200}{3,14 \cdot 108,3} = 588 \frac{\text{об}}{\text{мин}}$$

Принимаем усредненное значение $n=600$ об/мин.

6. Фактическая скорость резания:

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 108,3 \cdot 600}{1000} = 204 \frac{\text{м}}{\text{мин}}$$

7. Силы резания рассчитываются по формуле:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p, \quad [2, \text{с.371}]$$

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

$$K_p = K_{mp} \cdot K_{\varphi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{rp} \quad [2, \text{с.371}]$$

$$K_{mp}=2,75; \quad K_{\varphi p}=0,89; \quad K_{\gamma p}=1; \quad K_{\lambda p}=1; \quad K_{rp}=0,87 \quad [2, \text{с.374}]$$

$$K_p = K_{mp} \cdot K_{\varphi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{rp} = 2,75 \cdot 0,89 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,87 = 2,1$$

$$C_p=40, \quad x=1, \quad y=0,75, \quad n=0 \quad [2, \text{с.373}]$$

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p = 10 \cdot 40 \cdot 1^1 \cdot 0,2^{0,75} \cdot 204^0 \cdot 2,1 = 251,2 \text{ Н.}$$

8. Мощность резания: [2, с.371]

$$N_{\text{рез.7}} = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{251,2 \cdot 204}{1020 \cdot 60} = 0,8 \text{ кВт.}$$

Проверка по мощности:

$$N_{\text{рез}} \leq N_{\text{ст}};$$

$N_{\text{ст}}$ - мощность на шпинделе станка;

$N_{\text{дв}}$ - мощность двигателя главного движения станка;

Примем минимальное значение КПД станка $\eta = 0,9$.

$$N_{\text{ст}} = N_{\text{дв}} \cdot \eta = 26 \cdot 0,9 = 23,4 \text{ кВт}$$

$$0,8 < 23,4.$$

Операция 020 «Токарная с ЧПУ с приводным инструментом».

Оборудование: Станок вертикальный токарно - револьверный с ЧПУ модели VTL – 30M. Мощность главного электродвигателя – 22 кВт, наибольший диаметр обрабатываемого изделия – 425 мм, максимальная частота вращения шпинделя 4000 об/мин, количество инструмента – 12, державка 25×25.

Для выбора металлорежущего инструмента воспользуемся каталогом компании Tungaloy. Однако, классических расчет режимов резания не подходит, т.к. нет данных по коэффициентам для твердосплавных пластин Tungaloy. Значит, для выбранного инструмента, режимы назначаем согласно рекомендациям Tungaloy.

Операция 020 переход 1

1. Режущий инструмент:

- державка ACLNR2525M12-A

- пластина CNGG 120408R-P, материал GH110

Обрабатываемый материал – Д16.Т ГОСТ 21488 – 97.

2. Общая глубина резания: $t = \frac{D_{1.2}^c - D_{3.1}^c}{2} = \frac{157 - 104,95}{2} = 26,025 \approx 26 \text{ мм.}$

Количество рабочих ходов – 9;

Глубина резания: $t_{1-8} = 3 \text{ мм; } t_9 = 2 \text{ мм.}$

3. Рекомендуемая подача для данной глубины резания: $S_{1-8} = 0,4$ мм/об; $S_9 = 0,3$ мм/об.

4. Рекомендуемая скорость резания $V_{1-8} = 800$ м/мин; $V_9 = 600$ м/мин

5. Расчётное число оборотов шпинделя

$$n_{1-8} = \frac{1000 \cdot V_{1-8}}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 800}{3,14 \cdot 157} = 1623 \frac{\text{об}}{\text{мин}};$$

$$n_9 = \frac{1000 \cdot V_9}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 600}{3,14 \cdot 109} = 1753 \frac{\text{об}}{\text{мин}}.$$

Принимаем $n_{1-8} = 1623$ об/мин; $n_9 = 1753$ об/мин.

Тогда, фактическая скорость резания

$$V_{\phi 1-8} = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 157 \cdot 1623}{1000} = 800 \frac{\text{м}}{\text{мин}};$$

$$V_{\phi 9} = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 109 \cdot 1753}{1000} = 600 \frac{\text{м}}{\text{мин}}.$$

6. Силы резания рассчитываются по формуле:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p, \quad [2, \text{с.371}]$$

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

$$K_p = K_{mp} \cdot K_{\phi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{rp} \quad [2, \text{с.371}]$$

$$K_{mp} = 2,75; \quad K_{\phi p} = 0,89; \quad K_{\gamma p} = 1; \quad K_{\lambda p} = 1; \quad K_{rp} = 0,93 \quad [2, \text{с.374}]$$

$$K_p = K_{mp} \cdot K_{\phi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{rp} = 2,75 \cdot 0,89 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,93 = 2,3$$

$C_p = 40, x = 1, y = 0,75, n = 0$ [2, с.373]

$$P_{z1-8} = 10 \cdot C_p \cdot t_{1-8}^x \cdot S^y \cdot V_{1-8}^n \cdot K_p = 10 \cdot 40 \cdot 3^1 \cdot 0,4^{0,75} \cdot 800^0 \cdot 2,3 = 1388,2 \text{ Н};$$

$$P_{z9} = 10 \cdot C_p \cdot t_9^x \cdot S^y \cdot V_9^n \cdot K_p = 10 \cdot 40 \cdot 2^1 \cdot 0,3^{0,75} \cdot 600^0 \cdot 2,3 = 746 \text{ Н}.$$

7. Мощность резания: [2, с.371]

$$N_{\text{рез}1-8} = \frac{P_{z1-8} \cdot V_{1-8}}{1020 \cdot 60} = \frac{1388,2 \cdot 800}{1020 \cdot 60} = 18,1 \text{ кВт};$$

$$N_{\text{рез}9} = \frac{P_{z9} \cdot V_9}{1020 \cdot 60} = \frac{746 \cdot 600}{1020 \cdot 60} = 7,3 \text{ кВт}.$$

Проверка по мощности:

$$N_{\text{рез}} \leq N_{\text{ст}};$$

$N_{\text{ст}}$ - мощность на шпинделе станка;

$N_{\text{дв}}$ - мощность двигателя главного движения станка;

Примем минимальное значение КПД станка $\eta = 0,9$, тогда

$$N_{\text{ст}} = N_{\text{дв}} \cdot \eta = 22 \cdot 0,9 = 19,8 \text{ кВт}$$

$$18,1 < 19,8.$$

Операция 020 переход 2

1. Режущий инструмент:

- державка A10K-SCLCR06-D120

- пластина CCGT060204-AL, материал KS05F

Обрабатываемый материал – Д16.Т ГОСТ 21488 – 97.

2. Общая глубина резания: $t = \frac{D_{3,2}^c - D_{2,6}^c}{2} = \frac{92,95 - 12,95}{2} = 40 \text{ мм}.$

Количество рабочих ходов – 10;

Глубина резания: $t=4 \text{ мм}.$

3. Рекомендуемая подача для данной глубины резания: $S = 0,4 \text{ мм/об}$

4. Рекомендуемая скорость резания $V=300 \text{ м/мин}$

5. Расчётное число оборотов шпинделя

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 300}{3,14 \cdot 92,5} = 1033 \frac{\text{об}}{\text{мин}}$$

6. Фактическая скорость резания:

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 92,5 \cdot 1033}{1000} = 300 \frac{\text{м}}{\text{мин}}$$

7. Силы резания рассчитываются по формуле:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p \quad [2, \text{с.371}]$$

где K_p – поправочный коэффициент, представляющий собой произведение ряда коэффициентов, учитывающих фактические условия резания [2, с.371]

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

$$K_{mp}=2,75; K_{\varphi p}=0,89; K_{\gamma p}=1; K_{\lambda p}=1; K_{rp}=0,87 \quad [2, \text{с.374}]$$

$$K_p = K_{mp} \cdot K_{\varphi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{rp} = 2,75 \cdot 0,89 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,87 = 2,1$$

$$C_p=40, x=1, y=0,75, n=0 \quad [2, \text{с.373}]$$

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p = 10 \cdot 40 \cdot 4^1 \cdot 0,4^{0,75} \cdot 300^0 \cdot 2,1 = 1690 \text{ Н.}$$

8. Мощность резания: [2, с.371]

$$N_{\text{рез}} = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{1690 \cdot 300}{1020 \cdot 60} = 8,3 \text{ кВт.}$$

Проверка по мощности:

$$N_{\text{рез}} \leq N_{\text{ст}};$$

$N_{\text{ст}}$ - мощность на шпинделе станка;

$N_{\text{дв}}$ - мощность двигателя главного движения станка;

Примем минимальное значение КПД станка $\eta = 0,9$.

$$N_{\text{ст}} = N_{\text{дв}} \cdot \eta = 22 \cdot 0,9 = 19,8 \text{ кВт}$$

$$8,3 < 19,8.$$

Операция 020 переход 3

1. Режущий инструмент:

- державка A10K-SCLCR06-D120

- пластина CCGT060204-AL, материал KS05F

Обрабатываемый материал – Д16.Т ГОСТ 21488 – 97.

2. Глубина резания: $t = 1,3$ мм.

3. Рекомендуемая подача для данной глубины резания: $S = 0,2$ мм/об.

4. Рекомендуемая скорость резания $V=100$ м/мин.

5. Расчётное число оборотов шпинделя

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 100}{3,14 \cdot 15,55} = 2048 \frac{\text{об}}{\text{мин}}$$

Принимаем $n=2050$ об/мин.

6. Фактическая скорость резания:

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 15,55 \cdot 2050}{1000} = 100 \frac{\text{м}}{\text{мин}}$$

7. Силы резания рассчитываются по формуле:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p, \quad [2, \text{с.371}]$$

где K_p – поправочный коэффициент, представляющий собой произведение ряда коэффициентов, учитывающих фактические условия резания [2, с.371]

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

$$K_{mp}=2,75; K_{\varphi p}=0,89; K_{\gamma p}=1; K_{\lambda p}=1; K_{rp}=0,87 \quad [2, \text{с.374}]$$

$$K_p = K_{mp} \cdot K_{\varphi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{rp} = 2,75 \cdot 0,89 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,87 = 2,1$$

$$C_p = 40, x = 1, y = 0,75, n = 0 \quad [2, \text{с.373}]$$

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p = 10 \cdot 40 \cdot 1,3^1 \cdot 0,2^{0,75} \cdot 100^0 \cdot 2,1 = 326,6 \text{ Н.}$$

8. Мощность резания: [2, с.371]

$$N_{\text{рез}} = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{326,6 \cdot 100}{1020 \cdot 60} = 0,5 \text{ кВт.}$$

Проверка по мощности:

$$N_{\text{рез}} \leq N_{\text{ст}};$$

$N_{\text{ст}}$ - мощность на шпинделе станка;

$N_{\text{дв}}$ - мощность двигателя главного движения станка;

Примем минимальное значение КПД станка $\eta = 0,9$.

$$N_{\text{ст}} = N_{\text{дв}} \cdot \eta = 22 \cdot 0,9 = 19,8 \text{ кВт}$$

$$0,5 < 19,8.$$

Операция 020 переход 4

1. Режущий инструмент:

- державка CGWSR2525-FLR4GP

- пластина FLEX40R, материал NS530

Обрабатываемый материал – Д16.Т ГОСТ 21488 – 97.

2. Общая глубина резания: $t = 2,6$ мм.

Количество рабочих ходов – 2;

Глубина резания $t=1,3$ мм.

3. Рекомендуемая подача для данной глубины резания: $S = 0,2$ мм/об.

4. Рекомендуемая скорость резания $V = 200$ м/мин.

5. Расчётное число оборотов шпинделя

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 200}{3,14 \cdot 94} = 678 \frac{\text{об}}{\text{мин}}$$

Принимаем усредненное значение $n=680$ об/мин.

6. Фактическая скорость резания:

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 94 \cdot 680}{1000} = 200 \frac{\text{м}}{\text{мин}}$$

7. Силы резания рассчитываются по формуле:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p, \quad [2, \text{с.371}]$$

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

$$K_p = K_{mp} \cdot K_{\varphi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{rp} \quad [2, \text{с.371}]$$

$$K_{mp}=2,75; \quad K_{\varphi p}=0,89; \quad K_{\gamma p}=1; \quad K_{\lambda p}=1; \quad K_{rp}=0,87 \quad [2, \text{с.374}]$$

$$K_p = K_{mp} \cdot K_{\varphi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{rp} = 2,75 \cdot 0,89 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,87 = 2,1$$

$$C_p = 40, \quad x = 1, \quad y = 0,75, \quad n = 0 \quad [2, \text{с.373}]$$

$$P_{z7} = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p = 10 \cdot 40 \cdot 1,3^1 \cdot 0,2^{0,75} \cdot 200^0 \cdot 2,1 = 327 \text{ Н.}$$

8. Мощность резания: [2, с.371]

$$N_{\text{рез.}} = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{327 \cdot 200}{1020 \cdot 60} = 1,1 \text{ кВт.}$$

Проверка по мощности:

$$N_{\text{рез}} \leq N_{\text{ст}};$$

$N_{\text{ст}}$ - мощность на шпинделе станка;

$N_{\text{дв}}$ - мощность двигателя главного движения станка;

Примем минимальное значение КПД станка $\eta = 0,9$.

$$N_{\text{ст}} = N_{\text{дв}} \cdot \eta = 22 \cdot 0,9 = 19,8 \text{ кВт}$$

$$1,1 < 19,8.$$

Операция 020 переход 5

1. Режущий инструмент:

- державка DDQNR2525M15

- пластина DNMM150404 – Т - DIA, материал DX120

Обрабатываемый материал – Д16.Т ГОСТ 21488 – 97.

2. Глубина резания: $t = \frac{D_{3,1}^c - D_{3,5}^c}{2} = \frac{104,95 - 103,875}{2} = 0,54 \approx 0,5 \text{ мм.}$

3. Рекомендуемая подача для данной глубины резания: $S = 0,1 \text{ мм/об.}$

4. Рекомендуемая скорость резания 1000 м/мин.

5. Расчётное число оборотов шпинделя

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 1000}{3,14 \cdot 105,2} = 3027,3 \frac{\text{об}}{\text{мин}}$$

Т.к. максимальная частота вращения шпинделя составляет 4000 об/мин, следовательно, принимаем $n = 3027 \text{ об/мин.}$

Тогда, фактическая скорость резания $V_{\text{ф}} = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 105,2 \cdot 3027}{1000} = 1000 \frac{\text{м}}{\text{мин}}$.

6. Силы резания рассчитываются по формуле:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p, \quad [2, \text{с.371}]$$

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

$$K_p = K_{mp} \cdot K_{\varphi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{rp} \quad [2, \text{с.371}]$$

$$K_{mp}=2,75; K_{\varphi p}=0,89; K_{\gamma p}=1; K_{\lambda p}=1; K_{rp}=0,93 \quad [2, \text{с.374}]$$

$$K_p = K_{mp} \cdot K_{\varphi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{rp} = 2,75 \cdot 0,89 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,93 = 2,3$$

$$C_p=40, x=1, y=0,75, n=0 \quad [2, \text{с.373}]$$

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p = 10 \cdot 40 \cdot 0,5^1 \cdot 0,1^{0,75} \cdot 1000^0 \cdot 2,3 = 81,8 \text{ Н.}$$

7. Мощность резания: [2, с.371]

$$N_{\text{рез}} = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{81,8 \cdot 1000}{1020 \cdot 60} = 1,3 \text{ кВт.}$$

Проверка по мощности:

$$N_{\text{рез}} \leq N_{\text{ст}};$$

$N_{\text{ст}}$ - мощность на шпинделе станка;

$N_{\text{дв}}$ - мощность двигателя главного движения станка;

Примем минимальное значение КПД станка $\eta = 0,9$, тогда

$$N_{\text{ст}} = N_{\text{дв}} \cdot \eta = 22 \cdot 0,9 = 19,8 \text{ кВт}$$

$$1,3 < 19,8.$$

Операция 020 переход 6

1. Режущий инструмент:

- державка DDQNR2525M15

- пластина DNMM150404 – Т - DIA, материал DX120

Обрабатываемый материал – Д16.Т ГОСТ 21488 – 97.

2. Глубина резания: $t=1$ мм;

3. Рекомендуемая подача для данной глубины резания: $S = 0,1$ мм/об.

4. Рекомендуемая скорость резания 1000 м/мин.

5. Расчётное число оборотов шпинделя

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 1000}{3,14 \cdot 105,2} = 3027,3 \frac{\text{об}}{\text{мин}}$$

Т.к. максимальная частота вращения шпинделя составляет 4000 об/мин, следовательно, принимаем $n = 3027$ об/мин.

Тогда, фактическая скорость резания $V_{\phi} = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 105,2 \cdot 3027}{1000} = 1000 \frac{\text{м}}{\text{мин}}$.

6. Силы резания рассчитываются по формуле:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p, \quad [2, \text{с.371}]$$

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

$$K_p = K_{mp} \cdot K_{\phi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{rp} \quad [2, \text{с.371}]$$

$$K_{mp}=2,75; \quad K_{\phi p}=0,89; \quad K_{\gamma p}=1; \quad K_{\lambda p}=1; \quad K_{rp}=0,93 \quad [2, \text{с.374}]$$

$$K_p = K_{mp} \cdot K_{\phi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{rp} = 2,75 \cdot 0,89 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,93 = 2,3$$

$$C_p=40, \quad x=1, \quad y=0,75, \quad n=0 \quad [2, \text{с.373}]$$

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p = 10 \cdot 40 \cdot 1^1 \cdot 0,1^{0,75} \cdot 1000^0 \cdot 2,3 = 163,6 \text{ Н.}$$

7. Мощность резания: $[2, \text{с.371}]$

$$N_{\text{рез}} = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{163,6 \cdot 1000}{1020 \cdot 60} = 2,7 \text{ кВт.}$$

Проверка по мощности:

$$N_{\text{рез}} \leq N_{\text{ст}};$$

$N_{\text{ст}}$ - мощность на шпинделе станка;

$N_{\text{дв}}$ - мощность двигателя главного движения станка;

Примем минимальное значение КПД станка $\eta = 0,9$, тогда

$$N_{\text{ст}} = N_{\text{дв}} \cdot \eta = 22 \cdot 0,9 = 19,8 \text{ кВт}$$
$$2,7 < 19,8.$$

Операция 020 переход 7

1. Режущий инструмент: сверло центровочное $\varnothing 4$ мм 2317 – 0107 ГОСТ14952 – 75, материал – Р6М5

Обрабатываемый материал – Д16.Т ГОСТ 21488 – 97.

2. Глубина резания: $t = \frac{D}{2} = \frac{4}{2} = 2$ мм.

3. Подача $S = 0,18$ мм/об.

4. Скорость резания определяется по формуле:

$$V = \frac{C_V \cdot D^q}{T^m \cdot S^y} \cdot K_V, \quad [2, \text{с.382}]$$

где $T = 20$ – период стойкости инструмента;

$$C_V = 21,8; q = 0,25; y = 0,55; m = 0,125.$$

$$K_V = K_{MV} \cdot K_{IV} \cdot K_{IV} = 0,8 \cdot 1 \cdot 1 = 0,8$$

$$V = \frac{21,8 \cdot 4^{0,25}}{20^{0,125} \cdot 0,18^{0,55}} \cdot 0,8 = 43,55 \text{ м/мин.}$$

5. Число оборотов шпинделя

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 43,55}{3,14 \cdot 4} = 3467,4 \text{ об/мин.}$$

Принимаем $n = 3470$ об/мин.

Фактическая скорость резания $V = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 4 \cdot 3470}{1000} = 46 \text{ м/мин.}$

6. Расчет осевой силы резания и крутящего момента:

$$P_0 = 10C_p D^q S^y K_p = 10 \cdot 9,8 \cdot 4^1 \cdot 0,18^{0,7} \cdot 2,75 = 324,6 \text{ Н}$$

$$M_{\text{кр}} = 10C_m D^q S^y K_p = 10 \cdot 0,005 \cdot 4^2 \cdot 0,18^{0,8} \cdot 2,75 = 0,6 \text{ Нм.}$$

7. Мощность резания

$$N_{\text{рез}} = \frac{M_{\text{кр}} \cdot n}{9750} = \frac{0,6 \cdot 3470}{9750} = 0,2 \text{ кВт}$$

Проверка по мощности:

$$N_{\text{рез}} \leq N_{\text{ст}};$$

$N_{\text{ст}}$ - мощность на шпинделе станка;

$N_{\text{дв}}$ - мощность двигателя главного движения станка;

Примем минимальное значение КПД станка $\eta = 0,9$, тогда

$$N_{\text{ст}} = N_{\text{дв}} \cdot \eta = 22 \cdot 0,9 = 19,8 \text{ кВт}$$

$$0,2 < 19,8.$$

Операция 020 переход 8

1. Режущий инструмент: сверло спиральное с цилиндрическим хвостовиком для обработки легких сплавов $\varnothing 6,9$ мм СЦ0397А, материал – Р6М5. (Каталог «ГИЗ» «Инструмент высокоточный с вышлифованным профилем»).

Обрабатываемый материал – Д16.Т ГОСТ 21488 – 97.

2. Глубина резания: $t = \frac{D_{\text{св}}}{2} = \frac{6,9}{2} = 3,45$ мм.

3. Подача $S = 0,2$ мм/об.

4. Скорость резания $V = 65$ м/мин.

5. Число оборотов шпинделя

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 65}{3,14 \cdot 6,85} = 3022 \text{ об/мин.}$$

Принимаем $n = 3022$ об/мин.

Фактическая скорость резания $V = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 6,85 \cdot 3022}{1000} = 65$ м/мин.

6. Расчет осевой силы резания и крутящего момента:

$$P_0 = 10C_p D^q S^y K_p = 10 \cdot 9,8 \cdot 6,85^1 \cdot 0,2^{0,7} \cdot 2,75 = 598,4 \text{ Н}$$

$$M_{кр} = 10C_M D^q S^y K_p = 10 \cdot 0,005 \cdot 6,85^2 \cdot 0,2^{0,8} \cdot 2,75 = 1,78 \text{ Нм}$$

7. Мощность резания

$$N_{рез} = \frac{M_{кр} \cdot n}{9750} = \frac{1,78 \cdot 3022}{9750} = 0,6 \text{ кВт}$$

Проверка по мощности:

$$N_{рез} \leq N_{ст};$$

$N_{ст}$ - мощность на шпинделе станка;

$N_{дв}$ - мощность двигателя главного движения станка;

Примем минимальное значение КПД станка $\eta = 0,9$, тогда

$$N_{ст} = N_{дв} \cdot \eta = 22 \cdot 0,9 = 19,8 \text{ кВт}$$

$$0,6 < 19,8.$$

Операция 020 переход 9

1. Режущий инструмент: сверло спиральное с цилиндрическим хвостовиком для обработки легких сплавов $\varnothing 5,4$ мм СЦ0397А, материал – Р6М5. (Каталог «ГИЗ» «Инструмент высокоточный с вышлифованным профилем»).

Обрабатываемый материал – Д16.Т ГОСТ 21488 – 97.

2. Глубина резания: $t = \frac{D_{св}}{2} = \frac{5,4}{2} = 2,7$ мм.

3. Подача $S = 0,2$ мм/об.

4. Скорость резания $V = 65$ м/мин.

5. Число оборотов шпинделя

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 65}{3,14 \cdot 5,4} = 3833,5 \text{ об/мин.}$$

Принимаем $n = 3833$ об/мин.

Фактическая скорость резания $V = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 5,4 \cdot 3833}{1000} = 65$ м/мин.

6. Расчет осевой силы резания и крутящего момента:

$$P_o = 10C_p D^q S^y K_p = 10 \cdot 9,8 \cdot 5,4^1 \cdot 0,2^{0,7} \cdot 2,75 = 471,7 \text{ Н}$$

$$M_{кр} = 10C_m D^q S^y K_p = 10 \cdot 0,005 \cdot 5,4^2 \cdot 0,2^{0,8} \cdot 2,75 = 1,1 \text{ Нм}$$

7. Мощность резания

$$N_{рез} = \frac{M_{кр} \cdot n}{9750} = \frac{1,1 \cdot 3833}{9750} = 0,4 \text{ кВт}$$

Проверка по мощности:

$$N_{рез} \leq N_{ст};$$

$N_{ст}$ - мощность на шпинделе станка;

$N_{дв}$ - мощность двигателя главного движения станка;

Примем минимальное значение КПД станка $\eta = 0,9$, тогда

$$N_{ст} = N_{дв} \cdot \eta = 22 \cdot 0,9 = 19,8 \text{ кВт}$$

$$0,4 < 19,8.$$

Операция 020 переход 10

1. Режущий инструмент: цековка ($D = \emptyset 10 \text{ мм}$, $d = \emptyset 4,8 \text{ мм}$) 2350 – 0662 ГОСТ 26258-87, материал – Р6М5.

Обрабатываемый материал – Д16.Т ГОСТ 21488 – 97.

2. Глубина резания: $t = 2,3 \text{ мм}$. $t = \frac{D_{3,10}^c - D_{3,9}^c}{2} = \frac{10,2 - 5,5}{2} = 2,35 \approx 2,3 \text{ мм}$.

3. Подача $S = 0,8 \text{ мм/об}$.

4. Скорость резания определяется по формуле:

$$V = \frac{C_V \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_V, \quad [2, \text{ с.382}]$$

где $T = 35$ – период стойкости инструмента;

$$C_V = 23,2; q = 0,2; x = 0,1; y = 0,5; m = 0,3.$$

$$K_V = K_{MV} \cdot K_{IV} \cdot K_{IV} = 0,8 \cdot 1 \cdot 1 = 0,8$$

$$V = \frac{23,2 \cdot 10^{0,2}}{35^{0,3} \cdot 2,3^{0,1} \cdot 0,8^{0,5}} \cdot 0,8 = 10,4 \text{ м/мин.}$$

5. Число оборотов шпинделя

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 10,4}{3,14 \cdot 10} = 331 \text{ об/мин.}$$

Принимаем $n = 330$ об/мин.

Фактическая скорость резания $V = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 10 \cdot 330}{1000} = 10,4$ м/мин.

6. Расчет осевой силы резания и крутящего момента:

$$P_o = 10 C_p D^q t^x S^y K_p = 10 \cdot 17,2 \cdot 10^0 \cdot 2,3^1 \cdot 0,8^{0,4} \cdot 2,75 = 995 \text{ Н}$$

$$M_{кр} = 10 C_M D^q t^x S^y K_p = 10 \cdot 0,031 \cdot 10^{0,85} \cdot 2,3^0 \cdot 0,8^{0,8} \cdot 2,75 = 5 \text{ Нм}$$

7. Мощность резания

$$N_{рез} = \frac{M_{кр} \cdot n}{9750} = \frac{5 \cdot 330}{9750} = 0,2 \text{ кВт}$$

Проверка по мощности:

$$N_{рез} \leq N_{ст};$$

$N_{ст}$ - мощность на шпинделе станка;

$N_{дв}$ - мощность двигателя главного движения станка;

Примем минимальное значение КПД станка $\eta = 0,9$, тогда

$$N_{ст} = N_{дв} \cdot \eta = 22 \cdot 0,9 = 19,8 \text{ кВт}$$

$$0,2 < 19,8.$$

Операция 020 переход 11

1. Режущий инструмент: зенковка $\varnothing 12$ мм ЗЦ490, материал – НФ. (Каталог «ТИЗ» «Цельный твердосплавный инструмент»).

Обрабатываемый материал – Д16.Т ГОСТ 21488 – 97.

2. Глубина резания: $t = 0,3$ мм.

3. Подача $S = 0,56$ мм/об.

4. Скорость резания $V = 100$ м/мин.
5. Число оборотов шпинделя

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 100}{3,14 \cdot 10} = 3184,7 \text{ об/мин.}$$

Принимаем $n = 3200$ об/мин.

$$\text{Фактическая скорость резания } V = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 10 \cdot 3200}{1000} = 100,5 \text{ м/мин.}$$

6. Расчет осевой силы резания и крутящего момента:

$$P_0 = 10C_p D^q t^x S^y K_p = 10 \cdot 17,2 \cdot 10^1 \cdot 0,3^0 \cdot 0,56^{0,4} \cdot 2,75 = 3750 \text{ Н}$$

$$M_{кр} = 10C_M D^q t^x S^y K_p = 10 \cdot 0,005 \cdot 10^2 \cdot 0,3^0 \cdot 0,56^{0,8} \cdot 2,75 = 8,6 \text{ Нм}$$

7. Мощность резания

$$N_{рез} = \frac{M_{кр} \cdot n}{9750} = \frac{8,6 \cdot 3200}{9750} = 2,8 \text{ кВт}$$

Проверка по мощности:

$$N_{рез} \leq N_{ст};$$

$N_{ст}$ - мощность на шпинделе станка;

$N_{дв}$ - мощность двигателя главного движения станка;

Примем минимальное значение КПД станка $\eta = 0,9$, тогда

$$N_{ст} = N_{дв} \cdot \eta = 22 \cdot 0,9 = 19,8 \text{ кВт}$$

$$2,8 < 19,8.$$

Операция 020 переход 12

1. Режущий инструмент: зенковка $\varnothing 8$ мм ЗЦ490, материал – НФ. (Каталог «ТИЗ» «Цельный твердосплавный инструмент»).

Обрабатываемый материал – Д16.Т ГОСТ 21488 – 97.

2. Глубина резания: $t = 0,3$ мм.
3. Подача $S = 0,4$ мм/об.

4. Скорость резания $V = 100$ м/мин.
5. Число оборотов шпинделя

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 100}{3,14 \cdot 8} = 3981 \text{ об/мин.}$$

Принимаем $n = 3981$ об/мин.

$$\text{Фактическая скорость резания } V = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 8 \cdot 3981}{1000} = 100 \text{ м/мин.}$$

6. Расчет осевой силы резания и крутящего момента:

$$P_0 = 10C_p D^q t^x S^y K_p = 10 \cdot 9,8 \cdot 8^1 \cdot 0,3^0 \cdot 0,4^{0,7} \cdot 2,75 = 1135,2 \text{ Н}$$

$$M_{кр} = 10C_M D^q t^x S^y K_p = 10 \cdot 0,005 \cdot 8^2 \cdot 0,3^0 \cdot 0,4^{0,8} \cdot 2,75 = 4,2 \text{ Нм}$$

7. Мощность резания

$$N_{рез} = \frac{M_{кр} \cdot n}{9750} = \frac{4,2 \cdot 3981}{9750} = 1,7 \text{ кВт}$$

Проверка по мощности:

$$N_{рез} \leq N_{ст};$$

$N_{ст}$ - мощность на шпинделе станка;

$N_{дв}$ - мощность двигателя главного движения станка;

Примем минимальное значение КПД станка $\eta = 0,9$, тогда

$$N_{ст} = N_{дв} \cdot \eta = 22 \cdot 0,9 = 19,8 \text{ кВт}$$

$$1,7 < 19,8.$$

Операция 020 переход 13

1. Режущий инструмент: зенковка $\emptyset 12$ мм ЗЦ490, материал – НФ. (Каталог «ТИЗ» «Цельный твердосплавный инструмент».)

Обрабатываемый материал – Д16.Т ГОСТ 21488 – 97.

2. Глубина резания: $t = 1,6$ мм.
3. Подача $S = 0,56$ мм/об.

4. Скорость резания $V = 100$ м/мин.
5. Число оборотов шпинделя

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 100}{3,14 \cdot 10} = 3184,7 \text{ об/мин.}$$

Принимаем $n = 3200$ об/мин.

$$\text{Фактическая скорость резания } V = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 10 \cdot 3200}{1000} = 100,5 \text{ м/мин.}$$

6. Расчет осевой силы резания и крутящего момента:

$$P_0 = 10C_p D^q t^x S^y K_p = 10 \cdot 17,2 \cdot 10^1 \cdot 10^0 \cdot 0,56^{0,4} \cdot 2,75 = 3750 \text{ Н}$$

$$M_{кр} = 10C_m D^q t^x S^y K_p = 10 \cdot 0,005 \cdot 10^2 \cdot 10^0 \cdot 0,56^{0,8} \cdot 2,75 = 8,6 \text{ Нм}$$

7. Мощность резания

$$N_{рез} = \frac{M_{кр} \cdot n}{9750} = \frac{8,6 \cdot 3200}{9750} = 2,8 \text{ кВт}$$

Проверка по мощности:

$$N_{рез} \leq N_{ст};$$

$N_{ст}$ - мощность на шпинделе станка;

$N_{дв}$ - мощность двигателя главного движения станка;

Примем минимальное значение КПД станка $\eta = 0,9$, тогда

$$N_{ст} = N_{дв} \cdot \eta = 22 \cdot 0,9 = 19,8 \text{ кВт}$$

$$2,8 < 19,8.$$

Операция 020 переход 14

1. Режущий инструмент: метчик машинный для метрической резьбы с винтовыми стружечными канавками ММ910С NR35 (М8, шаг 1,25), материал – Р6М5. (Каталог «ГИЗ» «Инструмент высокоточный с вышлифованным профилем»).
- Обрабатываемый материал – Д16.Т ГОСТ 21488 – 97.

2. Подача $S = 1,25$ мм/об.

3. Скорость резания определяется по формуле:

$$V = \frac{C_V \cdot D^q}{T^{m \cdot S^y}} \cdot K_V, \quad [2, \text{с.382}]$$

где $T = 90$ – период стойкости инструмента;

$$C_V = 20; q = 1,2; x = 0; y = 0,5; m = 0,9.$$

$$K_V = K_{MV} \cdot K_{IV} \cdot K_{TV} = 1 \cdot 1 \cdot 1 = 1$$

$$V = \frac{20 \cdot 8^{1,2}}{90^{0,9 \cdot 1,25^{0,5}}} \cdot 1 = 3,8 \text{ м/мин.}$$

4. Число оборотов шпинделя

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 3,8}{3,14 \cdot 8} = 151,3 \text{ об/мин.}$$

Принимаем $n = 150$ об/мин.

$$\text{Фактическая скорость резания } V = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 8 \cdot 150}{1000} = 3,8 \text{ м/мин.}$$

5. Расчет крутящего момента:

$$M_{кр} = 10 C_M D^q P^y K_p = 10 \cdot 0,013 \cdot 8^{1,4} \cdot 1,25^{1,5} \cdot 1 = 3,3 \text{ Нм}$$

6. Мощность резания

$$N_{рез} = \frac{M_{кр} \cdot n}{9750} = \frac{3,3 \cdot 150}{975} = 0,5 \text{ кВт}$$

Проверка по мощности:

$$N_{рез} \leq N_{ст};$$

$N_{ст}$ - мощность на шпинделе станка;

$N_{дв}$ - мощность двигателя главного движения станка;

Примем минимальное значение КПД станка $\eta = 0,9$, тогда

$$N_{\text{ст}} = N_{\text{дв}} \cdot \eta = 22 \cdot 0,9 = 19,8 \text{ кВт}$$
$$0,2 < 19,8.$$

Операция 025 «Токарная с ЧПУ».

Оборудование: Станок токарный с ЧПУ модели QTS 300 MAZAK. Мощность главного электродвигателя – 26 кВт, наибольший диаметр обрабатываемого изделия – 420 мм, максимальная частота вращения шпинделя 4000 об/мин, верхняя револьверная головка, количество инструмента – 12, державка 25×25.

Для выбора металлорежущего инструмента воспользуемся каталогом компании Tungaloy. Однако, классических расчет режимов резания не подходит, т.к. нет данных по коэффициентам для твердосплавных пластин Tungaloy. Значит, для выбранного инструмента, режимы назначаем согласно рекомендациям Tungaloy.

Операция 025 переход 1

1. Режущий инструмент:

- державка CGP32-5D
- пластина SGM5-030, материал GH130

Обрабатываемый материал – Д16.Т ГОСТ 21488 – 97.

2. Глубина резания $t=5$ мм.

3. Рекомендуемая подача для данной глубины резания: $S = 0,2$ мм/об

4. Рекомендуемая скорость резания $V = 100$ м/мин

5. Расчётное число оборотов шпинделя

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 100}{3,14 \cdot 128} = 248,8 \frac{\text{об}}{\text{мин}}$$

Принимаем усредненное значение $n=250$ об/мин.

6. Фактическая скорость резания:

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 128 \cdot 250}{1000} = 100 \frac{\text{м}}{\text{мин}}$$

7. Силы резания рассчитываются по формуле:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p, \quad [2, \text{с.371}]$$

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

$$K_p = K_{mp} \cdot K_{\varphi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{rp} \quad [2, \text{с.371}]$$

$$K_{mp}=2,75; \quad K_{\varphi p}=0,89; \quad K_{\gamma p}=1; \quad K_{\lambda p}=1; \quad K_{rp}=0,87 \quad [2, \text{с.374}]$$

$$K_p = K_{mp} \cdot K_{\varphi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{rp} = 2,75 \cdot 0,89 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,87 = 2,1$$

$$C_p=40, \quad x=1, \quad y=0,75, \quad n=0 \quad [2, \text{с.373}]$$

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p = 10 \cdot 40 \cdot 5^1 \cdot 0,2^{0,75} \cdot 100^0 \cdot 2,1 = 1256 \text{ Н}$$

8. Мощность резания: $[2, \text{с.371}]$

$$N_{\text{рез.}} = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{1256 \cdot 100}{1020 \cdot 60} = 2,1 \text{ кВт.}$$

Проверка по мощности:

$$N_{\text{рез.}} \leq N_{\text{ст.}}$$

$N_{\text{ст.}}$ - мощность на шпинделе станка;

$N_{\text{дв.}}$ - мощность двигателя главного движения станка;

Примем минимальное значение КПД станка $\eta = 0,9$.

$$N_{\text{ст.}} = N_{\text{дв.}} \cdot \eta = 26 \cdot 0,9 = 23,4 \text{ кВт}$$

$$2,1 < 23,4.$$

Операция 025 переход 2

1. Режущий инструмент:

- державка DDQNR2525M15

- пластина DNGG 150404 - 01, материал GH110

Обрабатываемый материал – Д16.Т ГОСТ 21488 – 97.

2. Глубина резания: $t = \frac{D_{2,4}^c - D_{4,2}^c}{2} = \frac{118,8 - 118,25}{2} = 0,275 \approx 0,3$ мм.

3. Рекомендуемая подача для данной глубины резания: $S = 0,1$ мм/об

4. Рекомендуемая скорость резания 600 м/мин

5. Расчётное число оборотов шпинделя

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 600}{3,14 \cdot 118,9} = 1607 \frac{\text{об}}{\text{мин}}$$

Т.к. максимальная частота вращения шпинделя составляет 4000 об/мин, следовательно, принимаем $n = 1607$ об/мин.

Тогда, фактическая скорость резания $V_{\phi} = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 118,9 \cdot 1607}{1000} = 600 \frac{\text{м}}{\text{мин}}$

6. Силы резания рассчитываются по формуле:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p, \quad [2, \text{с.371}]$$

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

$$K_p = K_{mp} \cdot K_{\phi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{rp} \quad [2, \text{с.371}]$$

$$K_{mp}=2,75; \quad K_{\phi p}=0,89; \quad K_{\gamma p}=1; \quad K_{\lambda p}=1; \quad K_{rp}=0,87 \quad [2, \text{с.374}]$$

$$K_p = K_{mp} \cdot K_{\phi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{rp} = 2,75 \cdot 0,89 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,87 = 2,1$$

$$C_p=40, \quad x=1, \quad y=0,75, \quad n=0 \quad [2, \text{с.373}]$$

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p = 10 \cdot 40 \cdot 0,3^1 \cdot 0,1^{0,75} \cdot 600^0 \cdot 2,1 = 44,8 \text{ Н}$$

7. Мощность резания: [2, с.371]

$$N_{\text{рез}} = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{44,8 \cdot 600}{1020 \cdot 60} = 0,4 \text{ кВт.}$$

Проверка по мощности:

$$N_{\text{рез}} \leq N_{\text{ст}};$$

$N_{\text{ст}}$ - мощность на шпинделе станка;

$N_{\text{дв}}$ - мощность двигателя главного движения станка;

Примем минимальное значение КПД станка $\eta = 0,9$, тогда

$$N_{\text{ст}} = N_{\text{дв}} \cdot \eta = 26 \cdot 0,9 = 23,4 \text{ кВт}$$

$$0,4 < 23,4.$$

Операция 025 переход 3

1. Режущий инструмент:

- державка DDQNR2525M15

- пластина DNMM150404 – T - DIA, материал DX120

Обрабатываемый материал – Д16.Т ГОСТ 21488 – 97.

2. Глубина резания: $t = \frac{D_{4,2}^c - D_{4,3}^c}{2} = \frac{118,25 - 117,9465}{2} = 0,15175 \approx 0,15 \text{ мм.}$

3. Рекомендуемая подача для данной глубины резания: $S = 0,1 \text{ мм/об}$

4. Рекомендуемая скорость резания 1000 м/мин

5. Расчётное число оборотов шпинделя

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 1000}{3,14 \cdot 118,3} = 2692 \frac{\text{об}}{\text{мин}}$$

Т.к. максимальная частота вращения шпинделя составляет 4000 об/мин, следовательно, принимаем $n = 2700 \text{ об/мин.}$

Тогда, фактическая скорость резания $V_{\text{ф}} = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 118,3 \cdot 2700}{1000} = 1003 \frac{\text{м}}{\text{мин}}$

6. Силы резания рассчитываются по формуле:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p, \quad [2, \text{с.371}]$$

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

$$K_p = K_{mp} \cdot K_{\varphi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{rp} \quad [2, \text{с.371}]$$

$$K_{mp}=2,75; \quad K_{\varphi p}=0,89; \quad K_{\gamma p}=1; \quad K_{\lambda p}=1; \quad K_{rp}=0,87 \quad [2, \text{с.374}]$$

$$K_p = K_{mp} \cdot K_{\varphi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{rp} = 2,75 \cdot 0,89 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,87 = 2,1$$

$$C_p=40, \quad x=1, \quad y=0,75, \quad n=0 \quad [2, \text{с.373}]$$

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p = 10 \cdot 40 \cdot 0,15^1 \cdot 0,1^{0,75} \cdot 1000^0 \cdot 2,1 = 22,4 \text{ Н}$$

7. Мощность резания: $[2, \text{с.371}]$

$$N_{\text{рез}} = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{22,4 \cdot 1000}{1020 \cdot 60} = 0,4 \text{ кВт.}$$

Проверка по мощности:

$$N_{\text{рез}} \leq N_{\text{ст}};$$

$N_{\text{ст}}$ - мощность на шпинделе станка;

$N_{\text{дв}}$ - мощность двигателя главного движения станка;

Примем минимальное значение КПД станка $\eta = 0,9$, тогда

$$N_{\text{ст}} = N_{\text{дв}} \cdot \eta = 26 \cdot 0,9 = 23,4 \text{ кВт}$$

$$0,4 < 23,4.$$

Операция 025 переход 4

1. Режущий инструмент:

- державка DDQNR2525M15

- пластина DNMM150404 – T – DIA, материал DX120

Обрабатываемый материал – Д16.Т ГОСТ 21488 – 97.

2. Глубина резания: $t = 1$ мм.
3. Рекомендуемая подача для данной глубины резания: $S = 0,2$ мм/об
4. Рекомендуемая скорость резания 1000 м/мин
5. Расчётное число оборотов шпинделя

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 1000}{3,14 \cdot 118} = 1698,9 \frac{\text{об}}{\text{мин}}$$

Т.к. максимальная частота вращения шпинделя составляет 4000 об/мин, следовательно, принимаем $n = 2700$ об/мин.

Тогда, фактическая скорость резания $V_{\phi} = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 118 \cdot 2700}{1000} = 1000 \frac{\text{м}}{\text{мин}}$

6. Силы резания рассчитываются по формуле:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p, \quad [2, \text{с.371}]$$

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

$$K_p = K_{mp} \cdot K_{\phi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{rp} \quad [2, \text{с.371}]$$

$$K_{mp}=2,75; \quad K_{\phi p}=0,89; \quad K_{\gamma p}=1; \quad K_{\lambda p}=1; \quad K_{rp}=0,87 \quad [2, \text{с.374}]$$

$$K_p = K_{mp} \cdot K_{\phi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{rp} = 2,75 \cdot 0,89 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,87 = 2,1$$

$$C_p=40, \quad x=1, \quad y=0,75, \quad n=0 \quad [2, \text{с.373}]$$

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p = 10 \cdot 40 \cdot 1^1 \cdot 0,2^{0,75} \cdot 1000^0 \cdot 2,1 = 251,2 \text{ Н}$$

7. Мощность резания: $[2, \text{с.371}]$

$$N_{\text{рез}} = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{251,2 \cdot 1000}{1020 \cdot 60} = 4,1 \text{ кВт.}$$

Проверка по мощности:

$$N_{\text{рез}} \leq N_{\text{ст}};$$

$N_{\text{ст}}$ - мощность на шпинделе станка;

$N_{\text{дв}}$ - мощность двигателя главного движения станка;

Примем минимальное значение КПД станка $\eta = 0,9$, тогда

$$N_{\text{ст}} = N_{\text{дв}} \cdot \eta = 26 \cdot 0,9 = 23,4 \text{ кВт}$$
$$4,1 < 23,4.$$

Операция 025 переход 5

1. Режущий инструмент:

- державка A10K-SCLCR06-D120

- пластина CCGT060204L-W15, материал GN110

Обрабатываемый материал – Д16.Т ГОСТ 21488 – 97.

2. Глубина резания: $t = \frac{D_{4,5}^c - D_{2,6}^c}{2} = \frac{13,7 - 12,95}{2} = 0,375 \approx 0,4 \text{ мм.}$

3. Рекомендуемая подача для данной глубины резания: $S = 0,1 \text{ мм/об}$

4. Рекомендуемая скорость резания 100 м/мин

5. Расчётное число оборотов шпинделя

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 100}{3,14 \cdot 13,6} = 2341,7 \frac{\text{об}}{\text{мин}}$$

Т.к. максимальная частота вращения шпинделя составляет 4000 об/мин, следовательно, принимаем $n = 2340 \text{ об/мин.}$

Тогда, фактическая скорость резания $V_{\text{ф}} = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 13,6 \cdot 2340}{1000} = 100 \frac{\text{м}}{\text{мин}}$

6. Силы резания рассчитываются по формуле:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p, \quad [2, \text{с.371}]$$

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

$$K_p = K_{mp} \cdot K_{\varphi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{rp} \quad [2, \text{с.371}]$$

$$K_{mp}=2,75; K_{\varphi p}=0,89; K_{\gamma p}=1; K_{\lambda p}=1; K_{rp}=0,87 \quad [2, \text{с.374}]$$

$$K_p = K_{mp} \cdot K_{\varphi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{rp} = 2,75 \cdot 0,89 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,87 = 2,1$$

$$C_p=40, x=1, y=0,75, n=0 \quad [2, \text{с.373}]$$

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p = 10 \cdot 40 \cdot 0,4^1 \cdot 0,1^{0,75} \cdot 100^0 \cdot 2,1 = 59,8 \text{ Н}$$

7. Мощность резания: $[2, \text{с.371}]$

$$N_{рез} = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{59,8 \cdot 100}{1020 \cdot 60} = 0,1 \text{ кВт.}$$

Проверка по мощности:

$$N_{рез} \leq N_{ст};$$

$N_{ст}$ - мощность на шпинделе станка;

$N_{дв}$ - мощность двигателя главного движения станка;

Примем минимальное значение КПД станка $\eta = 0,9$, тогда

$$N_{ст} = N_{дв} \cdot \eta = 26 \cdot 0,9 = 23,4 \text{ кВт}$$

$$0,1 < 23,4.$$

Операция 025 переход 6

1. Режущий инструмент:

- державка A10K-SCLCR06-D120

- пластина CCGT060204L-W15, материал GN110

Обрабатываемый материал – Д16.Т ГОСТ 21488 – 97.

2. Глубина резания: $t = \frac{D_{4,6}^c - D_{4,5}^c}{2} = \frac{14,29 - 13,7}{2} = 0,295 \approx 0,3 \text{ мм.}$

3. Рекомендуемая подача для данной глубины резания: $S = 0,1 \text{ мм/об}$

4. Рекомендуемая скорость резания 100 м/мин

5. Расчётное число оборотов шпинделя

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 100}{3,14 \cdot 14,27} = 2231,7 \frac{\text{об}}{\text{мин}}$$

Т.к. максимальная частота вращения шпинделя составляет 4000 об/мин, следовательно, принимаем $n = 2230$ об/мин.

Тогда, фактическая скорость резания $V_{\phi} = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 14,27 \cdot 2230}{1000} = 100 \frac{\text{м}}{\text{мин}}$

6. Силы резания рассчитываются по формуле:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p, \quad [2, \text{с.371}]$$

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

$$K_p = K_{mp} \cdot K_{\phi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{rp} \quad [2, \text{с.371}]$$

$$K_{mp}=2,75; \quad K_{\phi p}=0,89; \quad K_{\gamma p}=1; \quad K_{\lambda p}=1; \quad K_{rp}=0,87 \quad [2, \text{с.374}]$$

$$K_p = K_{mp} \cdot K_{\phi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{rp} = 2,75 \cdot 0,89 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,87 = 2,1$$

$$C_p=40, \quad x=1, \quad y=0,75, \quad n=0 \quad [2, \text{с.373}]$$

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p = 10 \cdot 40 \cdot 0,3^1 \cdot 0,1^{0,75} \cdot 100^0 \cdot 2,1 = 44,8 \text{ Н}$$

7. Мощность резания: $[2, \text{с.371}]$

$$N_{\text{рез}} = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{44,8 \cdot 100}{1020 \cdot 60} = 0,1 \text{ кВт.}$$

Проверка по мощности:

$$N_{\text{рез}} \leq N_{\text{ст}};$$

$N_{\text{ст}}$ - мощность на шпинделе станка;

$N_{\text{дв}}$ - мощность двигателя главного движения станка;

Примем минимальное значение КПД станка $\eta = 0,9$, тогда

$$N_{\text{ст}} = N_{\text{дв}} \cdot \eta = 26 \cdot 0,9 = 23,4 \text{ кВт}$$
$$0,1 < 23,4.$$

Операция 025 переход 7

1. Режущий инструмент:

- державка A10K-SCLCR06-D120

- пластина CCGT060204L-W15, материал GN110

Обрабатываемый материал – Д16.Т ГОСТ 21488 – 97.

2. Глубина резания: $t = \frac{D_{4,7}^c - D_{2,8}^c}{2} = \frac{34,69 - 34,075}{2} = 0,307 \approx 0,3 \text{ мм.}$

3. Рекомендуемая подача для данной глубины резания: $S = 0,1 \text{ мм/об}$

4. Рекомендуемая скорость резания 100 м/мин

5. Расчётное число оборотов шпинделя

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 100}{3,14 \cdot 34,66} = 918,8 \frac{\text{об}}{\text{мин}}$$

Т.к. максимальная частота вращения шпинделя составляет 4000 об/мин, следовательно, принимаем $n = 920 \text{ об/мин.}$

Тогда, фактическая скорость резания $V_{\text{ф}} = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 34,66 \cdot 920}{1000} = 100 \frac{\text{м}}{\text{мин}}$

6. Силы резания рассчитываются по формуле:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p, \quad [2, \text{с.371}]$$

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

$$K_p = K_{\text{мп}} \cdot K_{\text{фр}} \cdot K_{\text{гр}} \cdot K_{\lambda_p} \cdot K_{\text{гр}} \quad [2, \text{с.371}]$$

$$K_{mp}=2,75; K_{\varphi p}=0,89; K_{\gamma p}=1; K_{\lambda p}=1; K_{rp}=0,87 \quad [2, \text{ с.374}]$$

$$K_P = K_{mp} \cdot K_{\varphi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{rp} = 2,75 \cdot 0,89 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,87 = 2,1$$

$$C_P = 40, \quad x = 1, \quad y = 0,75, \quad n = 0 \quad [2, \text{ с.373}]$$

$$P_z = 10 \cdot C_P \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_P = 10 \cdot 40 \cdot 0,3^1 \cdot 0,1^{0,75} \cdot 100^0 \cdot 2,1 = 44,8 \text{ Н}$$

7. Мощность резания: [2, с.371]

$$N_{\text{рез}} = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{44,8 \cdot 100}{1020 \cdot 60} = 0,1 \text{ кВт.}$$

Проверка по мощности:

$$N_{\text{рез}} \leq N_{\text{ст}};$$

$N_{\text{ст}}$ - мощность на шпинделе станка;

$N_{\text{дв}}$ - мощность двигателя главного движения станка;

Примем минимальное значение КПД станка $\eta = 0,9$, тогда

$$N_{\text{ст}} = N_{\text{дв}} \cdot \eta = 26 \cdot 0,9 = 23,4 \text{ кВт}$$

$$0,1 < 23,4.$$

Операция 025 переход 8

1. Режущий инструмент:

- державка A10K-SCLCR06-D120

- пластина CCMT060202-DIA, материал DX120

Обрабатываемый материал – Д16.Т ГОСТ 21488 – 97.

2. Глубина резания: $t = 1$ мм.

3. Рекомендуемая подача для данной глубины резания: $S = 0,1$ мм/об

4. Рекомендуемая скорость резания 300 м/мин

5. Расчётное число оборотов шпинделя

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 300}{3,14 \cdot 37} = 2582,2 \frac{\text{об}}{\text{мин}}$$

Т.к. максимальная частота вращения шпинделя составляет 4000 об/мин, следовательно, принимаем $n = 2600$ об/мин.

Тогда, фактическая скорость резания $V_{\phi} = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 37 \cdot 2600}{1000} = 302 \frac{\text{м}}{\text{мин}}$

6. Силы резания рассчитываются по формуле:

$$P_z = 10 \cdot C_P \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_P, \quad [2, \text{с.371}]$$

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

$$K_P = K_{mp} \cdot K_{\phi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{rp} \quad [2, \text{с.371}]$$

$$K_{mp}=2,75; \quad K_{\phi p}=0,89; \quad K_{\gamma p}=1; \quad K_{\lambda p}=1; \quad K_{rp}=0,87 \quad [2, \text{с.374}]$$

$$K_P = K_{mp} \cdot K_{\phi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{rp} = 2,75 \cdot 0,89 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,87 = 2,1$$

$$C_P=40, \quad x=1, \quad y=0,75, \quad n=0 \quad [2, \text{с.373}]$$

$$P_z = 10 \cdot C_P \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_P = 10 \cdot 40 \cdot 1^1 \cdot 0,1^{0,75} \cdot 302^0 \cdot 2,1 = 149,4 \text{ Н}$$

7. Мощность резания: $[2, \text{с.371}]$

$$N_{рез} = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{149,4 \cdot 302}{1020 \cdot 60} = 0,7 \text{ кВт.}$$

Проверка по мощности:

$$N_{рез} \leq N_{ст};$$

$N_{ст}$ - мощность на шпинделе станка;

$N_{дв}$ - мощность двигателя главного движения станка;

Примем минимальное значение КПД станка $\eta = 0,9$, тогда

$$N_{ст} = N_{дв} \cdot \eta = 26 \cdot 0,9 = 23,4 \text{ кВт}$$

$$0,7 < 23,4.$$

Операция 025 переход 9

1. Режущий инструмент:

- державка A10K-SCLCR06-D120

- пластина CCMТ060202-DIA, материал DX120

Обрабатываемый материал – Д16.Т ГОСТ 21488 – 97.

2. Глубина резания: $t = \frac{D_{4,9}^c - D_{4,7}^c}{2} = \frac{35,0125 - 34,69}{2} = 0,16125 \approx 0,16$ мм.

3. Рекомендуемая подача для данной глубины резания: $S = 0,1$ мм/об

4. Рекомендуемая скорость резания 300 м/мин

5. Расчётное число оборотов шпинделя

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 300}{3,14 \cdot 35} = 2729,7 \frac{\text{об}}{\text{мин}}$$

Т.к. максимальная частота вращения шпинделя составляет 4000 об/мин, следовательно, принимаем $n = 2730$ об/мин.

Тогда, фактическая скорость резания $V_{\text{ф}} = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 35 \cdot 2730}{1000} = 300 \frac{\text{м}}{\text{мин}}$

6. Силы резания рассчитываются по формуле:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p, \quad [2, \text{с.371}]$$

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

$$K_p = K_{mp} \cdot K_{\varphi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{rp} \quad [2, \text{с.371}]$$

$$K_{mp}=2,75; \quad K_{\varphi p}=0,89; \quad K_{\gamma p}=1; \quad K_{\lambda p}=1; \quad K_{rp}=0,87 \quad [2, \text{с.374}]$$

$$K_p = K_{mp} \cdot K_{\varphi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{rp} = 2,75 \cdot 0,89 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,87 = 2,1$$

$$C_p=40, \quad x=1, \quad y=0,75, \quad n=0 \quad [2, \text{с.373}]$$

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p = 10 \cdot 40 \cdot 0,16^1 \cdot 0,1^{0,75} \cdot 300^0 \cdot 2,1 = 23,9 \text{ Н}$$

7. Мощность резания: [2, с.371]

$$N_{\text{рез}} = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{23,9 \cdot 300}{1020 \cdot 60} = 0,1 \text{ кВт.}$$

Проверка по мощности:

$$N_{\text{рез}} \leq N_{\text{ст}};$$

$N_{\text{ст}}$ - мощность на шпинделе станка;

$N_{\text{дв}}$ - мощность двигателя главного движения станка;

Примем минимальное значение КПД станка $\eta = 0,9$, тогда

$$N_{\text{ст}} = N_{\text{дв}} \cdot \eta = 26 \cdot 0,9 = 23,4 \text{ кВт}$$

$$0,1 < 23,4.$$

Операция 025 переход 10

1. Режущий инструмент:

- державка A10K-SCLCR06-D120

- пластина CСMT060202-DIA, материал DX120

Обрабатываемый материал – Д16.Т ГОСТ 21488 – 97.

2. Глубина резания: $t = 0,5$ мм.

3. Рекомендуемая подача для данной глубины резания: $S = 0,1$ мм/об

4. Рекомендуемая скорость резания 300 м/мин

5. Расчётное число оборотов шпинделя

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 100}{3,14 \cdot 15,5} = 2054,6 \frac{\text{об}}{\text{мин}}$$

Т.к. максимальная частота вращения шпинделя составляет 4000 об/мин, следовательно, принимаем $n = 2050$ об/мин.

Тогда, фактическая скорость резания

$$V_{\phi} = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 15,5 \cdot 2050}{1000} = 99,8 \frac{\text{м}}{\text{мин}}$$

6. Силы резания рассчитываются по формуле:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p, \quad [2, \text{с.371}]$$

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

$$K_p = K_{mp} \cdot K_{\phi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{rp} \quad [2, \text{с.371}]$$

$$K_{mp}=2,75; \quad K_{\phi p}=0,89; \quad K_{\gamma p}=1; \quad K_{\lambda p}=1; \quad K_{rp}=0,87 \quad [2, \text{с.374}]$$

$$K_p = K_{mp} \cdot K_{\phi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{rp} = 2,75 \cdot 0,89 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,87 = 2,1$$

$$C_p=40, \quad x=1, \quad y=0,75, \quad n=0 \quad [2, \text{с.373}]$$

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p = 10 \cdot 40 \cdot 0,5^1 \cdot 0,1^{0,75} \cdot 99,8^0 \cdot 2,1 = 74,7 \text{ Н}$$

7. Мощность резания: $[2, \text{с.371}]$

$$N_{\text{рез}} = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{74,7 \cdot 99,8}{1020 \cdot 60} = 0,1 \text{ кВт.}$$

Проверка по мощности:

$$N_{\text{рез}} \leq N_{\text{ст}};$$

$N_{\text{ст}}$ - мощность на шпинделе станка;

$N_{\text{дв}}$ - мощность двигателя главного движения станка;

Примем минимальное значение КПД станка $\eta = 0,9$, тогда

$$N_{\text{ст}} = N_{\text{дв}} \cdot \eta = 26 \cdot 0,9 = 23,4 \text{ кВт}$$

$$0,1 < 23,4.$$

Операция 025 переход 11

1. Режущий инструмент:

- державка A10K-SCLCR06-D120

- пластина CCMT060202-DIA, материал DX120

Обрабатываемый материал – Д16.Т ГОСТ 21488 – 97.

2. Глубина резания: $t = \frac{D_{4,11}^c - D_{4,6}^c}{2} = \frac{14,509 - 14,29}{2} = 0,1095 \approx 0,1$ мм.

3. Рекомендуемая подача для данной глубины резания: $S = 0,1$ мм/об

4. Рекомендуемая скорость резания 100 м/мин

5. Расчётное число оборотов шпинделя

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 100}{3,14 \cdot 14,5} = 2196,3 \frac{\text{об}}{\text{мин}}$$

Т.к. максимальная частота вращения шпинделя составляет 4000 об/мин, следовательно, принимаем $n = 2200$ об/мин.

Тогда, фактическая скорость резания

$$V_{\phi} = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 14,5 \cdot 2200}{1000} = 100 \frac{\text{м}}{\text{мин}}$$

6. Силы резания рассчитываются по формуле:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p, \quad [2, \text{с.371}]$$

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

$$K_p = K_{mp} \cdot K_{\phi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{rp} \quad [2, \text{с.371}]$$

$$K_{mp}=2,75; \quad K_{\phi p}=0,89; \quad K_{\gamma p}=1; \quad K_{\lambda p}=1; \quad K_{rp}=0,87 \quad [2, \text{с.374}]$$

$$K_p = K_{mp} \cdot K_{\phi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{rp} = 2,75 \cdot 0,89 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,87 = 2,1$$

$$C_p=40, \quad x=1, \quad y=0,75, \quad n=0 \quad [2, \text{с.373}]$$

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p = 10 \cdot 40 \cdot 0,1^1 \cdot 0,1^{0,75} \cdot 100^0 \cdot 2,1 = 14,9 \text{ Н}$$

7. Мощность резания: [2, с.371]

$$N_{\text{рез}} = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{14,9 \cdot 100}{1020 \cdot 60} = 0,1 \text{ кВт.}$$

Проверка по мощности:

$$N_{\text{рез}} \leq N_{\text{ст}};$$

$N_{\text{ст}}$ - мощность на шпинделе станка;

$N_{\text{дв}}$ - мощность двигателя главного движения станка;

Примем минимальное значение КПД станка $\eta = 0,9$, тогда

$$N_{\text{ст}} = N_{\text{дв}} \cdot \eta = 26 \cdot 0,9 = 23,4 \text{ кВт}$$

$$0,1 < 23,4.$$

Операция 030 «Сверлильная».

Оборудование: Станок настольно-сверлильный модели НС-12А. Мощность привода главного движения электродвигателя – 0,65 кВт, наибольший диаметр сверления – 12 мм, конус Морзе 2.

Для выбора металлорежущего инструмента воспользуемся каталогом «ТИЗ» «Цельный твердосплавный инструмент». В нем указаны рекомендованные режимы резания: подача, скорость.

Операция 030 переход 1

1. Режущий инструмент: зенковка $\varnothing 12$ мм ЗЦ490, материал – НФ. (Каталог «ТИЗ» «Цельный твердосплавный инструмент»).

Обрабатываемый материал – Д16.Т ГОСТ 21488 – 97.

2. Глубина резания: $t = 1,6$ мм.
3. Подача $S = 0,56$ мм/об.
4. Скорость резания $V = 100$ м/мин.
5. Число оборотов шпинделя

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 100}{3,14 \cdot 10} = 3184,7 \text{ об/мин.}$$

По паспорту станка принимаем $n = 2500$ об/мин.

Фактическая скорость резания

$$V = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 10 \cdot 2500}{1000} = 78,5 \text{ м/мин.}$$

6. Расчет осевой силы резания и крутящего момента:

$$P_0 = 10C_p D^q t^x S^y K_p = 10 \cdot 17,2 \cdot 10^1 \cdot 10^0 \cdot 0,56^{0,4} \cdot 2,75 = 3750 \text{ Н}$$

$$M_{кр} = 10C_M D^q t^x S^y K_p = 10 \cdot 0,005 \cdot 10^2 \cdot 10^0 \cdot 0,56^{0,8} \cdot 2,75 = 8,6 \text{ Нм}$$

7. Мощность резания

$$N_{рез} = \frac{M_{кр} \cdot n}{9750} = \frac{8,6 \cdot 2500}{9750} = 2,2 \text{ кВт}$$

Проверка по мощности:

$$N_{рез} \leq N_{ст};$$

$N_{ст}$ - мощность на шпинделе станка;

$N_{дв}$ - мощность двигателя главного движения станка;

Примем минимальное значение КПД станка $\eta = 0,9$, тогда

$$N_{ст} = N_{дв} \cdot \eta = 22 \cdot 0,9 = 19,8 \text{ кВт}$$

$$2,2 < 19,8.$$

Операция 030 переход 2

1. Режущий инструмент: зенковка $\varnothing 8$ мм ЗЦ490, материал – НФ. (Каталог «ТИЗ» «Цельный твердосплавный инструмент»).

Обрабатываемый материал – Д16.Т ГОСТ 21488 – 97.

2. Глубина резания: $t = 0,3$ мм.

3. Подача $S = 0,2$ мм/об.

4. Скорость резания $V = 50$ м/мин.

5. Число оборотов шпинделя

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 50}{3,14 \cdot 8} = 1990 \text{ об/мин.}$$

По паспорту станка принимаем $n = 1400$ об/мин.

Фактическая скорость резания

$$V = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 8 \cdot 1400}{1000} = 35,2 \text{ м/мин.}$$

6. Расчет осевой силы резания и крутящего момента:

$$P_o = 10C_p D^q t^x S^y K_p = 10 \cdot 9,8 \cdot 8^1 \cdot 1,6^0 \cdot 0,2^{0,7} \cdot 2,75 = 698,8 \text{ Н}$$

$$M_{кр} = 10C_M D^q t^x S^y K_p = 10 \cdot 0,005 \cdot 8^2 \cdot 0,3^0 \cdot 0,2^{0,8} \cdot 2,75 = 2,4 \text{ Нм}$$

7. Мощность резания

$$N_{рез} = \frac{M_{кр} \cdot n}{9750} = \frac{2,4 \cdot 1400}{9750} = 0,3 \text{ кВт}$$

Проверка по мощности:

$$N_{рез} \leq N_{ст};$$

$N_{ст}$ - мощность на шпинделе станка;

$N_{дв}$ - мощность двигателя главного движения станка;

Примем минимальное значение КПД станка $\eta = 0,9$, тогда

$$N_{ст} = N_{дв} \cdot \eta = 0,65 \cdot 0,9 = 0,585 \text{ кВт}$$

$$0,3 < 0,585.$$

1.10 Нормирование технологического процесса

Нормирование – это оценка работы временем. В технологическом процессе нормируется операция как законченная часть технологического процесса, которая производится на одном рабочем месте, одним рабочим, над одной деталью.

1.10.1 Расчет основного времени

Основное время – отношение величины пути, пройденного обрабатывающим инструментом, к его минутной подаче, вычисляется по формуле: [5, с. 610]

$$T_o = \frac{L \cdot i}{S_M} = \frac{L \cdot i}{S \cdot n}, \quad (13)$$

где L –расчётная длина обработки, мм;

i –число рабочих ходов;

n –частота вращения шпинделя, об/мин;

S –подача, мм/об.

Расчётная длина обработки определяется по формуле: [5, с. 610]

$$L = l + l_1 + l_2, \quad (14)$$

где l – длина обрабатываемой поверхности, мм;

l_1 – величина врезания инструмента, мм [2, с.620,табл 2];

l_2 – величина перебега инструмента, мм [2, с.620,таб.2].

Операция 005

Переход 1.

$$T_o = \frac{L \cdot i}{S \cdot n} = \frac{(l+l_1) \cdot i}{S} = \frac{(160+2) \cdot 1}{40} = 4,05 \text{ мин.}$$

Операция 010

Переход 1.

$$T_o = \frac{L \cdot i}{S \cdot n} = \frac{(l+l_1+l_2) \cdot i}{S \cdot n} = \frac{(80+1+1) \cdot 2}{0,48 \cdot 475} = 0,72 \text{ мин.}$$

Переход 2.

$$T_o = \frac{L \cdot i}{S \cdot n} = \frac{(l+l_1+l_2) \cdot i}{S \cdot n} = \frac{(48+1,25+1+1) \cdot 1}{1,2 \cdot 256} = 0,17 \text{ мин.}$$

Операция 015

Переход 1.

$$T_o = \frac{L \cdot i}{S \cdot n} = \frac{(l+l_1+l_2) \cdot i}{S \cdot n} = \frac{(80+1+1) \cdot 1}{0,3 \cdot 1200} = 0,23 \text{ мин.}$$

Переход 2.

$$T_o = \frac{L \cdot i}{S \cdot n} = \frac{(l+l_1+l_2) \cdot i}{S \cdot n} = \frac{(48+0,75+1+1) \cdot 1}{0,3 \cdot 1217} = 0,14 \text{ мин.}$$

Переход 3.

$$T_o = \frac{L \cdot i}{S \cdot n} = \frac{(l+l_1+l_2) \cdot i}{S \cdot n} = \frac{(26,8+17,95+1+1) \cdot 6}{0,4 \cdot 1630} = 0,43 \text{ мин.}$$

Переход 4.

$$T_o = \frac{L \cdot i}{S \cdot n} = \frac{(l+l_1+l_2) \cdot i}{S \cdot n} = \frac{(27,5+18,55+1+1) \cdot 1}{0,1 \cdot 1600} = 0,3 \text{ мин.}$$

Переход 5.

$$T_o = \frac{L \cdot i}{S \cdot n} = \frac{(l+l_{1,2}) \cdot i}{S \cdot n} = \frac{((5+3,9)+2) \cdot 1}{0,18 \cdot 3470} = 0,02 \text{ мин.}$$

Переход 6.

$$T_o = \frac{L \cdot i}{S \cdot n} = \frac{(l+l_{1,2}) \cdot i}{S \cdot n} = \frac{(53,5+8) \cdot 1}{0,315 \cdot 1620} = 0,12 \text{ мин.}$$

Переход 7.

$$T_o = \frac{L \cdot i}{S \cdot n} = \frac{(l+l_1) \cdot i}{S \cdot n} = \frac{(10,8+46,8+1+0,5) \cdot 12}{0,4 \cdot 930} = 1,9 \text{ мин.}$$

Переход 8.

$$T_o = \frac{L \cdot i}{S \cdot n} = \frac{(l+l_1) \cdot i}{S \cdot n} = \frac{(9,8+10,55+1+0,5) \cdot 3}{0,4 \cdot 2810} = 0,06 \text{ мин.}$$

Переход 9.

$$T_o = \frac{L \cdot i}{S \cdot n} = \frac{(l+l_1) \cdot i}{S \cdot n} = \frac{(1+8,05+1+0,5) \cdot 4}{0,3 \cdot 3290} = 0,04 \text{ мин.}$$

Переход 10.

$$T_o = \frac{L \cdot i}{S \cdot n} = \frac{(l+l_1) \cdot i}{S \cdot n} + \frac{(l+l_1) \cdot i}{S \cdot n}$$
$$T_o = \frac{(1+23+1) \cdot 31}{0,2 \cdot 600} + \frac{(97+1+1) \cdot 1}{0,2 \cdot 600} = 6,45 + 0,825 = 7,275 \text{ мин.}$$

Операция 020

Переход 1.

$$T_o = \frac{L \cdot i}{S \cdot n} = \frac{(l + l_1 + l_2) \cdot i}{S \cdot n}$$

$$T_o = \frac{(5,3+23,4+1+1) \cdot 8}{0,4 \cdot 1623} + \frac{(5,3+25,4+1+1) \cdot 1}{0,3 \cdot 1753} = 0,44 \text{ мин.}$$

Переход 2.

$$T_o = \frac{L \cdot i}{S \cdot n} = \frac{(l+l_1) \cdot i}{S \cdot n} = \frac{(3,4+39,8+1+0,5) \cdot 10}{0,4 \cdot 1033} = 1,08 \text{ мин.}$$

Переход 3.

$$T_o = \frac{L \cdot i}{S \cdot n} = \frac{(l+l_1) \cdot i}{S \cdot n} = \frac{(1,84+1+0,5) \cdot 1}{0,2 \cdot 2050} = 0,01 \text{ мин.}$$

Переход 4.

$$T_o = \frac{L \cdot i}{S \cdot n} = \frac{(l + l_1) \cdot i}{S \cdot n} + \frac{(l + l_1) \cdot i}{S \cdot n}$$

$$T_o = \frac{(1 + 34,5 + 1) \cdot 2}{0,2 \cdot 680} + \frac{(43,1 + 1 + 1) \cdot 1}{0,2 \cdot 680} = 14,26 + 0,825 = 15,1 \text{ мин.}$$

Переход 5.

$$T_o = \frac{L \cdot i}{S \cdot n} = \frac{(l + l_1 + l_2) \cdot i}{S \cdot n} = \frac{(6 + 26 + 1 + 1) \cdot 1}{0,1 \cdot 3027} = 0,11 \text{ мин.}$$

Переход 6.

$$T_o = \frac{L \cdot i}{S \cdot n} = \frac{(l + l_1 + l_2) \cdot i}{S \cdot n} = \frac{(1,4 + 1 + 1) \cdot 1}{0,1 \cdot 3027} = 0,01 \text{ мин.}$$

Переход 7.

$$T_o = \frac{L \cdot i}{S \cdot n} = \frac{(l + l_{1,2}) \cdot i}{S \cdot n} \cdot m = \frac{((5 + 3,9) + 2) \cdot 1}{0,18 \cdot 3470} \cdot 8 = 0,14 \text{ мин.}$$

Переход 8.

$$T_o = \frac{L \cdot i}{S \cdot n} = \frac{(l + l_{1,2}) \cdot i}{S \cdot n} \cdot m = \frac{(20 + 6) \cdot 1}{0,2 \cdot 3022} \cdot 4 = 0,17 \text{ мин.}$$

Переход 9.

$$T_o = \frac{L \cdot i}{S \cdot n} = \frac{(l + l_{1,2}) \cdot i}{S \cdot n} \cdot m = \frac{(20 + 6) \cdot 1}{0,2 \cdot 3833} \cdot 4 = 0,14 \text{ мин.}$$

Переход 10.

$$T_o = \frac{L \cdot i}{S \cdot n} = \frac{(l + l_1) \cdot i}{S \cdot n} \cdot m = \frac{(6 + 5 + 1) \cdot 1}{0,8 \cdot 330} \cdot 4 = 0,2 \text{ мин.}$$

Переход 11.

$$T_o = \frac{L \cdot i}{S \cdot n} = \frac{(l + l_1) \cdot i}{S \cdot n} \cdot m = \frac{(3,9 + 1) \cdot 1}{0,56 \cdot 3200} \cdot 4 = 0,012 \text{ мин.}$$

Переход 12.

$$T_o = \frac{L \cdot i}{S \cdot n} = \frac{(l + l_1) \cdot i}{S \cdot n} \cdot m = \frac{(3,9 + 1) \cdot 1}{0,4 \cdot 3981} \cdot 4 = 0,012 \text{ мин.}$$

Переход 13.

$$T_o = \frac{L \cdot i}{S \cdot n} = \frac{(l + l_1) \cdot i}{S \cdot n} \cdot m = \frac{(2,26 + 1) \cdot 1}{0,56 \cdot 3200} \cdot 4 = 0,007 \text{ мин.}$$

Переход 14.

$$T_o = \frac{L \cdot i}{S \cdot n} = \frac{(l + l_{1,2}) \cdot i}{S \cdot n} \cdot m = \frac{(20 + 6) \cdot 1}{1,25 \cdot 150} \cdot 4 = 0,55 \text{ мин.}$$

Операция 025

Переход 1.

$$T_o = \frac{L \cdot i}{S \cdot n} = \frac{(l + l_1) \cdot i}{S \cdot n} = \frac{(7,6 + 1) \cdot 1}{0,2 \cdot 250} = 0,172 \text{ мин.}$$

Переход 2.

$$T_o = \frac{L \cdot i}{S \cdot n} = \frac{(l + l_1) \cdot i}{S \cdot n} = \frac{(27,5 + 1) \cdot 1}{0,1 \cdot 1607} = 0,18 \text{ мин.}$$

Переход 3.

$$T_o = \frac{L \cdot i}{S \cdot n} = \frac{(l + l_1) \cdot i}{S \cdot n} = \frac{(27,5 + 1) \cdot 1}{0,1 \cdot 2700} = 0,1 \text{ мин.}$$

Переход 4.

$$T_o = \frac{L \cdot i}{S \cdot n} = \frac{(l + l_1 + l_2) \cdot i}{S \cdot n} = \frac{(1,4 + 1 + 1) \cdot 1}{0,2 \cdot 2700} = 0,006 \text{ мин.}$$

Переход 5.

$$T_o = \frac{L \cdot i}{S \cdot n} = \frac{(l + l_1 + l_2) \cdot i}{S \cdot n} = \frac{(25 + 1 + 1) \cdot 1}{0,1 \cdot 2340} = 0,12 \text{ мин.}$$

Переход 6.

$$T_o = \frac{L \cdot i}{S \cdot n} = \frac{(l + l_1 + l_2) \cdot i}{S \cdot n} = \frac{(25 + 1 + 1) \cdot 1}{0,1 \cdot 2230} = 0,12 \text{ мин.}$$

Переход 7.

$$T_o = \frac{L \cdot i}{S \cdot n} = \frac{(l + l_1) \cdot i}{S \cdot n} = \frac{(10,5 + 10,195 + 1 + 0,5) \cdot 1}{0,1 \cdot 920} = 0,24 \text{ мин.}$$

Переход 8.

$$T_o = \frac{L \cdot i}{S \cdot n} = \frac{(l + l_1) \cdot i}{S \cdot n} = \frac{(1,4 + 1 + 0,5) \cdot 1}{0,1 \cdot 2600} = 0,01 \text{ мин.}$$

Переход 9.

$$T_o = \frac{L \cdot i}{S \cdot n} = \frac{(l + l_1) \cdot i}{S \cdot n} = \frac{(11 + 9,75 + 1 + 0,5) \cdot 1}{0,1 \cdot 2730} = 0,08 \text{ мин.}$$

Переход 10.

$$T_o = \frac{L \cdot i}{S \cdot n} = \frac{(l + l_1) \cdot i}{S \cdot n} = \frac{(0,71 + 1 + 0,5) \cdot 1}{0,1 \cdot 2050} = 0,011 \text{ мин.}$$

Переход 11.

$$T_o = \frac{L \cdot i}{S \cdot n} = \frac{(l + l_1) \cdot i}{S \cdot n} = \frac{(25 + 1 + 0,5) \cdot 1}{0,1 \cdot 2200} = 0,12 \text{ мин.}$$

Операция 030

Переход 1.

$$T_o = \frac{L \cdot i}{S \cdot n} = \frac{(l + l_1) \cdot i}{S \cdot n} \cdot m = \frac{(2,26 + 1) \cdot 1}{0,56 \cdot 2500} \cdot 4 = 0,009 \text{ мин.}$$

Переход 2.

$$T_o = \frac{L \cdot i}{S \cdot n} = \frac{(l + l_1) \cdot i}{S \cdot n} \cdot m = \frac{(3,9 + 1) \cdot 1}{0,2 \cdot 1400} \cdot 4 = 0,07 \text{ мин.}$$

1.10.2 Расчет штучно – калькуляционного времени

Штучно – калькуляционное время включает штучное время и время на наладку станка:

$$T_{шт-к} = T_{шт} + \frac{T_{п-з}}{n}, \quad (15)$$

где $T_{шт}$ – штучное время;

$T_{п-з}$ – подготовительно – заключительное время, время наладки станка;

n – число деталей в партии, обрабатываемых на настроенном оборудовании.

Штучное время – это время обработки одной детали на одной операции:

$$T_{шт} = T_o + T_v + T_{обс} + T_{отд}, \quad (16)$$

где T_o – основное время (или машинное), время работы станка;

T_v – вспомогательное время, время управления станком;

$T_{обс}$ – время обслуживания станка; оно включает время технического обслуживания оборудования и время организационного обслуживания;

$T_{отд}$ – время отдыха рабочего и время на естественные надобности.

Вспомогательное время состоит из времени на установку и снятие детали, времени, связанного с выполнением операции и времени, затрачиваемого на контрольные измерения и определяется по формуле:

$$T_v = T_{уст} + T_{з.о} + T_{упр} + T_{изм}, \quad (17)$$

где $T_{уст}$ – время на установку и снятие детали; [5, с.236]

$T_{з.о}$ – время на закрепление и открепление детали; [5, с.236]

$T_{упр}$ – время на управление станком;

$T_{изм}$ – время на измерение детали.

Время, затрачиваемое на контрольные измерения $T_{изм}$ не учитываются, поскольку контроль можно проводить во время обработки другой детали, это время будет перекрываться основным временем работы станка.

Оперативное время: $T_{опер} = T_o + T_v$.

Время на обслуживание и отдых: $T_{о.т} = 15\% \cdot T_{опер}$.

Подготовительно – заключительное время $T_{п.з}$.

n – количество деталей в настроечной партии, $n=5000$ шт.

Тогда,

$$T_{шт-к} = T_o + T_v + T_{о.т} + \frac{T_{п-з}}{5000}$$

Операция 005

$T_o = 4,05$ мин.

$T_v = 0,18 + 0,21 + 0,16 = 0,55$ мин.

$T_{опер} = 4,05 + 0,55 = 4,6$ мин.

$T_{о.т} = 15\% \cdot 4,6 = 0,69$ мин.

$T_{шт} = 4,05 + 0,55 + 0,69 = 5,29$ мин.

$T_{п.з.} = 3$ мин.

$T_{шт-к} = 4,05 + 0,55 + 0,69 + \frac{3}{5000} = 5,291$ мин.

Операция 010

$T_o = 0,89$ мин.

$T_v = 0,82 + 0,04 + 0,16 = 1,02$ мин.

$T_{опер} = 0,89 + 1,02 = 1,91$ мин.

$T_{о.т} = 15\% \cdot 1,91 = 0,2865$ мин.

$T_{шт} = 0,89 + 1,02 + 0,2865 = 2,1965$ мин.

$T_{п.з.} = 12$ мин.

$$T_{\text{шт-к}} = 0,89 + 1,02 + 0,2865 + \frac{12}{5000} = 2,1989 \text{ мин.}$$

Операция 015

$$T_o = 10,515 \text{ мин.}$$

$$T_B = 0,82 + 0,04 + 0,16 = 1,02 \text{ мин.}$$

$$T_{\text{опер}} = 10,515 + 1,02 = 11,535 \text{ мин.}$$

$$T_{o.t} = 15\% \cdot 11,535 = 1,73025 \text{ мин.}$$

$$T_{\text{шт}} = 10,515 + 1,02 + 1,73025 = 13,26525 \text{ мин.}$$

$$T_{\text{п.з.}} = 12 \text{ мин.}$$

$$T_{\text{шт-к}} = 10,515 + 1,02 + 1,73025 + \frac{12}{5000} = 13,2676 \text{ мин.}$$

Операция 020

$$T_o = 17,981 \text{ мин.}$$

$$T_B = 0,82 + 0,04 + 0,16 = 1,02 \text{ мин.}$$

$$T_{\text{опер}} = 17,981 + 1,02 = 19,001 \text{ мин.}$$

$$T_{o.t} = 15\% \cdot 19,001 = 2,85015 \text{ мин.}$$

$$T_{\text{шт}} = 17,981 + 1,02 + 2,85015 = 21,85115 \text{ мин.}$$

$$T_{\text{п.з.}} = 12 \text{ мин.}$$

$$T_{\text{шт-к}} = 17,981 + 1,02 + 2,85015 + \frac{12}{5000} = 21,8535 \text{ мин.}$$

Операция 025

$$T_o = 1,159 \text{ мин.}$$

$$T_B = 0,82 + 0,04 + 0,16 = 1,02 \text{ мин.}$$

$$T_{\text{опер}} = 1,159 + 1,02 = 2,179 \text{ мин.}$$

$$T_{o.t} = 15\% \cdot 2,179 = 0,32685 \text{ мин.}$$

$$T_{\text{шт}} = 1,159 + 1,02 + 0,32685 = 2,50585 \text{ мин.}$$

$$T_{\text{п.з.}} = 12 \text{ мин.}$$

$$T_{\text{шт-к}} = 1,159 + 1,02 + 0,32685 + \frac{12}{5000} = 2,5082 \text{ мин.}$$

Операция 030

$$T_o = 0,079 \text{ мин.}$$

$$T_b = 0,18 + 0,1 + 0,29 = 0,57 \text{ мин.}$$

$$T_{\text{опер}} = 0,079 + 0,57 = 0,649 \text{ мин.}$$

$$T_{o.t} = 15\% \cdot 0,649 = 0,09735 \text{ мин.}$$

$$T_{\text{шт}} = 0,079 + 0,57 + 0,09735 = 0,74635 \text{ мин.}$$

$$T_{\text{п.з.}} = 10 \text{ мин.}$$

$$T_{\text{шт-к}} = 0,079 + 0,57 + 0,09735 + \frac{10}{5000} = 0,7483 \text{ мин.}$$

2. Конструкторская часть

В данном разделе выпускной квалификационной работе решается задача по проектированию контрольно-измерительного приспособления (КИП) для контроля радиального биения внутреннего отверстия $\varnothing 14,5^{+0,018}$ мм в условиях серийного производства.

КИП представляет собой специальные производственные средства измерения и контроля, представляющие собой конструктивное сочетание базирующих, зажимных и измерительных устройств.

Основными требованиями, предъявляемыми к КИП, являются следующие: удобство в эксплуатации; технологичность в изготовлении; износостойчивость; обеспечение оптимальной точности и производительности контрольных операций.

2.1 Анализ исходных данных для проектирования контрольно-измерительного приспособления

Исходные данные:

- Наименование детали - «Щит подшипниковый 005», чертеж представлен на первом листе графической части;
- Материал – Д16.Т;
- Масса детали – 1 кг;
- Программа выпуска – 5000 штук в год;
- Тип производства – среднесерийный;
- Установочная база для контроля биения является внутреннее отверстие $\varnothing 35^{+0,025}$ мм;
- Допуск на радиальное биение 0,015 мм.

2.2 Разработка принципиальной схемы контроля

На принципиальной схеме контроля для КИП должен быть изображен полный состав элементов КИП и связи между ними, что позволяет получить полное представление о принципах его работы. При разработке схемы контроля обязательно учитывают схему базирования, которую необходимо реализовать в контрольном приспособлении. Схема базирования указана на чертеже в виде обозначения базовых поверхностей или осей, относительно которых выполняются измерения. В нашем случае базовой поверхностью является внутреннее отверстие $\varnothing 35^{+0,025}$ мм.

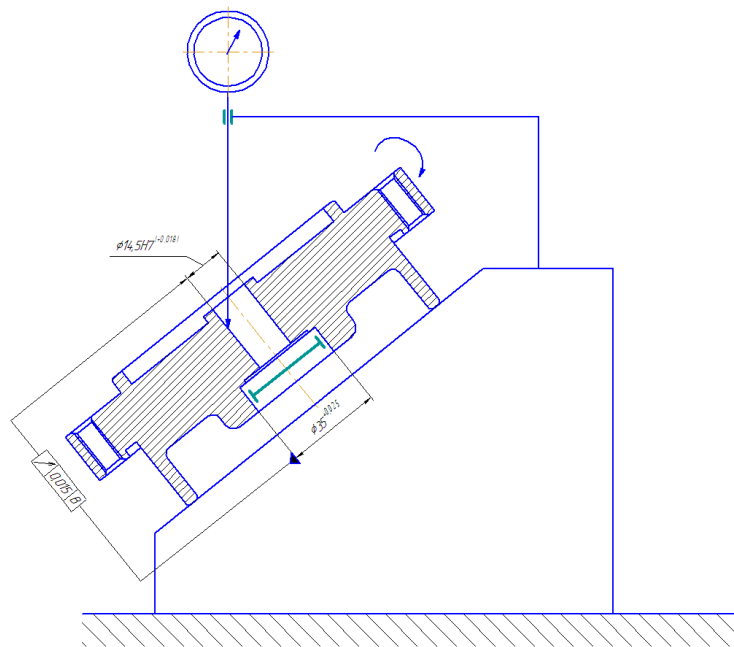


Рисунок 1-Принципиальная схема измерения.

2.3 Выбор средства измерения

В первую очередь выбор средства измерения зависит от заданной точности контролируемого параметра детали.

В конструкции КИП основным средством измерения являются измерительные головки или индикаторы различного вида.

Приборы, предназначенные для измерения линейных размеров деталей, отклонений формы и расположения поверхностей называются измерительные головки.

Для контроля радиального биения внутреннего отверстия $\varnothing 14,5^{+0,018}$ мм детали «Щит подшипниковый 005» выбираем индикатор рычажно-зубчатый боковой ИРБПТ класс 0 с диапазоном измерения 0-0,12 мм, ценой деления 0,001 мм, с пределом допускаемой погрешности 0,003 мм, ГОСТ 5584-75.

2.4 Описание конструкции и работы КИП

Контрольное приспособление состоит из корпуса 1, на который устанавливается плита опорная 2. На плиту 2 устанавливается кольцо 3 и крепится болтами 22 (4 шт.) к корпусу 1.

В опорную плиту 2 через т-образные пазы устанавливаются ползуны 7 (2 шт.) с запрессованными в них упорами 8 (2 шт.). Положение ползунов 7 регулируется с помощью винта 10 (2 шт.), который фиксируется в ползуне с помощью кольца стопорного 24 (2 шт.). Положение винта 10 фиксируется гайкой 20 (2 шт.). Ползун 7 находится в поджатом состоянии за счёт пружины 19 (2 шт.). На корпус 1 устанавливается направляющая 4, которая перемещается в корпусе по пазу и фиксируется болтом 23 (2 шт.). На направляющей 4 установлен кронштейн 5. Кронштейн 5 прижимается к направляющей за счёт пружины 18, а при смене детали откидывается в обратную сторону до упора на направляющей. В кронштейн 5 с помощью винта 16 зажимается консоль 13. К консоли 13 с помощью винта 15 крепится зажим 9. В зажим устанавливается рычажно-зубчатый индикатор 25 (ИРБПТ ГОСТ 5584-75) и фиксируется винтом 15. Тонкая регулировка индикатора 25 осуществляется с помощью винта 14 (с мелкой резьбой), который фиксируется гайкой 21.

Принцип работы приспособления.

Деталь устанавливается на опорную плиту 2. Так как поверхность корпуса 1 наклонена под углом к горизонтальной плоскости, то деталь под собственным весом

перемещается до соприкосновения базовым диаметром с упорами 8.

Предварительно настраивается положение направляющей 4 и зажима 9. С помощью винта 14 настраиваем показания индикатора 25. Вращение детали производим вручную и снимаем показания радиального биения с измерительной головки.

Данное приспособление является универсальным благодаря регулируемым положениям ползунов с помощью винтов, а также настройке стойки в нужное положение для осуществления, как радиального, так и торцевого биения относительно внутреннего отверстия.

Контрольно-измерительное приспособление является безопасным в применении и не имеет вредного влияния на человека и окружающую среду.

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

Группа	ФИО
3-8Л31	Прохоровой Марине Петровне

УДК 621.822-783.41.002

Школа	Инженерная школа новых производственных технологий	Отделение	Отделение материаловедения
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	15.03.01 «Машиностроение»

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	Оклад научного руководителя – 17000 руб. Оклад инженера – 17000 руб.
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	Премияльный коэффициент научного руководителя 30%; Доплаты и надбавки научного руководителя 40%; Дополнительной заработной платы 12%; Накладные расходы 16%; Районный коэффициент 30%.
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	Коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды 30%

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. <i>Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i>	Анализ конкурентных технических решений
2. <i>Планирование и формирование бюджета научных исследований</i>	- определение структуры работ; - определение трудоемкости работ; - разработка графика Гантта; - материальные затраты; - заработная плата (основная и дополнительная); - отчисления во внебюджетные фонды; - накладные расходы.
3. <i>Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования</i>	Определение эффективности исследования

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. <i>Оценочная карта конкурентных технических решений</i>	
2. <i>График Гантта</i>	
3. <i>Расчет бюджета затрат на НИ</i>	

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Старикова Екатерина Васильевна	к.ф.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-8Л31	Прохорова Марина Петровна		

Введение

Целью данного раздела является совершенствование технологического процесса изготовления детали «Щит подшипниковый», отвечающего современным требованиям в области ресурсоэффективности и ресурсосбережения.

Достижение цели обеспечивается решением задач:

- оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований;
- определение возможных альтернатив проведения научных исследований, отвечающих современным требованиям в области ресурсоэффективности и ресурсосбережения;
- планирование научно-исследовательских работ;
- определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования.

3.1 Потенциальные потребители детали «Щит подшипниковый 005»

В качестве потенциальных потребителей усовершенствованного технологического процесса на изготовление детали «Щит подшипниковый 005» является отдел главного технолога АО «ТЭТЗ».

Это единственный потенциальный потребитель, т.к. данная деталь является комплектующим для сборочной единицы – изделия электродвигатель, выпускаемым АО «ТЭТЗ».

3.2 Технология QuaD

Технология QuaD представляет собой гибкий инструмент измерения характеристик, описывающих качество новой разработки и ее перспективность на рынке и позволяющие принимать решение целесообразности вложения денежных средств в научно-исследовательский проект. В основе технологии QuaD лежит нахождение средневзвешенной величины следующих групп показателей:

Показатели оценки качества и перспективности новой разработки подбираются исходя из выбранного объекта исследования с учетом его технических и экономических особенностей разработки, создания и коммерциализации.

Для упрощения процедуры проведения QuaD рекомендуется оценку проводить в табличной форме (табл. 1).

В соответствии с технологией QuaD каждый показатель оценивается экспертным путем по стобалльной шкале, где 1 – наиболее слабая позиция, а 100 – наиболее сильная. Веса показателей, определяемые экспертным путем, в сумме должны составлять 1.

Таблица 1 - Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок)

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы	Максимальный бал	Относительное значение (3/4)	Средневзвешенное значение (5x2)
1	2	3	4	5	
Производительность механической обработки	0,15	100	100	1	15
Надежность	0,13	97	100	0,97	12,6

Качество	0,15	100	100	1	15
Вид получения заготовки	0,08	90	100	0,9	7,2
Уровень квалификации рабочего	0,1	94	100	0,94	9,4
Количество операций технологического процесса	0,08	90	100	0,9	7,2
Гибкость технологического процесса	0,05	87	100	0,87	4,3
Цена	0,12	96	100	0,96	11,5
Уровень сложности изготовления детали	0,05	87	100	0,78	3,9
Уровень автоматизации	0,09	9	100	0,95	8,5
Итого	1				94,6

Оценка качества и перспективности по технологии QuaD определяется по формуле:

$$P_{cp} = \sum V_i \cdot B_i, \quad (1)$$

где P_{cp} – средневзвешенное значение показателя качества и перспективности научной разработки;

V_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – средневзвешенное значение i -го показателя.

$$P_{cp} = 15 + 12,6 + 15 + 7,2 + 9,4 + 7,2 + 4,3 + 11,5 + 3,9 + 8,5 = 94,6$$

Значение P_{cp} позволяет говорить о перспективах разработки и качестве проведенного исследования. Если значение показателя P_{cp} получилось от 100 до 80, то такая разработка считается перспективной. Если от 79 до 60 – то перспективность выше среднего. Если от 69 до 40 – то перспективность средняя. Если от 39 до 20 – то

перспективность ниже среднего. Если 19 и ниже – то перспективность крайне низкая.

Таким образом, данная разработка является перспективной (94,6).

3.3 SWOT – анализ

SWOT – Strengths (сильные стороны), Weaknesses (слабые стороны), Opportunities (возможности) и Threats (угрозы) – представляет собой комплексный анализ научно-исследовательского проекта. SWOT-анализ применяют для исследования внешней и внутренней среды проекта.

С целью исследования внешней и внутренней среды проекта применен SWOT–анализ. Результаты первого этапа SWOT-анализа представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Матрица SWOT

	Сильные стороны научно-исследовательского проекта: С1. Заявленная экономичность и энергоэффективность технологического процесса. С2. Высокая производительность труда. С3. Более низкая стоимость производства по сравнению с другими технологическими процессами. С4. Использование универсального инструмента	Слабые стороны научно-исследовательского проекта: Сл1. Проект ориентирован на использование современного оборудования. Сл2. Ограниченный круг потенциальных потребителей. Сл3. Узкоспециализированное назначение разработки. Сл4. Отсутствие необходимого оборудования для проведения испытания опытного образца. Сл5. Необходимость повышения квалификации кадров.
--	--	---

	С5. Конкурентоспособность проекта.	
<p>Возможности:</p> <p>В1. Занятие дополнительных ниш на рынке за счет усовершенствовании технологии.</p> <p>В2. Снижение таможенных пошлин на сырье и материалы, используемые при научных исследованиях.</p> <p>В3. Появление дополнительного спроса на новый продукт в связи с его экономичностью.</p> <p>В4. Использование инновационной инфраструктуры ТПУ.</p> <p>В5. Повышение стоимости конкурентных разработок.</p>		
<p>Угрозы:</p> <p>У1. Отсутствие спроса на новые</p>		

<p>технологии производства.</p> <p>У2. Развитая конкуренция технологий производства.</p> <p>У3. Ограничения на экспорт технологии.</p> <p>У4. Сложная финансовая ситуация в экономике страны.</p> <p>У5. Наличие барьеров для входа на рынок.</p>		
---	--	--

Результаты третьего этапа SWOT-анализа приведены в таблице 3.

Таблица 3 – SWOT-анализ

	<p>Сильные стороны научно-исследовательского проекта:</p> <p>С1. Заявленная экономичность и энергоэффективность технологического процесса.</p> <p>С2. Высокая производительность труда.</p> <p>С3. Более низкая стоимость производства</p>	<p>Слабые стороны научно-исследовательского проекта:</p> <p>Сл1. Проект ориентирован на использование современного оборудования.</p> <p>Сл2. Ограниченный круг потенциальных потребителей.</p>
--	---	---

	<p>по сравнению с другими технологическими процессами.</p> <p>C4. Низкая металлоемкость.</p> <p>C5. Конкурентоспособность проекта.</p>	<p>Сл3. Узкоспециализированное назначение разработки.</p> <p>Сл4. Отсутствие необходимого оборудования для проведения испытания опытного образца.</p> <p>Сл5. Необходимость повышения квалификации кадров.</p>
<p>Возможности:</p> <p>V1. Занятие дополнительных ниш на рынке за счет усовершенствования технологии.</p> <p>V2. Снижение таможенных пошлин на сырье и материалы, используемые при научных исследований.</p> <p>V3. Появление дополнительного спроса на новый продукт в связи с его экономичностью.</p> <p>V4. Использование инновационной инфраструктуры ТПУ.</p> <p>V5. Повышение стоимости конкурентных разработок.</p>	<p>B1B2B5C1C3C5</p> <p>B3C1C3C4</p> <p>B4C1C2C4</p>	<p>B1B2Сл1Сл2Сл3</p> <p>B3Сл2Сл3</p> <p>B4Сл1Сл3</p> <p>B5Сл1Сл2</p>

Угрозы:	У1С1С3С4	У1У2У4Сл1Сл2Сл3
У1. Отсутствие спроса на новые технологии производства.	У2С3С4С5	У5Сл2Сл3Сл4
У2. Развитая конкуренция технологий производства.	У3С3С5	
У3. Ограничения на экспорт технологии.	У4С1С3	
У4. Сложная финансовая ситуация в экономике страны.	У5С1С3С4С5	
У5. Наличие барьеров для входа на рынок.		

Анализ интерактивных таблиц выявил сильно коррелирующие стороны и возможности, стороны и угрозы, каждая из представленных записей представляет собой направление реализации проекта.

3.4 Структура работ в рамках научного исследования

Для равномерного распределения хода работы необходимо создать перечень этапов, работ и распределение исполнителей, которые приведены в таблице 4.

Таблица 4 - Список этапов и распределение обязанностей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Подготовительный этап	1	Выбор и назначение темы ВКР.	Научный руководитель, студент
	2	План работ по ВКР.	Научный руководитель
	3	Подбор материалов по теме исследования.	Студент
Основной этап	4	Изучение, анализ, систематизация материалов по выбранной теме исследования.	Студент
	5	Написание технологической части ВКР.	Студент
	6	Промежуточная проверка проделанной работы с научным руководителем.	Научный руководитель, Студент
	7	Написание конструкторской части ВКР.	Студент
	8	Проектирование приспособления.	Студент
	9	Оформление графической части ВКР.	Студент
Заключительный этап	10	Согласование и проверка проделанной работы с научным руководителем.	Научный руководитель, Студент
	11	Оформление работы по стандарту.	Студент

3.5 Определение трудоемкости выполнения работ

Трудовые затраты, как правило, составляют главную часть стоимости разработки, исходя из этого нужно рассчитать трудоемкости работ каждого из участников научного исследования.

Трудоемкость выполнения работы оценивается экспертным путем в человеко-днях и носит вероятностный характер, т.к. зависит от множества трудно учитываемых факторов. Для определения среднего значения трудоемкости $t_{ожi}$ используется формула:

$$t_{ожi} = \frac{3t_{минi} + 2t_{маxi}}{5}, \quad (2)$$

где $t_{ожi}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения i -ой работы чел.-дн.;

$t_{минi}$ – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (оптимистическая оценка), чел.-дн.;

$t_{маxi}$ – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (пессимистическая оценка), чел.-дн.

Среднее значение трудоемкости выполнения 1-й работы составило:

$$t_{ож1} = \frac{(3*1)+(2*2)}{5} = 1,4 \text{ чел.-дн.}$$

Среднее значение трудоемкости выполнения 2-й работы составило:

$$t_{ож2} = \frac{(3*2)+(2*2)}{5} = 2 \text{ чел.-дн.}$$

Среднее значение трудоемкости выполнения 3-й работы составило:

$$t_{ож3} = \frac{(3*4)+(2*7)}{5} = 3,2 \text{ чел.-дн.}$$

Среднее значение трудоемкости выполнения 4-й работы составило:

$$t_{ож4} = \frac{(3*3)+(2*6)}{5} = 4,2 \text{ чел.-дн.}$$

Среднее значение трудоемкости выполнения 5-й работы составило:

$$t_{\text{ож5}} = \frac{(3*10)+(2*21)}{5} = 38,4 \text{ чел.-дн.}$$

Среднее значение трудоемкости выполнения 6-й работы составило:

$$t_{\text{ож6}} = \frac{(3*1)+(2*3)}{5} = 1,8 \text{ чел.-дн.}$$

Среднее значение трудоемкости выполнения 7-й работы составило:

$$t_{\text{ож7}} = \frac{(3*2)+(2*5)}{5} = 3,2 \text{ чел.-дн.}$$

Среднее значение трудоемкости выполнения 8-й работы составило:

$$t_{\text{ож8}} = \frac{(3*3)+(2*7)}{5} = 4,6 \text{ чел.-дн.}$$

Среднее значение трудоемкости выполнения 9-й работы составило:

$$t_{\text{ож9}} = \frac{(3*3)+(2*2)}{5} = 2,6 \text{ чел.-дн.}$$

Среднее значение трудоемкости выполнения 10-й работы составило:

$$t_{\text{ож10}} = \frac{(3*2)+(2*7)}{5} = 4 \text{ чел.-дн.}$$

Среднее значение трудоемкости выполнения 11-й работы составило:

$$t_{\text{ож11}} = \frac{(3*7)+(2*10)}{5} = 8,2 \text{ чел.-дн.}$$

Из средней трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях T_p , учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями. Такой расчет необходим для обоснованного расчета заработной платы, потому что удельный вес зарплаты, в общей сметной стоимости научных исследований, составляет примерно 65 %.

$$T_{p_i} = \frac{t_{\text{ож}i}}{Ч_i}, \quad (3)$$

где T_{pi} – продолжительность одной работы, раб. дн.;

$t_{ожi}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, чел.-дн.

$Ч_i$ – численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, чел-дн.

Продолжительность выполнения 1-ой работы:

$$T_{p1} = \frac{1,4}{2} = 0,7 \text{ дня.}$$

Продолжительность выполнения 2-ой работы:

$$T_{p2} = \frac{2}{2} = 1 \text{ день.}$$

Продолжительность выполнения 3-ой работы:

$$T_{p3} = \frac{3,2}{1} = 3,2 \text{ дня.}$$

Продолжительность выполнения 4-ой работы:

$$T_{p4} = \frac{4,2}{1} = 4,2 \text{ дня.}$$

Продолжительность выполнения 5-ой работы:

$$T_{p5} = \frac{38,4}{1} = 38,4 \text{ дня.}$$

Продолжительность выполнения 6-ой работы:

$$T_{p6} = \frac{1,8}{2} = 1,5 \text{ дня.}$$

Продолжительность выполнения 7-ой работы:

$$T_{p7} = \frac{3,2}{1} = 3,2 \text{ дня.}$$

Продолжительность выполнения 8-ой работы:

$$T_{p8} = \frac{4,6}{1} = 4,6 \text{ дня.}$$

Продолжительность выполнения 9-ой работы:

$$T_{p9} = \frac{2,6}{1} = 2,6 \text{ дня.}$$

Продолжительность выполнения 10-ой работы:

$$T_{p10} = \frac{4}{2} = 2 \text{ дня.}$$

Продолжительность выполнения 11-ой работы:

$$T_{p11} = \frac{8,2}{1} = 8,2 \text{ дня.}$$

3.6 Разработка графика проведения научного исследования

В данном разделе на примере диаграммы Гантта разработан график проведения ВКР с целью определения времени на каждую из работ.

Для наглядности и удобства построения графика, продолжительность каждого из этапов работ из рабочих дней следует перевести в календарные дни. Воспользуемся следующей формулой:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}}, \quad (4)$$

где T_{ki} – продолжительность выполнения i -й работы в календарных днях;

T_{pi} – продолжительность выполнения i -й работы в рабочих днях;

$k_{\text{кал}}$ – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}}, \quad (5)$$

где $T_{\text{кал}}$ – количество календарных дней в году;

$T_{\text{вых}}$ – количество выходных дней в году;

$T_{\text{пр}}$ – количество праздничных дней в году.

Рассчитанные значения в календарных днях по каждой работе T_{ki} округлим до целого числа.

$$k_{\text{кал}} = \frac{365}{365 - 102 - 16} = 1,48$$

Длительность 1-ой работы в календарных днях:

$$T_{\text{к1}} = 0,7 * 1,48 = 1 \text{ дня}$$

Длительность 2-ой работы в календарных днях:

$$T_{\text{к2}} = 1 * 1,48 = 1 \text{ дня}$$

Длительность 3-ой работы в календарных днях:

$$T_{\text{к3}} = 3,2 * 1,48 = 5 \text{ дней}$$

Длительность 4-ой работы в календарных днях:

$$T_{\text{к4}} = 4,2 * 1,48 = 6 \text{ дня}$$

Длительность 5-ой работы в календарных днях:

$$T_{\text{к5}} = 38,4 * 1,48 = 57 \text{ дней}$$

Длительность 6-ой работы в календарных днях:

$$T_{\text{к6}} = 1,5 * 1,48 = 2 \text{ дня}$$

Длительность 7-ой работы в календарных днях:

$$T_{\text{к7}} = 3,2 * 1,48 = 5 \text{ дней}$$

Длительность 8-ой работы в календарных днях:

$$T_{\text{к8}} = 4,6 * 1,48 = 7 \text{ дней}$$

Длительность 9-ой работы в календарных днях:

$$T_{\text{к9}} = 2,6 * 1,48 = 4 \text{ дня}$$

Длительность 10-ой работы в календарных днях:

$$T_{\text{к10}} = 2 * 1,48 = 3 \text{ дня}$$

Длительность 11-ой работы в календарных днях:

$$T_{\text{к11}} = 8,2 * 1,48 = 12 \text{ дня}$$

Сведем все полученные данные в таблицу 5.

Таблица 5 - Временные показатели проведения научного исследования.

Название работы	Трудоемкость работ			Исполнители	Длительность работ в рабочих днях, T_{pi}	Длительность работ в календарных днях, T_{ki}
	t_{min} , чел-дни	t_{max} , чел-дни	$t_{ож}$, чел-дни			
Составление и утверждение темы работы	1	2	1,4	Научный руководитель, студент	0,7	1
План работ по ВКР.	2	2	2	Научный руководитель	1	1
Подбор материалов по теме исследования.	4	7	3,2	Студент	3,2	5
Изучение, анализ, систематизация материалов по выбранной теме исследования.	3	6	4,2	Студент	4,2	6
Написание технологической части ВКР.	10	21	38,4	Студент	38,4	57
Промежуточная проверка проделанной работы с научным руководителем.	1	3	1,8	Научный руководитель Студент	1,5	2
Написание конструкторской части ВКР.	2	5	3,2	Студент	3,2	5
Проектирование приспособления.	3	7	4,6	Студент	4,6	7
Оформление графической части ВКР.	3	2	2,6	Студент	2,6	4
Согласование и	2	7	4	Научный	2	3

проверка проделанной работы с научным руководителем				руководитель , Студент		
Оформление работы по стандарту	7	10	8,2	Студент	8,2	12

По данным таблицы 5 построим календарный график, который строится для максимального по длительности исполнения работ с разбивкой по месяцам и декадам.

Таблица 6 - Календарный план-график проведения ВКР

№ работ	Вид работ	Исполнитель	Кол-во дней, Ткі	Продолжительность выполнения работ, календарные дни												
				Февраль 2017			Март 2017			Апрель 2017			Май 2017			Июнь 2017
				1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1
1	Составление и утверждение темы работы	Научный руководитель, студент	1	■												
2	План работ по ВКР.	Научный руководитель	1	■												
3	Подбор материалов по теме исследования.	Студент	5	□												
4	Изучение, анализ, систематизация материалов по выбранной теме исследования.	Студент	6	□												
5	Написание технологической части ВКР.	Студент	57	□												

По календарному плану-графику проведения ВКР видно, что начало работы было в первой половине декады февраля. Первые две работы выполняются одновременно. Так же можно заметить, что некоторые виды работ выполняются 3 декады в одном месяце. Такие работы, как составление и утверждение темы работы, выбор объекта исследования и согласование работы, выполнялись двумя исполнителями. Окончание работы во второй половине третьей декады мая.

3.7 Бюджет научно – технического исследования (НТИ)

В процессе планирования бюджета НТИ должно быть обеспечено всестороннее и правдивое отражение всех статей расходов, связанных с его выполнением. В ходе формирования бюджета НТИ воспользуемся следующей группировкой затрат по статьям:

- 1) материальные затраты НТИ;
- 2) основная заработная плата исполнителей темы;
- 3) дополнительная заработная плата исполнителей темы;
- 4) отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);
- 5) накладные расходы;
- 6) формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта.

3.8 Расчет материальных затрат НТИ

Расчет материальных затрат рассчитаем по следующей формуле:

$$Z_m = \sum_{i=1}^m C_i * N_{расхi} , \quad (6)$$

где m – количество видов материальных ресурсов, потребляемых при выполнении научного исследования;

$N_{расхи}$ – количество материальных ресурсов i -го вида, планируемых к использованию при выполнении научного исследования (шт., кг, м, м² и т.д.);

$Ц_i$ – цена приобретения единицы i -го вида потребляемых материальных ресурсов (руб./шт., руб./кг, руб./м, руб./м² и т.д.).

Составим список необходимых материальных затрат в таблице 7.

Таблица 7 – Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за ед., руб.	Затраты на материалы (Z_m), руб.
Бумага	Лист	200	1,5	300
Краска для печати	Шт.	5	360	1800
USB накопитель	Шт.	1	250	250
Папка	Шт.	1	140	140
Тубус	Шт.	1	800	800
Нетбук	Шт	1	10000	10000
3G модем	Шт	1	500	500
Итого:				13700

3.9 Основная заработная плата исполнителей темы

В эту графу включается основная заработная плата научного руководителя и студента.

Количество расходов по заработной плате определяется исходя из трудоемкости выполняемых работ и действующей системы окладов и тарифных ставок. В состав основной заработной платы включается премия, выплачиваемая ежемесячно из фонда заработной платы в размере 20–30 % от тарифа или оклада. Расчет основной заработной платы приводится в таблице 8.

Статья включает основную заработную плату работников, непосредственно занятых выполнением НИИ, включая премии, доплаты, и дополнительную заработную плату:

$$Z_{зп} = Z_{осн} + Z_{доп}, \quad (7)$$

где $Z_{осн}$ – основная заработная плата;

$Z_{доп}$ – дополнительная заработная плата (12-20 % от $Z_{осн}$).

Основная заработная плата ($Z_{осн}$) руководителя от предприятия рассчитывается по формуле:

$$Z_{осн} = T_p \cdot Z_{дн}, \quad (8)$$

где $Z_{осн}$ – основная заработная плата одного работника;

T_p – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн.

$Z_{дн}$ – среднедневная заработная плата работника, руб.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{дн} = \frac{Z_M \cdot M}{F_d}, \quad (9)$$

где Z_M – месячный должностной оклад работника, руб.;

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

при отпуске в 24 раб. дня $M = 11,2$ месяца, 5-дневная неделя;

при отпуске в 48 раб. дней $M = 10,4$ месяца, 6-дневная неделя;

F_d – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дн.

Таблица 8 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Студент
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней		
- выходные	118	118
- праздничные		
Потери рабочего времени	48	72

- отпуск - невыходы по болезни		
Действительный годовой фонд рабочего времени	199	175

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_M = Z_{TC} * (1 + k_{пр} + k_D) * k_p, \quad (10)$$

где Z_{TC} – заработная плата по тарифной ставке, руб.;

$k_{пр}$ – премиальный коэффициент, равный 0,3 (т.е. 30% от Z_{TC});

k_D – коэффициент доплат и надбавок составляет примерно 0,2 – 0,5 (в НИИ и на промышленных предприятиях – за расширение сфер обслуживания, за профессиональное мастерство, за вредные условия: 15- 20 % от Z_{TC});

k_p – районный коэффициент, равный 1,3 (г. Томск).

Месячный должностной оклад руководителя темы, руб.:

$$Z_M = 17000 \cdot (1 + 0,3 + 0,4) \cdot 1,3 = 37570 \text{ руб.}$$

Месячный должностной оклад бакалавра, руб.:

$$Z_M = 17000 \cdot (1 + 0 + 0) \cdot 1,3 = 22100 \text{ руб.}$$

Среднедневная заработная плата руководителя темы, руб.:

$$Z_{сд} = \frac{37570 \cdot 10,4}{199} = 1963 \text{ руб.}$$

Среднедневная заработная плата бакалавра темы, руб.:

$$Z_{сд} = \frac{22100 \cdot 11,4}{175} = 1439 \text{ руб.}$$

Основная заработная плата руководителя, руб.:

$$Z_{оснР} = 6,2 \cdot 1963 = 14892,4$$

Основная заработная плата бакалавра, руб.:

$$Z_{оснБ} = 89,2 \cdot 1439 = 128358,8$$

Таблица 9 - Расчет основной заработной платы

Исполнители	З _{тс} , руб.	к _{пр}	к _д	к _р	З _м , руб.	З _{сд} , руб.	Тр, раб. дн.	З _{осн} , руб.
Руководитель	17000	0,3	0,4	1,3	37570	1963	6	11778
Бакалавр	17000	0	0	1,3	22100	1439	89	128358,8
Итого З_{осн} :								155424,6

3.10 Дополнительная заработная плата исполнителей темы

Затраты по дополнительной заработной плате учитывают величину предусмотренных ТК РФ доплат за отклонение от нормальных условий труда, а также выплат, связанных с обеспечением гарантий и компенсаций. Расчет дополнительной заработной платы ведется по формуле:

$$Z_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} * Z_{\text{осн}}, \quad (11)$$

где $k_{\text{доп}}$ – коэффициент дополнительной заработной платы (на стадии проектирования принимается равным 0,12 – 0,15).

Следовательно, дополнительная заработная плата:

Научного руководителя: $Z_{\text{доп Р.}} = 0,12 * 11778 = 1413$ руб.,

Студента: $Z_{\text{доп С.}} = 0,12 * 128358,8 = 15403$ руб.

Общая: $Z_{\text{доп общая}} = 1413 + 15403 = 16815$ руб.

3.11 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

В этой статье расходов показаны обязательные отчисления по установленным законодательством РФ нормам органам государственного социального страхования

(ФСС), пенсионного фонда (ПФ) и медицинского страхования (ФФОМС) от затрат на оплату труда работников.

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется как:

$$З_{внеб} = k_{внеб} * (З_{осн} + З_{доп}), \quad (12)$$

где $k_{внеб}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды. На 2018 г. в соответствии с Федеральным законом от 24.07.2009 №212-ФЗ установлен размер страховых взносов 30%.

Таблица 10 - Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Руководитель	Студент
Основная заработная плата, руб.	12173,4	128358,8
Дополнительная заработная плата, тыс. руб.	1413	15403
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	0,3	
Итого, руб.	4076 + 38815,686 = 43305,086	

3.12 Накладные расходы

Накладные расходы включают прочие затраты организации, не попавшие в другие статьи расходов. Их величина определяется по следующей формуле:

$$З_{накл} = (\sum \text{статей}) \cdot k_{нр}, \quad (13)$$

где $k_{нр}$ – коэффициент, учитывающий накладные расходы.

Величину коэффициента накладных расходов можно взять в размере 16%.

Таким образом, накладные расходы равны:

$$Z_{\text{накл}} = (13700 + 155424,6 + 16863 + 43305) * 0,16 = 36689,056 \text{ руб.}$$

3.13 Формирование бюджета затрат научно – исследовательского проекта

Полученная величина затрат работы служит основой для формирования бюджета затрат проекта, который засчитывается научной организацией в качестве нижнего предела затрат на научную деятельность.

Расчет бюджета затрат на научно-исследовательский проект приведен в таблице 10.

Таблица 11 - Расчет бюджета затрат НИИ

Наименование статьи	Сумма, руб.	Доля затрат, %
1. Материальные затраты НИИ	13700	6,5
2. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	155424,6	58,4
3. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	16863	6,33
4. Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)	43319,086	16,25
5. Накладные расходы	36689,056	13,79
6. Бюджет затрат НИИ	265995,6	100

3.14 Оценка эффективности исследования

Анализ рассмотренных решений выявил, что созданный технологический процесс изготовления детали «Щит подшипниковый», полностью отвечает современным требованиям в области ресурсоэффективности и ресурсосбережения.

Проведенные расчеты по технологии Quad позволяют говорить о перспективах разработки и качестве проведенного исследования. Значение показателя Π_{cp} говорит о том, что такая разработка считается перспективной.

В процессе планирования научной работы была создана структура работ, построен график этих работ и определена их трудоемкость. По календарному графику-плану проведения ВКР наглядно видно, что начало работы состоялось в первой половине декады февраля. Начальные две работы выполняются одновременно. Из графика следует, что написание теоретической части исследования, самая трудоемкая часть работы и занимает 57 дней. Так же видно, что такие работы, как составление и утверждение темы работы, выбор объекта исследования и согласование работы, руководителем и студентом одновременно. Окончание работы во второй половины третьей декады мая.

Расчет коэффициента календарности позволил создать план-график научно-технического исследования. Содержание работ для проведения исследования насчитывает 10 этапов.

Для визуализации календарного графика использована диаграмма Гантта, которая характеризуется высокой степенью информативности. Общая продолжительность исследования составила 103 дня.

В завершении был определен бюджет исследования, который составил 265995,6 рублей.

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

Группа	ФИО
3-8Л31	Прохоровой Марине Петровне

УДК 621.822-783.41.002

Школа	Инженерная школа новых производственных технологий	Отделение	Отделение материаловедения
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	15.03.01 «Машиностроение»

Тема дипломной работы: Анализ и совершенствование технологического процесса изготовления детали «Щит подшипниковый 005»

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
Характеристика объекта исследования	<i>Объектом исследования является механический цех по производству деталей типа «Щит подшипниковый».</i>
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности	<i>Параметры анализа: 1. микроклимат; 2. наличие вредных веществ; 3. производственный шум; 4. расчет освещения; 5. электрическая безопасность; 6. движущиеся машины и механизмы, незащищенные подвижные элементы производственного оборудования; 7. пожарная безопасность.</i>
2. Экологическая безопасность	<i>– анализ воздействия объекта на окружающую среду (сбросы, выбросы, отходы); – мероприятия по сокращению негативного воздействия на окружающую среду.</i>
3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях	<i>Защита в чрезвычайных ситуациях: – сильные морозы; – несанкционированное проникновение постороннего на территорию предприятия.</i>
4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	<i>Специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства (приводится перечень ГОСТов, СНИПов и др. законодательных документов, использованных в своей работе);</i>
5. Перечень графического материала	<i>1. план размещения светильников; 2. план эвакуации.</i>

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	26.02.2018
---	------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ТПУ	Федорчук Юрий Митрофанович	Доктор технических наук		26.02.2018

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-8Л31	Прохорова Марина Петровна		26.02.2018

Описание рабочего места

В данном разделе рассмотрены вопросы, связанные с организацией рабочего места в соответствии с нормами производственной санитарии, техники производственной безопасности и охраны окружающей среды.

В данной работе рассмотрен цех по производству деталей типа «Щит подшипниковый». Он состоит из основного помещения на первом этаже корпуса, где располагается металлорежущие оборудование и вспомогательных (раздевалки, инструментальный склад, склад готовой продукции, склад ГСМ, туалет, кабинеты ИТР и ОТК).

При проектировании рабочего помещения должны быть учтены освещенность, температура, влажность, давление, наличие вредных веществ, электрической опасности и другие санитарно-гигиенические требования к организации рабочих мест.

При проектировании механического цеха необходимо уделить внимание и охране окружающей среды.

Также необходимо учитывать возможность чрезвычайных ситуаций. Так как цех механообработки находится в городе Томске, наиболее вероятной ЧС является мороз. Так же, в связи с беспокойной геополитической ситуацией в мире, одной из возможных ЧС может быть теракт.

4.1 Анализ выявленных вредных и опасных факторов проектируемой производственной среды

В цехе, где находятся различные электроустановки, станки, а также используется СОЖ и различные смазывающие масла, могут быть следующие вредные и опасные факторы, а именно наличие:

- а) непригодного микроклимата;
- б) вредных веществ;

- в) производственного шума;
- г) неправильной или недостаточной освещенности;
- д) электрическая опасность;
- е) движущиеся машины и механизмы.

4.1.1 Микроклимат

Микроклимат в производственном цеху определяется такими параметрами как:

- 1) температура воздуха;
- 2) относительная влажность воздуха;
- 3) скорость движения воздуха.

При высокой температуре в помещении происходит повышенный приток крови к поверхности тела, обильное потоотделение и вследствие, потеря жидкости организмом. При низкой температуре на рабочем месте, приток крови к поверхности тела замедляется, повышается вероятность переохлаждения организма. В обоих случаях снижается работоспособность и внимание, что может привести к несчастному случаю.

Повышенная влажность воздуха ($\varphi > 85\%$) затрудняет терморегуляцию организма, т.к. происходит снижения испарения пота, а пониженная влажность ($\varphi < 20\%$) вызывает пересыхание слизистых оболочек дыхательных путей.

Оптимальные и допустимые показатели микроклимата в рабочей зоне производственных помещений должны соответствовать значениям, приведенным в таблице 1 [ГОСТ 12.1.005-88].

Для обеспечения оптимальных и допустимых показателей микроклимата в холодный период года следует применять меры по недопущению чрезмерного охлаждения помещения через окна и двери и проезды. (Установка пластиковых окон, утепление дверей, установка воздушных завес). В теплый период года необходимо

предусмотреть защиту от попадания прямых солнечных лучей (установка жалюзи), возможность проветривания помещения.

Работы делятся на три категории тяжести на основе общих энергозатрат организма. Работа, относящаяся к обслуживанию металлообрабатывающих станков, относится к категории средних работ. Допустимые значения микроклимата для этого случая даны в таблице 1.

Таблица 1 - Требования к микроклимату

Период года	Категория работы	Температура, °С	Относительная влажность, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	средняя	19 – 24	15 - 75	$\leq 0,1$
Теплый	средняя	15 - 28	20 - 80	$< 0,5$

Одними из главных мероприятий по достижению оптимального микроклимата и состава воздуха в производственных цехах являются правильный воздухообмен в помещении. При проектировании систем отопления и вентиляции механических цехов основными вредными производственными факторами являются пары смазочно-охлаждающих жидкостей (СОЖ) и технологических смазок (ТС), абразивная и металлическая пыль, выделяющиеся в процессе станочной обработки металлов резанием.

Отопление механических цехов следует предусматривать водяное, паровое, воздушное или с нагревательными приборами.

Местные вытяжные системы, удаляющие от станков пыль и аэрозоль СОЖ, должны быть отдельными и снабжены сепараторами с дренажными устройствами.

4.1.2 Вредные вещества

Основными вредными веществами в металлообрабатывающем цехе являются технологические масла (ТС), и смазывающе-охлаждающая жидкость (СОЖ).

Пары этих жидкостей не должны превышать норм содержания в воздухе гигиенических нормативов «Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны», утвержденным Главным государственным санитарным врачом Российской Федерации 27 апреля 2003 г.

Таблица 2 – Токсичность приоритетных компонентов СОЖ и продуктов их термоокислительной деструкции

Вещества	ПДК, мг/м ³	Класс опасности
Акриловая кислота	5,0	3
Акролеин	0,2	2
Аммиак	20	4
Ацетон	200	4
Бутадиен	100	4
Бутилакрилат	10	3
Винилацетат	0,2	2
Гексахлорэтан	0,08	1
Дихлорэтан	10	2
Метанол	5,0	3
Метатиол	0,8	2
Метилакрилат	5,0	3

Метилпропионат	10,0	3
Масляный альдегид	5,0	3
Метилметакрилат	0,7	2
Минеральное масло	5,0	3
Метилнафталин	20,0	4
Меркаптан	0,1	1
Сероуглерод	10,0	2
Сера	6,0	4
Свинец	0,01	1
Сернистый газ	10,0	3
Нитрит натрия	5,0	3
Тетрахлорэтан	5,0	3
Трихлорэтан	20,0	4
Тетрахлорметан	20,0	4
Углерод оксид	20,0	4
Уксусная кислота	5,0	3
Фенол	0,3	2
Формальдегид	0,8	2
Этанол	1000	4
Этилметакрилат	0,048	1
Хлор	1,0	2
Хром3+	1,0	3

Хромб+	0,01	1
Хлористый водород	5,0	2
Бензол	5,0	2

Средствами защиты вредных веществ могут служить:

- автоматизация технологического процесса;
- механическая вентиляция помещения;
- герметизация оборудования;
- СИЗ (респираторы, спецодежда, перчатки, защитные очки и др.)

4.1.3 Производственный шум

ПДУ шума - это уровень фактора, который при ежедневной (кроме выходных дней) работе, но не более 40 часов в неделю в течение всего рабочего стажа, не должен вызывать заболеваний или отклонений в состоянии здоровья человека.

Допустимый уровень шума ограничен ГОСТ 12.1.003-83 и СанПиН 2.2.4/2.1.8.10-32-2002. Максимальный уровень звука постоянного шума на рабочих местах не должно превышать 82 дБА.

Основные источники шума при работе оборудования:

- двигатели приводов;
- зубчатые передачи;
- подшипники качения;
- неуравновешенные вращающиеся части станка;
- силы инерции, возникающие из-за движения деталей механизмов станка с переменными ускорениями;
- трение и соударение деталей в сочленениях вследствие неизбежных зазоров;

При значениях выше допустимого уровня необходимо предусмотреть СКЗ и СИЗ.

СКЗ:

- устранение причин шума или существенное его ослабление;
- изоляция источников шума от окружающей среды средствами звуко- и виброизоляции, звуко- и вибропоглощения.

Используют звукопоглощающие навесные элементы в районе потолка, элементы и панели в верхней части стен, а также звукопоглощающие напыления на стены и пол (звукопоглощающий, иглопробивной материал из пенополиэтилена и акустический войлок). Для виброизоляции – использование в станках виброизолирующих опор (пружинных и резиновых).;

- применение средств, снижающих шум и вибрацию на пути их распространения по цеху;

СИЗ:

- В качестве индивидуальных средств защиты от шума используют специальные наушники, вкладыши в ушную раковину, противошумные каски, защитное действие которых основано на изоляции и поглощении звука. (ГОСТ 12. 4. 011-89 ССБТ).

4.1.4 Освещенность

Нормы освещенности по СНиП 23-05-95 для «Механических, инструментальных цехов, отделений, участков, цеха оснастки, ОТК. (Г-0.8)» составляют 300 люкс.

Правильно спроектированное и выполненное освещение обеспечивает высокий уровень работоспособности, оказывает положительное психологическое действие на человека и способствует повышению производительности труда.

На рабочей поверхности должны отсутствовать резкие тени, которые создают неравномерное распределение поверхностей с различной яркостью в поле зрения, искажает размеры и формы объектов различия, в результате повышается утомляемость и снижается производительность труда.

Расчёт общего освещения выполняется методом коэффициента светового потока, учитывающим световой поток, отражённый от потолка и стен.

Световой поток лампы определяется по формуле:

$$\Phi = \frac{E_n \cdot S \cdot K_3 \cdot Z}{N \cdot \eta} \quad (4.1)$$

где E_n – нормируемая минимальная освещённость по СНиП 23-05-95, 300 лк;

S – площадь освещаемого помещения, м²;

K_3 – коэффициент запаса, учитывающий загрязнение светильника наличие в атмосфере цеха дыма, пыли;

Z – коэффициент неравномерности освещения, отношение $E_{ср} / E_{min}$. Для люминесцентных ламп при расчётах берётся равным 1,1;

N – число ламп в помещении;

η – коэффициент использования светового потока.

Коэффициент использования светового потока зависит от индекса помещения i , типа светильника, высоты светильников над рабочей поверхностью h и коэффициентов отражения стен g_c и потолка g_n .

Индекс помещения определяется по формуле:

$$i = S / h(A+B) \quad (4.2)$$

Расчитав световой поток Φ , зная тип лампы, по табл. выбираем ближайшую стандартную лампу и определяем электрическую мощность осветительной системы.

Основное станочное помещение с размерами:

длина $A = 19$ м,

ширина $B = 10,5$ м,

высота $H = 5$ м.

Высота рабочей поверхности $h_{рп} = 0,8$ м.

Требуемая освещённость $E = 300$ лк.

Коэффициент отражения стен $R_c = 50 \%$, потолка $R_n = 70 \%$.

Коэффициент запаса $k = 1,8$, коэффициент неравномерности $Z = 1,1$.

Выбираем лампу дневного света ЛХБ 80, со световым потоком $\Phi_{ЛД} = 4220$ Лм.

Выбираем светильники с люминесцентными лампами типа ОДОР-2-80.

Одним из критериев оптимальности расположения светильников является величина λ , которая для люминесцентных светильников лежит в диапазоне 1,1–1,3. Принимаем $\lambda = 1,1$, расстояние светильников от перекрытия (свес) $h_c = 0,3$ м.

Высота светильника над рабочей поверхностью определяется по формуле:

$$h = h_n - h_p, \quad (4.3)$$

где h_n – высота светильника над полом, высота подвеса,

h_p – высота рабочей поверхности над полом.

Наименьшая допустимая высота подвеса над полом для двухламповых светильников ОДОР: $h_n = 3,5$ м.

Высота светильника над рабочей поверхностью определяется по формуле:

$$h = H - h_p - h_c = 5 - 0,8 - 0,3 = 3,9 \text{ м.}$$

Расстояние между соседними светильниками или рядами определяется по формуле:

$$L = \lambda \cdot h = 1,1 \cdot 3,9 = 4,29 \text{ м}$$

Число рядов светильников в помещении:

$$Nb = \frac{B}{L} = \frac{10,5}{4,29} = 2,64 \approx 3$$

Число светильников в ряду:

$$Na = \frac{A}{L} = \frac{19}{4,29} = 4,42 \approx 4$$

Общее число светильников:

$$N = Na \cdot Nb = 3 \cdot 4 = 12$$

Расстояние от крайних светильников или рядов до стены определяется по формуле:

$$l = \frac{L}{3} = \frac{4,29}{3} = 1,43 \text{ м.}$$

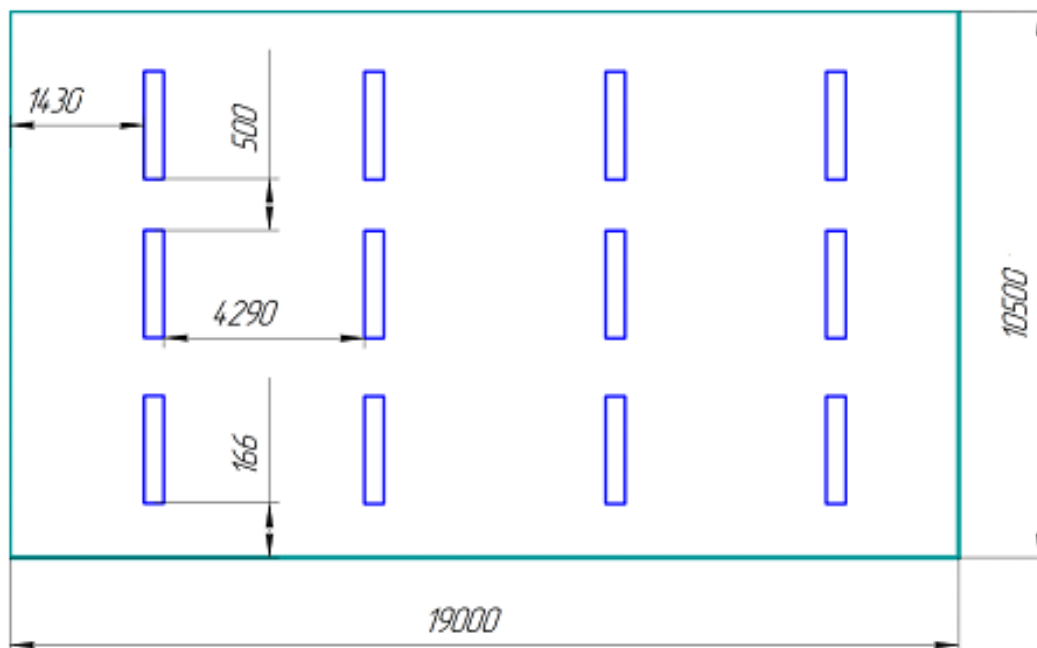


Рисунок 1 – Схема расположения светильников в производственном помещении.

Индекс помещения:

$$i = \frac{A \cdot B}{h \cdot (A + B)} = \frac{19 \cdot 10,5}{3,9 \cdot (19 + 10,5)} = 1,73$$

Коэффициент использования светового потока для светильников типа ОДОР с люминесцентными лампами при:

$$\rho_{\text{П}} = 70 \%;$$

$$\rho_{\text{С}} = 50\%;$$

Индекс помещения $i = 1,6$ равен $\eta = 0,61$.

Потребный световой поток люминесцентной лампы светильника определяется по формуле:

$$\Phi = \frac{E \cdot A \cdot B \cdot K_3 \cdot Z}{N \cdot \eta} = \frac{150 \cdot 19 \cdot 10,5 \cdot 1,8 \cdot 1,1}{24 \cdot 0,61} = 4047,23 \text{ лм}$$

Делаем проверку выполнения условия:

$$-10\% \leq \frac{\Phi_{\text{ЛД}} - \Phi_{\text{П}}}{\Phi_{\text{ЛД}}} \cdot 100\% \leq 20\%;$$

$$\frac{\Phi_{\text{ЛД}} - \Phi_{\text{П}}}{\Phi_{\text{ЛД}}} \cdot 100\% = \frac{4220 - 4047,23}{4220} \cdot 100\% = 4,09\%.$$

Таким образом: $-10\% \leq 4,09\% \leq 20\%$, необходимый световой поток светильника не выходит за пределы требуемого диапазона.

4.1.5 Электрическая безопасность

Электробезопасность представляет собой систему мер и мероприятий, направленных на защиту людей от вредного и опасного воздействия электрического тока.

Электроустановки разделяют по напряжению: с напряжением до 1000 В (помещения без повышенной опасности), до 1000 В с присутствием агрессивной среды (помещения с повышенной опасностью) и свыше 1000 В (помещения особо опасные).

В отношении опасности поражения людей электрическим током различают:

Механический цех можно отнести к помещениям с повышенной опасностью, в котором существуют такие условия как: сырость, токопроводящая пыль, токопроводящие полы (металлические, земляные, железобетонные, кирпичные и т.п.), высокая температура, возможность одновременного прикосновения человека к

имеющим соединение с землей металлоконструкциям, технологическим аппаратам, с одной стороны, и к металлическим корпусам электрооборудования - с другой.

Для защиты персонала от поражающего действия электрического тока применяют специальные защитные средства.

Все изолирующие защитные средства делятся на:

- а) основные защитные средства;
- б) дополнительные защитные средства.

В электроустановках напряжением до 1000 вольт:

- электрические перчатки;
- инструмент с изолированными рукоятками;
- указатели напряжения.

Дополнительными называются такие защитные средства, которые сами по себе не могут при данном напряжении обеспечить безопасность от напряжения током. Они являются дополнительной к основным средствам мерой защиты.

В электроустановках напряжением до 1000в:

- диэлектрические галоши;
- диэлектрические резиновые коврики;
- изолирующие подставки.

Основные и дополнительные защитные средства при всех операциях должны применяться совместно друг с другом.

Средства коллективной защиты в механическом цехе от поражающего действия тока:

1. Защитное заземление — принудительное соединение с землей оборудования, которые, обычно, не находятся под напряжением, но которые могут оказаться под напряжением в силу разных обстоятельств.

Назначение заземления — устранение опасности поражения людей электрическим током при появлении напряжения частях электрооборудования.

2. Зануление. Занулением называется присоединение к неоднократно заземленному нулевому проводу питающей сети корпусов и других металлических частей электрооборудования, которые нормально не находятся под напряжением.

Задача зануления та же, что и защитного заземления: устранение опасности поражения людей током при пробое на корпус. Решается эта задача автоматическим отключением поврежденной установки от сети.

3.Защитное отключение. Защитным отключением называется устройство, быстро (не более 0,2 с) автоматически отключающее участок электрической сети при возникновении в нем опасности поражения человека током.

Основными частями являются прибор защитного отключения и автоматический выключатель.

Защитное устройство отключения, которое реагирует на изменение напряжение корпуса относительно земли, если оно окажется выше некоторого предельно допустимого значения $U_{к.доп}$, вследствие чего прикосновение к корпусу становится опасным. Предназначено устранить поражения электрическим током при появлении на заземленном или зануленном корпусе повышенного напряжения. Эти устройства являются дополнительной мерой защиты к заземлению или занулению.

4.Защитные ограждения. К ограждениям и оболочкам относятся защитные устройства, предназначенные для предотвращения прикосновения и приближения людей к токоведущим частям, находящимся под напряжением.

Ограждение токоведущих частей, как правило, предусматривается конструкцией электрооборудования.

Электрические машины, аппараты и приборы имеют корпуса, кожухи и оболочки, надёжно защищающие токоведущие части от прямого (случайного) прикосновения.

Голые провода и шины, а также приборы, аппараты, распределительные щиты, клеммники и т.п. конструктивно имеющие незащищенные и доступные прикосновению токоведущие части помещают в специальные шкафы, камеры, ящики, закрываемые сплошными или сетчатыми ограждениями.

Сплошные ограждения обязательны для электроустановок, размещённых в местах, где могут находиться люди, не связанные с обслуживанием электроустановок – в бытовых, общественных и производственных (не электротехнических помещениях).

Сетчатые ограждения применяются в электроустановках доступных только квалифицированному электротехническому персоналу. В закрытых электроустановках ограждения должны иметь высоту не менее 1,7 м, а в открытых – не менее 2,0 м.

5. *Разделительные трансформаторы.* Их используют для изоляция подключаемого оборудования от контура заземления.

4.1.6 Движущиеся машины и механизмы

Движущиеся механизмы и их составные части – это опасный производственный фактор, который опасен возможностью получения механической травмы в результате контакта движущейся части механизма с человеком.

Условия существования или возникновения потенциальной опасности воздействия движущегося механизма на человека можно рассмотреть, как:

1. Предусмотренные технологическим процессом (например, работа с подъемно-транспортным оборудованием, станками, прессами, и т.д.).
2. Приводящие к опасности из-за ошибок в монтаже и конструкции объекта (например, обрывы конструктивных элементов и их падение, разрушение от коррозии и т.п.).
3. Возникающие при каком-либо изменении технологического процесса или применении другого типа оборудования.
4. Человеческий фактор.

К основным средствам защиты от воздействия механических факторов относятся устройства:

- оградительные (местные ограждения, крышки, кожуха и др.);
- автоматического контроля и сигнализации;
- предохранительные;
- дистанционного управления;
- тормозные;

- знаки безопасности по ГОСТ 12.4.026-76.

4.1.7 Пожарная безопасность

Пожары на машиностроительных предприятиях представляют большую опасность для рабочих и могут причинить огромный материальный ущерб. Вопросы обеспечения пожарной безопасности производственных зданий и сооружений имеют большое значение и регламентируются специальными государственными постановлениями и указами СНиП 21-01-97* Пожарная безопасность зданий и сооружений, ГОСТ 12.1.004-91 Система стандартов безопасности труда «Пожарная безопасность. Общие требования».

При проектировании и строительстве производственных зданий и сооружений необходимо учитывать категорию пожарной безопасности производства. Согласно строительным нормам и правилам в зависимости от характеристики используемых в производстве веществ и их количества, по пожарной и взрывной опасности производства подразделяются на категории, здания: А,Б,В,Г,Д. Помещения А,Б,В1-В4, Г,Д

Согласно данной классификации производство детали "Щит подшипниковый" относится к категории В (пожароопасная) относятся производства, связанные с применением горючих и трудногорючих жидкостей, твердых горючих и трудногорючих материалов и веществ, а также материалов, способных гореть при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или друг с другом. При условии, что помещения, в которых они используются, не относятся к категориям А или Б. К этой категории относятся: фотомеханические цехи; цехи высокой, офсетной, трафаретной печати и склады красок для этих видов печати; брошюровочно-переплетные цехи и их отделения (кроме лакировального); склады масел, олиф, бумаги, картона, переплетных тканей и других переплетных материалов; красочные станции цехов высокой печати; лаборатории и экспедиции; деревоотделочные цехи и т.п.

К причинам возникновения пожара можно отнести:

- Причины не электрического характера: халатное неосторожное обращение с огнем, курение, оставленные без присмотра нагревательные приборы, использование открытого огня, самовоспламенение и самовозгорание веществ.
- Причины электрического характера: короткое замыкание электропроводки, перегрузка сетей, которая ведет за собой сильный нагрев токоведущих частей и загорания изоляции, статическое электричество.

В цехе имеются первичные средства для тушения пожара, которые могут быть использованы любым рабочим или сотрудником, оказавшимся на месте возгорания.

В цехе на заметных местах установлены специализированные щиты со следующим противопожарным инвентарем:

- Топоры;
- Багры;
- Ломы;
- Ведро.

Огнетушитель ОХВП-10 предназначен для тушения начальных загораний твердых веществ и легковоспламеняющихся жидкостей, за исключением щелочных металлов и веществ, горение которых происходит без доступа воздуха. Запрещается использовать огнетушитель ОХВП-10 для тушения загоревшихся электроустановок, находящихся под напряжением. Огнетушитель воздушно-пенный ОВП-4, предназначен для тушения возгораний твердых, тлеющих материалов органического происхождения (дерево, бумага, уголь и т.д.) - класс пожара А и жидкостей или твердых тел, превращающихся в жидкости (нефтепродукты, масла, краски и т.п.) - класс пожара В. Огнетушитель порошковый ОП-5, предназначен для тушения возгорания твердых, жидких и газообразных веществ (класса А,В,С или В,С в зависимости от типа применяемого порошка).

Возле щита установлен ящик с песком. На участке имеется пожарная сигнализация, оповещающая пожарную службу завода при появлении возгорания. Кроме того, в цехе имеются пожарные краны, оборудованные пожарными рукавами,

которые установлены в предназначенных для этого местах (выходы, лестничные площадки и др.).

Чтобы имеющееся противопожарное оборудование находилось в исправном и работоспособном состоянии, проводятся его регулярные осмотры ответственными за противопожарное состояние лицами - мастером производственного участка и т. п.

Сотрудникам предприятия проводится обучение и инструктаж по пожарной безопасности.

В случае возникновения очага возгорания эвакуация людей и оборудования производится по специальным эвакуационным путям, обозначенным на планах эвакуации на случай пожара, которые также вывешены в наиболее видных местах. Эвакуационными выходами служат двери и ворота, ведущие из помещения наружу.

4.2 Экологическая безопасность

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

Основными мероприятиями по уменьшению негативного влияния машиностроительных предприятий на экологию являются следующие действия:

- внедрение современных технологий, способствующих уменьшению вредных отходов производства;
- улучшение систем фильтрации сточных вод, воздуха и других сбросов предприятия;
- переработка вредных веществ и утилизация отходов производства;
- внедрение системы мониторинга и контроля экологии местности.

Отходы производства и способы их ликвидации и переработки:

1. Металлическая стружка. Образование производственных отходов в виде металлической или цветной стружки подразумевает под собой утилизацию или

вторичную переработку данного материала. В частности, стружка - материал, пригодный для последующего применения и переплавки в сталеплавильных печах для получения нового металла.

Общий цикл утилизации стружки следующий: стружка по конвейерной ленте из станка попадает в цеховой бак приемки стружки, затем погрузчиком, на территории предприятия, складировается в специальных контейнерах, они различаются по виду стружки – для каждого вида стружки (вида стали или цветного металла) отдельный контейнер, как только контейнеры заполняются стружкой их, вывозят на металлоперерабатывающие предприятия и продают как вторсырье. Там стружка очищается от посторонних включений (мусор, масла, СОЖ), путем прогонки через магнитные ковши и печи малой температуры, брикетировается и далее может быть доставлена на сталелитейные предприятия, где она может быть переплавлена как сама по себе, так и добавлена в другие расплавы в печах, из которых в дальнейшем получают сталь для заготовок, которые вновь используются на производстве.

2. *СОЖ*. Химическая и физическая устойчивость *СОЖ* позволяет организовать их циклическое использование с регулярным восстановлением первоначальных свойств. Оно заключается в механической очистке от твердых включений, нейтрализации окислителей, обеззараживании и биологической очистке.

Выбирая метод утилизации, ориентируются на экономичность процесса, основу которой составляет эффект масштабности производства. Расходы по содержанию вспомогательного оборудования и персонала при небольших объемах нейтрализации эмульсий не окупаются. Специализированные компании, оснащенные современной техникой, могут выбрать наиболее технологичный способ переработки.

Таким образом для нашего предприятия будет рентабельней утилизировать *СОЖ* на специальных заводах и фабриках. Отработанная *СОЖ* из баков станков откачивается насосами в специальные бочки для хранения и транспортировки агрессивной жидкости и доставляется погрузчиком на складе ГСМ на хранение, до заполнения всей свободной тары. Далее ее следует отвезти в компанию, специализирующуюся по переработке отработанных спец жидкостей.

Методы переработки *СОЖ*:

1) Физико-химический метод: разложение

Под разложением понимается переработка эмульсий путём разделения их на фазы «вода» и «масло». Переработка разложением осуществляется в несколько стадий:

- отделение неэмульгированных (поверхностных) масел;
- отделение твёрдых частиц;
- разложение эмульсии;
- отделение полученных фаз;

Химическое разложение производится путём добавления различных химикатов. Для достижения оптимального результата необходимо тщательно соблюдать дозировку.

«Кислотное разложение» требует применения более коррозионностойких и, соответственно, более дорогих, материалов для изготовления оборудования. Полученную воду перед сливом в канализацию необходимо нейтрализовать, для этого требуется добавление щёлочи. Вследствие этого в очищенной воде содержится значительное количество солей, что не позволяет повторно использовать очищенную воду.

В новых методах разложения используются так называемые «де-эмульгаторы». Их необходимо подбирать в зависимости от перерабатываемой жидкости и тщательно дозировать. Это ограничивает применение данного метода при изменении состава жидкости.

Преимуществом физико-химического метода является возможность применения данного метода для больших объёмов стоков (>3 м³/ч). Таким образом, данный метод является наиболее экономически выгодным при больших объёмах стоков и при невысоких требованиях к качеству сливаемой вод.

2) Механический метод: мембранная очистка

Другим методом переработки эмульсий является ультрафильтрация. Под повышенным давлением (5-10 Бар) эмульсия проходит через пористую керамическую мембрану. Вода беспрепятственно проходит через поры, а масла, жиры и воски задерживаются на мембранах.

Однако данный метод не может обеспечить полное отделение органических веществ. Остаточная влажность остатка составляет в среднем 60-70%. Значительным недостатком мембранной системы является ограничение применения подобной системы при изменениях состава жидкости, т.е. изменение состава жидкости может вызвать повреждение мембран. Кроме того, в процессе работы мембраны засоряются твёрдыми частицами и маслами. Из-за этого снижается производительность системы и повышаются энергозатраты, а также ухудшается качество очищенной воды. Поэтому требуется постоянная очистка системы от отложений с помощью химикатов.

3) Термический метод: выпаривание/дистилляция.

Самым древним методом разделения веществ является дистилляция. Для выпаривания воды предлагаются различные технические решения. В каждом случае для оптимального энергобаланса требуется использовать энергию конденсации для процессов нагрева и испарения исходной жидкости. Поэтому выпариватели с внешним нагревом, как правило, дороже, чем выпариватели с тепловым насосом или выпариватели, основанные на принципе прямой конденсации водяного пара.

3. Абразив, пыль, масляный туман. Все эти категории отходов объединяются одним общим свойством – переносом по воздуху.

Для металлообрабатывающего цеха характерно механическое удаление воздуха из помещения с поступлением воздуха через окна и двери. Как правило вентиляция для удаления воздуха осевыми вентиляторами, установленными на крыше или стене цеха, и имеет выходной рукав непосредственно на улицу, в окружающую среду. Конструкция представляет собой сеть гибких воздуховодов на кронштейнах, с фрикционными воронками-уловителями и воздушной заслонкой над рабочей зоной станков, что позволяет регулировать их положение и расход воздуха.

Так же существует метод, при котором к рабочей зоне станка непосредственно подается передвижной фильтровальный агрегат. Благодаря такой схеме удается исключить капитальные и эксплуатационные затраты для стационарных вытяжных систем, более гибкая настройка удаления загрязнения из зоны станка.

Оба этих метода удаления загрязненного воздуха из рабочей зоны станка объединяет наличие фильтрующего элемента в цепи воздуха отвода. Фильтр –

съёмный расходный элемент, предназначенный для очищения проходящего воздушного потока, путем удержания в себе загрязняющих элементов. Фильтры подразделяются в зависимости от задачи удержания тех или иных вредных веществ в воздухе:

- Универсальные электростатические фильтры. Предназначены для удаления сварочного, масляного и других высокодисперсных аэрозолей, взрыво- и пожароопасных концентраций, образующихся при различных видах обработки в машиностроении.

- Фильтр складчатый кассетный. Предназначены для очистки воздуха и газов от мелкодисперсных аэрозольных сухих пылей (в том числе свинцовых) со средним размером от 0,3 мкм и более. Рекомендуется применять при электро- и газосварке, пайке, лужении, лазерной и плазменной обработке, переплаве металлов и др. При высокой концентрации в помещении СО, NO_x, HF и других вредных веществ - дополнительно могут быть укомплектованы кассетой хим. очистки.

- Фильтро-вентиляционные агрегаты для улавливания масляного тумана. Предназначены для отсоса и очищения воздуха от масляного тумана, глицерина, пластификаторов и других технологических жидкостей в процессах металлообработки резанием, при холодной штамповке и прокатке, литье под давлением, промасливании, консервации.

- Агрегаты для улавливания пыли. Предназначены для удаления твердых сухих пылей (абразивных, металлических, неметаллических - графит, стекло и т.п.) при среднем размере от 3 мкм и более или от 0,3 мкм и более при наличии БУО.

4.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Производство находится в городе Томске, в умеренном климатическом поясе.

Природные катаклизмы в данном регионе крайне маловероятны. Наиболее вероятными ЧС на объекте могут быть сильные морозы и теракт.

Для Западной Сибири в зимнее время года характерны морозы до -45°C . Достижение низких температур приведет к поломке оборудования, выхода из строя технических систем, которые обслуживают предприятие и сооружения, а также обморожениям и даже жертвам среди населения.

Ущерб от сильных морозов связан с переохлаждением, замораживанием технических объектов, разрушением систем отопления, при возникновении отключения теплоснабжения в цеху предприятия имеется газовые обогреватели с катализатором (дизельные станции, калориферы и т.п.), которые могут обогреть производственные помещения в сильные морозы, чтобы работа на производстве не прекратилась.

При порывах в системе водоснабжения на предприятии предусмотрена емкость 500 литров чистой воды, которой снабжаются все необходимые помещения, по аварийной системе водоснабжения.

При повреждениях в электросетях, на предприятии имеется дизель генератор, который установлен в отдельном помещении с вентиляцией, он на время может обеспечить электроэнергией важные объекты.

При поломке городского транспорта в сильные морозы, для своевременной доставки на рабочие места работников предприятия, на производстве предусмотрен автобус, который в сильные морозы находится в теплом гараже и может без промедления выехать за работниками, нуждающимися в транспортировке.

Для предупреждения вероятности осуществления диверсии предприятие необходимо оборудовать системой видеонаблюдения, круглосуточной охраной, пропускной системой, надежной системой связи, а также исключения распространения информации о системе охраны объекта (закрытой внутренней сетью интернет и введением режима секретности), расположении помещений и оборудования в помещениях, системах охраны, сигнализаторах, их местах установки и количестве. На предприятии должна быть создана служба гражданской обороны и чрезвычайным ситуациям, способная быстро и правильно реагировать на любые возможные ЧС на предприятии.

Должностные лица раз в полгода проводят тренировки по отработке действий на случай экстренной эвакуации.

ПЛАН ЭВАКУАЦИИ

Механический цех _____

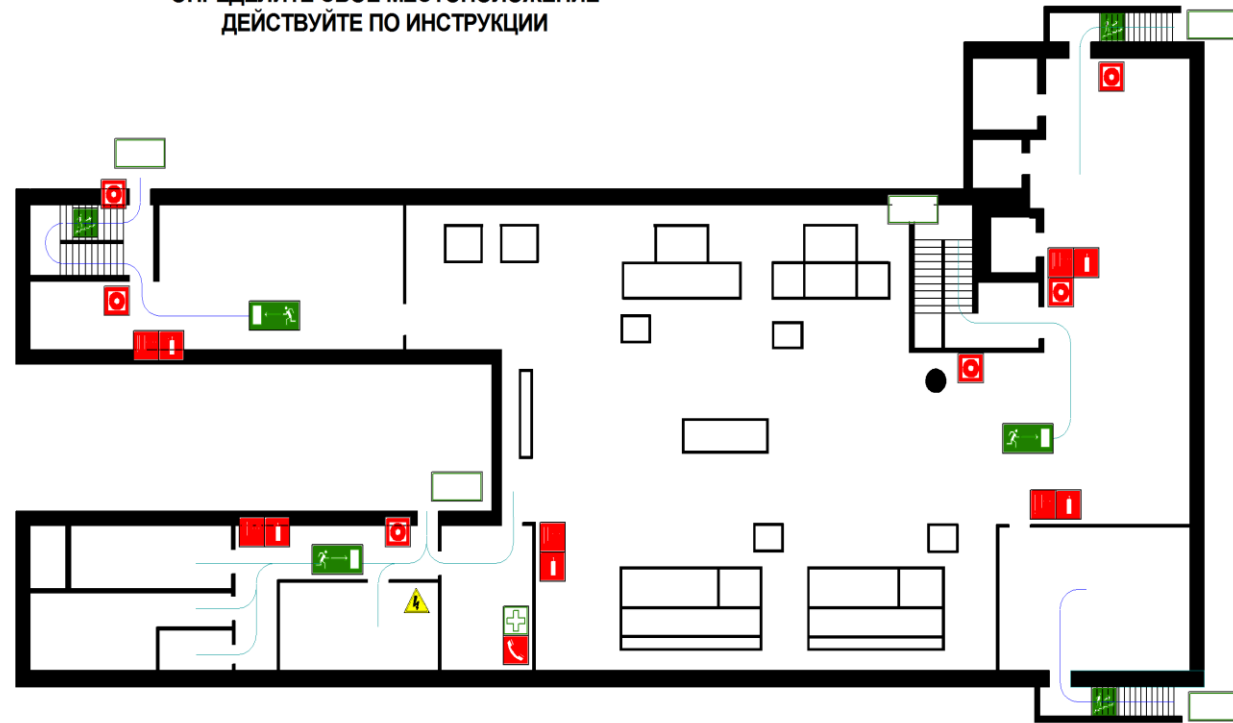
СОРИЕНТИРУЙТЕСЬ НА ПЛАНЕ
ОПРЕДЕЛИТЕ СВОЕ МЕСТОПОЛОЖЕНИЕ
ДЕЙСТВУЙТЕ ПО ИНСТРУКЦИИ

ДЕЙСТВИЯ ПРИ ПОЖАРЕ
СОХРАНЯЙТЕ СПОКОЙСТВИЕ!













- 1  СООБЩИТЕ ПО ТЕЛЕФОНУ **01**
- 2  ОПОВЕСТИТЕ ЛЮДЕЙ
- 3  ЭВАКУИРУЙТЕ ЛЮДЕЙ
- 4 
 ПО ВОЗМОЖНОСТИ, ПРИМИТЕ МЕРЫ
ПО ТУШЕНИЮ ПОЖАРА

ДЕЙСТВИЯ ПРИ АВАРИИ
СОХРАНЯЙТЕ СПОКОЙСТВИЕ!

- 1  СООБЩИТЕ ПО ТЕЛЕФОНУ **01**
- 2 
 ЛОКАЛИЗУЙТЕ АВАРИЮ
- 3 
 ЭВАКУИРУЙТЕ ЛЮДЕЙ



УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

	КНОПКА ВКЛЮЧЕНИЯ ПОЖАРНОЙ АВТОМАТИКИ		НАПРАВЛЕНИЕ ДВИЖЕНИЯ К ЭВАКУАЦИОННОМУ ВЫХОДУ
	ОГНЕТУШИТЕЛЬ		НАПРАВЛЕНИЕ ДВИЖЕНИЯ ВВЕРХ/ВНИЗ ПО ЛЕСТНИЦЕ
	ПОЖАРНЫЙ КРАН		ЭВАКУАЦИОННЫЙ ВЫХОД
	ТЕЛЕФОН		ПУТЬ К ОСНОВНОМУ ЭВАКУАЦИОННОМУ ВЫХОДУ
	АПТЕЧКА ПЕРВОЙ МЕДИЦИНСКОЙ ПОМОЩИ		ПУТЬ К ЗАПАСНОМУ ЭВАКУАЦИОННОМУ ВЫХОДУ
	ЭЛЕКТРОЩИТ		ВЫ НАХОДИТЕСЬ ЗДЕСЬ

4.4 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

1. ОСТ 54 30013-83 Электромагнитные излучения СВЧ. Предельно допустимые уровни облучения. Требования безопасности.
2. ГОСТ 12.4.154-85 “ССБТ. Устройства, экранирующие для защиты от электрических полей промышленной частоты”.
3. ГН 2.2.5.1313-03 Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны.
4. СанПиН 2.2.4/2.1.8.055-96 "Электромагнитные излучения радиочастотного диапазона (ЭМИ РЧ)".
5. СанПиН 2.2.4.548-96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.
6. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03. Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий.
7. СН 2.2.4/2.1.8.562-96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки.
8. ГОСТ 12.4.123-83. Средства коллективной защиты от инфракрасных излучений. Общие технические требования.
9. ГОСТ Р 12.1.019-2009. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты.
10. ГОСТ 12.1.030-81. Электробезопасность. Защитное заземление. Зануление.
11. ГОСТ 12.1.004-91. Пожарная безопасность. Общие требования.
- ГОСТ 12.2.037-78. Техника пожарная. Требования безопасности
12. СанПиН 2.1.6.1032-01. Гигиенические требования к качеству атмосферного воздуха
13. ГОСТ 30775-2001 Ресурсосбережение. Обращение с отходами. Классификация, идентификация и кодирование отходов.
14. СНиП 21-01-97. Противопожарные нормы.

15. ГОСТ 12.4.154. Система стандартов безопасности труда. Устройства экранирующие для защиты от электрических полей промышленной частоты. Общие технические требования, основные параметры и размеры

16. СНиП 23-05-95 "Естественное и искусственное освещение"

Заключение

В данной выпускной квалификационной работе был спроектирован и разработан технологический процесс механической обработки детали «Щит подшипниковый 005» в условиях среднесерийного производства. Был выбран способ получения заготовки, разработан маршрутный технологический процесс изготовления детали. Было подобрано оборудование, режущий и измерительный инструмент, рассчитаны припуски на механическую обработку и режимы резания.

Рассчитанные режимы резания позволили мне не только установить оптимальные параметры процесса резания, но и определить основное время на каждую операцию.

Спроектировано контрольно-измерительное приспособление для контроля радиального биения в условиях среднесерийного производства.

Таким образом можно подвести итог, что разработанный технологический процесс изготовления детали «Щит подшипниковый 005» полностью работоспособен и отвечает всем требованиям современного производства.

Список использованной литературы

1. Обработка металлов резанием: Справочник технолога А.А. Панов, В.В. Аникин, Н.Г. Бойм и др.; Под общ. Ред. А.А.Панова. -М.: - Машиностроение, 1988. - 736 с.: ил.
2. Основы размерного анализа технологических процессов изготовления деталей. Скворцов В.Ф. Учебное пособие. Томск издательство ТПУ 2009,91с.
3. Справочник технолога машиностроителя. В 2-х томах. Том 1. Под редакцией А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова.- 4-е издание, перераб. и доп.-М.: Машиностроение,1986.654 с.,ил.
4. Справочник технолога машиностроителя. В 2-х томах. Том 2. Под редакцией А.М. Дальского, А.Г.Суслова, А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова. 4-е издание, исправл.- М.,Машиностроение-1, 2003. 944 с.,ил.
5. Технологии машиностроения. Выпускная квалификационная работа для бакалавров. Н.М. Султан-заде и др.
6. Допуски и посадки: Справочник. В 2-х ч./В.Д. Мягков, М.А. Палей, А.Б.Романов, В.А. Брагинский.7-е изд.,перераб. и доп. –Е.: издательство АТП, 2015 год.-Ч.1 543 с.,ил.
7. Горбацевич А.Ф., Шкред В.А. Курсовое проектирования по технологии машиностроения: Учебное пособие для вузов. – Стереотипное издание. Перепечатка с издания 1983 г. – М.: Альянс, 2015 – 256 с.
8. Альбом контрольно-измерительных приспособлений: Учебное пособие для вузов. Ю.С. Степанов, Б.И. Афонасьев, А.Е. Щукин. Под общей редакцией Ю.С. Степанова. М.: машиностроение, 1998. – 184 с.
9. Безопасность жизнедеятельности: практикум / Ю.В. Бородин, М.В. Василевский, А.Г. Дашковский, О.Б. Назаренко, Ю.Ф. Свиридов, Н.А. Чулков, Ю.М. Федорчук. — Томск: Изд-во ТПУ, 2009. — 101 с. Методические указания по разработке раздела «Социальная ответственность» выпускной квалификационной работы магистров всех направлений (специальностей) и форм обучения /Сост. Ю.В.

Бородин, В.Н. Извеков, Е.В. Ларионова, А.М. Плахов. – Томск: Изд-во ТПУ, 2014. – 20 с.

10. Методические указания по разработке раздела «Производственная и экологическая безопасность» выпускной квалификационной работы для студентов всех форм обучения / Сост. М.Э. Гусельников, В.Н. Извеков, Н. В. Крепша, В.Ф. Панин. – Томск: Изд-во ТПУ, 2006. – 42 с.