

## ABSTRACT

Die Diplomarbeit enthält 96 Seiten, 24 Zeichnungen, 36 Tabellen, 1 App, 12 Blatt Druckunterlagen.

Stichworte: GEHÄUSE, FRÄS-und SPANNBRÜCKEN, СВЕРЛИЛЬНАЯ, STATIONIERUNG, PROZESS, GERÄT, FRÄSER, BOHRER, KALIBER-COCHOCTИ.

Ziel der Konzeption ist die Entwicklung des technologischen pro-цесса der mechanischen Bearbeitung des Produkts Gehäuse 1M138.01.15.620.

Das Thema der Abschlussarbeit Abschluss die Entwicklung des technologischen Prozesses der Herstellung des Gehäuses 1M138.01.15.620.

WRC enthält folgende Kapitel: Einführung, technologische, Конструкторская, organisatorische, wirtschaftliche Teile, sowie Arbeitsschutz und Sicherheit der Lebenstätigkeit.

Im technologischen Teil der Beschreibung dargelegt Reihenfolge des technologischen Prozesses, Berechnungen припусков, Berechnungen der Schnittdaten und Normen der Zeit.

In der Konstruktions-Teil finden Sie die Beschreibungen und Berechnung von VORRICHTUNGEN, Schneid-und мерительного Werkzeug.

Im organisatorischen Teil sind die Berechnungen der Anzahl der Geräte, der Zahl der Arbeiter.

Im wirtschaftlichen Teil berechnet die technisch-ökonomischen Kennziffern, sondern auch die jährliche wirtschaftliche Effekt.

Im Abschnitt soziale Verantwortung beleuchtet Fragen der Sicherheit der Arbeit auf dem Grundstück und die Verhütung von Gefahren am Arbeitsplatz.

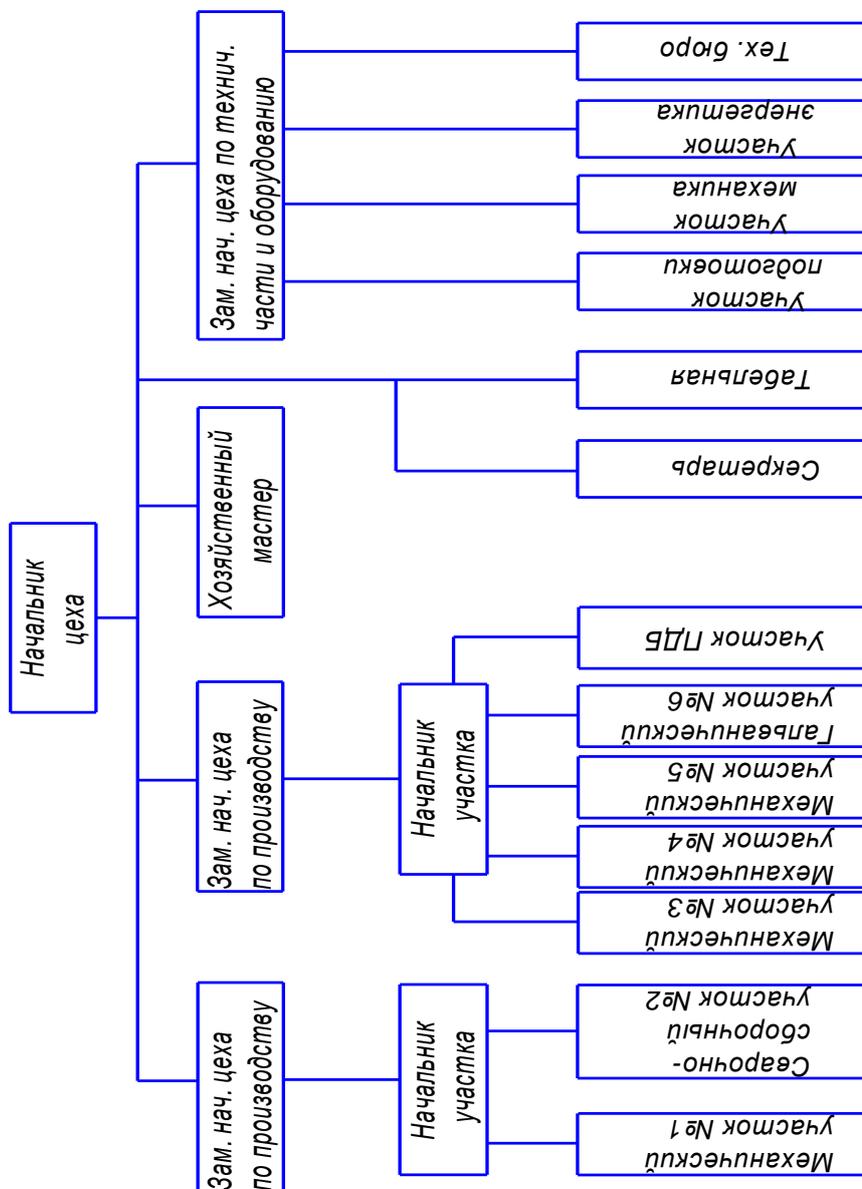
Im grafischen Teil der Zeichnung dargestellt, Details zusammen mit dem Werkstück, Zeichnungen, VORRICHTUNGEN, Karten Justierungen, Klinge und мерительный Werkzeug.

и горношахтного оборудования.

В цехе 58 производятся основные детали для шахтной крепи 1МКЮ и корпуса серии 1М138 , проушины серии Т400, коллектора серии МКЮ4У, разделители серии 4М138, рукоятки серии Т400 и др.

Для дипломного проекта была выбрана деталь корпус 1М138. 01.15.620.

соответствующее бюро (БТиЗ).



## 1.2 Формулировка проектной задачи

### 1.2.1 Наименование и область применения разработки

изготовление корпуса 1M138.01.15.620».

## 1.2.2 Основание для разработки

при применения ЭВМ.

приводит к увеличению конкурентоспособности предприятия на рынке сбыта продукции, что в свою очередь в дальнейшем приводит к повышению прибыли.

Технологический процесс – это совокупность технологических операций, обеспечивающих обработку заготовки по технологическому маршруту.

штака, в котором должны быть устранены все недостатки, выявленные в процессе анализа базового технологического процесса, с применением оборудования, соответствующего типу производства. Разрабатываемый технологический процесс должен обеспечить требуемую по чертежу точность изготовления при минимальной себестоимости изготовления изделия.

Одной из главных задач при проектировании нового технологического процесса является оптимальный выбор оборудования в соответствии с годовой программой выпуска заготовки, обеспечивающей при минимальных затратах на ее изготовление минимальный объем механической обработки.

## 1.2.4 Источники разработки

Источниками для разработки выпускной квалификационной работы являются:

- рабочий чертеж детали;
- годовая программа выпуска.

## 1.3 Поиск оптимального варианта технологического процесса

- использовать по возможности стандартный

.

Деталь 1М138.01.15.620 – корпус, является частью силовой гидравлики управления секцией крепи. Деталь входит в сборку блока управления бортом.

К которые устанавливается золотник и присоединяются рукава высокого давления, золотник под давлением рабочей жидкости в управляющих магистралях передвигается в ту или иную сторону, тем самым управляя направлением потока рабочей жидкости.

Корпус изготавливается из стали 35 ГОСТ 1050 – 2013. Химический состав стали приведен в таблице 1.2.

Таблица 1.2 – Химический состав стали 35 ГОСТ 1050-2013

Химический состав, %								
C	Si	Mn	Cr	S	P	Cu	Ni	Fe
0,32-0,40	0,17-0,37	0,50-0,80	до 0,25	до 0,035	до 0,03	до 0,25	До 0,3	97

Таблица 1.3 – Физико – механические свойства материала

Наименование свойства и единица измерения	Численное значение
Предел текучести $\sigma_T$ , МПа	315
Временное сопротивление при растяжении $\sigma_B$ , МПа	530
Плотность $\rho$ , кг /м <sup>3</sup>	$7,82 \cdot 10^3$
Ударная вязкость КСУ, Дж/ см <sup>2</sup>	69
Относительное удлинение при разрыве $\delta$ , %	20
Относительное сужение $\psi$ , %	45

Технологические свойства:

– температураковки, 750° С. Заготовки сечением до 800 мм охлаждаются на воздухе;

– свариваемость – ограниченно свариваемая. Способ сварки: РДС, АДС под флюсом и газовой защиты, ЭШС. Рекомендуется подогрев и последствия термической обработки;

На чертеже поля допусков, обозначения видов, сечений, разрезов и выносных элементов используются в соответствии с новым стандартом.

- деталь жесткая, что не ограничивает режимы резания и является технологичным;

- в конструкции детали имеются базовые поверхности, достаточные по размерам и расстоянию, что позволяет удобно и надежно ее закрепить;

- в детали присутствуют глухие отверстия, что не позволяет вести сверление на проход;

- в детали присутствуют пересекающиеся отверстия, что является нетехнологичным;

- нетехнологичным элементом в конструкции корпуса является наличие размеров под покрытие Хим. Н30, для получения этих размеров необходимо применение дорогостоящего специального режущего и мерительного инструмента.

Отсюда следует, что с позиции качественной оценки данная деталь технологична.

Способ получения заготовки – штамповка.

005	Фрезерно-сверлильная	Станок С500/4 Обработать согласно эскизу Приспособление 319-1151 Фреза 50 ГСОТ 17026- Сверло центровочное СТП 1234
-----	----------------------	--

Продолжение таблицы 1.4

1	2	3
		Сверло 13x19 017-98 Зенкер 13,8x19,8 027-688 Развертка 14x20 черновая 037-496 Развертка 14x20 чистовая 037-498 Сверло 3 ГОСТ 866 Сверло 11 ГОСТ 10903 Зенкер 22/Н20 027-816 Развертка 22/Н20 черновая 037-624 Развертка 22/Н20 чистовая 037-626 Развертка 30 ° 033-581 Фреза резьбовая 041-39 Сверло 6 ГОСТ 10902 Развертка 12 черновая 030-2137 Развертка 12 чистовая 030-2134 Пробка ПР М20x1,5 100-1052 Пробка НЕ М20x1,5 100-1054 Шаблон 8,5±0,2 106-6495 Калибр соосности 151-745 Шаблон 26±0,1 106-6494 Калибр биения Ф22/М20 150-2552 Пробка 12 <sup>+0,103</sup> <sub>+0,08</sub> 100-3135 Калибр собираемости Ф12/Ф22 150-2551 Очки ГОСТ 12.4.013–85
010	Слесарная Удалить заусенцы, притупить острые кромки	Верстак Очки ГОСТ 12.4.013–85
015	Фрезерно-сверлильная	Станок С500/4 Обработать согласно эскизу Приспособление 319-1151 Фреза 50 ГСОТ 17026-71 Сверло центровочное СТП 1234 Сверло 13x19 017-98 Зенкер 13,8x19,8 027-688 Развертка 14x20 черновая 037-496 Развертка 14x20 чистовая 037-498 Сверло 3 ГОСТ 866 Сверло 17,5 ГОСТ 10903 Зенкер 22xМ20 027-816 Развертка 22xН20 черновая 037-731 Развертка 22xН20 чистовая 037-732 Фреза резьбовая М16x1,5 041-39 Сверло 6 ГОСТ 10902

Продолжение таблицы 1.4

1	2	3
		Сверло 6,8 ГОСТ Шаблон 8,5±0,2 106-6495 Калибр соосности 151-745 Шаблон 33±0,2 105-6844 Калибр биения Ф22/М20 150-2552 Калибр собираемости Ф12/Ф22 150-2551 Очки ГОСТ 12.4.013–85
020	Слесарная Удалить заусенцы, притупить острые кромки	Верстак Очки ГОСТ 12.4.013–85
025	Фрезерно-сверлильная	Станок С500/4 Обработать согласно эскизу Приспособление УСП Сверло центровочное СТП 1234 Сверло 3 ГОСТ 866 Сверло 6-П ГОСТ 10902 Сверло 13 ГОСТ 10903
030	Фрезерно-сверлильная	Станок С500/4 Обработать согласно эскизу Приспособление УСП  Сверло центровочное СТП 1234 Сверло 6 СТП 1232 Сверло 8-П ГОСТ 10903
035	Слесарная Удалить заусенцы, притупить острые кромки Нарезать резьбу М8-6Н в 2 отв. Маркировать шрифтом 8-Пр 3 ГОСТ 26008-85 Притупить острые кромки калибр. 6 отв. М20х1,5 Снять фаски 2,5х30° 6 отв.	Верстак Очки ГОСТ 12.4.013–85
040	Контрольная	Стол, стеллаж

обеспечивает все технические требования.

Для обработки детали применяется станок с ЧПУ С500/04. При разработке выпускной квалификационной

(учитывая годовую программу выпуска) является метод получения заготовки – штамповка. Его основное достоинство – хорошая структура металла, и высокий коэффициент использования. Существенным недостатком является сложная подготовка производства.

Рассматриваем два варианта получения заготовки.

1.5.1.1 Прокат сортовой стальной горячекатаный полосовой

Материал – Сталь 35 ГОСТ 1050-2013.

Масса детали – 4,14 кг.

Заготовку выбираем по ГОСТ 103-2006: прокат общего назначения, обычной точности прокатки ( $80 \pm 1,5 \times 150 \pm 2,5$ ) мм.

Масса заготовки 9,9 кг.

Коэффициент использования материала считаем по формуле (1.1).

Таблица 1.5 –

Размер, мм	Припуск, мм	Окончательный припуск, мм	Размер штамповки, мм

Технологическая себестоимость открытой штамповки меньше чем сортового проката. Учитывая этот фактор, в качестве заготовки выбираем штамповку в открытых штампах.

На установе А заготовка базируется на пяти опорах. Заготовка лишена шести степеней свободы. Трех степеней свободы лишают три опоры, на которые ложится заготовка. Двух степеней лишают тиски. Одной степени - опора, до которой доводится заготовка (в процессе выполнения операции опору убирают).

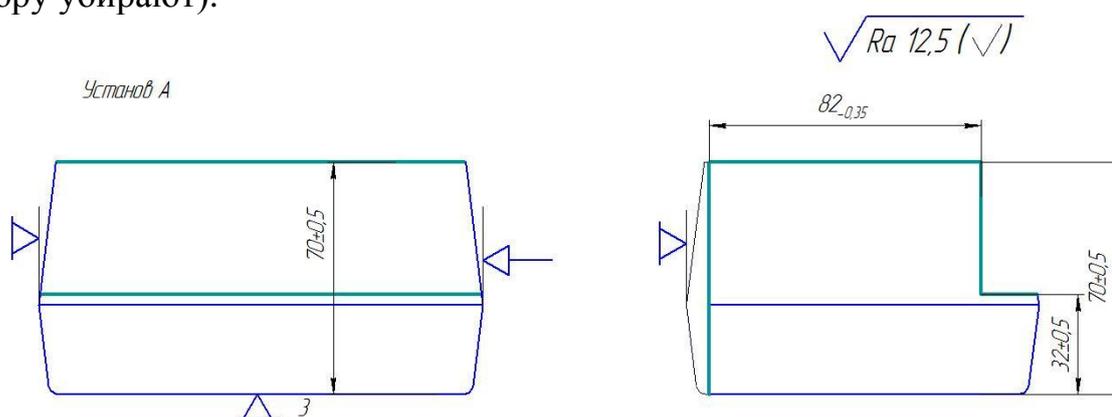


Рисунок 2 Схема базирования для 005 операции установ А

При получении размера  $70 \pm 0,5$ ,  $30 \pm 0,5$  и  $82_{-0,35}$  технологическая и измерительная базы совпадают,  $\varepsilon_{\delta} = 0$ , мм.

На установе Б заготовка базируется на шести опорах. Заготовка лишена шести степеней свободы. Трех степеней свободы лишают три опоры, на которые ложится заготовка. Двух степеней лишают тиски. Одной степени - опора, до которой доводится заготовка (в процессе выполнения операции опору убирают).

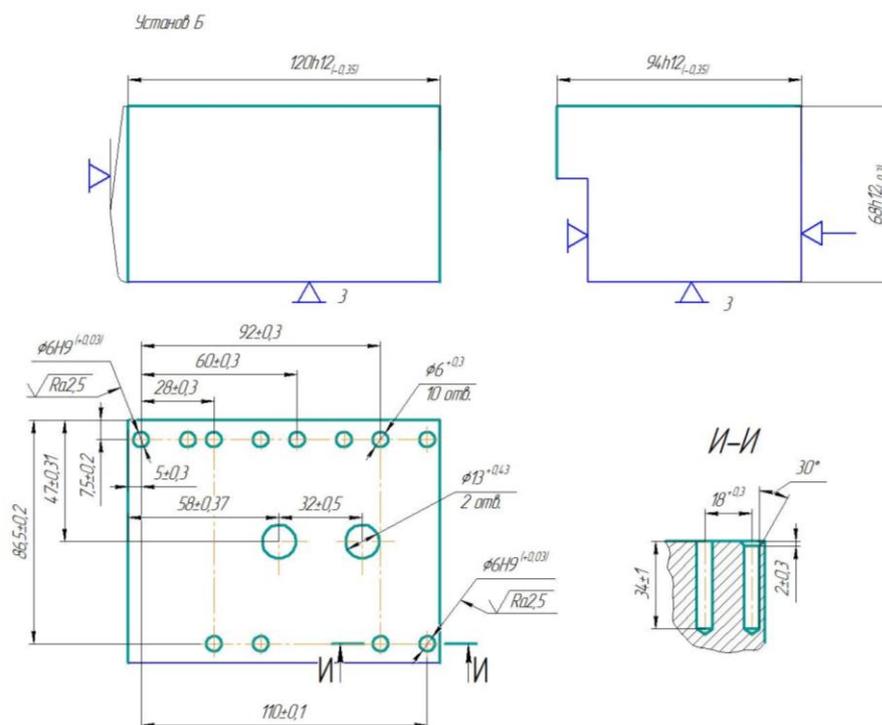
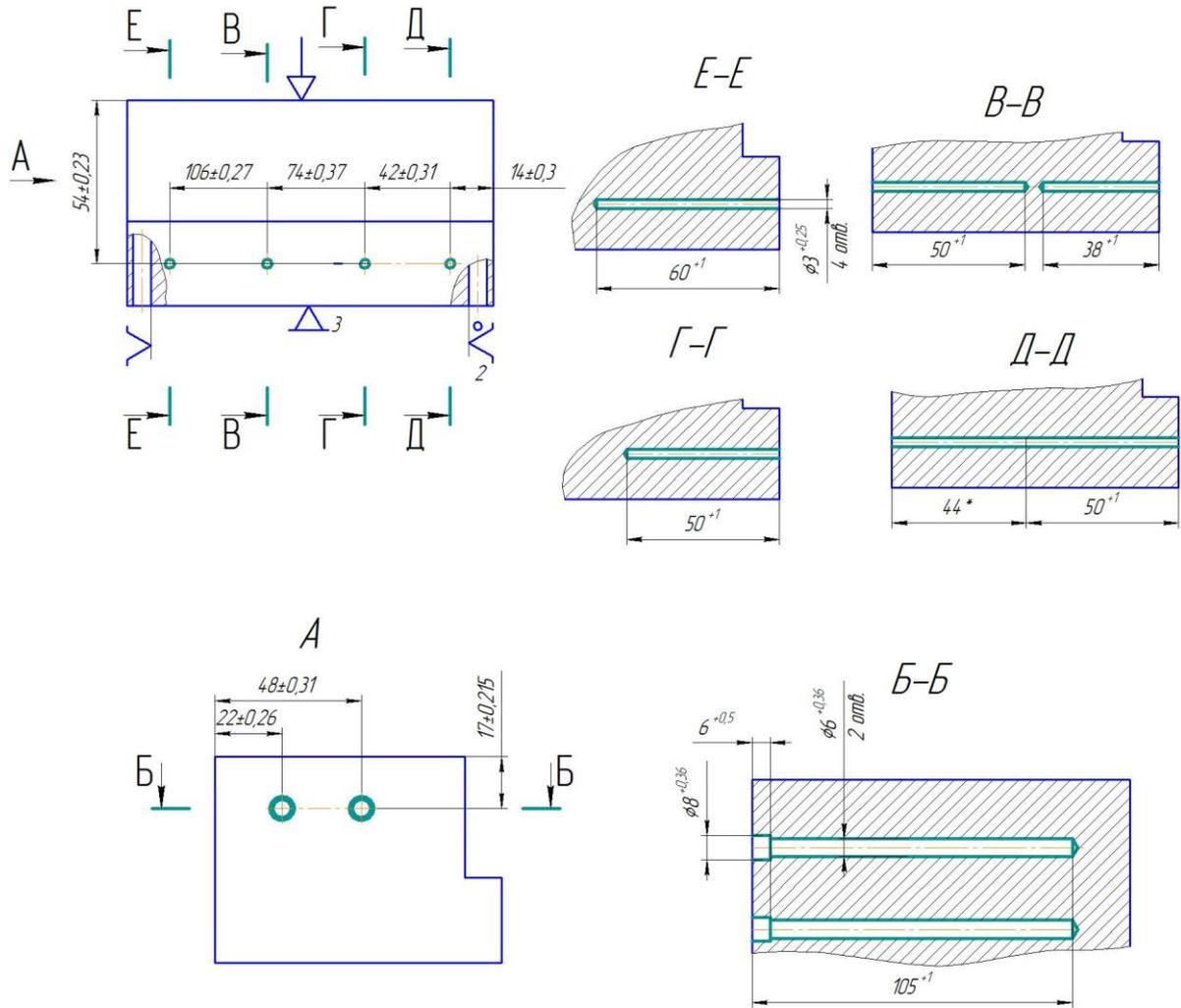


Рисунок 3 Схема базирования для 005 операции установ Б

Установ Б все диаметральные размеры обеспечиваются инструментом. Погрешность базирования для линейных размеров –  $\epsilon_6=0$  мм, т.к. измерительная и технологическая база совпадают. Погрешность базирования на глубину отверстий  $\epsilon_6=0,3$ мм.

#### Операция 015, сверлильная с ЧПУ

Заготовка базируется на плоскость и два пальца: цилиндрический и ромбический. Трех степеней свободы лишают две опорные пластины, на которые ложится заготовка. Двух степеней свободы лишает цилиндрический палец. Одной степени свободы лишает ромбический палец.



линейные размеры равна. На диаметральные размеры погрешность базирования  $\varepsilon_6=0$  мм, так как размеры обеспечиваются мерным инструментом. Все размеры выполняются за одну установку. На размер глубины отверстий погрешность базирования равна 0,3 мм, что не превышает допуск на размер.

#### Операция 020, сверлильная с ЧПУ

Заготовка базируется на плоскость и два пальца: цилиндрический и ромбический. Трех степеней свободы лишают две опорные пластины, на которые ложится заготовка. Двух степеней свободы лишает цилиндрический палец. Одной степени свободы лишает ромбический палец.

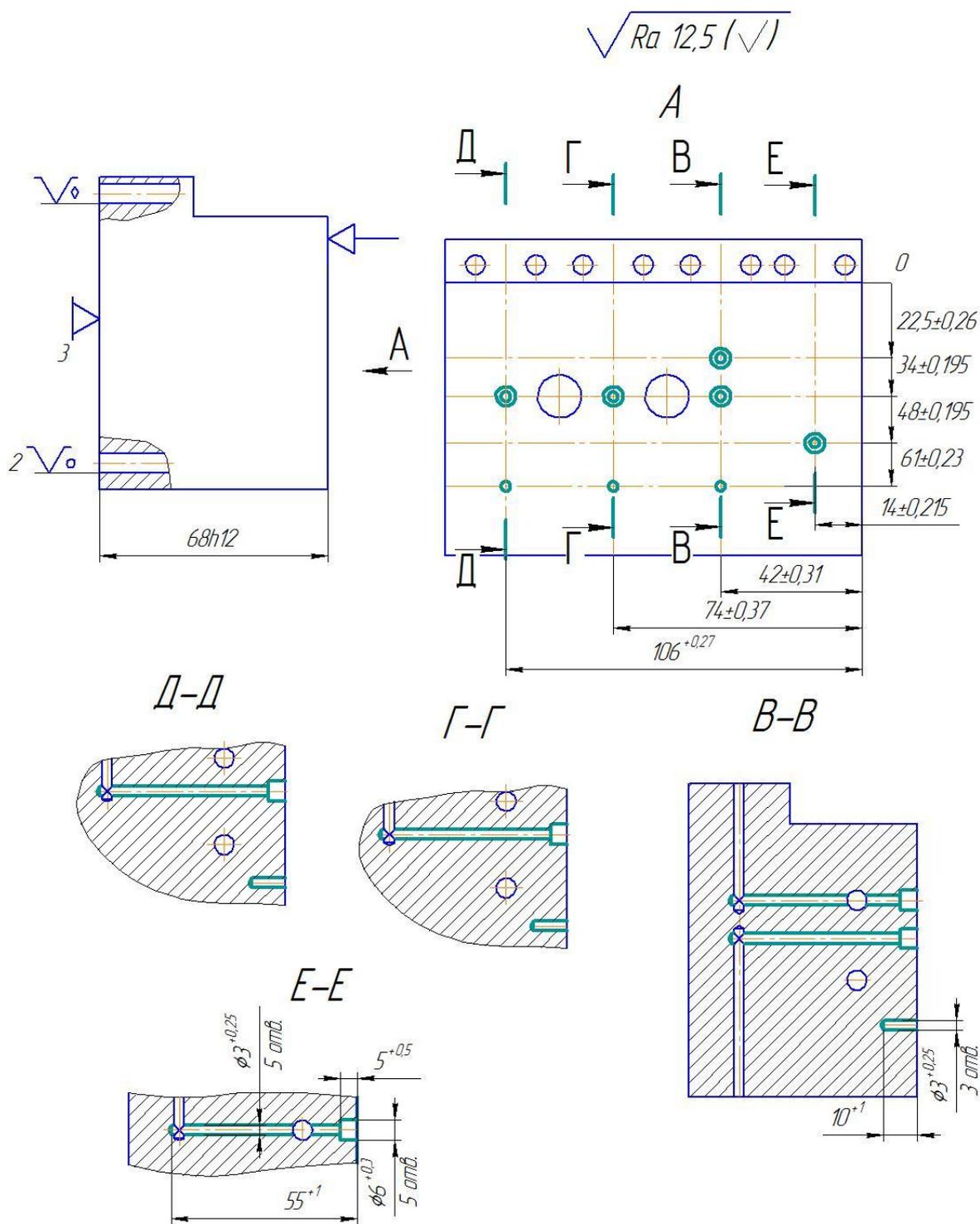


Рисунок 5 Схема базирования для 020 операции

Погрешность базирования на линейные размеры равна  $\varepsilon_{\delta}=0,2$  мм. На диаметральный размер погрешность базирования  $\varepsilon_{\delta}=0$ , так как размеры обеспечиваются мерным инструментом. Все размеры выполняются за одну установку. На размер глубины отверстий погрешность базирования равна 0,3 мм, что не превышает допуск на размер.

Операция 030, сверлильно-фрезерная с ЧПУ

Заготовка базируется на плоскость и два пальца: цилиндрический и срезанный. Трех степеней свободы лишают две опорные пластины на кото-

рые ложится заготовка. Двух степеней свободы лишает цилиндрический палец. Одной степени свободы лишает срезанный палец.

$$\sqrt{Ra\ 12,5\ (\checkmark)}$$

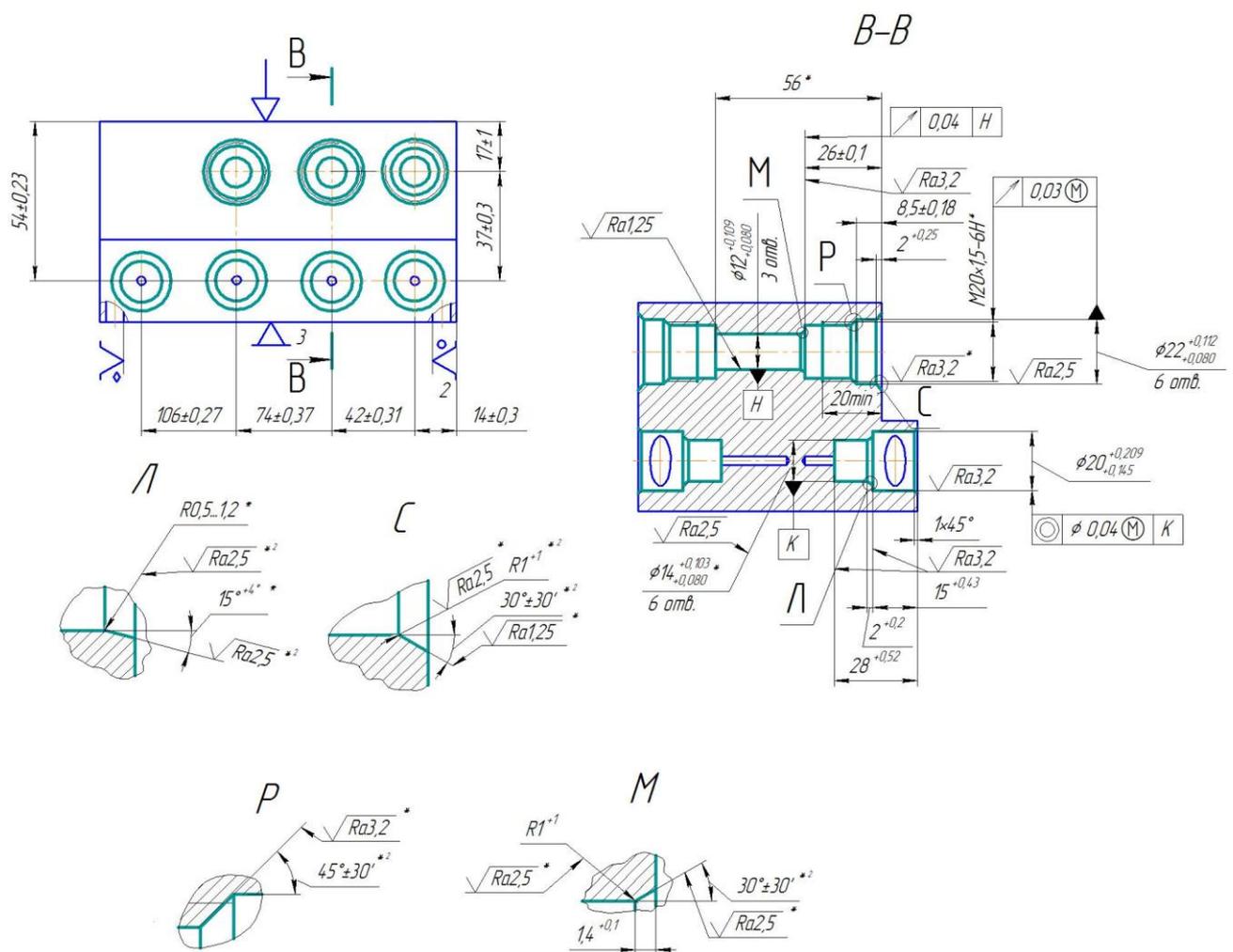


Рисунок 6 Схема базирования для 030 операции

Погрешность базирования на линейные размеры равна  $\epsilon_6=0$ , так как установочная и измерительная базы совпадают. На диаметральные размеры погрешность базирования  $\epsilon_6=0$ , так как размеры обеспечиваются мерным инструментом. Все размеры выполняются за одну установку. Погрешность базирования на размеры  $140 \pm 0,5$  мм,  $206 \pm 0,5$  мм,  $28 \pm 0,3$  мм,  $48^{+1}$  мм,  $15 \pm 0,3$  мм равна  $0,6$  мм, что не превышает допуски на размеры. Погрешность базирования на размеры  $19 \pm 0,5$  мм,  $18 \pm 0,3$  мм равна  $0,6$  мм, что не превышает допуски на размеры.

### 1.5.3 Составление технологического маршрута механической обработки

Структура процесса механической обработки корпуса представлена в таблице 1.6.

Таблица 1.6 – Технологический процесс механической обработки корпуса

Операция	Содержание операции	Оборудование
1	2	3
005 фрезерная	<p>Установ А</p> <p>1. Фрезеровать поверхность в размер <math>70 \pm 0,5</math> мм, на проход;</p> <p>2. Фрезеровать поверхности в размеры <math>82_{-0,35}</math> мм, высотой <math>40 \pm 0,31</math> мм на проход;</p> <p>Установ Б</p> <p>3. Фрезеровать поверхность в размер <math>98 \pm 1</math> мм, на проход;</p> <p>Установ В</p> <p>4. Фрезеровать поверхность в размер <math>68_{-0,3}</math> мм, на проход;</p> <p>5. Фрезеровать поверхность в размер <math>94_{-0,35}</math> на проход;</p> <p>6. Фрезеровать поверхность в размер <math>127 \pm 1</math> мм, на проход;</p> <p>7. Фрезеровать поверхность в размер <math>120_{-0,35}</math> на проход;</p> <p>11. Развернуть 2 отверстия диаметром <math>6H9</math> мм, глубиной <math>34 \pm 1</math> мм;</p> <p>12. Сверлить 2 отверстия диаметром <math>13^{+0,43}</math> мм.</p>	Сверлильно-фрезерно-расточной станок 2457
010 Слесарная	Удалить заусенцы, притупить острые кромки	Участок слесарный
015 Сверлильная	<p>Позиция 1</p> <p>1. Центровать 2 отверстия;</p> <p>2. Сверлить 2 отверстия диаметром <math>8^{+0,36}</math> мм, глубиной <math>6^{+0,5}</math> мм;</p> <p>3. Сверлить 2 отверстия диаметром <math>6^{+0,36}</math> мм, глубиной <math>99^{+0,5}</math> мм;</p> <p>Позиция 2</p> <p>Деталь повернуть на <math>90^\circ</math></p> <p>4. Центровать 2 отверстия;</p> <p>5. Сверлить 2 отверстия диаметром <math>3^{+0,25}</math> мм, глубиной <math>50^{+1}</math> мм;</p> <p>Позиция 3</p> <p>Деталь повернуть на <math>180^\circ</math></p>	Станок глубокого сверления с ЧПУ IXION X 1 TLF

Продолжение таблицы 1.6

1	2	3
	6. отверстия; 7. ной $50^{+1}$ мм;	
020 Сверлиль- ная		Станок глубокого сверления с ЧПУ IXION X 1 TLF
025 Слесарная	Удалить заусенцы, притупить острые кромки	Участок слесарный
030 Сверлиль- но-фрезерно- расточная с ЧПУ	<p>Позиция 1</p> <p>1. Рассверлить 2 отверстия диаметром <math>19^{+0,21}</math> мм, глубиной <math>15^{+0,43}</math> мм;</p> <p>2. Рассверлить 2 отверстия диаметром <math>13^{+0,18}</math> мм, глубиной <math>28^{+0,52}</math> мм;</p> <p>3. Зенкеровать 2 ступенчатых отверстия диаметром <math>13,9^{+0,07}</math> мм, глубиной <math>28^{+0,52}</math> мм и диаметром <math>19,9^{+0,084}</math> мм, глубиной <math>15^{+0,43}</math> мм, зенкеровать фаски <math>(2^{+0,2}) \times (15^{\circ+4^{\circ}})</math>, <math>1 \times 45^{\circ}</math>;</p> <p>4. Развернуть 2 ступенчатых отверстия диаметром <math>14^{+0,103}_{-0,080}</math> мм, глубиной <math>28^{+0,52}</math> мм и диаметром <math>20^{+0,209}_{-0,145}</math> мм, глубиной <math>15^{+0,43}</math> мм, развернуть фаски <math>(2^{+0,2}) \times (15^{\circ+4^{\circ}})</math>, <math>1 \times 45^{\circ}</math>;</p> <p>5. Центровать 5 отверстий;</p> <p>6. Сверлить 2 отверстия диаметром <math>7^{+0,15}</math> мм, глубиной <math>16^{+1}</math> мм;</p> <p>7. Нарезать резьбу М8-7Н в двух отверстиях, на глубину 11 min.</p> <p>8. Сверлить 3 отверстия диаметром <math>21^{+0,21}</math> мм, глубиной <math>8,5 \pm 0,18</math> мм;</p> <p>9. Сверлить 3 отверстия диаметром <math>18^{+0,18}</math> мм, глубиной <math>26 \pm 0,1</math> мм;</p> <p>10. Сверлить 3 отверстия диаметром <math>11^{+0,18}</math> мм, глубиной <math>43 \pm 0,2</math> мм;</p> <p>11. Зенкеровать 3 ступенчатых отверстия диаметром <math>18,4^{+0,07}</math> мм, глубиной <math>26 \pm 0,1</math> мм и диаметром <math>21,9^{+0,084}</math> мм, глубиной <math>8,5 \pm 0,18</math> мм, зенкеровать фаски <math>2 \times 45^{\circ}</math>, <math>(2^{+0,25}) \times (30^{\circ} 30')</math>;</p> <p>12. Развернуть 3 ступенчатых отверстия диаметром <math>18,5^{+0,043}</math> мм, глубиной <math>26 \pm 0,1</math> мм и диаметром <math>22^{+0,112}_{-0,080}</math> мм, глубиной <math>8,5 \pm 0,18</math> мм, развернуть фаски <math>2 \times 45^{\circ}</math>, <math>(2^{+0,25}) \times (30^{\circ} \pm 30')</math>;</p>	Сверлильно-фрезерно-расточной станок с ЧПУ IP500

Продолжение таблицы 1.6

1	2	3
	<p>13. Нарезать резьбу М20х1,5-6Н в трех отверстиях, на глубину 20 мм.                      Позиция 2                      Деталь повернуть на 180°</p> <p>14. Центровать 3 отверстия;</p> <p>15. Сверлить 3 отверстия диаметром <math>21^{+0,21}</math> мм, глубиной <math>8,5\pm 0,18</math> мм;</p> <p>16. Сверлить 3 отверстия диаметром <math>18^{+0,18}</math> мм, глубиной <math>17,5\pm 0,1</math> мм;</p> <p>17. Сверлить 3 отверстия диаметром <math>11^{+0,18}</math> мм, глубиной <math>43\pm 0,2</math> мм;</p> <p>18. Зенкеровать 3 ступенчатых отверстия диаметром <math>18,4^{+0,07}</math> мм, глубиной <math>26\pm 0,1</math> мм и диаметром <math>21,9^{+0,084}</math> мм, глубиной <math>8,5\pm 0,18</math> мм, зенкеровать фаски <math>2\times 45^\circ</math>, <math>(2^{+0,25})\times (30^\circ 30')</math>;</p> <p>19. Развернуть 3 ступенчатых отверстия диаметром <math>18,5^{+0,043}</math> мм, глубиной <math>26\pm 0,1</math> мм и диаметром <math>22^{+0,112}_{-0,080}</math> мм, глубиной <math>8,5\pm 0,18</math> мм, развернуть фаски <math>2\times 45^\circ</math>, <math>(2^{+0,25})\times (30^\circ \pm 30')</math>;</p> <p>20. Нарезать резьбу М20х1,5-6Н в трех отверстиях, на глубину 20 мм.</p> <p>21. Зенкеровать 3 отверстия диаметром <math>11,9^{+0,07}</math> мм, глубиной <math>56\pm 0,1</math> мм;</p> <p>22. Развернуть 3 отверстия диаметром <math>12^{+0,109}_{+0,080}</math> мм, глубиной <math>56\pm 0,1</math> мм, развернуть фаску <math>(1,4^{+0,1})\times (30^\circ \pm 30')</math>;</p> <p>23. Рассверлить 4 отверстия диаметром <math>19^{+0,21}</math> мм, глубиной <math>15^{+0,43}</math> мм;</p> <p>24. Рассверлить 4 отверстия диаметром <math>13^{+0,18}</math> мм, глубиной <math>28^{+0,52}</math> мм;</p> <p>25. Зенкеровать 4 ступенчатых отверстия диаметром <math>13,9^{+0,07}</math> мм, глубиной <math>28^{+0,52}</math> мм и диаметром <math>19,9^{+0,084}</math> мм, глубиной <math>15^{+0,43}</math> мм, зенкеровать фаски <math>(2^{+0,2})\times (15^\circ \pm 4^\circ)</math>, <math>1\times 45^\circ</math>;</p> <p>26. Развернуть 4 ступенчатых отверстия диаметром <math>14^{+0,103}_{-0,080}</math> мм, глубиной <math>28^{+0,52}</math> мм и диаметром <math>20^{+0,209}_{-0,145}</math> мм, глубиной <math>15^{+0,43}</math> мм, развернуть фаски <math>(2^{+0,2})\times (15^\circ \pm 4^\circ)</math>, <math>1\times 45^\circ</math>.</p>	
035 Слесарная	Удалить заусенцы, притупить острые кромки	Участок слесарный
040 Покрытие	Карта согласования по технологическому процессу на никелирование.	Участок гальванического покрытия
045 Контрольная		Плита

#### 1.5.4 Выбор оборудования

##### Сверлильно – фрезерно – расточной станок 2457

Станок предназначен для обработки разнообразных деталей сложного профиля из стали, чугуна, труднообрабатываемых цветных металлов, главным образом торцовыми и концевыми фрезами, сверлами в среднесерийном и мелкосерийном производстве.

Технические характеристики станка представлены в таблице 1.7.

Таблица 1.7 – Технические характеристики

Параметр	Значение
Рабочая поверхность стола, мм	800x630
Максимальное перемещение стола, мм	
продольное	630
поперечное	630
вертикальное	630
Точность позиционирования, мкм	
стола	5
бабки	5
стойки	12
Максимальная масса обрабатываемой детали с приспособлением, кг	800
Диапазон частот вращения шпинделя, об/мин	12,5...1600
Номинальная мощность главного привода, кВт	3,8
Габариты станка, мм	
длина	2973
ширина	2800
высота	2165
Масса станка, кг	9500

##### Станок для глубокого сверления с ЧПУ IXION 1 TLF.

Предназначен для обработки деталей имеющих отверстия глубина которых значительно превышает диаметр. Выполняет операции сверления, зенкерования, развёртывания, нарезания резьбы метчиками, фрезерования.

Технические характеристики станка представлены в таблице 1.8.

Таблица 1.8 – Технические характеристики

Параметр	Значение
1	2
Размеры отверстий, мм	
диапазон диаметров отверстий;	Ø3-25
макс. глубина отверстия;	660
макс. диаметр нарезаемой резьбы	M20
Частота вращения шпинделя, об/мин	60-6000
Наибольшее расстояние от торца шпинделя до стола, мм	560
Мощность привода, кВт	3,7
Размер стола, мм	900x500

Продолжение таблицы 1.8

1	2
Перемещения	
По оси W (гориз. перемещ. сверлильной головки), мм	1000
По оси X (попер. перемещение стола), мм	600
По оси Y (вертик. перемещ. сверлильной головки), мм	400
По оси Z (прод. перемещ. колонн), мм	250
Емкость инструментального магазина	24
Система ЧПУ	Siemens 840D
Грузоподъемность, кг	2000

Сверлильно – фрезерно – расточный станок с ЧПУ IP500.

Предназначен для высокопроизводительной обработки корпусных деталей из конструкционных материалов от лёгких сплавов до высокопрочных сталей.

Технические характеристики станка представлены в таблице 1.9.

Таблица 1.9 – Технические характеристики

Наибольшая масса обрабатываемого изделия, кг	700
Перемещения подвижных узлов, мм	
поперечно-подвижного стола (X)	800
вертикально-подвижной шпиндельной бабки (Y)	500
продольно-подвижной стойки (Z)	500

	013-85	1
		1
		1
		1
		1
		1
015	Приспособление специальное ФЮРА.300089.005	1
	Сверло центровочное	1
	Сверло 861.1-0300-060A1-GM (Sandvik Coromant)	1
	Сверло 861.1-0600-120A1-GM (Sandvik Coromant)	1
	Сверло 840-0800-30-A0A (Sandvik Coromant)	1
	Штангенциркуль ШЦ-I-125-0,1 ГОСТ 166-80	1
	Очки 0 ГОСТ 12.4.013-85	1
020	Приспособление специальное ФЮРА.300089.010	1
	Сверло центровочное	1
	Сверло 861.1-0300-060A1-GM (Sandvik Coromant)	1
	Сверло 840-0600-30-A0A (Sandvik Coromant)	1
	Штангенциркуль ШЦ-I-125-0,1 ГОСТ 166-80	1
	Очки 0 ГОСТ 12.4.013-85	1
030	Приспособление специальное ФЮРА.300089.006	1
	Сверло центровочное	1
	Сверло 880-D1300L20-02 (Sandvik Coromant)	1
	Сверло 880-D1700L20-02 (Sandvik Coromant)	1
	Сверло 880-D1900L25-02 (Sandvik Coromant)	1
	Сверло 880-D2100L25-02 (Sandvik Coromant)	1
	Сверло 840-1100-30-A0A (Sandvik Coromant)	1

	Зенкер специальный ФЮРА.300089.007	1
	Зенкер специальный ФЮРА.300089.007	1
	Развертка специальная ФЮРА.300089.011	1
	Развертка специальная ФЮРА.300089.011	1
	Метчик ES1KM20x1,5 (Sandvik Coromant)	1
	Штангенциркуль ШЦ-I-200-0,1 ГОСТ 166-80	1

$$n = \frac{1000 \cdot 8}{3,14 \cdot 3,15} = 808,8 \text{ об/мин.} \quad (1.10)$$

Принимаем частоту вращения станка  $n_{\text{ст}} = 800$  об/мин.

Минутная подача.

Действительная скорость резания:

$$V_{\phi} = \frac{3,14 \cdot 3,15 \cdot 800}{1000} = 7,9 \text{ м/мин.} \quad (1.11)$$

Мощность резания:  $N_e = 0,1$  кВт.

Проверка на достаточность привода станка.

$$0,1 < 11.$$

Основное время по формуле (1.12)

$$T_0 = \frac{L}{n \cdot S} \quad (1.12)$$

где  $L$  – расчетная длина обработки, мм,  $S=8$  мм.

$$T_0 = \frac{8}{800 \cdot 0,25} = 0,04 \text{ ч.}$$

Расчет режимов резания ведется при помощи онлайн программ фирмы Sandvik Coromant [17] (рисунок 7) и сведен в таблицу 1.13.

Материал детали				Рекомендации по режимам резания	
Национальный стандарт				Скорость резания (vc)	290 m/min
СМС				Обороты шпинделя (n)	1154 об/мин
Обозначение	Твердость			Скорость подачи (vf)	519 mm/min
01.2	150 НВ			Мощность резания (Pc)	4.5 kW
Сплавы Coromant				Скорость съема металла (Q)	104 cm <sup>3</sup> /min
1025				Момент резания (Mc)	37 Nm
Параметры (выбрать fz, hex или hm)					
Подана на зуб (fz): Максимальная толщина стружки (hex): Средняя толщина стружки (hm):					
0.15 mm	0.15 mm	0.14 mm			
Режущий диаметр (Dc):				80 mm	
Главный угол резания: ( $\kappa_r$ )				90 °	
Число эффективных режущих кромок (zc):				3 шт.	
Глубина резания (ap):				5 mm	
Рабочая поверхность контакта (ae):				40 mm	
Начало рабочей поверхности контакта (ae1):				20 mm	

Рисунок 7 Расчет режимов резания

## 1.7 Специальная часть

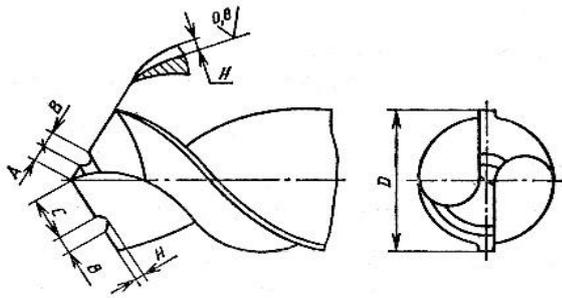


Рисунок 8 Спиральное сверло с канавками для дробления стружки

Спиральные сверла с каналами для подвода охлаждающей жидкости с кромками (рисунок 9) [18] работают хорошо, но изготовление их сложно. Вначале фрезеруют прямые канавки, затем необходимо сверлить очень глубокие отверстия для охлаждения. После этого производят завивку сверла, при этом каналы для охлаждения располагаются по винтовой поверхности. Стойкость спиральных сверл с отверстиями в 8 раз превышают стойкость стандартных сверл. Для работы с большими подачами жесткость и прочность сечения сверла должны быть увеличены, а также подобран для изготовления сверл материал большей прочности [18].

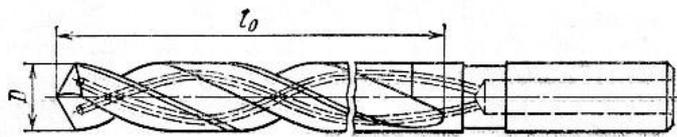


Рисунок 9 Спиральное сверло с отверстиями для охлаждения

Шнековое сверло (рисунок 10) [18] имеет очень крутые винтовые канавки с  $\omega$  равно от 50 до 65° и измененную форму стружечных канавок по сравнению со стандартными спиральными сверлами. Такое сверло хорошо выводит стружку из зоны резания. Стружечные канавки у шнековых сверл имеют в осевом сечении прямолинейный треугольный профиль с закруглением во впадине. Для уменьшения трения в процессе работы на калибрующей части сверло имеет утонение от 0,03 до 0,10 мм по направлению к хвостовику на длине 100 мм. Для уменьшения трения ленточку на калибрующей части выбирают равной от 0,5 до 0,8 ширины ленточки спирального сверла. Для придания сверлам жесткости диаметры сердцевин принимают равным от 0,3 до 0,15 диаметра сверла. Для получения дробленой стружки переднюю поверхность сверла подтачивают.

Увеличенный угол наклона винтовых канавок, их профиль и форма подточки передней поверхности обеспечивают надежное удаление из зоны резания без вывода сверла из отверстия.

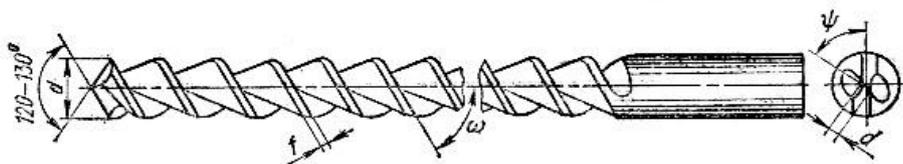


Рисунок 10 Шнековое сверло

## 1.7.2 Сверла одностороннего резания

Эти сверла делят на сверла с внутренним подводом СОЖ и наружным отводом стружки и на сверла с наружным подводом СОЖ и внутренним отводом стружки.

На рисунке 11 [18] показано ружейное сверло с напаянными твердосплавными пластинками с наружным удалением стружки. Твердосплавная пластинка 1 является режущей, направляющие пластинки 2 и 3 из твердого сплава группы ТК – соответственно опорная и упорная. Чтобы создать более благоприятные условия резания в вершине сверла, пластина смещена на (от 0,2 до 0,25)  $D$  вперед от центра сверла. С этой же целью режущая кромка в вершине сверла опущена немного ниже его центра. В результате этого при сверлении в центре образуется стержень диаметром до 0,02  $D$ , который легко ломается и удаляется. Вместе с тем он повышает устойчивость сверла.

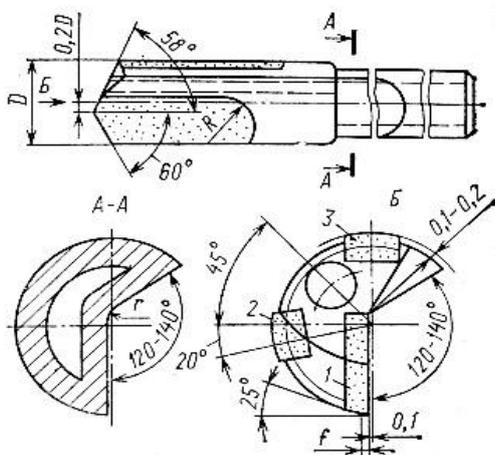


Рисунок 11 Твёрдосплавное трубчатое сверло с наружным удалением стружки

Канавки для выхода стружки, удаляемой СОЖ, прокатывают или фрезеруют. СОЖ под высоким давлением подают по внутреннему каналу, который имеет серпообразное или круглое сечение в зависимости от способа формообразования стружечных канавок. СОЖ выполняет двойную роль – она отводит тепло от режущей части сверла и благодаря высокому давлению выбивает образующуюся стружку из отверстия по канавке. Такие сверла делают диаметром от 3 до 30 мм.

На рисунке 12 [18] показано более совершенная конструкция твердосплавного трубчатого сверла с внутренним удалением стружки. СОЖ под давлением от 3 до 5 МПа поступает в зону резания по кольцевому зазору между наружным диаметром корпуса сверла и поверхностью обрабатываемого отверстия, а удаляется вместе со стружкой по внутреннему каналу корпуса сверла. Наружную режущую кромку сверла делают ступенчатой для разделения стружки на несколько более узких полосок. Для лучшего ее ломания на передней поверхности пластинки делают уступ глубиной от 0,3 до 0,5 мм. Опорные поверхности пластинок обеспечивают надежное направление свер-

ла в работе.

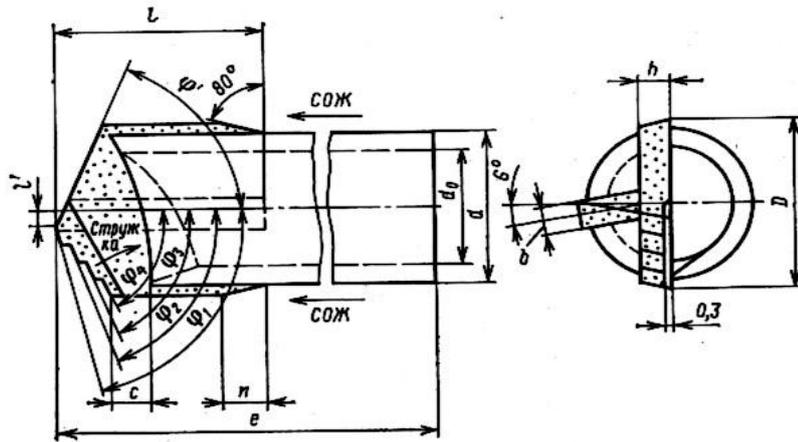


Рисунок 12 Трубчатое сверло с внутренним удалением стружки

Вследствие недостаточной жесткости инструментов для глубокого сверления их подача ограничена. Поэтому интенсифицировать процесс резания можно только за счет увеличения скорости резания. Трубчатые сверла, оснащенные твердым сплавом, допускают скорости резания от 2 до 3 раз выше, чем быстрорежущие.

### 1.7.3 Основные типы геометрии сверл одностороннего резания

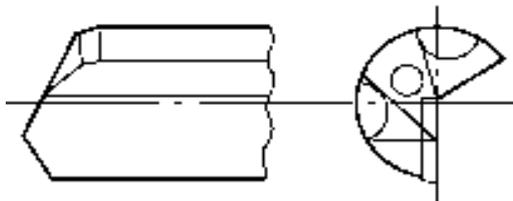


Рисунок 13 Тип 1

Тип 1 – стандартная геометрия – граненная (рисунок 12) [18] обеспечивает: хорошее дробление стружки для большинства обрабатываемых материалов, если дробление стружки неудовлетворительное, то следует использовать геометрию тип 5. Если и в этом случае проблема не решается, то следует дополнительно заточить стружколом на стандартной геометрии. Размеры его ограничиваются необходимостью иметь цилиндрическую ленточку шириной не менее 0.15 мм.

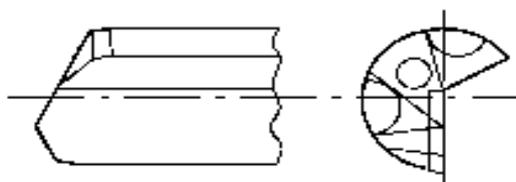


Рисунок 14 Тип 2

Тип 2 – шлифованные грани с обеспечением фаски на режущей кромке по периферии (рисунок 14) [18]. Упрочняется уголок и повышается стойкость инструмента.

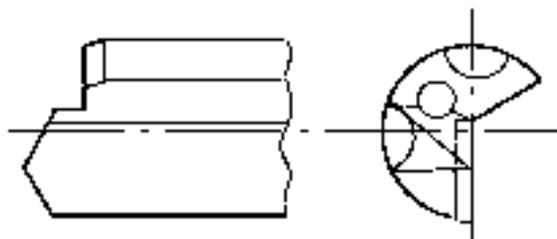


Рисунок 15 Тип 3

Тип 3 – шлифованные грани с увеличенным пространством для СОЖ (рисунок 15) [18]. Возможно увеличение объема подаваемой жидкости, что облегчает ломание и удаление стружки.

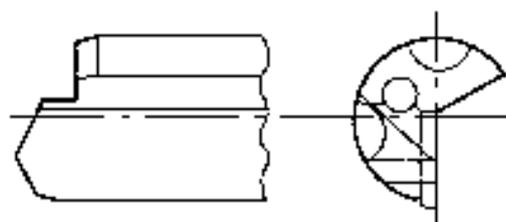


Рисунок 16 Тип 4

Тип 4 – шлифованные грани с увеличенным пространством для СОЖ и фаски на режущей кромке по периферии (рисунок 16) [18]. Сочетание геометрии типов 2 и 3.

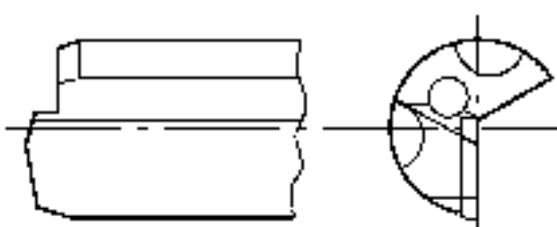


Рисунок 17 Тип 5

Тип 5 – шлифование по плоскости с обеспечением фаски на режущей кромке по периферии (рисунок 17) [18]. Используется в случаях, когда стандартная геометрия не обеспечивает приемлемого стружко – дробления, форма стружки при этой геометрии представляет собой небольшие конусы, которые легко удаляются. Потребляемая мощность значительно меньше и составляет одну треть.

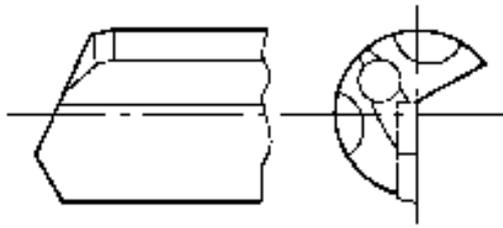


Рисунок 18 Тип 6

Тип 6 – спиральная заточка (рисунок 18) [18]. Простая заточка, рекомендуемая для сверл диаметром до 6 мм.

Одним из важнейших резервов интенсификации процесса глубокого сверления отверстий является повышение подачи инструмента на один оборот детали. Устранить, связанные с увеличением подачи недостатки, можно при сообщении сверлу осевых вибраций. Известно, что при вибрационном сверлении получается дробленая стружка, наличие которой способствует повышению производительности труда и облегчает автоматизацию процесса. Кроме того, вибрационное сверление обеспечивает надежное дробление стружки при обработке любого материала на различных режимах за счет мгновенного прерывания процесса резания.

Сверло, оснащенные пластиной из твердого сплава и центральным отверстием для подвода СОЖ в зону резания показано на рисунке 19 [18].

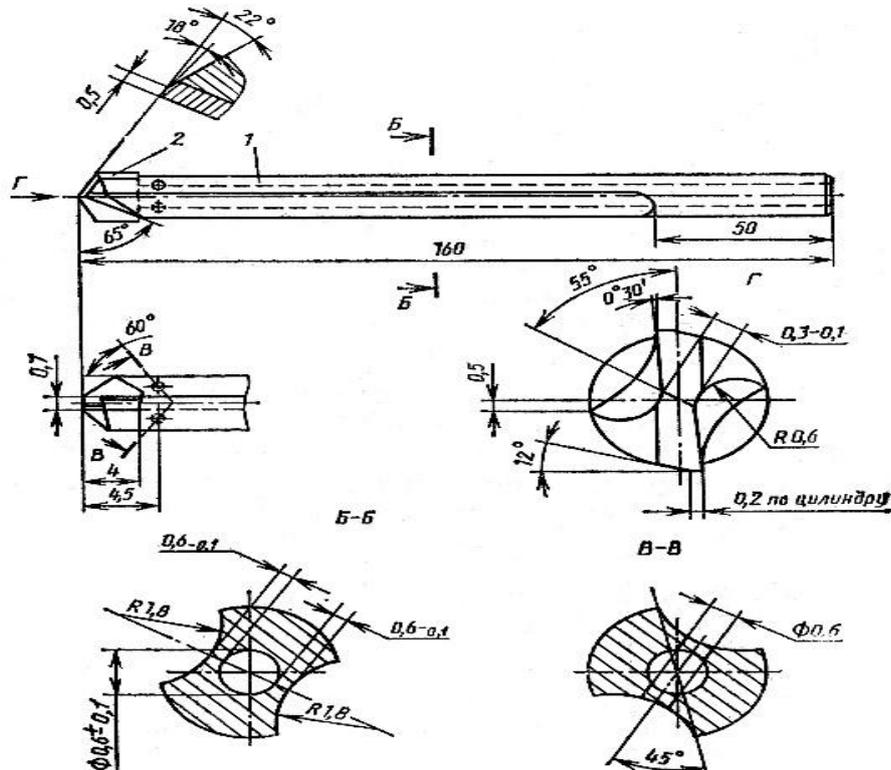


Рисунок 19 Сверло для вибросверления с охлаждающим каналом

Отвод стружки осуществляется по каналам, выполненным в корпусе 1 сверла и направленным параллельно оси сверла. Режущая твердосплавная пластина 2 впаяна в паз корпуса. Стойкость сверл данной конструкции уве-

личена от 2 до 2,5 раз. Эксплуатация таких сверл выявила недостаток их конструкции и технологии изготовления: сверла преждевременно выходят из строя в результате поломки в месте закрепления пайкой твердосплавной пластины.

## 1.8 Конструкторская часть

### 1.8.1 Обоснование и описание конструкции

Базирование детали в приспособлении ФЮРА.300089.005СБ производится на плоскость и два пальца: цилиндрический и ромбический. Три точки несёт опорная базирующая поверхность, две точки цилиндрический палец, и одну точку ромбический. Опорными элементами являются две опорные пластины позиция 16. Для закрепления приспособления на станке в основании корпуса имеются пазы для шпонок.

Приспособление состоит из основной плиты позиция 1, Г-образного прихвата позиция 7, перемещающегося по направляющему отверстию стакана позиции 5.

Базирование заготовки осуществляется путём установки на 2 пластины позиция 16 и два установочных пальца: цилиндрический и ромбический. Зажим заготовки осуществляется при помощи Г-образного прихвата позиции 7. Для транспортировки приспособления предусмотрены 3 рымболта позиция 17.

#### 1.6.1.1 Силовой расчёт механизма

В нашем случае сила зажима перпендикулярна силе резания.

Для определения силы зажима из расчетов режимов резания выбираем наибольшую силу резания на операции:

Сила резания равна 917 Н – при сверлении.

Т.к. при зажиме заготовки применяется Г-образный прихват с винтовым механизмом, то сила зажима определяется по формуле:

$$P_3 = K \cdot R \cdot / (f_2 + f_1), \quad (1.19)$$

где  $K$  – коэффициент запаса;

$R$  – осевая сила резания, Н;

$f_1$  и  $f_2$  – коэффициенты трения соответственно в местах контакта заготовки с опорами и с зажимными механизмами,  $f_1=0,2$ ,  $f_2=0,2$ .

$$K = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5, \quad (1.20)$$

где  $K_0$  – коэффициент гарантированного запаса,  $K_0=1,5$ ;

$K_1$  – коэффициент, учитывающий увеличение силы резания из-за случайных неровностей на обрабатываемых поверхностях,  $K_1=1,2$ ;

$K_2$  – коэффициент, характеризующий увеличение силы резания в следствии затупления режущего инструмента,  $K_2=1$ ;

$K_3$  – коэффициент, учитывающий увеличение силы резания при прерывистом резании,  $K_3=1$ ;

$K_4$  – коэффициент, характеризующий постоянство силы закрепления,  $K_4=1,3$ ;

$K_5$  – коэффициент, учитывающийся наличие момента стремящегося повернуть заготовку,  $K_5=1,5$ .

$$K = 1,5 \cdot 1,2 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,3 \cdot 1,5 = 3,51.$$

где  $f$  – коэффициент трения на торце гайки ( $f=0,1 \div 0,15$ );

$L$  и  $H$  – конструктивные элементы прихвата ( $L=85$  мм,  $H=90$  мм).

$$Q = \frac{8047}{1 - 3 \cdot 0,15 \cdot \frac{85}{90}} = 13995 \text{ Н}.$$

При известной силе  $Q$  вычисляют номинальный диаметр винта по формуле:

$$d = 1,4 \sqrt{\frac{Q}{\sigma_p}}, \quad (1.22)$$

где  $\sigma_p$  – напряжение материала винта,  $\sigma_p = 100$  МПа.

$$d = 1,4 \sqrt{\frac{13995}{100}} = 15,86 \text{ мм}.$$

Принимаем  $d = 16$  мм.

Определяем необходимые параметры резьбы: резьба М16, шаг резьбы  $P=1,5$  мм,  $d_1=D_1=15,026$  мм,  $d_2=D_2=14,376$  мм.

Момент затяжки:

$$M = 0,5 \cdot Q \cdot \left\{ d_2 \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \varphi_{\text{пр}}) + f \cdot (D_{\text{н.т.}}^3 - d_{\text{н.т.}}^3) / [3 \cdot (D_{\text{н.т.}}^2 - d_{\text{н.т.}}^2)] \right\}, \quad (1.23)$$

где  $d_2$  – средний диаметр резьбы;

$$\alpha = \operatorname{arctg}\left(\frac{t}{\pi \cdot d_2}\right) - \text{угол подъёма резьбы;}$$

$t$  – шаг резьбы;

$\varphi_{\text{пр}}$  – приведённый коэффициент трения для заданного профиля резьбы, определяется по формуле:

$$\varphi_{\text{пр}} = \operatorname{arctg}\left(\frac{f}{\cos\beta}\right), \quad (1.24)$$

где  $\beta$  – половина угла при вершине профиля витка резьбы;

$D_{\text{н.т.}}$ ,  $d_{\text{н.т.}}$  – наружный и внутренний диаметры опорного торца гайки ( $D_{\text{н.т.}}=24$  мм,  $d_{\text{н.т.}}=12,3$  мм).

Для треугольной резьбы (ГОСТ 9150–59)  $\beta=30$ .

$$\alpha = \operatorname{arctg}\left(\frac{2,5}{3,14 \cdot 14,376}\right) = 2,54^\circ,$$

$$\varphi_{\text{пр}} = \operatorname{arctg}\left(\frac{0,15}{\cos 30}\right) = 9,82^\circ,$$

$$M = 0,5 \cdot 13995 \cdot 10^{-3} \left\{ 14,376 \cdot \operatorname{tg}(2,54 + 9,82) + \right. \\ \left. + 0,15 \cdot (24^3 - 12,3^3) / [3 \cdot (24^2 - 12,3^2)] \right\} = \\ = 26,74 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Длина гаечного ключа  $L=175$  мм. При данной длине ключа усилие, развиваемое на рукоятке равно 75 Н. Максимально допустимая сила зажима на рукоятке для приспособлений с ручным зажимом 250 Н, следовательно, ручной зажим для данного приспособления может быть применён.

#### 1.8.1.2 Расчёт пальца на срез приспособления ФЮРА.300089.005СБ

Исходные данные для расчета:

Материал пальца Сталь У8А ГОСТ 1435-99

Применяемый диаметр пальца:  $D=6$  мм.

пальцев равно половине максимального зазора  $S_{\max/\text{ц}}$  между цилиндрическим пальцем и соответствующим отверстием в заготовке.

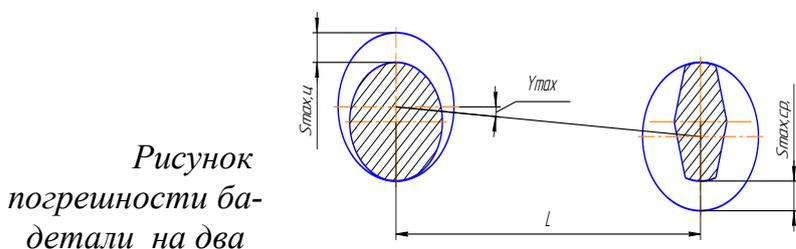


Рисунок погрешности ба- детали на два

1.6 Схема для определение зирования при установки пальца

Технологическое отверстие в заготовке выполняется диаметром  $6H9(+0,052)$ . Цилиндрический и ромбический палец выполняются в размер диаметром  $6f7$  верхнее отклонение минус 0,02, нижнее отклонение минус 0,041.

$$S_{\max\text{ц}} = \frac{EI + ES}{2} = \frac{(0,031 + 0,041)}{2} = 0,036 \text{ мм.} \quad (1.25)$$

$$S_{\min\text{ц}} = \frac{(0,043 + 0,02)}{2} = 0,0315 \text{ мм.}$$

Максимальное боковое смещение заготовки по нормали к линии центров пальцев равно большему из двух значений  $0,5S_{\max.\text{ц}}$  или  $0,5S_{\max.\text{сп}}$ .

Максимальное боковое смещение заготовки к линии центров пальцев будет равно максимальному боковому смещению вдоль линии центров пальцев и равно 0,036 мм.

Максимальное угловое смещение находим по формуле:

$$Y_{\max} = \arctg \cdot \left( 0,5 \cdot \frac{S_{\max} + S_{\min.\text{ц}}}{L} \right) \quad (1.26)$$

$$Y_{\max} = \arctg \left( 0,5 \cdot \frac{0,036 + 0,0315}{135} \right) \approx 0,014$$

При установки заготовки на плоскость и два пальца, один из которых

ромбический выполняется условие:

$$\left(\frac{D}{2} + \frac{S_{\min y}}{2}\right)^2 = \frac{D^2}{4} - \frac{d^2}{4} + \left(\frac{b}{2} + \frac{\frac{D}{d} S_{\min y}}{2}\right)^2 \quad (1.27)$$

$$\left(\frac{6}{2} + \frac{0,036}{2}\right)^2 = \frac{6^2}{4} - \frac{4}{4} + \left(\frac{4}{2} + \frac{0,18}{2}\right)^2$$

9,108=9,108 условие выполняется.

Чем меньше участок  $b$ , тем больше зазор. Но малая величина  $b$  приводит к быстрому износу ромбического пальца. Наибольшая допустимая величина  $b$  определяется:

$$S_{\max y} + S_{\min y} \frac{D}{b} \geq \delta_0 + \delta_n \quad (1.28)$$

$$0,036 + 0,0315 \frac{6}{4} \geq 0,052 + 0,061$$

Для приспособления на операцию 030 расчёт аналогичен.

## 1.8.2 Обоснование и описание конструкции

Базирование детали в приспособлении ФЮРА.300089.006СБ производится на плоскость и два пальца: цилиндрический и ромбический. Три точки несёт опорная базирующая поверхность, две точки цилиндрический палец, и одну точку ромбический. Опорными элементами являются две опорные пластины позиция 16. Для закрепления приспособления на станке в основании корпуса имеются отверстия

Приспособление состоит из основания позиция 1, двух Г-образных прихватов позиция 17, перемещающихся в отверстия стакана позиции 4.

Базирование заготовки осуществляется путём установки на 2 пластины позиция 16 и два установочных пальца: цилиндрический и ромбический. Зажим заготовки осуществляется при помощи Г-образных прихватов позиция 17. Для транспортировки приспособления предусмотрены 4 рым-болта позиция 18.

### 1.8.2.1 Силовой расчёт механизма

В нашем случае сила зажима перпендикулярна силе резания.

Для определения силы зажима из расчетов режимов резания выбираем наибольшую силу резания на операции:

Сила резания равна 2277 Н – при сверлении.

Т. к. при зажиме заготовки применяется Г – образный прихват с винтовым механизмом, то сила зажима определяется по формуле (1.19).

Сила, необходимая для зажима:

$$P_3 = 3,51 \cdot 2277 / (0,2 + 0,2) = 19981 \text{ Н.}$$

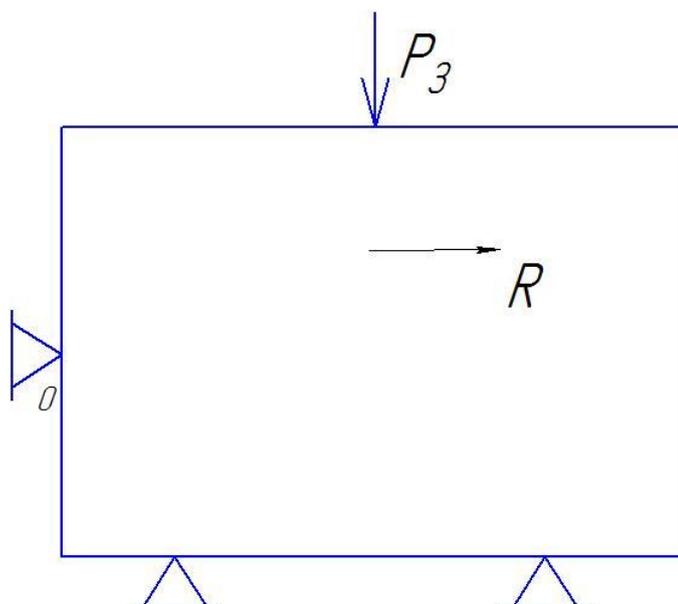


Рисунок 22 Силы, действующие на Г-образный прихват

Силы, действующие на Г-образном прихвате, изображены на рисунке 21.

Сила, действующая на гайке, рассчитывается по формуле (1.21), ( $L=55$  мм,  $H=90$  мм).

$$Q = \frac{19981}{1 - 3 \cdot 0,15 \cdot \frac{55}{90}} = 27560 \text{ Н.}$$

В нашем случае используется два прихвата, значит, силу  $Q$  необходимо поделить на 2. При известной силе  $Q$  вычисляют номинальный диаметр винта по формуле (1.22):

$$d = 1,4 \sqrt{\frac{13780}{100}} = 15,96 \text{ мм.}$$

Принимаем  $d = 16$  мм.

#### 1.8.2.2 Расчёт приспособления на точность

Для определения точности спроектированного приспособления необходимо суммировать все составляющие погрешности, влияющие на точность приспособления, рассчитывается по формуле (1.29).

$$\varepsilon_{\text{пр}} = 1,2 \cdot \sqrt{0,03^2 + 0,04^2} = 0,06 \text{ мм.}$$

### 1.8.3 Проектирование инструмента

#### 1.8.3.1 Проектирование зенкера

Для обработки отверстий и получения заданных параметров точности и качества ( $R_a = 2,5$ ) была спроектирован зенкер, чертёж которой представлен на листе ФЮРА.300089.007. Хвостовик соединён с режущей частью зенкера с помощью стыковой контактной сварки. Материал режущей части – быстрорежущая сталь Р6М5.

Для зенкера принимаем:

- передний угол  $\gamma = 3^\circ$ ;

- задний угол  $\alpha = 6^\circ$ ;

- допуск на диаметральные размеры должен быть меньше 1/3 допуска на диаметр отверстия, поэтому  $T(\varnothing 27H9) = +0,018$  мм,  $T(\varnothing 22H9) = +0,021$  мм.

### 1.8.3.2 Проектирование калибра соосности

Для проверки требования соосности отверстий диаметром 22H9 мм и отверстия М20х1,5-6Н мм был спроектирован калибр соосности, чертёж которого представлен на листе. Материал калибров – углеродистая инструментальная сталь У8А.

Калибр соосности предназначен для контроля соосности гладкого отверстия  $\varnothing 22H9$  и резьбового отверстия М20х1,5-6Н на операции 030 обработки корпуса ФЮРА.300089.001. Расчёт проводим по методике расчёта калибров соосности ОГТ ООО «Юргинский машиностроительный завод».

Набольший средний диаметр резьбовой ступени калибра определяется по формуле:

$$d_{K_0 \text{ НАИБ}} = d_{\text{П-ПР}} = d_0 - a_{\text{П-ПР}}, \quad (1.30)$$

где  $d_{\text{П-ПР}}$  – диаметр приёмного проходного калибра;

$d_0$  – номинальный диаметр отверстия под резьбу,  $d_0 = 18,51$  мм;

$a_{\text{П-ПР}}$  – верхнее предельное отклонение приёмного проходного калибра,  $a_{\text{П-ПР}} = 0,004$  мм.

$$d_{K_0 \text{ НАИБ}} = d_{\text{П-ПР(НАИБ)}} = 18,51 - 0,004 = 18,506 \text{ мм.}$$

Наименьший средний диаметр резьбовой ступени калибра определяется по формуле:

$$d_{K_0 \text{ (НАИМ)}} = d_{\text{П-ПР(НАИБ)}} - \delta_{K_0}, \quad (1.31)$$

где  $\delta_{K_0}$  – допуск на неточность изготовления резьбовой ступени калибра по среднему диаметру, который определяется в зависимости от степени точности калибра.

Степень точности на калибр определяется по таблице 2 в зависимости от допуска на несоосность к наибольшему диаметру ступени калибра  $e$ ,  $e$  равен 30 мкм, таким образом степень точности калибра – вторая. Следовательно,  $\delta_{K_0}$  равен 0,006 мм.

$$d_{K_0 \text{ НАИБ}} = 18,506 - 0,006 = 18,500 \text{ мм.}$$

Средний диаметр изношенной резьбовой ступени определяется по формуле:

$$d_{K_0 \text{ НАИБ}} = d_{\text{П-ПР(НАИБ)}} - \delta_{K_0} - \delta_{\text{ИО}}, \quad (1.32)$$

где  $\delta_{\text{ИО}}$  – допуск на износ резьбовой ступени калибра по среднему диаметру, который определяется в зависимости от степени точности калибра,  $\delta_{\text{ИО}} = 0,009$  мм.

$$d_{K_0 \text{ НАИБ}} = 18,506 - 0,006 - 0,009 = 18,491 \text{ мм.}$$

Набольший диаметр гладкой ступени калибра определяется по формуле:

$$d_{\text{КНАИБ}} = D_A - 2e + a_{\text{П-ПР}} + \delta_{K_0} + \delta_{и_0} + \delta_K + \delta_{и} + 2e_K, \quad (1.32)$$

где  $D_A$  – наименьший предельный диаметр контролируемого отверстия,  $D_A = 34,08$  мм;

$\delta_K$  – допуск на неточность изготовления гладкой ступени калибра, который определяется в зависимости от степени точности калибра,  $\delta_K = 6$  мкм;

$\delta_{и}$  – допуск на износ гладкой ступени калибра, который определяется по таблице 2 в зависимости от степени точности калибра,  $\delta_{и} = 9$  мкм;

$e_K$  – допуск на несоосность ступеней калибра, который определяется по таблице 2 в зависимости от степени точности калибра,  $e_K = 3$  мкм.

$$d_{\text{КНАИБ}} = 22,08 - 2 \cdot 0,03 + 0,004 + 0,006 + 0,009 + 0,006 + 0,009 + 2$$

Наименьший диаметр гладкой ступени калибра определяется по формуле:

$$d_{\text{КНАИМ}} = d_{\text{КНАИБ}} - \delta_K, \text{ мм.}$$

(1.33)

$$d_{\text{КНАИМ}} = 22,06 - 0,006 = 22,054 \text{ мм.}$$

Диаметр изношенной гладкой ступени определяется по формуле:

$$d_{\text{КНИЗН}} = d_{\text{КНАИМ}} - \delta_K - \delta_{и}, \text{ мм.}$$

(1.31)

$$d_{\text{КНИЗН}} = 22,06 - 0,006 - 0,009 = 22,045 \text{ мм.}$$

рузки оборудования

Для каждой операции определяется по формуле:

$$K_{zi} = \frac{C_{pi}}{C_{ni}} \cdot 100\%, \quad (1.35)$$

где  $C_{pi}$  – расчётное количество станков, шт.;

$C_{ni}$  – принятое количество станков, шт.

Средний коэффициент загрузки оборудования представлен в таблице

1.16.

Таблица 1.16 – Средний коэффициент загрузки оборудования

№ Операции	$C_{pi}$ , шт	$C_{ni}$ , шт	$K_{zi}$ , %
005	0,111	1	11,1
015	0,086	1	8,6
020	0,074	1	7,4
030	0,107	1	10,7

$$K_{\text{зср}} = \frac{\sum_{i=1}^m K_{\text{зи}}}{m}, \quad (1.36)$$

где  $m$  – количество операций (групп оборудования).

$$K_{\text{зср}} = \frac{11,1 + 8,6 + 7,4 + 10,7}{4} = 9,45\%.$$

График загрузки оборудования представлен на рисунке 23.

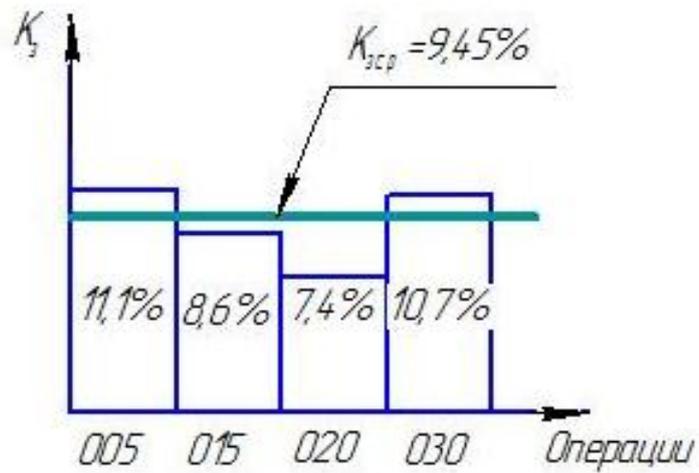


Рисунок 23 График загрузки оборудования

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В квалиметрической части выпускной квалификационной работы проанализируем проделанную работу:

- на основании действующего технологического процесса была спроектирована заготовка – штамповка, получаемая на кривошипных горячештамповочных прессах, коэффициент использования металла равен 0,74. В базовом проекте 0,6. Экономический эффект по сравнению со штамповкой 70350 руб. на годовую программу выпуска;

- составлен новый технологический процесс, который в значительной степени сократил время на изготовление изделия. Время на изготовление одной детали составило около 32,11 мин. В базовом – около 64,03 минут, за счет применения более современного оборудования совершенного режущего инструмента, способного работать на более высоких скоростях резания, и получать поверхности требуемого качества;

- выбранные средства технологического оснащения позволили повысить режимы резания, что значительно сократило время на изготовление и общую трудоемкость;

- принятая последовательность маршрута обработки позволила снизить число производственных рабочих. Количество производственных рабочих получилось 8 человек. В базовом - 16 человек;

- в конструкторской части разработаны два приспособления, специальный режущий инструмент – развёртка и специальный мерительный инструмент – калибр соосности, что также позволило снизить трудоём-

кость изготовления и контроля изделия;

– в разделе социальной ответственности проведен анализ опасных и вредных факторов производства и средств защиты. Были разработаны мероприятия по снижению таких факторов как шум, плохое освещение, микроклимат;

– в организационной части рассчитано необходимое количество рабочих, станков, коэффициент загрузки оборудования. Средний коэффициент загрузки оборудования 43%.