

Введение

Машиностроение традиционно является ведущей отраслью промышленности. Рост технического уровня различных отраслей промышленности, темпы его технического перевооружения в значительной степени зависят от уровня машиностроения.

Развитие машиностроения определяется как разработкой принципиально новых конструкций машин, так и совершенных технологий их изготовления. В настоящее время предъявляются высокие требования к точности продукции. Однако повышенный контроль за качеством продукции и использование дорогостоящих способов обработки (лазерная, электронно-лучевая, ультразвуковая) ведет к увеличению себестоимости. Поэтому важнейшей задачей технолога является получение максимально точной продукции при оптимальных затратах. Экономичность производства напрямую зависит от качества технологических процессов, разрабатываемых на нём.

Актуальность курсового проекта заключается в улучшении существующего технологического процесса, уменьшения времени на механическую обработку, увеличении коэффициента использования материала и загрузки оборудования.

При разработке курсового проекта решаются следующие задачи: отработка детали на технологичность, выбор средств технологического оснащения, выбор рационального способа получения заготовки, определение баз, составление технологического маршрута обработки детали, расчет припусков и режимов резания, конструирование приспособления на операцию, оценка экономической эффективности разработанного и базового технологических процессов.

1 РАСЧЁТЫ И АНАЛИТИКА

Студент гр. В 10А11

Л.В. Платицина

(Подпись)

(Дата)

Руководитель
к.т.н., доцент кафедры ТМС

П.Н. Беспалов

(Подпись)

(Дата)

Нормоконтроль,
к.т.н., доцент кафедры ТМС

А.А. Ласуков

(Подпись)

(Дата)

1. Технологическая часть

1.1 Служебное назначение и технические характеристики.

На базовом предприятии ООО «Юргинский машзавод» разработан технологический процесс изготовления корпуса 2М138.01.13.060СБ. Деталь изготавливают в цехе №44. Механообрабатывающий цех №44 производит механическую обработку, сварку, сборку и окраску деталей, узлов, оборудования различного назначения. При изготовлении применяют универсальные станки, инструменты, приспособления и схемы базирования, что значительно увеличивает сроки технологической подготовки производства, увеличивает трудоёмкость, снижает производительность труда. Все эти недостатки можно ликвидировать разработкой технологического процесса с применением станков с ЧПУ, специального режущего и мерительного инструмента, специальных приспособлений.

Деталь 2М138.01.13.060СБ является корпусом гидрораспределителя. Гидрораспределитель устанавливается на гидроцилиндр, который в ходит в крепь. Крепь предназначена для механизированного крепления призабойного пространства, поддержания и управления кровлей способом полного обрушения, передвижки забойного конвейера при ведении очистных работ с тяжёлой кровлей.

Корпус изготавливается из углеродистой качественной конструкционной стали 35. Химический состав стали (ГОСТ 1050-88) соответствует приведённому в таблице 1.1.

Таблица 1.1 – Химический состав стали 35

Марка стали	C, %	Si, %	Mn, %	Cr	S	P	Cu	Ni	As
				не более, %					
Сталь35	0,32 ÷ 0,40	0,17 ÷ 0,37	0,50 ÷ 0,80	0,25	0,04	0,035	0,25	0,25	0,08

Физико-механические свойства (ГОСТ 8479-70) в соответствии с техническими требованиями представлены в таблице 1.2.

Таблица 1.2 – Механические свойства стали 35

Марка стали	σ_T	σ_B	δ	ψ	Кси, Дж/см ²	НВ, не более
	МПа	%				
Сталь35	245	480	22	48	49	143 ÷ 179

σ_T - предел текучести;

σ_B - предел прочности при растяжении;

δ - относительное удлинение при разрыве короткого образца;

ψ - относительное сужение сечения;

Кси - ударная вязкость;

Технологические свойства материала:

- температураковки - Начала 1280, конца 750. Заготовки сечением до 800 мм охлаждаются на воздухе;
- свариваемость - Ограниченно свариваемая. Способы сварки РДС, АДС под флюсом и газовой защитой, ЭШС. Рекомендуется подогрев и последующая термообработка. КТС без ограничений;
- обрабатываемость резанием - В горячекатаном состоянии при HB 144-156 и $\sigma_B = 510$ Мпа, $K_{\text{н.б.ст.}} = 1,3$;
- склонность к отпускной способности - Не склонна;
- флокеночувствительность - Не чувствительна.

1.2 Производственная программа и определение типа производства

Для каждого типа производства характерны свои маршруты изготовления деталей. Поэтому прежде чем приступить к проектированию технологического процесса механической обработки детали, необходимо, исходя, из заданной производственной программы и характера подлежащей обработки детали установить тип производства и соответствующую ему форму организации выполнения технологического процесса.

В соответствии с [1], по заданному количеству обрабатываемых в год деталей ориентировочно определяется среднесерийный тип производства.

Таблица 1.3 – Годовая программа выпуска детали.

№ чертежа	Наименование	Марка материала	Число деталей на изделие	Процент на запасные части	Число деталей, шт.			Масса, т	
					На основную программу	На запасные части	Всего	Детали	На программу с запасными частями
2М138И 01.13.060СБ	Корпус	Сталь 35	1	10	1820	180	2000	0,0033	6,6

Тип производства определён приближённо, используя [1]. В дальнейшем после разработки технологических процессов сборки и изготовления детали серийность производства будет уточняться. Уточнение производится по коэффициенту закрепления операций в соответствии с ГОСТ 14.004-83. Коэффициент закрепления операций определяется по формуле:

$$K_{30} = \frac{P_o}{C} = \frac{F_d}{N \cdot t_{\text{шт.}-\text{к.ср.}}}, \quad (1.1)$$

где P_0 – количество операций в технологическом маршруте;
 C – расчетное количество рабочих мест, необходимых для выполнения годовой программы;

F_d – действительный годовой фонд времени работы оборудования, час;

N – годовая программа, шт.;

$t_{шт-ксп}$ – среднее штучно-калькуляционное время выполнения операции

Для серийного производства определяется размер партии запуска:

$$n = \frac{N \cdot a}{F} \quad (1.2)$$

где n – размер партии запуска, шт;

a – период запуска в днях, по рекомендациям [1]

Принимаем $a = 12$.

F – число рабочих дней в году, для 2016-го года $F = 247$.

$$n = \frac{2000 \cdot 12}{247} = 97,2 \text{ шт.}$$

Принимаем $n=97$ шт.

1.3 Анализ действующего технологического процесса

Технологичность конструкции деталей оценивается (по ГОСТ 14.201-83; 14.204-83; 14.205-83):

- а) рациональным выбором исходных заготовок и материалов;
- б) простой формы детали;
- в) рациональной простановкой размеров;
- г) назначением оптимальной точности размеров, формы и взаимного расположения поверхностей, параметров шероховатости и технических требований.

В базовом технологическом процессе для обработки, применяется универсальное оборудование и станки с ЧПУ. При изготовлении применяются как специальные приспособления, так и универсальные. В производстве применяют стандартный режущий инструмент: фрезы, резцы, сверла, зенкера, а также и специальный режущий инструмент. Мерительный инструмент используется стандартный и специальный.

При обработке деталь не однократно базируется на черновые базы (не обработанные поверхности). Способы базирования соблюдаются.

Технологичность детали оценивается с точки зрения возможности применения простых инструментов, методов обработки и измерения, удобства и надежности базирования детали для обработки.

На основании анализа базового технологического процесса делаем вывод : не применяется принцип концентрации операций и переходов, большая трудоемкость изготовления.

1.3.1 Качественная оценка технологичности

Качественная оценка технологичности колодки показывает, что:

- конструкция детали допускает обработку плоскостей на проход;
- конструкция детали обеспечивает свободный доступ к обрабатываемым поверхностям;
- деталь жесткая и не ограничивает режимы резания;
- в конструкции детали имеются базовые поверхности, достаточные по размерам для надежного базирования детали.
- возможна одновременная обработка комбинированным инструментом ступенчатых отверстий Ø18H9, Ø24D10.
- к обрабатываемым поверхностям имеется свободный доступ инструмента.
- деталь не имеет плоскостей, расположенных под тупыми углами, все плоскости либо параллельны друг другу, либо перпендикулярны.
- деталь не имеет отверстий, расположенных не под прямым углом к плоскости входа инструмента.

Нетехнологичным является то, что в детали имеются отверстия с внутренней резьбой (M42x1,5).

Из вышеизложенного можно сделать вывод, что с позиции качественной оценки данная деталь технологична.

В качестве заготовки принята штампованная поковка, полученная на кривошипном горячештамповочном прессе. Этот вид заготовки является оптимальным для данной конструкции деталей и серийности производства - среднесерийного.

1.3.2 Количественная оценка технологичности

К основным количественным показателям относится:

- абсолютный технико-экономический показатель - трудоёмкость;
- технологическая себестоимость детали;
- коэффициент использования материала.

Коэффициент унификации конструктивных элементов детали [2]

$$K_y = Q_{y.з} / Q_э > 0,6, \quad (1.3)$$
$$K_y = 96 / 134 = 0,716.$$

По этому показателю деталь технологична, так как $K_y > 0,6$. [2]

Коэффициент использования материала

$$K_{и.м} = m_d / m_з > 0,7, \quad (1.4)$$

где m_d — масса детали, кг;

$m_з$ — масса заготовки, кг.

$$K_{и.м} = 3,3 / 6,5 = 0,508.$$

По этому показателю деталь нетехнологична, так как $K_{и.м} < 0,7$.

Как показал анализ качественной и количественной оценки детали на технологичность - деталь является технологичной.

1.3.3 Описание базового технологического процесса

Базовый технологический процесс изготовления корпуса 2М138.01.13.060СБ. единичный, пооперационный разработан для мелкосерийного производства, способ получения заготовки – штамповка.

Данный способ экономически оправдан в условиях мелкосерийного производства. Конструкция, назначение детали, метод ее получения и точность позволяет исключить обработку наружных поверхностей, кроме базовых плоскостей.

Описание базового технологического процесса представлены в таблице 1.4.

Таблица 1.4 – Технологический процесс механической обработки детали Корпус 2М138.01.13.060СБ.

№ Опера- ции	Наименование	СТО			
		Оборудов- ание	Приспособления	Режущий и инструмент	Измерительный инструмент
1	2	3	4	5	6
005	Фрезерная Обработать деталь	BM127	Приспособление УСП		
010	Слесарная Снять заусенцы, притупить острые кромки	Верстак			
015	Фрезерная Обработать деталь согласно эскизу	BM127	Приспособление УСП		
020	Слесарная Снять заусенцы, притупить острые кромки	Верстак			
025	Фрезерная Обработать деталь согласно эскизу	BM127	Приспособление УСП		
030	Слесарная Снять заусенцы, притупить острые	Верстак			
035	Фрезерная Обработать деталь согласно эскизу	BM127	Приспособление УСП		

Продолжение таблицы 1.4

1	2	3	4	5	6
040	Слесарная Снять заусенцы, притупить острые кромки	Верстак			
045	Фрезерная Обработать деталь согласно эскизу	ВМ127	Приспособление УСП		
050	Слесарная Снять заусенцы, притупить острые кромки	Верстак			
055	Фрезерная Обработать деталь согласно эскизу	ВМ127	Приспособление УСП		
060	Слесарная Снять заусенцы, притупить острые кромки	Верстак			
065	Сверлильная Обработать деталь согласно эскизу	СФП500	Приспособление 319-1153		
070	Фрезерно-вертикальная Обработать деталь согласно эскизу	СФП500	Приспособление 319-1153	Зенкер черновой 027-759 Ø40,35, Ø44,23 Развертка черновая 037-541 Ø40,13, Ø45	Нутромер 101-923 Нутромер 18-50 ГОСТ9244-75 Штангенглубомер СТП-4350 Микрометр 101-1212

Продолжение таблицы 1.4

1	2	3	4	5	6
				Развертка чистовая 037-543 Ø40,43, Ø45 Зенкер черновой 020-1076 Ø37,6 Развертка 030-2013 Ø38 Фреза 041-44 Фреза 055-883 30° Развертка чистовая 030- 2015 Ø31,02	Пробка 38 100-2774 Пробка 45 100-2776 Пробка ПР М42×1,5 110-1109 Пробка НЕ М42×1,5 110-1111 Пробка п/р М42×1,5 -6Н 100- 2775
075	Сверлильная Обработать деталь согласно эскизу	СФП500	Приспособление 319-1156	Сверло 9 2301-0023 ГОСТ10903-77 Зенкер 12×4 СТП-1221 Цапфа 4×9 СТП-2018	
080	Сверлильная Обработать деталь согласно эскизу	СФП500	Приспособление 319-1156		
085	Сверлильная Обработать деталь согласно эскизу	СФП500	Приспособление УСП	Сверло 15 2301-0050 ГОСТ10903-77 Сверло 16 2301-0054 ГОСТ10903-77 Сверло ц 20 СТП-1234 Зенкер 17Н11 2320-2574 ГОСТ12489-71	Пробка 21 100-2681 Пробка 18 100-3021 Скоба 11 105-6656 Скоба 18 193-702 Шаблон 1,85 106-6314 Шаблон 10 106-6315 Глубомер 160-295

Продолжение таблицы 1.4

				Зенкер черновой Ø20,9, фаска 30° 027-740 Зенкер чистовой Ø21, 027-742 Развертка 21,08 0,37-695 Зенкер 10,95×17,95 027 Развертка 11Н7×18,08 037-554 Зенкер 18 027-802	
090	Слесарная Снять заусенцы, притупить острые кромки	Верстак			
095	Сверлильная Обработать деталь согласно эскизу	СФП500	Приспособление 319-1156	Сверло комб. Ø17×22,75 Зенкер черновой Ø17,8×23,85 027-692 Развертка черновая Ø18, Ø24,07 037-501 Развертка чистовая Ø18,08, Ø24,15 037-503	Пробка 18 100-2679 Пробка 24 100-2680 Калибр соотности Ø24 относительно Ø18 151-746 Калибр симетрии Ø24 относительно Ø18 159-375
100	Сверлильная Обработать деталь согласно эскизу	2С163	Подставка УСП		

Продолжение таблицы 1.4

1	2	3	4	5	6
105	Слесарная Снять фаску 0,5×45° Калибровать резьбу М42×1,5-6Н Притупить R0,1 в пересечении площадки и диаметров Ø18 и Ø11 согласно эскизу Зачистить заусены и притупить острые кромки в пересечении		Верстак		Шабер 093-277, 093-279, 093-253 Метчик М42×1,5-6Н 043-412 Пробка М42×1,5-6Н ПР 110-1109 Пробка М42×1,5-6Н НЕ 110-1111
110	Промывка по техпроцессу				
115	Контрольная				Эндоскоп ЭЛЖ-1
120	Сварка				
125	Испытание по				
130	Покрытие по техпроцессу				
135	Контрольная		Плита		

1.4 Выбор заготовки и метода ее изготовления

Себестоимость изготовления детали определяется суммой затрат на исходную заготовку и её механическую обработку, поэтому в конечном счёте важно обеспечить снижение всей суммы, а не одной её составляющих. Метод получения заготовок для деталей машин определяется назначением и конструкцией детали, материалом, серийностью производства, а также экономичностью изготовления. Исходя из конструкции детали, серийности производства, заготовку для рассматриваемой детали рекомендуется получать двумя методами: штамповкой в открытом штампе и литьем в оболочковую форму. Производим технико-экономический расчет двух вариантов изготовления заготовки: штамповка, выполняемая на кривошипных горячештамповочных прессах (КГШП) в открытых и закрытых штампах.

Произведём сравнение вариантов выбора заготовки на основе экономического расчёта по формуле технологической себестоимости детали.

$$S_T^I = \frac{m_{\text{дет}}}{K_{\text{им}}} \cdot [C_{\text{заг}} + C_c \cdot (1 - K_{\text{им}})], \quad (1.5)$$

где $K_{\text{им}}$ – проектный коэффициент использования материала заготовки;

$C_{\text{заг}}$ – стоимость 1 кг материала заготовки, руб;

C_c – стоимость срезания 1 кг стружки при механической обработке в среднем по машиностроению.

1.5.1 Заготовка, получаемая на кривошипных горячештамповочных прессах, в закрытом штампе.

Расчёт будем производить по методике, изложенной в ГОСТ 7505–89 [2].

Исходные данные по детали:

- Материал – сталь 35;
- Масса детали – $m_d = 3,3$ кг.

Исходные данные для расчёта.

Ориентировочная масса поковки:

$$m_{\text{пр}} = m_d \cdot k_p, \quad (1.6)$$

где k_p – коэффициент для определения ориентировочной расчётной массы поковки, $k_p = 1,4$;

$$m_{\text{пр}} = 3,3 \cdot 1,4 = 4,62 \text{ кг.}$$

Класс точности – Т5.

Группа стали – М1.

$$\text{Степень сложности определяется по соотношению } \frac{m_{\text{пр}}}{m_{\text{фиг}}}, \quad (1.7)$$

где $m_{\text{фиг}}$ – масса описывающей фигуры определяется по формуле:

$$m_{\text{фиг}} = V_{\text{фиг}} \cdot \rho, \quad (1.8)$$

где $V_{\text{фиг}}$ – объём описывающей фигуры,

ρ – плотность стали, $\rho = 7,85 \text{ г/см}^3$,

$$V_{\text{фиг}} = 12,4 \cdot 13,6 \cdot 5,6 = 944 \text{ см}^3,$$

$$m_{\text{фиг}} = 944 \cdot 7,85 \cdot 10^{-3} = 7,41 \text{ кг}.$$

$$\frac{m_{\text{пр}}}{m_{\text{фиг}}} = \frac{4,62}{7,41} = 0,62.$$

Таким образом, данное значение соответствует степени сложности – С2.

Конфигурация поверхности разъёма штампа – П (плоская).

Исходный индекс – 14.

Таблица 1.5 – Припуски и кузнечные напуски

Размер, мм	Чистота поверхности, мкм	Припуск, мм/на сторону
56	2,5	2,0
	12,5	1,7
136	12,5	1,9
124	12,5	1,9

Дополнительные припуски

0,2 мм/на сторону – смещение поверхности разъёма штампа;

0,2 мм/на сторону – изогнутость и отклонение от прямолинейности и плоскостности.

Штамповочные уклоны принимаем 7° .

Размеры поковки:

длина: $136 + 2 \cdot (1,9 + 0,2 + 0,2) = 140,8 \text{ мм}$, принимаем 141 мм;

ширина: $124 + 2 \cdot (1,9 + 0,2 + 0,2) = 128,8 \text{ мм}$, принимаем 129 мм;

высота: $56 + 2,5 + 1,7 + 2 \cdot (0,2 + 0,2) = 61 \text{ мм}$, принимаем 61 мм;

Допустимые отклонения размеров.

длина: $141^{+2,4}_{-1,2}$;

ширина: $129^{+2,4}_{-1,2}$;

высота $61^{+2,1}_{-1,1}$.

Размеры 24 мм, 26 мм, 62 мм и 92 мм и диаметр 56 мм остаются без обработки, поэтому назначаем на их номиналы допуски:

размер: $24^{+1,6}_{-0,9}$;

размер: $26^{+1,6}_{-0,9}$;

размер: $62^{+1,8}_{-1,0}$;

размер: $92^{+1,8}_{-1}$;

размер: $\text{Ø}56^{+1,8}_{-1,0}$.

Радиус закругления наружных углов принимаем – 3 мм.

Радиус закругления внутренних углов принимаем – 8 мм.

Неуказанные допуски радиусов закругления – 1 мм.

Допустимая величина остаточного облоя – 0,8 мм.

Допустимое отклонение от плоскостности – 0,4 мм.

Допустимое смещение поверхности разъема штампа – 0,6 мм.

По полученным выше размерам рассчитываем массу заготовки.

$$m_3 = V_3 \cdot \rho,$$

где V_3 – объём заготовки,

ρ – плотность стали, $\rho = 7,85 \text{ г/см}^3$,

$$V_1 = 3,2 \cdot 14,1 \cdot 6,1 + 3,4 \cdot 10,2 \cdot 3,6 + 5,3 \cdot 5,8 \cdot 2,6 + 3,14 \cdot 5,6^2 \cdot 6,2 = 828 \text{ см}^3,$$

$$m_3 = 828 \cdot 7,85 \cdot 10^{-3} = 6,5 \text{ кг}.$$

Определение технологической себестоимости детали

$$S_T = \frac{m_d}{K_{\text{ИМ}}} [C_{\text{заг}} + C_c (1 - K_{\text{ИМ}})],$$

где $K_{\text{ИМ}}$ – коэффициент использования материала, определяемый из отношения массы детали к массе заготовки:

$$K_{\text{ИМ}} = \frac{m_d}{m_3};$$

$$K_{\text{ИМ}} = \frac{3,3}{6,5} = 0,508;$$

$C_{\text{заг}}$ – стоимость 1 кг материала заготовки, $C_{\text{заг}} = 52 \text{ руб}$;

C_c – стоимость срезания 1 кг стружки при механической обработке в среднем по машиностроению, $C_c = 9,9 \text{ руб/кг}$.

$$S_T^I = \frac{3,3}{0,508} \cdot [52 + 9,9 \cdot (1 - 0,508)] = 369,44 \text{ руб}.$$

1.5.2 Заготовка, получаемая на кривошипных горячештамповочных прессах, в закрытом штампе.

Расчёт будем производить по методике, изложенной в ГОСТ 7505–89 [2].

Исходные данные по детали:

- Материал – сталь 35;
- Масса детали – $m_d = 3,3 \text{ кг}$.

Исходные данные для расчёта.

Ориентировочная масса поковки:

$$m_{\text{пр}} = m_d k_p,$$

$$k_p = 1,4;$$

$$m_{\text{пр}} = 3,3 \cdot 1,4 = 4,62 \text{ кг}.$$

Класс точности – Т4.

Группа стали – М1.

Степень сложности определяется по соотношению $\frac{m_{np}}{m_{фиг}}$,

$$m_{фиг} = V_{фиг} \rho,$$

$$\rho = 7,85 \text{ г/см}^3,$$

$$V_{фиг} = 12,4 \cdot 13,6 \cdot 5,6 = 944 \text{ см}^3,$$

$$m_{фиг} = 944 \cdot 7,85 \cdot 10^{-3} = 7,41 \text{ кг}.$$

$$\frac{m_{np}}{m_{фиг}} = \frac{4,62}{7,41} = 0,62.$$

Таким образом, данное значение соответствует степени сложности – С2.

Конфигурация поверхности разъёма штампа – П (плоская).

Исходный индекс – 16.

Таблица 1.6 – Припуски и кузнечные напуски

Размер, мм	Чистота поверхности, мкм	Припуск, мм/на сторону
56	2,5	2,5
	12,5	2
136	12,5	2,3
124	12,5	2,3

Дополнительные припуски

0,4 мм/на сторону – смещение поверхности разъёма штампа;

0,5 мм/на сторону – изогнутость и отклонение от прямолинейности и плоскостности.

Штамповочные уклоны принимаем 7° .

Размеры поковки:

длина: $136 + 2 \cdot (2,3 + 0,4 + 0,5) = 142,4$ мм, принимаем 143 мм;

ширина: $124 + 2 \cdot (2,3 + 0,4 + 0,5) = 130,4$ мм, принимаем 131 мм;

высота: $56 + 2,5 + 2 + 2 \cdot (0,4 + 0,5) = 62,3$ мм, принимаем 63 мм;

Допустимые отклонения размеров.

длина: $143^{+3,0}_{-1,5}$;

ширина: $129^{+3,0}_{-1,5}$;

высота $63^{+2,7}_{-1,3}$.

Размеры 24 мм, 26 мм, 62 мм и 92 мм и диаметр 56 мм остаются без обработки, поэтому назначаем на их номиналы допуски:

размер: $24^{+2,1}_{-1,1}$;

размер: $26^{+2,1}_{-1,1}$;

размер: $62^{+2,7}_{-1,3}$;

размер: $92^{+2,7}_{-1,3}$;

размер: $\varnothing 56^{+2,7}_{-1,3}$.

Радиус закругления наружных углов принимаем – 3 мм.

Радиус закругления внутренних углов принимаем – 8 мм.

Неуказанные допуски радиусов закругления – 1 мм.

Допустимая величина остаточного облоя – 0,8 мм.

Допустимое отклонение от плоскостности – 0,4 мм.

Допустимое смещение поверхности разъема штампа – 0,6 мм.

По полученным выше размерам рассчитываем массу заготовки.

$$m_3 = V_3 \cdot \rho,$$

где V_3 – объём заготовки,

ρ – плотность стали, $\rho = 7,85 \text{ г/см}^3$,

$$V_1 = 3,2 \cdot 14,3 \cdot 6,1 + 3,4 \cdot 13,1 \cdot 3,6 + 5,3 \cdot 6,3 \cdot 2,6 + 3,14 \cdot 5,6^2 \cdot 6,3 = 853,5 \text{ см}^3,$$

$$m_3 = 853,5 \cdot 7,85 \cdot 10^{-3} = 6,7 \text{ кг}.$$

Определение технологической себестоимости детали

$$S_T = \frac{m_d}{K_{\text{ИМ}}} [C_{\text{заг}} + C_c (1 - K_{\text{ИМ}})],$$

$$K_{\text{ИМ}} = \frac{m_d}{m_3};$$

$$K_{\text{ИМ}} = \frac{3,3}{6,7} = 0,493;$$

$$C_{\text{заг}} = 52 \text{ руб}; \quad C_c = 9,9 \text{ руб/кг}.$$

$$S_T^I = \frac{3,3}{0,493} \cdot [52 + 9,9 \cdot (1 - 0,493)] = 381,67 \text{ руб}.$$

1.5.3 Оценка экономической эффективности заготовки

Таким образом, заготовка, получаемая на КГШП в открытом штампе экономически более выгодна, чем заготовка, получаемая литьем в оболочковые формы. Примерную экономическую прибыль от получения заготовки на КГШП в открытом штампе определяем по формуле:

$$(S_T^I - S_T^{\text{II}}) \cdot N, \quad (1.9)$$

где $N=2000$ —годовая программа выпуска, шт.

$$\Delta = (381,67 - 369,44) \cdot 2000 = 24460 \text{ руб}.$$

Окончательно принимаем первый метод получения заготовки как базовый.

1.6 Составление технологического маршрута обработки

Таблица 1.7 – Технологический маршрут обработки детали

№ Опера ции	Наименование и содержание операции	Оборудование
1	2	3
005	Сверлильно-фрезерная с ЧПУ Установить заготовку 1 Фрезеровать поверхность в размер $59_{-0,74}$ 2 Центровать 6 отв. $\varnothing 4$ 3 Сверлить 3 сквозных отверстия $\varnothing 6,0H14$. 4 Сверлить сквозное отверстие $\varnothing 5,0H13$. 5 Зенкеровать сквозное отверстие $\varnothing 5,9H10$ 6 Черновое и чистовое развертывание отв. $\varnothing 6H9$ 7 Сверлить сквозное отверстия $\varnothing 16H14$. 8 Зенкеровать сквозное отверстие $\varnothing 15,7 H11$ 9 Черновое и чистовое развертывание 2 отв. $\varnothing 17H9$ 10 Сверлить сквозное отверстия $\varnothing 17H14$. Снять деталь	Вертикально-фрезерный станок с ЧПУ ГФ 2171С6
010	Слесарная	
015	Сверлильно-фрезерная с ЧПУ Установить заготовку Позиция 1 1 Фрезеровать поверхность выдерживая размеры $7,5 \pm 0,5$ 2 Центровать отверстие $\varnothing 4$ на глубину 4 мм 3 Комбинированное сверление $\varnothing 9H14$ и $\varnothing 17H13$ на глубину 33^{+1} мм. 4 Комбинированное зенкерование $\varnothing 17,5H11$ и $\varnothing 23,5H11$ на глубину 28^{+2} мм. 5 Развертывание комбинированное черновое $\varnothing 18$ и $\varnothing 24D10$ 6 Развертывание чистовое $\varnothing 18H9 - 15^{+0,43}$ мм. 7 Сверлить отверстия $\varnothing 9H14$ на глубину 104 и 58 Позиция 2 1 Фрезеровать поверхность выдерживая размеры $13 \pm 0,3$ 2 Центровать отверстие $\varnothing 4$ на глубину 4 мм 3 Сверлить $\varnothing 9H14$ на глубину 50^{+1} мм. 4 Зенкеровать отверстие $\varnothing 12$ на 7 мм	Сверлильно-фрезерно - расточной станок с ЧПУ ИР320МП4

Продолжение таблицы 1.7

1	2	3
	Позиция 3 1 Фрезеровать поверхность выдерживая размеры $13 \pm 0,3$ 2 Центровать отверстие $\varnothing 4$ на глубину 4 мм 3 Сверлить $\varnothing 9H14$ на глубину 50^{+1} мм. 4 Зенкеровать отверстие $\varnothing 12$ на глубину 7 5 Сверлить $\varnothing 18H14$ на глубину 92 мм. 6 Рассверлить $\varnothing 33H13$ на глубину 92 мм. 7 Зенкерование $\varnothing 38,7H11$ на глубину 92 мм. 8 Развертывание чистовое и черновое $\varnothing 38H9$ на глубину 92 мм. 9 Зенкерование $\varnothing 39$ и $\varnothing 44,7H11$ 10 Развертывание комбинированное черновое $\varnothing 45$ 11 Развертывание комбинированное чистовое $\varnothing 45$ 13 Фрезеровать паз в размер $\varnothing 40$ 14 Фрезеровать резьбу M42x1,5-6H Позиция 4 1 Фрезеровать поверхность выдерживая размеры $13 \pm 0,3$ 2 Центровать отверстие $\varnothing 4$ на глубину 4 мм 3 Сверлить $\varnothing 9H14$ на глубину 50^{+1} мм. 4 Зенкеровать отверстие $\varnothing 12$ на глубину 7 Снять заготовку	
020	Слесарная Обработка механической щеткой	
025	Сверлильно-фрезерная с ЧПУ Установить деталь 1 Фрезеровать поверхность выдерживая размеры $136 \pm 0,5$ 2 Центровать 2 отверстия $\varnothing 4$ на глубину 4 мм 3 Сверлить 2 отверстия $\varnothing 9H14$ 4 Зенкеровать отверстие $\varnothing 10,7H11$ и $\varnothing 18H11$ 5 Развертывание черновое и чистовое отверстие $\varnothing 11H7$ 6 Зенкеровать отверстие $\varnothing 20,7H11$ и фаску 1,6x45 7 Развертывание черновое и чистовое отверстие $\varnothing 21H9$ Снять заготовку	Вертикально-фрезерный станок с ЧПУ ГФ 2171С6
030	Контрольная Контроль размеров по техпроцессу и чертежу.	Плита контрольная

1.7 Выбор технологических баз

При проектировании технологических процессов большое значение с точки зрения обеспечения заданной точности играет выбор баз. Обработку заготовки начинаем с создания технологических баз. Вначале за технологическую принимаем черновую базу, т.е. необработанную поверхность заготовки. Выбранная черновая база обеспечивает равномерное снятие припуска при последующей обработке поверхностей с базированием на обработанную технологическую базу и точное взаимное положение обработанных и необработанных поверхностей детали.

В дальнейшем при последующей обработке используем чистовые технологические базы.

При выборе технологических баз следует использовать принцип совмещения баз, т.е. в качестве технологических баз берем поверхность, являющуюся измерительной базой.

При составлении маршрута обработки следует соблюдать принцип постоянства баз и в ходе обработки на всех основных технологических операциях используем в качестве технологических баз одни и те же поверхности детали.

Технологическая база обеспечивает достаточную устойчивость и жесткость установки заготовки.

В качестве технологических баз при обработке корпуса используются следующие поверхности:

005 Сверлильно-фрезерная с ЧПУ

Базирование заготовки осуществляется по плоскости, которая лишает трех степеней свободы и по цилиндрической поверхности диаметром 56 мм, установленный на подпружиненную призму (2 степени), с упором в вогнутую часть заготовки (1 степень).

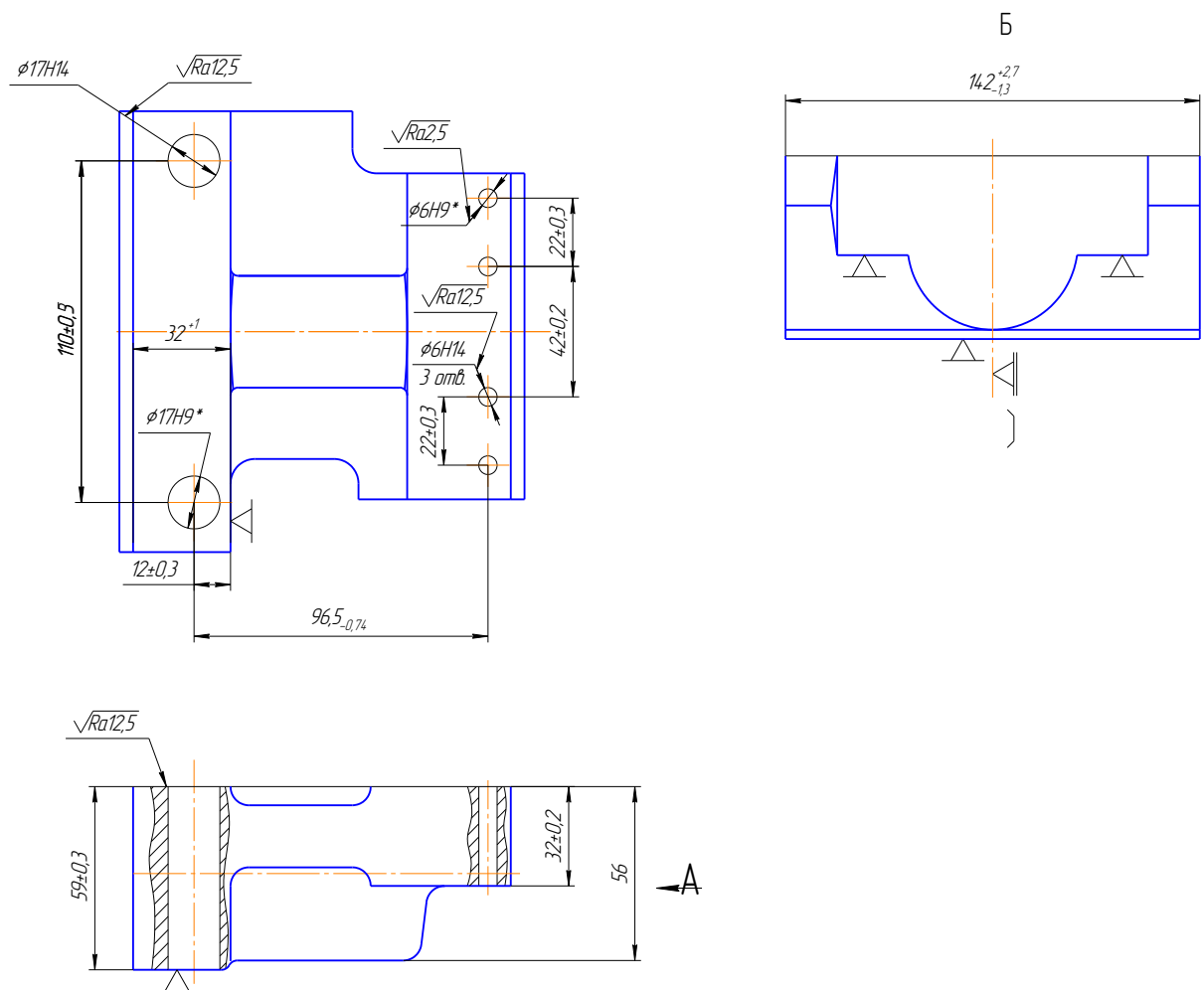


Рисунок 1.1 Схема базирования корпуса

На линейный размер измерительная и технологическая базы совпадают, поэтому погрешность базирования равна нулю, $\varepsilon_6 = 0$.

015 Сверлильно-фрезерная с ЧПУ

Позиция 1: Заготовка базируется по плоскости и по двум пальцам цилиндрическому и ромбическому.

Погрешность базирования на высотные размеры $\varepsilon_h = 0$, так как измерительная и технологическая база совпадает.

Деталь базируется отверстиями $\varnothing 17H9 (+0,043)$ и палец $\varnothing 17f9 (-0,016/-0,034)$.

$$S_{\max} = S_{\min} + \delta_A + \delta_B, \quad (1.10)$$

где δ_A – допуск на размер базового отверстия;

δ_B – допуск на размер пальца

$S_{\min}$ – минимальный гарантированный зазор.

$S_{\min} = 0 - (-16) = 16$ мкм, $\delta_A = 43$ мкм, $\delta_B = 18$ мкм.

$S_{\max} = 16 + 43 + 18 = 77$ мкм.

Погрешность базирования на линейные размеры $\varepsilon_6 = 0,077$ мм.

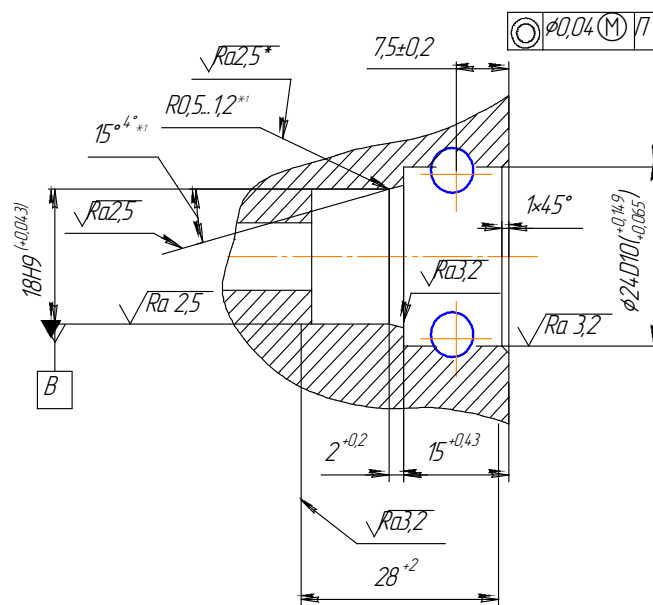
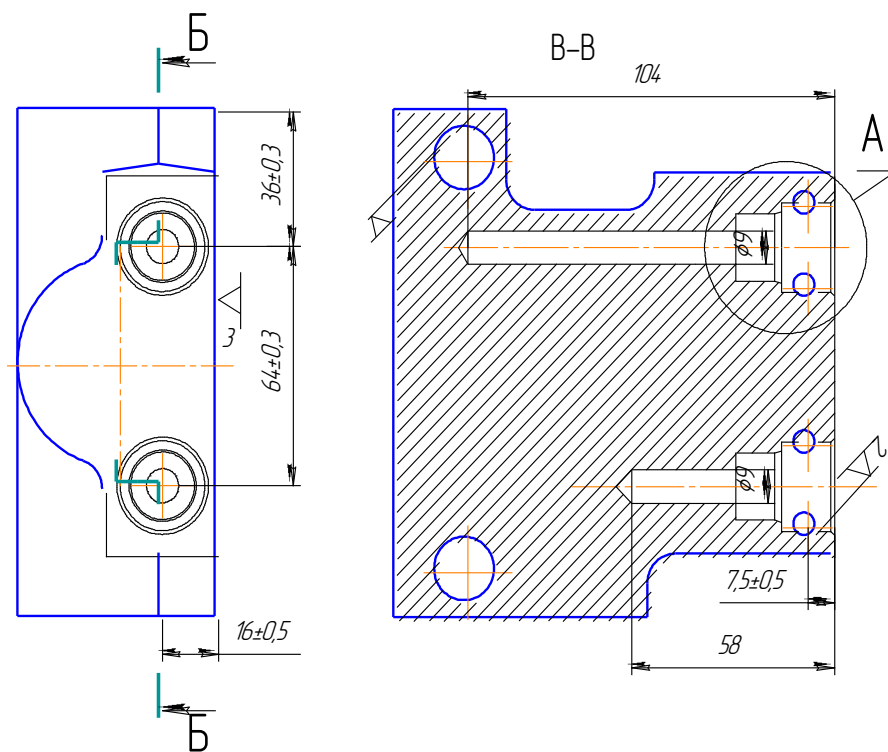


Рисунок 1.2 Схема базирования корпуса

Позиция 2: Заготовка базируется по плоскости и по двум пальцам цилиндрическому и ромбическому.

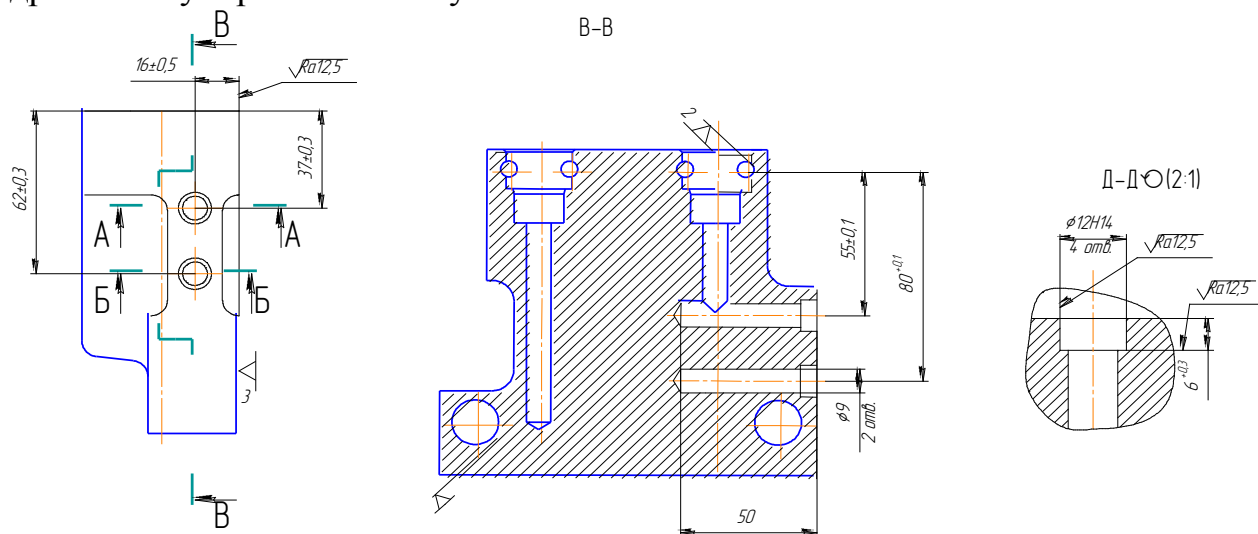


Рисунок 1.3 Схема базирования корпуса

Позиция 3: Заготовка базируется по плоскости и по двум пальцам цилиндрическому и ромбическому.

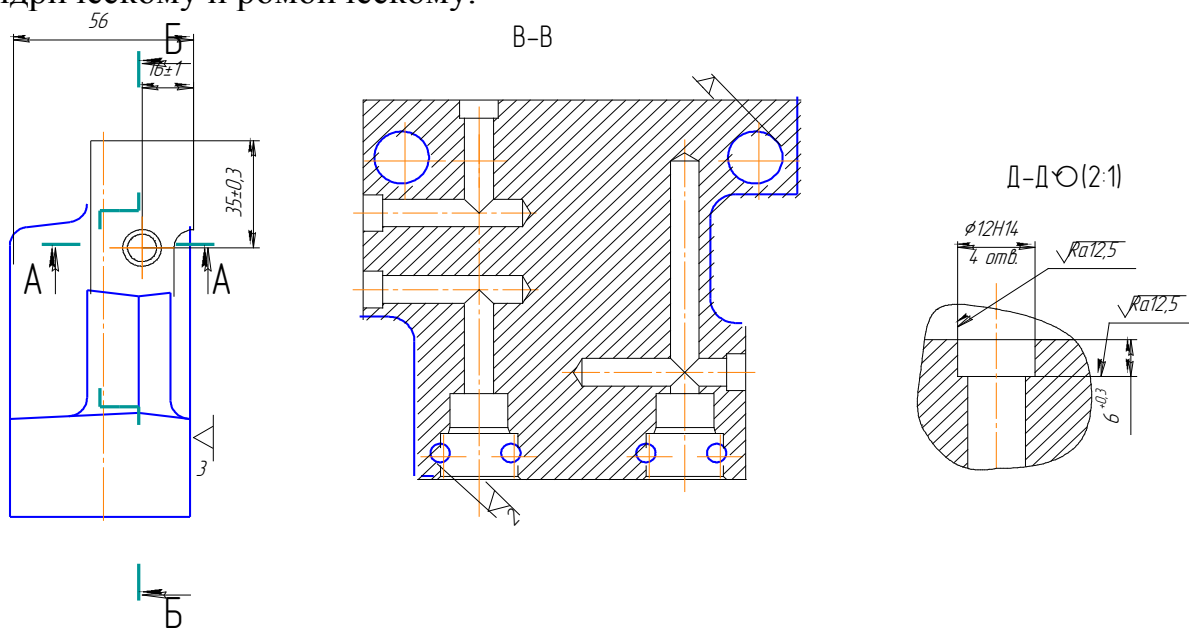


Рисунок 1.4 Схема базирования корпуса

Позиция 4: Заготовка базируется по плоскости и по двум пальцам цилиндрическому и ромбическому.

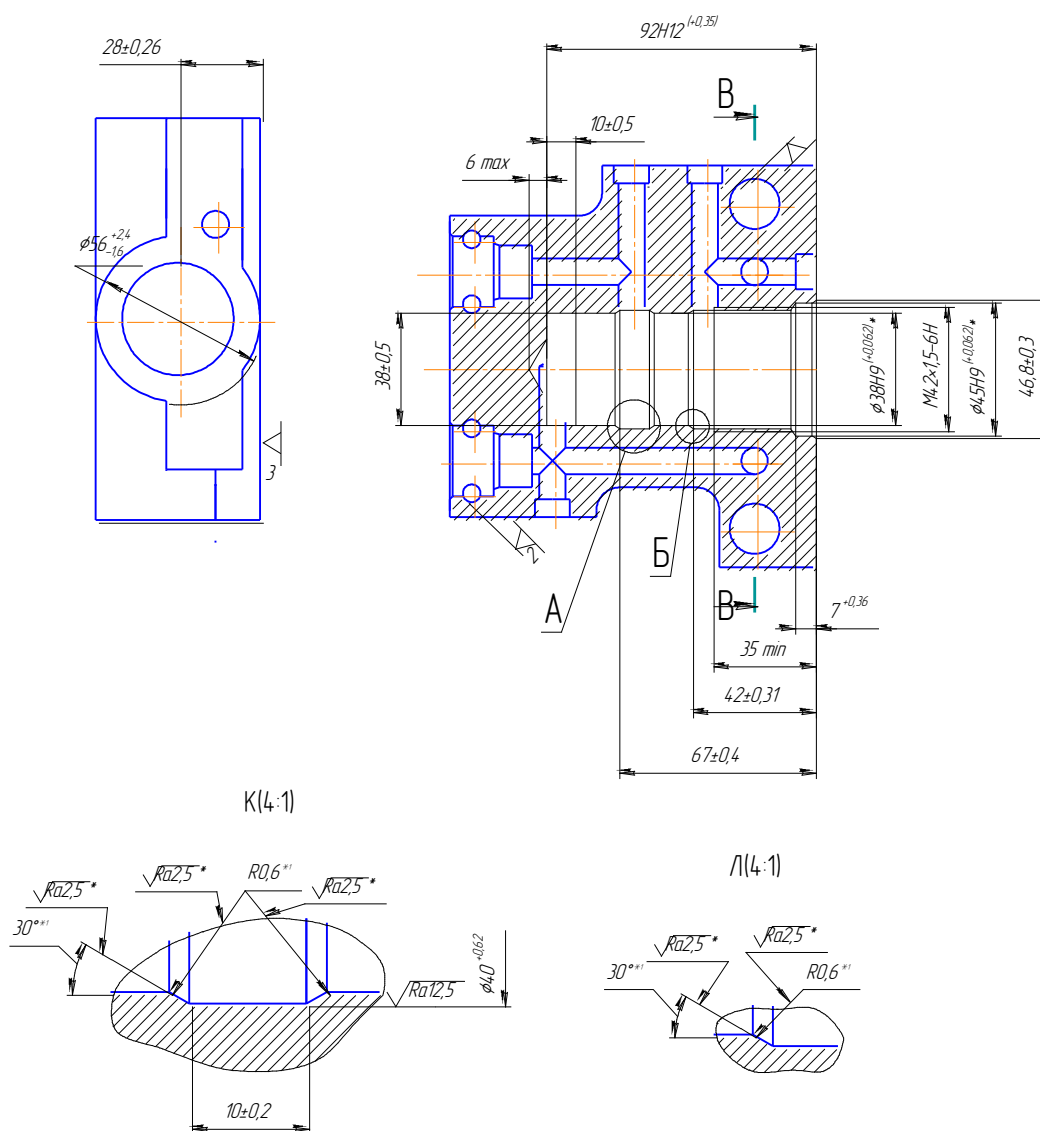


Рисунок 1.5 Схема базирования корпуса

Операция 025 Фрезерно-сверлильная с ЧПУ

Заготовка базируется по трем плоскостям, в специальном приспособлении.

Погрешность базирования на линейные размеры $\varepsilon_6=0$, так как измерительная и технологическая база совпадает.

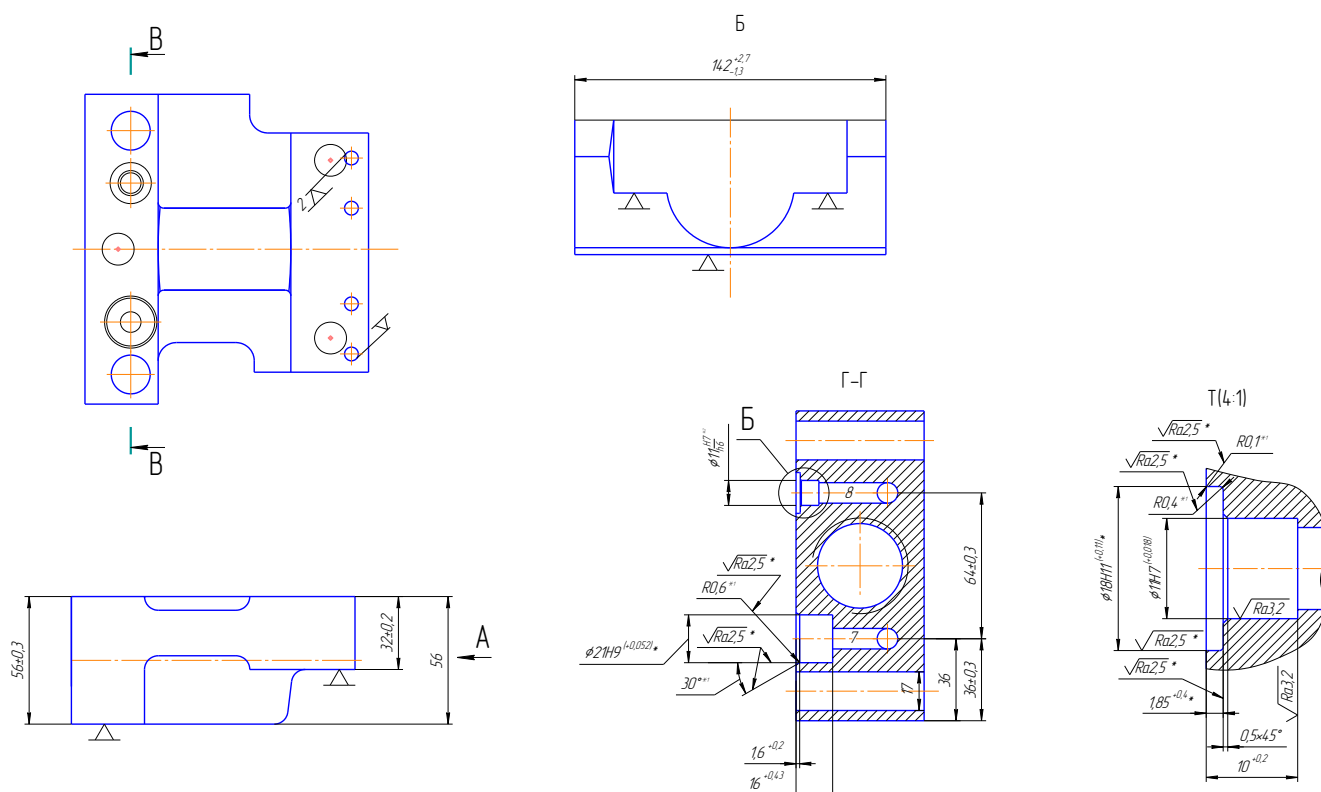


Рисунок 1.6 Схема базирования корпуса

1.8 Выбор средств технологического оснащения

1.8.1 Выбор оборудования

Технологическое оборудование выбираем в соответствии с технологическим маршрутом и серийностью производства.

Таблица 1.8 – Операция 005 , 025 Вертикально-фрезерный станок модели ГФ2171С6

Размеры рабочей поверхности стола (длина×ширина), мм	1600×400
Наибольшее перемещение стола, мм	
продольное X	1000
поперечное Y	400
вертикальное Z	250
Наибольшее перемещение ползуна, координата Z, мм	260
Расстояние от торца шпинделя до рабочей поверхности стола,мм:	
наибольшее	500
наименьшее	250
Количество Т-образных пазов, шт	3
Расстояние между Т-образными пазами, мм	100
Ширина Т-образных пазов, мм:	
центрального	18Н8
крайнего	18Н12
Наибольшая масса детали и приспособления, устанавливаемого на столе станка, кг	400

Продолжение таблицы 1.8

Предельные размеры обрабатываемых поверхностей, мм:	
ширина	250
длина	850
высота	380
Ёмкость магазина инструментов	12
Время смены инструмента, с, не более	20
Максимальный диаметр инструмента, мм:	
торцевая фреза	125
концевая фреза	40
сверло	30
Максимальный вес инструмента, кг, не более	15
Вылет инструмента от торца шпинделя, мм, не более	250
Количество частот вращения	18
Частота вращения шпинделя, об/мин 40; 50; 63; 80; 100; 125; 160; 200; 250; 315; 400; 500; 630; 800; 1000; 1250; 1600; 1250	
Подача стола, ползуна, мм/мин	3-6000
Скорость быстрого перемещения стола по координатам X, Y и координате Z, мм/мин	6000
Мощность электродвигателя главного движения, кВт	11
Наибольший крутящий момент на шпинделе, кНм	0,615
Допустимое усилие подачи, Н:	
координатам X, Y	15690
координате Z	9806
Количество управляемых координат	3
Количество одновременно управляемых координат	
при линейной интерполяции	3
при линейной интерполяции	2

Таблица 1.9 – Операция 015 Сверлильно-фрезерно-расточной станок с ЧПУ ИР320МП4

Программируемые перемещения	
Сани стола - по оси X мм	400
Шпиндельная бабка вертикально - по оси Y мм	360
Ползун продольно - по оси Z мм	400
Поворотный стол - по оси A град	360°
Рабочий стол	
Размер палеты мм	320 x 320
Количество палет шт	4 (12)
Грузоподъемность палеты кг	150
Индексируемый поворот рабочего стола град	0,001° x 360000

Продолжение таблицы 1.9

Шпиндель	
Исполнение конуса шпинделя ISO	40
Мощность главного привода кВт	7,5...11
Наибольший момент на шпинделе Нм	200
Скорость вращения мин ⁻¹	13...5000
Устройство смены инструмента	
Емкость инструментального магазина, шт	36
Наибольшая масса инструмента кг	10
Наибольшие размеры инструмента мм	150 x 200
Время смены инструмента, с	14
Привода подач	
Рабочие подачи по линейным осям мм/мин	1...3200
Ускоренные перемещения по линейным осям м/мин	10
Скорости вращения стола (ось А) об/мин	0,05...200
Электрооборудование	
Питающий ток переменный 3-фазный	380В, 50Гц
Нормы точности	
Класс точности	Повышенный
Габариты и масса	
Габаритные размеры станка с 4-местным накопителем палет (ВхLxH), мм	3840x 2300 x 2507
Общая масса станка с 4-местным накопителем кг	8000
Общая масса станка с 4-местным накопителем, кг	12300

1.8.2 Выбор технологического оснащения

Таблица 1.10 – Техническое оснащение

Приспособление и оснастка	Режущий инструмент	Мерительный инструмент
1	2	3
005 Сверлильно-фрезерная с ЧПУ		
Приспособление сверлильно – фрезерное Очки 0 ГОСТ 12.4.013-85 Тара 505-190	Фреза 160 Т5К10 ГОСТ 22085-85 Центровочное сверло Ø4 Р6М5 Сверло Ø6,0 Р6М5 ГОСТ 14952-75 Сверло Ø5 Р6М5 ГОСТ 14952-75 Зенкер Ø5,7 Р5М6 Развертка черновая и чистовая Ø6Н9 Р6М5	Пробка Ø6Н9 ПР ГОСТ 14807-69 Пробка Ø6Н9 НЕ ГОСТ 14807-69 Пробка Ø17Н9 ПР ГОСТ 14807-69 Пробка Ø17Н9 НЕ ГОСТ 14807-69 Штангенциркуль ШЦ-II-125-0,1 ГОСТ 166-80

Продолжение таблицы 1.10

1	2	3
	Сверло Ø15,5 P6M5 ГОСТ 14952-75 Зенкер Ø16,5 P5M6 Развертка черновая и чистовая Ø17H9 P6M5	
015 Сверлильно-фрезерная с ЧПУ		
Приспособление сверлильно – фрезерное Очки 0 ГОСТ 12.4.013- 85 Тара 505-190	Фреза 100 T5K10 P6M5 ГОСТ 4010 – 77 Центровочное сверло Ø4 P6M5 Сверло комбинированное Ø10/17 P6M5 Сверло 18 P6M5 ГОСТ 4010 – 77 Сверло 38 P6M5 ГОСТ 4010 – 77 Зенкер комбинированный Ø17,5/23,5 P5M6 Развертка комбинированная черновая Ø18 и Ø24D10 Развертка черновая и чистовая Ø38 и Ø45 Сверло 9 P6M5 ГОСТ 4010 – 77 Фреза 20 T2K10 ГОСТ 22033 – 77 Фреза 14 ГОСТ 4596-80	Пробка Ø18H9 ПР ГОСТ 14807-69 Пробка Ø18H9 НЕ ГОСТ 14807-69 Пробка Ø38H9 ПР ГОСТ 14807-69 Пробка Ø38H9 НЕ ГОСТ 14807-69 Пробка Ø45H9 ПР ГОСТ 14807-69; Пробка Ø45H9 НЕ ГОСТ 14807-69 Пробка M42×1,5 ПР Пробка M42×1,5 НЕ Пробка Ø24D10 ПР ГОСТ 14807-69 Пробка Ø24D10 НЕ ГОСТ 14807-69 Штангенциркуль ШЦ-II- 125-0,1 ГОСТ 166-80
025 Сверлильно-фрезерная с ЧПУ		
Приспособление сверлильно – фрезерное Очки 0 ГОСТ 12.4.013- 85 Тара 505-190	Фреза 63 T5K10 ГОСТ 22085-85, Центровочное сверло Ø4 P6M5; Сверло Ø9 P6M5 ГОСТ 14952-75; Зенкер Ø10,7 и Ø18 P5M6; Зенкер 20,7 P5M6;	Пробка Ø11H9 ПР ГОСТ 14807-69; Пробка Ø21H9 НЕ ГОСТ 14807-69 Штангенциркуль ШЦ-II- 125-0,1 ГОСТ 166-80;

Продолжение таблицы 1.10

1	2	3
	Развертка черновая и чистовая Ø11H9 P6M5 Развертка черновая и чистовая Ø21H9 P6M5	

1.9 Расчет припусков на механическую обработку

Расчёт припусков на механическую обработку поверхности Ø18H9
Выбираем следующие технологические переходы:

- сверление черновое;
- зенкерование;
- развёртывание черновое;
- развёртывание чистовое.

Штамповка

Шероховатость поверхности – $R_z = 160$ мкм

Глубина дефектного слоя – $h = 200$ мкм

Суммарные отклонения формы и расположения поверхностей –

$$\Delta_{\Sigma} = \sqrt{\Delta_{\Sigma R}^2 + \Delta_y^2}, \quad (1.11)$$

где – $\Delta_{\Sigma K} = \Delta_y \cdot l_K$,

$\Delta_K = 0,9$ мкм/мм.

$l_K = 13$ мм.

$\Delta_y = 0,9 \cdot 13 = 12$ мкм.

$\Delta = 0,25 \cdot T = 0,25 \cdot 840 = 210$ мкм.

$\Delta_{\Sigma R} = \sqrt{20^2 + 210^2} = 211$ мкм,

$\Delta_{\Sigma} = \sqrt{211^2 + 12^2} = 212$ мкм.

Сверление предварительное.

Выполняем по 13-му качеству.

Шероховатость поверхности – $R_z = 40$ мкм.

Глубина дефектного слоя – $h = 60$ мкм.

Суммарные отклонения формы и расположения поверхностей:

$$\Delta_{\Sigma i} = K_y \cdot \Delta_{\Sigma i-1}, \quad (1.12)$$

где $\Delta_{\Sigma i-1}$ – мкм - суммарные отклонения формы и расположения поверхностей на предыдущем переходе;

$K_y = 0,06$ – коэффициент уточнения.

$\Delta_{\Sigma i} = 0,06 \cdot 212 = 12,7$ мкм.

Зенкерование черновое.

Выполняем в соответствии с таблицами точности [14] по 10-му качеству.

Шероховатость поверхности – $R_z = 32$ мкм

Глубина дефектного слоя – $h = 40$ мкм

$$\Delta_{\Sigma i} = K_y \cdot \Delta_{\Sigma i-1}, \quad (1.13)$$

$$K_y = 0,05$$

$$\Delta_{\Sigma i} = 0,05 \cdot 12,7 = 0,6 \text{ мкм.}$$

Развёртывание черновое.

Выполняем в соответствии с таблицами точности [14] по 9-му качеству.

Шероховатость поверхности – $R_z = 10$ мкм

Глубина дефектного слоя – $h = 20$ мкм

Развёртывание чистовое

Выполняем в соответствии с таблицами точности [14] по 8-му качеству.

Шероховатость поверхности – $R_z = 5$ мкм

Глубина дефектного слоя – $h = 10$ мкм.

Таблица 1.11 – Значение припусков

Технологический переход обработки поверхности	Элементы припуска, мкм				Допуск TD, мм	Предельные размеры, мм		Предельные значения припусков, мкм	
	R_z	h	Δ_{Σ}	ε		min	max	$2Z_{\min}$	$2Z_{\max}$
Заготовка	160	250	212	–	0,84	16,743	17,583	–	–
Сверление IT13	63	60	12,7	–	0,27	17,538	17,808	225	795
Зенкерование IT11	32	30	0,6	–	0,11	17,843	17,953	145	305
Развертывание черновое IT10	10	20	–	–	0,07	17,943	18,013	60	100
Развертывание чистовое Ø18H9	5	10	–	–	0,043	18	18,043	30	58

Находим минимальны припуск :

$$2 \cdot Z_{\min} = 2 \cdot \left[(R_z + h) + \sqrt{\Delta_{\Sigma i}^2 + \varepsilon_i^2} \right], \quad (1.14)$$

$$2 \cdot Z_{\min} = 2 \cdot \left[(40 + 60) + \sqrt{12^2 + 0^2} \right] = 225 \text{ мкм} - \text{ для обтачивания черногого;}$$

$$2 \cdot Z_{\min} = 2 \cdot \left[(32 + 40) + \sqrt{0,6^2 + 0^2} \right] = 145 \text{ мкм} - \text{ для обтачивания чистового;}$$

$2 \cdot Z_{\min} = 2 \cdot \left[(10 + 20) + \sqrt{0^2 + 0^2} \right] = 60 \text{ мкм}$ – для шлифования предварительного.

$$2 \cdot Z_{\min} = 2 \cdot \left[(5 + 10) + \sqrt{0,005^2 + 0^2} \right] = 30 \text{ мкм} \text{ – для шлифования чистового.}$$

За расчетный размер принимаем минимальный предельный размер обрабатываемой поверхности: $18 + 0,043 = 18,043 \text{ мм}$

Определяем максимальный предельный размер для каждого перехода:

$$d_{\max-1} = d_{\max i} - 2 \cdot Z_{\min i}, \quad (1.15)$$

$d_{\max} = 18,043 - 0,03 = 18,013 \text{ мм}$ – минимальный предельный размер для чернового развертывания;

$d_{\max} = 18,013 - 0,06 = 17,953 \text{ мм}$ – минимальный предельный размер для зенкерования;

$d_{\max} = 17,953 - 0,145 = 17,808 \text{ мм}$ – минимальный предельный размер для сверления;

$d_{\max} = 17,808 - 0,225 = 17,583 \text{ мм}$ – минимальный предельный размер для заготовки.

Определяем минимальный предельный размер для каждого перехода:

$$d_{\min-1} = d_{\max i} - Td_{i-1}, \quad (1.16)$$

$d_{\min} = 18,013 - 0,07 = 17,943 \text{ мм}$ – максимальный предельный размер для чернового развертывания;

$d_{\min} = 17,953 - 0,11 = 17,843 \text{ мм}$ – максимальный предельный размер для зенкерования;

$d_{\min} = 17,808 - 0,27 = 17,538 \text{ мм}$ – максимальный предельный размер для сверления;

$d_{\min} = 17,583 - 0,84 = 16,743 \text{ мм}$ – максимальный предельный размер для заготовки.

Определяем предельные значения припусков:

Для чистового развертывания:

$$2 \cdot Z_{\min} = 18,043 - 18,013 = 0,03 \text{ мм};$$

$$2 \cdot Z_{\max} = 18 - 17,943 = 0,057 \text{ мм.}$$

Для чернового развертывания:

$$2 \cdot Z_{\min} = 18,013 - 17,953 = 0,06 \text{ мм};$$

$$2 \cdot Z_{\max} = 17,943 - 17,843 = 0,1 \text{ мм.}$$

Для зенкерование:

$$2 \cdot Z_{\min} = 17,953 - 17,808 = 0,145 \text{ мм};$$

$$2 \cdot Z_{\max} = 17,843 - 17,538 = 0,305 \text{ мм.}$$

Для сверления:

$$2 \cdot Z_{\min} = 17,808 - 17,583 = 0,225 \text{ мм};$$

$$2 \cdot Z_{\max} = 17,538 - 16,743 = 0,795 \text{ мм.}$$

Определяем общий минимальный и максимальный припуски:

$$2 \cdot Z_{\min \text{ общ}} = 0,03 + 0,06 + 0,145 + 0,225 = 0,46 \text{ мм};$$

$$2 \cdot Z_{\text{мах общ}} = 0,057 + 0,1 + 0,305 + 0,795 = 1,257 \text{ мм.}$$

Проверка правильности расчета:

$$2 \cdot Z_{\text{махообщ}} - 2 \cdot Z_{\text{минообщ}} = Td_3 - Td_d, \quad (1.17)$$

$$1,257 - 0,46 = 0,84 - 0,043$$

$$0,797 = 0,797 \text{ условие выполняется}$$

1.10 Расчет режимов резания

Расчет режимов резания производим и назначение режимов обработки производим по [5,7,8].

Операция 005:

1.1 Фрезерная

Фрезеровать поверхность $59 \pm 0,5$

Инструмент: фреза 160 ГОСТ 22087-76, $D=160$, $z=10$.

Материал режущей части Т5К10

Глубина фрезерования: $t = 3 \text{ мм}$;

Ширина фрезерования: $B = 124 \text{ мм}$;

Диаметр фрезы: $D = 160 \text{ мм}$.

Подача на один зуб фрезы: $S_z = 0,15 \text{ мм/зуб}$.

Скорость резания:

$$V = \frac{C_v \cdot D^g}{T^m \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot z^p} \cdot K_v, \quad (1.18)$$

где K_v – поправочный коэффициент на скорость резания, учитывающий фактические условия резания;

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{iv}, \quad (1.19)$$

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

$$C_v = 332; q = 0,2; x = 0,1; y = 0,4; u = 0,2; p = 0; m = 0,2;$$

$T = 180 \text{ мин.}$ – период стойкости инструмента;

K_{nv} – коэффициент, учитывающий состояние поверхностного слоя;

K_{iv} – коэффициент, учитывающий материал инструмента.

$$K_{mv} = K_r \cdot (750 / \sigma_b)^{n_v}, \quad (1.20)$$

где K_r – коэффициент материала инструмента;

σ_b – временное сопротивление;

n_v – показатель степени при обработке.

Принимаем $K_r = 0,9$, $n_v = 1,0$, $K_{nv} = 0,8$, $K_{iv} = 0,65$.

$$K_{mv} = 0,9 \cdot (750 / 480)^1 = 1,406.$$

$$K_v = 1,406 \cdot 0,8 \cdot 0,65 = 0,73.$$

$$V = \frac{332 \cdot 160^{0,2}}{180^{0,2} \cdot 3^{0,1} \cdot 0,15^{0,4} \cdot 124^{0,2} \cdot 10^0} \cdot 0,73 = 133 \text{ м/мин};$$

$$n_{\text{фр}} = 1000 \cdot V / (\pi \cdot D) = 1000 \cdot 133 / (3,14 \cdot 160) = 265 \text{ об/мин};$$

Принимаем $n_{\text{ст}} = 250 \text{ об/мин}$.

$$V = \pi \cdot n_{\text{фр}} \cdot D / 1000 = 3,14 \cdot 250 \cdot 160 / 1000 = 126 \text{ м/мин}.$$

Сила резания:

$$P_Z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot Z}{D^q \cdot n^\omega} \cdot K_{\text{MP}}, \quad (1.21)$$

Принимаем по табл.41 [5] $C_p = 825$; $q = 1,3$; $x = 1$; $y = 0,75$; $u = 1,1$;

$w = 0,2$;

$Z = 10$ – число зубьев фрезы.

$$K_{\text{MP}} = (\sigma_b / 750)^{n_v},$$

где $n_v = 0,75$.

$$K_{\text{MP}} = (480 / 750)^{0,75} = 0,716.$$

$$P_Z = \frac{10 \cdot 825 \cdot 3^1 \cdot 0,15^{0,75} \cdot 124^{1,1} \cdot 10}{160^{1,3} \cdot 250^{0,2}} \cdot 0,716 = 3876 \text{ Н}.$$

Крутящий момент:

$$M_{\text{кр}} = P_Z \cdot D / 2000, \quad (1.22)$$

$$M_{\text{кр}} = 3876 \cdot 160 / 2000 = 310 \text{ Н·м}.$$

Мощность резания:

$$N_e = \frac{P_Z \cdot V}{1020 \cdot 60}, \quad (1.23)$$

$$N_e = \frac{3876 \cdot 126}{1020 \cdot 60} = 7,95 \text{ кВт}.$$

Проверка на достаточность привода станка: $N_{\text{рез}} \leq N_{\text{шп}}$,

где $N_{\text{шп}}$ – мощность привода станка;

$$N_{\text{шп}} = N_{\text{ст}} \cdot \eta,$$

$$N_{\text{ст}} = 11 \text{ кВт}, \quad \eta = 0,8.$$

$$N_{\text{шп}} = 11 \cdot 0,8 = 8,8 \text{ кВт}.$$

$$7,95 \text{ кВт} < 8,8 \text{ кВт}.$$

Подача на оборот фрезы:

$$S = S_z \cdot z = 0,15 \cdot 10 = 1,5 \text{ мм/об}. \quad (1.24)$$

Минутная подача:

$$S_m = S_z \cdot z \cdot n_{\text{ст}} = 0,15 \cdot 10 \cdot 250 = 375 \text{ мм/мин}. \quad (1.25)$$

Основное время:

$$t_0 = l \cdot L_{\text{рх}} / S_m, \quad (1.26)$$

$$L_{\text{рх}} = L_{\text{рез}} + L_{\text{вр}} + L_{\text{пер}}, \quad (1.27)$$

где $L_{\text{рез}}$ – длина резания;

$L_{\text{вр}} + L_{\text{пер}}$ – длина врезания и перебега;

$$L_{\text{вр}} + L_{\text{пер}} = 34 \text{ мм}.$$

$$L_{\text{рх}} = 136 + 34 = 170 \text{ мм}.$$

$$t_0 = 1 \cdot 170 / 375 = 0,45 \text{ мин}.$$

1.2 Центровать отверстие Ø4

Сверло 4 P6M5

Глубина сверления: $t=2$ мм.

Подача: $S=0,15 \dots 0,20$ мм/об.

Принимаем $S=0,18$ мм/об.

Скорость резания:

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot S^y} \cdot K_v, \quad (1.28)$$

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{lv} \cdot K_{iv}, \quad (1.29)$$

где K_{lv} – коэффициент, учитывающий глубину сверления;

$C_v = 7$; $q = 0,4$; $y = 0,7$; $m = 0,2$;

$T = 25$ мин. - период стойкости инструмента;

$$K_{mv} = K_r \cdot (750 / \sigma_b)^{n_v}, \quad (1.30)$$

Принимаем $n_v=0,9$, $K_{lv}=1$, $K_{iv}=1,0$, $K_r=1$.

$$K_{mv} = 1 \cdot (750 / 480)^{0,9} = 1,494.$$

$$K_v = 0,85 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 1,494.$$

$$V = \frac{7 \cdot 4^{0,4}}{25^{0,2} \cdot 0,18^{0,7}} \cdot 1,494 = 52,2 \text{ м/мин};$$

Частота вращения шпинделя:

$$n_{фр} = 1000 \cdot V / (\pi \cdot D) = 1000 \cdot 52,2 / (3,14 \cdot 4) = 4154 \text{ об/мин};$$

Принимаем $n_{ст}=800$ об/мин.

$$V_{факт} = \pi \cdot d \cdot n_{ст} / 1000 = 3,14 \cdot 4 \cdot 800 / 1000 = 10 \text{ м/мин.}$$

Крутящий момент и осевая сила:

$$M_{кр} = 10 \cdot C_m \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p, \quad (1.31)$$

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

где $K_p=K_{mp}$ –коэффициент, учитывающий фактические условия обработки

$$K_{mp} = (\sigma_b / 750)^{n_v}, \quad (1.32)$$

где $n_v=0,75$

$$K_{mp} = (480 / 750)^{0,75} = 0,716.$$

$$C_m = 0,0345, \quad q=2, \quad y=0,8,$$

$$C_p = 68, \quad q=1, \quad y=0,7$$

$$M_{кр} = 10 \cdot 0,0345 \cdot 4^2 \cdot 0,18^{0,7} \cdot 0,716 = 1,0 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

$$P_o = 10 \cdot 68 \cdot 4^1 \cdot 0,18^{0,7} \cdot 0,716 = 586 \text{ Н.}$$

Мощность резания:

$$N_e = \frac{M_{кр} \cdot n}{9750}, \quad (1.33)$$

$$N_e = \frac{1,0 \cdot 800}{9750} = 0,08 \text{ кВт.}$$

$$N_{рез} \leq N_{шп},$$

$$N_{шп} = 11 \cdot 0,8 = 8,8 \text{ кВт} > N_e = 0,08 \text{ кВт}.$$

Минутная подача:

$$S_m = S \cdot n_{ст} = 0,18 \cdot 800 = 144 \text{ мм/мин.} \quad (1.34)$$

Основное время:

$$t_0 = i \cdot L_{px} / S_m,$$

$$L_{px} = L_{рез} + L_{вр} + L_{пер}, \quad (1.35)$$

$$L_{вр} + L_{пер} = 5 \text{ мм.}$$

$$L_{px} = 4 + 5 = 9 \text{ мм.}$$

$$t_0 = 6 \cdot 9 / 144 = 0,38 \text{ мин.}$$

1.3 Сверлить отверстие Ø6

Сверло Ø6 P6M5

Глубина сверления: $t = 3 \text{ мм.}$

Расчет аналогичен операции 010 п.2.2

$$S = 0,15 \text{ мм/об, } n_{ст} = 800 \text{ об/мин., } V_{факт} = 15 \text{ м/мин., } M_{кр} = 1,95 \text{ Н·м,}$$

$$P_o = 774 \text{ Н, } N_e = 0,16 \text{ кВт, } S_m = 120 \text{ мм/мин., } t_0 = 0,85 \text{ мин.}$$

1.4 Сверлить отверстие Ø5

Сверло Ø5 P6M5

Глубина сверления: $t = 2,75 \text{ мм.}$

Расчет аналогичен 1.1

Расчет аналогичен операции 010 п.2.2

$$S = 0,15 \text{ мм/об, } n_{ст} = 800 \text{ об/мин., } V_{факт} = 12,6 \text{ м/мин., } M_{кр} = 1,35 \text{ Н·м,}$$

$$P_o = 645 \text{ Н, } N_e = 0,11 \text{ кВт, } S_m = 120 \text{ мм/мин., } t_0 = 0,29 \text{ мин.}$$

1.5 Зенкеровать отверстие Ø5,7

Зенкер Ø5,7 P6M5

Глубина сверления: $t = 0,35 \text{ мм.}$

Подача: $S = 0,5 \dots 0,6 \text{ мм/об.}$

Принимаем $S = 0,5 \text{ мм/об.}$

Скорость резания:

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_v, \quad (1.36)$$

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{lv} \cdot K_{iv},$$

$$V = \frac{16,3 \cdot 5,8^{0,3}}{30^{0,3} \cdot 0,4^{0,2} \cdot 0,5^{0,7}} \cdot 1,494 = 25 \text{ м/мин;}$$

Частота вращения шпинделя:

$$n_{фр} = 1000 \cdot V / (\pi \cdot D) = 1000 \cdot 25 / (3,14 \cdot 5,8) = 1387 \text{ об/мин;}$$

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

$$V_{факт} = \pi \cdot d \cdot n_{ст} / 1000 = 3,14 \cdot 5,8 \cdot 800 / 1000 = 14,6 \text{ м/мин.}$$

Крутящий момент и осевая сила

$$M_{кр} = 10 \cdot C_m \cdot D^q \cdot t^x \cdot S^y \cdot K_p, \quad (1.37)$$

$$P_o = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot K_p,$$

$$K_{MP} = (\sigma_B / 750)^{n_V},$$

$$K_{MP} = 0,716.$$

$$C_m = 0,09, q = 1, y = 0,8, x = 0,9.$$

$$C_p = 67, y = 0,65, x = 1,2$$

$$M_{кр} = 10 \cdot 0,09 \cdot 5,8^1 \cdot 0,4^{0,8} \cdot 0,5^{0,65} \cdot 0,716 = 0,94 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

$$P_o = 10 \cdot 67 \cdot 0,4^{1,2} \cdot 0,5^{0,65} \cdot 0,716 = 102 \text{ Н}.$$

Мощность резания

$$N_e = \frac{M_{кр} \cdot n}{9750},$$

$$N_e = \frac{0,94 \cdot 800}{9750} = 0,08 \text{ кВт}.$$

Минутная подача:

$$S_m = S \cdot n_{ст} = 0,5 \cdot 800 = 400 \text{ мм/мин}.$$

Основное время:

$$t_0 = i \cdot L_{px} / S_m,$$

$$L_{px} = L_{рез} + L_{вр} + L_{пер},$$

$$L_{вр} + L_{пер} = 5 \text{ мм}.$$

$$L_{px} = 32 + 5 = 37 \text{ мм}.$$

$$t_0 = 37 / 400 = 0,09 \text{ мин}.$$

1.6 Развертывание

1.6.1 Черновое развертывание отверстие $\varnothing 5,9$

Развертка черновая 5,9 Р6М5

Глубина сверления: $t = 0,1 \text{ мм}.$

Подача: $S = 0,8 \text{ мм/об}.$

Скорость резания:

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_v, \quad (1.38)$$

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{lv} \cdot K_{ив},$$

$$V = \frac{10,5 \cdot 5,9^{0,3}}{25^{0,4} \cdot 0,3^{0,2} \cdot 0,8^{0,65}} \cdot 1,494 = 8,5 \text{ м/мин};$$

Частота вращения шпинделя:

$$n_{фр} = 1000 \cdot V / (\pi \cdot D) = 1000 \cdot 8,5 / (3,14 \cdot 5,9) = 460 \text{ об/мин};$$

Принимаем $n_{ст} = 400 \text{ об/мин}.$

$$V_{факт} = \pi \cdot d \cdot n_{ст} / 1000 = 3,14 \cdot 5,9 \cdot 400 / 1000 = 7,4 \text{ м/мин}.$$

Крутящий момент и осевая сила:

$$M_{кр} = \frac{C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot D \cdot z}{200} \quad (1.39)$$

$$C_p=67, y=0,7, x=1,2$$

$$M_{кр} = \frac{67 \cdot 0,1^{1,2} \cdot 0,8^{0,7} \cdot 5,9 \cdot 8}{200} = 0,09 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Минутная подача:

$$S_M = S \cdot n_{ст} = 0,8 \cdot 400 = 320 \text{ мм/мин.}$$

Основное время:

$$t_0 = i \cdot L_{рх} / S_M,$$

$$L_{рх} = L_{рез} + L_{вр} + L_{пер},$$

$$L_{вр} + L_{пер} = 5 \text{ мм.}$$

$$L_{рх} = 32 + 5 = 37 \text{ мм.}$$

$$t_0 = 37 / 320 = 0,16 \text{ мин.}$$

1.6.2 Чистовое развертывание отверстие $\varnothing 6,0\text{H9}$

Развертка чистовая $\varnothing 6,0 \text{ P6M5}$

Глубина сверления: $t=0,05 \text{ мм.}$

Расчет аналогичен операции 010 п.2.6.1

$$S=0,6 \text{ мм/об.}, n_{ст}=500 \text{ об/мин.}, V_{факт}=9,4 \text{ м/мин.}, M_{кр} = 0,17 \text{ Н} \cdot \text{м},$$

$$S_M = 300 \text{ мм/мин.}, t_0 = 0,12 \text{ мин.}$$

1.7 Сверлить отверстие $\varnothing 16$

Сверло $\varnothing 16 \text{ P6M5}$

Глубина сверления: $t=8 \text{ мм.}$

Расчет аналогичен операции 010 п.2.2

$$S = 0,4 \text{ мм/об.}, n_{ст}=500 \text{ об/мин.}, V_{факт}=24,3 \text{ м/мин.}, M_{кр} = 28,5 \text{ Н} \cdot \text{м},$$

$$P_o = 3974 \text{ Н}, N_e = 1,46 \text{ кВт}, S_M = 200 \text{ мм/мин.}, t_0 = 0,31 \text{ мин.}$$

1.8 Зенкеровать отверстие $\varnothing 16,7$

Зенкер $\varnothing 16,7 \text{ P6M5}$

Глубина сверления: $t=0,35 \text{ мм.}$

Расчет аналогичен операции 010 п.1.4

$$S = 0,6 \text{ мм/об.}, n_{ст}=250 \text{ об/мин.}, V_{факт}=13 \text{ м/мин.}, M_{кр} = 3,8 \text{ Н} \cdot \text{м}, P_o = 150 \text{ Н},$$

$$N_e = 0,1 \text{ кВт}, S_M = 150 \text{ мм/мин.}, t_0 = 0,41 \text{ мин.}$$

1.9 Развертывание

1.9.1 Черновое развертывание отверстие $\varnothing 16,9$

Развертка черновая $\varnothing 16,9 \text{ P6M5}$

Глубина сверления: $t=0,2 \text{ мм.}$

Расчет аналогичен операции 010 п.2.6.1

$$S=1 \text{ мм/об.}, n_{ст}=160 \text{ об/мин.}, V_{факт}=8,5 \text{ м/мин.}, M_{кр} = 0,5 \text{ Н} \cdot \text{м},$$

$$S_M = 160 \text{ мм/мин.}, t_0 = 0,39 \text{ мин.}$$

1.9.2 Чистовое развертывание отверстие $\varnothing 17\text{H9}$

Развертка чистовая $\varnothing 17$

Материал режущей части P6M5

Глубина сверления: $t=0,05 \text{ мм.}$

Расчет аналогичен операции 010 п.2.6.2

$S=0,7$ мм/об., $n_{ст}=160$ об/мин., $V_{факт}=8,5$ м/мин., $M_{кр} = 0,16$ Н·м,

$S_m = 112$ мм/мин., $t_0=0,55$ мин.

1.10 Сверлить отверстие Ø17

Сверло Ø17 P6M5

Глубина сверления: $t=8,5$ мм.

Расчет аналогичен операции 010 п.2.2

$S = 0,4$ мм/об., $n_{ст}=500$ об/мин., $V_{факт}=24,3$ м/мин., $M_{кр} = 29$ Н·м,

$P_o = 4210$ Н, $N_e = 152$ кВт, $S_m = 200$ мм/мин., $t_0=0,31$ мин.

Операция 015: Сверлильно-фрезерная

Позиция 1

2.1 Фрезеровать поверхность выдерживая размер $7,5 \pm 0,2$

Инструмент: фреза 63 ГОСТ 22087-76, $D=63$, $z=5$.

Материал режущей части T15K6

Глубина фрезерования: $t = 3$ мм;

Ширина фрезерования: $B = 56$ мм;

Диаметр фрезы: $D = 63$ мм.

Расчет аналогичен операции 005

$S_z = 0,15$ мм/зуб., $n_{ст}=500$ об/мин., $V = 98,9$ м/мин., $P_z = 1858$ Н,

$M_{кр} = 58$ Н·м, $N_e = 3,0$ кВт, $S = 0,75$ мм/об., $S_m = 375$ мм/мин., $t_0=0,36$ мин.

2.2 Центровать отверстие ø4

Сверло Ø4 P6M5

Глубина сверления: $t=2$ мм.

Расчет аналогичен операции 010 п.2.2

$S = 0,18$ мм/об., $n_{ст}=800$ об/мин., $V_{факт}=10$ м/мин., $M_{кр} = 1,6$ Н·м,

$P_o = 939$ Н, $N_e = 0,16$ кВт, $S_m = 144$ мм/мин., $t_0=0,11$ мин.

2.3 Сверлить отверстие Ø9H14 и Ø17H13

Сверло комбинированное Ø9H14 и Ø17H13

Материал режущей части P6M5

Глубина сверления: $t=4,5$ мм.

Расчет аналогичен операции 010 п.2.2

$S = 0,26$ мм/об., $n_{ст}=630$ об/мин., $V_{факт}=20,8$ м/мин., $M_{кр} = 14,8$ Н·м,

$P_o = 3188$ Н, $N_e = 0,96$ кВт, $S_m = 164$ мм/мин., $t_0=0,48$ мин.

2.4 Зенкеровать отверстие Ø17,7H11 и Ø23,7H11

Зенкер комбинированный Ø17,7H11 и Ø23,7H11

Материал режущей части P6M5

Глубина сверления: $t=0,6$ мм.

Расчет аналогичен операции 010 п.2.5

$S = 0,75$ мм/об., $n_{ст}=160$ об/мин., $V_{факт}=11,8$ м/мин., $M_{кр} = 55,6$ Н·м,

$P_o = 2621$ Н, $N_e = 0,91$ кВт, $S_m = 120$ мм/мин., $t_0=0,53$ мин.

2.5 Развертывание

2.5.1 Комбинированное развертывание отверстие Ø17,9 и Ø24D10

Развертка черновая $\varnothing 17,9$ и $\varnothing 24D10$

Материал режущей части P6M5

Глубина сверления: $t=0,1$ мм.

Расчет аналогичен операции 010 п.2.6.1

$S=1$ мм/об., $n_{ст}=160$ об/мин., $V_{факт}=8,9$ м/мин., $M_{кр}=0,5$ Н·м,

$S_m=160$ мм/мин., $t_0=0,23$ мин.

2.5.2 Чистовое развертывание отверстие $\varnothing 18H9$

Развертка черновая $\varnothing 18H9$

Материал режущей части P6M5

Глубина сверления: $t=0,05$ мм.

Расчет аналогичен операции 010 п.2.6.2

$S=0,8$ мм/об., $n_{ст}=160$ об/мин., $V_{факт}=9$ м/мин., $M_{кр}=0,1$ Н·м,

$S_m=128$ мм/мин., $t_0=0,28$ мин.

2.6 Сверлить отверстие $\varnothing 9$

Сверло $\varnothing 9$

Материал режущей части P6M5

Глубина сверления: $t=4,5$ мм.

Расчет аналогичен операции 010 п.2.2

$S=0,1$ мм/об., $n_{ст}=315$ об/мин., $V_{факт}=8,9$ м/мин., $M_{кр}=3,2$ Н·м,

$P_o=874$ Н, $N_e=0,1$ кВт, $S_m=31,5$ мм/мин., $t_0=7,33$ мин.

Позиция 2

2.7 Фрезеровать поверхность выдерживая размеры $13\pm 0,3$

Инструмент: фреза 63 ГОСТ 22087-76, $D=63$, $z=5$.

Материал режущей части T5K10

Глубина фрезерования: $t=3$ мм;

Ширина фрезерования: $B=56$ мм;

Диаметр фрезы: $D=63$ мм.

Расчет аналогичен операции 005

$S_z=0,15$ мм/зуб., $n_{ст}=500$ об/мин., $V=98,9$ м/мин., $P_z=1858$ Н,

$M_{кр}=58$ Н·м, $N_e=3,0$ кВт, $S=0,75$ мм/об., $S_m=375$ мм/мин., $t_0=0,28$ мин.

2.8 Центровать отверстие $\varnothing 4$

Сверло $\varnothing 4$ P6M5

Глубина сверления: $t=2$ мм.

Расчет аналогичен п.1.1

$S=0,18$ мм/об., $n_{ст}=800$ об/мин., $V_{факт}=10$ м/мин., $M_{кр}=1,6$ Н·м,

$P_o=939$ Н, $N_e=0,16$ кВт, $S_m=144$ мм/мин., $t_0=0,11$ мин.

2.9 Сверлить отверстие $\varnothing 9H14$

Сверло $\varnothing 9H14$

Материал режущей части P6M5

Глубина сверления: $t=4,5$ мм.

Расчет аналогичен операции 010 п.2.2

$S = 0,1 \text{ мм/об.}, n_{\text{ст}} = 315 \text{ об/мин.}, V_{\text{факт}} = 8,9 \text{ м/мин.}, M_{\text{кр}} = 3,2 \text{ Н·м},$
 $P_o = 874 \text{ Н}, N_e = 0,1 \text{ кВт}, S_m = 31,5 \text{ мм/мин.}, t_0 = 3,43 \text{ мин.}$

2.10 Зенковать отверстие Ø12H14

Зенкер Ø12H14 P6M5

Глубина сверления: $t = 1,5 \text{ мм.}$

Расчет аналогичен операции 010 п.2.5

$S = 0,8 \text{ мм/об.}, n_{\text{ст}} = 250 \text{ об/мин.}, V_{\text{факт}} = 9,4 \text{ м/мин.}, M_{\text{кр}} = 9,3 \text{ Н·м},$
 $P_o = 675 \text{ Н}, N_e = 0,24 \text{ кВт}, S_m = 200 \text{ мм/мин.}, t_0 = 0,1 \text{ мин.}$

Позиция 3

2.11 Фрезеровать поверхность выдерживая размеры $20 \pm 0,3$

Инструмент: фреза 63 ГОСТ 22087-76, $D = 63, z = 5.$

Материал режущей части Т5К10

Глубина фрезерования: $t = 3 \text{ мм};$

Ширина фрезерования: $B = 56 \text{ мм};$

Диаметр фрезы: $D = 63 \text{ мм.}$

Расчет аналогичен операции 005

$S_z = 0,15 \text{ мм/зуб.}, n_{\text{ст}} = 500 \text{ об/мин.}, V = 98,9 \text{ м/мин.}, P_z = 1858 \text{ Н},$
 $M_{\text{кр}} = 58 \text{ Н·м}, N_e = 3,0 \text{ кВт}, S = 0,75 \text{ мм/об.}, S_m = 375 \text{ мм/мин.}, t_0 = 0,47 \text{ мин.}$

2.12 Центровать отверстие ø4

Глубина сверления: $t = 2 \text{ мм.}$

Расчет аналогичен п.1.1

$S = 0,18 \text{ мм/об.}, n_{\text{ст}} = 800 \text{ об/мин.}, V_{\text{факт}} = 12,6 \text{ м/мин.}, M_{\text{кр}} = 1,6 \text{ Н·м},$
 $P_o = 939 \text{ Н}, N_e = 0,16 \text{ кВт}, S_m = 144 \text{ мм/мин.}, t_0 = 0,11 \text{ мин.}$

2.13 Сверлить отверстие Ø9H14

Сверло Ø9H14 P6M5

Глубина сверления: $t = 4,5 \text{ мм.}$

Расчет аналогичен операции 010 п.2.2

$S = 0,1 \text{ мм/об.}, n_{\text{ст}} = 315 \text{ об/мин.}, V_{\text{факт}} = 8,9 \text{ м/мин.}, M_{\text{кр}} = 3,2 \text{ Н·м},$
 $P_o = 874 \text{ Н}, N_e = 0,1 \text{ кВт}, S_m = 31,5 \text{ мм/мин.}, t_0 = 1,34 \text{ мин.}$

2.14 Зенковать отверстие Ø12H14

Зенкер Ø12H14 P6M5

Глубина сверления: $t = 1,5 \text{ мм.}$

Расчет аналогичен операции 010 п.2.5

$S = 0,8 \text{ мм/об.}, n_{\text{ст}} = 250 \text{ об/мин.}, V_{\text{факт}} = 9,4 \text{ м/мин.}, M_{\text{кр}} = 9,3 \text{ Н·м},$
 $P_o = 675 \text{ Н}, N_e = 0,24 \text{ кВт}, S_m = 200 \text{ мм/мин.}, t_0 = 0,05 \text{ мин.}$

2.15 Сверлить отверстие Ø18H14 на глубину 92H12 мм.

Сверло Ø18 P6M5

Глубина сверления: $t = 9 \text{ мм.}$

Расчет аналогичен операции 010 п.2.2

$S = 0,35 \text{ мм/об.}, n_{\text{ст}} = 200 \text{ об/мин.}, V_{\text{факт}} = 11,3 \text{ м/мин.}, M_{\text{кр}} = 55,3 \text{ Н·м},$

$P_o = 6730 \text{ Н}$, $N_e = 1,14 \text{ кВт}$, $S_m = 70 \text{ мм/мин.}$, $t_0 = 1,4 \text{ мин.}$

2.16 Рассверлить отверстие Ø33Н13 на глубину 92Н12 мм.

Сверло øØ33 Р6М5

Глубина сверления: $t = 7,5 \text{ мм.}$

Расчет аналогичен операции 010 п.1.4

$S = 1,4 \text{ мм/об.}$, $n_{ст} = 250 \text{ об/мин.}$, $V_{факт} = 25,9 \text{ м/мин.}$, $M_{кр} = 151 \text{ Н·м}$,

$P_o = 6061 \text{ Н}$, $N_e = 1,54 \text{ кВт}$, $S_m = 350 \text{ мм/мин.}$, $t_0 = 0,28 \text{ мин.}$

2.17 Зенкеровать отверстие Ø38,7Н11 на глубину 92Н12 мм.

Зенкер ø38,7 Р6М5

Глубина сверления: $t = 2,85 \text{ мм.}$

Расчет аналогичен операции 010 п.1.4

$S = 0,8 \text{ мм/об.}$, $n_{ст} = 100 \text{ об/мин.}$, $V_{факт} = 12,2 \text{ м/мин.}$, $M_{кр} = 53,5 \text{ Н·м}$,

$P_o = 1458 \text{ Н}$, $N_e = 0,55 \text{ кВт}$, $S_m = 80 \text{ мм/мин.}$, $t_0 = 1,2 \text{ мин.}$

2.18 Развертывание

2.18.1 Черновое развертывание отверстие Ø37,9Н10 на глубину 92Н12мм.

Развертка черновая Ø37,9 Р6М5

Глубина сверления: $t = 0,1 \text{ мм.}$

Расчет аналогичен операции 010 п.2.6.1

$S = 1,2 \text{ мм/об.}$, $n_{ст} = 80 \text{ об/мин.}$, $V_{факт} = 9,8 \text{ м/мин.}$, $M_{кр} = 3,7 \text{ Н·м}$,

$S_m = 96 \text{ мм/мин.}$, $t_0 = 1,0 \text{ мин.}$

2.18.2 Чистовое развертывание отверстие Ø38Н9 на глубину 92Н12 мм.

Развертка чистовая ø38 Р6М5

Глубина сверления: $t = 0,05 \text{ мм.}$

Расчет аналогичен операции 010 п.2.6.2

$S = 0,9 \text{ мм/об.}$, $n_{ст} = 100 \text{ об/мин.}$, $V_{факт} = 12,2 \text{ м/мин.}$, $M_{кр} = 1,56 \text{ Н·м}$,

$S_m = 90 \text{ мм/мин.}$, $t_0 = 1,07 \text{ мин.}$

2.20 Комбинированное зенкерование отверстие Ø39, Ø44,7 и фаску $1,6 \times 30^\circ$

Зенкер комбинированный материал режущей части Р6М5

Глубина сверления: $t = 3 \text{ мм.}$

Расчет аналогичен операции 010 п.1.4

$S = 0,9 \text{ мм/об.}$, $n_{ст} = 100 \text{ об/мин.}$, $V_{факт} = 12,2 \text{ м/мин.}$, $M_{кр} = 62 \text{ Н·м}$,

$P_o = 1674 \text{ Н}$, $N_e = 0,64 \text{ кВт}$, $S_m = 90 \text{ мм/мин.}$, $t_0 = 0,53 \text{ мин.}$

2.21 Развертывание

2.21.1 Черновое комбинированное развертывание отверстие Ø39,9 и øØ44,9

Развертка черновая Ø39,9 и Ø44,9

Материал режущей части Р6М5

Глубина сверления: $t = 0,1 \text{ мм.}$

Расчет аналогичен операции 010 п.2.6.1

$S = 1,2 \text{ мм/об.}$, $n_{ст} = 80 \text{ об/мин.}$, $V_{факт} = 11,3 \text{ м/мин.}$, $M_{кр} = 4,2 \text{ Н·м}$,

$S_m = 96$ мм/мин., $t_0 = 0,13$ мин.

2.21.2 Чистовое комбинирование развертывание отверстие $\varnothing 40$ и $\varnothing 45$

Развертка чистовая $\varnothing 40$ и $\varnothing 45$ P6M5

Глубина сверления: $t = 0,05$ мм.

Расчет аналогичен операции 010 п.2.6.2

$S = 0,9$ мм/об., $n_{ст} = 100$ об/мин., $V_{факт} = 14,1$ м/мин., $M_{кр} = 1,8$ Н·м,

$S_m = 90$ мм/мин., $t_0 = 0,12$ мин.

2.22 Фрезеровать поверхность в размер $40^{+0,62}$

Инструмент: фреза 20, $D = 20$, $z = 5$.

Материал режущей части P6M5

Глубина фрезерования: $t = 0,5$ мм;

Ширина фрезерования: $B = 10$ мм;

Диаметр фрезы: $D = 20$ мм.

Расчет аналогичен операции 005

$S_z = 0,2$ мм/зуб., $n_{ст} = 500$ об/мин., $V = 31,4$ м/мин., $P_z = 327$ Н,

$M_{кр} = 6,3$ Н·м, $N_e = 0,17$ кВт, $S = 1$ мм/об., $S_m = 500$ мм/мин., $t_0 = 0,52$ мин.

2.23 Фрезеровать резьбу M42x1,5

Инструмент: фреза 14, $D = 14$, $z = 4$.

Материал режущей части P6M5

Глубина фрезерования: $t = 0,75$ мм;

Ширина фрезерования: $B = 10$ мм;

Диаметр фрезы: $D = 14$ мм.

Расчет аналогичен операции 005

$S_z = 0,25$ мм/зуб., $n_{ст} = 500$ об/мин., $V = 98,8$ м/мин., $P_z = 327$ Н,

$M_{кр} = 6,3$ Н·м, $N_e = 0,17$ кВт, $S = 1$ мм/об., $S_m = 500$ мм/мин., $t_0 = 0,24$ мин.

Позиция 4

2.24 Фрезеровать поверхность выдерживая размеры $13 \pm 0,3$

Инструмент: фреза 63 ГОСТ 22087-76, $D = 63$, $z = 5$.

Материал режущей части T5K10

Глубина фрезерования: $t = 3$ мм;

Ширина фрезерования: $B = 56$ мм;

Диаметр фрезы: $D = 63$ мм.

Расчет аналогичен операции 005

$S_z = 0,15$ мм/зуб., $n_{ст} = 500$ об/мин., $V = 98,9$ м/мин., $P_z = 1858$ Н,

$M_{кр} = 58$ Н·м, $N_e = 3,0$ кВт, $S = 0,75$ мм/об., $S_m = 375$ мм/мин., $t_0 = 0,28$ мин.

2.25 Центровать отверстие $\varnothing 4$

Сверло $\varnothing 4$ P6M5

Глубина сверления: $t = 2$ мм.

Принимаем

Расчет аналогичен п.1.1

$S = 0,18$ мм/об., $n_{ст} = 800$ об/мин., $V_{факт} = 12,6$ м/мин., $M_{кр} = 1,6$ Н·м,

$P_o = 939$ Н, $N_e = 0,16$ кВт, $S_m = 144$ мм/мин., $t_0 = 0,11$ мин.

2.26 Сверлить отверстие Ø9H14

Сверло Ø9H14

Материал режущей части P6M5

Глубина сверления: $t=4,5$ мм.

Расчет аналогичен операции 010 п.2.2

$S=0,1$ мм/об., $n_{ст}=315$ об/мин., $V_{факт}=8,9$ м/мин., $M_{кр}=3,2$ Н·м,

$P_o=874$ Н, $N_e=0,1$ кВт, $S_m=31,5$ мм/мин., $t_0=3,43$ мин.

2.27 Зенковать отверстие Ø12H14

Зенкер Ø12H14 P6M5

Глубина сверления: $t=1,5$ мм.

Расчет аналогичен операции 010 п.2.5

$S=0,8$ мм/об., $n_{ст}=250$ об/мин., $V_{факт}=9,4$ м/мин., $M_{кр}=9,3$ Н·м,

$P_o=675$ Н, $N_e=0,24$ кВт, $S_m=200$ мм/мин., $t_0=0,1$ мин.

Операция 020: Сверлильно-фрезерная

3.1 Фрезеровать поверхность выдерживая размеры $136\pm0,3$

Инструмент: фреза 63 ГОСТ 22087-76, $D=63$, $z=5$.

Материал режущей части T5K10

Глубина фрезерования: $t=3$ мм;

Ширина фрезерования: $B=56$ мм;

Диаметр фрезы: $D=63$ мм.

Расчет аналогичен операции 005

$S_z=0,15$ мм/зуб., $n_{ст}=500$ об/мин., $V=98,9$ м/мин., $P_z=1858$ Н,

$M_{кр}=58$ Н·м, $N_e=3,0$ кВт, $S=0,75$ мм/об., $S_m=375$ мм/мин., $t_0=0,47$ мин.

3.2 Центровать отверстие ø4

Сверло ø4

Материал режущей части P6M5

Глубина сверления: $t=2$ мм.

Расчет аналогичен операции 010 п.2.2

$S=0,18$ мм/об., $n_{ст}=800$ об/мин., $V_{факт}=10$ м/мин., $M_{кр}=1,6$ Н·м,

$P_o=939$ Н, $N_e=0,16$ кВт, $S_m=144$ мм/мин., $t_0=0,11$ мин.

3.3 Сверлить отверстие Ø9H14

Сверло комбинированное Ø9H14

Материал режущей части P6M5

Глубина сверления: $t=4,5$ мм.

Расчет аналогичен операции 010 п.2.2

$S=0,26$ мм/об., $n_{ст}=630$ об/мин., $V_{факт}=20,8$ м/мин., $M_{кр}=14,8$ Н·м,

$P_o=3188$ Н, $N_e=0,96$ кВт, $S_m=164$ мм/мин., $t_0=0,56$ мин.

3.4 Зенковать отверстие Ø10,7H11 и Ø18H11

Зенкер комбинированный Ø10,7H11 и Ø18H11

Материал режущей части P6M5

Глубина сверления: $t=9$ мм.

Расчет аналогичен операции 010 п.2.5

$S = 0,7$ мм/об, $n_{ст} = 160$ об/мин., $V_{факт} = 9$ м/мин., $M_{кр} = 75,6$ Н·м,

$P_o = 3221$ Н, $N_e = 0,98$ кВт, $S_m = 112$ мм/мин., $t_0 = 0,13$ мин.

3.5 Развертывание

3.5.1 Черновое развертывание отверстие $\varnothing 10,9H9$

Развертка черновая $\varnothing 10,9$

Материал режущей части Р6М5

Глубина сверления: $t = 0,1$ мм.

Расчет аналогичен операции 010 п.2.6.1

$S = 0,8$ мм/об., $n_{ст} = 160$ об/мин., $V_{факт} = 8,9$ м/мин., $M_{кр} = 0,5$ Н·м,

$S_m = 128$ мм/мин., $t_0 = 0,08$ мин.

3.5.2 Чистовое развертывание отверстие $\varnothing 11H7$

Развертка черновая $\varnothing 11H7$

Материал режущей части Р6М5

Глубина сверления: $t = 0,05$ мм.

Расчет аналогичен операции 010 п.2.6.2

$S = 0,6$ мм/об., $n_{ст} = 160$ об/мин., $V_{факт} = 9$ м/мин., $M_{кр} = 0,1$ Н·м,

$S_m = 96$ мм/мин., $t_0 = 0,1$ мин.

3.6 Зенкеровать отверстие $\varnothing 20,7H11$ и фаску $1,6 \times 45$

Зенкер комбинированный $\varnothing 20,7H11$

Материал режущей части Р6М5

Глубина сверления: $t = 10,5$ мм.

Расчет аналогичен операции 010 п.2.5

$S = 0,8$ мм/об, $n_{ст} = 160$ об/мин., $V_{факт} = 10,6$ м/мин., $M_{кр} = 75,6$ Н·м,

$P_o = 3221$ Н, $N_e = 0,98$ кВт, $S_m = 128$ мм/мин., $t_0 = 0,16$ мин.

3.7 Развертывание

3.7.1 Черновое развертывание отверстие $\varnothing 20,9H9$

3.7.2 Развертка черновая $\varnothing 20,9$

Материал режущей части Р6М5

Глубина сверления: $t = 0,1$ мм.

Расчет аналогичен операции 010 п.2.6.1

$S = 1,0$ мм/об., $n_{ст} = 160$ об/мин., $V_{факт} = 10,6$ м/мин., $M_{кр} = 0,5$ Н·м,

$S_m = 160$ мм/мин., $t_0 = 0,13$ мин.

3.7.2 Чистовое развертывание отверстие $\varnothing 21H9$

Развертка черновая $\varnothing 21H9$

Материал режущей части Р6М5

Глубина сверления: $t = 0,05$ мм.

Расчет аналогичен операции 010 п.2.6.2

$S = 0,8$ мм/об., $n_{ст} = 160$ об/мин., $V_{факт} = 10,6$ м/мин., $M_{кр} = 0,1$ Н·м,

$S_m = 128$ мм/мин., $t_0 = 0,15$ мин.

Данные расчёта приведены в таблице 1.12

Таблица 1.12 – Расчет режимов резания

№ Опер./ перех.		t, мм	S, мм/об. (Sz, мм/зуб)	V, м/мин.	n, об/мин.	T _о , мин	
005	1	3	0,75/0,15	98,9	500	0,47	
	2	2	0,18	10	800	0,38	
	3	3	0,15	15	800	0,85	
	4	2,5	0,15	12,6	800	0,29	
	5	0,35	0,5	14,6	800	0,09	
	6.1	0,1	0,8	7,4	400	0,16	
	6.2	0,05	0,6	9,4	500	0,12	
	7	8	0,4	24,3	500	0,31	
	8	0,35	0,6	13	250	0,41	
	9.1	0,1	1	8,5	160	0,39	
	9.2	0,05	0,7	8,5	160	0,55	
	10	8,5	0,4	24,3	500	0,31	
						4,78	
	015	Поз1	1	0,75/0,15	98,9	500	0,36
2			0,18	10	800	0,11	
3			4,5	0,26	20,8	630	0,48
4			0,6	0,75	11,8	160	0,53
5.1			0,1	1	8,9	160	0,23
5.2			0,05	0,8	9	160	0,28
Поз2		6	4,5	0,1	8,9	315	7,33
		7	3	0,75/0,15	98,9	500	0,36
		8	2	0,18	10	800	0,11
		9	4,5	0,1	8,9	315	0,48
		10	1,5	0,8	9,4	250	0,1
		Поз.3	11	3	0,75/0,15	98,9	500
12			2	0,18	10,0	800	0,11
13			4,5	0,1	8,9	315	1,34
14			1,5	0,8	9,4	250	0,05
15			9	0,35	11,3	200	1,4
16			7,5	1,4	25,9	250	0,28
17			2,85	0,8	12,2	100	1,2
18.1			0,1	1,2	9,8	80	1,0
18.2		0,05	0,9	12,2	100	1,07	

1.2 Конструкторская часть

1.2.1 Обоснование и описание конструкции приспособления

Приспособление разрабатываем для операции 015 в соответствии с принятой схемой базирования. Установку заготовки в приспособление для сверлильно - фрезерной обработки обеспечивает постоянство закрепления в определенном положении заготовок относительно режущего инструмента и позволяет вести обработку с достаточной высокой точностью и меньшими затратами времени, т.к. исключает время на выверку заготовки.

Приспособление состоит из плиты позиция 1 к которой крепятся пластинки позиция 14 с помощью винтов позиция 16, пластина позиция 5 с помощью винта позиция 13, корпус позиция 2 с помощью позиция 15. В плиту устанавливаются установочные пальцы и установ В корпус позиция 2 и 3 вкручиваются шпилька и контргается гайка позиция 11. На шпильку надевается шайба позиция 10 с пружиной позиция 7 и 8, устанавливается прихват позиция 6 и крепится сверху гайка позиция 18.

Для ориентации приспособления на столе применяются установы позиция 9. Для крепления приспособления к столу станка в корпусе имеются 4 паза.

1.2.2 Расчёт приспособления на точность

При расчёте приспособления на точность необходимо определить погрешность установки заготовки в приспособлении, которая определяется как:

$$\varepsilon_y = \sqrt{\varepsilon_6^2 + \varepsilon_{3.0}^2 + \varepsilon_{пр}^2}, \quad (1.40)$$

где ε_6 – погрешность базирования, мм;

$\varepsilon_{3.0}$ – основная погрешность закрепления, мм;

$\varepsilon_{пр}$ – погрешность приспособления, мм.

Определяем погрешности базирования.

Для размеров на выполняемое отверстие $\varnothing 24D10$ и длину $15^{+0.43}$, $\varnothing 18H9$ и длину 28^{+2} , $95_{-0.87}$:

Все размеры выполняются за одну установку. Технологическая база не совпадает с измерительной $\varepsilon_6 = 0,2$ мм.

Погрешность закрепления действует не на продолжительный участок заготовки, следовательно упругими деформациями можно пренебречь $\varepsilon_{3.0}=0$.

Погрешность приспособления не связана с установкой заготовки в приспособление, поэтому ею пренебрегаем $\varepsilon_{пр}=0$

$$\varepsilon_y = \sqrt{200^2 + 0 + 0} = 200 \text{ мкм.}$$

Приспособление удовлетворяет требованиям точности, т. к. погрешность установки не превышает допуска на выполняемые размеры.

1.2.3 Силовой расчёт механизма

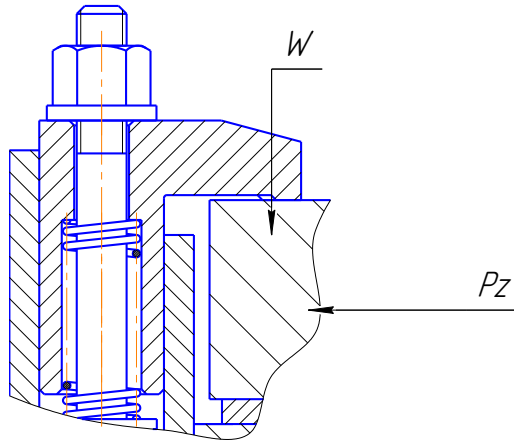


Рисунок 1.7 Схема зажима заготовки

Зажим производится винтовым механизмом с помощью Г – образным прихвата. Непосредственно зажим осуществляется гайкой и неподвижной шпилькой. Необходимо рассчитать диаметр резьбы.

Усилие зажима:

$$W=5 \cdot K \cdot P, \quad (1.41)$$

где K – коэффициент запаса, $K=1,5$;

P – максимальная сила резания на данной операции, $P=6730$ Н.

$$W=5 \cdot 1,5 \cdot 6730 = 50475 \text{ Н.}$$

Допустимое усилие зажима по условию прочности для основной метрической резьбы

$$W=0,5 \cdot d^3 \cdot [\sigma]_p, \quad (1.42)$$

где d – номинальный диаметр резьбы, мм;

$[\sigma]_p=100$ Мпа – допустимое напряжение при растяжении;

$$d = \sqrt[3]{\frac{W}{0,5 \cdot [\sigma]_p}} = \sqrt[3]{\frac{50475}{0,5 \cdot 100}} = 10 \text{ мм.}$$

Принимаем $d=10$ мм.

Определение усилия зажима

$$Pl = W \cdot \left[\frac{d_{cp}}{2} \cdot \operatorname{tg}(\lambda + \rho') + \frac{f}{3} \cdot \frac{D^3 - D_o^3}{D^2 - D_o^2} \right], \quad (1.43)$$

где W – осевая сила;

d_{cp} – средний диаметр резьбы;

λ – угол подъема винтовой линии;

$\rho' = \arctg(f / \cos \alpha)$ (f – коэффициент трения, α – угол профиля резьбы);

f_1 – коэффициент трения на опорной поверхности гайки ($f_1=f$);

D – наибольший диаметр опорной поверхности гайки;

D_o – диаметр отверстия для болта в шайбе.

$$P_1 = 50475 \cdot \left[\frac{8,863}{2} \cdot \operatorname{tg}(21,531 + 16,69) + \frac{0,15}{3} \cdot 18 \frac{18,8^3 - 11^3}{20,8^2 - 11^3} \right] = 368 \text{ Н} \cdot \text{мм}.$$

Момент заворачивания гайки

$$M_1 = P_1 = 368 \text{ Н} \cdot \text{мм}.$$

$$W = \frac{P_1}{L}, \quad (1.44)$$

$$W = \frac{368}{42,5} = 8,7 \text{ Н}.$$

Момент прикладываемый к ключу

$$M = P_{\text{кл}} \cdot L, \quad (1.45)$$

где $P_{\text{кл}} = (200-300 \text{ Н})$ - сила прикладываемая к ключу;

L – плечо.

$$M = 250 \cdot 140 = 35000 \text{ Н} \cdot \text{мм}.$$

1.2.4 Проектирование специального режущего и мерительного инструмента

1.2.4.1 Проектирование фасонной фрезы

Фасонная фреза ФЮРА.А11.177.006 предназначена для обработки внутренней поверхности диаметром 40 мм на операции 015 ФЮРА.А11.177.004. Расчет сводится к выбору основных параметров фрезы [20,с.84].

Диаметр фрезы принимают из соотношения:

$$d_{\text{фр}} = (0,85 \dots 0,9) \cdot d_{\text{отв.}}, \quad (1.46)$$

$$d_{\text{фр}} = 0,85 \cdot 38 = 32 \text{ мм}.$$

Длина рабочей части $l_{\text{фр}}$ равна длине канавки. Принимаем $l_{\text{фр}} = 10 \text{ мм}$.

Материал режущей части принимаем Р6М5.

Фрезу затачиваем по передней поверхности под углом $\gamma = 10^\circ$ (от $10^\circ - 15^\circ$), задний угол $\alpha = 10^\circ$. Число зубьев фрезы $z = 10$.

1.2.4.2 Проектирование калибра симметричности ФЮРА.А11.177.005

По ГОСТ 16085 – 80 принимаем позиционный допуск T_p , по формуле:

$$T_p = \delta L, \quad (1.47)$$

где δL – предельные отклонения размера, координирующего оси поверхностей изделия в системе полярных координат.

$$T_p = 0,3 \text{ мм} = 300 \text{ мкм}.$$

Предельные отклонения и допуски диаметров измерительных элементов калибра определяем в зависимости от позиционного допуска осей изделия $T_p = 0,36 \text{ мм}$.

$$F = 0,032 \text{ мм}, H = 0,010 \text{ мм}, W = 0,012 \text{ мм},$$

где F – основное отклонение, мм;

H – допуск на изготовление, мм;

W – величина износа, мм.

Наибольшие предельные размеры измерительного элемента определяем по формуле:

$$d_{kmax} = D_{min} - T_p + F, \quad (1.48)$$

где D_{min} – наименьший предельный размер отверстия, мм.

$$d_{kmax} = 6 - 0,3 + 0,032 = 5,732 \text{ мм.}$$

Наименьшие предельные размеры измерительного элемента определяем по формуле:

$$d_{kmin} = d_{kmax} - H, \quad (1.49)$$

где D_{min} – наименьший предельный размер отверстия, мм.

$$d_{kmin} = 5,732 - 0,01 = 5,722 \text{ мм.}$$

Размер предельно изношенного измерительного элемента калибра определяем по формуле:

$$d_{k-W} = d_{kmax} - H - W, \quad (1.50)$$

$$d_{k-W} = 5,732 - 0,010 - 0,012 = 5,710 \text{ мм.}$$

Определяем позиционный допуск осей калибра:

$$T_{pk} = 0,020 \text{ мм.}$$

При нормировании и контроле размеров, координирующих оси отверстий калибра, должны быть соблюдены следующие требования:

- предельные отклонения размеров между осями двух любых отверстий калибра $\delta L_{\Sigma k} = \pm 0,020 \text{ мм}$;

- предельное отклонение осей отверстий калибра от общей плоскости $\delta_{yk} = 0,010 \text{ мм}$.

1.3 Организационная часть

1.3.1 Нормирование технологического процесса механической обработки

Норма времени [7,8]:

$$T_{шт-к} = T_{шт} + \frac{T_{п-з}}{n}, \quad (1.51)$$

где $T_{шт-к}$ – штучно-калькуляционное время выполнения работ на станках, мин;

$T_{шт}$ – норма штучного времени, мин;

$T_{п-з}$ – норма подготовительно-заключительного времени, мин.

Для станков с ЧПУ:

$$T_{шт} = (T_o + T_v \cdot K_{тв}) \cdot \left(1 + \frac{A_{обс} + A_{отд}}{100} \right), \quad (1.52)$$

где $T_{цА} = T_o + T_{мв}$, – время цикла автоматической работы станка по программе, мин.

T_o – основное время на обработку одной детали, мин;

$T_{мв}$ – машинно-вспомогательное время по программе (на подвод детали или инструмента от исходных точек в зоны обработки и отвод; установку инструмента на размер, смену инструмента, изменение величины и направления подачи, время технологических пауз.), мин;

T_B – вспомогательное время, мин;

$K_{\text{тв}}$ – поправочный коэффициент вспомогательного времени;

$A_{\text{обс}}$ – время на обслуживание рабочего места, %;

$A_{\text{отд}}$ – время на отдых и личные надобности, %.

$T_B = T_{\text{уст}} + T_{\text{опер}} + T_{\text{изм}}$, мин, где

$T_{\text{уст}}$ – время на установку и снятие детали, мин;

$T_{\text{опер}}$ – время, связанное с операцией, мин;

$T_{\text{изм}}$ – время на измерение, мин.

$T_{\text{п-3}} = T_{\text{п-31}} + T_{\text{п-32}} + T_{\text{п-3.обр}}$,

(1.53)

Где $T_{\text{п-31}}$ – время на организационную подготовку, мин;

$T_{\text{п-32}}$ – время на наладку станка, мин;

$T_{\text{п-3.обр}}$ – нормы времени на пробную обработку, мин.

Результаты нормирования рассчитаны на основе литературы [7,8] и приведены в таблице 1.13.

Таблица 1.13 – Расчет норм времени

№ операции	Содержание работы	Источник	Время, мин
005	Сверлильно-фрезерная с ЧПУ		
	1. Основное время		4,78
	2. Вспомогательное время:		
	время, связанное с операцией	Карта 14, поз.1-6	6,1
	время на установку и снятие изделия	Карта 13, поз. 3	0,4
	машинно-вспомогательное время по программе		1,5
	Коэффициент на вспомогательное время		1,0
	Суммарное вспомогательное время		8,0
	3. Время на обслуживание рабочего места, время перерывов на отдых и личные надобности	Карта 16 Поз.39	14%
	5. Подготовительно-заключительное время на партию, на наладку станка, инструмента и приспособлений, на дополнительные приёмы	Карта 26,	28,6
015	Штучное время		9,27
	Штучно-калькуляционное время		9,56
	Сверлильно-фрезерная с ЧПУ		
	1. Основное время		19,44
	2. Вспомогательное время:		
	время, связанное с операцией	Карта 14, поз.1-6	22,4
	время на установку и снятие изделия	Карта 13,	0,6

Продолжение таблицы 1.13

	машинно-вспомогательное время по программе Коэффициент на вспомогательное время Суммарное вспомогательное время 3. Время на обслуживание рабочего места, время перерывов на отдых и личные надобности 4. Подготовительно-заключительное время на партию, на наладку станка, инструмента и приспособлений, на дополнительные приёмы Штучное время Штучно-калькуляционное время	поз. 3 Карта 16 Поз.39 Карта 26	1,5 14% 28,6 46,66 46,96
025	Сверлильно-фрезерная с ЧПУ 1. Основное время 2. Вспомогательное время: время, связанное с операцией время на установку и снятие изделия машинно-вспомогательное время по программе Коэффициент на вспомогательное время Суммарное вспомогательное время 3. Время на обслуживание рабочего места, время перерывов на отдых и личные надобности 5. Подготовительно-заключительное время на партию, на наладку станка, инструмента и приспособлений, на дополнительные приёмы Штучное время Штучно-калькуляционное время	 Карта 14, поз.1-6 Карта 13, поз. 3 Карта 16 Поз.39 Карта 26,	1,89 5,6 0,6 1,5 1,0 7,7 14% 28,6 9,85 10,15

1.3.2 Расчет потребляемого количества оборудования и коэффициентов его загрузки

Расчетное количество станков для обработки годовой программы деталей определяется по формуле[13]:

$$C_p = \frac{T_{шт-к} \cdot N}{60 \cdot F_d}, \quad (1.54)$$

где C_p – расчётное количество станков данного типа, шт;

F_d – действительный годовой фонд времени работы оборудования, час:

$$F_d = F_n \cdot K_n, \quad (1.55)$$

где $F_n = 1920$ – номинальный годовой фонд времени работы оборудования, час;

$K_n = 0,97$ – коэффициент, учитывающий потери времени при ремонте оборудования.

$$F_d = 1920 \cdot 0,97 = 1860 \text{ ч.}$$

Коэффициент загрузки оборудования:

$$K_{zo} = \frac{C_p}{C_{\Pi}} \cdot 100, \quad (1.56)$$

где C_{Π} – принятое число станков.

Результаты расчёта приведены в таблице 1.14:

Таблица 1.14 – Определение необходимого количества оборудования и коэффициентов его загрузки

№ операции	$T_{\text{шт-к}}, \text{ мин}$	C_p	C_{Π}	$K_{zo}, \%$
005, 020	9,56+ +10,15=19,71	0,35	1	35
015	46,96	0,84	1	84

Средний коэффициент загрузки $K_{zo. \text{ ср. }} = 59,5\%$.

Коэффициент загрузки оборудования получился небольшим, поэтому следует произвести дозагрузку оборудования за счёт изготовления изделий другой номенклатуры. На Рис 5.1 приведён график загрузки оборудования:

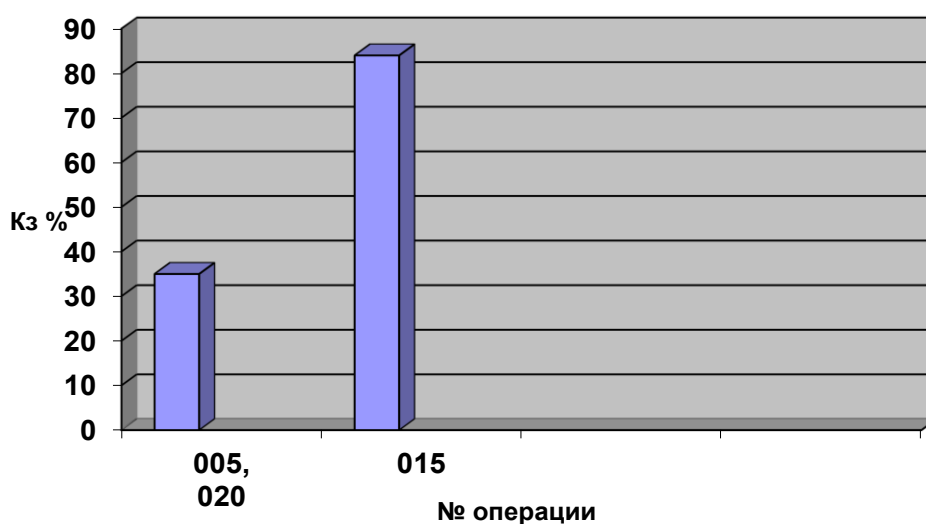


Рисунок 1.8 График загрузки оборудования

1.3.3 Расчет состава работающих

Расчет производился по методическим указаниям [2].

Количество производственных рабочих рассчитывается на основе общей трудоёмкости изготовления изделия по формуле:

$$P = \frac{N \cdot \sum T_{\text{шт.-к.и}}}{60 \cdot F_{\text{др}} \cdot K_M}, \quad (1.56)$$

где $F_{\text{др}}$ – действительный годовой фонд времени рабочих в часах,
 $F_{\text{др}} = 1860$, час;

K_M – коэффициент многостаночного обслуживания, для мелкосерийного производства $K_M = 1,1$.

Станок ГФ2171С6

$$P = \frac{2000 \cdot 19,71}{60 \cdot 1860 \cdot 1,1} = 0,32.$$

Принимаем количество рабочих 1.

Станок ИР320ПМФ4

$$P = \frac{2000 \cdot 46,96}{60 \cdot 1860 \cdot 1,1} = 0,77.$$

Принимаем количество рабочих 1.

Число вспомогательных рабочих составляет (18 - 25)% от количества производственных рабочих, инженерно - технических работников – (11 – 13)%, служащих – (4 – 5)%, младшего обслуживающего персонала – (2 – 3)% от общего количества производственных и вспомогательных рабочих.

Сводная ведомость численности персонала представлена в таблице 1.15.

Таблица 1.15 – Ведомость численность персонала

Наименование профессий	Количество работающих
Производственные рабочие	2
Вспомогательные рабочие	1
Инженерно – технические работники	1
Служащие	1
Младший обслуживающий персонал	1
Итого работающих	6

Список используемых источников

1. Балабанов А.Н. Краткий справочник технолога-машиностроителя. – М.: Издательство стандартов, 1992. – 464 с.
2. ГОСТ 7505-89 "Поковки стальные штампованные", 26 с.
3. ГОСТ 1050-88 "Сталь качественная и высококачественная. Сортовой и фасонный прокат. Калиброванная сталь", 12 с.
4. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. Т1/ Под ред. А.Г. Косиловой, Р.К. Мещерякова. – М.: Машиностроение, 1985. – 656 с.
5. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. Т2/ Под ред. А.Г. Косиловой, Р.К. Мещерякова. – М.: Машиностроение, 1985. – 496 с.
6. 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.
7. Общемашиностроительные нормативы резания для технического нормирования на металлорежущих станках. - М.: Машиностроение, 1967. – 412
8. Общемашиностроительные нормативы времени вспомогательного, на обслуживание рабочего места и поготовительно-заключительного для технического нормирования станочных работ. - М.: Машиностроение, 1967. – 410с.
9. Горошкин А.К. Приспособления для металлорежущих станков. Справочник. М.: Машиностроение, 1971. – 384 с.
10. Станочные приспособления: Справочник. В 2-х т. Т1/ Под ред. Б.Н. Вардашкина, А.А. Шатилова. - М.: Машиностроение, 1984. – 592 с.
11. Станочные приспособления: Справочник. В 2-х т. Т2/ Под ред. Б.Н. Вардашкина, В.В. Данилевского. - М.: Машиностроение, 1984. – 656 с.
12. Ансеров М.А. Приспособления для металлорежущих станков. – Л.: Машгиз, 1960. – 624 с.

13. Расчет экономической эффективности новой техники. Справочник/
Под ред. К.М. Великанова. – Л.: Машиностроение, 1990. – 448 с.