



## АННОТАЦИЯ

Кузьмин Алексей Александрович. Технологический процесс изготовления крышки силового гидроцилиндра. Выпускная квалификационная работа (бакалаврская работа). Тольятти. Тольяттинский государственный университет, 2018. 61 с.

В выпускной квалификационной работе (ВКР) рассмотрены вопросы проектирования техпроцесса изготовления детали «крышки силового гидроцилиндра» для массового типа производства.

Проведено исследование оптимального режима резания при точении и оптимального режима резания при торцевом фрезеровании. Моделирование проводилось с помощью классического подхода для решения однокритериальной задачи оптимизации при резании, которая сводится к задаче нелинейного программирования. В качестве целевой функции принималась производительность, а все другие выходные характеристики процесса образуют ограничения. Главное, что отличает предложенный подход, это возможность автоматического определения оптимального режима резания при изменении глубины резания в процессе обработки. Такой алгоритм полностью приспособлен к использованию в современных САМ-системах и позволит, наконец, отказаться от ручного задания режима резания при токарной обработке или торцевом фрезеровании.

# СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
1 Исходные данные	5
2 Технологическая часть работы	8
3 Проектирование системы автоматического управления	37
4 Безопасность и экологичность технического проекта	45
5 Экономическая эффективность работы	49
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	53
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	54
ПРИЛОЖЕНИЯ	57

## ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время в машиностроении единственным наиболее эффективным методом управления процессом резания можно считать управление по априорной информации с использованием в качестве средства управления САМ-системы. В таком направлении ведутся научные исследования и накапливается позитивный опыт. Теперь можно увидеть первые результаты воплощения таких идей в разработках известных фирм в области создания САМ-систем. Наиболее «продвинутыми» в таком направлении являются программные продукты Mastercam, VeriCut.

Эффективность такого управления полностью будет зависеть от адекватности математической модели, заложенной в программное обеспечение. Поэтому появляется новый заказ производителей к научным работникам: получить более адекватные математические модели процессов резания для разных видов и разных условий обработки. В результате именно сейчас следует ожидать нового пика в исследовательских работах по теории резания металлов.

## 1 Исходные данные.

Деталь «крышка силового гидроцилиндра» является одним из важных элементов гидроцилиндра и предназначена для предотвращения утечек масла из цилиндра и создания различного сопротивления движению (регулировка давления масла) в гидроцилиндре. Крышка установлена в гидроцилиндре.

Все узлы гидроцилиндра работают без сильных нагрузок, поэтому и крышка не испытывает сильных напряжений и не подвергается сильному износу.

Таблица 1.1

Поверхность	Номер
ИП	24, 23, 17, 27, 21, 19, 20
ОКБ	2, 5
ВКБ	25,26, 16, 14, 15, 10 , 31, 22
СП	все остальные

Необходимо задать допуск на расположение отверстий под винты, чтобы обеспечить точное позиционирование крышки силового гидроцилиндра при сборке.

Анализ технологичности конструкции крышки силового гидроцилиндра



Это является целесообразным в условиях массового производства. Оснастку можно применять универсальную. Все поверхности требующие контроля доступны для его проведения.

Исходные параметры техпроцесса.

Определение типа производства. Его характеристика.

Исходя из массы детали ( $\approx 3,02$  кг) и годового объема выпуска (300 тыс. шт.), принимаем массовый тип производства.

Такт выпуска детали будет:

$$\tau_p = \frac{\Phi \cdot 60}{N}, \quad (1.1.)$$

где  $\Phi$  – при двусменной работе рабочих,  $\Phi = 4015$  часов;

$N$  – годовой объем выпуска изделий,  $N = 300\ 000$  шт.

Тогда  $\tau_p = 4015 \cdot 60 / 300000 = 0,803$  мин.

## 2 Технологическая часть работы.

Экономическое обоснование выбора метода получения заготовки.

$$C_{\text{тд}} = C_{\text{заг}} \cdot Q_3 + C_{\text{мех}} (Q_3 - Q_д) - C_{\text{отх}} (Q_3 - Q_д), \quad (2.1)$$

где

$Q_3$  – масса отливки;

$Q_д$  – масса детали.

Определим массы заготовок, полученных разными методами:

$$Q_3 = Q_д / K_u, \quad (2.2.)$$

где  $Q_д$  – масса детали,  $Q_д = 3,02$  кг.

- для литья в земляные формы  $K_{u1} = 0,9$ ; следовательно,  $Q_1 = 3,02/0,9 = 3,35$  кг;

- для литья в оболочковые формы  $K_{u2} = 0,7$ ; следовательно,  $Q_2 = 3,02/0,7 = 4,31$  кг;

Определим стоимость механической обработки по формуле 2.3:

$$C_{\text{мех1}} = C_{\text{мех2}} = 14,7 + 0,15 \cdot 32,55 = 19,58 \text{ руб./кг.} \quad (2.3)$$

Подставим полученные данные в формулу 2.3:

- в земляные формы:  $C_{\text{тд1}} = 45,41$  руб.;

- в оболочковые формы:  $C_{m\partial 2} = 100,85$  руб.

Оптимальным методом получения заготовки является литье в земляные формы.

Экономический эффект составит:

$$\mathcal{E} = (C_{m\partial 2} - C_{m\partial 1}) \cdot N = (100,85 - 45,41) \cdot 300000 = 16632000 \text{ руб.}$$

Таблица 2.1 – Допуски и припуски.

Размер, мм	Поверхность	Допуск, мм	Припуск, мм	Расчетный размер, мм	Окончательный размер, мм
122	33	3,2	-	-	122±1,6
80	5	3,2	4,8	80+(2*4,8)	89,6±1,6
16	14	2,0	2,8	16-(2*2,8)	10,4±1,0
19	16	2,0	2,5	19-(2*2,5)	14±1,0
50	10	2,4	3,3	50+(2*3,3)	56,6±1,2
86	30	2,8	-	-	86±1,4
15	2	2,0	2,8	15+2,8	17,8±1,0
10	1	2,0	2,6	10+2,6	12,6±1,0
8	4	1,6	2,2	8+2,2	10,2±0,8
108	28	3,2	-	-	108±1,6
66	-	2,4	-	66+2,6+2,2	70,8±1,2
Остальные требования по ГОСТ 26645-85					

Чертеж отливки представлен на листе графической части.

На поверхности 5 произвели расчет припусков расчетно-аналитическим методом. В результате получили  $\varnothing 91,050$  (будем использовать его в дальнейших расчетах).

Анализ известных и разработка нового технологического маршрута.

Базами на операции 10 служат торец 4 и цилиндрическая поверхность 30, на операции 20 служат торец 1 и цилиндрическая поверхность 5.

Дальнейшая обработка будет производиться на агрегатном станке, базирование детали будет осуществляться по торцу 1, цилиндрической поверхности 5 и отверстию 14.

Таблица 2.2 – Технологические базы.

№ операции	Название	№ опорных точек	Характер появления		Реализация		Операционные размеры	Единство баз
			Явная	Скрытая	Естественная	Искусственная		
10	У	1,2,3	+	-	+	-	Z <sup>10</sup> , Э <sup>10</sup> 2Б <sup>10</sup> , 2J <sup>10</sup>	+
	ДО	4,5	-	+	+	-		
	О	6	+	-	+	-		
20	У	1,2,3	+	-	+	-	Э <sup>20</sup> 2Q <sup>20</sup> , 2Ж <sup>20</sup>	+
	ДО	4,5	-	+	+	-		
	О	6	+	-	+	-		
30	У	1,2,3	+	-	+	-	УК <sup>30</sup> , КК <sup>30</sup> , ПЗ <sup>30</sup> , ЖП <sup>30</sup> , Й <sup>30</sup> , ЛА <sup>30</sup> 2У <sup>30</sup> , 2Н <sup>30</sup> , 2П <sup>30</sup> , 2И <sup>30</sup> , 2Щ <sup>30</sup> , 2Г <sup>30</sup> , 2Ш <sup>30</sup> , 2Х <sup>30</sup> , 2Ц <sup>30</sup> , 2Ф <sup>30</sup> , 2Т <sup>30</sup>	+
	ДО	4,5	-	+	+	-		
	О	6	-	+				

Технологический маршрут и план изготовления крышки силового гидроцилиндра.

Таблица 2.3 – Технологический маршрут изготовления крышки.

№ операции	Наименование, модель оборудования	Наименование операции, № позиции	Содержание операции, № обрабатываемых поверхностей	точность (IT)	Ra, мкм
00		Заготовительная	Отливка(1,2,32,31,4,16,14,5,33,30,10)	16	32
10	Токарный многошпиндельный горизонтальный полуавтомат 1Б240П-6К	Токарная многошпиндельная			
		позиция 1	загрузить/выгрузить		
		позиция 2	точить поверхность 5, торец 2,1	12	12,5
		позиция 3	точить поверхность 5, торец 2,1	10	6,3
		позиция 4	снять фаску, проточить канавку поверхность 7,6		6,3
		позиция 5	сверлить отверстие поверхность 19	12	12,5
		позиция 6	точить поверхность 5, торец 2	8	1,6
20	Токарный многошпиндельный горизонтальный полуавтомат 1Б240П-6К	Токарная многошпиндельная			
		позиция 1	загрузить/выгрузить		
		позиция 2	точить поверхность 10, торец 4	12	12,5
		позиция 3	точить поверхность 10, торец 4	10	6,3
		позиция 4	снять фаску, проточить канавку поверхность 9,11		
		позиция 5	точить поверхность 10	8	1,6
		позиция 5I	резервная		

Продолжение таблицы 2.3

30	Многопозиционный агрегатный станок прямоточного типа	позиция I	загрузить/выгрузить		
		позиция II	зенкеровать отверстие 16, сверлить 4 отверстие 25	12 12	12,5
		позиция III	зенковать 4 отверстие 26 зенкеровать/развернуть отв. 14	11 8	12,5 2,5
		позиция IV	сверлить отверстие 20 сверлить отверстие 24,	12 12	12,5
		позиция V	Контролировать отверстие 24		
		позиция VI	сверлить отверстие 23 сверлить отверстие 29,	12 12	12,5
		позиция VII	нарезать резьбу в отверстии 23 нарезать резьбу в отверстии 24	7	2,5
		позиция VIII	нарезать резьбу в отверстии 16 (поверхность 17)	7	2,5
40	Слесарная	(Убрать заусенцы, исключить острые кромки)			
50	Моечная специальная машина	Моечная			
60		Контрольная	Контролировать выполнение технических требований		
Примечание:					
1) На операции 30 позиция IV, VI, II при сверлении используется комбинированный инструмент, которые осуществляет сверление и образование фаски;					
2) На операциях, где используются сверла, зенкеры, развертки необходимо использовать индукционные датчики для фиксации поломки инструмента					

План изготовления детали выполнен в соответствии с указаниями.

Выбор СТО.

Примем во внимание, что тип производства детали – массовый.

#### 10. Многошпиндельная токарная

*Оборудование* – многошпиндельный горизонтальный патронный полуавтомат 1Б240П-6К.

На станке используются: резцедержатель 191811002, стол поворотный делительный с электромеханическим приводом УМ4135.

*Приспособления* – самоцентрирующий трехкулачковый патрон ГОСТ 2675-80

*Режущие инструменты:*

позиция II - резец сборный проходной с материалом режущей пластины Т5К10, ГОСТ 19048-80;

позиция III – резец сборный проходной с материалом режущей пластины Т5К10, ГОСТ 19048-80;

позиция IV – резец проходной с материалом режущей пластины Т5К10, ГОСТ 18868-73; резец отрезной с материалом режущей пластины Т5К10, ГОСТ 18874-73;

позиция V- сверло спиральное Ø5 из б/р стали Р6М5 с цилиндрическим хвостовиком средняя серия ГОСТ 10902-77;

позиция VI – резец сборный проходной с материалом режущей пластины Т5К10, ГОСТ 19048-80;

*Мерительные и контрольные инструменты и приспособления:*

позиция II – скоба рычажная, гладкий калибр-пробка, ГОСТ 24853-81;

позиция III – скоба рычажная ГОСТ 24853-81;

позиция V- калибр гладкий, пробка ГОСТ 24853-81; штангенглубиномер ШГ-160, ГОСТ 162-80;

позиция VI – датчик активного контроля БВ 4100;

*СОЖ* – 5%-ая эмульсия.

## 20. Многошпиндельная токарная

*Оборудование* – многошпиндельный горизонтальный патронный полуавтомат 1Б240П-6К.

На станке используются: резцедержатель 191811002, стол поворотный делительный с электромеханическим приводом УМ4135.

*Приспособления* – самоцентрирующий трехлапчатый патрон ГОСТ 2675-80

*Режущие инструменты:*

позиция II - резец сборный проходной с материалом режущей пластины Т5К10, ГОСТ 19048-80;

позиция III – резец сборный проходной с материалом режущей пластины Т5К10, ГОСТ 19048-80;

позиция IV – резец проходной с материалом режущей пластины Т5К10, ГОСТ 18868-73; резец отрезной с материалом режущей пластины Т5К10, ГОСТ 18874-73;

позиция V – резец сборный проходной с материалом режущей пластины Т5К10, ГОСТ 19048-80;

*Мерительные и контрольные инструменты и приспособления:*

позиция II – скоба рычажная, гладкий калибр-пробка, ГОСТ 24853-81;

позиция III – скоба рычажная ГОСТ 24853-81;

позиция VI – датчик активного контроля БВ 4100;

*СОЖ* – 5%-ая эмульсия.

### 30. Агрегатная

*Оборудование* – многопозиционный агрегатный станок прямооточного типа.

На станке используются: сверлильные бабки УЕ4122 с зубчатым приводом, стол поворотный делительный с электромеханическим приводом УМ4135.

*Приспособления* – специальные

*Режущие инструменты:*

позиция II – Зенкер Ø19 средняя серия ГОСТ 10902-77;

позиция III – комбинированный инструмент Ø14 Р6М5, зенковки Ø17 цилиндрические из б/р стали Р9Ф5 по ОСТ1;

позиция IV – Сверла спиральные 10, 5 из б/р стали Р6М5 с цилиндрическим хвостовиком средняя серия ГОСТ 10902-77;

позиция VI - Сверла спиральные 10, 5 из б/р стали Р6М5 с цилиндрическим хвостовиком средняя серия ГОСТ 10902-77;

позиция VII – метчики для нарезания метрической резьбы М10 по ГОСТ 3266-81;

позиция VIII- метчик для нарезания метрической резьбы М22 по ГОСТ 3266-81;

*Мерительные и контрольные инструменты и приспособления:*

позиция II - гладкие калибры-пробки, ГОСТ 24853-81;

позиция III – гладкие калибры-пробки, ГОСТ 24853-81;

позиция IV - гладкие калибры-пробки, ГОСТ 24853-81;

позиция VI - гладкие калибры-пробки, ГОСТ 24853-81;

позиция VII – резьбовые калибры, ГОСТ 24939-81;

позиция VIII – резьбовой калибр, ГОСТ 24939-81.

*СОЖ* - 5%-ая эмульсия Э-2.

Проектирование технологических операций.

На этом этапе производится дальнейшая детализация и уточнение разработанных ранее технологического маршрута и плана изготовления детали. Цель этапа – получение исходных данных для разработки маршрутных и операционных карт.

Выбор режимов резания

Расчет режимов резания для операций 10, 20 проводим согласно методики, для операции 30 – по эмпирическим зависимостям. Причем расчет будет вестись не по всем позициям, а только по той, значение основного технологического времени которой является лимитирующим для всей операции в целом (кроме операции 10 – многошпиндельной).

При расчётах режимов резания на многошпиндельные полуавтоматы следует учитывать, что поперечный суппорт для каждой позиции свой, а продольный суппорт один. Следовательно, он будет иметь одну подачу - наименьшую из всех подач на всех позициях.

Выбор структуры операции зависит от:

- числа позиций обработки;
- числа одновременно обрабатываемых на позиции заготовок;
- числа инструментов на позициях;
- характера совмещения переходов на позициях.

Операция 10(позиция II), точение поверхность 1,2,5:

1) *Определение длины рабочих ходов суппорта :*

а) Определим предварительно расчётные длины каждого инструмента

$l_{uPXp}$ :

$$l_{uPXp} = l_{uрез} + l_{uвр} + l_{uнд} + l_{uпер},$$

где  $l_{uрез}$  – длина резания итого инструмента;

$l_{uвр}$  – длина врезания;

$l_{uнд}$  – длина подхода на рабочей подачи;

$l_{uпер}$  – длина перебега.

1- Продольный суппорт:

Для резца №1:  $l_{uрез} = 11,9 \text{ мм}$ ;  $l_{uвр} = t \cdot \text{ctg } \varphi = 0$ ;  $l_{uнд} = 2 \text{ мм}$ ;  $l_{uпер} = 0$ ;

$$l_{uPXp} = 11,9 + 2 = 13,9 \text{ мм};$$

2- Поперечный суппорт:

Для резца №2:  $l_{uрез} = 44,3 \text{ мм}$ ;  $l_{uвр} = t \cdot \text{ctg } \varphi = 0$ ;  $l_{uнд} = 2 \text{ мм}$ ;  $l_{uпер} = 2$ ;

$$l_{uPXp} = 44,3 + 2 + 2 = 48,3 \text{ мм};$$

Для резца №3:  $l_{uрез} = 20,04 \text{ мм}$ ;  $l_{uвр} = t \cdot \text{ctg } \varphi = 0$ ;  $l_{uнд} = 2 \text{ мм}$ ;  $l_{uпер} = 0$ ;

$$l_{uPXp} = 20,04 + 2 = 22,04 \text{ мм};$$

б) Определим расчётные величины рабочих ходов каждого суппорта  $l_{i\text{супр}}$ :

$$l_{i\text{супр}} = l_{uPXp(\text{max})}$$

1- Продольный суппорт:  $l_{1\text{супр}} = 13,9 \text{ мм}$ ;

2- Поперечный суппорт:  $l_{2\text{супр}} = 48,3 \text{ мм}$ ;

2) *Выбор подачи:*

а) Выбрать  $S_{ир}$  для каждого из инструментов:

1- Продольный суппорт:

Для резца №1:  $S_{up} = 0,6^{мм}/об$ ;

2- Поперечный суппорт:

Для резца №2:  $S_{up} = 1,0^{мм}/об$ ;

Для резца №3:  $S_{up} = 0,6^{мм}/об$ ;

б) Определим расчётные подачи каждого суппорта  $S_{i\text{ суп } p}$ :

$$S_{i\text{ суп } p} = S_{up(\text{min})}$$

1- Продольный суппорт:  $S_{u\text{ суп } 1 p} = 0,6^{мм}/об$ ;

2- Поперечный суппорт:  $S_{u\text{ суп } 2 p} = 0,6^{мм}/об$ ;

в) Определим расчётные числа оборотов каждого из шпинделей  $n_{i\text{ pp}}$ :

1- Продольный суппорт:  $n_{1\text{ pp } p} = l_{1\text{ суп}} / S_{1\text{ суп } p} = 13,9 / 0,60 = 25^{об}/мин$ ;

2- Поперечный суппорт:  $n_{2\text{ pp } p} = l_{2\text{ суп}} / S_{2\text{ суп } p} = 48,3 / 0,6 = 80,5^{об}/мин$ ;

Принимаем  $n_{pn} = 80^{об}/мин$ .

*3) Определение частоты вращения главных шпинделей:*

а) Назначение периода стойкости инструмента:

Принимаем период стойкости каждого инструмента  $T = 240\text{ мин}$ .

б) Определим по нормативам скорости резания  $V_u$  для каждого инструмента:

1- Продольный суппорт:

Для резца №1:  $V_u = 63^м/мин$ ;

2- Поперечный суппорт:

Для резца №2:  $V_u = 70^м/мин$ ;

Для резца №3:  $V_u = 70^м/мин$ ;

в) Определим частоты вращения шпинделей  $n_n$  для каждого инструмента:

$$n_u = \frac{1000 \cdot V_u}{\pi \cdot d_u};$$

1- Продольный суппорт:

Для резца №1:  $n_u = \frac{1000 \cdot 63}{\pi \cdot 91,05} = 220,35 \text{ об/мин};$

2- Поперечный суппорт:

Для резца №2:  $n_u = \frac{1000 \cdot 70}{\pi \cdot 122} = 182,7 \text{ об/мин};$

Для резца №3:  $n_u = \frac{1000 \cdot 70}{\pi \cdot 91,05} = 244,86 \text{ об/мин};$

Принимаем наименьшее из значений  $n_u = 182,7 \text{ об/мин};$

Сравнив  $n_u$  с паспортными данными принимаем ближайшее  $n_{шт} = 185 \text{ об/мин}.$

4) *Определение действительных скоростей резания:*

$$V_{u.d} = \frac{\pi \cdot d_u \cdot n_{шт}}{1000}$$

1- Продольный суппорт:

Для резца №1:  $V_{u.d} = 52,89 \text{ м/мин};$

2- Поперечный суппорт:

Для резца №2:  $V_{u.d} = 70,86 \text{ м/мин};$

Для резца №3:  $V_{u.d} = 52,89 \text{ м/мин};$

5) *Определение времени цикла работы станка:*

а) Рассчитаем время рабочего хода:  $T_o = \frac{n_{pn}}{n_{шт}} = \frac{80}{185} = 0,44 \text{ мин}$

Операция 10(позиция III), точение поверхность 1,2,5:

1) *Определение длины рабочих ходов суппорта:*

а) Определим предварительно расчётные длины каждого инструмента  $l_{uPXp}$ :

$$l_{uPXp} = l_{uрез} + l_{uвр} + l_{uнд} + l_{uпер},$$

где  $l_{uрез}$  – длина резания итого инструмента;

$l_{uвр}$  – длина врезания;

$l_{uнд}$  – длина подхода на рабочей подачи;

$l_{uпер}$  – длина перебега.

#### 1- Продольный суппорт:

Для резца №5:  $l_{uрез} = 11,4 \text{ мм}$ ;  $l_{uвр} = t \cdot \text{ctg } \varphi = 0$ ;  $l_{uнд} = 2 \text{ мм}$ ;  $l_{uпер} = 0$ ;

$$l_{uPXp} = 12,4 + 2 = 14,4 \text{ мм};$$

#### 2- Поперечный суппорт:

Для резца №6:  $l_{uрез} = 41,144 \text{ мм}$ ;  $l_{uвр} = t \cdot \text{ctg } \varphi = 0$ ;  $l_{uнд} = 2 \text{ мм}$ ;  $l_{uпер} = 2$ ;

$$l_{uPXp} = 41,144 + 2 + 2 = 45,144 \text{ мм};$$

Для резца №4:  $l_{uрез} = 20,572 \text{ мм}$ ;  $l_{uвр} = t \cdot \text{ctg } \varphi = 0$ ;  $l_{uнд} = 2 \text{ мм}$ ;  $l_{uпер} = 0$ ;

$$l_{uPXp} = 20,572 + 2 = 22,572 \text{ мм};$$

б) Определим расчётные величины рабочих ходов каждого суппорта  $l_{i сун p}$ :

$$l_{i сун p} = l_{uPXp(max)}$$

1- Продольный суппорт:  $l_{1 сун p} = 14,4 \text{ мм}$ ;

2- Поперечный суппорт:  $l_{2 сун p} = 45,144 \text{ мм}$ ;

2) Выбор подачи:

а) Выбрать  $S_{up}$  для каждого из инструментов:

1- Продольный суппорт:

Для резца №5:  $S_{up} = 0,15^{мм}/об$ ;

2- Поперечный суппорт:

Для резца №6:  $S_{up} = 0.2^{мм}/об;$

Для резца №4:  $S_{up} = 0.2^{мм}/об;$

б) Определим расчётные подачи каждого суппорта  $S_{i\text{ суп } p}$ :

$$S_{i\text{ суп } p} = S_{up(\text{min})}$$

1- Продольный суппорт:  $S_{u\text{ суп } 1p} = 0.15^{мм}/об;$

2- Поперечный суппорт:  $S_{u\text{ суп } 2p} = 0.2^{мм}/об;$

в) Определим расчётные числа оборотов каждого из шпинделей  $n_{i\text{pp}}$ :

1- Продольный суппорт:  $n_{1\text{pp}} = l_{1\text{ суп}}/S_{1\text{ суп } p} = 14.4/0.15 = 96^{об}/мин;$

2- Поперечный суппорт:  $n_{2\text{pp}} = l_{2\text{ суп}}/S_{2\text{ суп } p} = 45.144/0.2 = 225,72^{об}/мин;$

Принимаем  $n_{pn} = 230^{об}/мин.$

*3) Определение частоты вращения главных шпинделей:*

а) Назначение периода стойкости инструмента:

Принимаем период стойкости каждого инструмента  $T = 240 \text{ мин.}$

б) Определим по нормативам скорости резания  $V_u$  для каждого инструмента:

1- Продольный суппорт:

Для резца №5:  $V_u = 90^м/мин;$

2- Поперечный суппорт:

Для резца №6:  $V_u = 120^м/мин;$

Для резца №4:  $V_u = 120^м/мин;$

в) Определим частоты вращения шпинделей  $n_u$  для каждого инструмента:

$$n_u = \frac{1000 \cdot V_u}{\pi \cdot d_u};$$

### 1- Продольный суппорт:

$$\text{Для резца №5: } n_u = \frac{1000 \cdot 90}{\pi \cdot 81,925} = 349,86 \text{ }^{об}/\text{мин};$$

### 2- Поперечный суппорт:

$$\text{Для резца №6: } n_u = \frac{1000 \cdot 120}{\pi \cdot 122} = 339,45 \text{ }^{об}/\text{мин};$$

$$\text{Для резца №4: } n_u = \frac{1000 \cdot 120}{\pi \cdot 81,925} = 466,8 \text{ }^{об}/\text{мин};$$

Принимаем наименьшее из значений  $n_u = 339,45 \text{ }^{об}/\text{мин}$ ;

Сравним  $n_u$  с паспортными данными принимаем ближайшее  $n_{\text{штп}} = 360 \text{ }^{об}/\text{мин}$ .

### *4) Определение действительных скоростей резания:*

$$V_{u\partial} = \frac{\pi \cdot d_u \cdot n_{\text{штп}}}{1000}$$

### 1- Продольный суппорт:

$$\text{Для резца №1: } V_{u\partial} = 92,6 \text{ }^M/\text{мин};$$

### 2- Поперечный суппорт:

$$\text{Для резца №2: } V_{u\partial} = 137,9 \text{ }^M/\text{мин};$$

$$\text{Для резца №3: } V_{u\partial} = 92,6 \text{ }^M/\text{мин};$$

### *5) Определение времени цикла работы станка:*

$$\text{а) Рассчитаем время рабочего хода: } T_o = \frac{n_{pn}}{n_{\text{штп}}} = \frac{230}{360} = 0,638 \text{ мин}$$

Операция 10 (позиция IV), точение фасок и канавок:

### *1) Определение длины рабочих ходов суппорта:*

а) Определим предварительно расчётные длины каждого инструмента  $l_{uPXP}$ :

$$l_{uPXp} = l_{uрез} + l_{uвр} + l_{uнд} + l_{uпер},$$

где  $l_{uрез}$  – длина резания итого инструмента;

$l_{uвр}$  – длина врезания;

$l_{uнд}$  – длина подхода на рабочей подачи;

$l_{uпер}$  – длина перебега.

1- Продольный суппорт:

Для резца №7:  $l_{uPXp} = 2 + 2 = 4 \text{ мм};$

2- Поперечный суппорт:

Для резца №8:  $l_{uPXp} = 2 + 2 = 2,25 \text{ мм};$

б) Определим расчётные величины рабочих ходов каждого суппорта  $l_{i\text{суп}p}$ :

1- Продольный суппорт:  $l_{1\text{суп}p} = 4 \text{ мм};$

2- Поперечный суппорт:  $l_{2\text{суп}p} = 4 \text{ мм};$

2) *Выбор подачи:*

а) Выбрать  $S_{up}$  для каждого из инструментов:

1- Продольный суппорт:

Для резца №7:  $S_{up} = 0,16^{мм}/об;$

2- Поперечный суппорт:

Для резца №8:  $S_{up} = 0,16^{мм}/об;$

б) Определим расчётные подачи каждого суппорта  $S_{i\text{суп}p}$ :

1- Продольный суппорт:  $S_{u\text{суп}1p} = 0,16^{мм}/об;$

2- Поперечный суппорт:  $S_{u\text{суп}2p} = 0,16^{мм}/об;$

в) Определим расчётные числа оборотов каждого из шпинделей  $n_{i\text{pp}}$ :

1- Продольный суппорт:  $n_{1\text{pp}p} = l_{1\text{суп}p} / S_{1\text{суп}p} = 4 / 0,16 = 25^{об}/мин;$

2- Поперечный суппорт:  $n_{2\text{pp}p} = l_{2\text{суп}p} / S_{2\text{суп}p} = 4 / 0,16 = 25^{об}/мин;$

Принимаем  $n_{pn} = 80^{об}/_{мин}$  (минимальное значение по паспорту станка)

3) *Определение частоты вращения главных шпинделей:*

а) Назначение периода стойкости инструмента:

Принимаем период стойкости каждого инструмента  $T = 240$  мин.

б) Определим по нормативам скорости резания  $V_u$  для каждого инструмента:

1- Продольный суппорт:

Для резца №7:  $V_u = 80^M/_{мин};$

2- Поперечный суппорт:

Для резца №8:  $V_u = 80^M/_{мин};$

в) Определим частоты вращения шпинделей  $n_u$  для каждого инструмента:

$$n_u = \frac{1000 \cdot V_u}{\pi \cdot d_u};$$

1- Продольный суппорт:

Для резца №7:  $n_u = \frac{1000 \cdot 80}{\pi \cdot 80,856} = 315,2^{об}/_{мин};$

2- Поперечный суппорт:

Для резца №8:  $n_u = \frac{1000 \cdot 80}{\pi \cdot 80,856} = 315,2^{об}/_{мин};$

Принимаем наименьшее из значений  $n_u = 315,2^{об}/_{мин};$

Сравнив  $n_u$  с паспортными данными принимаем ближайшее  $n_{шт} = 360^{об}/_{мин}.$

4) *Определение действительных скоростей резания:*

$$V_{u.д} = \frac{\pi \cdot d_u \cdot n_{шт}}{1000}$$

1- Продольный суппорт:

Для резца №7:  $V_{u.д} = 89,2^M/_{мин};$

## 2- Поперечный суппорт:

Для резца №8:  $V_{u\partial} = 89,2^м/мин$ ;

### 5) Определение времени цикла работы станка:

а) Рассчитаем время рабочего хода:  $T_o = \frac{n_{pn}}{n_{un}} = \frac{80}{360} = 0,22мин$

Операция 10(позиция V), сверление поверхность 19:

Расчет режимов резания на данной позиции будем, т.к. сверлильная головка является независимой от кинематики станка 1Б240П-6К и имеет собственную частоту вращения и подачу.

#### 1) Определение длины рабочего хода $l_{PX}$ :

$$l_{PX} = l_{рез} + l_{вр} + l_{нд},$$

где  $l_{рез}$  – длина резания инструмента;  $l_{uрез} = 50 мм$ ;

$l_{вр}$  – длина врезания;  $l_{uвр} = 0,3d = 0,3 * 5 = 1,5 мм$ ;

$l_{нд}$  – длина подхода на рабочей подачи;  $l_{uнд} = 2 мм$ ;

$l_{uPXp} = 2 + 1,5 + 50 = 53,5 мм$ ;

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

где  $C_v, q, y, m$  – коэффициенты, материал режущей части Р6М5:

$C_v = 14,7; q = 0,25; y = 0,55; m = 0,125$ .

$D$  – диаметр сверла,  $D = 5 мм$ ;

$$K_v = 1,0 \cdot 0,75 \cdot 0,935 = 0,701.$$

Подставив данные, получим:

$$V = \frac{14,7 \cdot 5^{0,25}}{240^{0,125} \cdot 0,18^{0,55}} \cdot 0,701 = 19,94 м/мин.$$

определение частоты вращения шпинделя:

$$n = 1000 \cdot 19,94 / 3,14 \cdot 5 = 1270,06 \text{ об/мин.}$$

минутная подача:

$$S_{\text{мин}} = 0,18 \cdot 1270 = 228,6 \text{ мм/мин.}$$

Основное технологическое время  $T_o = L_{PX} / S_{\text{мин}} = 53,5 / 228,6 = 0,23 \text{ мин.}$

Операция 10 (позиция VI), точение поверхность 2,5

1) *Определение длины рабочих ходов суппорта:*

а) Определим предварительно расчётные длины каждого инструмента  $l_{uPX}$ :

$$l_{uPX} = l_{u\text{рез}} + l_{u\text{вр}} + l_{u\text{нд}} + l_{u\text{пер}},$$

где  $l_{u\text{рез}}$  – длина резания этого инструмента;

$l_{u\text{вр}}$  – длина врезания;

$l_{u\text{нд}}$  – длина подхода на рабочей подаче;

$l_{u\text{пер}}$  – длина перебега.

1- Продольный суппорт:

Для резца №10  $l_{uPX} = 12,6 + 2 = 14,6 \text{ мм}$

2- Поперечный суппорт:

Для резца №9:  $l_{uPX} = 21 + 2 = 23 \text{ мм};$

б) Определим расчётные величины рабочих ходов каждого суппорта  $l_{i\text{суп}}$ :

1- Продольный суппорт:  $l_{1\text{суп}} = 23 \text{ мм};$

2- Поперечный суппорт:  $l_{2\text{суп}} = 14,6 \text{ мм};$

2) *Выбор подачи:*

а) Выбрать  $S_{up}$  для каждого из инструментов:

1- Продольный суппорт:

Для резца №10:  $S_{up} = 0.07^{мм}/об$ ;

2- Поперечный суппорт:

Для резца №9  $S_{up} = 0.1^{мм}/об$ ;

б) Определим расчётные подачи каждого суппорта  $S_{i\text{суп}p}$ :

1- Продольный суппорт:  $S_{i\text{суп}1p} = 0.07^{мм}/об$ ;

2- Поперечный суппорт:  $S_{i\text{суп}2p} = 0.1^{мм}/об$ ;

в) Определим расчётные числа оборотов каждого из шпинделей  $n_{i\text{pp}}$ :

1- Продольный суппорт:  $n_{1\text{pp}p} = l_{1\text{суп}}/S_{1\text{суп}p} = 14,6/0.07 = 208^{об}/мин$ ;

2- Поперечный суппорт:  $n_{2\text{pp}p} = l_{2\text{суп}}/S_{2\text{суп}p} = 23/0.1 = 230^{об}/мин$ ;

Принимаем  $n_{pn} = 230^{об}/мин$ .

*3) Определение частоты вращения главных шпинделей:*

а) Назначение периода стойкости инструмента:

Принимаем период стойкости каждого инструмента  $T = 240 мин$ .

б) Определим по нормативам скорости резания  $V_u$  для каждого инструмента:

1- Продольный суппорт:

Для резца №10:  $V_u = 90^м/мин$ ;

2- Поперечный суппорт:

Для резца №9:  $V_u = 140^м/мин$ ;

в) Определим частоты вращения шпинделей  $n_u$  для каждого инструмента:

$$n_u = \frac{1000 \cdot V_u}{\pi \cdot d_u};$$

1- Продольный суппорт:

Для резца №10:  $n_u = \frac{1000 \cdot 90}{\pi \cdot 80,8596} = 354,4^{об}/мин$ ;

## 2- Поперечный суппорт:

Для резца №9:  $n_u = \frac{1000 \cdot 140}{\pi \cdot 122} = 365,45^{об}/мин;$

Принимаем наименьшее из значений  $n_u = 354,4^{об}/мин;$

Сравнив  $n_u$  с паспортными данными принимаем ближайшее  $n_{шт} = 360^{об}/мин.$

## 4) *Определение действительных скоростей резания:*

$$V_{u.д} = \frac{\pi \cdot d_u \cdot n_{шт}}{1000}$$

## 1- Продольный суппорт:

Для резца №7:  $V_{u.д} = 91,4^M/мин;$

## 2- Поперечный суппорт:

Для резца №8:  $V_{u.д} = 137,9^M/мин;$

## 5) *Определение времени цикла работы станка:*

а) Рассчитаем время рабочего хода:  $T_o = \frac{n_{pn}}{n_{шт}} = \frac{230}{360} = 0,64 мин$

При расчете режимов резания на операциях 10, 20 не была учтена важная особенность многошпиндельных станков: продольная подача на многошпиндельном полуавтомате должна быть одинакова на всех позициях.

Принимаем общую подачу для обработки на всех позициях равную  $S_{суп прод} = 0,07^{мм}/об.$

Тогда на операции 10 (позиция II) принимаем продольную подачу  $S_{1 сун} = 0,07^{мм}/об$ ,  $n=360^{об}/мин$ , а поперечную подачу  $S_{2 сун} = 0,25^{мм}/об$ . Произведя пересчет всех величин, по ранее представленной методике, получим время рабочего хода  $T_o = 0,64 мин.$

-на операции 10 (позиция III) принимаем продольную подачу  $S_{1 сун} = 0,07^{мм}/об$ , а поперечную подачу  $S_{2 сун} = 0,2^{мм}/об$ ,  $n=360^{об}/мин$  Произведя пересчет всех

величин, по ранее представленной методике, получим время рабочего хода  $T_0 = 0,638$  мин.

- на операции 10 (позиция IV) принимаем продольную подачу  $S_{1\text{ сун}} = 0,07$   $^{мм}/об$ , а поперечную подачу  $S_{2\text{ сун}} = 0,07$   $^{мм}/об$ . Время рабочего хода  $T_0 = 0,64$  мин.

- на операции 10 (позиция VI) принимаем продольную подачу  $S_{1\text{ сун}} = 0,07$   $^{мм}/об$ , а поперечную подачу  $S_{u\text{ p}} = 0,1$   $^{мм}/об$ ;

Время рабочего хода  $T_0 = 0,64$  мин.

- на операции 20 (позиция II) принимаем продольную подачу  $S_{1\text{ сун}} = 0,07$   $^{мм}/об$ , а поперечную подачу  $S_{2\text{ сун}} = 0,25$   $^{мм}/об$ . Произведя пересчет всех величин, по ранее представленной методике, получим время рабочего хода  $T_0 = 0,625$  мин.

Операция 20 (позиция I), точение поверхность 10,4

1) *Определение длины рабочих ходов суппорта:*

а) Определим предварительно расчётные длины каждого инструмента  $l_{u\text{ PXP}}$ :

$$l_{u\text{ PXP}} = l_{u\text{ рез}} + l_{u\text{ вр}} + l_{u\text{ нд}} + l_{u\text{ пер}},$$

где  $l_{u\text{ рез}}$  – длина резания этого инструмента;

$l_{u\text{ вр}}$  – длина врезания;

$l_{u\text{ нд}}$  – длина подхода на рабочей подаче;

$l_{u\text{ пер}}$  – длина перебега.

1- Продольный суппорт:

Для резца №1:  $l_{u\text{ рез}} = 10,2$  мм;  $l_{u\text{ вр}} = t \cdot \text{ctg } \varphi = 0$ ;  $l_{u\text{ нд}} = 2$  мм;  $l_{u\text{ пер}} = 0$ ;

$$l_{u\text{ PXP}} = 10,2 + 2 = 12,2 \text{ мм};$$

2- Поперечный суппорт:

Для резца №2:  $l_{u\text{ рез}} = 21,3$  мм;  $l_{u\text{ вр}} = t \cdot \text{ctg } \varphi = 0$ ;  $l_{u\text{ нд}} = 2$  мм;  $l_{u\text{ пер}} = 0$ ;

$$l_{u\text{ PXP}} = 21,3 + 2 = 23,3 \text{ мм};$$

б) Определим расчётные величины рабочих ходов каждого суппорта:

$$l_{i \text{ суп } p} = l_{i \text{ суп } p \text{ max}}$$

1- Продольный суппорт:  $l_{1 \text{ суп } p} = 12,2 \text{ мм};$

2- Поперечный суппорт:  $l_{2 \text{ суп } p} = 23,3 \text{ мм};$

2) *Выбор подачи:*

а) Выбрать  $S_{up}$  для каждого из инструментов:

1- Продольный суппорт:

Для резца №1:  $S_{up} = 0,6^{мм}/об;$

2- Поперечный суппорт:

Для резца №2:  $S_{up} = 0,6^{мм}/об;$

б) Определим расчётные подачи каждого суппорта  $S_{i \text{ суп } p}$ :

1- Продольный суппорт:  $S_{i \text{ суп } 1 p} = 0,6^{мм}/об;$

2- Поперечный суппорт:  $S_{i \text{ суп } 2 p} = 0,6^{мм}/об;$

в) Определим расчётные числа оборотов каждого из шпинделей  $n_{i \text{ pp}}$ :

1- Продольный суппорт:  $n_{1 \text{ pp } p} = l_{1 \text{ суп}} / S_{1 \text{ суп } p} = 12,2 / 0,6 = 20,3^{об}/мин;$

2- Поперечный суппорт:  $n_{2 \text{ pp } p} = l_{2 \text{ суп}} / S_{2 \text{ суп } p} = 23,3 / 0,6 = 40^{об}/мин;$

Принимаем  $n_{pn} = 80^{об}/мин$  (по паспорту станка)

3) *Определение частоты вращения главных шпинделей:*

а) Назначение периода стойкости инструмента:

Принимаем период стойкости каждого инструмента  $T = 240 \text{ мин.}$

б) Определим по нормативам скорости резания  $V_u$  для каждого инструмента:

1- Продольный суппорт:

Для резца №1:  $V_u = 70^M/\text{мин}$ ;

2- Поперечный суппорт:

Для резца №2:  $V_u = 70^M/\text{мин}$ ;

в) Определим частоты вращения шпинделей  $n_u$  для каждого инструмента:

$$n_u = \frac{1000 \cdot V_u}{\pi \cdot d_u};$$

1- Продольный суппорт:

Для резца №1:  $n_u = \frac{1000 \cdot 70}{\pi \cdot 56,6} = 396,62 \text{ об}/\text{мин}$ ;

2- Поперечный суппорт:

Для резца №2:  $n_u = \frac{1000 \cdot 70}{\pi \cdot 56,6} = 396,62 \text{ об}/\text{мин}$ ;

Принимаем наименьшее из значений  $n_u = 396,62 \text{ об}/\text{мин}$ ;

Сравнив  $n_u$  с паспортными данными принимаем ближайшее  $n_{\text{шт}} = 400 \text{ об}/\text{мин}$ .

4) *Определение действительных скоростей резания:*

$$V_{u.\partial} = \frac{\pi \cdot d_u \cdot n_{\text{шт}}}{1000}$$

1- Продольный суппорт:

Для резца №1:  $V_{u.\partial} = 71,1^M/\text{мин}$ ;

2- Поперечный суппорт:

Для резца №2:  $V_{u.\partial} = 71,1^M/\text{мин}$ ;

5) *Определение времени цикла работы станка:*

а) Рассчитаем время рабочего хода:  $T_o = \frac{n_{pn}}{n_{\text{шт}}} = \frac{80}{400} = 0,2 \text{ мин}$

Операция 30, зенкерование поверхность 16:

Предположительно наибольшее основное технологическое время  $T_o$  на этой операции будет у позиции II – зенкерование поверхность 6 (длина рабочего хода на данном переходе – наибольшая и составляет  $L_{PX}=53,2+2=55,2$  мм). Расчет режимов резания будем вести по алгоритму.

глубина резания:  $t = 0,5 \cdot (D - D_{заг}) = 0,5 \cdot (19 - 14) = 2,5$  мм;

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

где  $C_V, q, y, m, x$  – коэффициенты, материал режущей части Р6М5:

$C_V = 18,8; q = 0,2; y = 0,4; m = 0,125; x = 0,1$ .

$D$  – диаметр зенкера,  $D = 19$  мм;

$T$  – период стойкости сверла,  $T = 240$  мин;

$K_{Пv}$  – поправочный коэффициент,  $K_{Пv} = 0,82$ .

$$K_V = 0,935 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,82 = 0,767.$$

Подставив данные, получим:

$$V = \frac{18,8 \cdot 19^{0,2}}{240^{0,125} \cdot 0,6^{0,4} \cdot 2,5^{0,4}} \cdot 0,767 = 14,64 \text{ м/с}$$

в) определение частоты вращения шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot 14,64}{\pi \cdot 19} = 245,4 \text{ об/мин}$$

По паспорту сверлильной бабки УЕ4122 диапазон частот вращения шпинделя составляет 60...1240 об/мин, полученная в результате расчета частота входит в заданные пределы, примем  $n = 250$  об/мин;

Минутная подача:  $S_{мин} = 0,6 \cdot 250 = 150$  мм/мин.

Основное технологическое время  $T_o = L_{PX} / S_{мин} = 55,2 / 150 = 0,37$  мин.

Нормирование техпроцесса.

Нормирование произведем по методике.

Штучное время определяется:  $T_{шт} = T_o + T_в$ ,

где  $T_o$  – машинное (основное) время, определяется в зависимости от вида обработки;

$T_в$  – вспомогательное время.

$$T_в = T_{хх} + T_{инд},$$

где  $T_{хх}$  – время холостых ходов,

$T_{инд}$  – время индексации стола станка;

$$T_в = 0,11 + 0,05 = 0,16 \text{ мин.}$$

Операция 10 (позиция II), точение поверхность 1,2,5:

$T_{шт} = T_o + T_в = 0,64 + 0,16 = 0,8 \text{ мин}$  – соответствует такту выпуска.

Операция 10(позиция III), точение поверхность 1,2,5

$T_{шт} = T_o + T_в = 0,638 + 0,16 = 0,798 \text{ мин}$  – недогруз 0,25% - допускается.

Операция 10 (позиция VI), точение поверхность 2,5

$T_{шт} = T_o + T_в = 0,64 + 0,16 = 0,8 \text{ мин}$  – соответствует такту выпуска.

Операция 10 (позиция V), сверление поверхность 19:

$T_{шт} = T_o + T_в = 0,23 + 0,16 = 0,39 \text{ мин}$  - недогруз 51% не допускается.

Операция 10(позиция VI), точение поверхность 2,5

$T_{шт} = T_o + T_в = 0,64 + 0,16 = 0,8 \text{ мин}$  – соответствует такту выпуска.

Операция 20 (позиция I), точение поверхность 10,4

$T_{шт} = T_o + T_в = 0,625 + 0,16 = 0,785 \text{ мин}$  -недогруз 1,1% допускается.

Операция 30, зенкерование поверхность 16:

$$T_{ум} = T_o + T_e = 0,37 + 0,16 = 0,53 \text{ мин} \text{ -- недогруз } 33,75\% \text{ не допускается}$$

Синхронизация операций по машинному времени и такту выпуска

Синхронизация операции обозначает обеспечение кратности штучного времени такту выпуска:

$$k \cdot T_{шт} \approx \tau_p,$$

где  $\tau_p = 0,8 \text{ мин}$ ;

$$k = 1, 2, 3 \dots$$

Операция 10 (позиция V), сверление поверхность 19:

$T_{ум} = 0,39 \text{ мин}$  – недогруз 51%, следовательно необходимо корректировать режимы резания, а именно подачу на оборот  $S_o$ .

Снизив ее с 0,18 до 0,08 получаем:

$$T_o = 53,5 / 0,07 \cdot 1270 = 0,61 \text{ мин};$$

$$T_{ум} = 0,61 + 0,16 = 0,77 \text{ мин} \text{ -- недогруз } 3,7\% \text{ допускает}$$

Соответственно изменяется значение минутной подачи:

$$S_{мин} = 0,08 \cdot 1270 = 101,6 \text{ мм/мин.}$$

Оставляем выбранные ранее скорость резания и частоту вращения шпинделя без изменений, стойкость инструмента, таким образом, возрастает. В дальнейшем при корректировке режимов резания будем делать то же самое.

Операция 30, зенкерование поверхность 16:

$T_{\text{шт}} = 0,53 \text{ мин}$  – недогруз 33,75%, снизив  $S_o$  с 0,6 до 0,35 получаем:

$$T_o = 55,2/250 \cdot 0,35 = 0,64 \text{ мин};$$

$$T_{\text{шт}} = 0,64 + 0,16 = 0,8 \text{ мин} – \text{соответствует такту выпуска.}$$

Значение минутной подачи:

$$S_{\text{мин}} = 0,35 \cdot 250 = 87,5 \text{ мм/мин.}$$

Таблица 2.4 – Нормы времени.

№ операции	Наименование операции	№ позиций, переходов	$t$	$S_0$	$V$	$n$	$T_0$	$T_{ум}$		
10	Токарная многошпиндельная	II	Продольная	3,34	0,07	90	360	0,64	0,8	
			Поперечная	2	0,25	120				
		III	Продольная	0,43	0,07	92	360	0,638	0,798	
			Поперечная	0,4	0,2	140				
		IV	Продольная	2	0,07	92	360	0,64	0,8	
			Поперечная	2	0,07	92				
		V			2,5	0,08	19,94	1270	0,61	0,77
		VI	Продольная	0,35	0,07	91,4	360	0,64	0,8	
Поперечная	0,2		0,1	137,9						
20	Токарная многошпиндельная	II	Продольная	2	0,07	50	280	0,64	0,8	
			Поперечная	1,5	0,25	75				
30	Агрегатная			2,5	0,35	14,64	250	0,64	0,8	

Результаты проектирования операций отражаем в технологических маршрутных и операционных картах.

### 3 Проектирование системы автоматического управления.

Оптимальным управлением будем считать такое воздействие на процесс резания, которое в каждый момент времени обеспечивает максимум производительности (минимум себестоимости) при удовлетворении всем условиям ограничений. В таком понимании задача оптимизации является однокритериальной и может быть решена классическими методами нелинейного программирования, т.е. могут быть однозначно определены оптимальные управляющие воздействия. Под управляющими воздействиями обычно понимают продольную подачу на оборот заготовки и скорость резания, а глубину резания считают главным возмущением. Таким образом, теоретически, для заданных условий токарной обработки существуют такие постоянные значения продольной подачи на оборот заготовки и скорости резания, которые приводят к максимуму производительности.

Однако, на практике, при выполнении любого процесса резания ни один из его параметров не остается постоянным. Это определяется непрерывным изменением, как внешних возмущений, так и характеристик самой технологической обрабатывающей системы (ТОС). Например, при точении цилиндрической поверхности происходят случайные изменения припуска, твердости, зона обработки перемещается вдоль заготовки, вследствие чего изменяется точка приложения силы резания в упругой ТОС и упругие деформации, с течением времени изнашивается инструмент, происходят изменения температуры зоны резания, станка и т.п. Поэтому в каждый момент времени процесса для поддержания его исходных характеристик на оптимальном уровне необходимо непрерывно определять новые оптимальные величины управляющих воздействий и действовать ими на процесс резания.

Таким образом, оптимальное управление должно быть перманентным, учитывать переменные условия резания и выполняться автоматически. Для

удовлетворения таким требованиям наиболее подходят САУ, которые управляют подачей, скоростью резания, а иногда и глубиной резания.

Основные трудности реализации оптимального управления с помощью простой замкнутой САУ обусловлены принципиальной невозможностью создания измерительного прибора производительности или себестоимости, чтобы применять его в качестве датчика обратной связи. Поэтому оптимально управлять процессом резания можно только на основе оценки вспомогательных параметров, связанных с необходимым критерием оптимальности соответствующей априорной математической моделью. Как правило, таким вспомогательным параметром процесса является мощность резания. Иногда САУ оптимального управления включает в себя дополнительные каналы информации о процессе резания: темпы изнашивания инструмента, температуру зоны резания, и т.п.

Наиболее рационально использование принципов оптимального управления на станках с ЧПУ, так как:

- во-первых, именно здесь можно получить ощутимый экономический эффект от оптимизации, поскольку станко-минута является дорогостоящей и, вследствие автоматизации вспомогательных движений, процент времени обработки в общем технологическом времени изготовления детали увеличивается;
- во-вторых, благодаря высокой оснащенности таких станков, как средствами вычислительной техники, так и соответствующими регулируемыми приводами для выполнения главного и формообразующих движений, упрощается реализация соответствующей САУ оптимального управления.

Таким образом, в современных САМ-системах технологической подготовки производства наиболее рациональным является оптимальное управление, которое реализовано программными средствами. Вообще, для оценки возмущений и получении информации о фактическом ходе процесса

резания в САУ оптимального управления применяют разнообразные подходы, которые основаны на косвенном измерении припуска, температуры зоны резания, темпов изнашивания инструмента. Наиболее близким к предложенной САУ является метод, который оценивает процесс по текущему значению сечения срезаемого слоя припуска.

Поэтому программное обеспечение САУ оптимального управления должно иметь следующую структуру (рисунок 3.1).

Первичная информация о ходе процесса резания, кроме констант, которые вводятся раньше, получается из модуля расчета текущей глубины резания, который связан с программой управления формообразующими движениями. Далее, в соответствии с оптимизационной математической моделью процесса резания определяются оптимальные величины управляющих воздействий (например, подачи и скорости резания). Рассчитанные таким образом величины поступают на модуль программного управления, который вырабатывает команды для соответствующих приводов станка.

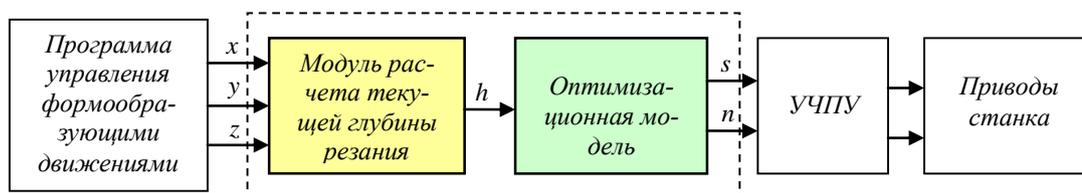


Рисунок 3.1 – Структура САУ оптимального управления

Таким образом, основой такой САУ есть модель, которая связывает критерий оптимизации с управляющими воздействиями - подачей и скоростью резания. В результате решения задачи оптимизации находят управляющее воздействие, которое обеспечивает максимум производительности или минимум себестоимости при безусловном выполнении требований ограничений по качеству обработки. Кроме традиционных критериев оптимизации (производительность или себестоимость) в зависимости от

результатов технико-экономического анализа применяют критерий максимальной интенсивности снятия припуска. Иногда на производстве ставится такая задача - достижение максимальной производительности или минимальной себестоимости при заданных значениях стойкости инструмента.

Для случая обработки продольным точением за один проход с постоянной глубиной резания, которая равна припуску на обработку (идеальный случай), режим резания будет оптимальным при таком сочетании подачи и скорости резания, когда основное технологическое время будет минимальным. Такое оптимальное решение находят, отыскивая управляющие воздействия при удовлетворении всем ограничением, которые доставляют минимум критерию оптимальности - технологическому времени  $t_o$ .

Тогда получаем из теории резания зависимость:

$$V = \frac{\pi D n}{1000} = \frac{C_v k_v}{T^m H^{x_v} S^{y_v}},$$

откуда

$$n S^{y_v} = \frac{318 C_v k_v}{D T^m H^{x_v}}. \quad (3.1)$$

Поскольку все зависимости, составляющие математическую модель, являются эмпирическими, следует не забывать о размерности входящих в них физических величин. Традиционно эти размерности не отвечают СИ-размерностям.

В математической модели (3.1) необходимо учитывать известные из практики обработки резанием зависимости стойкости резца не только от материала заготовки и инструмента, а и геометрических параметров режущей

части резца в плане. Влияние главного и вспомогательного углов в плане резца отображается известными зависимостями для допустимой скорости резания:

$$V = \frac{C_\varphi}{\varphi^u}, \quad V_1 = \frac{C_{\varphi_1}}{\varphi_1^{u_1}}$$

Такие зависимости входят в математическую модель процесса резания, а их влияние на ограничение (3.1) выполняется за счет коэффициента  $k_v$ , величина которого рассчитывается по конкретным условиям обработки.

Следующее ограничение – по мощности резания  $N_p$  ( $\kappa Bm$ ):

$$N_\partial = \frac{P_z \pi D n}{1000 \cdot 6 \cdot 10^4} = \frac{C_p h^{x_p} S^{y_p} k_p \pi D n}{6 \cdot 10^7} \leq N_{\partial 0} \eta,$$

откуда

$$n S^{y_p} \leq \frac{1.91 \cdot 10^7 N_{cm} \eta}{C_p h^{x_p} k_p D}, \quad (3.2)$$

где  $N_{cm}$  - эффективная мощность станка в  $\kappa Bm$ ,  $\eta$  – коэффициент полезного действия,  $C_p, k_p, x_p, y_p$  – параметры механической обработки.

Подача, допускаемая необходимой шероховатостью  $R_z$  обработки, может быть определена по детерминированной составляющей профиля шероховатости обработанной поверхности, которая, в свою очередь, определяется по геометрическим зависимостям формирования микронеровностей поверхностного слоя детали для каждого из четырех возможных случаев образования выступа профиля. Такие случаи определяются соотношениями между геометрическими параметрами вершины резца в плане (главный  $\varphi$ , вспомогательный  $\varphi_1$  углы в плане и радиус  $r$  округление вершины резца в плане) и подачей  $S$  на оборот заготовки.

При  $\varphi < \arcsin \frac{S}{2r}$  и  $\varphi_1 < \arcsin \frac{S}{2r}$  выступ профиля формируется пересечением главного и вспомогательного режущих лезвий инструмента, при

$\varphi > \arcsin \frac{S}{2r}$  и  $\varphi_1 < \arcsin \frac{S}{2r}$  выступ профиля формируется пересечением вспомогательного режущего лезвия и радиусной частью вершины инструмента, при  $\varphi < \arcsin \frac{S}{2r}$  и  $\varphi_1 > \arcsin \frac{S}{2r}$  выступ профиля формируется пересечением главного режущего лезвия и радиусной частью вершины инструмента, а при  $\varphi < \arcsin \frac{S}{2r}$  и  $\varphi_1 < \arcsin \frac{S}{2r}$  выступ профиля формируется пересечением исключительно радиусных частей вершин инструмента. Таким образом, условие определения допустимой (по шероховатости) подачи входит самая подача, что делает невозможным получение соответствующей аналитической зависимости.

Для решения такой задачи целесообразно использовать численный метод, который построен по итеративному принципу приближения с заданным шагом к решению в соответствии с алгоритмом, блок-схема которого представлена на рисунке 3.2.

Определение параметра  $R_z$  шероховатости поверхности на каждой итерации выполняется численным методом. Таким образом, ограничение по допустимой шероховатости обработанной поверхности детали имеет вид:

$$S \leq \sqrt{R_z \cdot \dots} \quad (3.3)$$

Следующее ограничение, которое накладывается на продольную подачу, выбирается из условий прочности и жесткости ТОС.

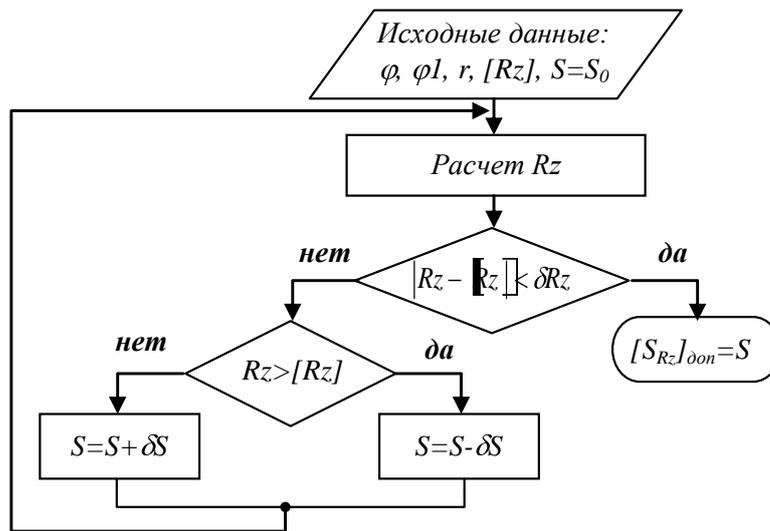


Рисунок 3.2 – Блок-схема алгоритма

Допускаемая подача выбирается как наименьшая из подач, которые рассчитаны по прочности инструмента  $[S_I]_{дон}$  или тяговой силе механизма подач станка  $[S_p]_{дон}$ :

$$S \leq \min\{ [S_p]_{дон}, [S_I]_{дон} \}. \quad (3.4)$$

Конструктивные ограничения, которые определяются по возможностям металлорежущего станка:

$$S_{\min} \leq S \leq S_{\max}, \quad (3.5)$$

диапазон продольных подач:

$$n_{\min} \leq n \leq n_{\max}. \quad (3.6)$$

В конечном итоге, принимаем:

$$f = nS \rightarrow \max, \quad (3.7)$$

поскольку при этом основное время обработки  $t_o = L/n \rightarrow \min$  (где  $L$  – длина обработки).

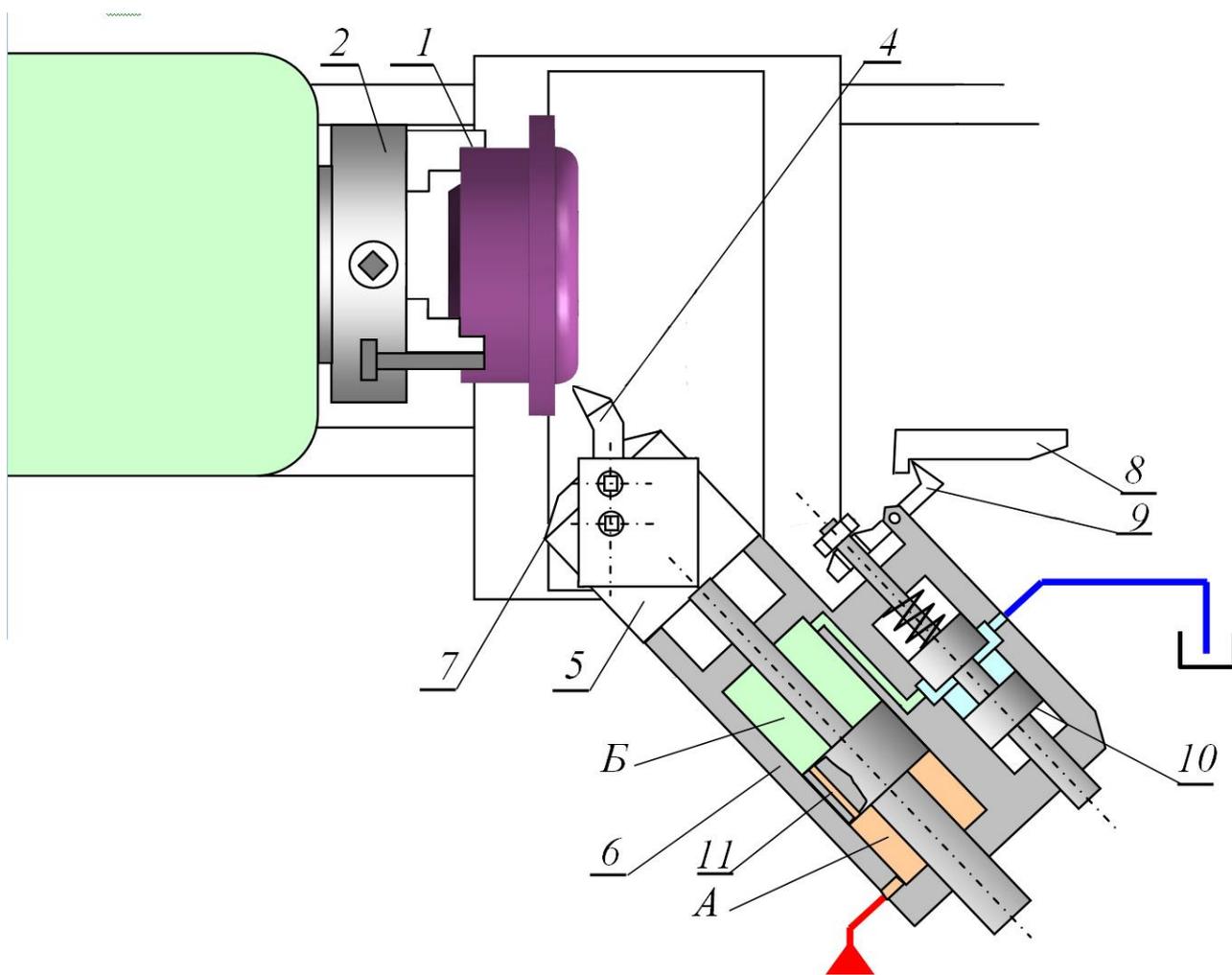


Рисунок 3.3 – Функциональная схема САУ.

## 4 Безопасность и экологичность технического объекта.

В процессе выполнения рабочими своим должностных обязанностей они могут подвергать себя рискам и в конечном итоге не исключено получение производственных травм. В данном разделе представлено задействованное оборудование и вредные воздействия, которые могут возникнуть при несоблюдении техники безопасности. Описаны мероприятия, выполнение которых сведет получение производственных травм к минимуму.

Тема ВКР: «Технологический процесс изготовления крышки силового гидроцилиндра»

Анализ был проведен по методическим указаниям.

### 4.1 Назначение участка

Описываемый участок предназначается для изготовления детали «крышка силового гидроцилиндра».

### 4.2 Планировка рассматриваемого участка

Производственная площадь – представляет собой площадь, которая занята производственным оборудованием и местами для рабочих возле этого оборудования.

Вспомогательная площадь – представляет собой площадь, на которой располагаются вспомогательные подразделения, такие как: ремонтные и инструментальные службы, лаборатории, склады, служебно-бытовые помещения, а также межцеховые магистральные проезды.

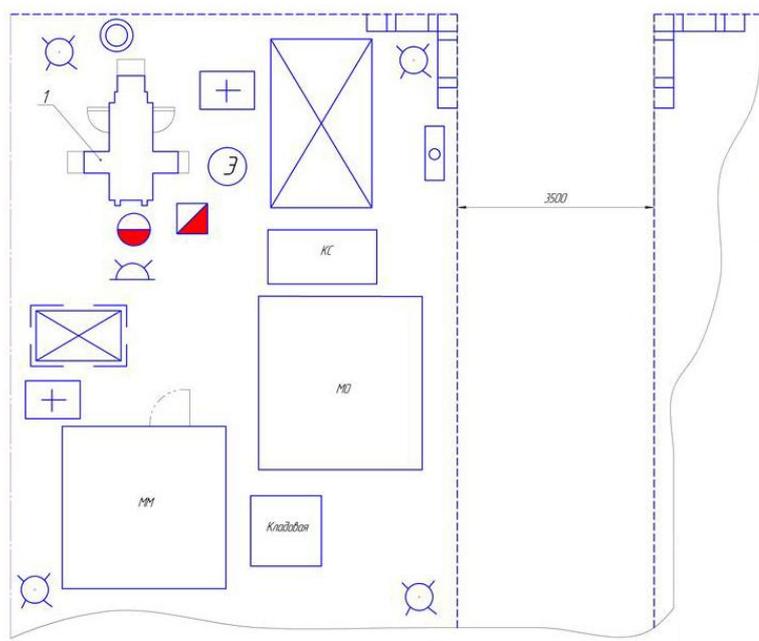


Рисунок 4.1 – План участка

### 4.3 Состав оборудования

Наименование и количество оборудования представлено в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Состав оборудования

№ п/п	Оборудование	Количество, шт.
1	Токарный многошпиндельный горизонтальный полуавтомат 1Б240П-6К	2
2	Многопозиционный агрегатный станок прямоточного типа	1
Итого:		3

Таблица 4.2 – Технологический маршрут обработки детали «Крышка силового гидроцилиндра»

Наименование цеха	Номер операции	Наименование операции	Применяемое оборудование	Содержание операции
Механический	010	Токарная многошпиндельная	Токарный многошпиндельный горизонтальный полуавтомат 1Б240П-6К	Точение
Механический	020	Токарная многошпиндельная	Токарный многошпиндельный горизонтальный полуавтомат 1Б240П-6К	Точение
Механический	030	Токарная	Многопозиционный агрегатный станок прямоточного типа	Зенковка, сверление, резбонарезание

Поскольку была улучшена технологическая операция: точение предварительное 020, то идентификацию по рискам будем проводить только по этой операции.

#### 4.2 Анализ вредных производственных факторов.

Таблица 4.3 – Вредные производственные факторы

№ п/п	Технологические операции	Вредные производственные факторы	Мероприятия, которые позволят уменьшить вредные воздействия
1	Точение	1. Отлетающая стружка 2. Высокая температура на поверхности обрабатываемой детали 3. Испарения СОЖ при механической обработке 4. Высокий уровень шума и вибраций при работе оборудования	1. Ношение защитных очков, специальной одежды. Установка защитного экрана. Использование скребкового и одношнекового транспортера для удаления стружки. 2. Использование СОЖ на синтетической основе. 3. Установка отопительно-вентиляционного оборудования. 4. Использование акустических экранов, противозумных наушников, закрывающих ушную раковину снаружи. Установка на оборудования виброизолирующих опор.

В процессе выполнения данного раздела был проанализирован состав вредных и опасных факторов на описываемом производстве, предложены меры, которые помогут снизить воздействия опасных и вредных факторов.

## 5 Экономическая эффективность работы.

Цель раздела – рассчитать технико-экономические показатели проектируемого технологического процесса и произвести сравнительный анализ с показателями базового варианта, определить экономический эффект от предложенных в проекте технических решений.

В рамках данной бакалаврской работы разрабатывается технологический процесс изготовления крышки силового гидропривода, подробное описание которого представлено в предыдущих разделах. Также в предыдущих разделах описаны условия совершенствования операции 010 токарной, в результате которых удалось достичь сокращения ее трудоемкости.

Для выполнения этой операции используется токарный многошпиндельный горизонтальный полуавтомат, модель 1Б240П-6К. В качестве оснастки применяется самоцентрирующий 3-х кулачковый патрон ГОСТ 2675-80. Для выполнения всех закрепленных за данной операцией процессов применяется набор инструментов, в который входят: резец сборный проходной с материалом режущей пластины Т5К10 ГОСТ 19048-80, резец проходной с материалом режущей пластины Т5К10 ГОСТ 18868-73, резец отрезной с материалом режущей пластины Т5К10 ГОСТ 18874-73.

Результатом предложенного совершенствования операции 010, как говорилось выше, стало снижение трудоемкости ее выполнения на 11%, т.е. трудоемкость снизилась с 6,52 до 5,8 минут.

На диаграмме (рисунок 5.1) представлены основные изменения параметров, участвующих в формировании технологической себестоимости, и которые наглядно показывают, на сколько, изменятся эти величины.

Для определения каждой величины, указанной на рисунке 5.1, использовалась методика расчета элементов технологической себестоимости и пакет программного обеспечения Microsoft Excel.

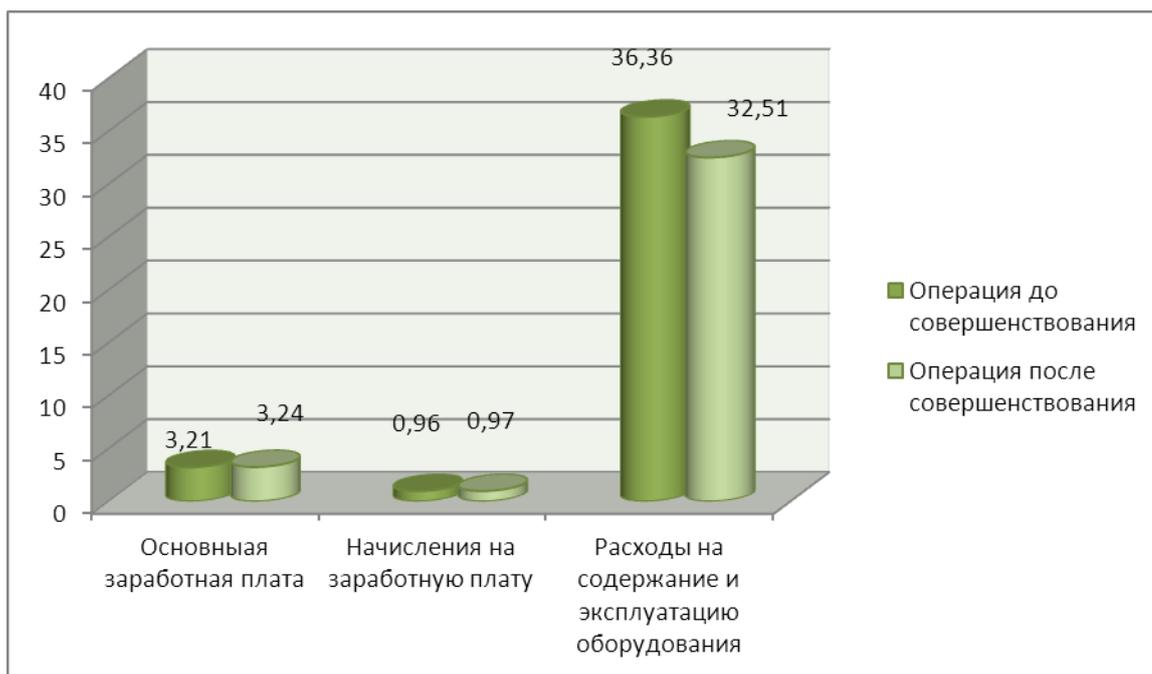


Рисунок 5.1 – Изменение величин параметров, входящих в технологическую себестоимость, руб.

Предложенные совершенствования сверлильно-расточной операции не предполагают изменения заготовки, поэтому затраты, связанные материалом, меняться не будут, поэтому данный параметр исключим из расчетов, т.к. он не будет оказывать влияние на конечный результат расчета.

Из рисунка 5.1 видно, что наибольшее влияние на технологическую себестоимость оказывают расходы на содержание и эксплуатацию оборудования. Но благодаря предложенному совершенствованию эти затраты удалось сократить, совокупное снижение составляет 3,82 руб., а с учетом программы выпуска ожидаемая экономия сожжет составить 11460 тыс. руб., что уже не кажется такой не значительной величиной.

Данное изменение, безусловно, окажет прямое влияние величину полной себестоимости изготовления крышки. Для определения значения полной себестоимости воспользуемся методикой калькулирования. В результате

проведенных расчетов, полная себестоимость по совершенствованной операции составит 48,64 руб., а до совершенствования она составляла – 52,39 руб., т.е. совершенствование позволило сократить полную себестоимость на 3,75 руб., что составляет 7,16%.

Далее проанализируем изменения, связанные с общими капитальными затратами до и после совершенствования операции 010 токарной. На диаграмме (рисунок 5.2) представлены величины основных затрат по сравниваемым вариантам операции 010.



Рисунок 5.2 – Динамика изменения элементов общих капитальных затрат в операцию 010 токарную, руб.

Анализируя, представленные на диаграмме (рисунок 5.2), статьи капитальных затрат, можно заметить, что сопутствующие капитальные вложения в проектируемый вариант операции 010 возрастают, в то время как остальные затраты уменьшаются. Это связано с тем, что данная величина учитывает такие затраты как затраты на проектирование, которых уже нет в

базовом варианте, поэтому они увеличивают конечный результат этого значения. Но не смотря на это, общие капитальные затраты снижаются, т.к. по остальным параметрам затраты имеют тенденция к снижению, поэтому они перекрывают затраты на проектирование. Это говорит о положительном влиянии предлагаемых совершенствований.

Для подтверждения положительного влияния в результате совершенствования дополнительно проведем расчет экономической эффективности работы. Для этого также будет использоваться пакет программного обеспечения Microsoft Excel и специальная методика расчета по экономическому обоснованию целесообразности внедрения предлагаемых мероприятий.

В результате проведенных расчетов был получен положительный результат чистого дисконтированного дохода (интегрального экономического эффекта), который составляет 27138,51 руб., а прибыль на каждый вложенный рубль (индекс доходности) составила 1,12 руб./руб. Представленные значения позволяют сделать окончательный вывод о целесообразности внедрения предложенных совершенствований по технологическому процессу изготовления крышки силового гидроцилиндра.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате выполнения данной работы проведено исследование оптимального режима резания при точении и оптимального режима резания при торцевом фрезеровании. Моделирование проводилось с помощью классического подхода для решения однокритериальной задачи оптимизации при резании, которая сводится к задаче нелинейного программирования. В качестве целевой функции принималась производительность, а все другие выходные характеристики процесса образуют ограничения. Главное, что отличает предложенный подход, это возможность автоматического определения оптимального режима резания при изменении глубины резания в процессе обработки. Такой алгоритм полностью приспособлен к использованию в современных САМ-системах и позволит, наконец, отказаться от ручного задания режима резания при токарной обработке или торцевом фрезеровании.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Базров, Б.М. Основы технологии машиностроения: Учебник для вузов. – М.: Машиностроение, 2005. – 736 с.
2. Байкалова, В.Н. Основы технического нормирования труда в машиностроении: Учебное пособие. / В.Н. Байкалова, И.Л. Приходько, А.М. Колокатов. – М.: ФГОУ ВПО МГАУ, 2005. – 105 с.
3. Безъязычный, В.Ф. Основы технологии машиностроения: Учебник. – М. : Инновационное машиностроение, 2016. – 568 с.
4. Гельфгат, Ю.И. Сборник задач и упражнений по технологии машиностроения: Учебное пособие для машиностроительных техникумов. – М. : Высшая школа, 1986. – 271 с.
5. Горина, Л.Н. Раздел выпускной квалификационной работы «Безопасность и экологичность технического объекта». Уч.- методическое пособие. - Тольятти: изд-во ТГУ, 2016. –52 с.
6. ГОСТ 12.1.029-80 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Средства и методы защиты от шума. Классификация.
7. ПОТ Р М-004-97 Межотраслевые правила по охране труда при использовании химических веществ.
8. ГОСТ 12.3.025-80 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Обработка металлов резанием. Требования безопасности (с Изменением N 1).
9. Данилевский, В.В. Лабораторные работы и практические занятия по технологии машиностроения. / В.В. Данилевский, Ю.И. Гельфгат. – М.: Высш. шк., 1988. – 222 с.
10. Ермолаев, В.В. Разработка технологических процессов изготовления деталей машин: Учебник. / В.В. Ермолаев, А.И. Илянков. – М.: Издательский центр «Академия », 2015. – 336 с.

- 11.Зубкова, Н.В. Методическое указание к экономическому обоснованию курсовых и дипломных работ / Н.В. Зубкова,– Тольятти: ТГУ, 2015, 46 с.
- 12.Зуев, А.А. Технология машиностроения. – 6-е издание, исправленное и дополненное – СПб.: Издательство «Лань», 2003. – 496 с.
- 13.Иванов, И.С. Расчёт и проектирование технологической оснастки в машиностроении: Учебное пособие. – М.: ИНФРА–М, 2015. – 198 с.
- 14.Иванов, И.С. Технология машиностроения: производство типовых деталей машин: Учебное пособие. – М.: ИНФРА-М, 2014. – 223 с.
- 15.Ильенков, А.И. Технология машиностроения: Учебное пособие. / А.И. Ильенков, В.Ю. Новиков. – М.: Издательский центр «Академии», 2017. – 432 с.
- 16.Клепиков, В.В. Курсовое проектирование по технологии машиностроения: Учебное пособие. / В.В. Бодров, В.Ф. Солдатов. – М.: ИНФРА-М, 2017. – 229 с.
- 17.Клепиков, В.В. Технология машиностроения: Учебник. / В.В. Клепиков, А.Н. Бодров. – М.: ФОРУМ, ИНФРА-М, 2004. – 860 с.
- 18.Клепиков, В.В. Технология машиностроения: Учебник. / В.В. Клепиков, Н.М. Султан-заде, В.Ф. Солдатов и др. – М.: ИНФРА-М, 2017. – 387 с.
- 19.Ковшов, А.Н. Технология машиностроения: Учебник. – 2-е издание, исправленное. – СПб.: Издательство «Лань», 2008. – 320 с.
- 20.Колокатов, А.М. Шлифование абразивным и алмазным инструментом: Учебное пособие. / А.М. Колокатов, В.Н. Байкалова. – М.: Издательство РГАУ-МСХА, 2015. – 76 с.
- 21.Кондаков, А.И. Курсовое проектирование по технологии машиностроения: Учебное пособие. – М.: КНОРУС, 2012. – 400 с.
- 22.Косов, Н.П. Технологическая оснастка: вопросы и ответы: Учебное пособие. / Н.П. Косов, А.Н. Исаев, А.Г. Схиртладзе. – М.: Машиностроение, 2005. – 304 с.

23. Курчаткин, В.В. Надежность и ремонт машин: Учебник для студентов вузов. / В.В. Курчаткин, Н.Ф. Тельнов, К.А. Ачкасов и др. – М.: Колос, 2000. – 776 с.
24. Маталин, А.А. Технология машиностроения: Учебник. – СПб.: Издательство «Лань», 2016. – 512 с.
25. Некрасов, С.С. Технология машиностроения. / С.С. Некрасов, И.Л. Приходько, Л.Г. Баграмов. – М.: Колос, 2005. – 360 с.
26. Приходько, И.Л. Проектирование заготовок: Учебное пособие. / И.Л. Приходько, В.Н. Байкалова. – М.: Издательство РГАУ–МСХА, 2016. – 171 с.
27. Скворцов, В.Ф. Основы технологии машиностроения: Учебное пособие. – М.: ИНФРА-М, 2016. – 330 с.
28. Суслов, А.Г. Технология машиностроения: Учебник. – М.: КНОРУС, 2013. – 336 с.
29. Сысоев, С.К. Технология машиностроения. Проектирование технологических процессов. / С.К. Сысоев, А.С. Сысоев, В.А. Левко. – СПб.: Издательство «Лань», 2016. – 352 с.

## ПРИЛОЖЕНИЕ А

Маршрутная карта.

Разраб.	Кузьмин А.А.	ТГУ											
Провер.	Гуляев В.А.												
Утв.	Логинов Н.Ю.	Крышка											
Н. контр.	Виткалов В.Г.	КП											
M01	СЧ12 ГОСТ 1412-79												
M02	Код	ЕВ	МД	ЕН	Н. расх.	КИМ.	Код загот.	Профиль и размеры			КД	МЗ	
	31	166	3,02			0,9	11	Ø122×70,8			1	3,35	
A	Цех.	Уч.	РМ	Опер.	Обозначение документа								
B	Код, наименование операции												
A03	Код, наименование оборудования												
B04	Заготовительная												
O5													
A06			10	4112	Токарная многош-ная	3	18225	311	1X	1	1	0,16	0,8
B07	381114 Токарный многошпиндельный Б240П-6К												
O08	Позиция 1. Загрузить (Разгрузить)												
T09	Позиция 2. Точить пов.5 выдерживая раз-р Ø81,9 <sup>+0,38</sup> и торцы 2 выдерживая раз-р l=59±0,125 и торец 1 выдерживая раз-р l=69±0,1125; 392104 Резец сборный проходной, ГОСТ21151-75 Т5К10; 393120 Калибр гладкий, скоба ГОСТ24853-81												
T10	Позиция 3. Точить пов.5 выдерживая раз-р Ø80,8 <sup>+0,4</sup> и торцы 2 выдерживая раз-р l=58,4±0,1 и торец 1 выдерживая раз-р l=68,4±0,1; 392104 Резец сборный проходной, ГОСТ21151-75 Т5К10; 393120 Калибр гладкий, скоба ГОСТ24853-81												
T11	Позиция 4.Точить фаску 2×45°; канавку выд-ая раз-рØ76±0,35; 392101 Резец проходной, ГОСТ18868-73 Т5К10; 392101 Резец отрезной, ГОСТ18874-73 Т5К10;												
T12	Позиция 5.Сверлить отверстие 19 выдерживая раз-р rØ5 <sup>+0,12</sup> ; 391210 Серло спиральное Р6М5 ГОСТ 10902-77; 393120 Калибр гладкий, пробка ГОСТ24853-81; 393440 штанг ен-глубиномер ШГ-160, ГОСТ 162-80;												
T13	Позиция 6. Точить пов.5 выдерживая раз-р Ø80,0 <sup>+0,04</sup> и торцы 2 выдерживая раз-р l=58,2±0,087; 392104 Резец сборный проходной, ГОСТ21151-75 Т5К10; 394630 Датчик активного контроля БВ 4100												
14													
A15			20	4112	Токарная многош-ная	3	18225	311	1X	1	1	0,16	0,79
B16	381114 Токарный многошпиндельный Б240П-6К												
O17	Позиция 1. Загрузить (Разгрузить)												
T18	Позиция 2. Точить пов.10 выдерживая раз-р Ø52,6 <sup>+0,03</sup> и торцы 4 выдерживая раз-р l=66,6±0,125; 392104 Резец сборный проходной, ГОСТ21151-75 Т5К10;												
T19	393120 Калибр гладкий, скоба ГОСТ24853-81												
T20	Позиция 3. Точить пов.10 выдерживая раз-р Ø50,6 <sup>+0,02</sup> и торцы 4 выдерживая раз-р l=66±0,1; 392104 Резец сборный проходной, ГОСТ21151-75 Т5К10;												
	393120 Калибр гладкий, скоба ГОСТ24853-81												
T21	Позиция 4.Точить фаску 2×45°; канавку выд-ая раз-рØ48±0,37; 392101 Резец проходной, ГОСТ18868-73 Т5К10; 392101 Резец отрезной, ГОСТ18874-73 Т5К10;												
T22	Позиция 5. Точить пов.10 выдерживая раз-р Ø50,0 <sup>+0,06</sup> ; 392104 Резец сборный проходной, ГОСТ21151-75 Т5К10; 394630 Датчик активного контроля БВ 4100												
23													
A24			30	4101	Агрегатная	3	17845	311	1X	1	1	0,16	0,79
B25	381884 Агрегатный												
МК													

МК	Обозначение документа															
	Цех.	Уч.	РМ	Опер.	Код, наименование операции	СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшп.	Тпз.	Тшт.
А	Код, наименование оборудования															
Б																
К/М																
О26	Позиция 1. Загрузить (Разгрузить)															
Т27	Позиция 2. Зенкеровать отверстия, выдерживая размеры $\varnothing 19^{+0,21}$ и сверлить 4 отверстия, выдерживая размеры $\varnothing 10,5^{+0,18}$ ; 396171 – Приспособления специальное; 391610 – Зенкер $\varnothing 19$ ГОСТ12489-71 Р6М5; 391210 – Сверло $\varnothing 10,5$ ГОСТ22735-77 Р6М5; 393110 Калибр гладкий, пробка ГОСТ24853-81															
Т01	Позиция 3. Зенкеровать/Развернуть отверстие, выдерживая размеры $\varnothing 16^{+0,027}$ и зенковать отверстие, выдерживая размеры $\varnothing 17^{+0,018}$ ; 396171 – Приспособления специальное; 391680 – Комбинированный инструмент $\varnothing 14$ Р6М5; 391630 зенковка $\varnothing 19$ ОСТ1, нормаль Р6М5; 393110 Калибр гладкий, пробка ГОСТ24853-81															
Т02	Позиция 4. Сверлить отверстия, выдерживая размеры $\varnothing 10^{+0,18}$ , $\varnothing 5^{+0,12}$ ; 396171 – Приспособления специальное; 391210 – Сверло $\varnothing 10$ и $\varnothing 5$ ГОСТ22735-77 Р6М5; 393110 Калибр гладкий, пробка ГОСТ24853-81															
Т03	Позиция 5. Контролировать отверстие 24															
Т04	Позиция 6. Сверлить отверстия, выдерживая размеры $\varnothing 10^{+0,18}$ , $\varnothing 5^{+0,12}$ ; 396171 – Приспособления специальное; 391210 – Сверло $\varnothing 10$ и $\varnothing 5$ ГОСТ22735-77 Р6М5; 393110 Калибр гладкий, пробка ГОСТ24853-81															
Т05	Позиция 7. Нарезать резьбу в отв. 23 и 24, выдерживая размер $\varnothing 10 \pm 0,018$ ; 391317 – Метчик М10 ГОСТ3266-81 Р6М5; 393120 – калибр резьбовой ГОСТ 24939-81;															
Т06	Позиция 8. Нарезать резьбу в отв. 16, выдерживая размер $\varnothing 22 \pm 0,021$ ; 391317 – Метчик М22 ГОСТ3266-81 Р6М5; 393120 – калибр резьбовой ГОСТ 24939-81;															
07																
А08	40 Слесарная															
09																
А10	50 Моечная															
11																
А12	60 Контрольная															
13																
МК																

## ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Операционная карта.

