

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»

Институт машиностроения

(наименование института полностью)

Кафедра «Оборудование и технологии машиностроительного
производства»

(наименование кафедры)

15.03.01 «Машиностроение»

(код и наименование направления подготовки, специальности)

Технологии, оборудование и автоматизация машиностроительных
производств

(направленность (профиль)/ специализация)

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

на тему Технологический процесс изготовления вала планетарного
редуктора

Студент(ка)	<u>Н.А. Андреев</u> (И.О. Фамилия)	_____
Руководитель	<u>Д.А. Расторгуев</u> (И.О. Фамилия)	_____
Консультанты	<u>Н.В. Зубкова</u> (И.О. Фамилия)	_____
	<u>П.А. Корчагин</u> (И.О. Фамилия)	_____
	<u>А.Г. Егоров</u> (И.О. Фамилия)	_____

Допустить к защите

Заведующий кафедрой к.т.н., доцент Н.Ю. Логинов

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

(личная подпись)

« _____ » _____ 2019 г.

Тольятти 2019

АННОТАЦИЯ

Выполнен анализ исходных данных. Предложен способ получения заготовки методом литья по результатам экономического анализа. Разработан технологический маршрут изготовления детали для среднесерийного производства. Рассчитаны припуски на обработку. Выбраны средства технологического оснащения, произведено нормирование для токарной и шлифовальной операций. Разработана и оформлена техническая документация.

Экологические мероприятия и меры по охране труда предназначены для обеспечения соответствующих норм и стандартов. Расчеты экономической эффективности изменений в оснастке и режимах подтверждают правильность выбранных решений.

Записка выпускной работы состоит из 68 страниц.

Графическая часть 7 листов формата А1.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
1 Анализ исходных данных.....	5
1.1 Анализ служебного назначения и условий работы детали	5
1.2 Химический состав и механические свойства	5
1.3 Классификация поверхностей детали	6
1.4 Анализ технологичности конструкции.....	6
2 Технологическая часть работы.....	10
2.1 Определение типа производства	10
2.2 Выбор и проектирование заготовки.....	10
2.3 Расчет припусков	10
2.4 Разработка технологического маршрута изготовления детали .	12
2.5 Выбор средств технологического оснащения.....	15
2.6 Расчет припусков и операционных размеров	17
2.7 Проектирование операций	20
2.8 Нормирование технологического процесса	23
3 Проектирование специальных средств оснащения	27
3.1 Проектирование станочного приспособления	27
3.2 Проектирование режущего инструмента	34
4 Безопасность и экологичность технического объекта.....	39
4.1 Конструктивно-технологическая характеристика объекта	39
4.2 Идентификация профессиональных рисков.....	39
4.3 Методы и технические средства снижения профессиональных рисков.....	40
4.4. Обеспечение пожарной и техногенной безопасности рассматриваемого технического объекта	40
4.5 Обеспечение экологической безопасности рассматриваемого технического объекта	42
4.6 Выводы по разделу «Безопасность и экологичность технического объекта»	43
5 Экономическая эффективность работы.....	45
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	49
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ	50
ПРИЛОЖЕНИЕ А.....	54
ПРИЛОЖЕНИЕ Б	63
ПРИЛОЖЕНИЕ В.....	66

ВВЕДЕНИЕ

Работа дает возможность показать степень усвоения изученных теоретических знаний и практических навыков к самостоятельному проектированию технологических процессов изготовления вала планетарного редуктора.

Технологическая подготовка производства определяет качество разработки технологии, позволяющей обеспечить выпуск заданного количества изделий в установленные сроки с необходимым качеством. Важной частью технологического процесса изготовления вала является определение технологических методов обработки, группировка их в технологический маршрут.

Для качественной технологии необходимо также обеспечить соответствующее обеспечение — станочное и инструментальное. Выбор приспособления или инструмента не всегда может быть выполнен на основе каталогов или справочников. В работе также проведено конструирование отдельных элементов оснастки со всеми инженерными расчетами.

Целью работы является научиться применять полученные навыки для проектирования технологического процесса по изготовлению вала планетарного редуктора с разработкой рационального технологического процесса.

1 Анализ исходных данных

1.1 Анализ служебного назначения и условий работы детали

Вал работает в условиях знакопеременных нагрузок и высоких скоростей. Так же не исключены ударные динамические нагрузки, например, в процессе пуска механизма или реверсирования. Поэтому материал вала должен обладать высокой износостойкостью рабочих поверхностей и достаточно вязкой сердцевиной.

1.2 Химический состав и механические свойства

Для выполнения своих функций к валу есть необходимость предъявить достаточно высокие требования к материалу. Вследствие больших размеров необходимо предусмотреть специальные меры и требования к термической обработке. Материал детали: сталь 30ХГТ ГОСТ 4543-71. Химический состав и механические свойства используемого материала представлены в таблицах 1.1. и 1.2 [1].

Таблица 1.1 - Химический состав материала вала В процентах

C	Si	Mn	P	S	Cr	Ti	Cu	N
0,24...0,32	0,17...0,37	0,8...1,1	≤0,035	≤0,040	1,1...1,3	0,03...0,09	≤0,3	≤0,3

Таблица 1.2 - Механические свойства

Предел кратковременной прочности σ_B , МПа	Предел пропорциональности $\sigma_{0,2}$, МПа	Модуль упругости первого рода $E \cdot 10^6$, МПа	Твердость по Бринеллю, НВ
830	690	2,12	240

Согласно таблицам 1.1. и 1.2. химический состав и механические свойства стали 30ХГТ вполне соответствуют служебному назначению изготавливаемого из нее вала.

1.3 Классификация поверхностей детали

На рисунке 1.1 представлен эскиз детали, а в таблице 1.3 классификация ее поверхностей.

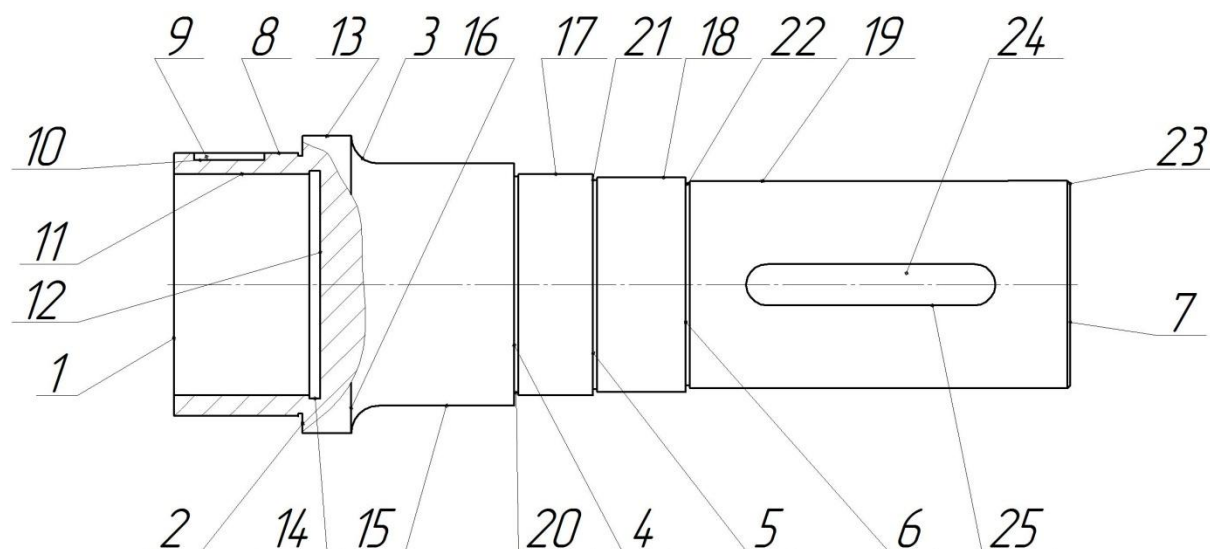


Рисунок 1.1. Нумерация поверхностей детали

Таблица 1.3 - Классификация поверхностей детали

Вид поверхности	Номера поверхностей
Исполнительные поверхности	9, 25
Основные конструкторские базы	11,4,17
Вспомогательные конструкторские базы	9,10,8,2,18,6,19,2 4,25
Свободные поверхности	остальные

1.4 Анализ технологичности конструкции

Вал относится к типовым валам с прямой осью, односторонней ступенчатостью, сплошным, шпоночным, средних размеров. Элементы конструктивные стандартные и унифицированы. Конфигурация вала дает возможность одновременной обработки сразу нескольких поверхностей

или заготовок на много инструментальных или много местных станках. Но для ее обработки можно задействовать обычные станки. По конфигурации ее можно считать технологичной [2].

Соотношение длины к диаметру вала меньше пяти, что позволяет отнести ее к достаточно жестким. Из-за веса вала (220 кг) возникает проблема ее транспортировки, установки (вручную невозможно это сделать), а также базирования и закрепления. Консольно ее не установить. Поджим задним центром при такой массе не даст требуемой жесткости. Придется использовать дополнительную опору снизу. Поэтому такую деталь будет сложно обрабатывать резанием из-за особенностей ее установки.

Заготовка для данного материала выбирается или из группы обработки давлением (поковка или штамповка) или из сортового проката. Литье для материала 30ХГТ не рекомендуется. Сама конфигурация вала простая. Момент не технологичности возникает из-за отверстия. Его можно получить осадкой в торец при штамповке. Но общая форма, и форма элементов заготовки простые. Естественно, для указанных способов формирования заготовки получить заданную точность каких-либо поверхностей по чертежу нельзя.

Черновые базы — торец промежуточный (если штамповка-поковка) или крайний торец с откидывающимся упором. В радиальном направлении это самая длинная поверхность (18 или 13 в зависимости от заготовки — Вывод: поскольку деталь не отвечает всем критериям технологичности, то можно сделать вывод о ее невысокой технологичности.

Все требования по поверхностям вала, перенесенные на чертеж вала, систематизированы в таблице 1.4. Они имеют минимально необходимый для полноценного выполнения своих служебных функций набор технических требований для снижения себестоимости изготовления детали. При этом необходимо учитывать тип производства и массу заготовки.

Таблица 1.4 – Требования к валу

В миллиметрах

Габарит	Вид и номер по рисунку 1.1	Точность, квалитет	Требование расположения или формы	Шероховатость, мкм
1	2	3	4	5
600	Плоская 1	12		6,3
116	Плоская 2	12	Отклонение от перпендикулярности 0,02	1,6
R10	Фасонная 3	12		6,3
98	Плоская 4	12	Отклонение от перпендикулярности 0,02	1,6
70	Плоская 5	12		6,3
348	Плоская 6	12	Отклонение от перпендикулярности 0,02	1,6
600	Плоская 7	12		6,3
238	Шейка 8	7		0,63
	Паз 9	8		1,25
	Плоская 10	12		6,3
200	Отверстие 11	7	Радиальное биение 0,02	0,63
122	Плоская 12	12		6,3
268	Шейка 13	12		6,3
205	Канавка 14	12		6,3
218	Шейка 15	8		3,2
10	Фасонная 16	12		6,3
200	Шейка 17	6	Радиальное биение 0,02	1,25

Продолжение таблицы 1.3

В миллиметрах

1	2	3	4	5
155	Шейка 18	6	Радиальное биение 0,02	1,25
150	Шейка 19	6	Радиальное биение 0,02	0,63
0.5	Канавка 20	12		6,3
0.5	Канавка 21	12		6,3
0.5	Канавка 22	12		6,3
2.5	Фасонная 23	12		6,3
170	Плоская 24	12		6,3
38	Фасонная 25	9	Отклонение от симметричности 0,015 Отклонение от параллельности 0,03	3,2

2 Технологическая часть работы

2.1 Определение типа производства

Масса детали 220 кг, годовой объем выпуска 1000 деталей. По [2] находим, что рекомендуемый тип производства – среднесерийный. Все характеристики спроектированного технологического процесса будут соответствовать особенностям этого типа производства. Основное-автоматизированное гибкое технологическое оборудование с возможностью быстрой переналадки.

2.2 Выбор и проектирование заготовки

Для того, чтобы выбрать правильный способ получения заготовок необходимо учитывать условия работы вала, группу материала, особенности ее конфигурации, особенности требований. Также принимают во внимание тип производства. Рационально выбранная заготовка минимум себестоимости изготовления. Проектирование заготовки проходит в определенном порядке. Сначала определяют способ получения. С учетом напусков найти припуски для каждой обработанной поверхности. После пересчитать размеры и назначить допуски. Для рационального выбора заготовки необходимо одновременно учитывать все вышеперечисленные исходные данные, так как между ними существует тесная взаимосвязь. Заготовку для детали вал можно получить литьем [3] и штамповкой на ГКМ [4]. Рассчитаем заготовки по обоим вариантам и путем экономического анализа выберем наиболее рациональный метод изготовления.

2.3 Расчет припусков

Получение заготовки методом штамповки. Назначаем штамповочные уклоны и радиусы, учитывая, что внутренние радиусы по рекомендации в

3 раза больше наружных [5]. Принимаем наружные радиусы $r = 2,5$ мм, внутренние радиусы $R = 7,5$ мм, внешние уклоны – 7° .

Припуски на штампуемую заготовку назначаем в зависимости от массы поковки, размеров и технических требований чертежа детали.

Все назначенные припуски сводим в таблицу 2.1. Назначение допусков на размеры штамповки, учитывающих недоштамповку, износ ручьев штампа, его сдвиг проводим в зависимости от массы, материала и сложности поковки, и все данные также сводим в таблицу 2.1.

Определим коэффициент использования материала K_M :

$$K_M = \frac{Q_D}{Q_3} = \frac{220}{286} = 0,77. \quad (2.1)$$

Масса детали известна $Q_D = 220$ кг. Массу заготовки Q_3 определим по формуле:

$$Q_3 = Q_D \cdot k; \quad (2.2)$$

где k – поправочный коэффициент из ГОСТ 7505 – 89.

Рассчитаем V , используя стандартные геометрические формулы, разбив заготовку на пять элементарных фигур:

$$V = V_1 + V_2 + V_3 + V_4 - V_5 = 22942 \cdot 10^6 \text{ мм}^3, \quad (2.3)$$

$$V_i = \frac{\pi d_i^2}{4} h_i \text{ мм}^3, \quad (2.4)$$

где d – диаметр участка, м;

h – длина участка, м.

Масса поковки:

$$Q_3 = V_3 \cdot \rho = 2942 \cdot 10^{-5} \cdot 7850 = 231 \text{ кг}; \quad (2.5)$$

Вывод: для получения заготовки вала выбираем метод штамповки, чертеж заготовки представлен на листе.

Таблица 2.1 - Размеры штамповки

В миллиметрах

Размер детали	Припуск на сторону	Размер штамповки	Верхнее отклонение	Нижнее отклонение
Диаметр 194	7	Диаметр 208	+4,2	-2,5
Диаметр 200	7,1	Диаметр 185,8	+2,5	-4,2
Диаметр 218	6,6	Диаметр 231,2	+4,2	-2,5
Диаметр 238	6,6	Диаметр 281,6	+4,2	-2,5
160	8	176	+4,2	-2,2
98	8	120	+4,2	-2,2
348	8	433	+4,2	-2,5
810	8	836	+5,0	-3,2

2.4 Разработка технологического маршрута изготовления детали

Выбор методов обработки поверхностей детали резанием выполним по типовым таблицам обработки [6] и результаты выбора сведем в таблицу 2.3. Номера поверхностей взяты с технологического чертежа детали.

В таблице приняты следующие обозначения: $T_{\text{ч}}$ – точение черновое; $T_{\text{пч}}$ – точение получистовое; $\text{Ш}_{\text{пч}}$ – шлифование черновое; $\text{Ш}_{\text{чист}}$ – шлифование чистовое; $\Phi_{\text{торц}}$ – фрезерование торцовой фрезой; $\Phi_{\text{к}}$ – фрезерование концевой фрезой. В скобках указаны качество точности размера после перехода и шероховатость в мкм.

Далее все переходы объединяются по типу и виду в операции, которые приведены в таблице 2.4. Особенность данной технологии – концентрация переходов разнородных по виду в рамках одной операции (токарные и фрезерные). Это возможно при использовании токарного – фрезерного центра, оснащенного приводными посадочными местами. Образец технологии взят из [7].

Таблица 2.3 - Методы обработки поверхностей вала

Номер поверхности	Точность (квалитет)	Шероховатость Ra, мкм	Метод обработки (кавалитет и шероховатость Ra, мкм)
8,17,19	6	0,63	T _ч (12; 6,3), T _{пч} (10; 3,2), Ш _{пч} (8; 1,25), Ш _{чист} (6; 0,63)
18	8	1,25	T _ч (12; 6,3), T _{пч} (10; 2,5), Ш _{пч} (8; 1,25)
13,3,15	14	6,3	T _ч (13; 6,3), T _{пч} (10; 3,2)
2,4,6	14	1,25	T _ч (12; 6,3), T _{пч} (10; 2,5), Ш _{пч} (8; 1,25)
11	7	0,63	P _ч (12; 6,3), P _{пч} (9; 2,5), ШВ _{чист} (7; 0,63)
1,7	14	6,3	Φ _{торц} (13; 6,3)
10,25	9	3,2	Φ _к (9; 3,2)
9,24	12	6,3	Φ _к (12;6,3)

Таблица 2.4 - Технологический маршрут изготовления детали

Наименование операции	Оборудование (тип, модель)	Содержание операции
1	2	3
000 Заготовительная	Пресс	Штамповка
010 Фрезерная	Барабанно-фрезерный станок ГФ-110	Фрезеровать торцы 1,7 и сверлить центровочное отверстие
020 Токарная	Токарный центр САТ 400	А: точить начерно 2,8,13; расточить начерно 11,12 Б: точить начерно 3-6, 16-19
030 Токарная	Токарный центр Mazak Integrex e-401H	А: точить начисто 2,8,13; расточить начисто 11,12; расточить канавку 14

Продолжение таблицы 2.4

1	2	3
		Б: точить начисто 3-6, 16-19; точить канавку 20-22; фрезеровать пазы 9,10 и 24,25
040 Термообработка	Печь электрическая	Нормализация
050 Круглошлифовальная	Круглошлифовальный станок 3Т160	А: Шлифовать начерно 2,8. Б: Шлифовать начерно 4-6, 17-19
060 Круглошлифовальная	Круглошлифовальный станок 3М167	А: Шлифовать начисто 8. Б: Шлифовать начисто 17-19
070 Внутришлифовальная	Внутришлифовальный станок МБУ Универсал	Шлифовать 11.
080 Моечная		
090 Контрольная		

План обработки с учетом разработанного маршрута представлен на листе. Особенность технологии в обработке одного центрального отверстия слева на 010 операции. При установке вала с фланцем, где обрабатывается отверстие, центр все равно нельзя использовать. При обработке с другой стороны, центр используется для точности базирования и повышения жесткости системы.

Для обеспечения повышенной жесткости установки используется опорный люнет, на который приходится основная масса заготовки, что позволяет

2.5 Выбор средств технологического оснащения

Результаты выбора средств технологического оснащения заносим в таблицу 2.5. По станкам, приспособлениям, инструменту и контрольным средствам информация взята из [8-11].

Таблица 2.5 - Выбор оснащения

Операц ия	Оборудование (тип, модель)	Приспособле ние	Режущий инструмент	Контроль
1	2	3	4	5
000	Пресс	Пресс- матрицы	-	-
010	Барабанно- фрезерный станок ГФ-110	Тиски	Фреза сборная диаметр 250 мм Т5К10 2210-0076 ГОСТ 24360-80, сверло центровальное Р6М5, тип А диаметр 15 ГОСТ 14952-80	ШЦ Ш-1000- 0,1 ГОСТ 160-80
020	Токарный станок модульного типа САТ 400	Патрон 7102- 0081 ГОСТ 24351-80; люнеты 6046- 0002 ГОСТ 21189-75; центр упорный ГОСТ 13214- 79	PDINR2525M15 Резец Т15К6 ТУ 2- 035-892-82; 035- 2126-1807 резец Т14К8 ОСТ 2И10- 7-84; 191421055 оправка ТУ 2- 035-775-80; PCLNL 2525M12 резец Т15К6 ТУ 2-	ШЦ Ш -1000- 0,1 ГОСТ 160-80

Продолжение таблицы 2.5

1	2	3	4	5
			035-892-82	
030	Токарный центр САТ 400	Патрон 7102-0081 ГОСТ 24351-80; люнет 6046-0002 ГОСТ 21189-75; центр 7032-0018 ГОСТ 13214-79	PDINR2525M15 резец Т15К6 ТУ 2-035-892-82; 035-2126-1807 резец Т14К8 ОСТ 2И10-7-84; 191421055 оправка ТУ 2-035-775-80; PCLNR 2525M12 Резец Т15К6 ТУ 2-035-892-82; резец канавочный 20х20х150 Р6М5 2128-2383;	ШЦЦ-1000-0,1 ГОСТ 160-80 микрометр ГОСТ6507-67
050	Круглошлифовальный станок 3Т160	Патрон 7108-0026 ГОСТ 2571-71, хомутик 7107-0045 ГОСТ 2578-70, люнет, центр 7032-0018 ГОСТ 13214-79	Круг шлифовальный, 3 300х80х160 24А F60 L 7 V ГОСТ 2323-2008	Скоба СР ГОСТ 11098-75; Микрометр МЗ Н75 ГОСТ 6507-90
060	Круглошлифовальный станок 3М197	Патрон токарный поводковый	Круг шлифовальный, 1 300х80х160	Скоба рычажная СР ГОСТ 11098-

Продолжение таблицы 2.5

1	2	3	4	5
060	Круглошлифовальный станок 3М197	7108-0030 ГОСТ 2571-71, хомутик поводковый 7107-0074 ГОСТ 16788-70, Центр 7032-0018 ГОСТ 13214-79, люнет	24А F90 N 7 V ГОСТ 2323-2008	75; МЗ Н75 ГОСТ 6507-90
070	Внутришлифовальный станок МБУ Универсал	Патрон трехкулачковый самоцентрирующий 7100-012–Н–ГОСТ 2675-80, центр станочный вращающийся ГОСТ 8742-75, люнет	Круг шлифовальный, 5-70x140x80 24А F90 М 7 V 35 м\с	Микрометр первого класса точности ГОСТ 6507-78

2.6 Расчет припусков и операционных размеров

Рассчитаем аналитическим методом по переходам [13] припуск на самую точную поверхность – отверстие диаметром 200 мм. Результаты расчета будем заносить в таблицу 2.6.

Величины допусков берем из плана изготовления, h , Rz , ε определяем по таблицам. Минимальное значение припусков определим по формуле:

$$Z_{i\min} = (Rz + h)_{i-1} + \sqrt{\Delta_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2} \quad (2.8)$$

Максимальное значение припусков определим по формуле:

$$Z_{i\max} = d_{\min i-1} - d_{\min i}, \quad (2.9)$$

Среднее значение припусков определим по формуле:

$$Z_{CP} = \frac{Z_{i\max} + Z_{i\min}}{2} \quad (2.10)$$

Предельные размеры рассчитывают по формулам:

$$d_{i-1\min} = d_{i\max} - Td_i, \quad d_{i-1\max} = d_{i\max} - 2z_{i\min}. \quad (2.11)$$

Рассчитаем кривизну заготовки [13]:

$$\Delta_1 = \Delta_k \cdot l = 1 \cdot 836 = 836, \quad \Delta_2 = \Delta_{cm} = 1200 \text{ мкм},$$

где Δ_k – удельная кривизна заготовки, мкм/мм;

l – длина заготовки, мм.

Погрешность черного точения

$$\Delta_{\Sigma\text{черн}} = (\Delta_1 + \Delta_2) \cdot 0,06 = 2036 \cdot 0,06 = 122 \text{ мкм};$$

Погрешность чистового точения

$$\Delta_{\Sigma\text{п.чист}} = \Delta_1 \cdot 0,05 = 2036 \cdot 0,05 = 102 \text{ мкм};$$

Погрешность черного шлифования

$$\Delta_{\Sigma\text{чист}} = \Delta_1 \cdot 0,04 = 2036 \cdot 0,04 = 82 \text{ мкм};$$

Погрешность чистового шлифования

$$\Delta_{\Sigma\text{шл}} = \Delta_1 \cdot 0,02 = 2036 \cdot 0,02 = 41 \text{ мкм.}$$

Таблица 2.6 - Расчет припусков

В микрометрах

Технологический переход	Элемент припуска				Операционный допуск	Предельный размер, мм		Предельный припуск, мм	
	Rz ⁱ⁻¹	h ⁱ⁻¹	ρ ⁱ⁻¹	ε _{уст} ⁱ⁻¹		d ⁱ min	d ⁱ max	2Z	2Z
								max	min
Штамповка	200	200	3000	-	6700	185,2	191,9	-	-
Точение черновое	60	60	180	120	530	198,16	198,69	13	6,8
Точение получистовое	30	40	150	100	150	199,27	199,34	1,03	0,65
Шлифование черновое	10	20	120	50	70	199,75	199,90	0,54	0,45
Шлифование чистовое.	5	15	60	20	46	200,050	200,096	0,325	0,301

Минимальный припуск:

$$z_{1\min} = (200 + 200) + \sqrt{3000^2 + 120^2} = 3402 \text{ мкм,}$$

$$z_{2\min} = (60 + 60) + \sqrt{122^2 + 100^2} = 180 \text{ мкм,}$$

$$z_{3\min} = (30 + 40) + \sqrt{102^2 + 50^2} = 150 \text{ мкм,}$$

$$z_{4\min} = (10 + 20) + \sqrt{22^2 + 20^2} = 120 \text{ мкм.}$$

Предельные размеры:

$$d_{4\min} = 199,795 - 0,070 = 199,725 \text{ мм,} \quad d_{4\max} = 200,096 - 0,301 = 199,795 \text{ мм,}$$

$$d_{3\min} = 199,340 - 0,150 = 199,27 \text{ мм,} \quad d_{3\max} = 199,725 - 0,456 = 199,340 \text{ мм,}$$

$$d_{2\min} = 198,69 - 0,53 = 198,16 \text{ мм,} \quad d_{5\max} = 199,34 - 0,625 = 198,69 \text{ мм,}$$

$$d_{1\min} = 191,9 - 6,7 = 185,2 \text{ мм,} \quad d_{1\max} = 198,69 - 6,8 = 191,9 \text{ мм.}$$

2.7 Проектирование операций

Определим режимы резания для токарной черновой операции 020.

Глубину резания t назначаем по расчету припусков, а подачу S назначаем таблично по [14]. На обоих установках А и Б: $t = 4,9$ мм, $S = 0,6$ мм/об.

Скорость резания V , м/мм, для продольного точения и растачивания рассчитываем как [14]:

$$V = \frac{C_V}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_V, \quad (2.12)$$

где T – стойкость инструмента, $T=60$ мин;

C_V , x , y , m – принимаются по табличным значениям [14];

K_V – произведение параметров, которые определяют влияние материала 30ХГТ K_{MV} , резание по корке K_{IV} , материал Т5К10 режущей части резцов K_{IV} :

$$K_V = K_{MV} \cdot K_{IV} \cdot K_{IV}. \quad (2.13)$$

Оборотов шпинделя n , мин^{-1} , определяется как:

$$n = \frac{V \cdot 1000}{\pi \cdot D}. \quad (2.14)$$

Регулирование частоты вращения на станке программное и бесступенчатое, поэтому принимаем расчетное значение.

Установ А, где проводится обтачивание наибольшей ступени с диаметром 268 мм:

$$V_1 = \frac{340}{60^{0.2} \cdot 4,9^{0.15} \cdot 0,6^{0.45}} \cdot 1 \cdot 0,8 \cdot 1 = 119 \text{ м/мин},$$

$$n_1 = \frac{119 \cdot 1000}{3,14 \cdot 268} = 141 \text{ об/мин.}$$

На установе Б обрабатывается максимум 219 мм диаметр:

$$n_2 = \frac{119 \cdot 1000}{3,14 \cdot 219} = 173 \text{ об/мин.}$$

Сила тангенциальная резания P_z , Н, находится из формулы по [14]:

$$P_z = 10C_p t^x S^y V^n K_p, \quad (2.15)$$

где C_p , x , y , n – параметры на условия обработки по [14];

K_p – параметр, который зависит от ряда поправочных коэффициентов:

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

где

$$K_{mp} = \left(\frac{\delta_s}{750} \right)^n. \quad (2.16)$$

Коэффициенты по [14]:

$$P_{z2} = 10 \cdot 300 \cdot 4,9^1 \cdot 0,6^{0.75} \cdot 119^{-0.15} \cdot (0,25 \cdot 0,89 \cdot 1,08 \cdot 1,25 \cdot 1 \cdot 1) = 1470 \text{ Н.}$$

Мощность резания N , кВт [14]:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} \quad (2.17)$$

$$N_1 = \frac{1470 \cdot 119}{1020 \cdot 60} = 2,9 \text{ кВт.}$$

Потребная мощность $N_p = \frac{N_{\text{э}}}{\eta} = \frac{2,9}{0,85} = 3,4 \text{ кВт.}$

Для станка с мощностью 16 кВт условия резания нормальные.

Для растачивания режимы резания те же по глубине 4,9 мм, подача уменьшена до 0,4 мм/об, частота вращения из-за диаметра отверстия отличается:

$$n_2 = \frac{119 \cdot 1000}{3,14 \cdot 198} = 191 \text{ об/мин.}$$

Проверку проведем с учетом максимального припуска 6,8 мм:

$$P_{z2} = 10 \cdot 300 \cdot 6,5^1 \cdot 0,4^{0,75} \cdot 119^{-0,15} \cdot (0,25 \cdot 0,89 \cdot 1,08 \cdot 1,25 \cdot 1 \cdot 1) = 1439 \text{ Н.}$$

Определим режимы резания для внутришлифовальной операции 070.

Ширина выбранного шлифовального круга: $B=140\text{мм.}$

Режимы обработки следующие [14]: $t = 0,156 \text{ мм,}$ продольная подача - $S_{\text{пр}}=0,4 \cdot B=0,4 \cdot 80=32 \text{ мм/об.}$

Скорость вращения детали: $V_d = 20 \text{ м/мин.}$

Расчетная частота вращения детали:

$$n_d = \frac{1000 \cdot 200}{3,14 \cdot 200} = 31,8 \text{ об/мин,}$$

с бесступенчатым регулированием.

Скорость вращения шлифовального круга:

$$n_k = \frac{60000 \cdot 30}{3,14 \cdot 70} = 8189 \text{ об / мин.}$$

Эффективная мощность, кВт:

$$N = C_N \cdot V_o^r \cdot S_{np}^y \cdot t^x \cdot d^q = 0,36 \cdot 20^{0,35} \cdot 32^{0,4} \cdot 0,02^{0,4} \cdot 70^{0,3} = 3,1 \text{ кВт.}$$

2.8 Нормирование технологического процесса

Штучно-калькуляционное время на операцию, где валы обрабатываются частично от годового объема партиями n :

$$T_{ш-к} = \frac{T_{n-3}}{n} + T_{шт}, \quad (2.18)$$

где T_{n-3} – время для подготовки и завершения операции, мин.

Штучное время:

$$T_{шт} = T_o + T_{всп} + T_{обс} + T_{пер}, \text{ мин,} \quad (2.19)$$

где T_o – основное время, мин;

$T_{всп}$ – вспомогательное время, мин;

$T_{обс}$ – время на различное обслуживание оборудования, мин.

Деталей в партии запуска n :

$$n = \frac{N \cdot a}{F} = \frac{1000 \cdot 12}{254} = 47 \text{ деталей,} \quad (2.20)$$

a – периодичность запуска деталей, $a = 12$ дней;

F – число рабочих дней в году, $F = 254$ дня.

Штучное время на токарную и шлифовальную операции, для которых спроектированы наладки, определяем по расчетным формулам на основании рассчитанных режимах резания, на остальные операции приближенно, по формулам [15].

Токарная черновая операция 020. Вспомогательное время с учетом управления станком (0,2 ми), установки-снятия заготовки (масса более 200 кг) (1,5 мин), операционного контроля (0,6 мин), холостых ходов (0,06 мин) и поправочного коэффициента для серийного производства 1,85:

$$T_{bc} = 0,2 + 1,5 + 0,6 + 0,06 \cdot 1,85 = 4,4 \text{ мин.}$$

Основное время на установке А с длиной резания по участкам – торце 15 мм, шейка – 116 мм, торец – 15 мм, шейка 50 мм.

$$T_o = l_{p.x} / S_{\text{мин}}, \quad (2.21)$$

где $l_{p.x}$ - длина хода инструмента при обтачивании

$$l_{p.x} = 5 + 15 + 116 + 50 + 50 + 5 = 241 \text{ мм.}$$

$S_{\text{мин}}$ минутная подача

$$S_{\text{мин}} = S_0 \cdot n_1 = 0,6 \cdot 141 = 84,6 \text{ мм/мин.}$$

$$T_o = \frac{241}{84,6} = 2,85 \text{ мин.}$$

Для растачивания:

$$T_o = \frac{5 + 108}{191 \cdot 0,4} = 1,48 \text{ мин.}$$

24

Установ Б:

$$T_o = \frac{l_{p,x}}{S_{m,p}} = \frac{5 + 348 + 3 + 85 + 3 + 70 + 9 + 150 + 5}{173 \cdot 0,6} = 6,5 \text{ мин.}$$

Общее время обработки составит: $T_o = 2,85 + 1,48 + 6,5 = 10,83$ мин.

$$T_{\text{обс}} = 0,06(T_o + T_{\text{всп}}) = 0,06(10,83 + 4,4) = 0,9 \text{ мин.}$$

$$T_{\text{пер}} = 0,05 \cdot T_{\text{оп}} = 0,05 \cdot 15,23 = 0,8 \text{ мин.}$$

Штучное время на операции:

$$T_{\text{шт}} = 10,83 + 4,4 + 0,9 + 0,8 = 16,93 \text{ мин}$$

$$T_{\text{шт-к}} = \frac{20}{47} + 16,93 = 17,4 \text{ мин.}$$

Для 070 шлифовальной операции вспомогательное время составит $T_{\text{вс}} = 3,5$ мин. Операционное время на обработку:

$$T_o = \frac{2L \cdot z}{n_o \cdot S_{np} \cdot t} \cdot K = \frac{2 \cdot 98 \cdot 0,156}{31 \cdot 32 \cdot 0,02} \cdot 1,2 = 8,7 \text{ мин.} \quad (2.22)$$

Вспомогательное время:

$$T_{\text{вс}} = 0,2 + 2,1 + 0,8 + 0,03 \cdot 1,85 = 5,8 \text{ мин.}$$

$$T_{\text{обс}} = 0,06(T_o + T_{\text{всп}}) = 0,06(5,8 + 8,7) = 0,9 \text{ мин.}$$

$$T_{\text{пер}} = 0,05 \cdot T_{\text{оп}} = 0,05 \cdot 15,23 = 0,8 \text{ мин.}$$

Тогда время на 070 операцию составит:

$$T_{\text{шт}} = 8,7 + 5,8 + 0,9 + 0,8 = 16,2 \text{ мин}$$

$$T_{\text{шт-к}} = \frac{40}{47} + 16,2 = 17,1 \text{ мин.}$$

$$T_{\text{шт}} = T_o + T_{\text{вс}} + T_{\text{об}} + T_{\text{пер}} = 6,05 + 1,07 + 2,59 + 0,42 = 10,13 \text{ мин.}$$

$$T_{\text{ш-к}} = T_{\text{п-з}}/n + T_{\text{шт}} = 40/435 + 10,13 = 10,2 \text{ мин.}$$

Технологические наладки включают информацию, полученную при расчетах, показывают схему обработки, оснащение, циклограммы движения инструмента. Также в приложении А, Б технологическая информация в маршрутной и операционных картах.

3 Проектирование специальных средств оснащения

3.1 Проектирование станочного приспособления

На 070 внутришлифовальной операции для закрепления вала используем трех кулачковый патрон, идущий в комплекте со станком. Его недостатком является недостаточно высокая точность установки [16]. Для закрепления с высокой точностью выберем мембранный трехкулачковый патрон с высокой точностью установки. Для компенсации веса заготовки используем в схеме установки также опорный люнет.

Для внутреннего круглого шлифования необходимо знать тангенциальную составляющую силы P_z . Операционный эскиз дается на рисунке 3.1.

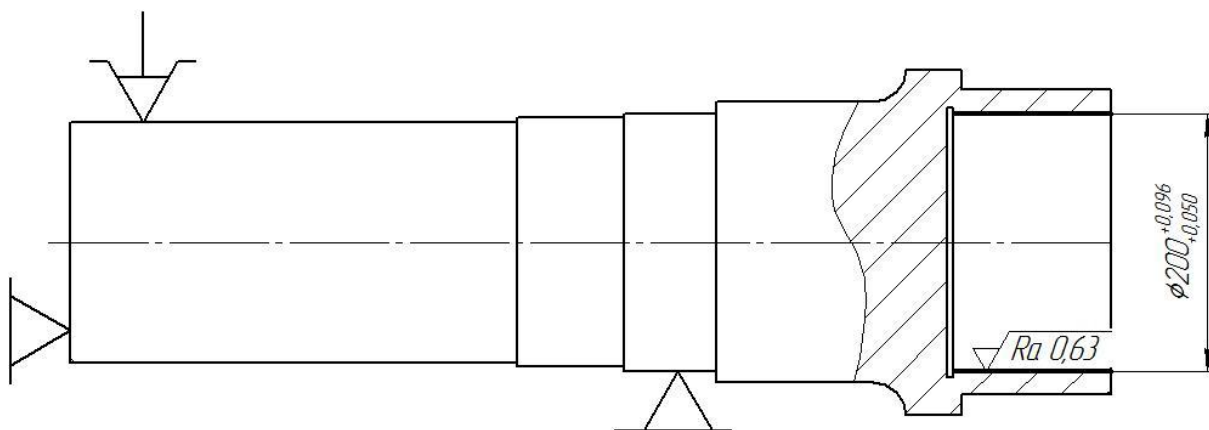


Рисунок 3.1 – Операционный эскиз для 070 внутришлифовальной операции

Для этого необходимо вначале найти мощность резания N по формуле [17]:

$$N = C_N \cdot v^r \cdot t^x \cdot b^z, \quad (3.1)$$

где C_N - поправочный коэффициент; $C_N = 0,36$;

r, x, z - показатели степени; $r = 0,35, x = 0,4, z = 0,4$;

t - глубина шлифования, мм/дв.ход;

b - ширина шлифования, которая равна длине шлифовального круга, мм. После подстановки:

$$N = C_N \cdot V_o^r \cdot S_{np}^y \cdot t^x \cdot d^q = 0,36 \cdot 20^{0,35} \cdot 32^{0,4} \cdot 0,02^{0,4} \cdot 70^{0,3} = 3,1 \text{ кВт.}$$

Сила резания P_z , Н, определяется по формуле [16]:

$$P_z = \frac{N \cdot 1020 \cdot 60}{v}, \text{ Н} \quad (3.2)$$

Подставив определенные данные в формулу (3.2), получим:

$$P_z = \frac{3,1 \cdot 1020 \cdot 60}{30} = 6324 \text{ Н.}$$

Определим силу зажима исходя из условия статического равновесия.

Крутящий момент, выворачивающий заготовку, находится как:

$$M_{рез} = P_z \cdot \frac{d}{2}, \quad (3.3)$$

где $\frac{d}{2}$ - плечо действия силы, мм. После подстановки, получим:

$$M_{рез} = 6324 \cdot \frac{0,2}{2} = 632 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Найдем радиальную силу зажима W_z для одного кулачка по формуле:

$$W_z = \frac{K \cdot M_{рез}}{n \cdot f \cdot b}, \quad (3.4)$$

где n – число кулачков, принимается равным трем;

K – расчетный коэффициент запаса;

b – диаметр базовой поверхности заготовки, $2b=188$ мм=0,188 м.

$f = 0,17$ – коэффициент трения между поверхностью заготовки и кулачком. Расчетный коэффициент запаса K :

$$K = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6, \quad (3.5)$$

где K_{0-6} - коэффициенты для учета условий обработки. Принимаются по [19];

$$K=1,5 \cdot 1,0 \cdot 1,2 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 1,8.$$

Т.к. $K < 2,5$, то примем K равным 2,5. Окончательно получаем:

$$W_z = \frac{2,5 \cdot 632}{3 \cdot 0,17 \cdot 0,188 / 2} = 8239 \text{ Н.}$$

Момент изгиба пластины мембраны:

$$M = \frac{W_z \cdot n \cdot l}{2\pi b}, \quad (3.6)$$

где l – расстояние вылета кулачка от центра плоскости мембраны, $l=0,155$ м. После подстановки:

$$M = \frac{8239 \cdot 3 \cdot 0,155}{2 \cdot 3,14 \cdot 0,094} = 6490 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Круглая пластина мембраны нагружается равномерным моментом M по окружности радиусом b . Этот момент равен сумме моментов M_1 и M_3 .

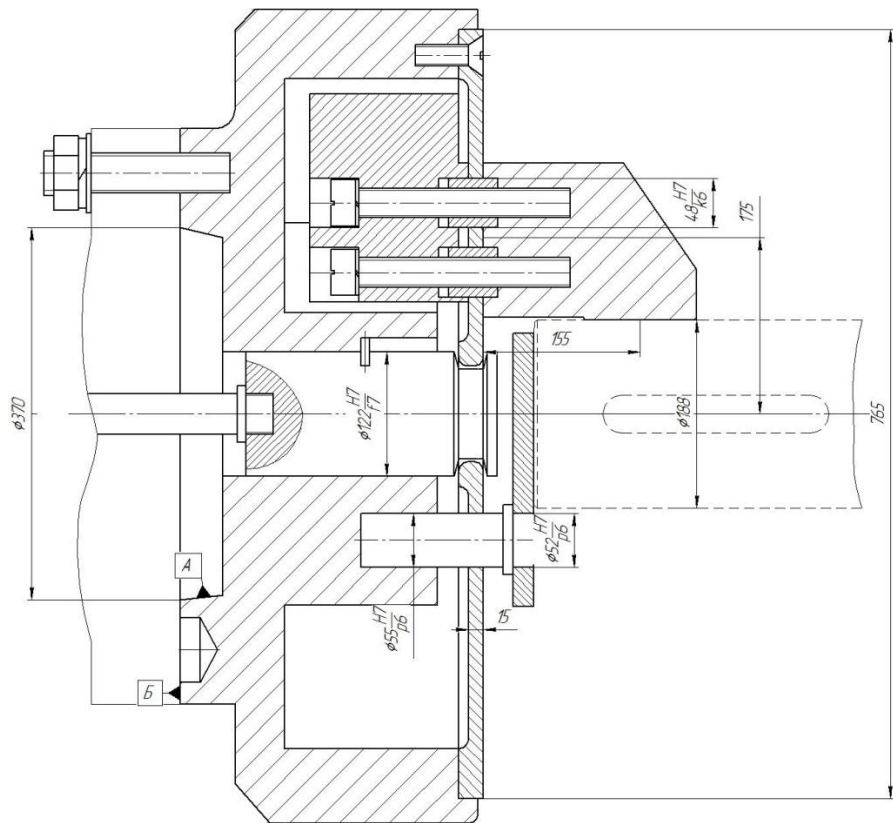


Рисунок 3.2 – Параметры мембраны для расчета

Они зависят от такого соотношения:

$$m = \frac{a}{b} , \quad (3.7)$$

где a - радиус мембраны, $a = 382,5$ мм. Для $m = \frac{382,5}{94} \approx 4,1$.

Определяется M_3 :

$$M_3 = 0,52 \cdot M . \quad (3.8)$$

После подстановки, получим:

$$M_3 = 0,52 \cdot 6490 = 3375 \text{ Н} \cdot \text{м} .$$

$$M_1 = M - M_3 = 6490 - 3375 = 3115 \text{ Н} \cdot \text{м} .$$

Угол разжима кулачков φ в радианах для гарантированного

закрепления заготовки:

$$\varphi = \frac{M_3 \cdot b}{D(1 + \mu)}, \quad (3.9)$$

где D - цилиндрическая жесткость мембраны, Н/м. Находится как:

$$D = \frac{E \cdot h^3}{12(1 - \mu^2)}, \quad (3.10)$$

где E – модуль упругости материала мембраны $E=2,1 \cdot 10^{11}$ Па [18];

h - толщина мембраны, принимаем $h=15$ мм;

μ - коэффициент Пуассона материала, который равен 0,4. После подстановки, получим:

$$D = \frac{2,1 \cdot 10^{11} \cdot 0,015^3}{12(1 - 0,3^2)} = 64903 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$
$$\varphi = \frac{3375 \cdot 0,094}{64903(1 + 0,3)} = 0,005 \text{ рад}.$$

Мембрана имеет центральное отверстие $2C=95$ мм. Значение угла φ умножаем на коэффициент K_1 , который находится в зависимости от отношения a/c .

$$\frac{a}{c} = \frac{382,5}{95} = 4,1, \quad K_1 = 1,16;$$
$$\varphi = 0,004 \cdot 1,16 = 0,005 \text{ рад}.$$

Тогда угол максимальный разжима у кулачков:

$$\varphi' = \varphi + \varphi_1 + \varphi_2, \quad (3.11)$$

где φ_1 - угол разжима кулачков с учетом технологического допуска

ТА на базовый диаметр;

φ_2 - угол разжима. Он дает зазор Δ для обеспечения свободного захвата заготовки в кулачках проектируемого патрона:

$$\varphi' = \varphi + \frac{TA}{2l} + \frac{\Delta}{2l}, \quad (3.12)$$

Величина Δ определяется как:

$$\Delta \approx 0,0008 \cdot b + 0,02. \quad (3.13)$$

Подставим, получим:

$$\Delta \approx 0,0008 \cdot 94 + 0,02 = 0,095 \text{ мм.}$$

$$TA = 0,029 \text{ мм.}$$

Подставим, получим:

$$\varphi' = 0,005 + \frac{0,029}{2 \cdot 155} + \frac{0,095}{2 \cdot 155} = 0,0054 \text{ рад.}$$

Силу на штоке для прогиба мембраны на угол φ' :

$$Q = \frac{4\pi D \varphi'}{2,3 \lg(a/b)}. \quad (3.14)$$

Подставим, получим:

$$Q = \frac{4 \cdot 3,14 \cdot 64903 \cdot 0,0054}{2,3 \lg(382,5/94)} = 1367 \text{ Н.}$$

Из-за отверстия найденное значение силы Q необходимо умножить на поправочный коэффициент $K_2 = 0,85$.

Тогда: $Q = 1367 \cdot 0,83 = 1135 \text{ Н}$.

Для механизации зажима используем пневмоцилиндр двустороннего действия. Рабочее давление 0,4 МПа [18]. Найдем диаметр поршня:

$$D = 1,13 \cdot \sqrt{\frac{Q}{p \cdot \eta}}, \quad (3.15)$$

где p - рабочее давление среды, МПа;

η - КПД привода. После подстановки получаем:

$$D = 1,13 \cdot \sqrt{\frac{1135}{0,4 \cdot 0,9}} = 63 \text{ мм.}$$

Примем по размерам у присоединительного конца посадочного шпинделя по ГОСТ 15608-81, конструктивно значение с учетом запаса по усилию $D=125$ мм. Ход поршня принимается из условия для обеспечения свободной установки вала в кулачках: $S_q=3$ мм.

Запас хода при зажиме заготовки, когда мембрана отжимается и поршень занимает крайнее положение $\Delta S_q=2$ мм.

Погрешность базирования в патроне равна нулю ($\epsilon_B = 0$).

Погрешность зажима и приспособления принимается равной 0,005 мм, т.к. зажимные поверхности у кулачков патрона должны быть обработаны в сборе.

Патрон мембранный устанавливается на посадочный конец шпинделя и крепится винтами (не показаны). Патрон состоит из корпуса 1, в который вставлена мембрана 2. На мембране 2 через постоянные кулачки 3 по втулкам 5 крепятся винтами 12 сменные кулачки 4. В центральное отверстие мембраны 2 вставлен фланец 10, который вкручен в центровик 8. С обратной стороны в центровик вкручивается тяга 9, которая соединяет патрон с пневмоприводом (не показан). Через три отверстия мембраны 2 проходят пальцы 7, на которые напрессована пластина 6. В центровик 8 запрессован штифт 16, который скользит в пазу корпуса 1.

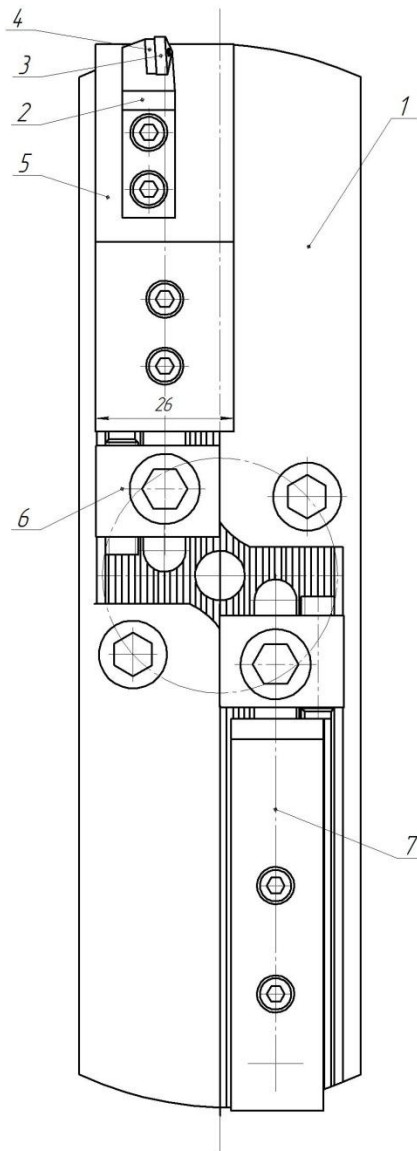
Мембрана винтами 10 зафиксирована в выточке корпуса 1. В торец корпуса вкручиваются шпильки 13.

Патрон мембранный работает следующим образом. Корпус 1 по коническому отверстию устанавливается на шпиндель станка. Шпильками 16 с гайками 13 и шайбами 17 и 18 он фиксируется на шпинделе станка. Центрирование с зажимом обрабатываемой заготовки проводится сменными кулачками 4 при упругой деформации мембраны 2. Для разжима тяга 9 перемещается вправо и толкает центровиком мембрану 2 по краям центрального отверстия. За счет ее деформации сменные кулачки 4 жестко связанные через шпонки 5 винтами 12 с постоянными кулачками 3 и упирающиеся в мембрану вместе с ней разводятся от заготовки. происходит раскрепление вала. Предварительно сменные кулачки после установки на станок обрабатываются для обеспечения заданного биения.

3.2 Проектирование режущего инструмента

На операции 020 токарной на расточном переходе обрабатывается отверстие диаметром 198 мм в заготовке из 30ХГТ, твердостью около 210 НВ, на токарном станке. Спроектируем расточную головку для больших диаметров с регулированием вылета расточного резца.

Головка (рисунок 3.3, 3.4) содержит корпус 1, который по базовому отверстию устанавливается на хвостовик, который закрепляется в инструментальном шпинделе станка. В корпусе 1 закреплены две рифленые пластины 9 винтами 11. На этих пластинах 9 установлены с одной стороны резцовый блок 5 с резцом 2. С другой стороны противовес 7. И тот и другой упираются в регулировочный винт 12 в опоре 6, которая шпонкой 8 и винтом 10 притянута на рифленой пластине 9. Резец 2 закреплен на блоке на подвижной пластине 16. Она через клин 14 соединяется с винтом 13, который перемещает клин и производит смещение пластины. С другой стороны клин поджимается пружиной 15, которая возвращает его в исходное положение. В резцовом блоке винт 18 служит для фиксации подвижной пластины 16.



1 – корпус; 2 – резец; 3 – режущая пластина; 4 - опорная пластина; 5 –
резцовый блок; 6 – опора; 7 - противовес

Рисунок 3.3 – Эскиз расточной головки

Определим необходимое усилие зажима винтом 18 для фиксации подвижной пластины 16 с блоком 2. Уравнение равновесия

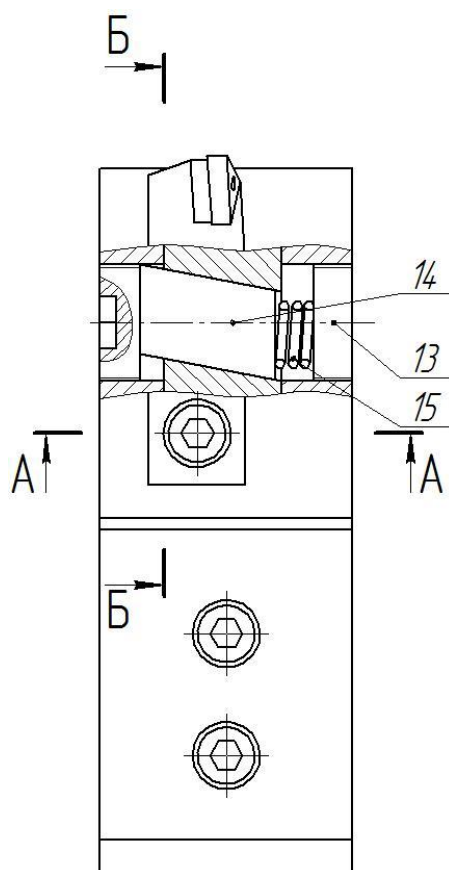
$$T = P_y, \quad (3.16)$$

где T – сила трения в месте контакта винта и пластины, Н;

P_y – радиальная составляющая силы трения, Н.

$$P_y = 10C_p \cdot t^X S^Y v^n K_p, \quad (3.17)$$

где все параметры смотри пункт 2.7.



13 – гайка; 14 – клин; 15 - пружина

Рисунок 3.4 - Резцовый блок

$$K_p = K_{mp} \cdot K_{\phi p} \cdot K_{jp} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{rp} \quad (3.18)$$

где $K_{mp} \cdot K_{\phi p} \cdot K_{jp} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{rp}$ учитываются особенности резания;

$$K_{mp}^{1-2} = \left(\frac{HB}{190} \right)^n,$$

где n – показатель степени, $n=0,4$. Для выбранной геометрии резца в блоке с углом в палне $\varphi=90^\circ$, $K_{\varphi p} = 0,5$; передним углом $\gamma=10^\circ$, $K_{\gamma p} = 1$; углом наклона кромки $\lambda=-5^\circ$, $K_{\lambda p} = 0,75$; радиусом при вершине $r = 1$ мм., $K_{rp} = 0,82$.

$$K_p^{1-2} = 1,1 \cdot 0,5 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,75 \cdot 0,82 = 0,34,$$

$$P_v^1 = 10 \cdot 54 \cdot 5^{0,9} \cdot 0,65^{0,75} \cdot 72^0 \cdot 0,34 = 565 \text{ Н}.$$

Сила трения равна в контакте пластины и блока

$$T = W \cdot f, \quad (3.19)$$

где W - усилие зажима, Н;

f – сила трения, $f=0,2$.

$$W = 2,5 \cdot 565 / 0,2 = 7062 \text{ Н}.$$

где коэффициент 2,5 – коэффициент гарантированного запаса.
Номинальный диаметр резьбы

$$d = 1,4 \sqrt{W / \sigma}, \quad (3.20)$$

где σ – предел прочности, 100 МПа.

$$d = 1,4 \sqrt{7062 / 100} = 11,7 \text{ мм}.$$

Округляем до 12 мм. Крутящий момент

$$M_{KP} = W(0,1 \cdot d + 0,33 D f), \quad (3.21)$$

где D – диаметр цилиндрической опорной части, мм.

$$M_{кр} = 7062 (0,1 \cdot 12 + 0,33 \cdot 10 \cdot 0,16) = 12203 \text{ Н}\cdot\text{мм} = 12,2 \text{ Н}\cdot\text{м}.$$

Для создания заданного момента затяжки используется рукоятка со стержнем по ГОСТ 13340-68. Лист графической части спроектированной головки показан на листе.

4 Безопасность и экологичность технического объекта

4.1 Конструктивно-технологическая характеристика объекта

Таблица 4.1 - Паспорт технического объекта

Технологический процесс	Технологическая операция	Должность работника	Оборудование	Материалы, вещества
Изготовление вала планетарного редуктора	Токарная	Оператор станков с числовым управлением	Токарный модульный станок САТ 400	30ХГТ, СОЖ, ветошь

4.2 Идентификация профессиональных рисков

Таблица 4.2 – Риски в профессиональной деятельности

Производственная операция, технологическая операция	Производственный вредный и/или опасный фактор (ОВПФ)	Источник ОВПФ
Токарная	физические: -подвижные части производственного оборудования; передвигающиеся изделия, заготовки, материалы; повышенный уровень вибрации	Токарный модульный станок САТ 400
	повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны; повышенная или пониженная температура поверхностей оборудования, материалов; повышенный уровень шума на рабочем месте	Зона резания, инструмент
	повышенная напряженность электрического поля	Органы управления станка, приводы
	острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования	Инструмент, заготовка

4.3 Методы и технические средства снижения профессиональных рисков

Таблица 4.3 – Мероприятия направленные на снижение уровня опасных и вредных производственных факторов

ОВПФ	Технические средства защиты, организационно-технические методы частичного снижения, полного устранения ОВПФ	Средства защиты работающего
повышенная или пониженная температура поверхностей оборудования, материалов	Интенсивное охлаждение зоны резания, защитные ограждения	Костюм для защиты от общих производственных загрязнений и механических воздействий. Перчатки
острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования	Регламентированные процедуры по обучению по охране	Костюм для защиты от общих производственных загрязнений и механических воздействий. Перчатки
подвижные части производственного оборудования; передвигающиеся изделия, заготовки, материалы;	Защитные и предохранительные устройства	-
повышенный уровень вибрации	Защитные акустические заграждения	Наушники противозумные

4.4. Обеспечение пожарной и техногенной безопасности рассматриваемого технического объекта

Таблица 4.4 – Определение характеристик пожара

Производственный участок	Станок	Номер пожара	Опасные факторы при пожаре	Сопутствующие проявляющиеся факторы при пожаре
Участок механосборочный	Токарный модульный станок САТ 400	Пожары, связанные с воспламенением и горением жидкостей или плавящихся твердых веществ и материалов (В)	Неисправность электропроводки; пламя и искры; возгорание промасленной ветоши	Вынос (замыкание) высокого электрического напряжения на токопроводящие части технологических установок, оборудования

Таблица 4.5 – Выбор средства пожаротушения

Средства первичного пожаротушения	Средства мобильного пожаротушения	Установки стационарного пожаротушения и/или пожаротушащие системы	Средства автоматики для пожаротушения	Оборудование для пожаротушения	СИЗ для людей	Инструмент для пожаротушения (механизированный и немеханизированный)	Сигнализация, связь и оповещение при пожаре
Огнетушители, ящики с песком, пожарные краны; ОУ-2	Пожарные автомобили и пожарные лестницы	Системы пенного пожаротушения	Технические средства оповещения и управления эвакуацией,	Напорные пожарные рукава	Веревки пожарные карабины пожарные противогазы, респираторы	Лопаты, багры, ломы, топоры	Автоматические извещатели

Таблица 4.6 – Средства обеспечения пожарной безопасности

Название техпроцесса, применяемого оборудования, которое входит в состав технического объекта	Вид предлагаемых к реализации организационных и/или организационно-технических мероприятий	Нормативные требования по обеспечению пожарной безопасности, а также реализуемые эффекты
Токарная	Хранение ветоши в негоряемых ящиках; установку в технологическом оборудовании быстродействующих отключающих устройств	Использование пожарной сигнализации и пожарных извещателей, противопожарные инструктажи в соответствии с графиком, обеспечение средствами пожаротушения, обеспечение безопасности проведения огневых работ

4.5 Обеспечение экологической безопасности рассматриваемого технического объекта

Таблица 4.7 – Определение экологически опасных факторов объекта

Название технического объекта	Структурные элементы технического объекта и/или производственного техпроцесса, а также энергетической установки, транспорта и т.п.	Экологическое негативное воздействие рассматриваемого технического объекта на атмосферу	Экологическое негативное воздействие рассматриваемого технического объекта на гидросферу	Экологическое негативное воздействие рассматриваемого технического объекта на литосферу
Точение	Токарный модульный станок САТ 400	Токсичные испарения	СОЖ и нефтепродукты	Металлоотходы

Таблица 4.8 – Разработанные организационные и технические мероприятия для снижения антропогенного негативного воздействия

Название технического объекта	Токарная операция
Предлагаемые мероприятия для снижения негативного антропогенного воздействия на атмосферу	Модернизация фильтрующих элементов; Электролитическая очистка
Предлагаемые мероприятия для снижения негативного антропогенного воздействия на гидросферу	Модернизация фильтрующих элементов - глубинный фильтр с металло-керамическим наполнителем
Предлагаемые мероприятия для снижения негативного антропогенного воздействия на литосферу	Разделка, сортировка, переплавка, складирование

4.6 Выводы по разделу «Безопасность и экологичность технического объекта»

1. В данном разделе приведены параметры технологического процесса изготовления вала планетарного редуктора в виде токарной операции, специальности операторов рабочих, станка, материалов (таблица 4.1).

2. Идентифицированы риски при проведении токарной операции по изготовлению вала планетарного редуктора (таблица 4.2).

3. Предложены меры по использованию методов и устройств по снижению физических рисков, а также средства защиты работников (таблица 4.3).

4. Разработаны меры по обеспечению пожарной безопасности токарной операции. Идентификация класса пожарной опасности в таблице 4.4, опасных факторов от пожара в таблице 4.5, разработка мер по обеспечению пожарной безопасности приведены в таблице 4.6.

5. Идентифицированы вредные антропогенные экологические факторы, возникающие в ходе реализации токарной операции (таблица 4.7) и предложены меры по повышению экологической безопасности выбранного станка (таблица 4.8).

В результате выполненных работ обеспечивается соответствие спроектированной группы токарных операций по всем показателям требований по производственной, пожарной и экологической безопасности.

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.

Учитывая, описанные ранее совершенствования технологического процесса изготовления вала планетарного редуктора, определим:

- капитальные вложения в проектированный процесс;
- технологическую себестоимость изменяющихся по вариантам операций;
- полную себестоимость обработки детали по вариантам;
- показатели экономической эффективности проектируемого варианта технологического процесса.

Согласно соответствующим методикам [23] рассчитаем все необходимые параметры и сделаем выводы о целесообразности внедрения предложенных изменений.

Краткое описание изменений. Для выполнения операции используется многооперационный станок САТ 400. В качестве оснастки применяется патрон 7102-0081 ГОСТ 24351-80 и люнет 6046-0002 ГОСТ 21189-75. Обработка необходимых поверхностей вала планетарного редуктора осуществляется PDINR2525M15 резцом T15K6 и регулируемой расточной двух резцовой головкой, в то время как базовый вариант предполагал использование оправки вместо головки. Эти изменения позволили уменьшить как основное, так и вспомогательное время, что в итоге привело к выполнению описанной операции за более короткое время, т.е. вместо 17,4 минут, операция выполняется за 16,5 минут.

Так как, изменению подверглись только инструмент и оснастка, значит капитальные вложения в проектируемый вариант будут складываться из суммы затрат на проектирование, затрат на инструмент, а

также оборотных средств в незавершенном производстве (рисунок 5.1). Поэтому общий объем инвестиций составит 40933,36 рублей.

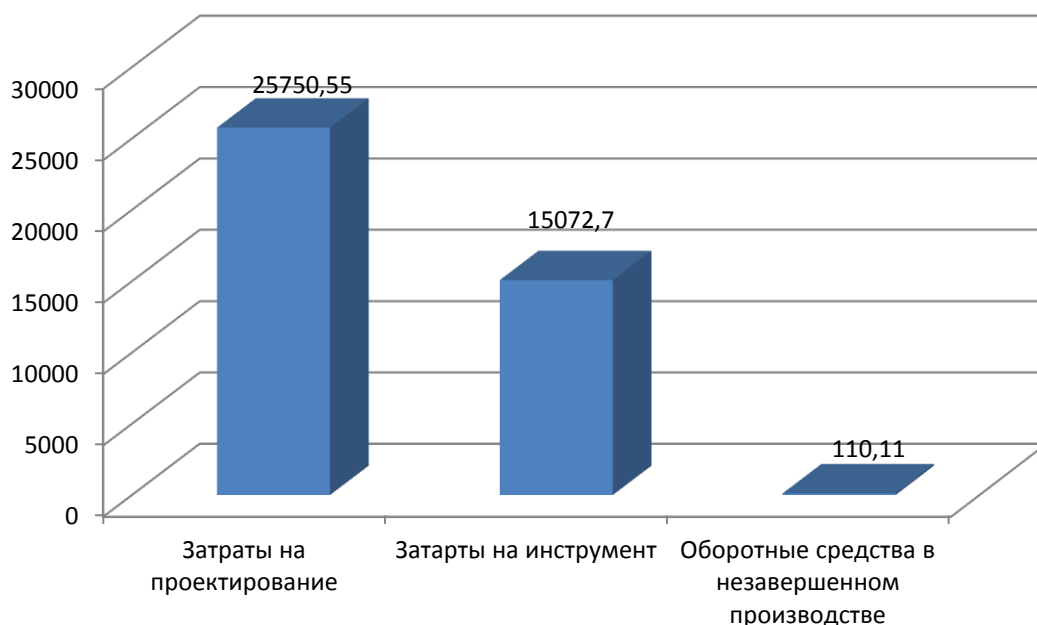


Рисунок 5.1 – Капитальные вложения в проектируемый вариант, руб.

Из рисунка 5.1 видно, что самые большие инвестиции требуются на затраты, связанные с проектированием нового технологического процесса. На их долю приходится около 62,9% всех капитальных вложений. Остальные параметры составляют 36,8% и 0,3% соответственно.

Следующим важным показателем при определении экономической эффективности является технологическая себестоимость. Обычно она складывается из четырех показателей: затрат на основной материал (M), основной заработной платы ($Z_{пл.осн}$), начислений на заработную плату ($H_{з.пл}$) и расходов на содержание и эксплуатацию оборудования ($P_{э.об}$). Однако, в процессе совершенствования технологического процесса, метода получения заготовки не менялся, а это значит, что величиной затрат на основной материал можно пренебречь, т.к. ее значение не оказывает влияние на итоговую разницу между вариантами (базовым и проектируемым). Значения, входящих в технологическую себестоимость

величин, без учета затрат на основной материал, представлены на рисунке 5.2.

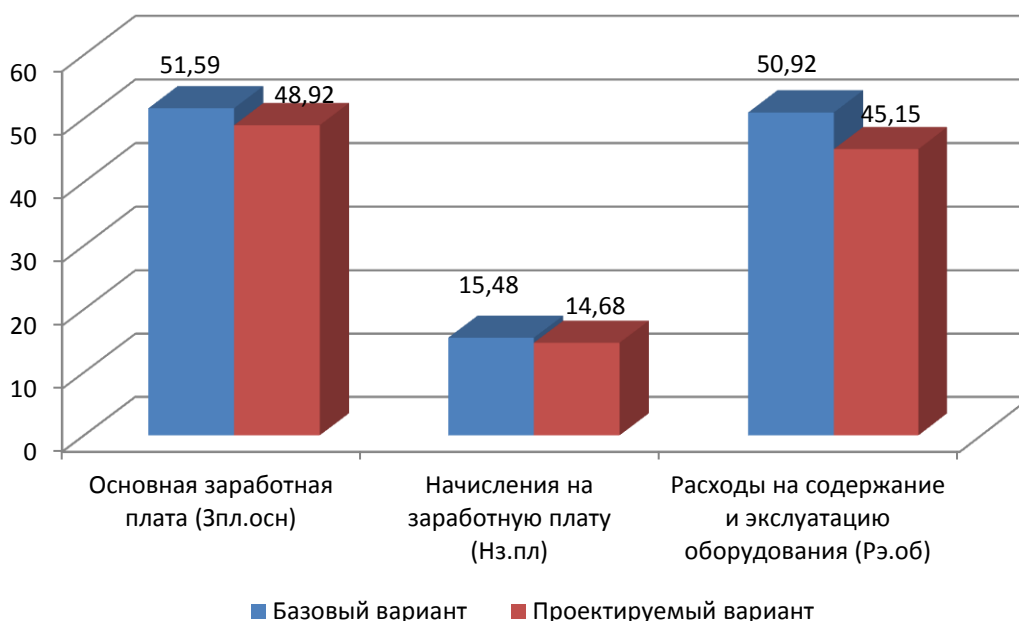


Рисунок 5.2 – Показатели технологической себестоимости по изменяющимся операциям, руб.

Анализируя представленные значения, можно сделать несколько выводов. Первый, это то, что по всем показателям технологической себестоимости в проектируемом варианте произошло уменьшение. Второй – что значительное влияние на величину технологической себестоимости оказывает два параметра, это основная заработная плата и расходы на содержание и эксплуатацию оборудования, доля каждого из перечисленных параметров составляет около 43% для базового варианта и около 44% для проектируемого. Учитывая полученные значения, величина технологической себестоимости для базового варианта составит 306,7 руб., а для проектируемого – 287,69 руб.

На базе полученных значений технологической себестоимости, основной заработной платы и соответствующих коэффициентов были

определены значения цеховой, заводской и полной себестоимости, величины которых представлены на рисунке 5.3.

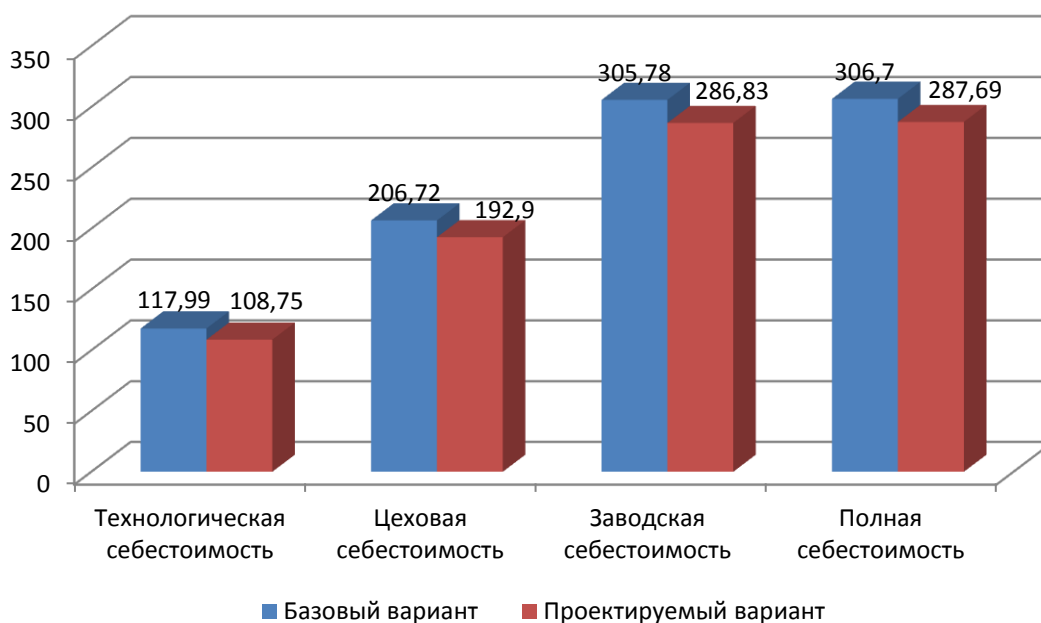


Рисунок 5.3 – Виды себестоимости и их значения по вариантам технологического процесса, руб.

Анализируя данный рисунок, видно, что в проектируемом варианте технологического процесса все показатели уменьшаются. Это позволяет получить итоговую разницу между вариантами в 19,01 руб., т.е. изготовление вала планетарного редуктора в проектируемом варианте обойдется предприятию на 6,2% дешевле, чем было в базовом варианте.

Такая разница между вариантами позволит предприятию получить дополнительную чистую прибыль в объеме 15208 руб., и окупить вложенные средства в течение 4-х лет. Кроме этого, эффективность предложенных мероприятий по совершенствованию технологического процесса, подтверждаются положительной величиной чистого дисконтируемого дохода в размере 7260,79 руб., что позволит получить прибыль на каждый вложенный рубль в объеме 1,18 руб.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной работе спроектирован технологический процесс изготовления крупногабаритного вала планетарного редуктора. Расчет и проектирование технологических процессов проводили для серийного типа производства. Особенность технологии – использование станков, обеспечивающих высокую концентрацию переходов. За счет этого сокращается количество операций. Использование регулируемого и настраиваемого инструмента обеспечивает большую гибкость производства, что является достоинством технологии серийного производства. Спроектированы операции с использованием разработанных приспособлением и расточного инструмента, которые за счет повышения производительности позволили снизить себестоимость обработки. Учен также значительный вес рассматриваемой детали, особенности ее перемещения, установки и закрепления на операциях. Также проведены экономический расчет в связи с изменениями в технологии из-за предложенных усовершенствований в оснащении и анализ мер по безопасности и экологичности представленной работы.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Марочник сталей и сплавов / сост. А. С. Зубченко [и др.] ; под ред. А. С. Зубченко. - 2-е изд., перераб. и доп. - Москва : Машиностроение, 2003. - 782 с.
2. Михайлов, А. В. Основы проектирования технологических процессов механосборочного производства : учеб. пособие / А. В. Михайлов, Д. А. Расторгуев, А. Г. Схиртладзе. - Гриф МО ; ТГУ. - Тольятти : ТГУ, 2004. - 267 с.
3. Расторгуев, Д. А. Проектирование технологических операций [Электронный ресурс] : электрон. учеб.-метод. пособие / Д. А. Расторгуев ; ТГУ ; Ин-т машиностроения ; каф. "Оборудование и технологии машиностроит. пр-ва". - Тольятти : ТГУ, 2015. - 140 с. – URL: <http://hdl.handle.net/123456789/76> (дата обращения: 13.04.2019).
4. Технология машиностроения : учеб. для вузов. В 2 т. Т. 2. Производство машин / В. М. Бурцев [и др.] ; под ред. Г. Н. Мельникова. - Москва : МГТУ им. Н. Э. Баумана, 1999. - 640 с.
5. ГОСТ 7505-89. Поковки стальные штампованные. Допуски, припуски и кузнечные напуски. – Введ. 1990-01-07. – М. : Изд-во стандартов, 1990. – 83 с.
6. Расторгуев, Д. А. Разработка плана изготовления деталей машин : учеб.-метод. пособие / Д. А. Расторгуев ; ТГУ ; Ин-т машиностроения ; каф. "Оборудование и технологии машиностроит. пр-ва". - ТГУ. - Тольятти : ТГУ, 2013. - 51 с.
7. Клепиков, В. В. Технология машиностроения : учебник / В. В. Клепиков, А. Н. Бодров. - Гриф МО. - Москва : ФОРУМ : ИНФРА-М, 2004. - 859 с.
8. Справочник технолога-машиностроителя. В 2 т. Т. 2 / А. М. Дальский [и др.] ; под ред. А. М. Дальского [и др.]. - 5-е изд., испр. - Москва : Машиностроение-1, 2003. - 941 с.

9. Обработка металлов резанием : справочник технолога / А. А. Панов [и др.] ; под общ. ред. А. А. Панова. - 2-е изд., перераб. и доп. - Москва : Машиностроение, 2004. - 784 с.
10. Боровский, Г. В. Справочник инструментальщика / Г. В. Боровский, С. Н. Григорьев, А. Р. Маслов ; под общ. ред. А. Р. Маслова. - Москва : Машиностроение, 2005. - 463 с.
11. Маслов, А. Р. Инструментальные системы машиностроительных производств : учеб. для вузов / А. Р. Маслов. - Гриф УМО. - Москва : Машиностроение, 2006. - 335 с.5
12. Справочник контролера машиностроительного завода : допуски, посадки, линейн. измерения / А. Н. Виноградов [и др.] ; под ред. А. И. Якушева. - Изд. 3-е, перераб. и доп. - Москва : Машиностроение, 1980. - 527 с.
13. Краткий справочник металлиста / под общ. ред. П. Н. Орлова, Е. А. Скороходова. - 3-е изд., перераб. и доп. - Москва : Машиностроение, 1987. - 960 с.
14. Справочник технолога-машиностроителя. В 2 т. Т. 1 / А. М. Дальский [и др.] ; под ред. А. М. Дальского [и др.]. - 5-е изд., испр. - Москва : Машиностроение-1, 2003. - 910 с.
15. Технология изготовления типовых деталей машин [Электронный ресурс] : учеб. пособие / И. В. Шрубченко [и др.]. - Москва : ИНФРА-М, 2018. - 358 с. – URL: <http://znanium.com/catalog/product/929932> (дата обращения: 11.05.19)
16. Антонюк, В. Е. Конструктору станочных приспособлений : справ. пособие / В. Е. Антонюк. - Минск : Беларусь, 1991. - 400 с.
17. Схиртладзе, А. Г. Технологическая оснастка машиностроительных производств : учеб. пособие. Т. 1 / А. Г. Схиртладзе, В. П. Борискин. - Гриф УМО. - Старый Оскол : ТНТ, 2008. - 547 с.

18. Схиртладзе, А. Г. Технологическая оснастка машиностроительных производств : учеб. пособие. Т. 2 / А. Г. Схиртладзе, В. П. Борискин. - Гриф УМО. - Старый Оскол : ТНТ, 2008. - 518 с.

19. Горохов, В. А. Проектирование и расчет приспособлений : учебник для вузов / В. А. Горохов, А. Г. Схиртладзе. - Гриф УМО. - Старый Оскол : ТНТ, 2008. - 301 с.

20. Горина, Л. Н. Обеспечение безопасных условий труда на производстве : учеб. пособие / Л. Н. Горина. - Гриф УМО. - Тольятти : ТГУ, 2016. - 68 с.

21. Зубарев, Ю. М. Специальные методы обработки заготовок в машиностроении : учеб. пособие для студентов машиностр. вузов / Ю. М. Зубарев. - Гриф УМО. - Санкт-Петербург : Лань, 2015. - 400 с.

22. Инструментальные материалы : учеб. пособие для вузов / Г. А. Воробьева [и др.]. - Гриф УМО. - Санкт-Петербург : Политехника, 2005. - 267 с.

23. Зубкова, Н.В. Методическое указание к экономическому обоснованию курсовых и дипломных работ по совершенствованию технологических процессов механической обработки деталей (для студентов специальностей 120100 / Н.В. Зубкова, – Тольятти : ТГУ, 2015. - 46 с.

ПРИЛОЖЕНИЯ

ПРИЛОЖЕНИЕ А
Технологическая документация

Дубл.	Взам.	Площ.															2
													Вал планетарный				
А	Цех	Уч.	РМ	Юпер.	Код. наименование операции	СМ	Проф.	Р	УГ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт.	Гпз	Гшт.	
Б	Наименование детали, сб. единицы или материала						Обозначение документа										
К/М	Код. наименование оборудования						Обозначение, код										
A01					040 4132												
B02					Внутришлифовальный станок МБУ Универсал									1	1	1	
A03					045 0125												
B04														1	1	1	
T05																	
T06																	
T07																	
08					045 0200									1	1	1	
09					Контроль												
10																	
11																	
12																	
13																	
14																	
15																	
16																	
17																	
МК	Маршрутная карта																2

Дюп.														
Взам.														
Поол.														
Разраб.	Андреев Н.А.			Вал планетарный			17			4	1			
Проверил	Расторгуев Д.А.													
Утвердил	Логинев Н.Ю.													
Н. контр.	Егоров А.Г.													
Наименование операции		Материал			Твердость	ЕВ	МД	Профиль и размеры			МЗ	КОИД		
Токарная с ЧПУ		Сталь 40ХН ГОСТ 4543-73			200	кг	220	286x836			231	1		
Оборудование, устройство ЧПУ		Обозначение программы			То	Тв	Т лз.	Шт.			СОЖ			
CAT 400					10,9	4,4	15	19,3						
P		ПИ	L	t	s	п	v							
O01	1. Установить деталь													
T02	Люнет 6046-0002 ГОСТ 21189-75; Патрон 7102-0081 ГОСТ 24351-80													
O03														
O04	2. Точить заготовку													
T05	PDINR2525M15 Резец T15K6 ТУ 2-035-892-82													
P06	1	240	241	4,9	1	0,6	141	11						
O07	3. Расточить глухое отверстие													
T08	Расточная головка: Державка BHF L200													
P09	2	198	113	4,9	1	0,4	191	11						
O10	4. Переустановить и закрепить заготовку													
11														
O12	5. Точить заготовку													
T13	PCLNR 2525M12 Резец T15K6 ТУ 2-035-892-82													
OK	Операционная карта													3

ПРИЛОЖЕНИЕ Б
Спецификация патрона

		Формат	Зона	Лист	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание		
Перв. примен.						<u>Документация</u>				
	A1				19.БР.ОТМП.667.60.00.000.СБ	Сборочный чертеж	1			
Справ. №						<u>Детали</u>				
		1			19.БР.ОТМП.667.60.00.001	Корпус	1			
		2			19.БР.ОТМП.667.60.00.002	Мембрана	1			
		3			19.БР.ОТМП.667.60.00.003	Кулачок постоянный	3			
		4			19.БР.ОТМП.667.50.00.004	Кулачок сменный	3			
		5			19.БР.ОТМП.667.60.00.005	Втулка	6			
		6			19.БР.ОТМП.667.60.00.006	Пластина опорная	1			
		7			19.БР.ОТМП.667.60.00.007	Палец	3			
		8			19.БР.ОТМП.667.60.00.008	Центровик	1			
		9			19.БР.ОТМП.667.60.00.009	Тяга	1			
Подп. и дата					10	19.БР.ОТМП.667.60.00.010	Фланец	1		
							<u>Стандартные изделия</u>			
					11		Винт 2 М16 x 125-6g x 4558.35X01 ГОСТ Р 17475-85	6		
					12		Винт 2 М24 x 125-6g x 16058.35X01 ГОСТ Р 11738-84	6		
Взам. инв. №					13		Гайка 1 М30 x 1,25-6H1240X16 ГОСТ 5915-70	3		
					14		Шайба А.2.24.08Х18Н12Т.Тш9 ГОСТ 11371-78	6		
					15		Шайба А.2.30.08Х18Н12Т.Тш9 ГОСТ 11371-78	3		
Подп. и дата					19.БР.ОТМП.667.60.00.000					
					Изм./Лист	№ докум.	Подп.	Дата		
Инв. № подл.	Разраб.	Андреев Н.А.			Патрон мембранный			Лист	Лист	Листов
	Пров.	Расторгцев Д.А.						Д	1	2
	Н.контр.	Егоров А.Г.						ТГУ, ИМ гр. МСБД-14.33а		
	Утв.	Логинов Н.Ю.								

Копировал

Формат А4

ПРИЛОЖЕНИЕ В
Спецификация расточной головки

Формат	Зона	Лист	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание	
<i>Документация</i>							
A1			19.БР.ОТМП.667.66.00.000.СБ	Сборочный чертеж	1		
<i>Детали</i>							
		1	19.БР.ОТМП.667.66.00.001.	Корпус	1		
		2	19.БР.ОТМП.667.66.00.002.	Резец	1		
		3	19.БР.ОТМП.667.66.00.003.	Режущая пластина	1		
		4	19.БР.ОТМП.667.66.00.004.	Пластин опорная	1		
		5	19.БР.ОТМП.667.66.00.005.	Блок резцовый	1		
		6	19.БР.ОТМП.667.66.00.006.	Опора	2		
		7	19.БР.ОТМП.667.66.00.007.	Противовес	1		
		8	19.БР.ОТМП.667.66.00.008.	Зажим	4		
		9	19.БР.ОТМП.667.66.00.009.	Пластина рифленная	2		
		10	19.БР.ОТМП.667.66.00.010.	Пластина подвижная	1		
		11	19.БР.ОТМП.667.66.00.011.	Клин	1		
		12	19.БР.ОТМП.667.66.00.012.	Винт регулировочный	2		
		13	19.БР.ОТМП.667.66.00.013.	Опора регулируемая	2		
<i>Стандартные изделия</i>							
		14		Винт 1М3 х 0,5-6д х 12 ГОСТ Р 11738-84	1		
		15		Винт 1М4 х 0,75-6д х 20 ГОСТ Р 11738-84	6		
19.БР.ОТМП.667.66.00.000							
Изм.	Лист	№ док.	Подп.	Дата			
Разраб.	Андреев Н.А.						
Проб.	Распоргуев Д.А.						
Нконтр.	Егоров А.Г.						
Утв.	Логинов Н.Ю.						
Расточной блок					Лит.	Лист	Листов
					Д	1	2
					ТГУ, ИМ гр. МСБД-14.33а		

Копировал

Формат А4

