

Аннотация

Технологический процесс изготовления вала-шестерни привода расточной головки «Формула Станок». Бакалаврская работа. Тольятти. Тольяттинский государственный университет, 2021.

Работа содержит пять разделов, в которых решены следующие задачи:

- используются высокопроизводительные станки либо полуавтоматы, либо станки с ЧПУ, так как при среднесерийном типе производства это является наиболее оптимальным;
- спроектирована заготовка с минимальными припусками, рассчитанными по более совершенной методике;
- снижено штучное время и обеспечена большая точность центровых отверстий;
- применено центрошлифование;
- применена электрохимическая обработка вместо слесарной;
- применена зубопркатка;
- применены оптимальные режимы резания;
- применена высокопроизводительная оснастка;
- проведены научные исследования для возможности автоматизации механической обработки;
- проведен анализ безопасности и экологичности технического объекта в виде технологического процесса;
- проведен анализ экономической эффективности после внесения предлагаемых изменений в технологическом процессе.

Выпускная квалификационная работа содержит 62 страниц пояснительной записки (в том числе 18 таблиц и 10 рисунков) и 7 листов графической части.

Abstract

The technological manufacturing process of the gear shaft of the drive boring head «Formula Machine». Bachelor's work. Togliatti. Togliatti State University, 2021.

The work contains five sections in which the following tasks have been solved:

- high-productive machines either semi-automatic machines or CNC machines have been used because this is the most optimal for a medium-scale production type;
- the workpiece has been designed with minimal allowances calculated according to a more advanced method;
- the piece time has been reduced and the accuracy of center holes has been provided;
- the center grinding has been applied;
- the electrochemical treatment instead of the locksmith treatment has been applied;
- the tooth rolling up has been applied;
- the optimal cutting modes have been applied;
- the high-productive tooling has been applied;
- the scientific research has been carried out for the possibility of automating mechanical processing;
- the analysis of safety and environmental friendliness of a technical object in the form of a technological process has been carried out;
- the analysis of economic efficiency after making the proposed changes in the technological process has been carried out.

The final qualification work contains 62 pages of the explanatory note (including 18 tables and 10 figures) and 7 sheets of the graphic part.

Содержание

Введение.....	5
1 Определение задач работы на базе анализа исходных данных.....	7
1.1 Служебное назначение детали.....	7
1.2 Задачи работы.....	10
2 Разработка технологии изготовления.....	12
2.1 Проектирование заготовки и методов обработки.....	12
2.2 Проектирование технологической операции.....	21
3 Разработка специальной технологической оснастки.....	26
3.1 Разработка станочного приспособления.....	26
3.2 Разработка контрольного приспособления.....	32
4 Безопасность и экологичность технического объекта.....	34
4.1 Конструктивно-технологическая и организационно-техническая характеристики рассматриваемого технического объекта.....	34
4.2 Идентификация профессиональных рисков.....	34
4.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков.....	35
4.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта.....	36
4.5 Обеспечение экологической безопасности технического объекта.....	38
5 Экономическая эффективность работы.....	41
Заключение.....	46
Список используемых источников.....	47
Приложение А. Маршрутные карты.....	50
Приложение Б. Операционные карты.....	57

Введение

Одним из направлений развития машиностроения в целом является разработка, проектирование и производство высококачественного металлорежущего инструмента. Рынок металлорежущего инструмента отражает состояние не только машиностроительной отрасли, но и экономики в целом. Аналитики прогнозировали стабильный и довольно высокий темп роста, обеспеченный повышением спроса на машиностроительную продукцию, однако производители во время пандемии столкнулись с нарушением цепочек поставок и вынуждены были временно останавливать выпуск продукции. Так что важно знать: насколько поменялась ситуация с металлорежущим оборудованием в связи с мировыми процессами. Довольно широко стало развиваться производство металлорежущего инструмента в России. К сожалению, пока продукции конкурентной европейским, японским решениям нет. Но наши специалисты-инженеры вполне успешно осваивают технологии изготовления как стандартного изделия (свёрла, фрезы, резцы), так и специального (фрезы конусные, «ласточкин» хвост, профильные спецфрезы для разработки лопаток, которые используют, например, в турбинах [13]). Раньше все расходы по исследованию того, что поставляли и использовали небольшой серией из-за рубежа, были значительно выше и времени тратили больше. Сейчас процесс от чертежа до выпуска детали может занимать всего 1-2 недели. В этом году в связи с COVID рынок переживает спад, и все пытаются вернуться в прежнее русло, хотя это непросто. Что касается новинок на рынке металлорежущих инструментов, то наибольшее значение уделяется производительности. Клиенты ищут высококачественную продукцию для требовательных видов обработки. Развитие режущего инструмента зависит от процессов, направленных на повышение качества продукции (в первую очередь по улучшению свойств поверхностей деталей). Другой фактор — потребность в обработке новых материалов (полимерные, композиционные, а также новые сплавы и тому

подобное). Именно машиностроение показывает экономический уровень развития государства в целом. Из этого следует, что перед промышленностью стоит большая задача создания оборудования, которое будет соответствовать всем стандартам современного мира. На любом производстве важнейшую роль играет технология. Без новых современных технологий невозможно производство новейших машин, изделий, металлорежущего инструмента и оборудования требуемого качества. Поэтому в данной выпускной квалификационной работе предлагается решение некоторых важных вопросов, связанных с машиностроением с использованием полученных умений и навыков в ходе обучения в Тольяттинском государственном университете по специальности «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств».

1 Определение задач работы на базе анализа исходных данных

1.1 Служебное назначение детали

В данном разделе необходимо правильно определить и назначить показатели точности и шероховатости всех обрабатываемых поверхностей вала-шестерни привода расточной головки. Рассматриваемая деталь, во-первых, предназначена для передачи крутящего момента, а затем уже для установки всех остальных сопрягаемых элементов узла, в котором она является составляющей. Часть узла, где расположена деталь – вал-шестерня, представлена на рисунке 1.

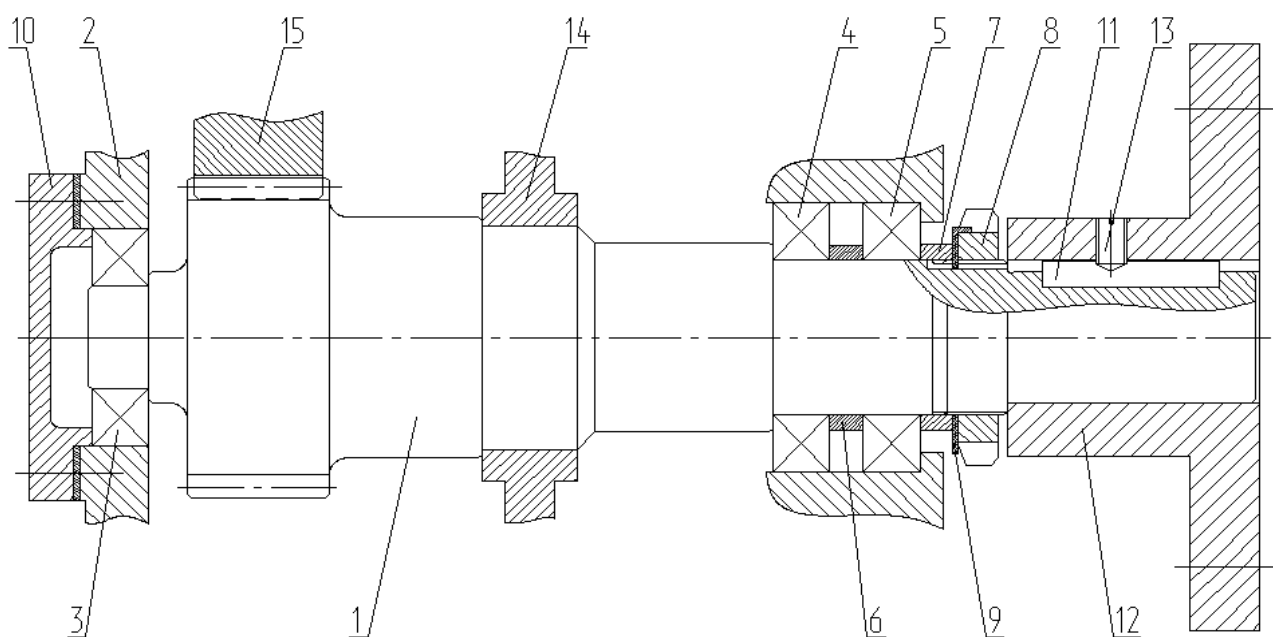


Рисунок 1 – Часть узла

При помощи подшипников 3, 4, 5 в корпусе 2 устанавливается рассматриваемая в работе деталь 2. Втулка распорная 6 устанавливается между подшипниками 4 и 5, которые в свою очередь с помощью гайки 8 со стопорной шайбой 9 фиксируются посредством втулки 7. К корпусу

расточной головки 2 крепится крышка 10, которая с помощью своего бурта упирается в наружное кольцо подшипника 3. Полумуфта 12 устанавливается с помощью шпонки на правой выходной стороне вала-шестерни 1 и фиксируется стопорным винтом 13 по шпонке. Зубчатое колесо 15 находится в зацеплении с зубчатым венцом рассматриваемой детали, на которой также установлена втулка 14.

К валу-шестерне по точности изготовления и материалу предъявляются высокие требования, исходя из ее служебного назначения, так как деталь в расточной головке работает в условиях переменных нагрузок и высоких скоростей. Поэтому предлагается осуществлять изготовление детали из стали 20Х по ГОСТ 4543-2016. В таблице 1 представлен химический состав материала, а в таблице 2 его физико-механические свойства.

Таблица 1 – Состав материала

Химический элемент	Углерод (С)	Сера (S)	Фосфор (P)	Хром (Cr)	Марганец (Mn)	Никель (Ni)	Кремний (Si)
		не более					
Значение, %	0.16-0.24	0.035	0.035	0,8-1,0	0.5-0.8	0.3	0.17-0.37

Таблица 2 – Свойства материала

Параметры	σ_T	σ_B	δ_5	ψ	КСУ	НВ
Единица измерений	МПа	МПа	%	%	Дж/см ²	
Значение	635	780	11	40	59	180

Показатели материала, приведенные в таблицах 1 и 2, соответствуют служебному назначению детали.

Исходя из общего вида детали (рисунок 2), определим нумерацию всех поверхностей и проведём классификацию этих поверхностей согласно служебному назначению. Для удобства классификации она разделяется на четыре основные группы: ОКБ, ВКБ, ИП, СП.

Основные конструкторские базы – это те поверхности, которые используются для определения положения детали в механизме.

Вспомогательные конструкторские базы – это поверхности, которые используются для определения присоединяемой к ним другой детали.

Исполнительные – те поверхности, которые выполняют служебное назначение детали.

Свободные поверхности – все оставшиеся поверхности, которые конструктивно оформляют деталь.

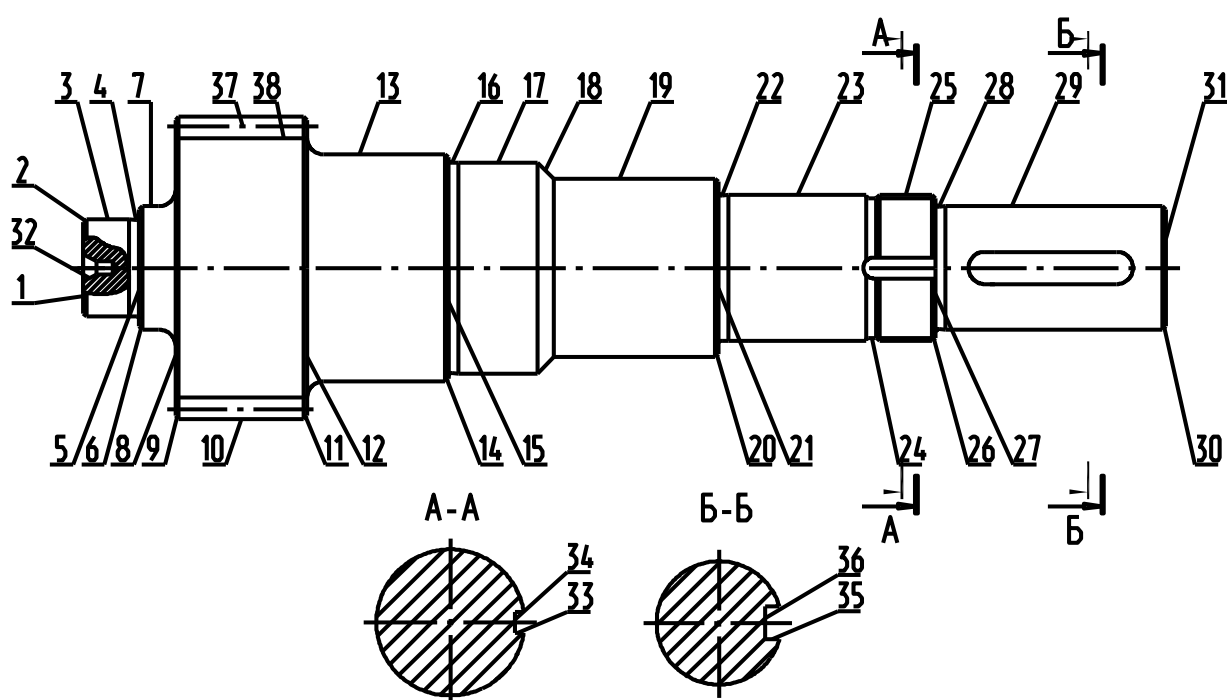


Рисунок 2 – Общий вид вала-шестерни с обозначением поверхностей

Данные проведенной классификации представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Классификация поверхностей

Наименование	Номера
ОКБ	3, 5, 21, 23
ВКБ	17, 25, 29, 33, 36
ИП	35, 37
СП	Все остальные

Необходимо провести общий анализ технологичности детали. Общий анализ технологичности делится на количественный и качественный анализы. Количественный анализ [2] показал, что коэффициент унификации поверхностей равен 1, коэффициент шероховатости поверхностей меньше значения 0,32 и коэффициент точности больше 0,8. Анализ показывает, что деталь соответствует служебному назначению, то есть технологична.

Деталь с точки зрения общей конфигурации также можно считать технологичной. После качественного анализа технологичности детали предлагается получать заготовку методом объемной штамповки [1]. Определим максимальные значения параметров для обрабатываемых поверхностей по качеству (IT6 на поверхности 3 и 23), по шероховатости (Ra 1,25 на поверхности 3, 5, 17, 21, 23, 29 и 37), по степени точности (7-C) и по биению (0,010 поверхностей 3, 5, 21, 23 и 29 относительно общей оси поверхностей 3 и 23).

1.2 Задачи работы

После анализа исходных данных предлагается решить следующий ряд задач:

- использовать высокопроизводительные станки либо полуавтоматы, либо станки с ЧПУ, так как при среднесерийном типе производства это является наиболее оптимальным;
- спроектировать заготовку с минимальными припусками, рассчитанными по более совершенной методике;

- снизить штучное время и обеспечить большую точность центровых отверстий;
- применить центрошлифование;
- применить электрохимическую обработку вместо слесарной;
- применить зубоприскатку;
- применить оптимальные режимы резания;
- применить высокопроизводительную оснастку;
- провести научные исследования для возможности автоматизации механической обработки;
- провести анализ безопасности и экологичности технического объекта в виде технологического процесса;
- провести анализ экономической эффективности после внесения предлагаемых изменений в технологическом процессе.

Следующие три раздела работы посвящены решению этих задач.

2 Разработка технологии изготовления

2.1 Проектирование заготовки и методов обработки

Исходя из типа производства, зависит вид заготовки, назначение припусков и весь план разработки техпроцесса в целом. Так как годовая программа выпуска детали составляет 15000, а масса детали составляет 6,9 кг, то по [14] принимаем тип производства как среднесерийное.

При данном типе производства используются универсальные станки. Эти станки могут быть оснащены специальными, универсальными и универсально-сборными приспособлениями, такое решение позволяет значительно снизить себестоимость и так же трудоёмкость изготовления детали [3].

Технологический процесс принятого типа производства выполняется на высокопроизводительных станках и разделён на отдельные операции.

При выборе заготовки требуется учитывать форму и размеры детали, так же следует учитывать эксплуатационные условия работы и экономичность её производства [12].

Учитывая размер, форму и материал вала-шестерни, определим способ получения заготовки.

Проведём технико-экономическое обоснования выбора заготовки, сравнивая два метода получения заготовки: штамповка и прокат.

Для начала следует определить массу заготовки для дальнейшего сравнения [11]. Массу заготовки при штамповке можно найти по формуле:

$$M_{ш} = M_{д} \cdot K_p, \quad (1)$$

где $M_{ш}$ – масса заготовки при штамповке;

$M_{д}$ – масса самой детали, кг;

K_p принимаем равным 1,4 [14].

Подставив все данные, получаем: – масса заготовки из штамповки

$$M_{Ш} = 6,9 \cdot 1,4 = 9,66 \text{ кг.}$$

Массу заготовки при прокате найдем по формуле:

$$M_{ПР} = V \cdot \gamma, \quad (2)$$

где $M_{ПР}$. – масса заготовки, кг;

V – Объем, мм³;

γ – плотность материала, кг/м³.

Объем находится по формуле:

$$V = \frac{\pi}{4} \cdot d_{ПР}^2 \cdot l_{ПР} \text{ мм}^3 \quad (3)$$

Для нахождения объема все конические участки заготовки будем принимать цилиндрическими [4] и в некоторых случаях задаем средний диаметр [20], подставив данные, получаем:

$$V = \frac{\pi}{4} \cdot d_{ПР}^2 \cdot l_{ПР} = \frac{3,14}{4} \cdot 100^2 \cdot 345,5 = 2712175 \text{ мм}^3$$

Зная все условия, можем найти массу заготовки при прокате, подставив все значения в формулу (2)

$$M_{ПР} = 2712175 \cdot 7,85 \cdot 10^{-6} = 21,29 \text{ кг}$$

По сравнению масс заготовок между штамповкой и прокатом, принимаем штамповку.

Следующим действием проведём технико-экономическое обоснование для выбора оптимального метода получения заготовки [12]. Найдем стоимость заготовки при штамповке ниже по формуле:

$$C_3 = C_B \cdot M_{Ш} \cdot K_T \cdot K_{СЛ} \cdot K_B \cdot K_M \cdot K_{П}, \quad (4)$$

где C_3 . – стоимость штампованной заготовки;

$M_{ш.}$ – масса штампованной заготовки, кг;

$C_Б$ – сумма 1 кг материала, примем равным 11,20 руб./кг;

K_T – коэффициент, показывающий точность, равный 1,0;

$K_{СЛ}$ – коэффициент, показывающий сложность, равный 1,0;

K_B – коэффициент, который зависит от $M_{ш.}$, равный 1,0;

K_M – коэффициент материала, примем равным 1,27;

K_{II} – коэффициент количества выпуска, равный 1,0.

Следовательно, получаем стоимость заготовки 39,40 руб.

Найдем затраты на механическую обработку, используя формулу:

$$C_{МО} = (M_{ш} - M_{д}) \cdot C_{уд}, \quad (5)$$

где $C_{уд}$ – цена за 1 кг материала, руб./кг, принимаем равным 20 руб.

Тогда, подставив все данные в формулу, получаем:

$$C_{МО} = (M_{ш} - M_{д}) \cdot C_{уд} = (9,66 - 6,9) \cdot 20 = 55,20 \text{ руб.}$$

Рассчитаем стоимость отходов (стружки) от производства:

$$C_{ОТХ} = (M_{ш} - M_{д}) \cdot C_{ОТХ}, \quad (6)$$

где $C_{ОТХ}$ – стоимость за 1 кг отходов (стружки).

Примем $C_{ОТХ}$ равной 0,4 руб./кг

Получаем:

$$C_{ОТХ} = (M_{ш} - M_{д}) \cdot C_{ОТХ} = (9,66 - 6,9) \cdot 0,4 = 1,104 \text{ руб.}$$

$$C_{д} = C_3 + C_{МО} - C_{ОТХ} = 39,40 + 55,20 - 1,10 = 93,50 \text{ руб.}$$

Стоимость прокатной заготовки будем находить по формуле:

$$C_{ПР} = C_{МПР} \cdot M_{ПР} + C_{ОЗ}, \quad (7)$$

где C_{O3} – отрезка, найдем ниже по формуле:

$$C_{O3} = \frac{C_{ПЗ} \cdot T_{шт}}{60}, \quad (8)$$

где $C_{ПЗ}$ примем равным 30,20 руб./ч

$T_{шт}$ – норма штучного времени, найдём по формуле:

$$T_{шт} = T_0 \cdot \varphi_K, \quad (9)$$

где T_0 – основное время, мин

φ_K – коэффициент оснастки, равный 1,5

T_0 определим по формуле:

$$T_0 = 0,19 \cdot d_{ПР}^2 \cdot 10^{-3} \quad (10)$$

Тогда, получаем: $T_0 = 0,19 \cdot d_{ПР}^2 \cdot 10^{-3} = 0,19 \cdot 100^2 \cdot 10^{-3} = 1,90$ мин.

Следовательно, получаем (7-9):

$$T_{шт} = T_0 \cdot \varphi_K = 1,90 \cdot 1,5 = 2,85 \text{ мин.}$$

$$C_{O3} = \frac{C_{ПЗ} \cdot T_{шт}}{60} = \frac{30,2 \cdot 2,85}{60} = 1,43 \text{ руб.}$$

$$C_{ПР} = C_{МПР} \cdot M_{ПР} + C_{O3} = 13 \cdot 21,9 + 1,43 = 278,21 \text{ руб.}$$

Найдём затраты на механическую обработку при прокате:

$$C_{МО} = (M_{ПР} - M_{Д}) \cdot C_{УД} = (21,29 - 6,9) \cdot 20 = 287,80 \text{ руб.}$$

Найдём затраты на отходы:

$$C_{ОТХ} = (M_{ПР} - M_{Д}) \cdot C_{ОТХ} = (21,29 - 6,9) \cdot 0,4 = 5,76 \text{ руб.}$$

Тогда

$$C_{Д} = C_3 + C_{МО} - C_{ОТХ} = 278,21 + 287,80 - 5,76 = 560,25 \text{ руб.}$$

Следовательно, экономически обоснованным оптимальным методом получения заготовки будет штамповка.

Учитывая коэффициенты цен на текущий 2021 год, то все полученные результаты приблизительно удваиваем, следовательно, получаем, что $C_{д.пр} = 1120,50$ руб., а $C_{д.ш} = 187$ руб.

Проведём сравнение заготовок, определив коэффициент использования материала:

$$K_{им} = \frac{M_д}{M_з} \quad (11)$$

Для штамповки: $K_{им} = \frac{6,90}{9,66} = 0,71$.

Для проката: $K_{им} = \frac{6,90}{21,29} = 0,32$.

Проведя сравнение, можно сделать вывод, что заготовка из штамповки будет выгоднее проката.

Годовой экономический эффект рассчитаем по формуле:

$$\mathcal{E}_Г = (C_{д.пр} - C_{д.ш}) \cdot N_Г \quad (12)$$

где $C_{д.пр}$ – стоимость прокатной заготовки;

$C_{д.ш}$ – стоимость штампованной заготовки;

$N_Г$ – годовая программа выпуска детали в год, равная 15000 шт.

Получаем: $\mathcal{E}_Г = (278,21 - 39,40) \cdot 15000 = 358215$ руб.

Проектируем маршрут обработки поверхностей, учитывая точность и шероховатость этих поверхностей [18]. Данные представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Маршрут обработки

Поверхности	Маршрут	IT	Ra	Kт
1, 31 32	П Ц, ТО, Шч	14 7	6,3 1,25	1,0 2,4
2, 4, 6-9,11-14, 16, 18-20, 22, 24, 26-28, 30	Т, Тч, ТО	14	6,3	2,2
10	Т, Тч, ТО	10		
25	Т, Тч, Рз, ТО	7		3,4
3,23 5,21	Т, Тч, Ш, ТО, Шч	6 7	1,25	4.4
17,29	Т, Тч, ТО, Шч	8		
35 36	Ф,ТО	9 12	3,2 6,3	1,0
33,34	Ф,ТО	14	6,3	
37 38	Зф, Зп, ТО	7-А 13	1,25 6,3	2,4 1,2

Анализ данных таблицы 4 показывает, что методы и последовательность обработки соответствующим образом обеспечивают заданное качество механической обработки согласно техническим условиям [15]. Данные, представленные в таблице 4, являются основой в проектировании технологического процесса изготовления вала-шестерни в дальнейших разделах бакалаврской работы.

Проведем конечный этап проектирования заготовки, рассчитав припуски по выбранному оптимальному методу получения заготовки – штамповке на диаметральный размер шейки равный $\varnothing 45$. Проведем расчет припусков на самую точную поверхность – цилиндрическая шейка $\varnothing 45j6(^{+0,011}_{-0,005})$. Данные внесем в таблицы 5 и 6.

Таблица 5 – Последовательность обработки

Код	Обработка	Оборудование	Установка
015	Точение	16ГС25Ф3С1	В центрах
025			
030	Шлифование	ЗМ151Ф2	
080			

Таблица 6 – Припуски

№	Переход	Припуск, мкм				2Z min, мкм	Допу ск Td/J T	d ⁱ min, мм	Размеры, мм		Припуски, мм	
		h ⁱ⁻¹	Rz ⁱ⁻¹	ε _{уст} ⁱ⁻¹	ρ ⁱ⁻¹				d ⁱ min	d ⁱ max	2Z min	2Z max
1	Штампова ть	20 0	160	-	111 0	-	2600 16	48,948	48,948	51,548	-	-
2	Точить	50	50	650	67	3292	390 13	45,656	45,656	46,046	2,902	5,892
3	Точить	25	25	39	44	355	100 10	45,301	45,301	45,401	0,255	0,745
4	Шлифоват ь	20	10	26	22	202	39 8	45,099	45,099	45,138	0,163	0,302
5	Шлифоват ь начисто	15	5	0	11	104	16 6	44,995	44,995	45,011	0,088	0,143

На рисунке 3 представлена схема расположения припусков, допусков и операционных размеров [12] согласно данных таблицы 6.

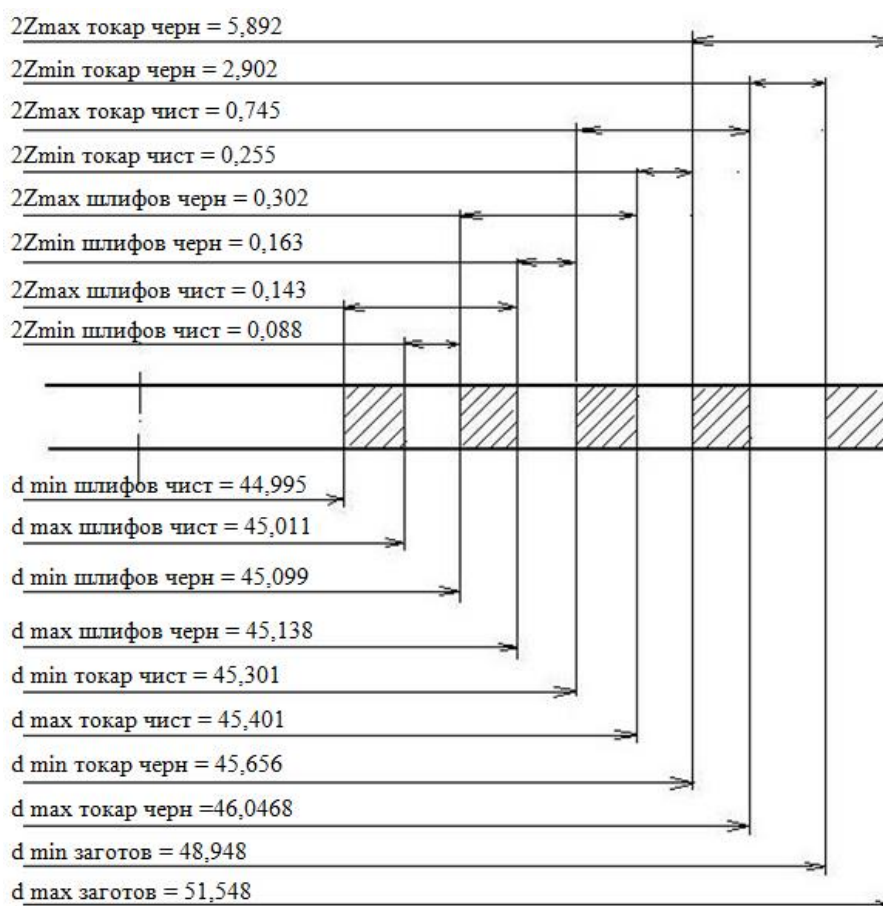


Рисунок 3 – Схема припусков для $\varnothing 45j6^{(+0,011}_{-0,005)}$

Таблица 7 – Припуски

№	Операция	Поверхности	Припуск, мм
005	Центровально-подрезная	1, 31	2,30
010	Токарная	3, 5, 7, 8, 10	1,90
015	Токарная	11, 12, 14-17, 19, 20, 25, 26	1,90
020	Токарная	2-10	0,40
025	Токарная	11-30	0,40
030	Круглошлифовальная	3, 5, 21, 23	0,17
075	Круглошлифовальная	3, 5, 21, 23	0,08
080	Круглошлифовальная	17, 29	0,15

Для заготовки примем оборудование – КГШП, нагрев заготовки будет являться индукционным, класс точности – Т3, группа материала – М1. Штамп имеет плоский разъем – П, сложность самой штамповки оценивается – С2 и исходный индекс – 11 [14].

Эскиз заготовки представлен на рисунке 4.

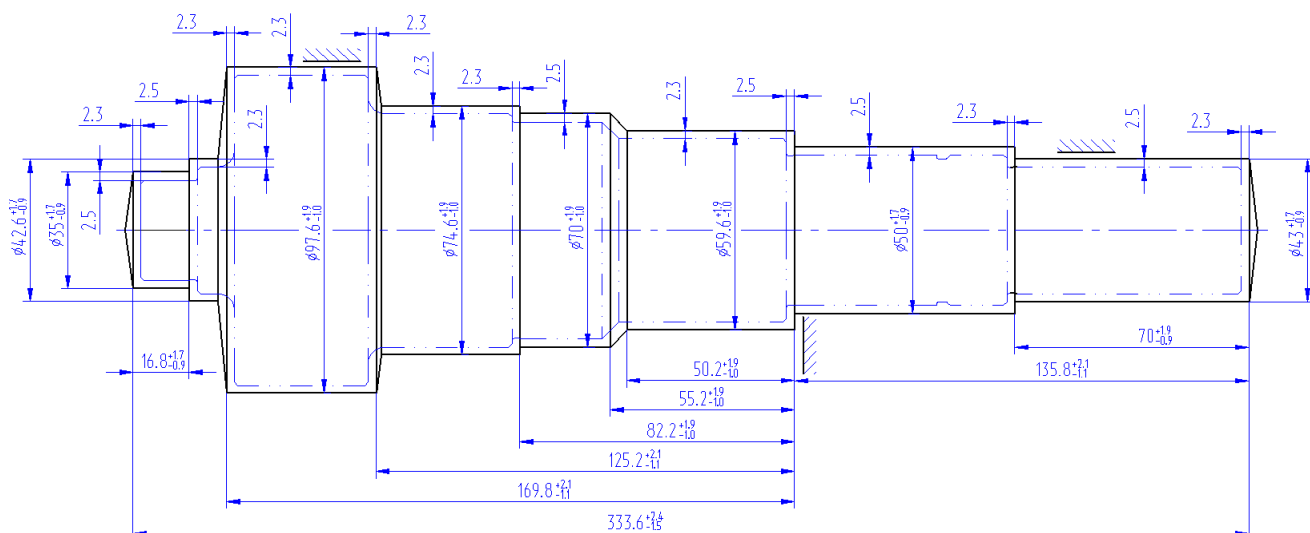


Рисунок 4 – Эскиз заготовки

План обработки вала-шестерни представлен в графической части выпускной квалификационной работы.

В таблице 8 представлены данные по выбранному оборудованию, приспособлениям, режущему инструменту и мерительному инструменту необходимых для реализации проектируемого технологического процесса.

Таблица 8 – выбор СТО

Операция	Оборудование	Приспособление	Инструмент	Мерительный инструмент
005 Центровально-подрезная	п/а 2А923	СНП ГОСТ 12195-66	Пластина для подрезки ГОСТ 19052-80. Сверло ГОСТ 14952-75	Калибр-пробка ГОСТ 14827-69. Шаблон ГОСТ 2534-79
010, 015 Токарная 020, 025 Токарная	16ГС25Ф3С1	Патрон ГОСТ 2571-71 Центр ГОСТ 8742-75 [21]	Резец проходной ОСТ 2И.101-83 Резец резьбовой.	

Продолжение таблицы 8

Операция	Оборудование	Приспособление	Инструмент	Мерительный инструмент
			Пластина Sandvik Coromant R166.0G-22MM01	
030 Круглошлифовальная	3М151Ф2	Патрон ГОСТ 2571-71 Центр ГОСТ 18259-72 [7]	Шлифовальный круг ГОСТ Р 52781-2007	Калибр-скоба ГОСТ 18355-73. Шаблон ГОСТ 2534-79 Мерительное приспособление
035 Фрезерная	6Р11МФ3-1	СНП ГОСТ 12195-66	Фреза шпоночная ГОСТ 9140-78	Шаблон ГОСТ 2534-73 [9]
040 Зубофрезерная	53А20	Патрон ГОСТ 2571-71 Центр ГОСТ 18259-72	Фреза червячная модульная	Калибр-скоба ГОСТ 18355-73 Шаблон ГОСТ 2534-79 Мерительное приспособление
050 Зубопркатная	п/а 5965		Прикатник зубчатый специальный	
070 Центрошлифовальная	3922	СНП ГОСТ 12195-66 [8]	Шлифовальная головка ГОСТ 2447-82	
075, 080 Круглошлифовальная	3М151Ф2	Патрон ГОСТ 2571-71 Центр ГОСТ 18259-72	Шлифовальный круг ГОСТ Р 52781-2007	

2.2 Проектирование технологической операции

Режимы резания на 015 токарной (черновой) операции.

Точить поверхности, выдержать размеры по чертежу.

Инструмент по таблице 8.

Оборудование станок 16ГС25Ф3С1 токарный.

Припуск 1,9 мм.

Расчетная скорость резания:

$$V = \frac{C_U}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_U, \quad (13)$$

«где C_U равен 350;

T равно 60 мин;

m равно 0,2, x равно 0,15, y равно 0,35;

K_U примем равным 0,62» [16].

Вычислим

$$V = \frac{350}{60^{0,2} \cdot 1,9^{0,15} \cdot 0,5^{0,2}} \cdot 0,62 = 110,7 \text{ м/мин.}$$

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D}. \quad (14)$$

При обработке на переходах 1-5 получим:

$$n_1 = \frac{1000 \cdot 110,7}{3,14 \cdot 39,1} = 901 \text{ мин}^{-1}.$$

$$n_2 = \frac{1000 \cdot 110,7}{3,14 \cdot 46,2} = 763 \text{ мин}^{-1}.$$

$$n_3 = \frac{1000 \cdot 110,7}{3,14 \cdot 55,8} = 631 \text{ мин}^{-1}.$$

$$n_4 = \frac{1000 \cdot 110,7}{3,14 \cdot 66,1} = 533 \text{ мин}^{-1}.$$

$$n_5 = \frac{1000 \cdot 110,7}{3,14 \cdot 70,8} = 498 \text{ мин}^{-1}.$$

Составляющие силы резания определим:

$$P_Z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p, \quad (15)$$

«где C_p – равен 300;

x , y , n – равны 1,0, 0,75, 0,15;

K_p –коррекция» [16].

$$K_P = K_{MP} \cdot K_{\varphi P} \cdot K_{\gamma P} \cdot K_{\lambda P} \cdot K_{rP} \quad (16)$$

«где K_{MP} , $K_{\varphi P}$, $K_{\gamma P}$, $K_{\lambda P}$ и K_{rP} равны 1,03, 0,89, 1,0, 1,0 и 1,0» [16].

Получим

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 1,9^{1,0} \cdot 0,5^{0,75} \cdot 116,1^{-0,15} \cdot 1,03 \cdot 0,89 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 1522 \text{ Н.}$$

Тогда мощность будет:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{1522 \cdot 116,1}{1020 \cdot 60} = 2,89 \text{ кВт.}$$

«Мощность выбранного станка 16ГС25Ф3С1 намного выше и равна 7,5 кВт, то есть использование этого оборудования оправдано» [10].

Таблица 9 – Режимы резания

Операция	Переход	Глубина резания t , мм	Подача S , мм/об	Скорость V_T , м/мин	Частота вращения, об/мин	Принятая частота вращения $n_{пр}$ об/мин	Действительная скорость $V_{пр}$ м/мин
05 Центровально-подрезная	Центровать $\varnothing 4$	2,0	0,1	11	875	582	7,3
	Подрезать торец 43	2,3	0,1	70	518	582	78,5
10 Токарная	Точить $\varnothing 31,2$	1,9	0,5	110,7	1130	1000	98,0
	Точить $\varnothing 38,8$	1,9	0,5	110,7	908	800	97,4
	Точить $\varnothing 93,8$	1,9	0,5	110,7	375	400	117,8
15 Токарная	Точить $\varnothing 39,1$	1,9	0,5	110,7	901	800	98,2
	Точить $\varnothing 46,2$	1,9	0,5	110,7	763	800	116,1
	Точить $\varnothing 55,8$	1,9	0,5	110,7	631	630	110,4
	Точить $\varnothing 66,1$	1,9	0,5	110,7	533	500	103,8
	Точить $\varnothing 70,8$	1,9	0,5	110,7	498	500	111,1
20 Токарная	Точить $\varnothing 30,4$	0,4	0,25	210	2199	2000	190,9
	Точить $\varnothing 38$	0,4	0,25	210	1760	1600	190,9
	Точить $\varnothing 93$	0,4	0,25	210	719	630	184,0
25 Токарная	Точить $\varnothing 38,3$	0,4	0,25	210	1746	1600	192,4
	Точить $\varnothing 45,4$	0,4	0,25	210	1473	1250	178,6
	Точить $\varnothing 55$	0,4	0,25	210	1216	1250	215,9
	Точить $\varnothing 65,3$	0,4	0,25	210	1024	1000	205,0
	Точить $\varnothing 70$	0,4	0,25	210	955	1000	219,8

Продолжение таблицы 9

Операция	Переход	Глубина резания t , мм	Подача S , мм/об	Скорость V_T , м/мин	Частота вращения, об/мин	Принятая частота вращения $n_{пр}$ об/мин	Действительная скорость $V_{пр}$ м/мин
30 Круглошлифовальная	Шлифовать $\varnothing 30,14$	0,13	0,008*	35	370	370	35
	Шлифовать $\varnothing 45,14$	0,13	6	35	247	247	35
35 Фрезерная	Фрезеровать паз $B=10$ $B=6,5$	5,0	0,05	22	700	630	19,8
		3,0	0,08	20	979	1000	20,4
40 Зубофрезерная	Фрезеровать зубья $\varnothing 86,96$	6,6	2,8	75,6	220	240	82,1
55 Зубоприкатная	Прикатать зубья $\varnothing 86,96$ прикатником $\varnothing 310,58$	0,10	0,030	90	92,2	100	97,5
75 Круглошлифовальная	Шлифовать $\varnothing 30$	0,07	0,005*	35	371	371	35
	Шлифовать $\varnothing 45$	0,07	6	35	247	247	35
80 Круглошлифовальная	Шлифовать $\varnothing 38$	0,15	0,006*	35	293	293	35
	Шлифовать $\varnothing 65$	0,15	8 [17]	35	171	171	35

Нормы времени на операциях внесем в таблицу 10.

Таблица 10 – Нормы времени

Операция	T_0	T_B	$T_{оп}$	$T_{шт-к}$	$T_{п-з}$	$T_{шт}$	n	$T_{об,от}$
05 Центровально-подрезная	0,223	0,296	0,519	0,623	26	0,550	354	0,031
10 Токарная	0,421	0,296	0,717	0,808	17	0,760	354	0,043
15 Токарная	0,889	0,362	1,251	1,374	17	1,326	354	0,075
20 Токарная	0,514	0,351	0,865	0,965	17	0,917	354	0,052
25 Токарная	0,964	0,481	1,445	1,588	20	1,532	354	0,087

Продолжение таблицы 10

Операция	T_0	T_B	$T_{оп}$	$T_{шт-к}$	$T_{п-з}$	$T_{шт}$	n	$T_{об,от}$
30 Круглошлифовальная	0,502	0,374	0,876	1,036	17	0,988	354	0,112
35 Фрезерная	2,032	0,370	2,402	2,619	28	2,546	354	0,144
40 Зубофрезерная	3,125	0,407	3,532	3,816	26	3,743	354	0,211
50 Зубоприскатная	0,500	0,490	0,990	1,122	26	1,049	354	0,059
70 Центрошлифовальная	0,210	0,462	0,672	0,804	20	0,748	354	0,076
75 Круглошлифовальная	0,472	0,573	1,045	1,216	17	1,168	354	0,123
80 Круглошлифовальная	0,886	0,573	1,456	1,695	17	1,647	354	0,191

В таблице 10 значения времени даны в минутах. Для выбранной операции 015 токарной черновой имеем затраченное время: 0,889 мин – машинное T_0 ; 0,362 мин – на управление станком T_B ; 1,251 мин – операционное $T_{оп}$; 1,374 мин – на выполнение технологической операции $T_{шт-к}$; 17 мин – на ознакомление с чертежом $T_{п-з}$; 1,326 мин – штучное $T_{шт}$; 0,075 мин – на удаление стружки и замену инструмента $T_{об,от}$

3 Разработка специальной технологической оснастки

3.1 Разработка станочного приспособления

Для уменьшения погрешности установки заготовки при обработке на токарной операции в данном разделе решается задача по проектированию нового токарного патрона с жестким упорным центром, который устанавливается на станке с натягом.

При расчете усилия зажима главной составляющей силы резания будем считать значение 1522 Н, которое было получено во втором разделе при расчете режимов резания для токарной операции 015. Расчетная схема на рисунке 5.

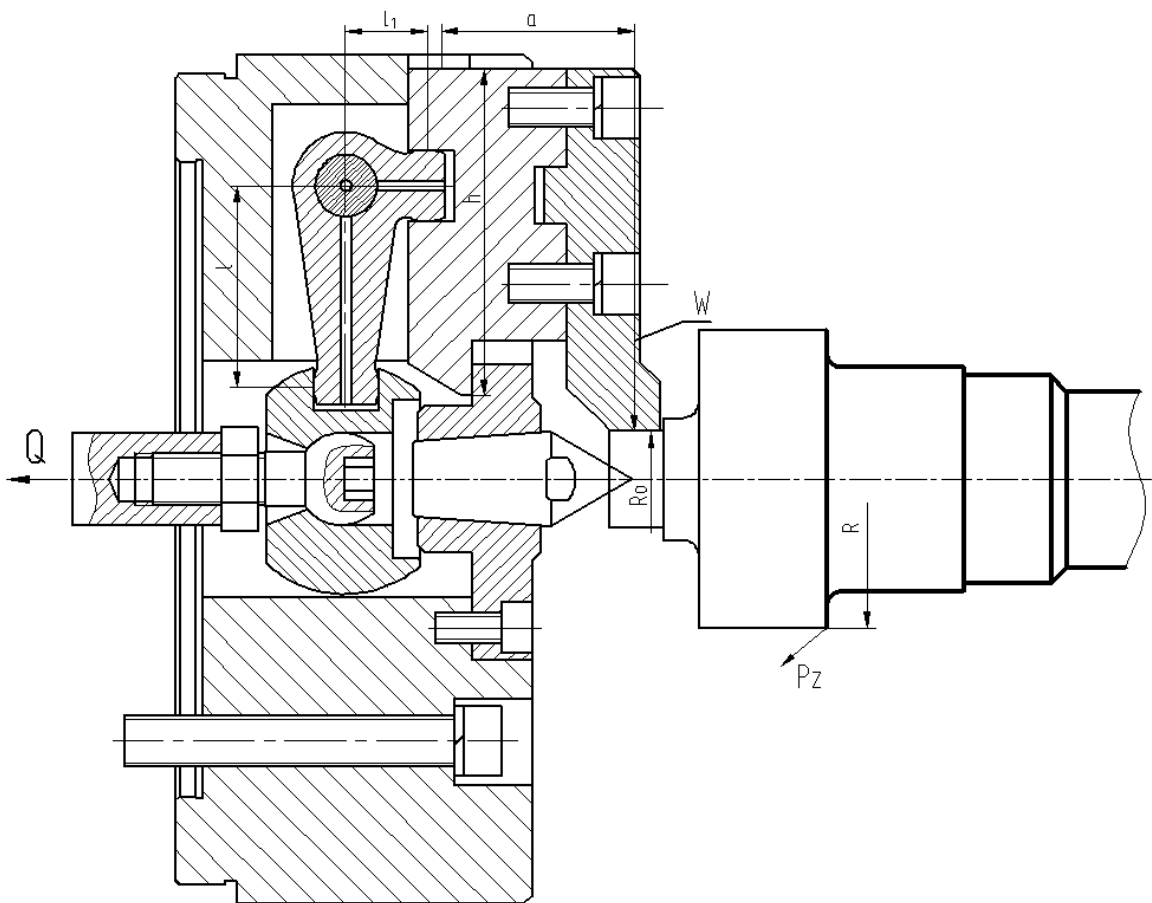


Рисунок 5 – Расчетная схема

Расчет проводим с учетом соответствующего коэффициента запаса [16]. Он определяется по формуле:

$$K = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6, \quad (17)$$

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

$K_1 = 1,2$ - коэффициент, учитывающий случайные неровности;

$K_2 = 1,0$ - коэффициент, учитывающий затупление резца;

$K_3 = 1,2$ - коэффициент, учитывающий прерывистое резание;

$K_4 = 1,0$ - коэффициент, учитывающий постоянство сил;

$K_5 = 1,0$ - коэффициент, учитывающий эргономику;

$K_6 = 1,0$ - коэффициент, учитывающий особенности установки.

Тогда $K = 1,5 \cdot 1,2 \cdot 1,0 \cdot 1,2 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 2,16$. При условии $K \leq 2,5$, будем считать $K = 2,5$. И усилие зажима

$$W_z = \frac{K \cdot P_z \cdot R_0}{f \cdot R} = \frac{2,5 \cdot 1522 \cdot 93,8 / 2}{0,5 \cdot 31,2 / 2} = 22878 \text{ Н.}$$

Для расчета зажимного механизма находим усилие, создаваемое силовым приводом [7]:

$$W_1 = K_1 \frac{W_z}{1 - 3 \cdot f_1 \cdot (a/h)}, \quad (18)$$

где $K_1 = 1,05$ - коэффициент, учитывающий силы трения в патроне;

$f_1 = 0,1$ - коэффициент трения кулачка;

$a = 60$ мм - вылет кулачка;

$h = 105$ мм - длина направляющей кулачка.

$$\text{Тогда } W_1 = K_1 \frac{W_z}{1 - 3 \cdot f_1 \cdot (a/h)} = 1,05 \frac{22878}{1 - 3 \cdot 0,1 \cdot (50/105)} = 28025 \text{ Н.}$$

И усилие силового привода на кулачок определим по формуле:

$$Q = W_1 \cdot \frac{l_1}{l}, \quad (19)$$

где l_1, l - плечи рычага, мм.

$$\text{Получим } Q = 28025 \cdot \frac{25}{65} = 10778 \text{ Н.}$$

При расчете погрешности установки заготовки в приспособлении принимаем 12 квалитет при черновой обработке [24]. Расчет погрешности находим по формуле:

$$E_y = \frac{\omega_{\Delta\Delta}}{2} = 0,5 \cdot \sqrt{\Delta_1^2 + \Delta_2^2 + \Delta_3^2 + \Delta_4^2 + \Delta_5^2}, \quad (20)$$

где $\omega_{\Delta\Delta}$ - неизменность последнего размера;

$\Delta_1^2, \Delta_2^2, \Delta_3^2$ - погрешности неточности размеров;

Δ_4^2, Δ_5^2 - погрешности неточности колебаний.

$$\Delta_1 = 0,062, \Delta_2 = 0,074, \Delta_3 = 0,083, \Delta_4 = 0,060, \Delta_5 = 0,109.$$

$$\text{Тогда } E_y = 0,5 \cdot \sqrt{0,062^2 + 0,074^2 + 0,083^2 + 0,060^2 + 0,109^2} = 0,089 \text{ мм.}$$

Чертеж приспособления, выполненный на основе результатов расчетов, представлен в графической части пояснительной записки.

Приспособление крепится при установке на фланце шпинделя станка с помощью винтов 24 при наличии шайб 38. Подкулачники 13 устанавливаются в направляющие корпуса 8 патрона. Сменные кулачки 11 винтами 22 с шайбами 37 крепятся к подкулачникам. Втулка 3 устанавливается на винте 2 в центральном отверстии корпуса патрона. Плечи рычага 15 входят в выточку втулки 3 и паз подкулачника 13. В корпусе патрона на оси 12 устанавливается рычаг 15 и фиксируется винтами 25 и 26. Отверстия, закрытые масленкой 35 предназначены для смазки рычага в оси. Фланец 17 с центром 18, установленным в нем крепится к корпусу винтами

21. Шток 19 пневмоцилиндра соединен с тягой 16, которая далее соединена с винтом 2 с помощью гайки 28. Крышка 10 с помощью винтов 23 и шайб 37 установлена в корпусе 9 пневмоцилиндра. К штоку 19 крепится поршень 14 с помощью гайки 27 с шайбой 36 в пневмоцилиндре. Втулка 4 с кольцом 7 устанавливается в штоке. Для подвода воздуха трубка муфты 1 входит в отверстие втулки 4. С помощью гайки в корпусе 9 установлена муфта 1. Уплотнительные кольца 29-34 устанавливаются в пневмоцилиндре для уплотнения. Демпферы 5 устанавливаются для исключения ударов крышки 10 на поршне 14 и самого поршня о стенки корпуса 9. С помощью болтов 20 с шайбами 37 на заднем конце шпинделя на фланце устанавливается сам пневмоцилиндр.

Проведем анализ возможности замены пневмопривода в приспособлении электроприводом или комбинированным приводом [25].

В системе электропривода действуют моменты и силы, способствующие или препятствующие движению. Характер моментов и сил зависит от типа электропривода, способов управления им и от механических свойств рабочей машины.

Моменты, приложенные к исполнительному органу рабочей машины со стороны электродвигателя, направленные в сторону движения и способствующие ему, называются движущими, или положительными [20].

Моменты, приложенные со стороны рабочей машины, направленные навстречу движению и препятствующие ему, называются тормозными, или отрицательными. Электродвигатель может развивать как движущий, так и тормозной момент [19]. В последнем случае энергия торможения поступает от рабочей машины. При равномерном движении развиваемый двигателем движущий момент идет на преодоление момента статического сопротивления, то есть на выполнение полезной работы и преодоление момента трения.

Моменты статического сопротивления делятся на реактивные и потенциальные (активные). Реактивные моменты всегда направлены против

движения, оказывают тормозящее действие и меняют свое направление при изменении направления движения двигателя (рисунок 6а). Реактивные моменты обусловлены трением, сжатием или растяжением и скручиванием неупругих тел.

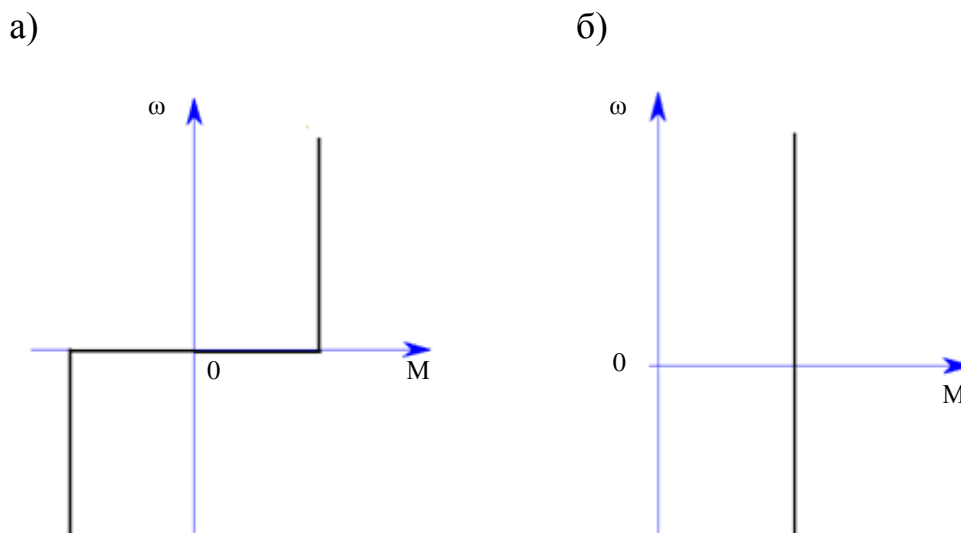


Рисунок 6 – Характеристики реактивного (а) и активного (потенциального) (б) моментов статического сопротивления

Потенциальные моменты сохраняют направление своего действия (рисунок 6б).

При любом режиме работы движущие силы и моменты должны находиться в равновесии с силами и моментами сопротивления, что дает возможность составить уравнение движения электропривода [22].

Таким образом, динамический момент $M_{дин}$ представляет собой алгебраическую разность движущего электромагнитного момента M и момента статического сопротивления M_c . Динамический момент идет на преодоление момента инерции J и сообщение приводу ускорения [23].

При $M > M_c$ имеет место ускорение привода.

При $M < M_c$ имеет место замедление привода.

При $M = M_c$ динамический момент равен нулю, так как ускорение равно нулю, следовательно, привод движется с постоянной скоростью.

Приведение параметров вращательного и поступательного движения.

Для выполнения различного рода статических и динамических расчетов необходимо осуществить приведение момента и силы, массы и момента инерции исполнительного механизма рабочей машины к валу двигателя [20].

В результате этого на валу двигателя будут действовать эквивалентные расчетные величины: приведенный момент сопротивления M_c (сила сопротивления F_c) и приведенный момент инерции $J_{пр}$.

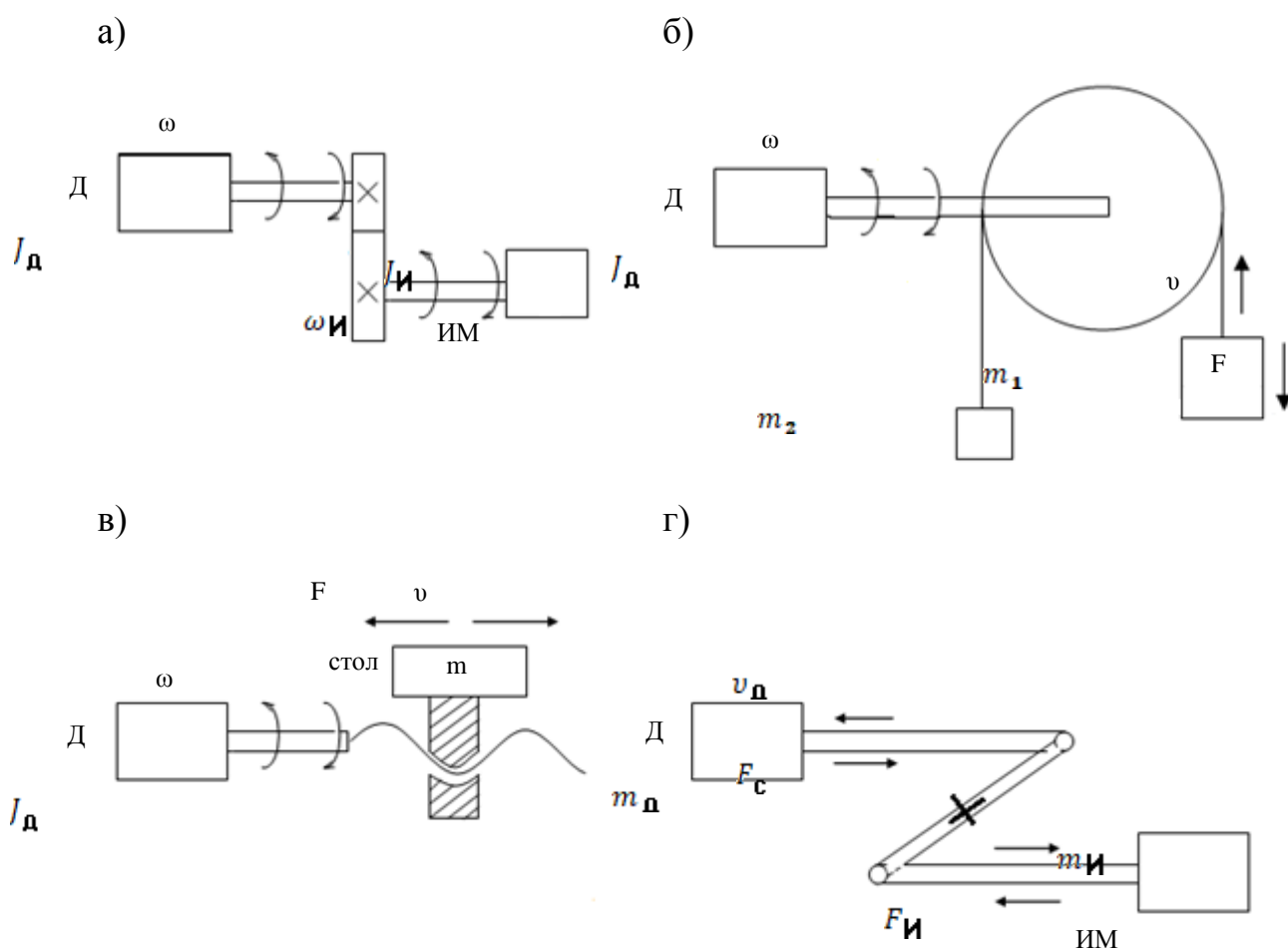


Рисунок 7 – Схемы механической части электропривода

В схеме на рисунке 7а вращательное движение двигателя D преобразуется во вращательное движение рабочей машины посредством одноступенчатого редуктора. Здесь необходимо учитывать потери мощности ступеней редуктора.

В схеме на рисунке 7б вращательное движение двигателя D преобразуется в поступательное движение подъема груза. Для уменьшения силы используется противовес. Приведение силы сопротивления производится аналогично приведению момента.

В схеме на рисунке 7в вращательное движение преобразуется в поступательное движение стола. В схеме на рисунке 7г используется двигатель D поступательного движения.

Приведение моментов инерции элементов механической передачи выполняется на основании постоянства запаса кинетической энергии в реальной и приведенной схемах.

Тогда выражение для приведения всех линейно движущихся масс механизма к валу электродвигателя:

$$m\rho^2 = m_1 \frac{v_1^2}{\omega^2} + m_2 \frac{v_2^2}{\omega^2} = m_1 \cdot \rho_1^2 + m_2 \rho_2^2, \quad (21)$$

где m_1 – масса, движущаяся со скоростью v_1 ;

m_2 – масса, движущаяся со скоростью v_2 ;

ρ_1 – радиус приведения для массы, движущейся со скоростью v_1 ;

ρ_2 – радиус приведения для массы, движущейся со скоростью v_2 .

Вращательное движение двигателя D преобразуется во вращательное движение рабочей машины посредством одноступенчатого редуктора [23]. Вращательное движение двигателя D преобразуется в поступательное движение подъема груза. Вращательное движение преобразуется в поступательное движение стола.

3.2 Разработка контрольного приспособления

Для окончательного выборочного контроля после 080 шлифовальной операции для контроля биения разработано контрольное приспособление с

электронным индикатором Mitutoyo 545A с точностью 0,001 мм.

Приспособление состоит из основания 5. К основанию крепятся стойки 6 с центрами 2 и 8 с помощью винтов 15 с шайбами 17 и с помощью шпонок 10. Центр 2 подпружиненный. Центр 8 неподвижный. Оба центра крепятся с помощью винтов 14 с шайбами 16. Плита 5 крепится винтами 13 с шайбами 16 к основанию приспособления. Индикатор 1 в корпусе 3 с закрепленным в нем винтом 12 устанавливается на плиту. Табличка 7 с маркировкой обозначения чертежа приспособления, даты и детали крепится к основанию 5 винтами 11.

Контрольное приспособление работает следующим образом. В центрах устанавливаем заготовку. По плите 5 индикаторный блок придвигаем до упора со вставкой в контролируемую шейку заготовки. Далее проворачиваем заготовку на 360° и величину биения шейки относительно центров определяем по показаниям индикатора.

4 Безопасность и экологичность технического объекта

Рассматриваем в качестве объекта исследования техпроцесс изготовления вала-шестерни привода расточной головки «Формула Станок».

4.1 Конструктивно-технологическая и организационно-техническая характеристики рассматриваемого технического объекта

В таблице 11 приведены характеристики технического объекта.

Таблица 11 – «Технологический паспорт технического объекта»

Технологический процесс	Технологическая операция, вид выполняемых работ	Наименование должности работника, выполняющего технологический процесс, операцию	Оборудование, техническое устройство, приспособление	Материалы, вещества» [5]
Техпроцесс изготовления вала-шестерни	Круглошлифовальная операция	Шлифовщик	3М151Ф2, Патрон ГОСТ 2571-71	Сталь 20Х ГОСТ 4543-2016, ветошь, СОЖ,
Техпроцесс изготовления вала-шестерни	Токарная операция	Оператор станков с ЧПУ	16ГС25Ф3С1, Центр ГОСТ 8742-75	Сталь 20Х ГОСТ 4543-2016, СОЖ, ветошь

Рассматривались две технологические операции: круглошлифовальная и токарная.

4.2 Идентификация профессиональных рисков

Идентификация, анализ и выбор профессиональных рисков показаны в таблице 12.

Таблица 12 – «Идентификация профессиональных рисков»

Производственно-технологическая и/или эксплуатационно-технологическая операция	Опасный и/или вредный производственный фактор	Источник опасного и/или вредного производственного фактора» [5]
Токарная, круглошлифовальная	«Острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования; части твердых объектов; подвижные части производственного оборудования; передвигающиеся изделия, заготовки; опасные и вредные производственные факторы, которые могут вызвать ожоги тканей организма человека; опасные и вредные производственные факторы, связанные с повышенным уровнем вибрации; опасные и вредные производственные факторы, характеризующиеся повышенным уровнем шума» [5]	Оборудование, обрабатываемая заготовка, СОЖ, приспособление, инструмент

В таблице 12 осуществлены идентификация, выбор и анализ профессиональных рисков.

4.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков

В таблице 13 указаны методы и средства, необходимые при защите от вредных и опасных производственных факторов.

Таблица 13 – «Организационно-технические методы и технические средства (технические устройства) устранения (снижения) негативного воздействия опасных и вредных производственных факторов» [5]

«Опасный и/или вредный производственный фактор	Организационно-технические методы и технические средства защиты, частичного снижения, полного устранения опасного и/или вредного производственного фактора	Средства индивидуальной защиты работающего» [5]
«Острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования	Удаление острых кромок и заусенцев на слесарных переходах	Перчатки
Режущие, обдирающие части твердых объектов; подвижные части производственного оборудования; передвигающиеся изделия, заготовки	Применение защитных кожухов, экранов, ограждений	Костюм для защиты от загрязнений, спецодежда, защитные очки, ботинки кожаные
ОВПФ, которые могут вызвать ожоги тканей организма человека	Применение защитных кожухов, экранов, ограждений	Спецодежда, перчатки
ОВПФ, связанные с повышенным уровнем общей вибрации	Установка оборудования на виброгасящие опоры	Резиновые виброгасящие покрытия
ОВПФ, характеризующиеся повышенным уровнем шума	Изоляция звукопоглощающими материалами наиболее акустически активных	Применение наушников или противозумных вкладышей
ОВПФ электрического тока	Заземление оборудования, изоляция токоведущих частей, применение предохранителей	Спецодежда, резиновые напольные покрытия, перчатки
Динамические нагрузки, вызванные монотонностью	Соблюдение периодичности и продолжительности регламентированных перерывов	

Здесь показаны профессиональные риски» [5]. В таблице 13 указаны методы и средства для устранения или снижения опасных и вредных факторов.

4.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта

В таблицах 14 – 16 указаны опасные факторы возможного пожара, его класс, а также рассмотрены возможные источники возникновения пожара и средства, необходимые для его устранения.

Таблица 14 – «Идентификация классов и опасных факторов пожара»

Участок, подразделение	Оборудование	Класс пожара	Опасные факторы при пожаре	Сопутствующие проявления факторов пожара» [5]
Производственный участок	16ГС25ФЗС1. 3М151Ф2	Класс В, Е	Пламя и искры; тепловой поток; повышенная температура окружающей среды; повышенная концентрация токсичных продуктов горения и термического разложения; пониженная концентрация кислорода; снижение видимости в дыму	Части изделий и иного имущества; вынос высокого напряжения на токопроводящие части; воздействие огнетушащих веществ

Таблица 15 – «Технические средства обеспечения пожарной безопасности»

Первичные средства пожаротушения	Мобильные средства пожаротушения	Стационарные установки и системы пожаротушения	Средства пожарной автоматики	Пожарное оборудование	Средства индивидуальной защиты и спасения людей при пожаре	Пожарный инструмент (механизированный и немеханизированный)	Пожарные сигнализация, связь и оповещение» [5]
«Ящик с песком, пожарный гидрант, огнетушители	Пожарные автомобили	Пенная система тушения	Извещатели пожарные; приборы приемно-контрольные пожарные; приборы управления пожарные; технические средства оповещения и управления эвакуацией пожарные» [5]	«Напорные пожарные рукава	Веревки, пожарные карабины пожарные противогазы, респираторы	Лопаты, багры, ломы и топоры ЦПП-Б	Автоматические извещатели» [5]

Таблица 16 – «Организационные (организационно-технические) мероприятия по обеспечению пожарной безопасности»

Наименование технологического процесса, используемого применяемого оборудования, в составе технического объекта	Наименование видов реализуемых организационных (организационно-технических) мероприятий	Предъявляемые нормативные требования по обеспечению пожарной безопасности, реализуемые эффекты» [5]
«Изготовление вала-шестерни. Обрабатывающие станки	Применение СОЖ на базе негорючих составов, хранение промасленной ветоши в негорючем ящике, соблюдение правил электробезопасности	Наличие пожарной сигнализации, автоматической системы пожаротушения, первичных средств пожаротушения, проведение пожарных инструктажей» [5]

В подразделе рассмотрены возможные источники возникновения пожара и средства, необходимые для его устранения.

4.5 Обеспечение экологической безопасности технического объекта

Объектом исследования в разделе является технологический процесс изготовления вала-шестерни привода расточной головки «Формула Станок». В таблицах 17 и 18 для обеспечения экологической безопасности технического объекта показаны опасные факторы и мероприятия для их снижения.

Таблица 17 – «Идентификация негативных экологических факторов технического объекта»

Наименование технического объекта, производственно-технологического процесса	Структурные составляющие объекта производственно-технологического процесса (производственного здания или сооружения по функциональному назначению, технологических, технического оборудования), энергетической установки, транспортного средства и т.п.	Негативное экологическое воздействие технического объекта на атмосферу (выбросы в воздушную окружающую среду)	Негативное экологическое воздействие технического объекта на гидросферу (образование сточных вод, забор воды из источников водоснабжения)	Негативное экологическое воздействие технического объекта на литосферу (почву, растительный покров, недра), образование отходов, выемка плодородного слоя почвы, отчуждение земель, нарушение и загрязнение растительного покрова и т.д.» [5]
«Технологический процесс изготовления вала-шестерни»	16ГС25Ф3С1. ЧПУ 3М151Ф2	Стружка, масляный туман, пыль, токсические испарения,	Нефтепродукты, смазочно-охлаждающая жидкость, растворы отработанных технических жидкостей	Отходы в виде стружки, ветошь, нефтепродукты, смазочно-охлаждающая жидкость, отработанные жидкие среды» [5]

В таблице показаны экологически опасные факторы исследуемого технического объекта.

Таблица 18 – «Разработанные (дополнительные и/или альтернативные) организационно-технические мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия заданного технического объекта на окружающую среду»

Наименование технического объекта» [5]	Технологический процесс изготовления вала-шестерни
«Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на атмосферу»	Оснащение системы производственной вентиляции фильтрующими элементами.
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на гидросферу»	Применение многоступенчатой системы очистки сточных вод
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на литосферу»	Разделение жидких и твердых отходов. Утилизация отходов на специальных полигонах» [5]

Для обеспечения экологической безопасности технического объекта

определены опасные факторы и мероприятия для их снижения.

Техническим объектом исследования рассматривался в данном разделе техпроцесс изготовления вала-шестерни привода расточной головки «Формула Станок». Для анализа и предложения мероприятий по обеспечению безопасности анализировались две технологические операции (таблица 11): токарная и круглошлифовальная.

В таблице представлены анализ, выбор и идентификация профессиональных рисков, источниками которых являются оборудование, приспособление, инструмент и материал, необходимые при изготовлении вала-шестерни. Это обрабатывающие станки – Центровально-подрезной п/а 2А923, токарно-винторезный с ЧПУ 16ГС25Ф3С1, круглошлифовальный с ЧПУ 3М151Ф2; приспособления – поводковый патрон с центром ГОСТ 2571-71, вращающийся центр тип А ГОСТ 8742-75, упорный центр ГОСТ 18259-72; инструмент – резец Sandvik Coromant R166.0G-22ММ01, шлифовальный круг ГОСТ Р 52781, червячная модульная сборная фреза с рейками из стали Р6М5К5 и материалы – сталь 20Х ГОСТ 4543, СОЖ.

Далее в таблице 13 указаны методы и средства, необходимые при защите от вредных и опасных производственных факторов.

В таблицах 14-16 указаны опасные факторы возможного пожара, его класс, а также рассмотрены возможные источники возникновения пожара и средства, необходимые для его устранения.

Для обеспечения экологической безопасности технического объекта определены опасные факторы и мероприятия для их снижения (таблицы 17 и 18).

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.

Для выполнения поставленной цели данного раздела, необходимо подвести итог проделанной работе по данной теме. При написании бакалаврской работы было предложено совершенствовать операцию 015 Токарную черновую, основные нюансы которых описаны в предыдущих разделах работы. Далее предстоит рассчитать эффективность с точки зрения экономической целесообразности применения данных изменений.

Все необходимые технические параметры: машинное и штучное время, модель оборудования до и после совершенствования технологического процесса, наименование инструмента и оснастки, также до и после совершенствования, применяемые на операции 015, были взяты из предыдущих разделов бакалаврской работы. Для сбора информации по остальным параметрам, необходимым для расчета: мощность и занимаемая площадь оборудования, цены оснастки и инструмента, часовые тарифные ставки, тарифы по энергоносителям и многое другое, использовались разные источники:

- паспорт станка;
- учебно-методическое пособие по выполнению экономического раздела выпускной квалификационной работы для студентов, обучающихся по специальности 15.03.03 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств»;
- данные предприятия по тарифам на энергоносители;
- сайты с ценами на оборудование, оснастку и инструмент, и другие источники.

Кроме перечисленных источников для расчета применялось программное обеспечение Microsoft Excel, с помощью которого были произведены такие расчеты как:

- «капитальные вложения по сравниваемым вариантам;
- технологическая себестоимость изменяющихся по вариантам операций;
- калькуляция себестоимости обработки детали по вариантам технологического процесса;
- приведенные затраты и выбор оптимального варианта;
- показатели экономической эффективности проектируемого варианта техники (технологии)» [6, с. 15-23].

Далее представлены основные результаты проведенных расчетов. На рисунке 8, показаны значения слагаемых капитальных вложений, сумма которых составит 60609,53 руб.

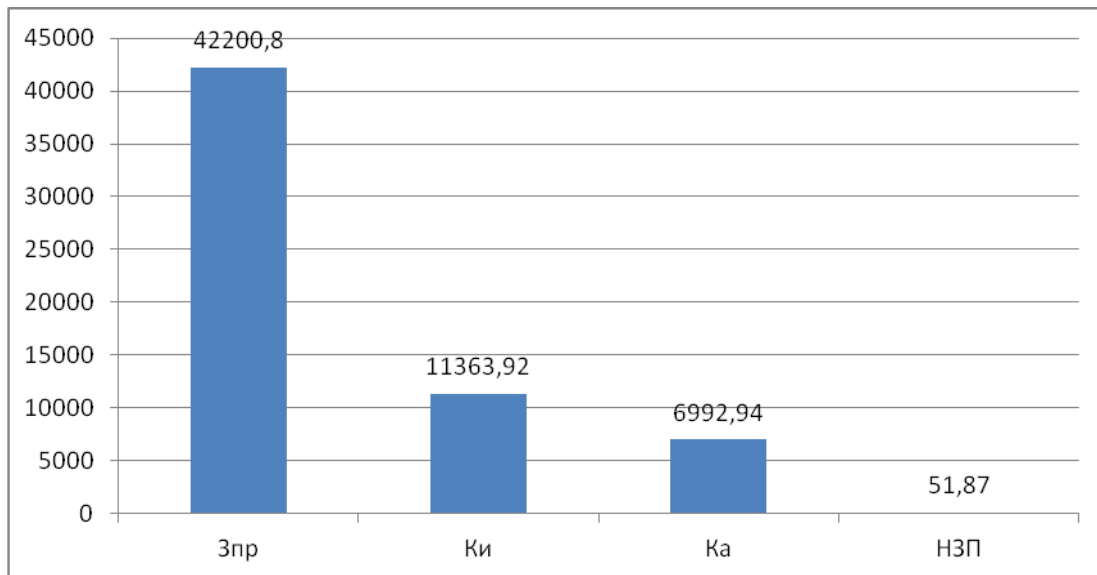


Рисунок 8 – Величина затрат, входящих в капитальные вложения, предложенного проекта, руб.

Анализируя, представленные на рисунке 8, данных, можно сделать вывод о том, что самыми капиталоемкими затраты являются затраты на

проектирование (Z_{IP}), с долей 69,6 % от всей величины капитальных вложений. Самыми незначительными является объем незавершенного производства ($HЗП$), доля которого составила всего 0,1 %. К средним показателям по влиянию на капитальные вложения можно отнести: затраты на инструмент с долей 18,7 % и прямые капитальные вложения в перепрограммирование оборудования под изменившиеся условия работы оборудования (K_A), величина которых составила 11,6 % от общей суммы капитальных вложений.

На рисунке 9 представлены показатели, из которых складывается технологическая себестоимость детали «Вал-шестерня привода расточной головки «Формула Станок»», по двум сравниваемым вариантам технологического процесса. В состав технологической себестоимости не включена величина основных материалов за вычетом отходов, это связано с тем, что в процессе совершенствования технологического процесса, способ получения заготовки не метался, поэтому расходы на материал остаются без изменения.

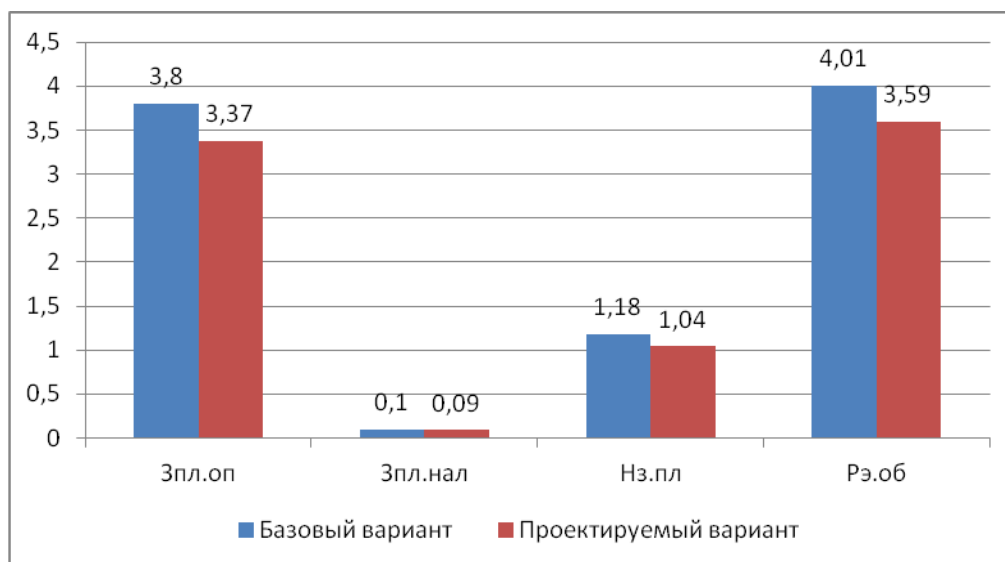


Рисунок 9 – Слагаемые технологической себестоимости изготовления детали «Вал-шестерня привода расточной головки «Формула Станок»», по вариантам, руб.

Анализируя диаграмму на рисунке 9, видно, что максимальное, примерно одинаковое, влияние на технологическую себестоимость оказывают два показателя:

- расходы на содержание и эксплуатацию оборудования (РЭ.ОБ), в базовом варианте доля этого показателя составила 44,03 %, а проектируемом варианте – 44,34 %;
- величина заработной платы рабочего оператора (ЗПЛ.ОП), занятого на выполнение 015 токарной операции, доля которой в базовом варианте составляет 41,89 %, а в проектируемом – 41,64 %.

На третьем месте по влиянию на величину технологической себестоимости находится начисления на заработную плату (*НЗП*), доля которых составляет: в базовом варианте 12,98 %, а в проектируемом – 12,91 %. Самое незначительное влияние оказывает заработная плата наладчика (*ЗПЛ.НАЛ*), т.к. его доля составляет: в базовом варианте всего 1,1 %, а в проектируемом – 1,11 %.

Учитывая перечисленные показатели и их величину, технологическая себестоимость ($C_{ТЕХ}$) составила: в базовом варианте – 9,09 рублей, а в проектируемом – 8,09 рублей.

Данные показатели позволили сформировать значение полной себестоимости. Результаты калькуляции себестоимости обработки детали «Вал-шестерня привода расточной головки «Формула Станок»» по операции 015 технологического процесса, представлены на рисунке 10.

Согласно рисунку 10, значение полной себестоимости ($C_{ПОЛН}$) для базового варианта составило 23,37 рублей, а для проектируемого варианта чуть меньше – 20,74 рублей. Значения по вариантам отличаются, это значит, что появляется возможность для получения ожидаемой прибыли от снижения себестоимости.

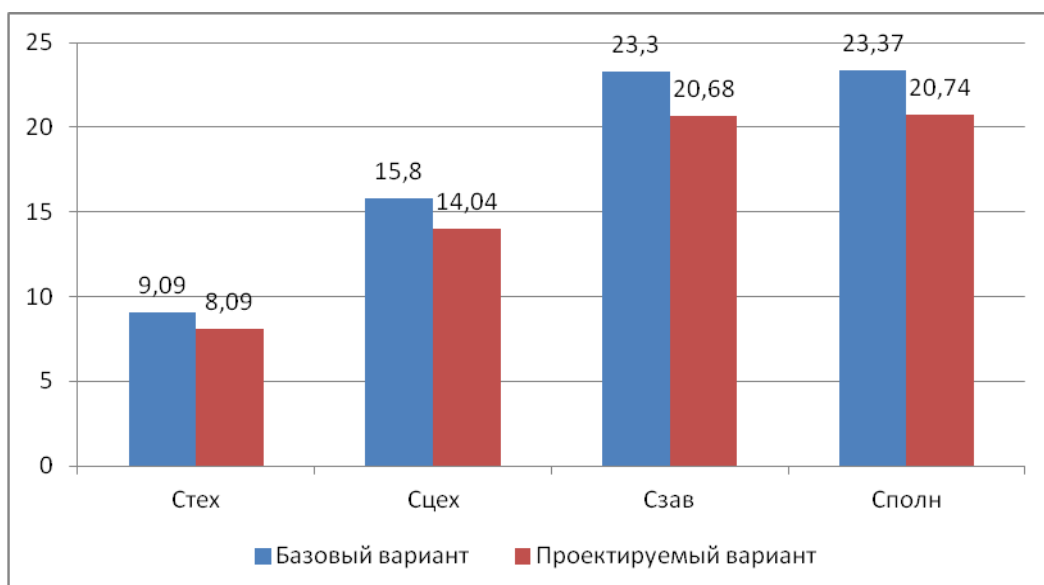


Рисунок 10 – Калькуляция себестоимости, по вариантам технологического процесса, руб.

Дальнейшие расчеты показали, что капитальные вложения, в размере 60609,53 рублей, окупятся в течение 3-х лет. Такой срок является приемлемым для совершенствования технологического характера. Однако, прежде чем говорить об его эффективности, проанализируем такой экономический показатель как интегральный экономический эффект или чистый дисконтируемый доход. Величина данного значения составляет 11449,05 рубля со знаком «плюс», что доказывает эффективность предложенных мероприятий. А это значит, что на каждый вложенный рублю будет получен доход 1,19 рублей.

Заключение

При выполнении выпускной квалификационной работы были получены следующие результаты:

- в технологическом процессе были использованы высокопроизводительные станки полуавтоматы и станки с ЧПУ, так как при среднесерийном типе производства это является наиболее оптимальным;
- спроектирована заготовка с минимальными припусками, рассчитанными по более совершенной методике;
- снижено штучное время и обеспечена большая точность центровых отверстий;
- применено центрошлифование;
- применено электрохимическую обработку вместо слесарной;
- применена зубопркатка;
- применены оптимальные режимы резания;
- применена высокопроизводительная оснастка;
- проведены научные исследования для возможности автоматизации механической обработки;
- проведен анализ безопасности и экологичности технического объекта в виде технологического процесса;
- проведен анализ экономической эффективности после внесения предлагаемых изменений в технологическом процессе.

Список используемых источников

1. Аверченков В.И. Технология машиностроения: сборник задач и упражнений: учебное пособие / В.И. Аверченков и др.; под общей редакцией В.И. Аверченкова и Е.А. Польского. – М. : Инфра-М, 2016. 288 с.
2. Базров Б.М. Основы технологии машиностроения: учебник для вузов. – М. : Машиностроение, 2005. 736 с.
3. Балашов В.М. Проектирование машиностроительных производств: учебное пособие / В.М. Балашов, В.В. Мешков. – Старый Оскол: ООО ТНТ, 2018. 200 с.
4. Безъязычный В.Ф. Основы технологии машиностроения: учебник. – М. : Инновационное машиностроение, 2016. 568 с.
5. Горина Л.Н. Раздел выпускной квалификационной работы «Безопасность и экологичность технического объекта»: учебно-методическое пособие / Л.Н. Горина, М.И. Фесина. – Тольятти : изд-во ТГУ, 2018. 41 с.
6. Зубкова Н.В. Методическое указание к экономическому обоснованию курсовых и дипломных работ / Н.В. Зубкова. – Тольятти : ТГУ, 2015. 46 с.
7. Иванов И.С. Расчёт и проектирование технологической оснастки в машиностроении: учебное пособие. – М. : ИНФРА-М, 2015. 198 с.
8. Иванов И.С. Технология машиностроения: производство типовых деталей машин: учебное пособие. – М. : ИНФРА-М, 2014. 223 с.
9. Клепиков В.В. Курсовое проектирование по технологии машиностроения: учебное пособие / В.В. Бодров, В.Ф. Солдатов. – М. : ИНФРА-М, 2017. 229 с.
10. Кондаков А.И. Курсовое проектирование по технологии машиностроения: учебное пособие. – М. : КНОРУС, 2012. 400 с.
11. Михайлов А.В. Методические указания для студентов по выполнению курсового проекта по специальности 1201 Технология

машиностроения по дисциплине «Технология машиностроения» / А.В. Михайлов, – Тольятти, ТГУ, 2005. - 75 с.

12. Приходько И.Л. Проектирование заготовок: учебное пособие / И.Л. Приходько, В.Н. Байкалова. – М. : Издательство РГАУ–МСХА, 2016. 171 с.

13. Скворцов В.Ф. Основы технологии машиностроения: учебное пособие. – М. : ИНФРА-М, 2016. 330 с.

14. Справочник технолога - машиностроителя. В 2-х кн. Кн. 2 / А.Г. Косилова [и др.]; под ред. А.М. Дальского [и др.]; - 5-е изд., перераб. и доп. – М. : Машиностроение-1, 2001. 944 с.

15. Сулов А.Г. Технология машиностроения: учебник. – М. : КНОРУС, 2013. 336 с.

16. Сысоев С.К. Технология машиностроения. Проектирование технологических процессов / С.К. Сысоев, А.С. Сысоев, В.А. Левко. – СПб. : Издательство «Лань», 2016. 352 с.

17. Торопов Ю.А. Припуски, допуски и посадки гладких цилиндрических соединений. Припуски и допуски отливок и поковок: справочник / Ю.А. Торопов. – СПб. : Издательство «Профессия», 2017. 598 с.

18. Филонов И.П. Инновации в технологии машиностроения: учебное пособие / И.П. Филонов, И.Л. Баршай. – Минск : Вышэйшая школа, 2009. 110 с.

19. Aghdam A.B. On the correlation between wear and entropy in dry sliding contact / A.B. Aghdam, M.M. Khonsari. – Wear, 2011. № 270(11-12) – pp. 781–790.

20. Bozina P. Vorrichtungen im Werkzeugmaschinenbau: Grundlagen, Berechnung und Konstruktion. Springer Berlin Heidelberg, 2013. 245 p. - ISBN3642327060, 9783642327063.

21. Bryant M.D. Entropy and dissipative processes of friction and wear – FME Transactions, 2009. № 37(2) – pp.55–60.

22. Bertsche B. Reliability in Automotive and Mechanical Engineering: Determination of Component and System Reliability / B. Bertsche, A. Schanz, K. Pickard. – Berlin Heidelberg : Springer-Verlag, 2015. 502 p.

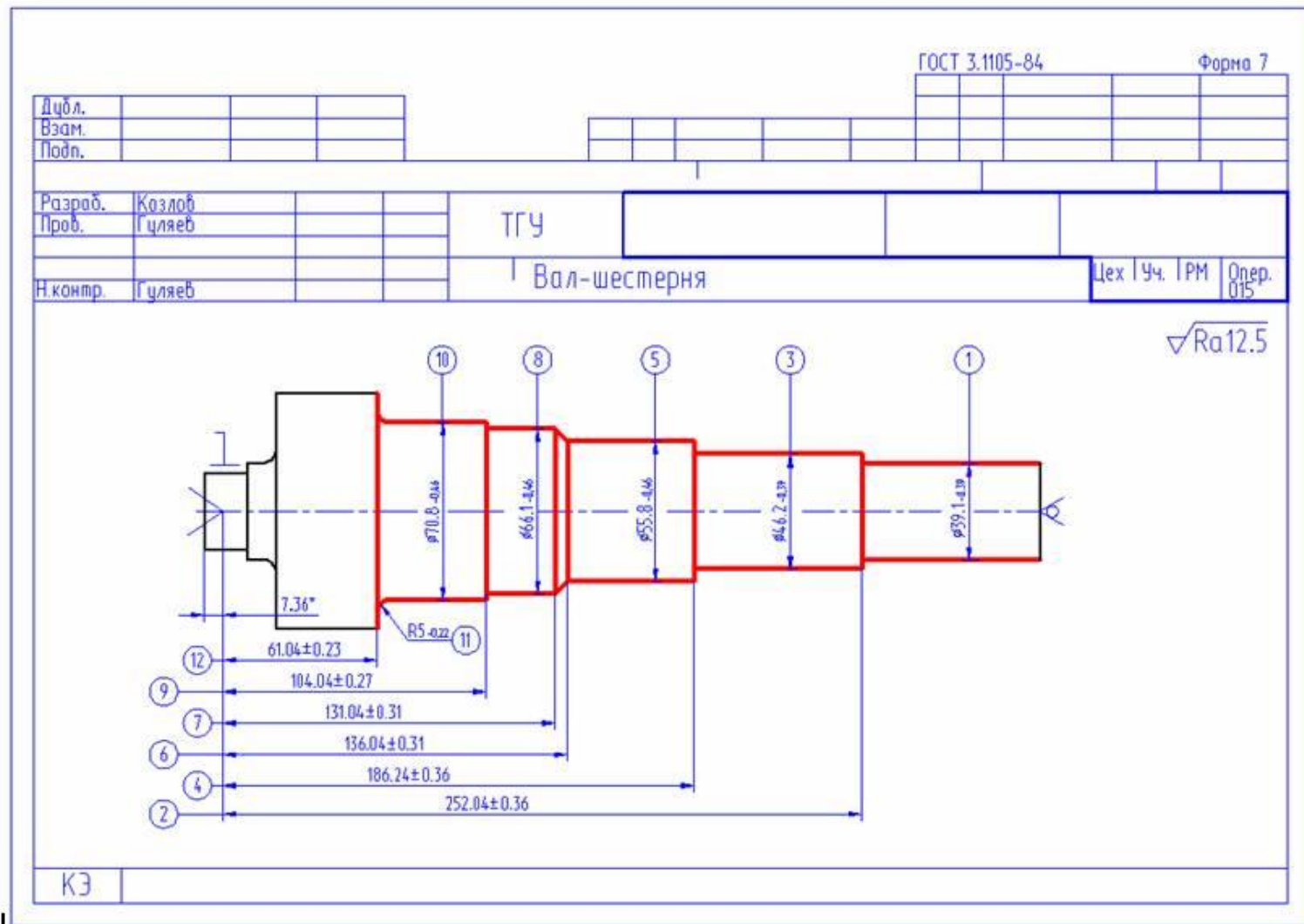
23. Grote K.-H., Antonsson E.K. Springer Handbook of Mechanical Engineering / K.-H Grote, E.K. Antonsson. – New York : Springer Science+Business Media, 2008. 1589 p.

24. Nee A. Y. C. Handbook of Manufacturing Engineering and Technology / A. Y. C. Nee. – London : Springer Reference, 2015. 3491 p.

25. Rösler J. Mechanical Behaviour of Engineering Materials: Metals, Ceramics, Polymers, and Composites / J. Rösler, H. Harders, M. Bäker. – Berlin Heidelberg New York : Springer, 2007. 540 p.

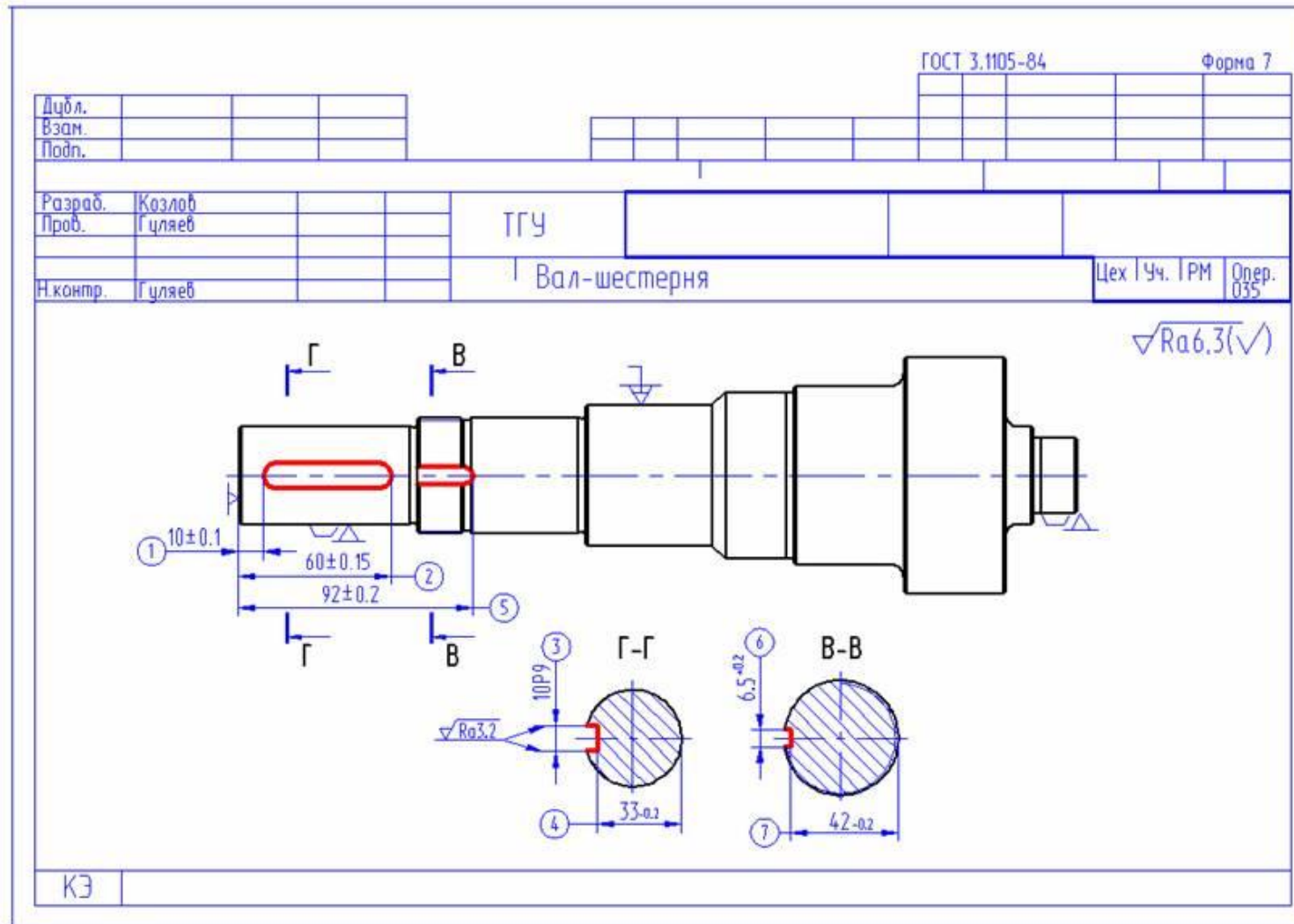
Продолжение Приложения Б

Таблица Б.1 – Операционные карты



Продолжение Приложения Б

Таблица Б.1 – Операционные карты



Продолжение Приложения Б

Таблица Б.1 – Операционные карты

