

ОТЗЫВ НАУЧНОГО РУКОВОДИТЕЛЯ

на Дипломный проект

(наименование вида работы)

Умаров Эмиль Фархатович

(Ф.И.О. обучающегося)

6B07105 - Индустриальная инженерия

(шифр и наименование специальности)

Тема: «Технологический процесс изготовления вала насоса».

Дипломный проект посвящен выбору технологического процесса по производству вала. Данный дипломный проект содержит разделы: описание исходных данных, технологическая часть, экономическая часть, Совершенствование операций с помощью научных исследований. Технологическая часть включает себя расчеты режимов резания и расчеты припусков. Экономическая часть содержит расчеты по затратам.

Дипломный проект может быть допущен к защите, а его автор Умаров Эмиль Фархатович заслуживает присвоения академической степени бакалавра по специальности 6B07105 - «Индустриальная инженерия».

Научный руководитель

к.т.н., доцент, проф. кафедры.

 Исаметова М.И.

«__» _____ 2023г

РЕЦЕНЗИЯ

Дипломный проект
(наименование вида работы)

Умаров Эмиль Фархатович
(Ф.И.О. обучающегося)

6B07105 - Индустриальная инженерия
(шифр и наименование специальности)

На тему: «Технологический процесс изготовления вала насоса».

Выполнено:

- а) графическая часть на 2 листах
- б) пояснительная записка на 38 страницах

ЗАМЕЧАНИЯ К РАБОТЕ

Дипломный проект посвящен выбору технологического процесса по производству вала. Данный дипломный проект содержит разделы: описание исходных данных, технологическая часть, экономическая часть, Совершенствование операций с помощью научных исследований. Технологическая часть включает себя расчеты режимов резания и расчеты припусков. Экономическая часть содержит расчеты по затратам

В проекте очень хорошо рассмотрены основные технологические конструкторские вопросы, приведены требуемые расчеты припусков, режимов резания, норм времени. За счет применения станочного приспособления, назначены оптимальные режимы резания и получено годовая экономия. В качестве замечания необходимо отметить следующее:

- очень мало ссылок на использованную литературу;
- необходимо было бы побольше раскрыть назначение детали в узле.

В целом в данном проекте больших замечаний нет, дипломный проект полностью выполнен в соответствии с заданием, охвачены все разделы проекта.

Оценка работы

Дипломный проект оценивается на «хорошо» В(84%), а его автор Умаров Эмиль Фархатович заслуживает присвоения академической степени бакалавра по специальности 6B07105 - «Индустриальная инженерия».

Рецензент

Доктор PhD, ассоц. профессор АЛТ,
заведующий кафедрой «Автотранспортные
средства и безопасность жизнедеятельности»

Шингисов Б.Т.

«3» 05 2023 г.



ПИСЬ ЗАВЕРЯЮ

М.С. Шингисов

Протокол

о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

Автор: Умаров Эмиль

Соавтор (если имеется):

Тип работы: Дипломная работа

Название работы: Технологический процесс изготовления вала насоса

Научный руководитель: Мадина Исаметова

Коэффициент Подобия 1: 16.3

Коэффициент Подобия 2: 6.2

Микропробелы: 2

Знаки из здругих алфавитов: 32

Интервалы: 0

Белые Знаки: 0

После проверки Отчета Подобия было сделано следующее заключение:

☐ Заимствования, выявленные в работе, является законным и не является плагиатом. Уровень подобия не превышает допустимого предела. Таким образом работа независима и принимается.

☐ Заимствование не является плагиатом, но превышено пороговое значение уровня подобия. Таким образом работа возвращается на доработку.

☐ Выявлены заимствования и плагиат или преднамеренные текстовые искажения (манипуляции), как предполагаемые попытки укрытия плагиата, которые делают работу противоречащей требованиям приложения 5 приказа 595 МОН РК, закону об авторских и смежных правах РК, а также кодексу этики и процедурам. Таким образом работа не принимается.

☐ Обоснование:

Дата 06.06

Заведующий кафедрой



**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН**

**Некоммерческое акционерное общество «Казахский национальный
исследовательский технический университет имени К.И.Сатпаева**

**Институт «Энергетика и машиностроение»
Кафедра «Машиностроение»**

Умаров Эмиль Фархатович

Технологический процесс изготовления вала насоса

**ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
к дипломному проекту**

Алматы 2023

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Некоммерческое акционерное общество «Казахский национальный
исследовательский технический университет имени К.И. Сатпаева»

Институт «Энергетика и машиностроение»
Кафедра «Машиностроение»

ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ

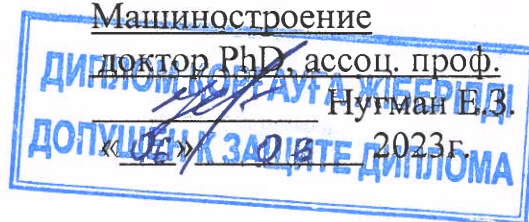
Заведующий кафедрой

Машиностроение

доктор PhD, ассоц. проф.

Нугман Е.З.

« 06 » 06 2023г.



ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

к дипломному проекту

На тему: «Технологический процесс изготовления вала насоса»

ОП 6B07105 – Индустриальная инженерия

Выполнил

Умаров Э.Ф.

Рецензент

Доктор PhD, ассоц. профессор АЛТ,

заведующий кафедрой

«Автотранспортные средства

и безопасность жизнедеятельности»

Академия логистики и транспорта

Шингисов Б. Т.

Научный руководитель

к.т.н., ассоц. проф. кафедры

Исаметова М.И.

« 06 » 06 2023г.

« 31 » 05 2023г.

Алматы 2023

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Некоммерческое акционерное общество «Казахский национальный
исследовательский технический университет имени К.И.Сатпаева

Институт «Энергетика и машиностроение»
Кафедра «Машиностроение»

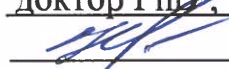
6B07105 – Индустриальная инженерия

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

Машиностроение

доктор PhD, ассоц.проф.

 Нугман Е.З.

« 04 » 06 2023г.

ЗАДАНИЕ

на выполнение дипломного проекта

Обучающемуся: Умарову Эмилю Фархатовичу
(Ф.И.О. обучающегося)

Тема: Технологический процесс изготовления вала насоса

(тема дипломного проекта)

Утверждена приказом Проректора по академическим вопросам

№ 408– п от 23. 11. 2022 г. Срок сдачи законченной работы

" 6 " июня 2023 г. Исходные данные к дипломному проекту: сборочный
чертеж центробежного насоса

Перечень подлежащих разработке в дипломном проекте вопросов:

а) рабочий чертеж корпуса вала ротора _____

б) тип производства – среднесерийный

Перечень графического материала: Сб.чертеж вала– 1А1;

представлено 10 слайдов презентации

ГРАФИК
подготовки дипломного проекта

Наименование разделов, перечень разрабатываемых вопросов	Сроки представления научному руководителю	Примечание
Описание исходных данных	12.02.23 – 15.03.23	
Технологическая часть работы	21.03.23 – 02.04.23	
Совершенствование операций с помощью научных исследований	02.04.23 – 16.04.23	
Экономическая эффективность работы	18.04.23 – 15.05.23	

Подписи

консультантов и нормоконтролера на законченный дипломный проект
с указанием относящихся к ним разделов

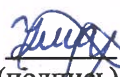
Наименование Разделов	консультанты, И.О.Ф. (уч. степень, звание)	Дата подписания	Подпись
Основные разделы дипломного проекта	к.т.н., асоц. профессор М.И.Исаметова	06.06	
Нормоконтролер	доктор PhD, ст. преп. Абілқайыр Ж.Н.	06.06	

Научный руководитель


(подпись)

Исаметова М.И.
(Ф.И.О.)

Задание принял к исполнению обучающийся


(подпись)

Умаров Э.Ф.
(Ф.И.О.)

Дата

« 21 » 09 2022г.

АННОТАЦИЯ

Тема дипломной работы “технологический процесс изготовления вала насоса”
Объём дипломной работы 32 страницы, на которых размещены 11 таблиц и 4 рисунка

Ключевые слова: Технологичность, вал, анализ.

Работа состоит из четырех глав, одного вывода и заключительного заключения.

Цель работы – разработка технологического процесса изготовления детали требуемого качества в установленном годовой программе количестве с минимальными затратами по финансам и времени.

При выполнении дипломного проекта будут использоваться следующие программы: «Компас 3D-V21» для выполнения графической и технологической частей, «Microsoft Word 2022» - расчетно-пояснительной записки.

АННОТАЦИЯ

Дипломдық жұмыстың тақырыбы «сорғы білігінің өндірісінің технологиялық процесі»
Диссертацияның көлемі 32 бет, онда 11 кесте және 4 сурет бар

Негізгі сөздер: Өндірістік қабілеттілік, білік, талдау.

Жұмыс төрт тараудан, бір қорытындыдан және қорытынды қорытындыдан тұрады.

Жұмыстың мақсаты – ең аз қаржылық және уақыттық шығындармен жылдық бағдарламада белгіленген мөлшерде қажетті сапаның бір бөлігін дайындаудың технологиялық процесін әзірлеу.

Дипломдық жобаны орындау кезінде келесі бағдарламалар пайдаланылады: графикалық және технологиялық бөліктерді орындау үшін «Компас 3D-V21», «Microsoft Word 2022» - есеп айырысу және түсіндірме жазба.

ANNOTATION

Theme of the thesis “technological process of manufacturing the pump shaft”. The volume of the thesis is 32 pages, which contain 11 tables and 4 figures Key words: Manufacturability, shaft, analysis. The work consists of four chapters, one conclusion and a final conclusion.

The purpose of the work is to develop a technological process for manufacturing a part of the required quality in the quantity established by the annual program with minimal financial and time costs.

When completing the graduation project, the following programs will be used: "Compass 3D-V21" to perform the graphic and technological parts, "Microsoft Word 2022" - settlement and explanatory note.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	7
1 Описание исходных данных	8
1.1 Анализ служебного назначения и условий работы детали	8
1.2 Анализ технологичности конструкции детали	8
1.3 Анализ технологичности конструкции детали	10
1.4 Задачи работы. Пути совершенствования техпроцесса	12
2 Технологическая часть работы	12
2.1 Выбор типа производства	12
2.2 Техничко-экономическое обоснование выбора метода получения загот.	13
2.3 Определение припуска и проектирование	16
2.4 Разработка технологического маршрута	19
2.5 Выбор средств технологического оснащения	21
2.6 Определение режимов резания с помощью табличного	23
2.7 Определение норм времени на все операции	25
3 Совершенствование операций с помощью научных исследований	28
4 Экономическая эффективность работы	33
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	36
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	37
ПРИЛОЖЕНИЯ А	38
ПРИЛОЖЕНИЯ В	39

ВВЕДЕНИЕ

Одной из развивающейся отраслей промышленности нашей страны является - машиностроение.

Основное значение для технического и технологического переоснащения и совершенствования отраслей народного хозяйства имеет развитие машиностроения, которое включает в себя совершенствование производства путем внедрения автоматических линий, промышленных роботов, средств автоматизации, механизации и т.д.

При совершенствовании промышленного производства деталей машин и механизмов необходимо использовать различные технологические средства, которые обеспечат выпуск продукции заданного качества, в необходимом количестве и в максимально сжатые сроки.

Цель работы – разработка технологического процесса изготовления детали требуемого качества в установленном годовой программе количестве с минимальными затратами по финансам и времени.

1 Описание исходных данных

Вал насоса является базовой деталью ротора, на которую при работе насоса действует нагрузка. Максимальный диаметр его обычно выбирают в месте посадки рабочих колес, дальше к обоим концам ступенчато уменьшают для установки втулок и других деталей ротора.

Задача данного раздела - на базе анализа технических требований предъявляемых к детали и годового объема выпуска сформулировать задачи, которые необходимо решить в дипломном проекте для достижения цели, сформулированной во введении.

1.1 Анализ служебного назначения и условий работы детали

Вал-это часть ротора, которая выведена за пределы корпуса и которая непосредственно приводит в движение приводной механизм. Вал может быть выведен только с одной стороны или с обеих сторон мотора

1.2 Анализ технологичности конструкции детали

Анализ технологичности конструкции детали будем проводить по следующим группам критериев:

- технологичность заготовки;
- технологичность установки;
- технологичность обрабатываемых поверхностей;
- технологичность общей конфигурации детали.

1.2.1 Технологичность заготовки

Вал изготавливается из стали сталь 40Х по ГОСТ 4543-71. Данная сталь характеризуется прочностью и высокой степенью твердости (217 Мпа). Изделия из неё способны нести высокие нагрузки, и не разрушаться. При введении в состав хрома, сплав становится стойким к коррозии. Плотность 40х равна 7820 кг/м³. В зависимости от температуры меняются предел текучести и модуль упругости. При использовании этой стали необходимо учитывать ее минусы. Процесс закалки повышает хрупкость, и снижает устойчивость к механическим нагрузкам. Большая подверженность к образованию флокенов.

Таблица 1.1- Химический состав стали 40Х

Химический элемент	Процент
Кремний, усл.обозн. (Si)	0.17-0.37
Марганец, усл.обозн. (Mn)	0.50-0.80

Продолжение таблицы 1.1

Медь, усл.обозн. (Cu)	не более 0.30
Никель, усл.обозн. (Ni)	не более 0.30
Сера, усл.обозн. (S)	более 0.035
Углерод, усл.обозн. (C)	0.36-0.44
Фосфор, усл.обозн. (P)	не более 0.035
Хром, усл.обозн. (Cr),	0.80-1.10

Таблица 1.2 - Характеристики стали 40Х ГОСТ 4543-71 по мех. Свойствам

Показатель	Единица Измерения	Значение
σ_B	МПа	785
σ_T	МПа	360
λ	%	16
ψ	%	40
KCU	Дж/см	50
HB	--	217

Согласно данным из таблиц представленных выше сталь 40Х соответствует всем требованиям и является отличным материалом для детали.

1.3 Анализ технологичности конструкции детали

1.3.1 Анализ количественных показателей технологичности

1.3.2 Коэффициент, анализирующий унификацию поверхностей

$$K_{\text{ун.}} = n_{\text{ун.}} / n, \quad (1.1)$$

где $n_{\text{ун.}}$ - сумма поверхностей, которые унифицированы; n - число всех поверхностей детали.

$K_{\text{ун.}} = 1$, технологичность выполнена.

1.2. Коэффициент, анализирующий шероховатости поверхностей Коэффициент шероховатости поверхностей, определяется по формуле:

$$k_{cp} = \frac{1}{B_{cp}} \quad (1.2)$$

где $B_{cp.}$ - усредненное значение шероховатости, которое определяется по формуле:

$$B_{cp.} = \frac{B}{\epsilon n_i} \quad (1.3)$$

где B_{ni} – число конкретной шероховатости; n_i – число поверхностей с конкретной шероховатостью.

$$10 B_{cp.} = (4 \cdot 1,25 + 2 \cdot 2,5 + 2 \cdot 3,2 + 21 \cdot 6,3) / 29 = 5,12 \text{ мкм}$$

$$K_{шр.} = 1 / 5,12 = 0,19 \quad K_{шр.} < 0,32, \text{ технологичность выполнена. } 1.2.1.3$$

Коэффициент, анализирующий точность

$$k_{Tч} = 1 - \frac{1}{A_{cp}} \quad (1.4)$$

где $A_{cp.}$ - усредненная точность выполнения детали, она определяется по формуле:

$$A_{cp} = \frac{A_{ni}}{\sum n_i} \quad (1.5)$$

где A_{ni} – конкретный квалитет точности; n_i – число поверхностей с конкретной точностью.

$$A_{cp.} = (4 \cdot 6 + 1 \cdot 7 + 2 \cdot 8 + 2 \cdot 9 + 3 \cdot 10 + 2 \cdot 12 + 15 \cdot 14) / 29 = 11,3$$

$$K_{Tч.} = 1 - 1 / 11,3 = 0,91 \quad K_{Tч.} > 0,85, \text{ технологичность выполнена.}$$

1.3.3 Качественный анализ технологичности

Исходя из конструкции рассматриваемой детали «Вал» и ее материала, в качестве заготовки возможно применение проката или штамповки, выбирается далее на основе экономического расчета. Деталь такая, что получается данными методами без существенных проблем.

Чертеж детали сделан по всем стандартам, все данные для изготовления есть. Деталь может быть обработана по типовому техпроцессу. Все поверхности имеют удобный доступ для обработки.

Доступ к местам обработки и контроля свободный. Анализируя эти данные, делаем вывод, что конструкция детали является технологичной

1.3 Анализ базового варианта техпроцесса

Рассмотрим базовый техпроцесс, выполним его анализ для выявления основных его недостатков. Основные характеристики заводского техпроцесса приведены в таблице 1.3.

Таблица 1.3 - Характеристика базового техпроцесса

Операция	Средства технического оснащения			Тшт , мин
	Оборудовани е	Приспособлени е	Инструмент (материал режущей части)	
005 оп: Заготовительная				
010 оп: Токарная черновая	16K20	Патрон	Резец проходной Т5К10 Резец подрезной Т5К10 Сверло центровочное Р6М5	9
020 оп: Круглошлифовальная	3М151	Патрон, центр	Шлифовальный круг	16
025 оп: Фрезерная	6Р11	Тиски	Фреза шпоночная Р6М5	18
030 оп: Слесарная			Шлифшкурка, напильник	4
035 оп: Моечная	КММ			0,5
040 оп: Контрольная				
045 оп: термическая				
050 оп: Токарная	16K20	Патрон	Сверло центровочное	2
055 оп: Правильная	ПГ-1000	Приспособлени е спец.		2

Продолжение таблицы 1.3

060 Круглошлифовальная оп:	3М151	Патрон, центр	Шлифовальный круг	12
065 оп: Моечная	КММ			0,5
070 Контрольная оп:				

1.4 Задачи работы. Пути совершенствования техпроцесса

Проанализировав базовый технологический процесс, представленный в таблице 1.3, определив его основные недостатки, сформулируем задачи работы:

- спроектировать заготовку по выгодной методике (штамповка) и рассчитать припуски,
- разработать современный технологический процесс изготовления детали, применив современное производственное оборудование, приспособление и инструмент. Например, часть оборудования примем зарубежное, если оно более производительное, чем отечественное. Приспособления – высокоскоростные с гидро- и пневмоприводом. Инструмент с износостойкими покрытиями;
- выполнить проектирование операций, расчет режимов резания, норм времени на операции,
- выполнить проектирование двух приспособлений - станочного и контрольного,
- выполнить анализ техпроцесса принимая во внимание безопасность и экологичность, попытаться уменьшить воздействие опасных и вредных факторов;
- выполнить экономический расчет эффективности применяемых технологических операций.

2 Технологическая часть работы

2.1 Выбор типа производства

В зависимости от типа производства существуют разные подходы к разработки техпроцесса.

Согласно рекомендаций исходя из массы детали 5,0 кг, принимая во внимание годовую программу выпуска $N_r = 10000$ шт./год, при этом тип производства принимаем как среднесерийный.

2.2 Технико-экономическое обоснование выбора метода получения заготовки

2.2.1 Выбор метода получения заготовки

Анализируя конструкцию и материал детали, делаем вывод, что качестве заготовки может быть использована штамповка или прокат. Определим параметры исходных заготовок:

Масса штампованной заготовки $M_{шт.}$, кг, приблизительно равна:

$$M_{шт.} = M_{дет.} \times K_p, \quad (2.1)$$

где $M_{дет.}$ – масса готовой детали, кг;

K_p – коэффициент формы детали, устанавливается по,

$K_p = 1.3$.

$M_{шт.} = 61.3 = 7.80$ кг

Параметры заготовки будем принимать по ГОСТ 7505-89:

Оборудование для штамповки - КГШП, нагревать заготовку будем с помощью индукционных нагревателей, принимаем класс точности заготовки Т4, принимаем группу стали как М2, принимаем степень сложности заготовки как С1.

Массу заготовки из проката $M_{пр.}$ будем определять согласно формуле:

$$M_{пр.} = V_{пр.} \times \rho \quad (2.2)$$

где $V_{пр.}$ – объем данного проката, мм^3 ;

ρ – плотность материала заготовки из проката, $\text{кг}/\text{мм}^3$.

Так как форма заготовки, принимаемая для изготовления из сортового проката для детали типа тела вращения - цилиндр, у него диаметр $d_{пр.}$, мм и его длина $l_{пр.}$, мм будет равна:

$$d_{пр.} = d_{д.}^{max} \times 1,05 \quad (2.3)$$

$$l_{пр.} = l_{д.}^{max} \times 1,05, \quad (2.4)$$

где $d_{д. \max}$ – диаметр детали, мм;

$l_{д. \max}$ – длина детали, мм

$d_{пр.} = 47.51,05 = 49.9$ мм

$l_{пр.} = 6071,05 = 619.1$ мм

По этим данным по ГОСТ стандартное значение будет равно: $d_{пр.} = 50$ мм.

$l_{пр.} = 619$ мм.

Произведем определение объема элементов заготовок V , мм³ формы цилиндра как:

$$V_{ц.} = d_{пр.}^2 l_{пр.} / 4 \quad (2.5)$$

$$V_{ц.} = 3,14 \cdot 50^2 \cdot 619 / 4 = 1214788 \text{ мм}^3$$

$$M_{пр.} = 1214788 \cdot 7,85 \cdot 10^{-6} = 9.54 \text{ кг}$$

В результате произведем выбор размер горячекатаного проката по ГОСТ 2590-2006, точность – обычная В1:

$$\text{Круг} = \frac{50 - \text{В} - \text{ГОСТ} - 2590 - 2006}{40\text{X} - \text{ГОСТ} - 4543 - 71}$$

2.2.2 Техничко-экономический расчет выбора варианта заготовки

Цену детали, полученной из заготовки будем определять согласно формуле:

$$C_{дет.} = C_{заг.} + C_{мо.} - C_{отх.}, \quad (2.6)$$

где $C_{заг.}$ – базовая цена принятого варианта заготовки, тенге.;

$C_{мо.}$ – цена последующей мех обработки, тенге.;

$C_{отх.}$ – цена отходов при мех обработки, тенге.

2.2.2.1 Расчет варианта горячей штамповки

Цену штампованной заготовки будем определять по формуле:

$$C_{заг.штамп} = C_{баз.} \cdot M_{шт.} \cdot K_{т.} \cdot K_{сл.} \cdot K_{в.} \cdot K_{м.} \cdot K_{п.}, \quad (2.7)$$

где $C_{баз.}$ – цена 1 т штамп. заготовок, принятая за базу, тенге/кг, $C_{б.} = 65,16$ млн тенге/кг ;

$M_{шт.}$ – предварительно рассчитанная масса штамповки, кг;

$K_{т.}$ – данный коэффициент определяется от класса точности штамповки, $K_{т.} = 1.0$;

$K_{сл.}$ – данный коэффициент определяется от степени сложности штамповки, $K_{сл.} = 0.77$;

K_b – данный коэффициент зависит от диапазона масс, в который входит масса заготовки, $K_b = 0.89$;

K_m – данный коэффициент зависит от металла заготовки, для стали 40Х принимаем $K_m = 1.18$;

K_n – данный коэффициент определяет выбранный среднесерийный тип производства, $K_n = 1.0$.

$$C_{\text{заг.штамп}} = 65,16 \times 7.80 \times 1.0 \times 0.77 \times 0.89 \times 1.18 \times 1.0 = 348,30 \text{ млн тенге.}$$

Произведем определение цены мех обработки штампованной заготовки $C_{\text{м.о.}}$, тенге, по формуле:

$$C_{\text{м.о.}} = (M_{\text{шт.}} - M_{\text{дет.}}) \times C_{\text{уд.}}, \quad (2.8)$$

Где $C_{\text{уд.}}$ – удельная стоимость съема 1 кг материала, тенге./кг.

Удельная стоимость мех обработки резанием $C_{\text{уд.}}$, тенге. равна:

$$C_{\text{уд.}} = C_c + E_n \cdot C_k, \quad (2.9)$$

где C_c – общие финансовые траты, тенге./кг, $C_c = 86,23$ млн тенге./кг ;

C_k – капит. финансовые траты, тенге./кг, $C_k = 189$ млн тенге./кг

E_n – показатель норм эффективности ($E = 0,1 \dots 0,2$). Принимает $E_n = 0,16$.

$$C_{\text{мо.}} = (7.80 - 5)(86,23 + 0,16 \times 189) = 324,64 \text{ млн тенге}$$

Цену отходов $C_{\text{отх.}}$, тенге., будем определять как

$$C_{\text{отх.}} = (M_{\text{шт.}} - M_{\text{дет.}}) \cdot \Pi_{\text{отх.}}, \quad (2.10)$$

где $\Pi_{\text{отх.}}$ – продажная возвратная цена отходов, тенге./кг.

Принимаем эту цену $\Pi_{\text{отх.}} = 2,3$ млн тенге/кг

$$C_{\text{отх.}} = (7.80 - 5) \cdot 2,3 = 6,44 \text{ млн тенге.}$$

$$C_{\text{дет.}} = 348,30 + 324,64 - 6,44 = 667,5 \text{ млн тенге.}$$

2.2.2.2 Расчет варианта заготовки, полученной из проката

Цену заготовки, которая получается из сортового проката будем определять по формуле

$$C_{\text{пр.}} = C_{\text{м.пр.}} \cdot M_{\text{пр.}} + C_{\text{отрз.}}, \quad (2.11)$$

где $C_{\text{м.пр.}}$ – стоимость металла 1 кг проката в руб./кг; $C_{\text{м.пр.}} = 81,5$ тенге./кг

$C_{\text{отрз.}}$ – стоимость реза проката на мерные заготовки, тенге.

$$C = \frac{C_{\text{пз}} \times T_{\text{шт}}}{60} \quad (2.12)$$

где $C_{\text{пз.}}$ – затраты, для отрезного станка, руб./ч; $C_{\text{пз.}} = 30,2$ млн тенге./ч;

Выполним расчет $T_{\text{штуч.}}$, мин:

$$T_{штуч.} = T_o \cdot K, \quad (2.13)$$

где T_o – время обработки основное (машинное), мин;

K – параметр, учитывающий вид оборудования, принимается $K= 1,5$.

Основное машинное время для отрезных станков T_o , мин:

$$T_{осн.} = 0,19 d_{пр.}^2 \cdot 10^{-3}, \quad (2.14)$$

где $d_{пр.}$ – размер прутка, мм.

$$T_{осн.} = 0,1950^2 \cdot 10^{-3} = 0.48 \text{ мин}$$

$$T_{штуч.} = 0.48 \times 1,5 = 0.71 \text{ мин}$$

$$C_{отрз.} = 30,2 \times 0.71/60 = 0.36 \text{ млн тенге.}$$

$$C_{пр.} = C_{м.пр.} M_{пр.} + C_{оз.} = 129.54 + 0.36 = 114.79 \text{ млн тенге.}$$

Цена мехобработки при этом будет равна:

$$C_{мо.} = (M_{пр.} - M_{дет.}) C_{уд.} = (9.54 - 5.00)(14,8 + 0,1632,5) = 70.72 \text{ млн тенге.}$$

Цена отходов при этом будет составлять:

$$C_{отх.} = (9.54 - 6.00) 0.40 = 1.41 \text{ млн тенге.}$$

$$C_{дет.} = C_{пр.} + C_{мо.} - C_{отх.} = 114.79 + 70.72 - 1.41 = 184.10 \text{ млн тенге.}$$

2.2.3 Сопоставление двух вариантов заготовок

Произведем расчет параметра коэффициента использования металла $K_{и.м.}$, который будет:

$$K_{и.м.} = M_{дет.} / M_{заз.} \quad (2.15)$$

Тогда при заготовке штамповки: $K_{и.м.} = 5.00/7.80 = 0.64$

При заготовке из проката: $K_{и.м.} = 5.00/9.54 = 0.062$

Сравнив себестоимости заготовок и $K_{им}$, делаем вывод о том, что оптимальный вариант получения заготовки – штамповка.

Экономический эффект, $\mathcal{E}_{год.}$, тенге., приведенный к годовой программе выпуска, будет равен:

$$\mathcal{E}_{год.} = (C_{д.про} - C_{д.што}) N_{год.}, \quad (2.16)$$

где $N_{год.} = 10000$ шт./год - программа производства детали в год.

$$\mathcal{E}_{год.} = (184.10 - 105.92) 10000 = 781748 \text{ млн тенге.}$$

2.3 Определение припуска и проектирование заготовки

2.3.1 Расчет операционных припусков и размеров расчетно-аналитическим методом

Рассчитаем припуски на $40k6(^{+0,018}_{+0,002})$

Методика расчета припусков представлена в источниках .

Внеся исходные данные величину микронеровностей R_z и глубину дефектного слоя h , рассчитав суммарные отклонения расположения ρ_0 , определив погрешности установки $\varepsilon_{уст}$, мм, вносим эти данные в графы «элементы припуска» таблицы 2.2

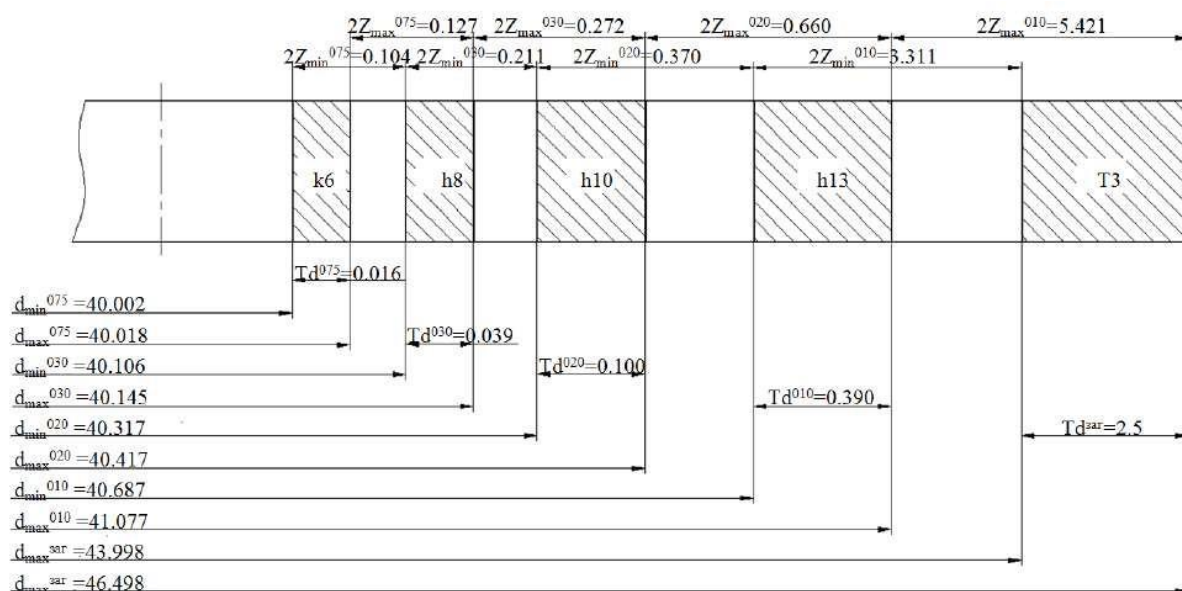
По этим данным выполним расчет минимального припуска $2Z_{min}$, мм. Вносим данные операционных допусков по переходам.

По этим исходным данным определяются величины промежуточных расчетных размеров $d_{i-1 min}$ и $d_{i max}$

Определим максимальные припуски $2Z_{max}$, мм, и минимальные припуски $2Z_{min}$.

Расчет выполним в программе Microsoft Excel, результаты расчета приводим в таблице 2.2

Технологический переход	Составляющие элементы припуска				$2Z_{min}$	Допуск T_d/IT	Предельные размеры обработки		Предельные припуски обработки	
	R_{zi-1}	h_{i-1}	$i-1$	$i-1_{уст}$			$d_{i max}$	$d_{i min}$	$2Z_{max}$	$2Z_{min}$
1 пер: Штамповать	0.20 0	0.20 0	1.08 9	-	-	2.5 T3	46.49 8	43.99 8	-	-
2 пер: Точить начерно	0.05 0	0.06 0	0.06 5	0.62 5	3.31 1	0.390 13	41.07 7	40.68 7	5.42 1	3.31 1
3 пер: Точить начисто	0.02 5	0.03 0	0.04 4	0.03 8	0.37 0	0.100 h10	40.41 7	40.31 7	0.66 0	0.37 0
4 пер: Шлифовать начерно	0.01 0	0.02 0	0.02 2	0.02 5	0.21 1	0.039 h8	40.14 5	40.10 6	0.27 2	
5 пер: Шлифовать начисто	0.00 5	0.01 5	0.01 1	0	0.10 4	0.016 k6	40.01 8	40.00 2	0.12 7	0.10 4



2.3.2 Расчет промежуточных припусков и операционных размеров табличным методом

Выполним расчет и определение промежуточные припуски на промежуточную обработку всех поверхностей детали табличным методом. Все данные оформлены в таблице 2.3.

Таблица 2.3 - Припуски на обработку поверхностей вала

Номер, наименование операции, номера обрабатываемых поверхностей	Припуск на сторону, мм
005 оп: Центровально-подрезная - 1,24	2,4
010 оп: Токарная черновая - 15,16,18,20,22	1,9
015 оп: Токарная черновая - 3,5,7,9,10,12,14	1,9
020 оп: Токарная чистовая - 15-23	0,4
025 оп: Токарная чистовая - 2-14	0,4
030 оп: Круглошлифовальная черновая - 16,18,22	0,17
035 оп: Круглошлифовальная черновая - 7,12,14	0,17
075 оп: Круглошлифовальная чистовая - 16,18,22	0,08
080 оп: Круглошлифовальная чистовая - 7,12,14	0,08

2.3.3 Проектирование и расчет штампованной заготовки

Проектирование выполнено в полном соответствии по **ГОСТ 7505-89**. Принимаем оборудование для штамповки: КГШП, принимаем индукционный способ нагрев заготовки.

Принимаем для нашей заготовки: параметр класса точности штамповки – Т4, параметр группы стали – М2, параметр, характеризующий степень сложности – С1, плоскость разреза штампа соответствует конфигурации - П (плоская), при этом исходный индекс будет - 13. Допуски заготовки принимаем по.

Примем штамповочный уклон на поверхностях заготовки - не более 5

Радиусы закругления наружных углов – 3,0 мм, величина остаточного облоя – 1,0 мм, смещение плоскости разреза штампов – 0,8 мм, заусенец по контуру – 5,0 мм, шероховатость – Ra 40 мкм

2.4 Разработка технологического маршрута

2.4.1 Разработка схем базирования

Произведем выбор поверхностей для установки заготовки в процессе ее обработки. Также номера базовых поверхностей приведены в таблице 2.4

2.4.2 Технологический маршрут обработки детали

Результаты выбора технологического маршрута изготовления детали представлены в таблице 2.4.

Таблица 2.4 - Технологический маршрут обработки детали.

№ оп., наименование	№ базовых поверх.	№ обраб. поверх.	IT	Ra, мкм	Оборудование
1	2	3	4	5	6
000 оп: Заготовительная			16	40	КГШП
005 оп: Центровальноподрезная	7,22,16	1,24 25	14 10	6,3 6,3	2A923
010 оп: Токарная черновая	1,25	15,16,18,20,22	13	12,5	RAIS T500/1000

Продолжение таблицы 2.4

015 оп: Токарная черновая	25,24	3,5,7,9,10,12, 14	13	12,5	RAIS T500/1000
020 оп: Токарная чистовая	1,25	15-23	1 0	6,3	RAIS T500/10 00
025 оп: Токарная чистовая	25,24	2,4-14 3	10 6 g	6,3 6,3	RAIS T500/10 00
030 оп: Круглошлифоваль ная черновая	1,25	18,22 16	8 9	1,6 3,2	ОШ- 660.1Φ2 -02
035 оп: Круглошлифоваль ная черновая	25,24	7,12 14	8 9	1,6 3,2	ОШ- 660.1Φ2 -02
040 оп: Фрезерная	7,18, 24	27,29 26,28	9 1 2	3,2 6,3	ГФ5171 М
045 оп: Слесарная					4407
050 оп: Моечная					КММ
055 оп: Контрольная					
060 оп: Термическая					
065 оп: Правильная					ПГ-1000
070 оп: Центрошлифоваль ная	7,22, 16	25	7	1,2 5	ZS 2000
075 оп: Круглошлифовальная чистовая	1,25	18,22 16	6 8	1,25 2,5	ОШ- 660.1Φ2 -02

Продолжение таблицы 2.4

080 оп: Круглошлифовальная чистовая	25,24	7,12 14	6 8		ОШ- 660.1Ф2-02
085 оп: Моечная					
090 оп: Контрольная					КММ

2.4.3 План обработки детали

На основании предыдущих расчетов произведем разработку плана обработки детали, где указывается основная информация, полученная в результате расчетов: перечень операций, эскиз обработки, промежуточные допуски размеров на обработку по операциям.

2.5 Выбор средств технологического оснащения

2.5.1 Выбор оборудования

Произведем выбор оборудования. Результаты выбора станков представлены в таблице 2.5

2.5.2 Выбор средств технологического оснащения

Произведем выбор технологической оснастки – приспособлений, режущего инструмента и средств измерения. Результаты выбора технологической оснастки показаны в таблице 2.5.

Выбор оборудования и приспособления производим на основании [, лезвийного инструмента на основании , абразивного – на основании , выбор СОЖ – на основании

Таблица 2.5 - Выбор оборудования и СТО

№ оп., наименование	Оборудование	Технологическая оснастка		
		Станочное приспособление	Режущий инструмент	Контрольноизмерительные средства
1	2	3	4	5

Продолжение таблицы 2.5

005 Центроваль но- подрезная	оп: Центровально- подрезной п/а 2A923	СНП самоцентрирующ ими призмами и пневмоприводом ГОСТ 12195-66	с Пластина для подрезки ГОСТ 19052-80 Т5К10, плазменное упрочнение. Сверло центровочное 4 тип А ГОСТ 14952-75 Р6М5 , покрытие (Ti, Cr)C	Калибр (пробка) ГОСТ 14827-69 Шаблон (линейн.) ГОСТ 2534-79
010 оп, 015 оп: Токарная черновая	Токарновинторез ный станок с ЧПУ RAIS T500/1000	Патрон поводковый с центром ГОСТ 2571-71 Центр вращаю щийся тип	Резец-вставка. Пластина Т5К10, плазменное упрочнение $\varphi=92^\circ$, $\varphi_1=8^\circ$, $\lambda=0$ $\alpha=11^\circ$ h=25 b=25 L=125	Калибр (скоба) ГОСТ 18355-73 Шаблон (линейн.) ГОСТ 2534-79
020 оп, 025 оп: Токарная чистовая	Токарновинторез ный станок с ЧПУ RAIS T500/1000	Патрон поводковый с центром ГОСТ 2571-71 Центр вращающийся тип А ГОСТ 8742-75. Люнет	Резец-вставка. Пластина Т15К6, плазменное упрочнение $\varphi=93^\circ$, $\varphi_1=27^\circ$, $\lambda=-2^\circ$ $\alpha=11^\circ$ h=25 b=25 L=125 ОСТ 2И.101-83	Калибр (скоба) ГОСТ 18355-73 Шаблон (линейн.) ГОСТ 2534-79
030 оп:0 35 оп: Круглошли фовальная черновая	Универсальн ый круглошлифо вальный с ЧПУ ОШ- 660.1Ф2-02	Патрон поводковый с центром ГОСТ 2571-71 Центр упорный ГОСТ 18259-72 Люнет	Шлиф.круг 1 450x30x203 91А F46 Р 4 V А 35 м/с 2 кл. ГОСТ Р 52781- 2007	Калибр (скоба) ГОСТ 18355-73 Шаблон (линейн.) ГОСТ 2534-79 Приспособлен ие мерит. с индикатором
035 оп: Фрезерная	Вертикальнофре зерный станок с ЧПУ ГФ5171М	Приспособ. специальное с призмами и пневмопривод м ГОСТ31.0151. 0190	Фреза шпоночная 10 ГОСТ9140-78 Р6М5К5	Шаблон (линейн.) ГОСТ 2534-79
045 оп: Слесарная	Электрохими ческий станок для снятия заусенцев 4407			

Продолжение таблицы 2.5

050 оп, 085 оп: Моечная	Камерная моечная машина			
065 оп: Правильная	Пресс ПГ1000			
070 оп: Центрошлифовальная	Горизонтальный двухсторонний станок для шлифовки центров с ЧПУ ZS 2000 ф. HENNINGER	СНП с призмами и пневмоприводом ГОСТ 12195-66	Шлиф. головка EW10x15 91A F60 M 7 V A 20 м/с ГОСТ 2447-82.	Шаблон (линейн.) ГОСТ 2534-73 Приспособление мерит. с индикатором
075 оп, 080 оп: Круглошлифовальная чистовая	Универсальный круглошлифовальный с ЧПУ ОШ	Патрон поводковый с центром ГОСТ 2571-71 Центр упорный ГОСТ 18259-72	Шлиф. круг 1 450x30x203 91A F60 L 6 V A 35 м/с 2 кл. ГОСТ Р 52781-2007	Калибр (скоба) ГОСТ 18355-73 Шаблон (линейн.) ГОСТ 2534-79

2.6 Определение режимов резания с помощью табличного метода

Произведем определение режимов резания с помощью табличного метода по источнику. Расчет будем производить на 035 круглошлифовальную операцию.

2.6.1 Содержание операции

070 оп: Круглошлифовальная черновая

Черновое шлифование поверхностей с выдержкой размеров: 35,16_{0,039}; Ø40,16_{-0,039}; 341,74±0,06

2.7.2.2 Применяемый режущий инструмент

Принимаем Шлиф.круг 1 450x30x203 91A F46 P 4 V A 35 м/с 2 кл.
ГОСТ Р 52781-2007

2.6.2 Применяемое оборудование

На данной операции используется универсальный круглошлифовальный станок с ЧПУ ОШ-660.1Ф2-02

2.6.3. Расчет режимов резания

Срезаемый слой

Скорость перемещения в инструмента в осевом направлении

$S_{\text{двойной.ход.}}$, мм/двойной.ход
 $S_{\text{двойной.ход.}} = 0,005-0,010$ мм/дв.ход
 Выберем для условия предварительного шлифования: $S_{\text{двойной.ход.}} = 0,008$

Скорость перемещения инструмента за оборот заготовки (осевая) S , мм/об

$$S = S_{\text{д.шир}} \cdot V_{\text{кр.}}, \quad (2.25)$$

где $S_{\text{д.шир.}}$ – подача, выраженная в долях ширины круга,

$V_{\text{кр.}} = 30$ мм – длина режущей кромки круга (при шлифовальном круге 450x30x203)

$S_{\text{д.шир.}} = 0,3-0,4$, для наших условий примем значение

$S_{\text{д.шир.}} = 0,4$

Тогда $S = 0,430 = 12$ мм/об, по паспорту станка принимается $S = 12$ мм/об

Скорость вращения шлифовального круга, м/с

$V = 35$ м/с

Скорость вращения обрабатываемой заготовки в центрах, м/мин v_z

$= 35$ м/мин

Частота вращения шпинделя у заготовки n , мин⁻¹

$\varnothing 35,16: n_{z1} = 1000 \cdot v_z / (\pi \cdot d) = 1000 \cdot 35 / (3.14 \cdot 35,16) = 317$ мин⁻¹

$\varnothing 40,16: n_{z2} = 1000 \cdot 35 / (3.14 \cdot 40,16) = 277$ мин⁻¹

Принимаем данные значения без корректировки.

Частота вращения у шпинделя шлифкруга $n_{\text{шлиф}}$, мин⁻¹

$$n_{\text{шлиф}} = \frac{1000 \cdot 35 \cdot 60}{3.14 \cdot 450} = 1486 \text{ мин}^{-1}$$

Произведем определение режимы резания на все другие операции технологического процесса, пользуясь источником . Полученные данные занесем таблицу 2.6

Таблица 2.6- Сводная таблица режимов резания

№ оп, наименование	Переход	t, мм	S, мм/об	V _т , м/мин	n _т , мин ⁻¹	n _{пр} , мин ⁻¹	V _{пр} , м/мин
1	2	3	4	5	6	7	8
05 оп: Центровальноподрезная	Центр. 4/8,5 Подреза. 37	1,57 2,0	0,05 0,05	24 70	899 602	630 630	16,8 73,2
10 оп: Токарная черновая	Точ. 48,3 Точ. 33,3 Точ. 41,3	1,85 1,85 1,9	0,5 0,5 0,5	130 130 130	1243 1002 857	1250 1000 800	130,7 129,7 121,3

Продолжение таблицы 2.6

15 оп: Токарная черновая	Точ.	20,8	1,9	0,5	130	1990	2000	130,6
	Точ.	36,3	1,85	0,5	130	1140	1000	114,0
	Точ.	39,8	1,9	0,5	130	1040	1000	124,9
	Точ.	41,3	1,85	0,5	130	1002	1000	129,7
20 оп: Токарная чистовая	Точ.	32,5	0,40	0,25	266	2609	2000	204,1
	Точ.	40,5	0,40	0,25	266	2094	2000	254,3
	Точ.	47,5	0,40	0,25	266	1785	1600	238,6
25 оп: Токарная чистовая	Точ.	20,0	0,40	0,25	266	4240	2000	125,6
	Точ.	0,40	0,25	266	2386	2000	222,9	
	35,5 Точ.	0,40	0,25	266	2174	2000	244,9	
	39	0,40	0,25	266	2094	2000	254,3	
	Точ. 40,5	1,5	1,5	160	2547	2000	125,6	
	Точ.М20х1,5							
30 оп: Круглошлиф. черновая	Шлиф.	32,160,17	0,008*	35	346	346	35	
	Шлиф.	0,17 40,16	12	35	277	277	35	
35 оп: Круглошлиф. черновая	Шлиф.	0,17	0,008*	35	317	317	35	
	35,16	0,17	12	35	277	277	35	
	Шлиф.	40,16						
40 оп: Фрезерная	Фрез. В=10	5	0,08	32	1019	1000	31,4	
75 оп: Круглошлиф. чистовая	Шлиф.	320,08	0,005*	35	348	348	35	
	Шлиф.	40 0,08	12	35	278	278	35	
80 оп: Круглошлиф. чистовая	Шлиф.	35 0,08	0,005*	35	318	318	35	
	Шлиф.	400,08	12*	35	278	278	35	
*-подача в мм/ход стола								

2.7 Определение норм времени на все операции

Произведем определение норм штучно-калькуляционного времени
 $T_{штуч-кальк}$, мин согласно формулы

$$T_{штуч-кальк} = T_{под-заг}/n_{прогр.} + T_{штуч.} \quad (2.26)$$

где $T_{под-заг}$ — табличные нормативы времени подготовительно-

заключительных работ, мин; $n_{\text{прогр.}}$ – величина настроечной партии заготовок, шт, она равна:

$$n_{\text{прогр.}} = Na/D_{\text{раб}}, \quad (2.27)$$

где N - программа выпуска деталей, в год;

a - период запуска партии деталей в днях, принимается $a=6$;

$D_{\text{раб}}$ - рабочие дни $n_{\text{прогр}}$
 $= 100006/254 = 236$ шт.

Произведем расчет норматива штучного времени $T_{\text{шт.}}$:

Для операций лезвийной обработки, кроме операций абразивной обработки

$T_{\text{шт.}}$, мин будет равно [5, с.101]:

$$T_{\text{штуч}} = T_{\text{осн}} + T_{\text{вспом}k} + T_{\text{об.от}} \quad (2.28)$$

где $T_{\text{осн}}$ – время основной обработки заготовки, мин;

$T_{\text{вспом}}$ – время вспомогательных работ, мин.;

k – серийный показатель.

$T_{\text{об.от}}$ - норматив времени, связанный с обслуживанием рабочего места, а также отдыха и личных надобностей, мин.

Для операции абразивной обработки (шлифовальной) $T_{\text{шт.}}$, мин будет равно:

$$T_{\text{штуч}} = T_{\text{осн}} + T_{\text{вспом}k} + T_{\text{технич.}} + T_{\text{организац.}} + T_{\text{отдых.}}$$

(2.29)

где $T_{\text{технич.}}$ - норматив времени, связанный с техническим обслуживанием рабочего места станочника, мин;

$T_{\text{организац.}}$ - норматив времени, связанный с организационным обслуживанием, мин;

$T_{\text{отдых.}}$ - норматив времени, связанный с перерывами рабочего для отдыха и личных надобностей, мин.

$$T_{\text{технич}} = T_{\text{осн}} t_{\text{п}}/T, \quad (2.30)$$

где $t_{\text{п}}$ - норматив времени, связанный с правкой шлифовального круга роликом или алмазом, мин;

T - стойкость шлифовального круга, мин.

Определим норматив времени вспомогательного $T_{\text{вспом.}}$, мин:

$$T_{\text{вспом}} = T_{\text{устан.}} + T_{\text{закреп.}} + T_{\text{управл.}} + T_{\text{измер.}}, \quad (2.31)$$

где $T_{\text{устан.}}$ – норматив времени, связанный с установкой и снятием детали, мин;
 $T_{\text{закрепл.}}$ – норматив времени, связанный с закреплением и откреплением детали, мин;
 $T_{\text{управл.}}$ – норматив времени, связанный с приемами управления станком, мин;
 $T_{\text{измер.}}$ – норматив времени, связанный с измерением детали, мин.

$$T_{\text{тех}} = T_0 t_{\text{п}} / T, \quad (2.32)$$

где $t_{\text{п}}$ – норматив времени, связанный с правкой шлифовального круга роликом или алмазом, мин;
 T – стойкость шлифовального круга, мин.

Расчет времени по приведенной методике оформим в виде таблицы 2.7.

Таблица 2.7 - Нормы времени

№ оп, наименование	T_0	$T_{\text{в}}$	$T_{\text{оп}}$	$T_{\text{об.о}}$	$T_{\text{п-з}}$	$T_{\text{шт}}$	Π	$T_{\text{шт-к}}$
	мин	мин	мин	мин	мин	мин		мин
05 оп: Центровальноподрез.	0.457	1.913	2.37	0.142	26	2.512	236	2.622
10 оп: Токарная черновая	0.801	1.665	2.466	0.148	17	2.614	236	2.686
15 оп: Токарная черновая	0.522	1.743	2.265	0.136	17	2.401	236	2.473
20 оп: Токарная чистовая	0.832	1.835	2.667	0.16	17	2.827	236	2.899
25 оп: Токарная чистовая	0.548	2.035	2.583	0.155	20	2.738	236	2.823
30 оп: Круглошлифовальная черновая	0.624	1.883	2.507	0.224	20	2.731	236	2.816
35 оп: Круглошлифовальная черновая	1.011	1.883	2.894	0.273	20	3.167	236	3.252
40 оп: Фрезерная	1.337	1.735	3.072	0.184	26	3.256	236	3.366

Продолжение таблицы 2.7

70 оп: Центрошлифовальная	0.210	1.658	1.868	0.154	19	2.022	236	2.103
75 оп: Круглошлифовальная чистовая	0.510	2.046	2.556	0.222	20	2.778	236	2.863
80 оп: Круглошлифовальная чистовая	0.827	2.046	2.873	0.263	20	3.136	236	3.221

3 Совершенствование операций с помощью научных исследований

Произведем выбор методов повышения стойкости твердосплавных пластин, которые применяются на токарных операциях.

Выбор будет проводить как по отечественной литературе, данными из Интернета, так и по зарубежным источникам. В результате выбора выбираем метод повышения стойкости путем плазменной поверхностной модификацией. Исследование эксплуатационной стойкости твердосплавных пластин после плазменной поверхностной модификации.

В современном машиностроении и в сфере инструментального производства актуальной задачей, решению которой посвящено много работ, является повышение стойкости металлообрабатывающего инструмента. Это связано с появлением и использованием в машиностроении новых конструкционных материалов, обладающих высокими показателями твердости, вязкости, прочности, коррозионной стойкости, жаропрочности. При обработке таких материалов в зоне контакта с обрабатываемым материалом выделяется большое количество теплоты, что, в свою очередь, вызывает разупрочнение твердых сплавов и вследствие резкое снижение стойкости инструмента. Поэтому перед нами была поставлена задача, направленная на повышение износостойкости твердосплавного инструмента.

Для решения поставленной задачи авторами многочисленных работ было предложено использовать покрытия диффузионные и бездиффузионные, плазменные, электроискровые, детонационные, лазерные и др. В результате мы получаем высокие триботехнические свойства, которые обусловлены в значительной степени очень высокой микротвердостью (до 25000 МПа); высокой плотностью дислокаций, обладающих высокой термической устойчивостью, аномально высокими остаточными напряжениями сжатия (до 4000 МПа, что в 5-10 раз выше, чем при других методах термического и химикотермического упрочнения).

Однако толщина таких покрытий очень мала – обычно 3...5 мкм. Несмотря на определенные успехи в развитии новых типов упрочняющих покрытий и технологии их нанесения, проблема в целом еще далеко не решена. Как отмечается в работе, универсального покрытия для различных условий работы инструмента нет. Покрытия на основе титана (TiN, TiC) эффективны лишь при резании узкого круга обрабатываемых материалов, прежде всего, углеродистых сталей. При обработке сплавов на основе алюминия, титана, никеля и др. элементов они даже повышают склонность поверхностных слоев к схватыванию и, соответственно, износу, т.к. в условиях резания преобладающим является адгезионно-усталостный износ. В работе отмечается, что прогресс в области создания новых износостойких покрытий для инструмента может быть достигнут при нанесении многослойных покрытий, нижние слои которых должны иметь максимальную прочность сцепления с поверхностью подложки, а верхние – минимальное схватывание по отношению к конкретному обрабатываемому материалу. Серьезной проблемой при практическом использовании инструмента с карбидными и нитридными покрытиями, является хрупкость поверхностного слоя. Образование микротрещин в покрытии еще на ранних стадиях процесса резания зачастую приводит либо к интенсификации процесса изнашивания, либо к хрупким макроразрушениям режущей кромки. Исследованиями установлен механизм разрушения покрытий на твердосплавном инструменте: трещина зарождается в покрытии, доходит до границы с подложкой, изменяет направление на 90° и проходит по границе основа-покрытие, способствуя отслоению фрагментов покрытия. При этом увеличиваются силы трения, локальная температура и контактные давления – происходит интенсификация изнашивания.

Современные методы нанесения наноструктурированных и нанокомпозитных покрытий на твердосплавный режущий инструмент, использующие CVD- и PVD-процессы, находятся в процессе опытно-промышленного внедрения. Выбор типа и технологии нанесения покрытий на конкретный вид инструмента должен приниматься с учетом возможности единоразового использования, потому что малая толщина покрытий делает невозможным их переточку. Износостойкость инструмента может быть улучшена обработкой высококонцентрированными источниками нагрева, такими как лазерный луч и плазменная струя. Лазерное упрочнение возможно для всех инструментов разных типоразмеров, но имеет ряд недостатков, включая высокую стоимость оборудования и сложную оперативную контроль характеристик упрочненного слоя. Недостатки лазерного метода обработки практически отсутствуют у плазменной струи, которая уже применяется на режущих пластинах и фрезах из твердых сплавов. Однако при обработке плазменной струей с полным расплавлением композиции возникают поры и микротрещины, связанные с выгоранием связки, которые делают упрочненную режущую кромку хрупкой. Обработка плазменной струей с

частичным расплавлением связующей фазы приводит к меньшему количеству пор и микротрещин. При плазменной поверхностной обработке твердых сплавов характер превращений имеет отличия от объемной (печной) термической обработки. В процессе объемного термоупрочнения наиболее эффективной является температура нагрева в интервале 1000-1200 °С. Однако повышение температуры и времени выдержки при оптимальной температуре могут привести к росту термических и фазовых напряжений, особенно растягивающих связку вольфрамом и углеродом. Это может ухудшить механические свойства сплавов.

При плазменном нагреве до более высокой температуры, которая превышает температуру плавления Со-фазы (1495 °С), происходит скоростное расплавление связки, частичное растворение карбидной фазы и дополнительное насыщение связки вольфрамом и углеродом. Затем происходит сверхбыстрая кристаллизация, которая приводит как к дисперсионному твердению связки с выделением дисперсных вторичных карбидов, так и к образованию трещин и пор из-за значительной разницы в теплофизических свойствах карбидной и кобальтовой фаз.

Упрочнение сплавов при этом незначительно, а присутствие дефектов на рабочей поверхности (трещин, микропор) не позволяет использовать эффект упрочнения для повышения стойкости инструмента. Для оценки стойкости пластин из твердых сплавов нами была принята методика торцевого фрезерования, предусматривающая проведение испытаний в режиме обработки торцов заготовки. Период стойкости инструмента определялся временем работы инструмента до достижения критерия затупления, т.е. временем от установки нового инструмента до затупления.

Испытания проводились на универсально-фрезерном станке модели 6М82. Обрабатываемая заготовка – брусок 150x80 мм, материал – сталь 9ХФ, для чистоты эксперимента охлаждающая жидкость не применялась, т.е. обработка проводилась в режиме сухого трения.

За критерий стойкости режущей кромки принимался износ задней грани пластин $h_3 = 0,3$ мм. Величина износа определялась при помощи микроскопа через интервалы времени за каждые 2 проходов. Период стойкости пластин определялся по формуле:

$$T_{CT} = t_0 \times \Pi \quad (4.1)$$

где t_0 – время одного прохода, мин;

Π – количество проходов до критического износа.

Тогда коэффициент повышения стойкости упрочненных пластин составляет:

$$k_{\Pi C} = \frac{T}{T_{исх}} \quad (4.2)$$

где $T_{упр}$ и $T_{исх}$ - соответственно, периоды стойкости упрочненных и исходных (контрольных) пластин.

Результаты испытаний (средние значения для 10 пластин каждого типа) приведены на рисунке 4.1.

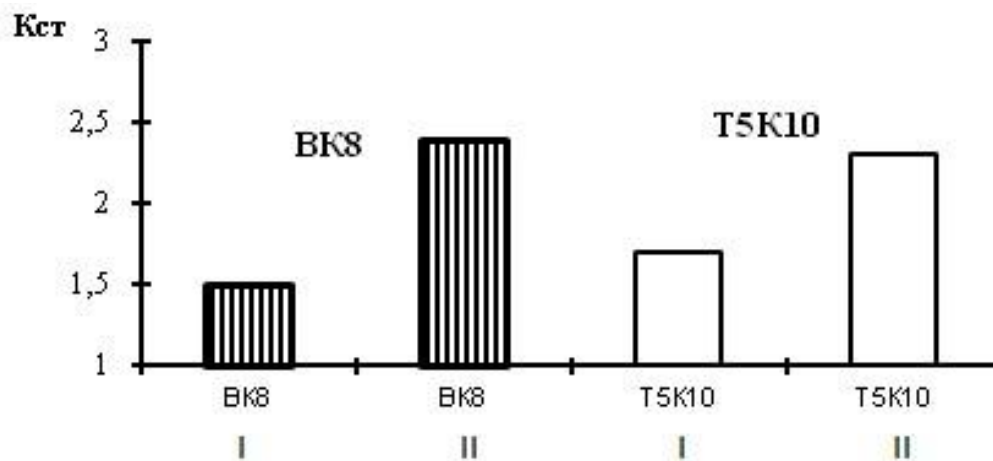


Рисунок 4.1 - Изменение коэффициента повышения стойкости режущих пластин в зависимости от технологии плазменного упрочнения: I – обработка с частичным оплавлением (связки); II – обработка без оплавления с превращениями в карбидах и связке.

После испытаний пластин выполнялся металлографический анализ структуры в области изношенной режущей кромки на задней поверхности (рисунок 4.2).

Результаты испытаний свидетельствуют о том, что плазменное упрочнение повышает стойкость твердосплавного инструмента в 1,5-2,5 раза в соответствующих условиях резания. Более высокая стойкость достигается при упрочнении без оплавления благодаря уменьшению размера карбидов, изменению межфазных границ и росту адгезионной связи карбидных зерен и связующей матрицы. Также это обусловлено растворением вольфрама и углерода при контактном оплавлении карбидных зерен в кобальте. Карбиды твердого сплава обладают высокой прочностью по сравнению с обрабатываемыми материалами, однако они могут разрушаться вследствие явлений, снижающих их прочность, или локальных концентраций напряжений. Микроскопические исследования показали, что при резании неупрочненными пластинами возникает избирательное изнашивание режущей кромки, с отделением относительно мягкой связующей фазы и карбидных зерен, образованием пор и пустот, а также деформацией и дроблением карбидных зерен на блоки. Недеформированную структуру можно наблюдать лишь на расстоянии около 50 мкм от кромки. (рисунок 4.2, б).

Качественно иной механизм изнашивания реализуется в упрочненных пластинах. Прочный, плотный, недеформированный карбидный каркас

наблюдается практически у самой изношенной кромки (рисунок 4.2, в). Износ становится более равномерным, уменьшается количество микросколов и выкрашиваний. Недеформированная и бездефектная структура упрочненного сплава наблюдается уже на расстоянии порядка 10 мкм от изношенной режущей кромки (рисунок 4.2, г).

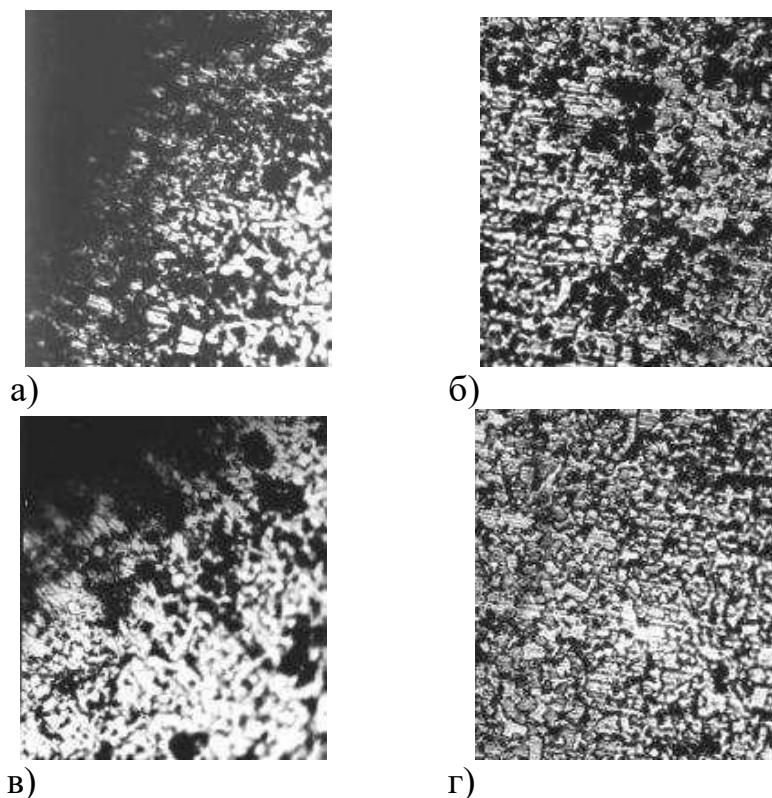


Рисунок 4.2 - Микроструктура пластин из сплава Т5К10 в исходном состоянии (а, б) после плазменного упрочнения без оплавления (в, г) после резания: а, в - у режущей кромки на задней поверхности; б - на расстоянии 50 мкм от кромки; г - на расстоянии 10 мкм от кромки.

Вывод

Обработка твердых сплавов сверхмощной (до 30 кВт) высококонцентрированной плазменной струей приводит к образованию поверхностного слоя с ультра дисперсной структурой, которая, при сохранении качества двухфазного композиционного материала, оказывает значительное влияние на повышение эксплуатационных свойств (твердости, прочности, износостойкости, трещиностойкости) благодаря качественному изменению механизмов разрушения и изнашивания. Это свидетельствует о возможности получения инструментальных твердых сплавов нового класса с наддисперсной структурой.

4 Экономическая эффективность работы

Задача раздела – технико-экономическое сравнение двух вариантов технологического процесса (базового и проектного) и определение экономической эффективности проектируемого варианта.

Для выполнения данного раздела необходимо краткое описание изменений технологического процесса изготовления детали, по вариантам, чтобы обосновать экономическую эффективность, внедряемых мероприятий. Основные отличия по сравниваемым вариантам представлены в качестве таблицы 6.1.

Таблица 4.1 – Отличительные особенности сравниваемых вариантов технологических процессов изготовления детали

Базовый вариант	Проектируемый вариант
<u>Операция 035 – Токарная тонкая</u> Получистовая обработка производится тонким точением на токарновинторезный станок с ЧПУ 16А20Ф3. Закрепление обеспечивает поводковый патрон с центром и люнет. В качестве инструмента используется резец-вставка токарный для контурного точения. Пластина 3-х гранная Т30К4. $T_O = 2,450$ мин $T_{шт} = 4,708$ мин	<u>Операция 035 – Круглошлифовальная</u> Получистовая обработка производится черновым шлифованием на круглошлифовальном станке с ЧПУ ОШ-660.1Ф2-02. Закрепление обеспечивает поводковый патрон с центром и люнет. В качестве инструмента применяется шлифовальный круг 1 450х30х203 91AF46P4VA 35 м/с 2 кл. ГОСТ Р 527812007. $T_O = 1,011$ мин $T_{шт} = 3,252$ мин

Описанные, в таблице 6.1., условия являются исходными данными для определения цены на оборудование, оснастку и инструмент, необходимые для проведения экономических расчетов, с целью обоснованности внедрения предложенных изменений. Однако, представленной информации для правильного выполнения раздела будет не достаточно, так как необходимо знание следующих величин:

программа выпуска изделия, равная 10000 шт.;

материал изделия, масса детали и заготовки, а также способ получения заготовки, которые влияют на величину расходов основного материала. Однако, если проектным вариантом ТП не предусмотрено изменение параметров заготовки или детали, то определять данную статью не целесообразно, так как не зависимо от варианта, величина будет одинаковой

и на разницу между сравниваемыми процессами оказывать влияние не будут; нормативные и тарифные значения, используемые для определения расходов на воду, электроэнергию, сжатый воздух и т.д.; часовые тарифные ставки, применяемые при определении заработной платы основных производственных рабочих.

Для упрощения расчетов, связанных с проведением экономического обоснования, совершенствования технологического процесса предлагается использовать пакет программного обеспечения Microsoft Excel. Совокупное использование данных и соответствующей программы позволит определить основные экономические величины, рассчитываемые в рамках поставленных задач и целей. Согласно алгоритму расчета, применяемой методики, первоначально следует определить величину технологической себестоимости, которая является основой для дальнейших расчетов. Структура технологической себестоимости, по вариантам, представлена в виде диаграммы на рисунке 4.1.

Анализируя представленный рисунок, можно наблюдать уменьшающую тенденцию по затратам, входящим в технологическую себестоимость, что дает право сделать предварительное заключение об эффективности предложений. Однако, для вынесения окончательного вывода, необходимо еще провести ряд соответствующих расчетов.

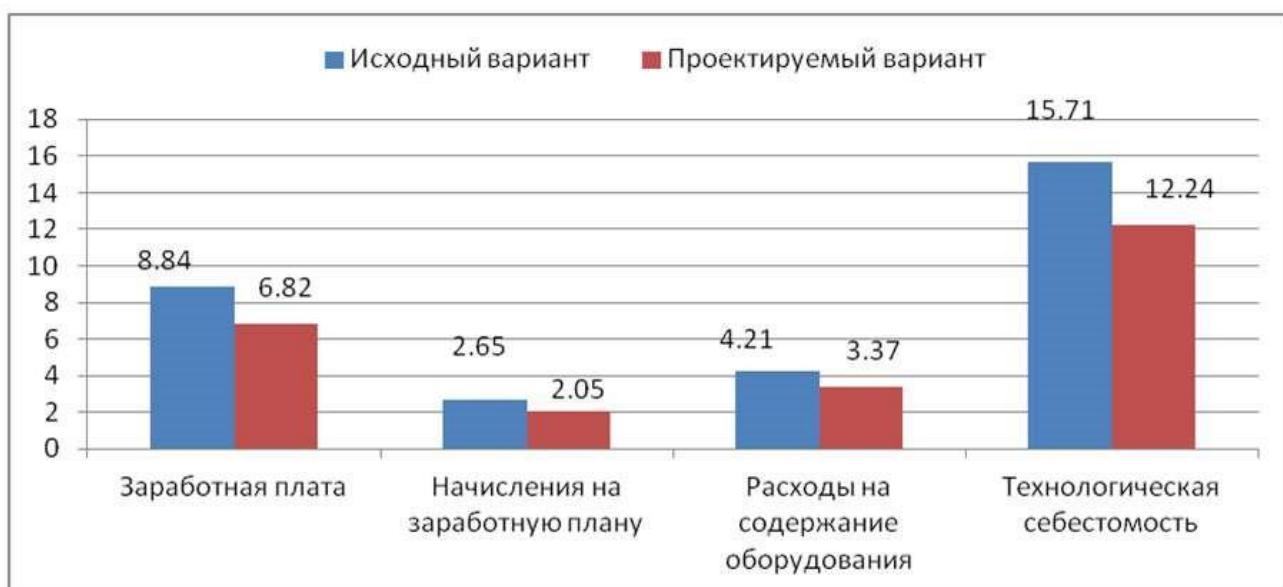


Рисунок 4.1 – Структура технологической себестоимости изготовления изделия, тенге.

Учитывая основные отличия проектируемого технологического процесса, определим размер необходимых инвестиций для внедрения. Согласно описанной методике расчета капитальных вложений данная величина составила 65956,1 руб., в состав которой входят затраты на приобретение нового оборудования, инструмента, проектирование технологического процесса, разработку программы для станков с ЧПУ и т.д.

Далее выполним экономические расчеты по определению эффективности предложенных внедрений. Применяемая методика расчета [10], позволяет определить необходимые величины, такие как: чистая прибыль, срок окупаемости, общий дисконтируемый доход и интегральный экономический эффект. Анализ описанных значений позволит сделать обоснованное заключение о целесообразности внедрения. Все значения, полученные, при использовании описанной методики, представлены в таблице 4.2.

Таблица 4.2 – Результаты показателей эффективности внедрения предложений

№	Наименование показателей	Условное обозначение, единица измерения	Значение показателей
1	Срок окупаемости инвестиций	T_{OK} , лет	3
2	Общий дисконтированный доход	$D_{OБЩ.ДИСК}$, тенге.	79032,3
3	Интегральный экономический эффект	$E_{ИНТ} = ЧДД$, тенге.	13076,3
4	Индекс доходности	$ИД$, тенге.	1,5

При анализе представленных значений, особенно внимание необходимо уделять сроку окупаемости, величине чистого дисконтированного дохода и индекса доходности. Все описанные параметры имеют значения, которые подтверждают эффективность внедрения описанного технологического проекта.

А именно:

получена положительная величина интегрального экономического эффекта – 34076,3мл тенге.;

рассчитано значение срока окупаемости – 3 года, который можно считать оптимальной величиной для машиностроительного предприятия; и наконец, индекс доходности (ИД), который составляет 1.5 тенге , что относится к рекомендуемому интервалу значений этого параметра.

Данные значение позволяют сделать окончательное заключение о том, что внедряемый проект можно считать эффективным.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

При выполнении бакалаврской работы были получены следующие результаты:

- разработан новый технологический процесс изготовления детали в условиях среднесерийного производства;
 - разработана заготовка, полученная методом штамповки на КГШП;
 - применена высокопроизводительная оснастка с механизированным приводом;
 - применено высокопроизводительное оборудование - станки с ЧПУ, автоматы и полуавтоматы, например, RAIS T500/1000, ОШ-660.1Ф2-02, HENNINGER ZS 2000
- применен современный режущий инструмент;
- спроектирован патрон поводковый с центром с механизированным приводом для токарной операции;
 - спроектировано приспособление для контроля радиального и торцевого биения;
 - по результатам научных исследований предложено повышение стойкости твердосплавных пластин плазменной поверхностной модификацией.

Изменения, внесенные в техпроцесс изготовления детали позволили достичь основных целей работы, обеспечить заданный объем выпуска деталей, снизить себестоимость ее изготовления и повысить качество изготовления по сравнению с базовым вариантом технологического процесса.

Экономический эффект составит 13076,3 млн тенге

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Анурьев, В.И. Справочник конструктора-машиностроителя в трех томах. Том 1. [Электронный ресурс] — Электрон. дан. — М. : Машиностроение, 2006. — 928 с.
- 2 Базров, Б.М. Основы технологии машиностроения: Учебник для вузов. [Электронный ресурс] — Электрон. дан. — М. : Машиностроение, 2007. — 736 с.
- 3 Горбацевич, А.Ф. Курсовое проектирование по технологии машиностроения: учебное пособие для вузов/ А.Ф. Горбацевич, В.А. Шкред. М: – ООО ИД «Альянс», 2007 – 256 с.
- 4 Гусев, А.А. Проектирование технологической оснастки. [Электронный ресурс] / А.А. Гусев, И.А. Гусева. — Электрон. дан. — М. : Машиностроение, 2013. — 416 с.
- 5 Шабашов А.А. Проектирование машиностроительного производства: Учебное пособие - Екатеринбург издательство уральского университета, 2016 – 134с.
- 6 <https://libraryno.ru/4-5-opredelenie-tipa-proizvodstva-osn tex mash/>
- 7 Круглов Е.П., Галимов Э.Р., Аблясова А.Г., Галимова Н.Я., Юрасов С.Ю., Ганиев М.М., Схиртладзе А.Г., Рябов Е.А. Выбор и способы изготовления заготовок для деталей машиностроения. - Казань, 2015.- 85с.
- 8 Жуковский С.С. Холоднотвердеющие связующие и смеси для литейных стержней и форм. Справочник. -М.: Машиностроение, 2010.
- 9 <https://mydocx.ru/11-47317.html>
- 10 Рябов С.А, Костенков С.А., Лугачева Н.А. Выбор оборудования для реализации технологических процессов в условиях различной серийности производства.- Кемерово, 2008. – 127 с.
- 11 <https://cyberpedia.su/3x41a1.html>
- 11 <https://knuth-industry.ru/catalog/tokarnoe-oborudovanie/tokarnyie-stanki/tyazhelyie-tokarnyie-stanki1/dl-e-heavy-5001500/>
- 13 <https://stanok-kpo.ru/katalog/frezernye-stanki/frezernye-obrabatyvayuschie-tsentry/hbz-800.html>
- 12 Желобова Т.А. Расчет припусков на обработку деталей. Методические указания к практическим занятиям по дисциплине технология машиностроения. - Владимир, 2010. – 63с.
- 15 Справочник технолога-машиностроителя /Под ред. А.М.Дальского . В 2-х Т. -М.: Машиностроение. Т. 1, 2003.-912 с; Т.2, 2003-943 с.

дипломная работа

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

Перв. примен.

Спроб. №

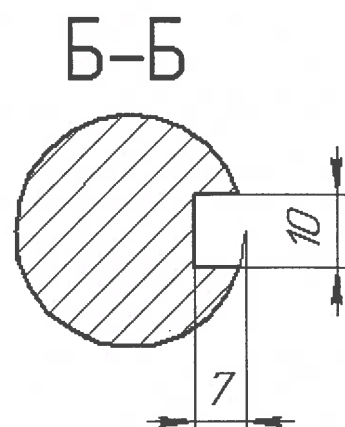
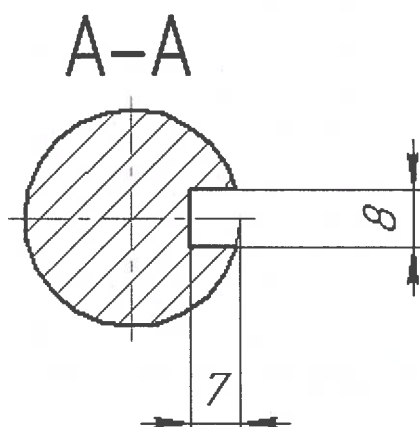
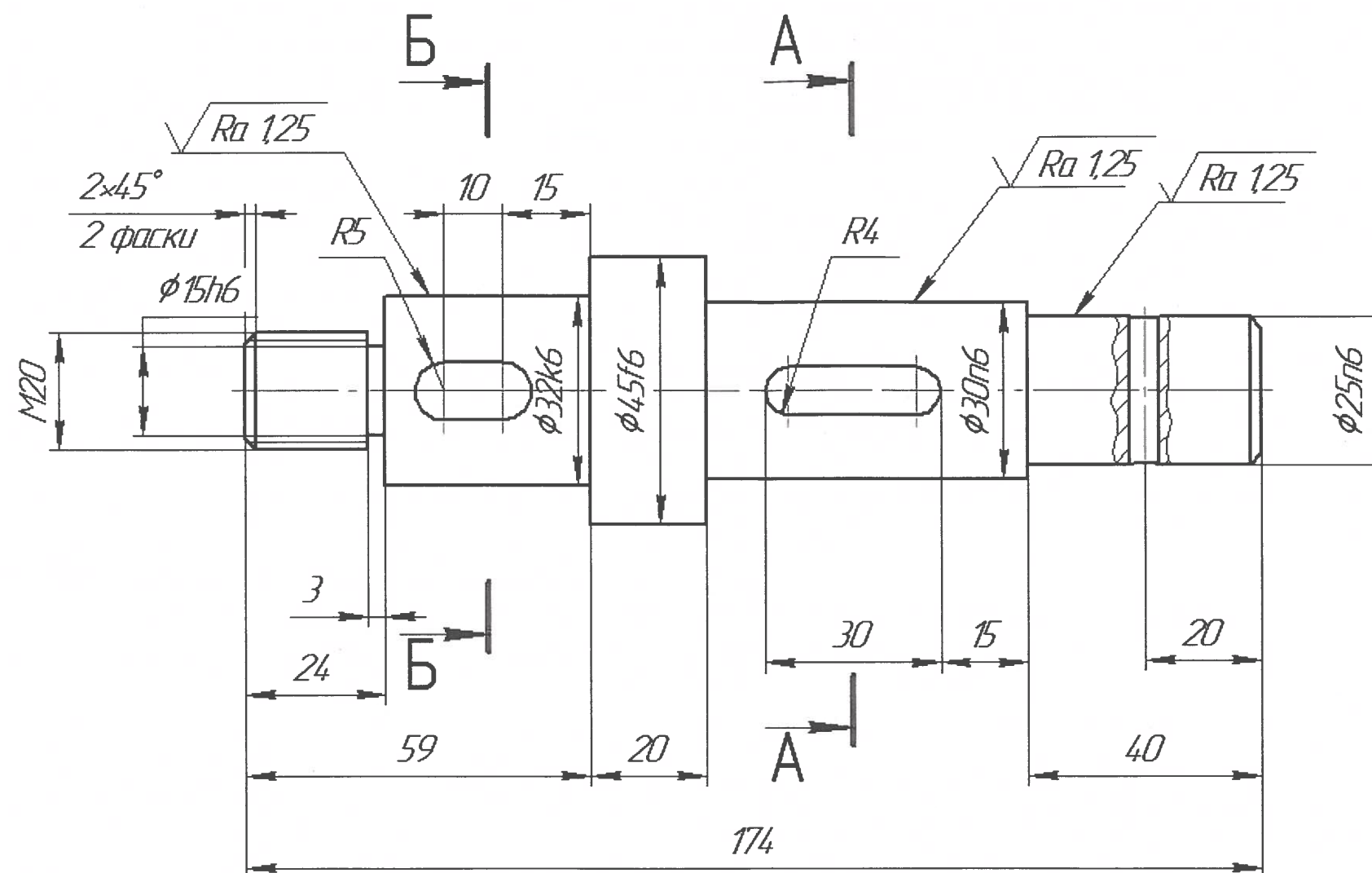
Подп. и дата

Инв. № дудл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.



Общие допуски по ГОСТ 30893.1 H12, h12, ±IT12/2

Дипломная работа				Лит.	Масса	Масштаб
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Вал ротора	
Разраб.	Умаров Э.	05.05	05.06			
Проб.	Исметова М.	05.06				
Т.контр.						
Н.контр.	Абылкаир	05.06			Сталь 40X ГОСТ 1050-88	
Утв.						
				Лист	Листов	1

Копировал

Формат А3