



Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Инженерная школа новых производственных технологий
Направление подготовки: 15.03.01 Машиностроение
Отделение материаловедение

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы

Разработка технологии изготовления детали «Червяк»

УДК 621.81-2-047.84

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-8Л52	Еланцев Виталий Вячеславович		21.05.2020

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Коротков В.С.	к.т.н		21.05.2020

Консультант

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ст.преподаватель	Шибинский К.Г.			21.05.2020

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Креницина З.В.	к.т.н		21.05.2020

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Белосенко Е.В.	к.т.н		21.05.2020

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
15.03.01 Машиностроение	Ефременков Е.А.	к.т.н		

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
 федеральное государственное автономное
 образовательное учреждение высшего образования
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Инженерная школа новых производственных технологий
 Направление подготовки (специальность): 15.03.01 Машиностроение
 Отделение материаловедение

УТВЕРЖДАЮ: 15.03.01
 Руководитель ООП
 _____ Ефременков Е.А.
 (Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Бакалаврской работы

Студенту:

Группа	ФИО
3-8Л52	Еланцеву Виталию Вячеславовичу

Тема работы:

Разработка технологии изготовления детали «Червяк»	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	28.02.2020 №59-58/с

Срок сдачи студентом выполненной работы: 22.05.2020

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	Чертеж детали «Червяк»; Годовая программа выпуска: 14000 шт.
---------------------------------	---

Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	Технологическая подготовка производства. Проектирование альтернативного процесса изготовления заданной детали на современных станках с ЧПУ.
Перечень графического материала	Чертеж детали. Технологическая документация.
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы	
Раздел	Консультант
Технологическая часть	Шибинский К.Г.
Конструкторская часть	Шибинский К.Г.
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Криницина З.В.
Социальная ответственность	Белоенко Е.В.
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:	

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику

Задание выдал руководитель / консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ст.преподаватель	Шибинский Константин Григорьевич			16.12.2019

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-8Л52	Еланцев Виталий Вячеславович		16.12.2019

Код результата	Результат обучения
P1	Способность применять базовые и специальные знания в области математических, естественных, гуманитарных и экономических наук в комплексной инженерной деятельности на основе целостной системы научных знаний об окружающем мире; умение использовать основные законы естественнонаучных дисциплин, методы математического анализа и моделирования, основы теоретического и экспериментального исследования в комплексной инженерной деятельности с целью моделирования объектов и технологических процессов в машиностроении, используя стандартные пакеты и средства автоматизированного проектирования машиностроительной и сварочной продукции.
P4	Способность эффективно работать индивидуально и в качестве члена команды, демонстрируя навыки руководства отдельными группами исполнителей, в том числе над междисциплинарными проектами, уметь проявлять личную ответственность, приверженность профессиональной этике и нормам ведения профессиональной деятельности.
P7	Умение проводить предварительное технико-экономическое обоснование проектных решений, выполнять организационно-плановые расчеты по созданию или реорганизации производственных участков, планировать работу персонала и фондов оплаты труда, применять прогрессивные методы эксплуатации технологического оборудования при изготовлении.
P8	Умение применять стандартные методы расчета деталей и узлов машиностроительных изделий и конструкций, выполнять проектно-конструкторские работы, составлять и оформлять проектную и технологическую документацию соответственно стандартам, техническим условиям и другим нормативным документам, в том числе с использованием средств автоматизированного проектирования, выполнять работы по стандартизации, технической подготовке к сертификации технических средств, систем, процессов, оборудования и материалов, организовывать метрологическое обеспечение технологических процессов, подготавливать документацию для создания системы менеджмента качества на предприятии.
<i>Технология, оборудование и автоматизация машиностроительных производств</i>	
P11	Умение применять современные методы для разработки малоотходных, энергосберегающих и экологически чистых машиностроительных и строительно-монтажных технологий, обеспечивающих безопасность жизнедеятельности людей и их защиту от возможных последствий аварий, катастроф и стихийных бедствий, умение применять способы рационального использования сырьевых, энергетических и других видов ресурсов в машиностроении и строительстве, применять методы стандартных испытаний по определению физико-механических свойств и технологических показателей используемых материалов и готовых изделий.
P12	Умение обеспечивать соблюдение технологической дисциплины при изготовлении изделий машиностроительного производства, осваивать новые технологические процессы производства продукции, применять методы контроля качества новых образцов изделий.

Реферат

Выпускная квалификационная работа состоит из 149 с., 15 рис., 28 таблицы, 16 использованных источников, 4 приложения.

Ключевые слова: червяк цилиндрический, технологический процесс, технологическая подготовка, инструмент, станок, управляющая программа, режимы обработки, размерный анализ, минимальные припуски.

Объектом исследования является: деталь «Червяк».

Цель работы является разработка технологической документации на изготовление детали «Червяк» с применением оборудования с ЧПУ.

В процессе исследования был выполнен анализ технологичности детали, разработан технологический процесс, подобраны средства технологического оснащения для изготовления детали, подобраны режимы резания и рассчитаны минимальные припуски на обработку детали, произведен размерный анализ и построено граф дерево для технологического процесса. В финансовой части проекта был выполнен расчет сметы затрат на выполнение проекта и оценка экономической эффективности проекта. Выявлены вредные и опасные факторы и предложены мероприятия для устранения этих факторов. В результате исследования был разработан технологический процесс изготовления детали «Червяк», написана управляющая программа и карта наладки для токарного станка с ЧПУ, разработана принципиальная схема специального приспособления и рассчитано усилие зажима детали.

Содержание

Введение.....	8
1. Технологическая часть.....	9
1.1 Исходные данные.....	9
1.2 Определение типа производства.....	10
1.3 Анализ технологичности конструкции детали.....	14
1.4 Выбор заготовки.....	16
1.5 Анализ существующего технологического процесса.....	16
1.6 Проектирование маршрутного техпроцесса и операций.....	17
1.7 Допуски, припуски промежуточные и исходные размеры.....	32
1.8 Выбор оборудования.....	60
1.9 Расчет и назначение режимов обработки.....	66
1.10 Нормирование технологического процесса.....	80
Вывод.....	85
2. Конструкторская часть.....	86
2.1 Принципы работы спроектированного приспособления.....	86
2.2 Расчет элементов приспособления.....	88
2.3 Основные требования техники безопасности.....	93
Вывод.....	96
3. Финансовый менеджмент.....	98
3.1 Организация и планирование работ.....	98
3.2 Расчет сметы затрат на выполнение проекта.....	105
3.3 Оценка экономической эффективности.....	111
Вывод.....	117
4. Социальная ответственность.....	120
4.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.....	120
4.2 Производственная безопасность.....	122
4.3 Анализ опасных и вредных производственных факторов.....	123
4.4 Экологическая безопасность.....	128

4.5 Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	130
Вывод.....	132
Заключение.....	133
Список литературы.....	134
Приложение А	
Приложение Б	
Приложение В	
Приложение Г	

Введение

Целью выпускной квалификационной работы является разработка технологического процесса изготовления червяка. Это позволит получить навыки разработки технологии изготовления детали и закрепит теоретические знания по дисциплине "Технология машиностроения".

Перед каждым машиностроительным предприятием стоит задача укрепления своих позиций на рынке товаров, а также актуальны вопросы улучшения качества процессов выпуска продукции.

Укрепление конкурентных преимуществ возможно за счет:

- повышение качества продукции;
- внедрение новых технологий;
- улучшение экологической обстановки;
- улучшение условий труда;
- сокращение затрат на производство;
- увеличение объемов производства потребной продукции.

Исходя из потребности в создании мелкосерийного производства, принимаем программу выпуска рассматриваемого изделия 14000 шт червяков в год.

1 Технологическая часть

1.1 Исходные данные

Разработать технологический процесс изготовления вала.

Чертёж детали представлен на рисунок 1.1.

3Д модель рисунок 1.2.

Годовая программа выпуска: 14000 шт.

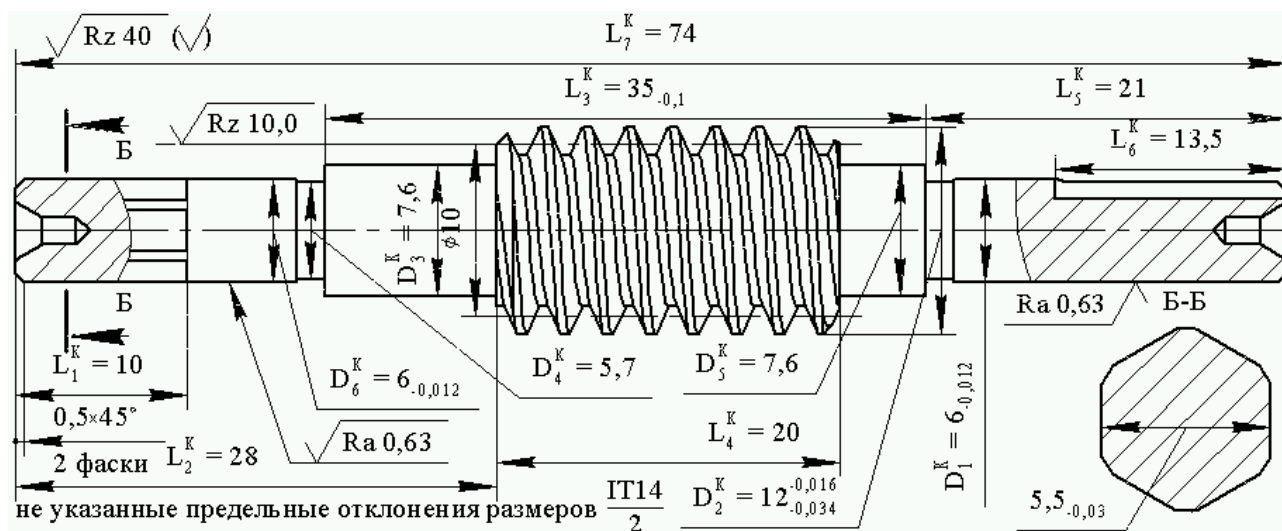


Рисунок 1.1 Вал-червяк исходные данные

Таблица 1.1 – Исходные данные

№	Размер, мм			Допуск, мкм		Шероховатость, мкм
	НОМ	min	max	min	max	
a	b		c	d	e	
4	$D_1^K = 6$	$D_{1min}^K = 5,988$	$D_{1max}^K = 6$	$\delta_{min}^{D_1^K} = -0,012$	$\delta_{max}^{D_1^K} = 0$	$Rz^{D_1^K} = 3,2$
5	$D_2^K = 12$	$D_{2min}^K = 11,966$	$D_{2max}^K = 11,988$	$\delta_{min}^{D_2^K} = -0,012$	$\delta_{max}^{D_2^K} = -0,034$	$Rz^{D_2^K} = 10$
6	$D_3^K = 7,6$	$D_{3min}^K = 7,42$	$D_{3max}^K = 7,78$	$\delta_{min}^{D_3^K} = -0,18$	$\delta_{max}^{D_3^K} = 0,18$	$Rz^{D_3^K} = 40$
7	$D_4^K = 5,7$	$D_{4min}^K = 5,55$	$D_{4max}^K = 5,85$	$\delta_{min}^{D_4^K} = -0,15$	$\delta_{max}^{D_4^K} = 0,15$	$Rz^{D_4^K} = 40$
8	$D_5^K = 7,6$	$D_{5min}^K = 7,42$	$D_{5max}^K = 7,78$	$\delta_{min}^{D_5^K} = -0,18$	$\delta_{max}^{D_5^K} = 0,18$	$Rz^{D_5^K} = 40$

Продолжение таблицы 1.1

9	$D_6^K = 7,6$	$D_{6min}^K = 7,6$	$D_{6max}^K = 7,588$	$\delta_{min}^{D_6^K} = -0,012$	$\delta_{max}^{D_6^K} = 0$	$Rz^{D_6^K} = 3,2$
10	$L_1^K = 10$	$L_{1min}^K = 9,785$	$L_{1max}^K = 10,215$	$\delta_{min}^{L_1^K} = -0,215$	$\delta_{max}^{L_1^K} = 0,215$	$Rz^{L_1^K} = 2,5$
11	$L_2^K = 28$	$L_{2min}^K = 27,69$	$L_{2max}^K = 28,31$	$\delta_{min}^{L_2^K} = -0,31$	$\delta_{max}^{L_2^K} = 0,31$	$Rz^{L_2^K} = 2,5$
12	$L_3^K = 35$	$L_{3min}^K = 34,9$	$L_{3max}^K = 35$	$\delta_{min}^{L_3^K} = -0,1$	$\delta_{max}^{L_3^K} = 0$	$Rz^{L_3^K} = 2,5$
13	$L_4^K = 20$	$L_{4min}^K = 19,69$	$L_{4max}^K = 19,69$	$\delta_{min}^{L_4^K} = 20,31$	$\delta_{max}^{L_4^K} = 0,31$	$Rz^{L_4^K} = 2,5$
14	$L_5^K = 21$	$L_{5min}^K = 20,69$	$L_{5max}^K = 21,31$	$\delta_{min}^{L_5^K} = -0,31$	$\delta_{max}^{L_5^K} = 0,31$	$Rz^{L_5^K} = 2,5$
15	$L_6^K = 13,5$	$L_{6min}^K = 13,24$	$L_{6max}^K = 13,76$	$\delta_{min}^{L_6^K} = -0,26$	$\delta_{max}^{L_6^K} = 0,26$	$Rz^{L_6^K} = 2,5$
16	$L_7^K = 74$	$L_{7min}^K = 73,59$	$L_{7max}^K = 74,41$	$\delta_{min}^{L_7^K} = -0,41$	$\delta_{max}^{L_7^K} = 0,41$	$Rz^{L_7^K} = 40$

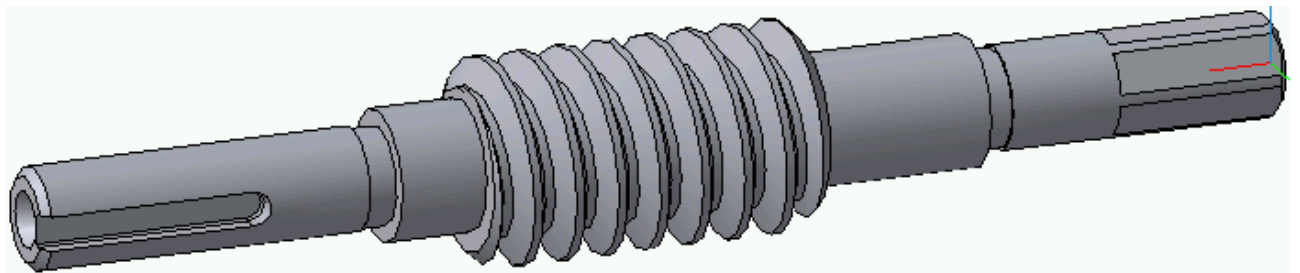


Рисунок 1.2 ТП Червяка 3Д модель

1.2 Определение типа производства

Тип производства определяем по коэффициенту закрепления операций:

$$K_O^3 = \frac{t_B}{T_P} = \frac{8,70}{0,27} = 32,2$$

По ГОСТ 3.1121-84 приняты коэффициенты закрепления операций:

массовое производство - $K_O^3 = 1$;

крупносерийное	- $K_0^3 = 2 \dots 10$;
среднесерийное	- $K_0^3 = 10 \dots 20$;
мелкосерийное	- $K_0^3 = 20 \dots 40$;
единичное	- $K_0^3 = 10$.

По результатам расчетов получаем - мелкосерийное, $K_0^3 = 32,2$.

Такт выпуска детали определяем по формуле:

$$t_B = \frac{F_r}{N_r} = \frac{2030 \cdot 60}{14000} = 8,70 \text{ мин}$$

где $F_r = 2030$ ч- годовой фонд времени работы оборудования; [2, с. 23]

$N_r = 14000$ шт - годовая программа выпуска деталей по заданию.

Среднее штучно-калькуляционное время операций техпроцесса:

$$T_P^C = \frac{T_{ШК}^{ЧТ} + T_{ШК}^{ТЧ} + T_{ШК}^{ШФ} + T_{ШК}^{ФР}}{n} = \frac{0,43 + 0,28 + 0,07 + 0,02}{3} = 0,27 \text{ мин}$$

где $n = 3$ - количество основных операций.

Основное технологическое время для: - черновое точение

$$T_{ШК}^{ЧТ} = \varphi_T^Ч \cdot 0,00017 \cdot (D_{11}^{05} \cdot L_{11}^{15} + D_{11}^{05} \cdot L_{12}^{15} + D_{11}^{05} \cdot L_{13}^{15} + D_{11}^{05} \cdot L_{21}^{15} + D_{11}^{05} \cdot L_{22}^{15} + D_{11}^{05} \cdot L_{22}^{15}) =$$

$$= 2,14 \cdot 0,00017 \cdot (14 \cdot 20,5 + 14 \cdot 4,75 + 14 \cdot 22,09 + 14 \cdot 17,5 + 14 \cdot 9,5 + 14 \cdot 9,5) = 0,43 \text{ мин}$$

где $\varphi_T^Ч = 2,14$ - коэффициент при черновом точении [2, стр. 172, прил. 1];

- точение чистовое $D_{12}^{15} = D_{22}^{15}$, $D_{23}^{15} = D_{31}^{15}$

$$T_{ШК}^{ТЧ} = \varphi_T^Т \cdot 0,00017 \cdot (D_{21}^{15} \cdot L_{23}^{15} + D_{22}^{15} \cdot (L_{24}^{15} + L_{32}^{15}) + D_{13}^{15} \cdot L_{25}^{15} + D_{23}^{15} \cdot (L_{26}^{15} + L_{27}^{15} + L_{35}^{15}) + D_{25}^{15} \cdot L_{11}^{35}) =$$

$$= 2,14 \cdot 0,00017 \cdot (7 \cdot 18 + 8,1 \cdot (10 + 5) + 12,5 \cdot 20,75 + 6,175 \cdot (1,6 + 0,5 + 0,5) + 12 \cdot 20) = 0,28 \text{ мин}$$

где $\varphi_T^Т = 2,14$ - коэффициент при точении черновом [2, стр. 172, прил. 1];

- шлифования $D_{31}^{15} = D_{23}^{15}$

$$T_{ШК}^{ШФ} = \varphi_{Ф}^{Ш} \cdot 0,0001 \cdot (D_{23}^{15} \cdot (L_{11}^{50} + L_{12}^{50}) + D_{11}^{60} \cdot L_{11}^{60}) =$$

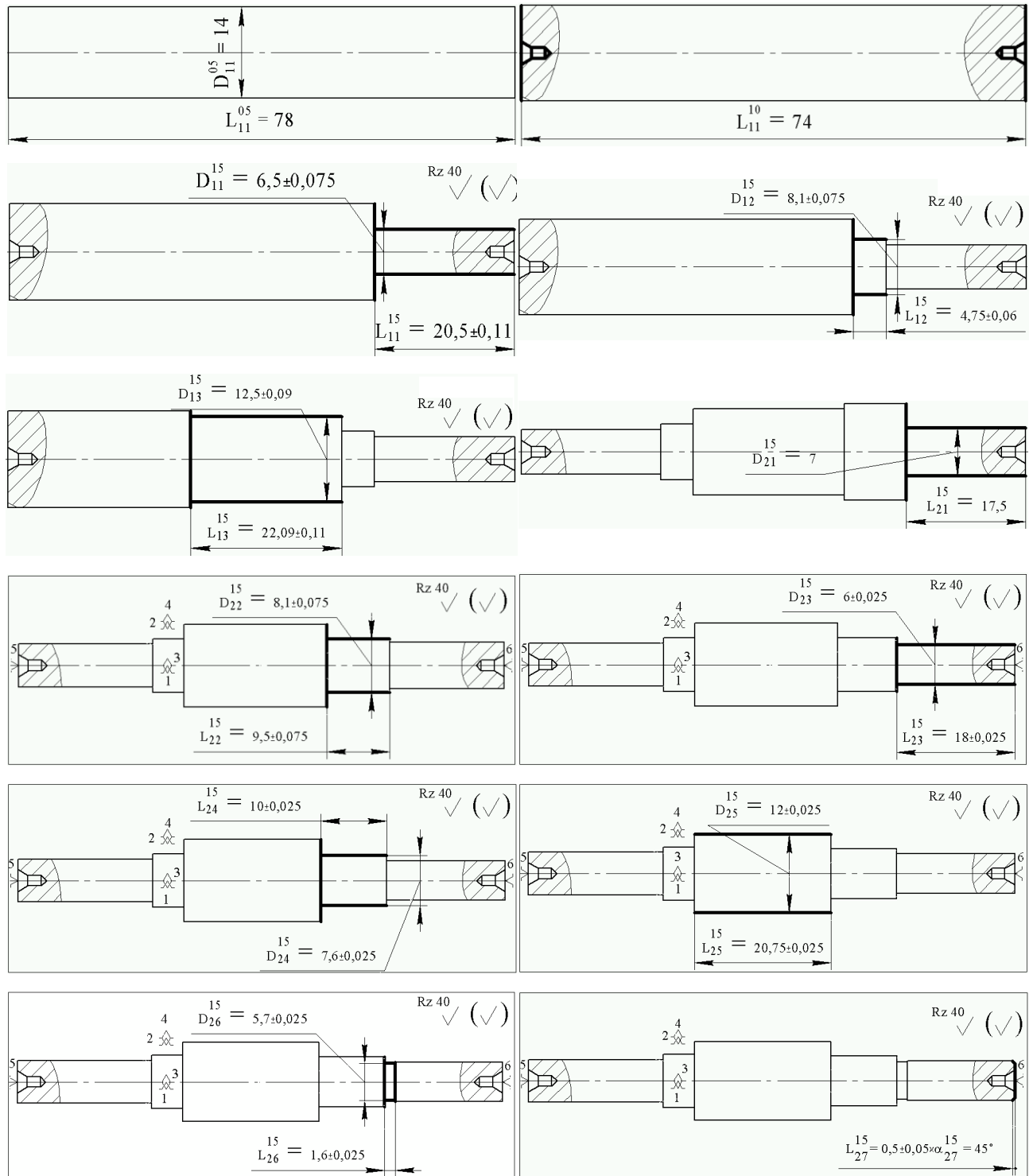
$$= 2,1 \cdot 0,0001 \cdot (6,175 \cdot (18,9 + 18,9) + 6,175 \cdot 20) = 0,07 \text{ мин}$$

где $\phi_{\text{Ш}}^{\text{III}} = 2,1$ - коэффициент при шлифовании [2, стр. 172, прил. 1];

- фрезерная

$$T_{\text{ШК}}^{\text{ФР}} = \phi_{\text{Р}}^{\text{Ф}} * 0,0001 * (2 * D_{11}^{05} + 6 * L_{31}^{30} + L_{31}^{30}) = 1,84 * 0,0001 * (2 * 14 + 6 * 13,5 + 13,5) = 0,02 \text{ мин}$$

где $\phi_{\text{Р}}^{\text{Ф}} = 1,84$ - коэффициент при фрезерной [2, стр. 172, прил. 1];



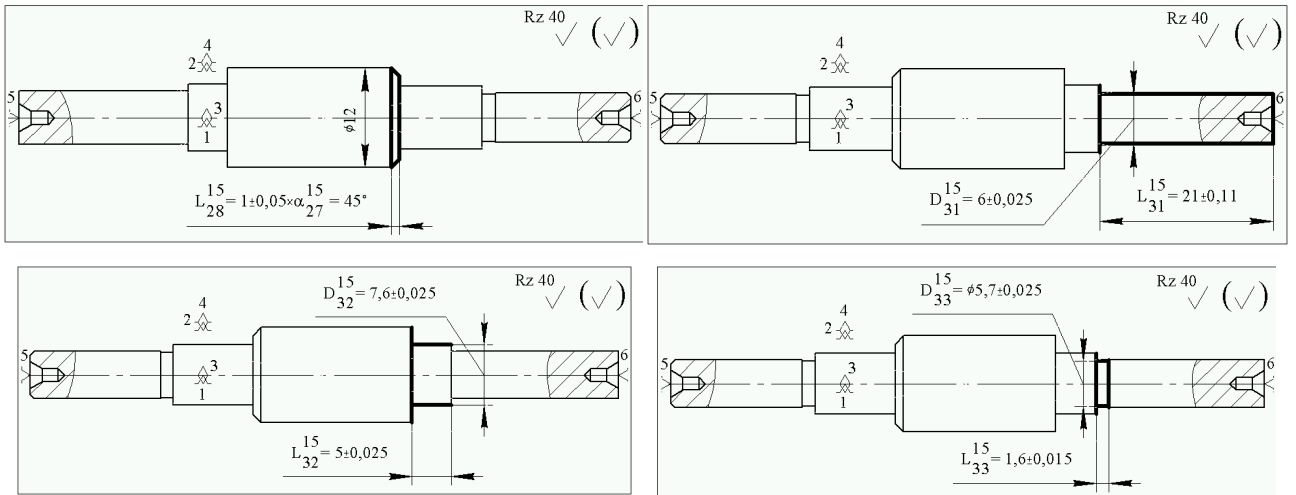
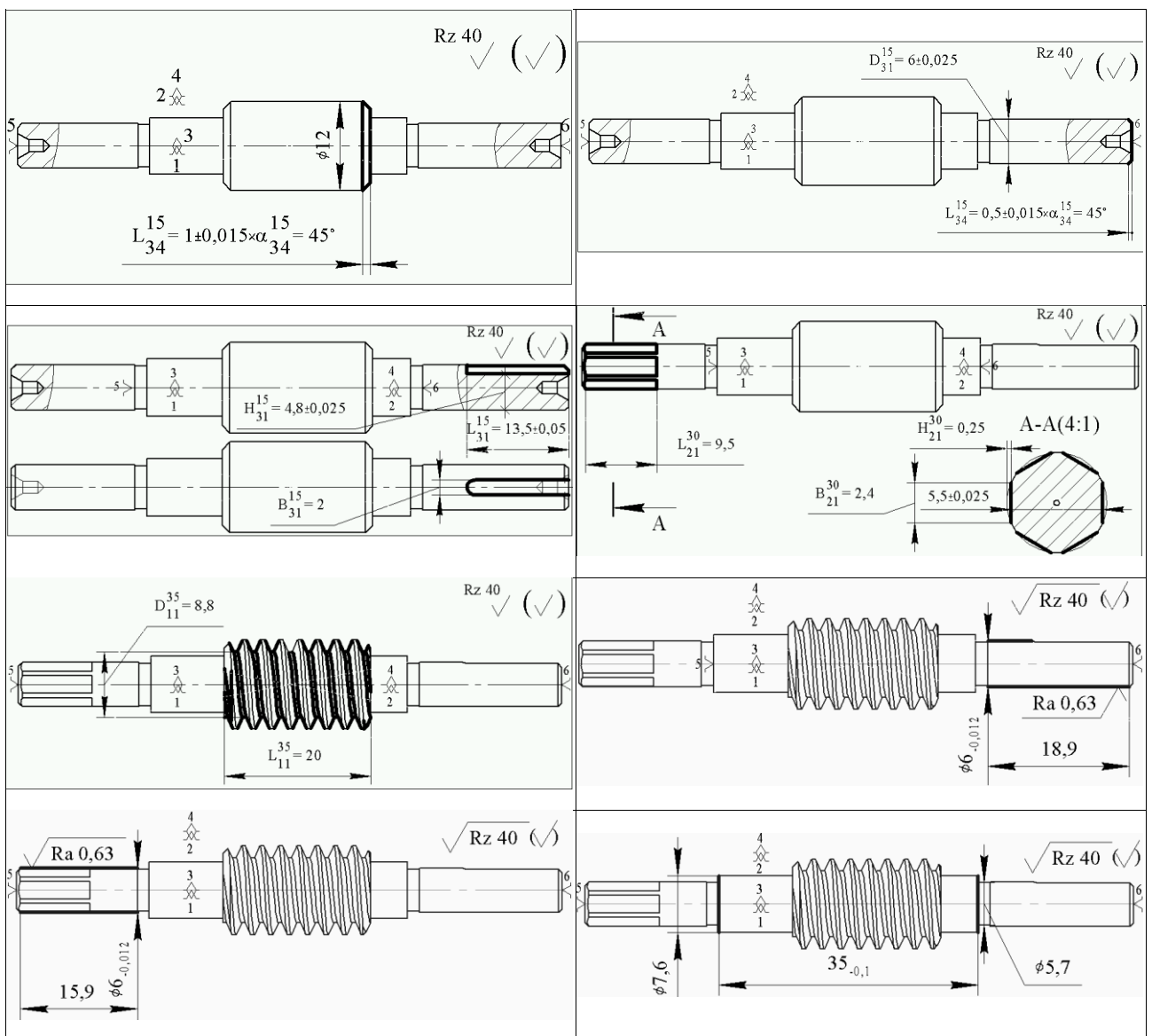


Рисунок 1.3 К определению штучно-калькуляционного времени



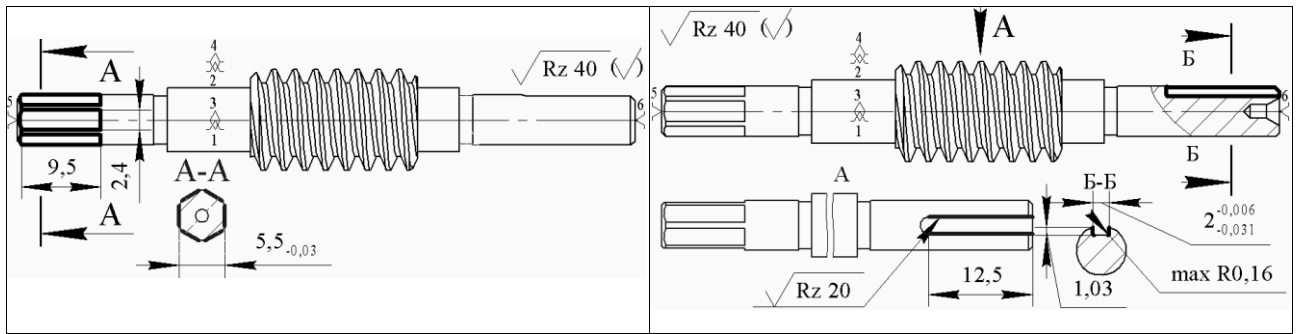


Рисунок 1.4 К определению штучно-калькуляционного времени

1.3 Анализ технологичности конструкции детали

Деталь имеет простую конструкцию. Обеспечивается свободный доступ инструмента ко всем обрабатываемым поверхностям, деталь является достаточно жесткой. Деталь имеет совокупность поверхностей, которые могут быть использованы в качестве технологических баз. Форма детали позволяет использовать в качестве заготовки прокат и не требует применения литья или штамповки. Предварительную обработку наружных поверхностей предполагается делать на токарном станке с ЧПУ, окончательную - на шлифовальном, внутреннюю обработку полностью изготавливать на станке с ЧПУ. Для изготовления детали применяется сталь 40Х. Химические и физические свойства стали даны в таблицах 1.2 и 1.3.

Таблица 1.2 – Химический состав стали 40Х ГОСТ4543-71, %

№	Элемент								
	a	b	c	d	e	f	g	h	i
3		C	Si	Cr	Ni	Mn	P	S	Cu
4							не более		
5	0,36 ... 0,44	0,17 ... 0,37	0,45 ... 0,75	1 ... 1,4	0,5 ... 0,8	0,035	0,035	0,3	

Таблица 1.3 – Механические свойства стали 40Х ГОСТ4543-71

№	Параметры						
	a	b	c	d	e	f	g
3		$\sigma_{0,2}$, МПа	σ_B , МПа	δ_5 , %	ψ , %		НВ

Продолжение таблицы 1.3

4	не менее				КСУ, $\frac{\text{Дж}}{\text{см}^2}$	не более
5	780	980	10	45	59	167 ... 207

Чертеж детали содержит все необходимые виды, дающие представление о форме и размерах детали. Размеры и требования чертежа охватывают все формообразующие поверхности с указанием допусков на изготовление.

Обозначения шероховатостей выполнены в соответствии с требованиями по оформлению чертежей по ЕСКД ГОСТ 2.001-93. Таким образом чертеж удовлетворяет всем предъявляемым требованиям. Анализируя параметры точности размеров детали, можно заметить, что почти на все поверхности назначены относительно грубые допуски, что позволяет использовать не точное оборудование и простой мерительный инструмент. Наличие точных поверхностей $\varnothing 6_{-0,012}^{0,000}$ подразумевает использование шлифовальной операции, обеспечивающей высокую точность размера, $\varnothing 7,6_{-0,180}^{0,180}$ можно выполнить чистовое растачивание на станке с ЧПУ.

Относительно качества поверхностного слоя не было предъявлено жестких требований по обеспечению низкого параметра шероховатости.

Параметры шероховатости Rz 40,0 мкм для всех поверхностей, а также Ra 0,63 для поверхности $\varnothing 6_{-0,012}$ могут быть выдержаны непосредственно при шлифовальной обработке, а Rz 10 можно выдержать при помощи использования современного режущего инструмента, т. е. без необходимости применения доводочных операций. С учетом изложенного можно сделать вывод, что конструкция детали вала-червяка - технологична.

1.4 Выбор заготовки

С учетом технологических свойств материала детали,¹ габаритов, массы, требований к механическим свойствам,² а также типом производства выбираем в качестве исходной заготовки - прокат, смотри рисунок 1.5.

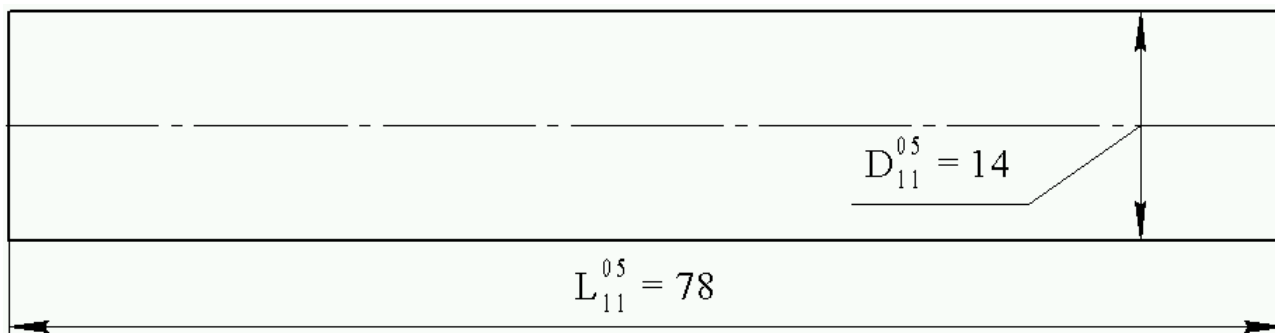


Рисунок 1.5 Заготовка вала-червяка данные

1.5 Анализ существующего технологического процесса

В базовом технологическом процессе, изготовления детали "Вал-червяк" применено оборудование - токарно-винторезный станок 16К20 и вертикально-фрезерный станок 6Р12, существенным недостатком является доля ручного труда и применение низкопроизводительного оборудования с ручным управлением. Базовый технологический процесс разработан с учетом производства на типовом не модернизированном оборудовании предприятия.

В таблице 1.4 приведен базовый технологический процесс.

Таблица 1.4 – Базовый технологический процесс

№	Операции	Название операции	Краткое содержание операции
a	b	c	d
3	05	Контрольная	Контролировать размеры заготовки
4	10	Токарная	Подрезать левый торец и обработать по контуру со стороны левого торца

¹ материал детали сталь 40Х

² особых требований нет

Продолжение таблицы 1.4

5	15	Токарная	Подрезать правый торец и обработать по контуру со стороны правого торца
6	20	Сверлильная	Сверлить центровое отверстие в правом торце
7	25	Сверлильная	Сверлить центровое отверстие в левом торце
8	30	Токарная черновая	Точить поверхности
9	35	Токарная чистовая	Точить поверхности
10	40	Термообработка	Термообработка всех поверхностей
11	45	Отделочная	Развертка центровых отверстий
12	50	Фрезерная	Фрезеровать шпоночный паз
13	55	Фрезерная	Фрезеровать шестигранник
14	60	Токарная	Резать витки червяка
15	65	Термообработка	Термообработка всех поверхностей
16	70	Отделочная	Развертка центровых отверстий
17	75	Круглошлифовальная	Шлифовать правую часть вала выдерживая заданные размеры и частоту поверхности
18	80	Круглошлифовальная	Шлифовать левую часть вала выдерживая заданные размеры и частоту поверхности
19	85	Круглошлифовальная	Шлифовать вершины витков червяка
20	90	Круглошлифовальная	Шлифовать витки червяка и впадины червяка
21	95	Круглошлифовальная	Шлифовать шпоночный паз
22	100	Торцешлифовальная	Шлифовать шестигранник
23	110	Контрольная	Контролировать все размеры детали

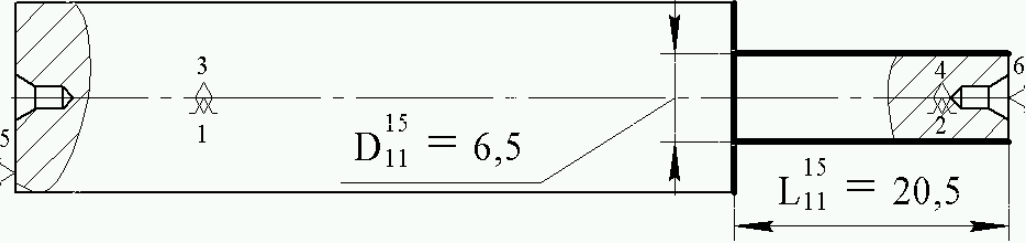
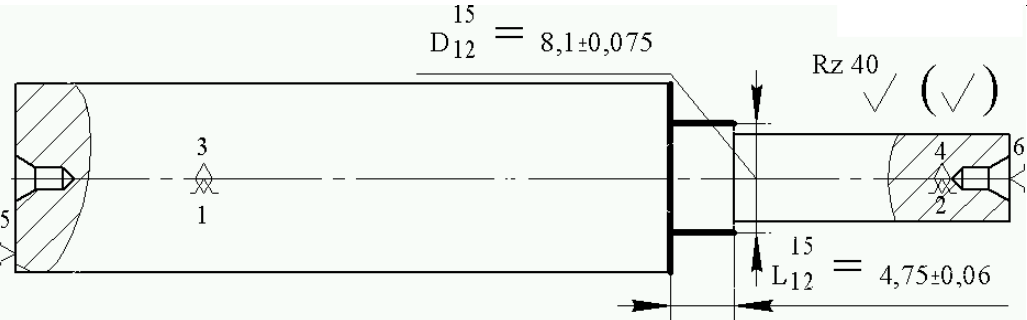
1.6 Проектирование маршрутного техпроцесса и операций

Применяя числовое программное управление металлорежущих станков дает возможность оптимизировать технологический процесс, тогда разрабатываемый маршрут изготовления детали "Червяк" примет вид согласно таблице 1.5.

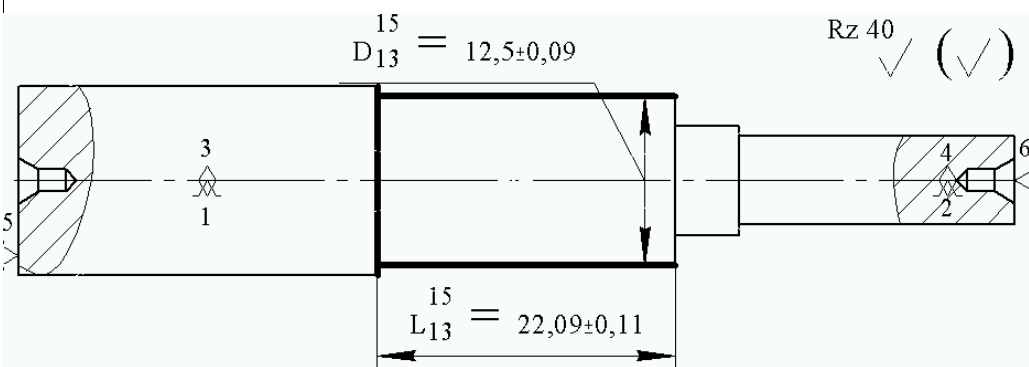
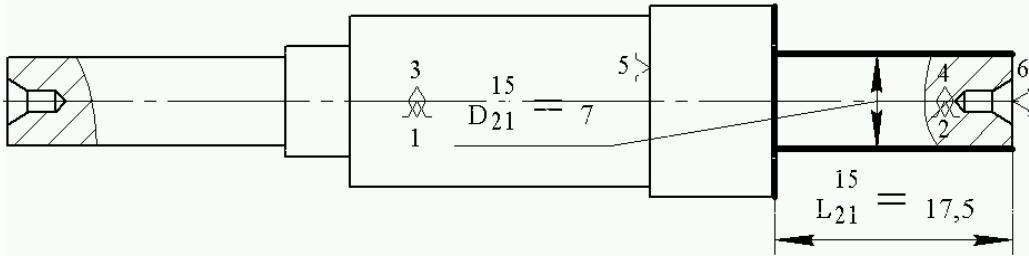
Таблица 1.5 – Технологический маршрут

№	О	У	П	Содержание операции	Эскиз	Оборудовани е, инструмент
a	b	c	d	e	f	g
3	05	1	1	<p>КОНТРОЛЬНАЯ</p> <p>Контролировать все размеры</p> <p>$D_{11}^{05} = 14$ мм; $Rz_0 =$ 150 мкм</p> <p>$L_{11}^{05} = 78$ мм $T_{11}^{05} = 150$ мкм</p>		<p>Размерные шаблоны, стенд контроля размеров</p>
4	10	1	1	<p>ФРЕЗЕРНО- ЦЕНТРОВАЛЬНАЯ</p> <p>1 фрезеровать торцы с 2 сторон одновременно в размер $L_{11}^{10} = 74$</p>		<p>2910 Фреза торцевая $\varnothing 80$; Т5К10, сверло</p>

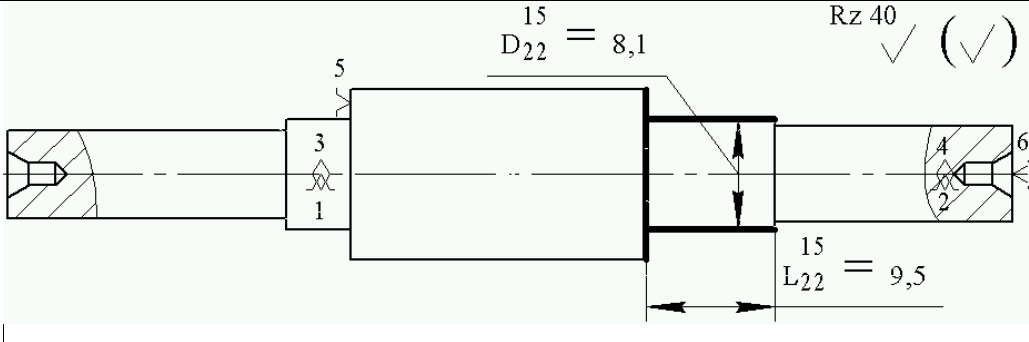
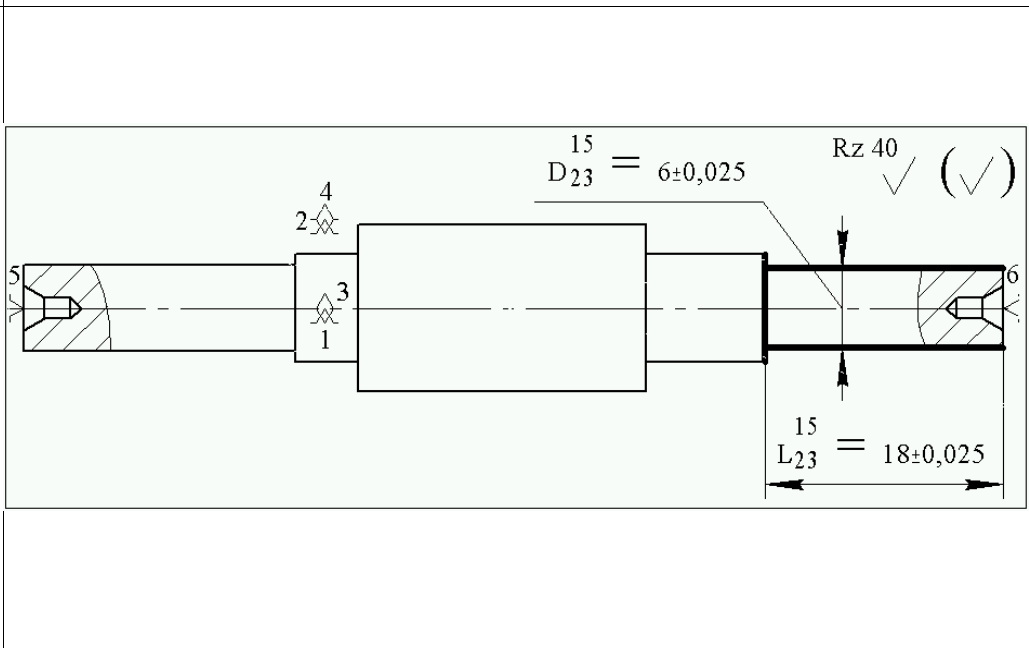
Продолжение таблицы 1.5

		мм, сверлить центровые отверстия по ГОСТ 14034-74		центровое Ø1,6; ВК6М
15	1	ТОКАРНАЯ С ЧПУ точение черновое		Станок - 16К20Ф3
5	1	точить диаметр $D_{11}^{05} = 14$ мм до диаметра $D_{11}^{15} = 6,5$ мм на длину $L_{11}^{15} = 20,5$ мм, $Rz_{11}^{15} = 50$ мкм, $T_{11}^{15} = 50$ мкм		Инструмент - резец проходной упорный с пластиной Т5К10
6	2	точить диаметр $D_{11}^{05} = 14$ мм до диаметра $D_{12}^{15} = 8,1$ мм на длину $L_{12}^{15} = 4,75$ мм		

Продолжение таблицы 1.5

15	1	<p>точение черновое</p> <p>3 точить диаметр $D_{11}^{05} = 14$ мм до диаметра $D_{13}^{15} = 12,5$ мм на длину $L_{13}^{15} = 22,09$ мм</p>		<p>Станок - 16К20</p> <p>Инструмент - резец проходной упорный изогнутый с пластиной Т5К10</p>
8	2	<p>точение черновое</p> <p>1 точить диаметр $D_{11}^{05} = 14$ мм до диаметра $D_{21}^{15} = 7$ мм на длину $L_{21}^{15} = 17,5$ мм</p>		

Продолжение таблицы 1.5

9		2	<p>точить диаметр $D_{11}^{05} = 14$ мм до диаметра $D_{22}^{15} = 8,1$ мм на длину $L_{22}^{15} = 9,5$ мм</p>		
10	15	2	<p>точение чистовое</p> <p>3 точить диаметр $D_{21}^{15} = 7$ мм до диаметра $D_{23}^{15} = 6$ мм на длину $L_{23}^{15} = 18$ мм, шероховатостью $Rz_{23}^{15} = 30$ мкм, толщина дефектного слоя $T_{23}^{15} = 30$ мкм</p>		<p>Станок - 16K20</p> <p>Инструмент - резец проходной упорный изогнутый с пластиной Т5К10, ГОСТ 18879-73</p>

Продолжение таблицы 1.5

11	4	<p>точить диаметр $D_{22}^{15} = 8,1$ мм до диаметра $D_{24}^{15} = 7,6$ мм на длину $L_{24}^{15} = 10$ мм</p>	<p>15 $L_{24}^{15} = 10 \pm 0,025$</p> <p>Rz 40 ✓ (✓)</p> <p>15 $D_{24}^{15} = 7,6 \pm 0,025$</p>	
12	5	<p>точить диаметр $D_{13}^{15} = 12,5$ мм до диаметра $D_{25}^{15} = 12$ мм на длину $L_{25}^{15} = 20,75$ мм</p>	<p>15 $D_{25}^{15} = 12 \pm 0,025$</p> <p>Rz 40 ✓ (✓)</p> <p>15 $L_{25}^{15} = 20,75 \pm 0,025$</p>	
15 13	2 6	<p>точение чистовое</p> <p>точить диаметр $D_{23}^{15} = 6,175$ мм до диаметра $D_{26}^{15} = 5,7$ мм на длину $L_{26}^{15} = 1,6$ мм</p>	<p>15 $D_{26}^{15} = 5,7 \pm 0,025$</p> <p>Rz 40 ✓ (✓)</p> <p>15 $L_{26}^{15} = 1,6 \pm 0,025$</p>	<p>Станок - 16К20Ф3</p> <p>Инструмент - резец проходной упорный</p>

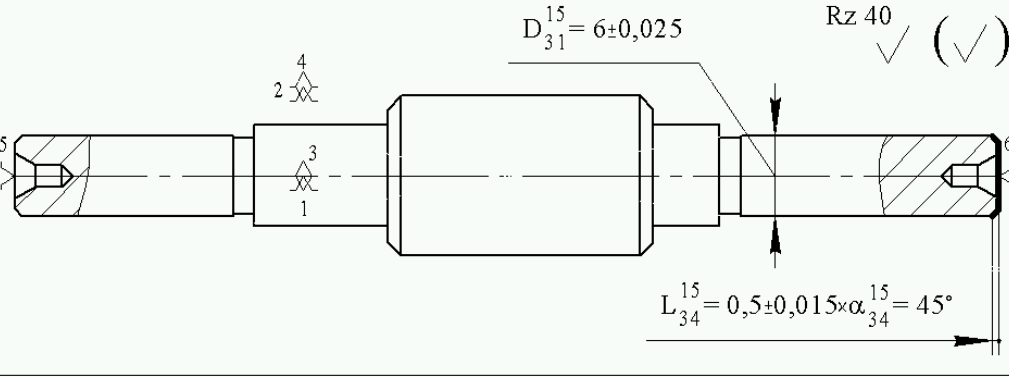
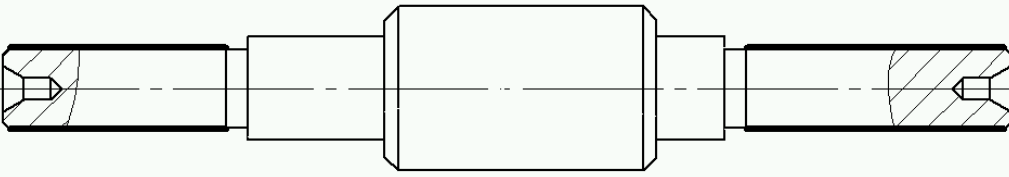
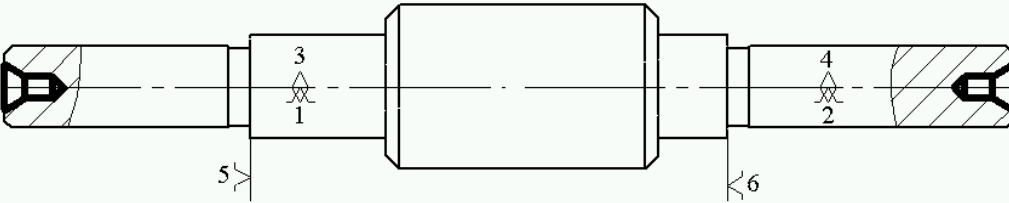
Продолжение таблицы 1.5

15	3	<p>точение чистовое</p> <p>1 точить диаметр $D_{11}^{15} = 6,5$ мм до диаметра $D_{31}^{15} = 6$ мм на длину $L_{31}^{15} = 21$ мм</p>		<p>Станок - 16К20Ф3</p> <p>Инструмент - резец проходной упорный изогнутый с пластиной</p> <p>Т5К10, ГОСТ 18879-73</p>
17	2	<p>2 точить диаметр $D_{12}^{15} = 8,1$ мм до диаметра $D_{32}^{15} = 7,6$ мм на длину $L_{32}^{15} = 5$ мм</p>		

Продолжение таблицы 1.5

18	3	<p>точить диаметр $D_{31}^{15} = 6$ мм до диаметра $D_{33}^{15} = 6$ мм на длину $L_{33}^{15} = 1,6$ мм</p>	<p>$D_{33}^{15} = \phi 5,7 \pm 0,025$ Rz 40 (✓) (✓)</p> <p>$L_{33}^{15} = 1,6 \pm 0,015$</p>	
19	3	<p>точение чистовое</p> <p>точить фаску на диаметре $D_{25}^{15} = 12$ мм на длину $L_{34}^{15} = 1,0$ мм под углом $\alpha_{28}^{15} = 45^\circ$</p>	<p>Rz 40 (✓) (✓)</p> <p>$L_{34}^{15} = 1 \pm 0,015 \times \alpha_{34}^{15} = 45^\circ$</p>	<p>Станок - 16К20Ф3</p> <p>Инструмент - резец проходной упорный изогнутый с пластиной сплава Т5К10, ГОСТ 18879-73, размер державки - 32x20x170</p>

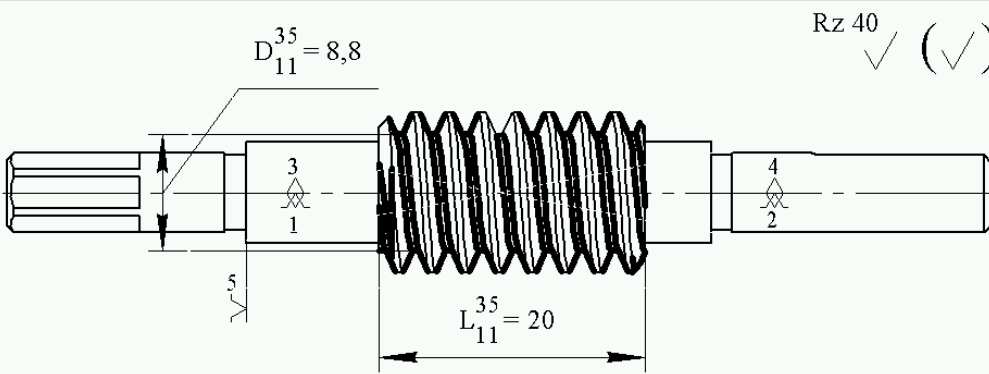
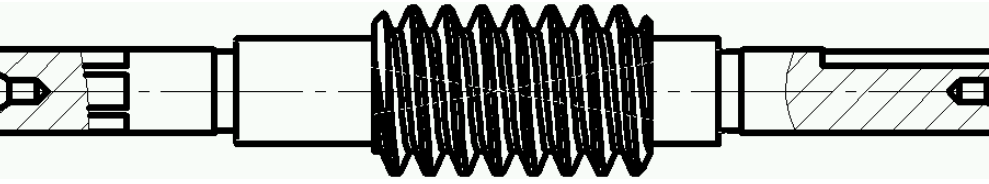
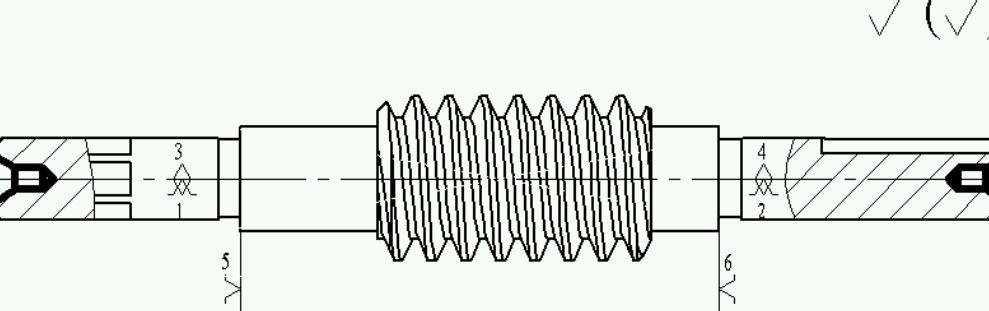
Продолжение таблицы 1.5

20	5	<p>точить фаску на диаметре $D_{31}^{15} = 6$ мм на длину $L_{35}^{15} = 0,5$ мм под углом $\alpha_{35}^{15} = 45^\circ$</p>	 <p>$D_{31}^{15} = 6 \pm 0,025$ Rz 40 (✓) (✓)</p> <p>$L_{34}^{15} = 0,5 \pm 0,015 \times \alpha_{34}^{15} = 45^\circ$</p>	
21	1	<p>1 термообработка указанных поверхностей</p>	<p>Термообработка улучшение</p> 	
22	1	<p>1 развернуть два центровых отверстия одновременно</p>	<p>Развертывать центровые отверстия по ГОСТ 14034-74 Отверстия центровые. Размеры.</p> <p>Rz 40 (✓) (✓)</p> 	<p>Станок - 2910, Инструмент - развертка; Т5 К10; ВК6М</p>

Продолжение таблицы 1.5

<p>30</p> <p>1</p> <p>23</p>	<p>ФРЕЗЕРНАЯ</p> <p>1 фрезеровать начисто шпоночный паз на диаметре $D_{31}^{15} = 6$ мм, шириной $B_{31}^{30} = 2$ мм до высоты $H_{31}^{30} = 4,8$ мм на длину $L_{31}^{30} = 13,5$ мм</p>		<p>Станок - 6Р12</p> <p>Инструмент - фреза шпоночная ц/х 2.0 ВК6М</p>
<p>24</p>	<p>2</p> <p>1 фрезеровать начисто шестигранник на диаметре $D_{23}^{15} = 6,175$ мм, шириной $B_{21}^{30} = 2,4$ мм глубиной фрезерования $H_{31}^{30} = 0,25$ мм на длину $L_{31}^{30} = 9,5$ мм</p>		<p>Инструмент - фреза шпоночная ц/х 3.0 ВК6М</p>

Продолжение таблицы 1.5

35	1	<p>ТОКАРНАЯ</p> <p>1 резать начисто витки червяка начисто с диаметра $D_{25}^{15} = 12$ мм до диаметра $D_{11}^{35} = 8,8$ мм на длину $L_{11}^{35} = 20$ мм</p>		<p>Станок - 16К20Ф3</p> <p>Инструмент - резец проходной упорный изогнутый с пластиной Т5К10</p>
40	1	<p>ТЕРМООБРАБОТКА</p> <p>1 закаливать все поверхности детали вала-червяка</p>		
45	1	<p>ПРАВОЧНАЯ</p> <p>1 развертывать отверстия по ГОСТ 14034-74. Отверстия центровые. Размеры.</p>		<p>станок - 2910,</p> <p>инструмент - развертка; Т5К10; ВК6М</p>

Продолжение таблицы 1.5

50	1	<p>КРУГЛОШЛИФОВАЛЬНАЯ</p> <p>шлифовать диаметр $D_{31}^{15} = 6$ мм до диаметра $D_{11}^{50} = 6$ с допусками мм длиной в $L_{11}^{50} = 18,9$ мм, $Rz_{11}^{15} = 25$ мкм</p>		станок - 3М152
50	1	<p>шлифование</p> <p>шлифовать диаметр $D_{23}^{15} = 6,175$ мм до диаметра $D_{12}^{50} = 6_{-0,012}^{0,000}$ мм длиной в $L_{12}^{50} = 18,9$ мм</p>		станок - 3М152
30	3	<p>шлифовать торцы в размер $L_{12}^{50} = 35_{-0,1}$ мм</p>		

Продолжение таблицы 1.5

31	55 1	<p>ТОРЦЕКРУГЛОШЛИФОВАЛЬНАЯ</p> <p>1 шлифовать шестигранник в размер $5,5_{-0,03}$</p>		
32	2	<p>1 шлифовать шпоночный паз по указанным размерам</p>		
33	60 1	<p>1 шлифовать диаметр $D_{11}^{60} = 6,175$ мм до диаметра $D_{12}^{50} = 6_{-0,012}^{0,000}$ мм длиной в $L_{11}^{60} = 20$ мм</p>	<p>шлифовать витки червяка до достижения значения Rz10</p>	

1.7 Допуски, припуски промежуточные и исходные размеры

На рисунке 1.6 представлены расчетные схемы заготовки и детали.

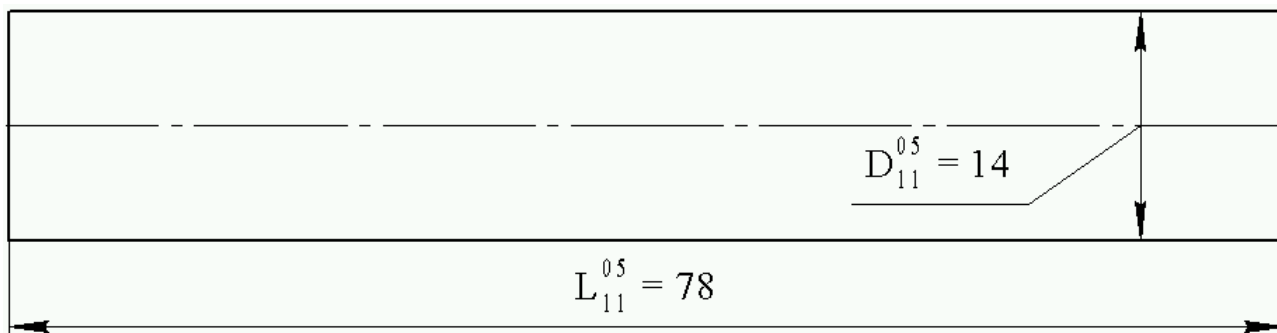


Рисунок 1.6 К расчету припусков - Заготовка, Деталь

Таблица 1.6 – Исходные данные к расчету промежуточных и исходных размеров

№	Параметр	Заготовка	Точение		Шлифование (деталь)
			черновое	чистовое	
a	b	c	d	e	
4	Шерохо- D_1^K	$Rz_\Gamma^3 = 150$	$Rz_\Gamma^T = 50$	$Rz_\Gamma^Ч = 30$	$Rz^{D_1^K} = 10$
5	ватость: ³ D_2^K				$Rz^{D_2^K} = 10$
6	D_3^K				$Rz^{D_3^K} = 40$
7	D_4^K				$Rz^{D_4^K} = 40$
8	D_5^K				$Rz^{D_5^K} = 40$

³ Горбачевич А. Ф. КП по технологии машиностроения, страница 65, 67 таблиц 27, 29

Продолжение таблицы 1.6

9	D_6^K				$Rz D_6^K = 3,2$
10	Толщина дефектного поверхностног о слоя ³	$T_\Gamma^3 = 250$	$T_\tau^T = 50$	$T_\tau^Ч = 30$	$T_{ш}^Ч = 15$
11	Коэффициент уточнения формы ⁴	-	$ky_\tau^T = 0,06$	$ky_\tau^Ч = 0,05$	$ky_{ш}^Ч = 0,02$
12	Суммарное пространствен ное отклонение ⁵	$\rho_\Gamma^3 = 300$	$\rho_\tau^T = ky_\tau^T * \rho_\Gamma^3 =$ $= 0,06 * 300 = 18$	$\rho_\tau^Ч = ky_\tau^Ч * \rho_\Gamma^3 =$ $= 0,05 * 300 = 15$	$\rho_{ш}^Ч = ky_{ш}^Ч * \rho_\Gamma^3 =$ $= 0,02 * 300 = 6$
13	Погрешность установки ⁶	-	$\varepsilon_\tau^T = 60$	$\varepsilon_\tau^Ч = 45$	$\varepsilon_{ш}^Ч = 30$
14	Допуск на обработку	$\delta_\Gamma^3 = 0,4$	$\delta_\tau^T = 0,17$	$\delta_\tau^Ч = 0,05$	$\delta_{ш}^Ч = 0,012$

Расчет припусков по всем размерам выполняем по [2, с. 62], для удобства результаты сводим в таблицы 1.2 ... 1.5, данные таблиц используем непосредственно для построения графических схем, а также для быстрой проверки правильности произведенных расчетов.

Минимальный припуск на обработку поверхностей вращения:

$$2 * z_{i_{\min}} = 2 * (Rz_{i-1} + h_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2}) \quad (1.1)$$

⁴ Горбачевич А. Ф. КП по технологии машиностроения, страница 74

⁵ Горбачевич А. Ф. КП по технологии машиностроения, страница 73, таблица 34

⁶ Горбачевич А. Ф. КП по технологии машиностроения, страница 79, таблица 37

где Rz_{i-1} - шероховатость поверхности на предшествующем переходе,⁷ мкм;
 T_{i-1} - толщина дефектного поверхностного слоя, полученного на предшествующем переходе или операции, мкм;
 ρ_{i-1} - суммарное пространственное отклонение обрабатываемой поверхности, полученного на предшествующем переходе или операции, мкм;
 ε_i - погрешность установки заготовки на выполняемом переходе, мкм.

Расчетный размер:

$$D_{j_i}^{Kp} = D_{j_{i-1}}^{Kp} + 2 * Z_{i-1_{min}} \quad (1.2)$$

Предельные размеры

$$D_{j_{min}}^{Kп} = D_{j_i}^{Kп} \pm \delta_i^j \quad (1.3)$$

$$D_{j_{max}}^{Kп} = D_{j_i}^{Kп} \quad (1.4)$$

1.7.1 Припуски и технологические размеры $D_1^K = \varnothing 6_{-0,012}$

Минимальный припуск на обработку диаметра $D_1^K = 6_{-0,012}^{0,000}$ при:⁸

- шлифовании

$$2 * Z_{min}^{D1ш} = 2 * (Rz_{\Gamma}^{\text{ч}} + T_{\Gamma}^{\text{ч}} + \sqrt{\rho_{\Gamma}^{\text{ч}2} + \varepsilon_{ш}^{\text{ч}2}}) = 2 * (30 + 30 + \sqrt{15^2 + 30^2}) = 187 \text{ мкм}$$

- чистовое точение

$$2 * Z_{min}^{D1ч\Gamma} = 2 * (Rz_{\Gamma}^{\text{т}} + T_{\Gamma}^{\text{т}} + \sqrt{\rho_{\Gamma}^{\text{т}2} + \varepsilon_{\Gamma}^{\text{ч}2}}) = 2 * (50 + 50 + \sqrt{18^2 + 45^2}) = 297 \text{ мкм}$$

- черновое точение

$$2 * Z_{min}^{D1\Gamma\text{ч}} = 2 * (Rz_{\Gamma}^3 + T_{\Gamma}^3 + \sqrt{\rho_{\Gamma}^{\text{т}2} + \varepsilon_{\Gamma}^{\text{ч}2}}) = 2 * (150 + 250 + \sqrt{300^2 + 60^2}) = 1412 \text{ мкм}$$

Расчетный размер:

- шлифование $- D_{1ш}^{Kп} = D_{1min}^K = 5,988 \text{ мм}$

- чистовое точение $- D_{1ч\Gamma}^{Kп} = D_{1ш}^{Kп} + 2 * Z_{min}^{D1ш} = 5,988 + 187 * 10^{-3} = 6,175 \text{ мм}$

- черновое точение $- D_{1\Gamma\text{ч}}^{Kп} = D_{1ч\Gamma}^{Kп} + 2 * Z_{min}^{D1ч\Gamma} = 6,175 + 2 * 297 * 10^{-3} = 6,472 \text{ мм}$

⁷ или операции

⁸ данные смотри таблица 1.3, рисунок 1.4

- заготовка $- D_{13}^{Kp} = D_{1Tч}^{Kp} + 2 * Z_{min}^{D1Tч} = 6,472 + 2 * 1412 * 10^{-3} = 7,884 \text{ мм}$

Предельные размеры:

- шлифование -

$$\min D_{1ш_{min}}^{Kп} = D_{1ш}^{Kп} = 5,988 \text{ мм}$$

$$\max D_{1ш_{max}}^{Kп} = D_{1ш_{min}}^{Kп} + \delta_{ш}^ч = 5,988 + 0,012 = 6 \text{ мм}$$

- чистовое точение $- \min D_{1чT_{min}}^{Kп} = D_{1чT}^{Kп} = 6,175 \text{ мм}$

$$\max D_{1чT_{max}}^{Kп} = D_{1чT_{min}}^{Kп} + \delta_T^ч = 6,175 + 0,05 = 6,225 \text{ мм}$$

- черновое точение $- \min D_{1Tч_{min}}^{Kп} = D_{1Tч}^{Kп} = 6,472 \text{ мм}$

$$\max D_{1Tч_{max}}^{Kп} = D_{1Tч_{min}}^{Kп} + \delta_{ч}^T = 6,472 + 0,17 = 6,642 \text{ мм}$$

- заготовка $- \min D_{13_{min}}^{Kп} = D_{13}^{Kп} = 7,884 \text{ мм}$

$$\max D_{13_{max}}^{Kп} = D_{13_{min}}^{Kп} + \delta_{г}^3 = 7,884 + 0,4 = 8,284 \text{ мм}$$

Припуски на обработку:

- шлифование

$$\min 2 * Z_{п_{min}}^{D1ш} = D_{1чT_{min}}^{Kп} - D_{1ш_{min}}^{Kп} = (6,175 - 5,988) * 10^3 = 187 \text{ мкм}$$

$$\max 2 * Z_{п_{max}}^{D1ш} = D_{1чT_{max}}^{Kп} - D_{1ш_{max}}^{Kп} = (6,225 - 6) * 10^3 = 225 \text{ мкм}$$

чистовое точение

$$\min 2 * Z_{п_{min}}^{D1чT} = D_{1Tч_{min}}^{Kп} - D_{1чT_{min}}^{Kп} = (6,472 - 6,175) * 10^3 = 297 \text{ мкм}$$

$$\max 2 * Z_{п_{max}}^{D1чT} = D_{1Tч_{max}}^{Kп} - D_{1чT_{max}}^{Kп} = (6,642 - 6,225) * 10^3 = 417 \text{ мкм}$$

- черновое точение

$$\min 2 * Z_{п_{min}}^{D1Tч} = D_{13_{min}}^{Kп} - D_{1Tч_{min}}^{Kп} = (7,884 - 6,472) * 10^3 = 1412 \text{ мкм}$$

$$\max 2 * Z_{п_{max}}^{D1Tч} = D_{13_{max}}^{Kп} - D_{1Tч_{max}}^{Kп} = (8,284 - 6,642) * 10^3 = 1642 \text{ мкм}$$

- общий припуск на обработку

$$\min 2 * Z_{п_{min}}^{D1o} = D_{13_{min}}^{Kп} - D_{1ш_{min}}^{Kп} = (7,884 - 5,988) * 10^3 = 1896 \text{ мкм}$$

$$\max 2 * Z_{п_{max}}^{D1o} = D_{13_{max}}^{Kп} - D_{1ш_{max}}^{Kп} = (8,284 - 6) * 10^3 = 2284 \text{ мкм}$$

1.7.2 Припуски и технологические размеры $D_2^K = \varnothing 12_{-0,012}^{-0,034}$

Минимальный припуск на обработку диаметра $D_2^K = 12_{-0,012}^{-0,034}$ при:⁹

- шлифовании

$$2 * z_{\min}^{D_{2\text{ш}}} = 2 * (R_{Z\Gamma}^{\text{ч}} + T_{\Gamma}^{\text{ч}} + \sqrt{\rho_{\Gamma}^{\text{ч}2} + \varepsilon_{\text{ш}}^{\text{ч}2}}) = 2 * (30 + 30 + \sqrt{15^2 + 30^2}) = 187 \text{ мкм}$$

- чистовое точение

$$2 * z_{\min}^{D_{2\text{чт}}} = 2 * (R_{Z\Gamma}^{\text{т}} + T_{\Gamma}^{\text{т}} + \sqrt{\rho_{\Gamma}^{\text{т}2} + \varepsilon_{\text{т}}^{\text{ч}2}}) = 2 * (50 + 50 + \sqrt{18^2 + 45^2}) = 297 \text{ мкм}$$

- черновое точение

$$2 * z_{\min}^{D_{2\text{тч}}} = 2 * (R_{Z\Gamma}^3 + T_{\Gamma}^3 + \sqrt{\rho_{\Gamma}^{\text{т}2} + \varepsilon_{\text{ч}}^{\text{т}2}}) = 2 * (150 + 250 + \sqrt{300^2 + 60^2}) = 1412 \text{ мкм}$$

Расчетный размер:

- шлифование

$$D_{2\text{ш}}^{\text{Кр}} = D_{2\text{ш}}^{\text{К}} = 11,966 \text{ мм}$$

- чистовое точение

$$D_{2\text{чт}}^{\text{Кр}} = D_{2\text{ш}}^{\text{Кр}} + 2 * z_{\min}^{D_{2\text{ш}}} = 11,966 + 187 * 10^{-3} = 12,153 \text{ мм}$$

- черновое точение

$$D_{2\text{тч}}^{\text{Кр}} = D_{2\text{чт}}^{\text{Кр}} + 2 * z_{\min}^{D_{2\text{чт}}} = 12,153 + 2 * 297 * 10^{-3} = 12,450 \text{ мм}$$

- заготовка

$$D_{23}^{\text{Кр}} = D_{2\text{тч}}^{\text{Кр}} + 2 * z_{\min}^{D_{2\text{тч}}} = 12,450 + 2 * 1412 * 10^{-3} = 13,862 \text{ мм}$$

Предельные размеры:

- шлифование

$$\begin{aligned} \min D_{2\text{ш}}^{\text{Кп}} &= D_{2\text{ш}}^{\text{Кр}} = 11,966 \text{ мм} \\ \max D_{2\text{ш}}^{\text{Кп}} &= D_{2\text{ш}}^{\text{Кп}} + \delta_{\text{ш}}^{\text{ч}} = 11,966 + 0,012 = 11,978 \text{ мм} \end{aligned}$$

- чистовое точение

$$\begin{aligned} \min D_{2\text{чт}}^{\text{Кп}} &= D_{2\text{чт}}^{\text{Кр}} = 12,153 \text{ мм} \\ \max D_{2\text{чт}}^{\text{Кп}} &= D_{2\text{чт}}^{\text{Кп}} + \delta_{\text{т}}^{\text{ч}} = 12,153 + 0,05 = 12,203 \text{ мм} \end{aligned}$$

⁹ данные смотри таблица 1.3, рисунок 1.4

- черновое точение

$$\min D_{2\text{Тч}}^{\text{Кп}} = D_{2\text{Тч}}^{\text{Кр}} = 12,450 \text{ мм}$$

$$\max D_{2\text{Тч}}^{\text{Кп}} = D_{2\text{Тч}}^{\text{Кп}} + \delta_{\text{ч}}^{\text{Т}} = 12,450 + 0,17 = 12,62 \text{ мм}$$

- заготовка

$$\min D_{23}^{\text{Кп}} = D_{23}^{\text{Кр}} = 13,862 \text{ мм}$$

$$\max D_{23}^{\text{Кп}} = D_{23}^{\text{Кп}} + \delta_{\text{Г}}^3 = 13,862 + 0,4 = 14,262 \text{ мм}$$

Припуски на обработку:

- шлифование

$$\min 2*Z_{\text{п}}^{\text{D2ш}} = D_{2\text{Тч}}^{\text{Кп}} - D_{2\text{ш}}^{\text{Кп}} = (12,153 - 11,966)*10^3 = 187 \text{ мкм}$$

$$\max 2*Z_{\text{п}}^{\text{D2ш}} = D_{2\text{Тч}}^{\text{Кп}} - D_{2\text{ш}}^{\text{Кп}} = (12,203 - 11,978)*10^3 = 225 \text{ мкм}$$

- чистовое точение

$$\min 2*Z_{\text{п}}^{\text{D2чт}} = D_{2\text{Тч}}^{\text{Кп}} - D_{2\text{чт}}^{\text{Кп}} = (12,450 - 12,153)*10^3 = 297 \text{ мкм}$$

$$\max 2*Z_{\text{п}}^{\text{D2чт}} = D_{2\text{Тч}}^{\text{Кп}} - D_{2\text{чт}}^{\text{Кп}} = (12,62 - 12,203)*10^3 = 417 \text{ мкм}$$

- черновое точение

$$\min 2*Z_{\text{п}}^{\text{D2Тч}} = D_{23}^{\text{Кп}} - D_{2\text{Тч}}^{\text{Кп}} = (13,862 - 12,450)*10^3 = 1412 \text{ мкм}$$

$$\max 2*Z_{\text{п}}^{\text{D2Тч}} = D_{23}^{\text{Кп}} - D_{2\text{Тч}}^{\text{Кп}} = (14,262 - 12,62)*10^3 = 1642 \text{ мкм}$$

- общий припуск на обработку

$$\min 2*Z_{\text{п}}^{\text{D2о}} = D_{23}^{\text{Кп}} - D_{2\text{ш}}^{\text{Кп}} = (13,862 - 11,966)*10^3 = 1896 \text{ мкм}$$

$$\max 2*Z_{\text{п}}^{\text{D2о}} = D_{23}^{\text{Кп}} - D_{2\text{ш}}^{\text{Кп}} = (14,262 - 11,978)*10^3 = 2284 \text{ мкм}$$

1.7.3 Припуски и технологические размеры $D_3^{\text{К}} = 7,6_{-0,180}^{0,180}$

Минимальный припуск на обработку диаметра $D_3^{\text{К}} = 7,6_{-0,180}^{0,180}$ при:¹⁰

- чистовое точение

$$2*Z_{\text{мин}}^{\text{D3чт}} = 2*(Rz_{\text{ч}}^{\text{Т}} + T_{\text{ч}}^{\text{Т}} + \sqrt{\rho_{\text{ч}}^{\text{Т}2} + \varepsilon_{\text{Т}}^{\text{ч}2}}) = 2*(50 + 50 + \sqrt{18^2 + 45^2}) = 297 \text{ мкм}$$

- черновое точение

$$2*Z_{\text{мин}}^{\text{D3Тч}} = 2*(Rz_{\text{Г}}^3 + T_{\text{Г}}^3 + \sqrt{\rho_{\text{ч}}^{\text{Т}2} + \varepsilon_{\text{Г}}^{\text{Т}2}}) = 2*(150 + 250 + \sqrt{300^2 + 60^2}) = 1412 \text{ мкм}$$

¹⁰ данные смотри таблица 1.3, рисунок 1.4

Расчетный размер:

- чистовое точение

$$D_{3\text{чт}}^{\text{Кр}} = D_{3\text{мин}}^{\text{К}} = 7,42 \text{ мм}$$

- черновое точение

$$D_{3\text{тч}}^{\text{Кр}} = D_{3\text{чт}}^{\text{Кр}} + 2 * Z_{\text{мин}}^{\text{D3тч}} = 7,42 + 2 * 297 * 10^{-3} = 7,717 \text{ мм}$$

- заготовка

$$D_{3з}^{\text{Кр}} = D_{3\text{тч}}^{\text{Кр}} + 2 * Z_{\text{мин}}^{\text{D3тч}} = 7,717 + 2 * 1412 * 10^{-3} = 9,129 \text{ мм}$$

Предельные размеры:

- чистовое точение

$$\min D_{3\text{чт}}^{\text{Кп}} = D_{3\text{чт}}^{\text{Кр}} = 7,42 \text{ мм}$$

$$\max D_{3\text{чт}}^{\text{Кп}} = D_{3\text{max}}^{\text{К}} + \delta_{\text{т}}^{\text{ч}} = 7,78 + 0,05 = 7,83 \text{ мм}$$

- черновое точение

$$\min D_{3\text{тч}}^{\text{Кп}} = D_{3\text{тч}}^{\text{Кр}} = 7,717 \text{ мм}$$

$$\max D_{3\text{тч}}^{\text{Кп}} = D_{3\text{тч}}^{\text{Кп}} + \delta_{\text{ч}}^{\text{т}} = 7,717 + 0,17 = 7,887 \text{ мм}$$

- заготовка

$$\min D_{3з}^{\text{Кп}} = D_{3з}^{\text{Кр}} = 9,129 \text{ мм}$$

$$\max D_{3з}^{\text{Кп}} = D_{3з}^{\text{Кп}} + \delta_{\text{г}}^{\text{з}} = 9,129 + 0,4 = 9,529 \text{ мм}$$

Припуски на обработку для размера при: - чистовом точении

$$\min 2 * Z_{\text{п}}^{\text{D3тч}} = D_{3\text{тч}}^{\text{Кп}} - D_{3\text{чт}}^{\text{Кп}} = (7,717 - 7,42) * 10^3 = 297 \text{ мкм}$$

$$\max 2 * Z_{\text{п}}^{\text{D3тч}} = D_{3\text{тч}}^{\text{Кп}} - D_{3\text{чт}}^{\text{Кп}} = (7,887 - 7,83) * 10^3 = 57 \text{ мкм}$$

- черновое точение

$$\min 2 * Z_{\text{п}}^{\text{D3тч}} = D_{3з}^{\text{Кп}} - D_{3\text{тч}}^{\text{Кп}} = (9,129 - 7,717) * 10^3 = 1412 \text{ мкм}$$

$$\max 2 * Z_{\text{п}}^{\text{D3тч}} = D_{3з}^{\text{Кп}} - D_{3\text{тч}}^{\text{Кп}} = (9,529 - 7,887) * 10^3 = 1642 \text{ мкм}$$

- общий припуск на обработку

$$\min 2 * Z_{\text{п}}^{\text{D3з}} = D_{3з}^{\text{Кп}} - D_{3\text{чт}}^{\text{Кп}} = (9,129 - 7,42) * 10^3 = 1709 \text{ мкм}$$

$$\max 2 * Z_{\text{п}}^{\text{D3з}} = D_{3з}^{\text{Кп}} - D_{3\text{чт}}^{\text{Кп}} = (9,529 - 7,83) * 10^3 = 1699 \text{ мкм}$$

1.7.4 Припуски и технологические размеры $D_4^K = 5,7_{-0,150}^{0,150}$

Минимальный припуск на обработку диаметра $D_4^K = 5,7_{-0,150}^{0,150}$ при:¹¹

- чистовое точение

$$2 * Z_{\min}^{D_{4\text{чТ}}} = 2 * (Rz_{\text{ч}}^T + T_{\text{ч}}^T + \sqrt{\rho_{\text{ч}}^2 + \varepsilon_{\text{ч}}^2}) = 2 * (50 + 50 + \sqrt{15^2 + 45^2}) = 295 \text{ мкм}$$

- черновое точение

$$2 * Z_{\min}^{D_{4\text{Гч}}} = 2 * (Rz_{\text{Г}}^3 + T_{\text{Г}}^3 + \sqrt{\rho_{\text{ч}}^2 + \varepsilon_{\text{ч}}^2}) = 2 * (150 + 250 + \sqrt{300^2 + 60^2}) = 1412 \text{ мкм}$$

Расчетный размер:

- чистовое точение

$$D_{4\text{чТ}}^{\text{Кр}} = D_{4\text{мин}}^{\text{К}} = 5,55 \text{ мм}$$

- черновое точение

$$D_{4\text{Гч}}^{\text{Кр}} = D_{4\text{чТ}}^{\text{Кр}} + 2 * Z_{\min}^{D_{4\text{Гч}}} = 5,55 + 2 * 295 * 10^{-3} = 5,845 \text{ мм}$$

- заготовка

$$D_{43}^{\text{Кр}} = D_{4\text{Гч}}^{\text{Кр}} + 2 * Z_{\min}^{D_{4\text{Гч}}} = 5,845 + 2 * 1412 * 10^{-3} = 7,257 \text{ мм}$$

Предельные размеры:

- чистовое точение

$$\begin{aligned} \min D_{4\text{чТ}}^{\text{Кп}} &= D_{4\text{чТ}}^{\text{Кр}} = 5,55 \text{ мм} \\ \max D_{4\text{чТ}}^{\text{Кп}} &= D_{4\text{чТ}}^{\text{Кп}} + \delta_{\text{ч}}^{\text{ч}} = 5,55 + 0,05 = 5,6 \text{ мм} \end{aligned}$$

- черновое точение

$$\begin{aligned} \min D_{4\text{Гч}}^{\text{Кп}} &= D_{4\text{Гч}}^{\text{Кр}} = 5,845 \text{ мм} \\ \max D_{4\text{Гч}}^{\text{Кп}} &= D_{4\text{Гч}}^{\text{Кп}} + \delta_{\text{ч}}^{\text{Г}} = 5,845 + 0,17 = 6,015 \text{ мм} \end{aligned}$$

- заготовка

$$\begin{aligned} \min D_{43}^{\text{Кп}} &= D_{43}^{\text{Кр}} = 7,257 \text{ мм} \\ \max D_{43}^{\text{Кп}} &= D_{43}^{\text{Кп}} + \delta_{\text{Г}}^3 = 7,257 + 0,4 = 7,657 \text{ мм} \end{aligned}$$

Припуски на обработку для размера при:

- чистовом точении

$$\begin{aligned} \min 2 * Z_{\text{п}}^{D_{4\text{чТ}}} &= D_{4\text{Гч}}^{\text{Кп}} - D_{4\text{чТ}}^{\text{Кп}} = (5,845 - 5,55) * 10^3 = 295 \text{ мкм} \\ \max 2 * Z_{\text{п}}^{D_{4\text{чТ}}} &= D_{4\text{Гч}}^{\text{Кп}} - D_{4\text{чТ}}^{\text{Кп}} = (6,015 - 5,6) * 10^3 = 415 \text{ мкм} \end{aligned}$$

¹¹ данные смотри таблица 1.3, рисунок 1.4

- черновое точение

$$\min 2 * z_{\Pi_{\min}}^{D4\Gamma\check{c}} = D_{43_{\min}}^{K\Pi} - D_{4\Gamma\check{c}_{\min}}^{K\Pi} = (7,257 - 5,845) * 10^3 = 1412 \text{ мкм}$$

$$\max 2 * z_{\Pi_{\max}}^{D4\Gamma\check{c}} = D_{43_{\max}}^{K\Pi} - D_{4\Gamma\check{c}_{\max}}^{K\Pi} = (7,657 - 6,015) * 10^3 = 1642 \text{ мкм}$$

- общий припуск на обработку

$$\min 2 * z_{\Pi_{\min}}^{D4o} = D_{43_{\min}}^{K\Pi} - D_{4\check{c}\Gamma_{\min}}^{K\Pi} = (7,257 - 5,55) * 10^3 = 1707 \text{ мкм}$$

$$\max 2 * z_{\Pi_{\max}}^{D4o} = D_{43_{\max}}^{K\Pi} - D_{4\check{c}\Gamma_{\max}}^{K\Pi} = (7,657 - 5,6) * 10^3 = 2057 \text{ мкм}$$

Результаты диаметральных расчетов сводим в таблицу 1.7.

1.7.5 Припуски и технологические осевые размеры

Минимальный припуск на обработку осевых размеров $L_1^K = 10_{0,215}^{-0,215}$

- чистовое точение

$$z_{\min}^{L1\check{c}\Gamma} = Rz_{\check{c}}^T + T_{\check{c}}^T + \rho_{\check{c}}^T = 50 + 50 + 18 = 118 \text{ мкм}$$

- черновое точение

$$z_{\min}^{L1\Gamma\check{c}} = Rz_{\Gamma}^3 + T_{\Gamma}^3 + \rho_{\check{c}}^T = 150 + 250 + 18 = 418 \text{ мкм}$$

Расчетный размер:

- чистовое точение

$$L_{1\check{c}\Gamma}^{Kp} = L_{1\min}^K = 9,785 \text{ мм}$$

- черновое точение

$$L_{1\Gamma\check{c}}^{Kp} = L_{1\check{c}\Gamma}^{Kp} + z_{\min}^{L1\Gamma\check{c}} = 9,785 + 118 * 10^{-3} = 9,903 \text{ мм}$$

- заготовка

$$L_{13}^{Kp} = L_{1\Gamma\check{c}}^{Kp} + z_{\min}^{L1\check{c}\Gamma} = 9,903 + 418 * 10^{-3} = 10,321 \text{ мм}$$

Предельные размеры:

- чистовое точение

$$\begin{aligned} \min L_{1\check{c}\Gamma_{\min}}^{K\Pi} &= L_{1\check{c}\Gamma}^{Kp} = 9,785 \text{ мм} \\ \max L_{1\check{c}\Gamma_{\max}}^{K\Pi} &= L_{1\max}^K + \delta_{\Gamma}^{\check{c}} = 10,215 + 0,05 = 10,265 \text{ мм} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& \min L_{1\Gamma\text{ч}}^{\text{Кп}} = L_{1\Gamma\text{ч}}^{\text{Кр}} = 9,903 \text{ мм} \\
- \text{ черновое точение} & \quad - \max L_{1\Gamma\text{ч}}^{\text{Кп}} = L_{1\Gamma\text{ч}}^{\text{Кп}} + \delta_{\text{ч}}^{\text{T}} = 9,903 + 0,17 = 10,073 \text{ мм} \\
& \min L_{13}^{\text{Кп}} = L_{13}^{\text{Кр}} = 10,321 \text{ мм} \\
- \text{ заготовка} & \quad - \max L_{13}^{\text{Кп}} = L_{13}^{\text{Кп}} + \delta_{\Gamma}^3 = 10,321 + 0,4 = 10,721 \text{ мм}
\end{aligned}$$

Припуски на обработку для размера при:

- чистовом точении

$$\begin{aligned}
\min z_{\text{п}}^{\text{L1чT}} &= L_{1\Gamma\text{ч}}^{\text{Кп}} - L_{1\text{чT}}^{\text{Кп}} = (9,903 - 9,785) * 10^3 = 118 \text{ мкм} \\
\max z_{\text{п}}^{\text{L1чT}} &= L_{1\Gamma\text{ч}}^{\text{Кп}} - L_{1\text{чT}}^{\text{Кп}} = (10,073 - 10,265) * 10^3 = 192 \text{ мкм}
\end{aligned}$$

- черновое точение

$$\begin{aligned}
\min z_{\text{п}}^{\text{L1Гч}} &= L_{13}^{\text{Кп}} - L_{1\Gamma\text{ч}}^{\text{Кп}} = (10,321 - 9,903) * 10^3 = 418 \text{ мкм} \\
\max z_{\text{п}}^{\text{L1Гч}} &= L_{13}^{\text{Кп}} - L_{1\Gamma\text{ч}}^{\text{Кп}} = (10,721 - 10,073) * 10^3 = 648 \text{ мкм}
\end{aligned}$$

- общий припуск на обработку

$$\begin{aligned}
\min z_{\text{п}}^{\text{L1o}} &= L_{13}^{\text{Кп}} - L_{1\text{чT}}^{\text{Кп}} = (10,321 - 9,785) * 10^3 = 536 \text{ мкм} \\
\max z_{\text{п}}^{\text{L1o}} &= L_{13}^{\text{Кп}} - L_{1\text{чT}}^{\text{Кп}} = (10,721 - 10,265) * 10^3 = 456 \text{ мкм}
\end{aligned}$$

Минимальный припуск на обработку осевых размеров $L_2^{\text{К}} = 28_{0,310}^{-0,310}$

- чистовое точение

$$z_{\text{мин}}^{\text{L2чT}} = RZ_{\text{ч}}^{\text{T}} + T_{\text{ч}}^{\text{T}} + \rho_{\text{ч}}^{\text{T}} = 50 + 50 + 18 = 118 \text{ мкм}$$

- черновое точение

$$z_{\text{мин}}^{\text{L2Гч}} = RZ_{\Gamma}^3 + T_{\Gamma}^3 + \rho_{\text{ч}}^{\text{T}} = 150 + 250 + 18 = 418 \text{ мкм}$$

Расчетный размер:

- чистовое точение

$$L_{2\text{чT}}^{\text{Кр}} = L_{2\text{мин}}^{\text{К}} = 27,69 \text{ мм}$$

- черновое точение

$$L_{2\text{Гч}}^{\text{Кр}} = L_{2\text{чT}}^{\text{Кр}} + z_{\text{мин}}^{\text{L2Гч}} = 27,69 + 118 * 10^{-3} = 27,808 \text{ мм}$$

- заготовка

$$L_{23}^{\text{Кр}} = L_{2\text{Гч}}^{\text{Кр}} + z_{\text{мин}}^{\text{L2Гч}} = 27,808 + 418 * 10^{-3} = 28,226 \text{ мм}$$

Предельные размеры:

- чистовое точение	$\min L_{2чг\min}^{Кп} = L_{2чг}^{Кр} = 27,69 \text{ мм}$
	$\max L_{2чг\max}^{Кп} = L_{2\max}^К + \delta_{г}^ч = 28,31 + 0,05 = 28,36 \text{ мм}$
- черновое точение	$\min L_{2гч\min}^{Кп} = L_{2гч}^{Кр} = 27,808 \text{ мм}$
	$\max L_{2гч\max}^{Кп} = L_{2гч\min}^{Кп} + \delta_{ч}^г = 27,808 + 0,17 = 27,978 \text{ мм}$
- заготовка	$\min L_{23\min}^{Кп} = L_{23}^{Кр} = 28,226 \text{ мм}$
	$\max L_{23\max}^{Кп} = L_{23\min}^{Кп} + \delta_{г}^3 = 28,226 + 0,4 = 28,626 \text{ мм}$

Припуски на обработку для размера при:

- чистовом точении

$$\min z_{п\min}^{L2чг} = L_{2гч\min}^{Кп} - L_{2чг\min}^{Кп} = (27,808 - 27,69) \cdot 10^3 = 118 \text{ мкм}$$
$$\max z_{п\max}^{L2чг} = L_{2гч\max}^{Кп} - L_{2чг\max}^{Кп} = (27,978 - 28,36) \cdot 10^3 = 382 \text{ мкм}$$

- черновое точение

$$\min z_{п\min}^{L2гч} = L_{23\min}^{Кп} - L_{2гч\min}^{Кп} = (28,226 - 27,808) \cdot 10^3 = 418 \text{ мкм}$$
$$\max z_{п\max}^{L2гч} = L_{23\max}^{Кп} - L_{2гч\max}^{Кп} = (28,626 - 27,978) \cdot 10^3 = 648 \text{ мкм}$$

- общий припуск на обработку

$$\min z_{п\min}^{L2о} = L_{23\min}^{Кп} - L_{2чг\min}^{Кп} = (28,226 - 27,69) \cdot 10^3 = 536 \text{ мкм}$$
$$\max z_{п\max}^{L2о} = L_{23\max}^{Кп} - L_{2чг\max}^{Кп} = (28,626 - 28,36) \cdot 10^3 = 266 \text{ мкм}$$

Минимальный припуск на обработку осевых размеров $L_3^K = 35_{0,000}^{-0,100}$

- чистовое точение

$$z_{\min}^{L3чг} = Rz_{ч}^г + T_{ч}^г + \rho_{ч}^г = 50 + 50 + 18 = 118 \text{ мкм}$$

- черновое точение

$$z_{\min}^{L3гч} = Rz_{г}^3 + T_{г}^3 + \rho_{ч}^г = 150 + 250 + 18 = 418 \text{ мкм}$$

Расчетный размер:

- чистовое точение

$$L_{3чг}^{Кр} = L_{3\min}^К = 34,9 \text{ мм}$$

- черновое точение

$$L_{3\text{тч}}^{\text{Кр}} = L_{3\text{чт}}^{\text{Кр}} + z_{\text{мин}}^{\text{Л3тч}} = 34,9 + 118 \cdot 10^{-3} = 35,018 \text{ мм}$$

- заготовка

$$L_{3з}^{\text{Кр}} = L_{3\text{тч}}^{\text{Кр}} + z_{\text{мин}}^{\text{Л3тч}} = 35,018 + 418 \cdot 10^{-3} = 35,436 \text{ мм}$$

Предельные размеры:

- чистовое точение	-	$\min L_{3\text{чт}}^{\text{Кп}} = L_{3\text{чт}}^{\text{Кр}} = 34,9 \text{ мм}$
	-	$\max L_{3\text{чт}}^{\text{Кп}} = L_{3\text{max}}^{\text{К}} + \delta_{\text{т}}^{\text{ч}} = 35 + 0,05 = 35,05 \text{ мм}$
- черновое точение	-	$\min L_{3\text{тч}}^{\text{Кп}} = L_{3\text{тч}}^{\text{Кр}} = 35,018 \text{ мм}$
	-	$\max L_{3\text{тч}}^{\text{Кп}} = L_{3\text{тч}}^{\text{Кп}} + \delta_{\text{ч}}^{\text{т}} = 35,018 + 0,17 = 35,188 \text{ мм}$
- заготовка	-	$\min L_{3з}^{\text{Кп}} = L_{3з}^{\text{Кр}} = 35,436 \text{ мм}$
	-	$\max L_{3з}^{\text{Кп}} = L_{3з}^{\text{Кп}} + \delta_{\text{т}}^{\text{з}} = 35,436 + 0,4 = 35,836 \text{ мм}$

Припуски на обработку для размера при:

- чистовом точении

$$\min z_{\text{п}}^{\text{Л3чт}} = L_{3\text{тч}}^{\text{Кп}} - L_{3\text{чт}}^{\text{Кп}} = (35,018 - 34,9) \cdot 10^3 = 118 \text{ мкм}$$

$$\max z_{\text{п}}^{\text{Л3чт}} = L_{3\text{тч}}^{\text{Кп}} - L_{3\text{чт}}^{\text{Кп}} = (35,188 - 35,05) \cdot 10^3 = 138 \text{ мкм}$$

- черновое точение

$$\min z_{\text{п}}^{\text{Л3тч}} = L_{3з}^{\text{Кп}} - L_{3\text{тч}}^{\text{Кп}} = (35,436 - 35,018) \cdot 10^3 = 418 \text{ мкм}$$

$$\max z_{\text{п}}^{\text{Л3тч}} = L_{3з}^{\text{Кп}} - L_{3\text{тч}}^{\text{Кп}} = (35,836 - 35,188) \cdot 10^3 = 648 \text{ мкм}$$

- общий припуск на обработку

$$\min z_{\text{п}}^{\text{Л3о}} = L_{3з}^{\text{Кп}} - L_{3\text{чт}}^{\text{Кп}} = (35,436 - 34,9) \cdot 10^3 = 536 \text{ мкм}$$

$$\max z_{\text{п}}^{\text{Л3о}} = L_{3з}^{\text{Кп}} - L_{3\text{чт}}^{\text{Кп}} = (35,836 - 35,05) \cdot 10^3 = 786 \text{ мкм}$$

Минимальный припуск на обработку осевых размеров $L_4^{\text{К}} = 20_{0,310}^{20,310}$

- чистовое точение

$$z_{\text{мин}}^{\text{Л4чт}} = Rz_{\text{ч}}^{\text{т}} + T_{\text{ч}}^{\text{т}} + \rho_{\text{ч}}^{\text{т}} = 50 + 50 + 18 = 118 \text{ мкм}$$

- черновое точение

$$z_{\min}^{L4_{\Gamma\text{ч}}} = Rz_{\Gamma}^3 + T_{\Gamma}^3 + \rho_{\text{ч}}^{\Gamma} = 150 + 250 + 18 = 418 \text{ мкм}$$

Расчетный размер:

- чистовое точение

$$L_{4\text{чТ}}^{\text{Кр}} = L_{4\text{мин}}^{\text{К}} = 19,69 \text{ мм}$$

- черновое точение

$$L_{4\text{Тч}}^{\text{Кр}} = L_{4\text{чТ}}^{\text{Кр}} + z_{\min}^{L4_{\text{Тч}}} = 19,69 + 118 \cdot 10^{-3} = 19,808 \text{ мм}$$

- заготовка

$$L_{43}^{\text{Кр}} = L_{4\text{Тч}}^{\text{Кр}} + z_{\min}^{L4_{\text{Тч}}} = 19,808 + 418 \cdot 10^{-3} = 20,226 \text{ мм}$$

Предельные размеры:

- чистовое точение	-	$\min L_{4\text{чТ, мин}}^{\text{Кп}} = L_{4\text{чТ}}^{\text{Кр}} = 19,69 \text{ мм}$
	-	$\max L_{4\text{чТ, макс}}^{\text{Кп}} = L_{4\text{макс}}^{\text{К}} + \delta_{\Gamma}^{\text{ч}} = 19,69 + 0,05 = 19,74 \text{ мм}$
- черновое точение	-	$\min L_{4\text{Тч, мин}}^{\text{Кп}} = L_{4\text{Тч}}^{\text{Кр}} = 19,808 \text{ мм}$
	-	$\max L_{4\text{Тч, макс}}^{\text{Кп}} = L_{4\text{Тч, мин}}^{\text{Кп}} + \delta_{\text{ч}}^{\Gamma} = 19,808 + 0,17 = 19,978 \text{ мм}$
- заготовка	-	$\min L_{43, мин}^{\text{Кп}} = L_{43}^{\text{Кр}} = 20,226 \text{ мм}$
	-	$\max L_{43, макс}^{\text{Кп}} = L_{43, мин}^{\text{Кп}} + \delta_{\Gamma}^3 = 20,226 + 0,4 = 20,626 \text{ мм}$

Припуски на обработку для размера при:

- чистовом точении

$$\min z_{\text{п, мин}}^{L4_{\text{чТ}}} = L_{4\text{Тч, мин}}^{\text{Кп}} - L_{4\text{чТ, мин}}^{\text{Кп}} = (19,808 - 19,69) \cdot 10^3 = 118 \text{ мкм}$$

$$\max z_{\text{п, макс}}^{L4_{\text{чТ}}} = L_{4\text{Тч, макс}}^{\text{Кп}} - L_{4\text{чТ, макс}}^{\text{Кп}} = (19,978 - 19,74) \cdot 10^3 = 238 \text{ мкм}$$

- черновое точение

$$\min z_{\text{п, мин}}^{L4_{\text{Тч}}} = L_{43, мин}^{\text{Кп}} - L_{4\text{Тч, мин}}^{\text{Кп}} = (20,226 - 19,808) \cdot 10^3 = 418 \text{ мкм}$$

$$\max z_{\text{п, макс}}^{L4_{\text{Тч}}} = L_{43, макс}^{\text{Кп}} - L_{4\text{Тч, макс}}^{\text{Кп}} = (20,626 - 19,978) \cdot 10^3 = 648 \text{ мкм}$$

- общий припуск на обработку

$$\min z_{\Pi_{\min}}^{L4o} = L_{43_{\min}}^{K\Pi} - L_{4ч_{\min}}^{K\Pi} = (20,226 - 19,69) \cdot 10^3 = 536 \text{ мкм}$$

$$\max z_{\Pi_{\max}}^{L4o} = L_{43_{\max}}^{K\Pi} - L_{4ч_{\max}}^{K\Pi} = (20,626 - 19,74) \cdot 10^3 = 886 \text{ мкм}$$

Минимальный припуск на обработку осевых размеров $L_5^K = 21_{0,310}^{-0,310}$

- чистовое точение

$$z_{\min}^{L5чТ} = Rz_{\text{ч}}^T + T_{\text{ч}}^T + \rho_{\text{ч}}^T = 50 + 50 + 18 = 118 \text{ мкм}$$

- черновое точение

$$z_{\min}^{L5Гч} = Rz_{\Gamma}^3 + T_{\Gamma}^3 + \rho_{\text{ч}}^T = 150 + 250 + 18 = 418 \text{ мкм}$$

Расчетный размер:

- чистовое точение

$$L_{5чТ}^{Kp} = L_{5\min}^K = 20,69 \text{ мм}$$

- черновое точение

$$L_{5Гч}^{Kp} = L_{5чТ}^{Kp} + z_{\min}^{L5Гч} = 20,69 + 118 \cdot 10^{-3} = 20,808 \text{ мм}$$

- заготовка

$$L_{53}^{Kp} = L_{5Гч}^{Kp} + z_{\min}^{L5Гч} = 20,808 + 418 \cdot 10^{-3} = 21,226 \text{ мм}$$

Предельные размеры:

- чистовое точение

$$\min L_{5чТ_{\min}}^{K\Pi} = L_{5чТ}^{Kp} = 20,69 \text{ мм}$$

$$\max L_{5чТ_{\max}}^{K\Pi} = L_{5\max}^K + \delta_{\Gamma}^{\text{ч}} = 21,31 + 0,05 = 21,36 \text{ мм}$$

- черновое точение

$$\min L_{5Гч_{\min}}^{K\Pi} = L_{5Гч}^{Kp} = 20,808 \text{ мм}$$

$$\max L_{5Гч_{\max}}^{K\Pi} = L_{5Гч_{\min}}^{Kp} + \delta_{\text{ч}}^T = 20,808 + 0,17 = 20,978 \text{ мм}$$

- заготовка

$$\min L_{53_{\min}}^{K\Pi} = L_{53}^{Kp} = 21,226 \text{ мм}$$

$$\max L_{53_{\max}}^{K\Pi} = L_{53_{\min}}^{Kp} + \delta_{\Gamma}^3 = 21,226 + 0,4 = 21,626 \text{ мм}$$

Припуски на обработку для размера при:

- чистовом точении

$$\min z_{\Pi_{\min}}^{L5\text{чТ}} = L_{5\text{Гч}_{\min}}^{\text{Кп}} - L_{5\text{чТ}_{\min}}^{\text{Кп}} = (20,808 - 20,69) \cdot 10^3 = 118 \text{ мкм}$$

$$\max z_{\Pi_{\max}}^{L5\text{чТ}} = L_{5\text{Гч}_{\max}}^{\text{Кп}} - L_{5\text{чТ}_{\max}}^{\text{Кп}} = (20,978 - 21,36) \cdot 10^3 = 382 \text{ мкм}$$

- черновое точение

$$\min z_{\Pi_{\min}}^{L5\text{Гч}} = L_{53_{\min}}^{\text{Кп}} - L_{5\text{Гч}_{\min}}^{\text{Кп}} = (21,226 - 20,808) \cdot 10^3 = 418 \text{ мкм}$$

$$\max z_{\Pi_{\max}}^{L5\text{Гч}} = L_{53_{\max}}^{\text{Кп}} - L_{5\text{Гч}_{\max}}^{\text{Кп}} = (21,626 - 20,978) \cdot 10^3 = 648 \text{ мкм}$$

- общий припуск на обработку

$$\min z_{\Pi_{\min}}^{L5\text{о}} = L_{53_{\min}}^{\text{Кп}} - L_{5\text{чТ}_{\min}}^{\text{Кп}} = (21,226 - 20,69) \cdot 10^3 = 536 \text{ мкм}$$

$$\max z_{\Pi_{\max}}^{L5\text{о}} = L_{53_{\max}}^{\text{Кп}} - L_{5\text{чТ}_{\max}}^{\text{Кп}} = (21,626 - 21,36) \cdot 10^3 = 266 \text{ мкм}$$

Минимальный припуск на обработку осевых размеров $L_6^{\text{К}} = 13,5_{0,260}^{-0,260}$

- чистовое точение

$$z_{\min}^{L6\text{чТ}} = Rz_{\text{ч}}^{\text{Т}} + T_{\text{ч}}^{\text{Т}} + \rho_{\text{ч}}^{\text{Т}} = 50 + 50 + 18 = 118 \text{ мкм}$$

- черновое точение

$$z_{\min}^{L6\text{Гч}} = Rz_{\text{Г}}^3 + T_{\text{Г}}^3 + \rho_{\text{ч}}^{\text{Т}} = 150 + 250 + 18 = 418 \text{ мкм}$$

Расчетный размер:

- чистовое точение

$$L_{6\text{чТ}}^{\text{Кр}} = L_{6\min}^{\text{К}} = 13,24 \text{ мм}$$

- черновое точение

$$L_{6\text{Гч}}^{\text{Кр}} = L_{6\text{чТ}}^{\text{Кр}} + z_{\min}^{L6\text{Гч}} = 13,24 + 118 \cdot 10^{-3} = 13,358 \text{ мм}$$

- заготовка

$$L_{63}^{\text{Кр}} = L_{6\text{Гч}}^{\text{Кр}} + z_{\min}^{L6\text{Гч}} = 13,358 + 418 \cdot 10^{-3} = 13,776 \text{ мм}$$

Предельные размеры:

- чистовое точение	- $\min L_{6\text{чТ}_{\min}}^{\text{Кп}} = L_{6\text{чТ}}^{\text{Кр}} = 13,24 \text{ мм}$
	- $\max L_{6\text{чТ}_{\max}}^{\text{Кп}} = L_{6\max}^{\text{К}} + \delta_{\text{Г}}^{\text{ч}} = 13,76 + 0,05 = 13,81 \text{ мм}$
- черновое точение	- $\min L_{6\text{Гч}_{\min}}^{\text{Кп}} = L_{6\text{Гч}}^{\text{Кр}} = 13,358 \text{ мм}$
	- $\max L_{6\text{Гч}_{\max}}^{\text{Кп}} = L_{6\text{Гч}_{\min}}^{\text{Кп}} + \delta_{\text{ч}}^{\text{Т}} = 13,358 + 0,17 = 13,528 \text{ мм}$
- заготовка	- $\min L_{63_{\min}}^{\text{Кп}} = L_{63}^{\text{Кр}} = 13,776 \text{ мм}$
	- $\max L_{63_{\max}}^{\text{Кп}} = L_{63_{\min}}^{\text{Кп}} + \delta_{\text{Г}}^3 = 13,776 + 0,4 = 14,176 \text{ мм}$

Припуски на обработку для размера при:

- чистовом точении

$$\begin{aligned}\min z_{\text{п,мин}}^{L_{6\text{чТ}}} &= L_{6\text{Гч,мин}}^{\text{Кп}} - L_{6\text{чТ,мин}}^{\text{Кп}} = (13,358 - 13,24) \cdot 10^3 = 118 \text{ мкм} \\ \max z_{\text{п,мак}}^{L_{6\text{чТ}}} &= L_{6\text{Гч,мак}}^{\text{Кп}} - L_{6\text{чТ,мак}}^{\text{Кп}} = (13,528 - 13,81) \cdot 10^3 = 282 \text{ мкм}\end{aligned}$$

- черновое точение

$$\begin{aligned}\min z_{\text{п,мин}}^{L_{6\text{Гч}}} &= L_{63\text{,мин}}^{\text{Кп}} - L_{6\text{Гч,мин}}^{\text{Кп}} = (13,776 - 13,358) \cdot 10^3 = 418 \text{ мкм} \\ \max z_{\text{п,мак}}^{L_{6\text{Гч}}} &= L_{63\text{,мак}}^{\text{Кп}} - L_{6\text{Гч,мак}}^{\text{Кп}} = (14,176 - 13,528) \cdot 10^3 = 648 \text{ мкм}\end{aligned}$$

- общий припуск на обработку

$$\begin{aligned}\min z_{\text{п,мин}}^{L_{60}} &= L_{63\text{,мин}}^{\text{Кп}} - L_{6\text{чТ,мин}}^{\text{Кп}} = (13,776 - 13,24) \cdot 10^3 = 536 \text{ мкм} \\ \max z_{\text{п,мак}}^{L_{60}} &= L_{63\text{,мак}}^{\text{Кп}} - L_{6\text{чТ,мак}}^{\text{Кп}} = (14,176 - 13,81) \cdot 10^3 = 366 \text{ мкм}\end{aligned}$$

Минимальный припуск на обработку осевых размеров $L_7^{\text{К}} = 74_{0,410}^{-0,410}$

- чистовое точение

$$z_{\text{мин}}^{L_{7\text{чТ}}} = Rz_{\text{ч}}^{\text{Т}} + T_{\text{ч}}^{\text{Т}} + \rho_{\text{ч}}^{\text{Т}} = 50 + 50 + 18 = 118 \text{ мкм}$$

- черновое точение

$$z_{\text{мин}}^{L_{7\text{Гч}}} = Rz_{\text{Г}}^3 + T_{\text{Г}}^3 + \rho_{\text{ч}}^{\text{Т}} = 150 + 250 + 18 = 418 \text{ мкм}$$

Расчетный размер:

- чистовое точение

$$L_{7\text{чТ}}^{\text{Кр}} = L_{7\text{мин}}^{\text{К}} = 73,59 \text{ мм}$$

- черновое точение

$$L_{7\text{Гч}}^{\text{Кр}} = L_{7\text{чТ}}^{\text{Кр}} + z_{\text{мин}}^{L_{7\text{Гч}}} = 73,59 + 118 \cdot 10^{-3} = 73,708 \text{ мм}$$

- заготовка

$$L_{73}^{\text{Кр}} = L_{7\text{Гч}}^{\text{Кр}} + z_{\text{мин}}^{L_{7\text{Гч}}} = 73,708 + 418 \cdot 10^{-3} = 74,126 \text{ мм}$$

Предельные размеры:

- чистовое точение	$\min L_{7\text{чГ}}^{\text{Кп}} = L_{7\text{чГ}}^{\text{Кр}} = 73,59 \text{ мм}$ $\max L_{7\text{чГ}}^{\text{Кп}} = L_{7\text{max}}^{\text{К}} + \delta_{\text{Г}}^{\text{ч}} = 74,41 + 0,05 = 74,46 \text{ мм}$
- черновое точение	$\min L_{7\text{Тч}}^{\text{Кп}} = L_{7\text{Тч}}^{\text{Кр}} = 73,708 \text{ мм}$ $\max L_{7\text{Тч}}^{\text{Кп}} = L_{7\text{Тч}}^{\text{Кп}} + \delta_{\text{ч}}^{\text{Т}} = 73,708 + 0,17 = 73,878 \text{ мм}$
- заготовка	$\min L_{73}^{\text{Кп}} = L_{73}^{\text{Кр}} = 74,126 \text{ мм}$ $\max L_{73}^{\text{Кп}} = L_{73}^{\text{Кп}} + \delta_{\text{Г}}^3 = 74,126 + 0,4 = 74,526 \text{ мм}$

Припуски на обработку для размера при:

- чистовом точении

$$\min z_{\text{п}}^{\text{L7чГ}} = L_{7\text{Тч}}^{\text{Кп}} - L_{7\text{чГ}}^{\text{Кп}} = (73,708 - 73,59) \cdot 10^3 = 118 \text{ мкм}$$

$$\max z_{\text{п}}^{\text{L7чГ}} = L_{7\text{Тч}}^{\text{Кп}} - L_{7\text{чГ}}^{\text{Кп}} = (73,878 - 74,46) \cdot 10^3 = 582 \text{ мкм}$$

- черновое точение

$$\min z_{\text{п}}^{\text{L7Тч}} = L_{73}^{\text{Кп}} - L_{7\text{Тч}}^{\text{Кп}} = (74,126 - 73,708) \cdot 10^3 = 418 \text{ мкм}$$

$$\max z_{\text{п}}^{\text{L7Тч}} = L_{73}^{\text{Кп}} - L_{7\text{Тч}}^{\text{Кп}} = (74,526 - 73,878) \cdot 10^3 = 648 \text{ мкм}$$

- общий припуск на обработку

$$\min z_{\text{п}}^{\text{L7о}} = L_{73}^{\text{Кп}} - L_{7\text{чГ}}^{\text{Кп}} = (74,126 - 73,59) \cdot 10^3 = 536 \text{ мкм}$$

$$\max z_{\text{п}}^{\text{L7о}} = L_{73}^{\text{Кп}} - L_{7\text{чГ}}^{\text{Кп}} = (74,526 - 74,46) \cdot 10^3 = 66 \text{ мкм}$$

Таблица 1.7 – Припуски и технологические размеры цилиндрических поверхностей

№	Технологические переходы обработки поверхности	Элементы припуска, мкм				Расчетный		Допуск δ_i , мкм	Предельные значения			
		Rz _i	T _i	ρ_i	ε_i	припуск $2*Z_{\min_i}$,	размер D_i^p ,		размера, мм		припуска, мкм	
						мкм	мм		d _{min_i}	d _{max_i}	$2*Z_{\min_i}^{pp}$	$2*Z_{\max_i}^{pp}$
a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m
5	$D_4^K = 5,7_{-0,150}^{0,150}$											
6	Заготовка	150	250	300	-	-	7,257	400	7,257	7,657	-	-
7	ТОЧЕНИЕ: - черновое h14	50	50	18	60	1412	5,845	170	5,845	6,015	1412	1642
8	- чистовое h10	40	30	15	45	295	5,55	50	5,55	5,6	295	415
9	$D_1^K = 6_{-0,012}^{0,000}$											
10	Заготовка	150	250	300	-	-	7,884	400	7,884	8,284	-	-
11	ТОЧЕНИЕ: - черновое h14	50	50	18	60	1412	6,472	170	6,472	6,642	1412	1642
12	- чистовое h10	40	30	15	45	297	6,175	50	6,175	6,225	297	417
13	ШЛИФОВАНИЕ	10	15	6	30	187	5,988	12	5,988	6	187	225
14	$D_3^K = 7,6_{-0,180}^{0,180}$											
15	Заготовка	150	250	300	-	-	9,129	400	9,129	9,529	-	-

Продолжение таблицы 1.7

16	ТОЧЕНИЕ: - черновое h14	50	50	18	60	1412	7,717	170	7,717	7,887	1412	1642
17	- чистовое h10	40	30	15	45	297	7,42	50	7,42	7,83	297	57
18	$D_2^K = 12_{-0,012}^{-0,034}$											
19	Заготовка	150	250	300	-	-	13,862	0,4	13,862	14,262	-	-
20	ТОЧЕНИЕ: - черновое h14	50	50	18	60	1412	12,450	0,17	12,450	12,62	1412	1642
21	- чистовое h10	40	30	15	45	297	12,153	0,05	12,153	12,203	297	417
22	ШЛИФОВАНИЕ	10	15	6	30	187	11,966	0,012	11,966	11,978	187	225

Таблица 1.8 – Припуски и технологические размеры осевых поверхностей

№	Технологические переходы обработки поверхности	Элементы припуска, мкм				Расчетный		Допуск δ_i , мкм	Предельные значения			
		Rz _i	T _i	ρ_i	ε_i	припуск z _{min<i>i</i>} , мкм	размер L _i ^p , мм		размера, мм		припуска, мкм	
									L _{min<i>i</i>}	L _{max<i>i</i>}	Z _{min<i>i</i>} ^{пр}	Z _{max<i>i</i>} ^{пр}
a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m
5	$L_1^K = 10_{0,215}^{-0,215}$											
6	Заготовка	150	250	300	-	-	10,321		10,321	10,721	-	-
7	ТОЧЕНИЕ: - черновое h14	50	50	18	-	418	9,903	0,17	9,903	10,073	418	648
8	- чистовое h10	40	30	15	-	118	9,785	0,05	9,785	10,265	118	192
9	Общий припуск										536	456
10	$L_2^K = 28_{0,310}^{-0,310}$											
11	Заготовка	150	250	300	-	-	28,226		28,226	28,626	-	-
12	ТОЧЕНИЕ: - черновое h14	50	50	18	-	418	27,808	0,17	27,808	27,978	418	648
13	- чистовое h10	40	30	15	-	118	27,69	0,05	27,69	28,36	118	382
14	Общий припуск										536	266
15	$L_3^K = 35_{0,000}^{-0,100}$											

Продолжение таблицы 1.8

16	Заготовка	150	250	300	-	-	35,436		35,436	35,836	-	-
17	ТОЧЕНИЕ: - черновое h14	50	50	18	-	418	35,018	0,17	35,018	35,188	418	648
18	- чистовое h10	40	30	15	-	118	34,9	0,05	34,9	35,05	118	138
19	Общий припуск										536	786
20	$L_4^K = 20_{0,310}^{20,310}$											
21	Заготовка	150	250	300	-	-	20,226		20,226	20,626	-	-
22	ТОЧЕНИЕ: - черновое h14	50	50	18	-	418	19,808	0,17	19,808	19,978	418	648
23	- чистовое h10	40	30	15	-	118	19,69	0,05	19,69	19,74	118	238
24	Общий припуск										536	886
25	$L_5^K = 21_{0,310}^{-0,310}$											
26	Заготовка	150	250	300	-	-	21,226		21,226	21,626	-	-
27	ТОЧЕНИЕ: - черновое h14	50	50	18	-	418	20,808	0,17	20,808	20,978	418	648
28	- чистовое h10	40	30	15	-	118	20,69	0,05	20,69	21,36	118	382
29	Общий припуск										536	266
30	$L_6^K = 13,5_{0,260}^{-0,260}$											

Продолжение таблицы 1.8

31	Заготовка	150	250	300	-	-	13,776		13,776	14,176	-	-
32	ТОЧЕНИЕ: - черновое h14	50	50	18	-	418	13,358	0,17	13,358	13,528	418	648
33	- чистовое h10	40	30	15	-	118	13,24	0,05	13,24	13,81	118	282
34	Общий припуск										536	366
35	$L_7^K = 74_{0,410}^{-0,410}$											
36	Заготовка	150	250	300	-	-	74,126		74,126	74,526	-	-
37	ТОЧЕНИЕ: - черновое h14	50	50	18	-	418	73,708	0,17	73,708	73,878	418	648
38	- чистовое h10	40	30	15	-	118	73,59	0,05	73,59	74,46	118	582
39	Общий припуск										536	66

1.7.6 Расчет припусков и технологических размеров по оси

Для проведения расчета технологических цепей строим технологическую размерную схему техпроцесса изготовления детали "Червяк", смотри графическую часть проекта - лист "Схема размерного анализа техпроцесса".

В таблице приведены данные конструктивных размеров.

Таблица 1.9 – Данные конструктивных размеров, мм

№	Размер	Отклонение		Допуск
		верхнее	нижнее	
a	b	c	d	e
4	$K_1 = 74$	$\Delta_1^B = 0,3$	$\Delta_1^H = -0,3$	$TK_1 = 0,06$
5	$K_2 = 28$	$\Delta_2^B = 0,021$	$\Delta_2^H = -0,021$	$TK_2 = 0,042$
6	$K_3 = 20$	$\Delta_3^B = 0,021$	$\Delta_3^H = -0,021$	$TK_3 = 0,042$
7	$K_4 = 21$	$\Delta_4^B = 0,021$	$\Delta_4^H = -0,021$	$TK_4 = 0,042$
8	$K_5 = 10$	$\Delta_5^B = 0,018$	$\Delta_5^H = -0,018$	$TK_5 = 0,036$
9	$K_6 = 13,5$	$\Delta_6^B = 0,018$	$\Delta_6^H = -0,018$	$TK_6 = 0,036$
10	$K_7 = 1,6$	$\Delta_7^B = 0,01$	$\Delta_7^H = -0,01$	$TK_7 = 0,02$
11	$K_8 = 1$	$\Delta_8^B = 0,01$	$\Delta_8^H = -0,01$	$TK_8 = 0,02$
12	$K_9 = 1$	$\Delta_9^B = 0,01$	$\Delta_9^H = -0,01$	$TK_9 = 0,02$
13	$K_{10} = 1,6$	$\Delta_{10}^B = 0,01$	$\Delta_{10}^H = -0,01$	$TK_{10} = 0,02$
14	$K_{11} = 0,5$	$\Delta_{11}^B = 0,01$	$\Delta_{11}^H = -0,01$	$TK_{11} = 0,02$
15	$K_{12} = 0,5$	$\Delta_{12}^B = 0,01$	$\Delta_{12}^H = -0,01$	$TK_{12} = 0,02$
16	$K_{13} = 35$	$\Delta_{13}^B = 0$	$\Delta_{13}^H = -0,1$	$TK_{13} = 0,1$

Таблица 1.10 – Данные технологических размеров, мм

№	Размер	Отклонения		Допуск
		верхнее	нижнее	
a	b	c	d	e
4	$A_0^0 = 78_{-0,1}^{0,3}$	$\Delta_0^B = 0,3$	$\Delta_0^H = -0,1$	$TA_0^0 = 0,4$
5	$A_1^0 = 16_{-0,1}^{0,2}$	$\Delta_1^B = 0,2$	$\Delta_1^H = -0,1$	$TA_1^0 = 0,3$
6	$A_2^0 = 10_{-0,1}^{0,2}$	$\Delta_2^B = 0,2$	$\Delta_2^H = -0,1$	$TA_2^0 = 0,3$
7	$A_3^0 = 19_{-0,1}^{0,2}$	$\Delta_3^B = 0,2$	$\Delta_3^H = -0,1$	$TA_3^0 = 0,3$
8	$A_4^0 = 10_{-0,1}^{0,2}$	$\Delta_4^B = 0,2$	$\Delta_4^H = -0,1$	$TA_4^0 = 0,3$
9	$A_{11}^{10} = 74_{-0,15}^{0,15}$	$\Delta_{11}^B = 0,15$	$\Delta_{11}^H = -0,15$	$TA_{11}^{10} = 0,3$
10	$A_{11}^{15} = 20,5_{-0,11}^{0,11}$	$\Delta_{11}^B = 0,11$	$\Delta_{11}^H = -0,11$	$TA_{11}^{15} = 0,22$
11	$A_{12}^{15} = 4,75_{-0,06}^{0,06}$	$\Delta_{12}^B = 0,06$	$\Delta_{12}^H = -0,06$	$TA_{12}^{15} = 0,12$
12	$A_{21}^{15} = 17,22_{-0,09}^{0,09}$	$\Delta_{21}^B = 0,09$	$\Delta_{21}^H = -0,09$	$TA_{21}^{15} = 0,18$
13	$A_{22}^{15} = 9,5_{-0,075}^{0,075}$	$\Delta_{22}^B = 0,075$	$\Delta_{22}^H = -0,075$	$TA_{22}^{15} = 0,15$
14	$A_{23}^{15} = 18_{-0,075}^{0,025}$	$\Delta_{23}^B = 0,025$	$\Delta_{23}^H = -0,075$	$TA_{23}^{15} = 0,05$
15	$A_{24}^{15} = 10_{0,14}^{-0,1}$	$\Delta_{24}^B = -0,1$	$\Delta_{24}^H = 0,14$	$TA_{24}^{15} = 0,24$
16	$A_{26}^{15} = 1,6_{-0,005}^{0,0005}$	$\Delta_{26}^B = 0,0005$	$\Delta_{26}^H = -0,005$	$TA_{26}^{15} = 0,01$
17	$A_{27}^{15} = 0,5_{-0,01}^{0,01}$	$\Delta_{27}^B = 0,01$	$\Delta_{27}^H = -0,01$	$TA_{27}^{15} = 0,02$
18	$A_{28}^{15} = 1_{-0,01}^{0,01}$	$\Delta_{28}^B = 0,01$	$\Delta_{28}^H = -0,01$	$TA_{28}^{15} = 0,02$
19	$A_{31}^{15} = 21_{-0,075}^{0,025}$	$\Delta_{31}^B = 0,025$	$\Delta_{31}^H = -0,075$	$TA_{31}^{15} = 0,1$
20	$A_{32}^{15} = 5_{0,14}^{-0,1}$	$\Delta_{32}^B = -0,1$	$\Delta_{32}^H = 0,14$	$TA_{32}^{15} = 0,24$
21	$A_{33}^{15} = 1,6_{-0,005}^{0,005}$	$\Delta_{33}^B = 0,005$	$\Delta_{33}^H = -0,005$	$TA_{33}^{15} = 0,01$
22	$A_{34}^{15} = 1_{-0,01}^{0,01}$	$\Delta_{34}^B = 0,01$	$\Delta_{34}^H = -0,01$	$TA_{34}^{15} = 0,02$
23	$A_{35}^{15} = 0,5_{-0,01}^{0,01}$	$\Delta_{35}^B = 0,01$	$\Delta_{35}^H = -0,01$	$TA_{35}^{15} = 0,02$
24	$A_{11}^{30} = 13,5_{-0,015}^{0,015}$	$\Delta_{11}^B = 0,015$	$\Delta_{11}^H = -0,015$	$TA_{11}^{30} = 0,15$

Продолжение таблицы 1.10

25	$A_{21}^{30} = 10_{-0,015}^{0,015}$	$\Delta_{21}^{B30} = 0,015$	$\Delta_{21}^{H30} = -0,015$	$TA_{21}^{30} = 0,15$
----	-------------------------------------	-----------------------------	------------------------------	-----------------------

Таблица 1.11 – Данные припусков, мм

№	Припуск	Отклонения		Допуск
		верхнее	нижнее	
a	b	c	d	e
4	$z_{11}^{10} = 2$	$\Delta_{11}^{BZ10} = 0,01$	$\Delta_{11}^{HZ10} = -0,01$	$Tz_{11}^{10} = 0,02$
5	$z_{11}^{15} = 1,5$	$\Delta_{11}^{BZ15} = 0,01$	$\Delta_{11}^{HZ15} = -0,01$	$Tz_{11}^{15} = 0,02$
6	$z_{12}^{15} = 1,25$	$\Delta_{12}^{BZ15} = 0,01$	$\Delta_{12}^{HZ15} = -0,01$	$Tz_{12}^{15} = 0,02$
7	$z_{21}^{15} = 1,2$	$\Delta_{21}^{BZ15} = 0,01$	$\Delta_{21}^{HZ15} = -0,01$	$Tz_{21}^{15} = 0,02$
8	$z_{22}^{15} = 0,7$	$\Delta_{22}^{BZ15} = 0,01$	$\Delta_{22}^{HZ15} = -0,01$	$Tz_{22}^{15} = 0,02$
9	$z_{23}^{15} = 0,78$	$\Delta_{23}^{BZ15} = 0,01$	$\Delta_{23}^{HZ15} = -0,01$	$Tz_{23}^{15} = 0,02$
10	$z_{24}^{15} = 1,28$	$\Delta_{24}^{BZ15} = 0,01$	$\Delta_{24}^{HZ15} = -0,01$	$Tz_{24}^{15} = 0,02$
11	$z_{31}^{15} = 0,5$	$\Delta_{31}^{BZ15} = 0,01$	$\Delta_{31}^{HZ15} = -0,01$	$Tz_{31}^{15} = 0,02$
12	$z_{32}^{15} = 0,75$	$\Delta_{32}^{BZ15} = 0,01$	$\Delta_{32}^{HZ15} = -0,01$	$Tz_{32}^{15} = 0,02$

Для облегчения выявления взаимосвязей размерных цепей с большим числом звеньев строим граф технологических размерных цепей.

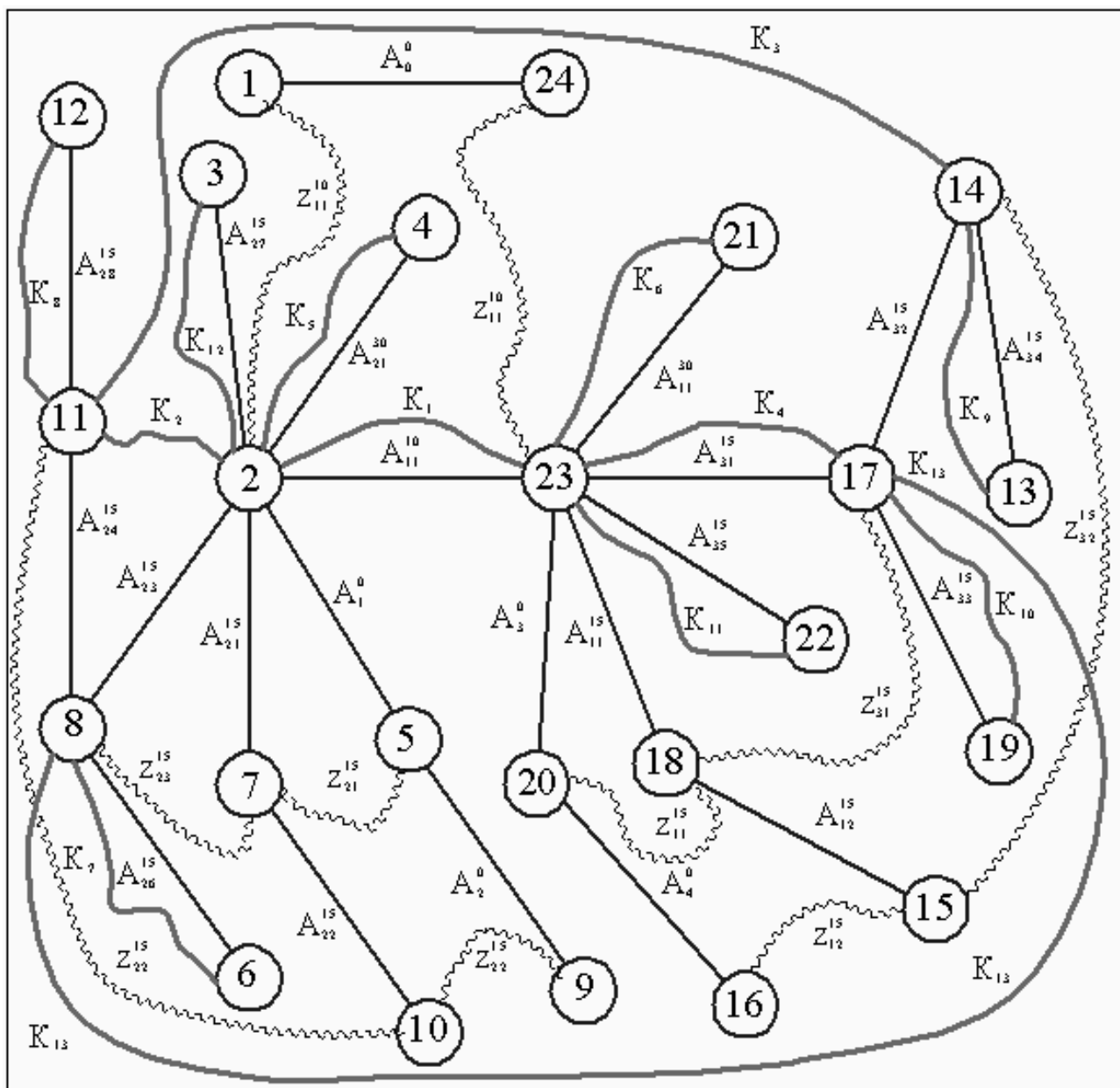


Рисунок 1.7 Граф технологических размерных цепей.

Для этого по размерной схеме технологического процесса и графу технологических размерных цепей находим соответствующую размерной цепи.¹² Записываем уравнение цепи и рассчитываем значение замыкающего звена.

Расчет выполним методом максимума↔минимума, будем использовать следующую схему вычисления номинального значения и предельных отклонений замыкающего звена. Для определения верхнего отклонения замыкающего звена

¹² смотри таблицу 1.1

складываем верхние отклонения увеличивающих звеньев и вычитаем из полученной суммы нижние отклонения уменьшающих звеньев.

Для нижнего отклонения замыкающего звена складываем нижние отклонения увеличивающих звеньев и вычитаем верхние отклонения уменьшающих.

Таблица 1.12 – Расчет значений конструкторских размеров, обеспечиваемых спроектированным технологическим процессом

№	Размер	Схемы размерных цепей	Уравнения размерных цепей и вычисленные значения замыкающих звеньев
a	b	c	d
3	$K_1 = 74_{-0,3}^{0,3}$		$A_{11}^{10} = 74_{-0,15}^{0,15}$
4	$K_2 = 28_{-0,021}^{0,021}$		$A_{23}^{15} + A_{24}^{15}$ $18_{-0,075}^{0,025} + 10_{0,14}^{-0,1} = 28_{0,065}^{-0,075}$
5	$K_3 = 20_{-0,021}^{0,021}$		$A_{11}^{10} - A_{31}^{15} - A_{32}^{15} - A_{23}^{15} - A_{24}^{15}$ $74_{-0,15}^{0,15} - 21_{-0,075}^{0,025} - 5_{0,14}^{-0,1} - 18_{-0,075}^{0,025} - 10_{0,14}^{-0,1}$ $20_{0,000}^{0,02}$
6	$K_4 = 21_{-0,021}^{0,021}$		$A_{31}^{15} = 21_{-0,075}^{0,025}$
7	$K_5 = 10_{-0,018}^{0,018}$		$A_{21}^{30} = 10_{-0,015}^{0,015}$

Продолжение таблицы 1.12

8	$K_6 = 13,5_{-0,018}^{0,018}$		$A_{11}^{30} = 13,5_{-0,015}^{0,015}$
9	$K_7 = 1,6_{-0,01}^{0,01}$		$A_{26}^{15} = 1,6_{-0,005}^{0,0005}$
10	$K_8 = 1_{-0,01}^{0,01}$		$A_{28}^{15} = 1_{-0,01}^{0,01}$
11	$K_9 = 1_{-0,01}^{0,01}$		$A_{34}^{15} = 1_{-0,01}^{0,01}$
12	$K_{10} = 1,6_{-0,01}^{0,01}$		$A_{33}^{15} = 1,6_{-0,005}^{0,005}$
13	$K_{11} = 0,5_{-0,01}^{0,01}$		$A_{35}^{15} = 0,5_{-0,01}^{0,01}$
14	$K_{12} = 0,5_{-0,01}^{0,01}$		$A_{27}^{15} = 0,5_{-0,01}^{0,01}$
15	$K_{13} = 35_{-0,1}^0$		$\overset{\rightarrow}{A_{11}^{10}} - \overset{\leftarrow}{A_{23}^{15}} - \overset{\leftarrow}{A_{31}^{15}}$ $74_{-0,15}^{0,15} - 18_{-0,075}^{0,025} - 21_{-0,075}^{0,025} = 35_{-0,1}^{0,0}$

Таким образом, спроектированный технологический процесс в целом удовлетворительный, естественно в будущем возможна его оптимизация.

1.8 Выбор оборудования

1.8.1 2910 автомат центrovальный двусторонний

Станки модели 2910 предназначены для фрезерования торцов, обработки центровых отверстий, обточки шеек валов одновременно с двух сторон.

1.8.2 16К20Ф3 токарно-винторезный



Рисунок 1.8 16К20Ф3 токарно-винторезный.

Для обработки различных деталей на промышленных предприятиях широко используются токарные станки 16К20Ф3, которые имеют необходимые технические характеристики. Производство данного типа оборудования было организовано на московском станкостроительном заводе «Красный пролетарий» в 1970-х годах, которое поставлялось во многие регионы страны.

Станок токарный 16К20Ф3 используется для работ, осуществляемых при обработке внутренних и внешних поверхностей изделий по заранее

установленной программе. В основном производится отделка изделий с габаритами внутренней поверхности не превышающими - 100 см, наружной - 40 см.

Таблица 1.13 - технические характеристики станка 16К20Ф

Диаметр обработки над станиной, мм	500
Диаметр обработки над суппортом, мм	200
Наибольшая длина обработки, 6-позиционная головка, мм	900
Наибольшая длина обработки, 8-позиционная головка, мм	750
Наибольшая длина обработки, 12-позиционная головка, мм	850
Наибольшая длина обработки в центрах, мм	1000
Диаметр цилиндрического отверстия в шпинделе, мм	55
Наибольший поперечный ход суппорта, мм	210
Наибольший продольный ход суппорта, мм	905
Максимальная рекомендуемая скорость продольной рабочей подачи, мм	2000
Максимальная рекомендуемая скорость поперечной рабочей подачи, мм	1000
Количество управляемых координат, шт	2
Количество одновременно управляемых координат, шт	2
Дискретность задания перемещения, мм	0,001
Пределы частот вращения шпинделя, мин ⁻¹	20 ... 2500
Скорость быстрых перемещений суппорта - поперечного, $\frac{\text{ММ}}{\text{МИН}}$	2 400
Максимальная скорость быстрых продольных перемещений, $\frac{\text{ММ}}{\text{МИН}}$	15000
Максимальная скорость быстрых поперечных перемещений, $\frac{\text{ММ}}{\text{МИН}}$	7500
Количество позиций инструментальной головки	8
Мощность электродвигателя главного движения, кВт	11
Класс точности по ГОСТ 8-82	II

Габаритные размеры станка (Д*Ш*В), мм	3700*2260*1650
Масса станка, кг	4000

1.8.3 6P12 вертикально-фрезерный



Рисунок 1.9 6P12 вертикально-фрезерный.

Вертикально-фрезерный станок 6P12 предназначен для фрезерования, сверления и выполнения расточных работ заготовок любых форм и из любых материалов - от чугуна до сплавов цветных металлов, пластмасс. Шпиндельная головка вертикально-фрезерного станка оснащена механизмами поворота и

ручного осевого перемещения шпинделя. Это позволяет производить обработку отверстий, расположенных под наклоном до $\pm 45^\circ$ к поверхности стола. Высокая жесткость вертикально-фрезерного станка 6P12 в сочетании с мощным приводом позволяет использовать фрезы с пластинами из быстрорежущей стали, а также из твердых и сверхтвердых материалов.

Таблица 1.14 - технические характеристики станка 6P12

Размеры рабочей поверхности стола, мм	1250*320
Наибольшее продольное перемещение стола, мм	800
Наибольшее поперечное перемещение стола, мм	320
Наибольшее вертикальное перемещение стола, мм	420
Расстояние от торца шпинделя до рабочей поверхности стола, мм	30 ... 450
Пределы частот вращения шпинделя, мин ⁻¹	31,5 ... 1600
Ускоренное продольное перемещение стола, $\frac{\text{мм}}{\text{мин}}$	4000
Ускоренное поперечное перемещение стола, $\frac{\text{мм}}{\text{мин}}$	4000
Ускоренное вертикальное перемещение стола, $\frac{\text{мм}}{\text{мин}}$	1330
Максимальная масса обрабатываемой детали с приспособлением, кг	250/550
Мощность электродвигателя привода шпинделя, кВт	7,5/11
Мощность электродвигателя привода стола, кВт	3
Конус шпинделя по ГОСТ 30064-93	ISO 50
Габаритные размеры станка (Д*Ш*В), мм	2280*1965*2265
Масса станка с электрооборудованием, кг	3250

1.8.4 3М152 полуавтомат круглошлифовальный

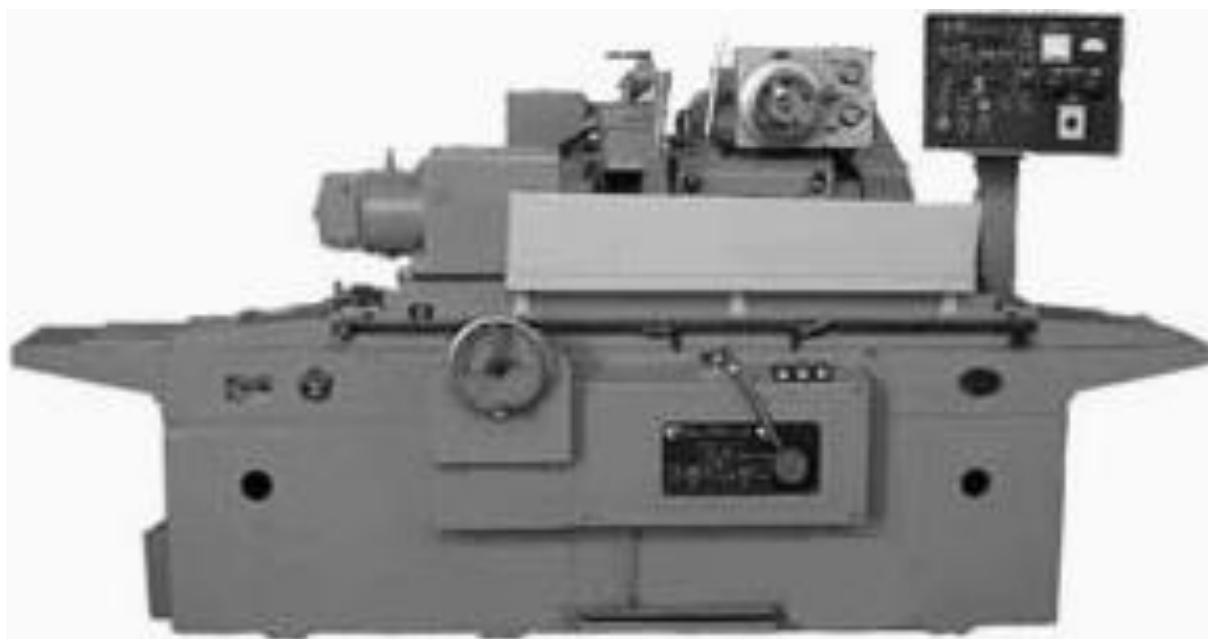


Рисунок 1.10 3М152 полуавтомат круглошлифовальный.

Станки модели 3М152МВФ2 предназначены для наружного шлифования гладких и прерывистых цилиндрических и пологих конических поверхностей методами продольного и врезного шлифования

Таблица 1.15 - технические характеристики станка 3М152

Высота центров над столом, мм	125
Расстояние между центрами, мм	710/1000/1400
Наибольшие размеры устанавливаемого изделия, ¹³ мм	200/1000
Наибольшие размеры шлифования, ¹³ мм	200/1000
Наибольшая масса устанавливаемого изделия, кг:	
- при незажатой пиноли	55
- при зажатой пиноли	300
Постоянство диаметра в продольном сечении, мм	0,003
Круглость, мм	0,001

¹³ диаметр/длина

Продолжение таблицы 1.15

Параметр шероховатости поверхности, Ra, мкм	0,0125
Наибольшая величина перемещения шлифовальной бабки по винту, мм	185
Размеры шлифовального круга, ¹³ мм	600/80
Величина быстрого подвода шлифовальной бабки, мм	50
Скорость резания, $\frac{M}{c}$	50
Наибольшая величина перемещения стола, мм	995
Конус в шпинделе бабки и пиноли задней бабки Морзе	4
Наибольшая величина перемещения пиноли задней бабки, мм	35
Частота вращения изделия, $\frac{об}{мин}$	50 ... 500
Мощность, кВт	11
Габариты, мм	4975*2337*2230
Масса, кг	5730

1.8.5 5886В полуавтомат червячно-шлифовальный



Рисунок 1.11 5886В полуавтомат червячно-шлифовальный.

Станки модели 5886В предназначены для шлифования профиля одно- и многозаходных червяков $m = 1 \dots 12$ и числом заходов $z = 1 \dots 6$.

Таблица 1.16 - технические характеристики станка 5886В

Наибольшие размеры устанавливаемого изделия, мм:	
- диаметр	200
- длина	500
Диаметры шлифуемых червяков, мм	20 ... 150
Наибольшая длина шлифования, ¹⁴ мм	320
Наибольшая масса устанавливаемой заготовки, кг	30
Модуль шлифуемых червяков, мм	1 ... 12
Число заходов шлифуемых червяков	1 ... 6
Наибольший угол подъема винтовой линии шлифуемого червяка, °	±35
Наибольший ход винтовой линии шлифуемого червяка, мм	226
Наибольшая высота профиля шлифуемой резьбы, мм	26,4
Наибольший диаметр шлифовального круга, мм	500
Частота вращения шпинделя изделия, мин ⁻¹	
- рабочая	0,3 ... 50
- ускоренная	80
Наибольший диаметр шлифовального круга, мм	400
Наибольшая окружная скорость шлифовального круга, $\frac{м}{с}$	35; 50
Габариты станка без приставного оборудования, мм	3990*3500*1710
Масса станка с приставным оборудованием, кг	5600.

1.9 Расчет и назначение режимов обработки

Максимально допустимая мощность станка

¹⁴ при угле подъема винтовой линии 35°

$$N_i^{\max} = 1,2 * N_i^{\text{nom}} * \eta_i \quad (1.5)$$

В таблице 1.17 представлены данные по станкам, которые используются в технологическом процессе для лезвийной обработки.

Таблица 1.17 – Оборудование

№	Операции	Марка станка	Номинальная мощность, N_i^{nom} кВт	Кинематический КПД, η_i	Максимально допустимая мощность станка,
a	b	c	d	e	f
3	10, 25, 45	2910 ¹⁵	2	0,95	2,28
4	15, 35	16K20Ф3 ¹⁶	11	0,97	12,8
5	30	6P12 ¹⁷	11	0,93	12,28
6	50	3M152	5	0,94	5,64
7	60	5886B	7	0,97	8,15

В таблице 1.18 представлены данные инструмента

Таблица 1.18 – Данные инструмента по операциям

№	Номер	Установ	Переход	Наименование	Диаметр	Число зубьев	Материал
a	b	c	d	e	g		
5	10	1	1	Фреза торцевая	80	16	T5K10
6				Сверло центровое	1,6	-	BK6M
7	15	1	1		-	-	
8			2	Резец проходной упорный изогнутый с			T5K10
9			3	пластиной из твердого сплава, ГОСТ 18879-73			
10		2	1	Размер державки - 32x20x170	-	-	
11			2	Предназначен:			
12			3				

¹⁵ автомат центровальный двусторонний

¹⁶ токарно-винторезный

¹⁷ вертикально-фрезерный

Продолжение таблицы 1.18

13			4	- для черновой и чистовой обработки			
14			5	заготовок при продольной или поперечной			
15			6	подаче			
16	2		7	- для точения ступенчатых деталей			
17			8	- для подрезания уступов, буртиков и торцов			
18	3		1				
19			2				
20			3				
21			4				
22			5				
23	25	1	1	Развертка 2373 - 4012	1,6	-	T5K10
24	30	1	1	Фреза 2234 - 0363 ГОСТ 9140-78	2	5	T5K10
25		2	1	Фреза торцевая	100	16	T5K10
26	35	1	1	Резцовая головка 2557-4004	-	-	T5K10
27	45	1	1	Развертка 2373 - 4012	1,6	-	T5K10
28	50	1	1	Круг 1 600Ч80Ч305 14 А 25-ПС1-С2 7К5 50 $\frac{M}{c}$ А 1 кл. ГОСТ 2424-83			
29		2					
30		3					
31	55	1	1	Круг 1 600Ч130Ч305 ГОСТ 2424-83			
32		2	1				
33	60	1	1	круг 1 400Ч16Ч203 25 А 40-П С1 7К5 35 $\frac{M}{c}$ ГОСТ 2424-83 игла ГОСТ 17654-85, карандаш 3908-0063 ГОСТ 607-80, шаблон 8384-4054-01			
34			2				

ФРЕЗЕРНЫЕ ОПЕРАЦИИ

Нормативная скорость резания

$$V_i^p = V_i^T * K_{1i} * K_{2i} * K_{3i} \quad (1.6)$$

где V_i^T , $\frac{M}{\text{МИН}}$ - табличное значение скорости резания при табличной подаче

на зуб $S_{zi}^T \frac{MM}{\text{зуб}}$ и глубине резания t_i мм;

K_{1i} - коэффициент размеров обработки;

K_{2i} - коэффициент состояния обрабатываемой поверхности;

K_{3i} - коэффициент стойкости инструмента.

Частота вращения шпинделя соответствующей расчетной скорости

$$n_i^p = \frac{1000 * V_i^p}{\pi * D_i} \quad (1.7)$$

Скорость резания при принятой частоте вращения шпинделя

$$V_i^p = \frac{\pi * D_i * n_i^p}{1000} \quad (1.8)$$

где n_i^p , $\frac{\text{об}}{\text{МИН}}$ - принятая частота вращения шпинделя.

Расчетная минутная подача

$$S_i^M = S_{zi}^T * z_i * n_i^p \quad (1.9)$$

где z_i , шт - число зубьев фрезы.

Потребная мощность резания для торцевой фрезы [15, стр. 101]

$$N_i = E_i * \frac{V_i^p * t_i * z_i}{1000} * K_i^p * K_i^c \quad (1.10)$$

где E_i - табличная величина, при $\frac{D_i}{b_i}$ [15, с. 102];

K_i^p - коэффициент типа материала [15, с. 103];

K_i^c - коэффициент типа фрезы и скорости резания [15, с. 103].

ОПЕРАЦИЯ 10 → Установ 1 → Переход- 1

Расчетная скорость резания

$$V_{11}^p = V_{11}^T * K_{111}^{10} * K_{112}^{10} * K_{111}^{10} = 130 * 1,3 * 1,05 * 1,1 = 195,2 \frac{M}{\text{МИН}}$$

где $V_{11}^{10} = 130 \frac{\text{М}}{\text{МИН}}$ - табличное значение скорости резания при подаче на

зуб $S_{11}^{10} = 0,2 \frac{\text{ММ}}{\text{зуб}}$ и глубине резания $t_{11}^{10} = 0,5 \text{ мм}$; [15, с. 92]

$K_{11}^{10} = 1,3$ - коэффициент размеров обработки; [15, с. 92]

$K_{11}^{20} = 1,05$ - коэффициент состояния поверхности; [15, 92]

$K_{11}^{10} = 1,1$ - коэффициент стойкости инструмента. [15, с. 95]

Частота вращения шпинделя, соответствующей расчетной скорости

$$n_{11}^{10} = \frac{1000 * V_{11}^{10}}{\pi * D_{11}^{10}} = \frac{1000 * 195,2}{3,14 * 80} = 777,1 \frac{\text{об}}{\text{МИН}}, \text{ принимаем частоту вращения}$$

шпинделя ближайшую меньшую по паспорту станка $n_{11}^{10} = 770 \frac{\text{об}}{\text{МИН}}$

где $D_{11}^{10} = 80 \text{ мм}$ - диаметр фрезы.

Скорость резания, по принятой частоте вращения шпинделя станка

$$V_{11}^{10} = \frac{\pi * D_{11}^{10} * n_{11}^{10}}{1000} = \frac{3,14 * 80 * 770}{1000} = 193,4 \frac{\text{М}}{\text{МИН}}$$

Расчетная минутная подача при принятой частоте вращения шпинделя

$$S_{11}^{10} = S_{11}^{10} * Z_{11}^{10} * n_{11}^{10} = 0,2 * 16 * 770 = 2464 \frac{\text{ММ}}{\text{МИН}}$$

Потребная мощность резания для торцевой фрезы [15, стр. 101]

$$N_{11}^{10} = E_{11}^{10} * \frac{V_{11}^{10} * t_{11}^{10} * Z_{11}^{10}}{1000} * K_{11}^{10} * K_{11}^{10} = 1,3 * \frac{193,4 * 0,5 * 16}{1000} * 1 * 0,9 = 1,81 \text{ кВт},$$

проверка $N_{11}^{10} \leq N_{с}^{\text{max ф}}$, $1,81 \leq 2,28 \text{ кВт}$ - условие выполняется

где $E_{11}^{10} = 1,3$ - табличная величина, при $\frac{D_{11}^{10}}{b_{11}^{\text{max } 10}} = \frac{80}{12} = 6,67$, $b_{11}^{\text{max } 10} = 12 \text{ мм}$ -

максимальная ширина фрезерования, и подаче на зуб $S_{11}^{10} = 0,2 \frac{\text{ММ}}{\text{зуб}}$ [15, с. 102];

$$Z_{11}^{10} = 16 \quad \text{шт} \quad - \text{число зубьев фрезы};$$

$$K_{11}^{10} = 1 \quad - \text{коэффициент типа материала [15, с. 103];}$$

$$K_{11}^{\phi c 10} = 0,9 \quad - \text{коэффициент типа фрезы и скорости}$$

резания [15, с. 103].

ТОКАРНЫЕ ОПЕРАЦИИ

Коэффициент обрабатываемого материала $- K_1^N = 0,6;$

Предел текучести материала $- \sigma_B = 900 \text{ МПа};$

Предел текучести $- \sigma = 750 \text{ МПа};$

Коэффициента влияния материала по напряжению $- K_r = 1;$

Показатель степени коэффициента материала $- n_v = 1;$

Коэффициент материала $- K_V^M = K_r * \left(\frac{750}{\sigma_B}\right)^{n_v} = 1 * \left(\frac{750}{900}\right)^1 = 0,833$

Коэффициент материала $- K_P^M = \left(\frac{900}{\sigma}\right)^{0,75} = \left(\frac{900}{750}\right)^{0,75} = 1,147$

Коэффициенты: $Z - C_{11Z}^{15} = 295;$ $Y - C_{11Y}^{15} = 330;$ $X - C_{11X}^{15} = 253$

Степень глубины резания для тангенциальной силы для:

$X - Z - x_{11Z}^{15P} = 1;$ $Y - x_{11Y}^{15P} = 0,9;$ $X - x_{11X}^{15P} = 1;$

$Y - Z - y_{11Z}^{15P} = 0,75;$ $Y - y_{11Y}^{15P} = 0,6;$ $X - y_{11X}^{15P} = 0,5;$

$N - Z - n_{11Z}^{15P} = -0,15;$ $Y - n_{11Y}^{15P} = -0,3;$ $X - n_{11X}^{15P} = -0,4$

Коэффициенты, учитывающие фактические условия резания:¹⁸

$\phi \quad Z - K_{11Z\phi}^{15P} = 1,0;$

$Y - K_{11Y\phi}^{15P} = 1,0;$

$X - K_{11X\phi}^{15P} = 1,0;$

$\gamma \quad Z - K_{11Z\gamma}^{15P} = 1,0;$

$Y - K_{11Y\gamma}^{15P} = 1,0;$

$X - K_{11X\gamma}^{15P} = 1,0;$

¹⁸ $\phi = 45^\circ, \gamma = 10^\circ, \lambda = 0^\circ, r = 1,5 \text{ мм}$

$$\begin{aligned}
\lambda \quad Z & - K_{11Z\lambda}^{15P} = 1,0; \\
\quad Y & - K_{11Y\lambda}^{15P} = 1,0; \\
\quad X & - K_{11X\lambda}^{15P} = 1,0; \\
R \quad Z & - K_{11ZR}^{15P} = 0,93; \\
\quad Y & - K_{11YR}^{15P} = 0,82; \\
\quad X & - K_{11XR}^{15P} = 0,93.
\end{aligned}$$

$$\text{Коэффициент скорости} \quad - K_i^v = K_V^M * K_i^{nv} * K_i^{uv} \quad (1.11)$$

$$\text{Скорость резания} \quad - v_i = \frac{C_i}{T_i^{m_i} * t_i^{x_i} * S_i^{y_i}} * K_i^v \quad (1.12)$$

$$\text{Частота вращения шпинделя} \quad - n_i = \frac{1000 * v_i}{\pi * D_i} \quad (1.13)$$

Поправочный коэффициент

$$K_i^j = K_P^M * K_{Z\varphi}^P * K_{Z\gamma}^P * K_{Z\lambda}^P * K_{ZR}^P \quad (1.14)$$

Силы резания силы, направленные по осям координат станка

$$P_i^j = 10 * C_i * t_i^{x_i} * S_i^{y_i} * v_i^{n_i} * K_i^j \quad (1.15)$$

$$\text{Необходимая мощность} \quad - N_i = \frac{P_i^z * v_i}{1020 * 60} \quad (1.16)$$

Операция 15 → Установ 1 → переход 1

Содержание

-точить поверхность диаметром	$-D_{11}^{15} = 8 \text{ мм};$
- глубиной	$-t_{11}^{15} = 0,75 \text{ мм};$
Подача ¹⁹	$-S_{11}^{15} = 0,35 \frac{\text{мм}}{\text{об}};$
Коэффициент скорости ²⁰	$-C_{11}^{15} = 35;$

¹⁹ выбираем в зависимости от шероховатости и радиуса при вершине резца

²⁰ при подаче свыше $0,3 \frac{\text{мм}}{\text{об}}$

Среднее значение стойкости	- $T_{11}^{15} = 60$ мин;
Показатель степени глубины резания	- $x_{11}^{15} = 0,15$;
Показатель степени подачи	- $y_{11}^{15} = 0,35$;
Показатель степени среднее значение стойкости	- $m_{11}^{15} = 0,2$;
Коэффициент, материала инструмента	- $K_{11V}^{15N} = 1$;
Коэффициент, состояние поверхности	- $K_{11V}^{15U} = 1$;
Коэффициент скорости	$K_{11v}^{15} = K_V^M * K_{11V}^{15N} * K_{11V}^{15U} = 0,833 * 1 * 1 = 0,833$

Скорость резания

$$v_{11}^{15} = \frac{C_{11}^{15}}{T_{11}^{15} * m_{11}^{15} * t_{11}^{15} * x_{11}^{15} * s_{11}^{15} * y_{11}^{15}} * K_{11v}^{15} = \frac{35}{50^{0,2} * 0,75^{0,15} * 0,35^{0,35} * 0,833} = 20,1 \frac{\text{М}}{\text{МИН}}$$

Частота вращения шпинделя

$$n_{11\text{ш}}^{15} = \frac{1000 * v_{11}^{15}}{\pi * D_{11}^{15}} = \frac{1000 * 20,1}{3,14 * 6,5} = 984,8 \text{ МИН}^{-1}$$

где $\pi = 3,14$ - число пи.

Поправочный коэффициент для:

$$Z - K_{11Z}^{15} = K_P^M * K_{11Z\phi}^{15P} * K_{11Z\gamma}^{15P} * K_{11Z\lambda}^{15P} * K_{11ZR}^{15P} = 1,147 * 1,0 * 1,0 * 1,0 * 0,93 = 1,067$$

$$Y - K_{11Y}^{15P} = K_P^M * K_{11Y\phi}^{15P} * K_{11Y\gamma}^{15P} * K_{11Y\lambda}^{15P} * K_{11YR}^{15P} = 1,147 * 1,0 * 1,0 * 1,0 * 0,82 = 0,941$$

$$X - K_{11X}^{15P} = K_P^M * K_{11X\phi}^{15P} * K_{11X\gamma}^{15P} * K_{11X\lambda}^{15P} * K_{11XR}^{15P} = 1,147 * 1,0 * 1,0 * 1,0 * 0,93 = 1,067$$

Силу резания раскладываем на составляющие силы, направленные по осям координат станка.²¹ При наружном продольном и поперечном точении эти составляющие рассчитываем по формулам

$$P_{11Z}^{15} = 10 * C_{11Z}^{15} * t_{11}^{15} * x_{11Z}^{15P} * s_{11}^{15} * y_{11Z}^{15P} * v_{11}^{15} * n_{11Z}^{15} * K_{11Z}^{15} = 10 * 295 * 0,75^1 * 0,35^{0,75} * 20,1^{-0,15} * 1,067 = 684,9 \text{ Н}$$

²¹ тангенциальную, радиальную и осевую

$$P_{11Y}^{15} = 10 * C_{11Y}^{15} * t_{11}^{15} * X_{11Y}^{15P} * S_{11}^{15} * Y_{11Y}^{15P} * V_{11}^{15} * n_{11Y}^{15P} * K_{11Y}^{15P} = 10 * 330 * 0,75^{0,9} * 0,35^{0,6} * 20,1^{-0,3} * 0,941 = 519,0 \text{ Н}$$

$$P_{11X}^{15} = 10 * C_{11X}^{15} * t_{11}^{15} * X_{11X}^{15P} * S_{11}^{15} * Y_{11X}^{15P} * V_{11}^{15} * n_{11X}^{15P} * K_{11X}^{15P} = 10 * 253 * 0,751 * 0,35^{0,5} * 20,1^{-0,4} * 1,067 = 360,7 \text{ Н}$$

Необходимая мощность

$$N_{11P}^{15} = \frac{P_{11Z}^{15} * V_{11}^{15}}{1020 * 60} = \frac{684,9 * 20,1}{1020 * 60} = 0,22 \text{ кВт}$$

$$N_{11P}^{15} \leq N_{16K20}^{MAX}, 0,22 \leq 11 \text{ кВт условие выполняется.}$$

Результаты расчетов по операциям представляем в таблицах 1.14, 1.15.

Таблица 1.19 – Расчет режимов резания фрезерных операций²²

№	Номер	Установ	Переход	b_i	t_i	D_i	$\frac{D_i}{b_i}$	K_{1i}	K_{2i}	K_{3i}	$S_{zi}^T \frac{MM}{зуб}$	$V_i^T \frac{M}{МИН}$	$V_i^p \frac{M}{МИН}$	$n_i^p \frac{об}{МИН}$	$n_i^п \frac{об}{МИН}$	$V_i^п \frac{M}{МИН}$	Z_i ШТ	$S_i^M \frac{MM}{МИН}$	E_i	K_i^p	K_i^c	N_i кВт
а	б	с	д	е	ф	г	h	и	j	к	l	м	н	о	р	q	r	s	t	u	v	w
3	10	1	1	12	0,5	80	6,7	1,3	1,05	1,1	0,2	130	195,2	777,1	770	193,4	16	2464	1,3	1,0	0,9	1,8
4	25	1	1	12	0,1	80	6,7	1,3	1,05	1,1	0,2	190	285,3	1135,7	1130	283,9	16	3616	1,3	1,0	0,9	0,5
5	30	1	1	2	1,2	2	1,0	1,1	1,0	1,0	0,1	15	16,5	2627,4	2620	16,5	3	786	2,1	1,0	0,9	0,1
6		2	1	2	0,1	80	40,0	1,3	1,1	1,15	0,2	160	263,1	1047,4	1040	261,2	16	3328	2,1	1,0	0,9	0,8
7	45	1	1	12	0,1	80	6,7	1,3	1,05	1,1	0,2	190	285,3	1135,7	1130	283,9	16	3616	1,3	1,0	0,9	0,5

О - номер операция	У - номер установа	П - номер переход	b_i - ширина резания	t_i - глубина резания	D_i - диаметр фрезы	K_{1i} - коэффициент размеров обработки
K_{2i} - коэффициент состояния обрабатываемой поверхности			K_{3i} - коэффициент стойкости инструмента		S_{zi}^T - табличное значение подачи	V_i^T - табличное значение скорос-

²² Барановский Ю.В. Режимы резания металлов.

ти резания	V_i^p - расчетное значение скорости резания	n_i^p - расчетная частота вращения шпинделя	$n_i^п$ - паспортная частота вращения шпинделя	$V_i^п$ - скорость резания при	
паспортной частоте вращения шпинделя	z_i - число зубьев фрезы	S_i^m - минутная подача	E_i - табличная величина	K_i^p - коэффициент типа материала	K_i^c - коэффициент типа
фрезы и скорости резания	N_i - Потребная мощность резания				

Таблица 1.20 – Расчет токарных операций

№	Наименование величины	Операция 15																35
		Установ 1			Установ 2								Установ 3					1
		1	2	3	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	1
a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p	q	r	s
5	Диаметр точения, D_i	8	9,6	14	8	9,6	7	8,1	12,5	6	6	12	7	8,1	6	12	6	12
6	Глубина точения t_i	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,5	0,25	0,25	0,15	0,5	1,0	0,5	0,25	0,15	1,0	0,5	1,6
7	Подача ²³ S_i	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35
8	Коэффициент скорости ²⁴ C_i	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35
9	Средняя стойкость, T_i	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60
10	Показатель степени глубины резания, x_i	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15
11	Показатель степени подачи, y_i	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35
12	Показатель степени среднего значения стойкости, m_i	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
13	Коэффициент	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

²³ выбираем в зависимости от шероховатости и радиуса при вершине резца

²⁴ при подаче свыше $0,3 \frac{\text{мм}}{\text{об}}$

Продолжение таблицы 1.20

	материала инструмента, K_i^{nv}																	
14	Коэффициент поверхности, K_i^{uv}	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
15	Коэффициент скорости, K_i^v	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83
16	Скорость резания, $v_i \frac{м}{мин}$	19,3	19,3	19,3	19,3	19,3	20,5	22,8	22,8	24,6	20,5	18,5	20,5	22,8	24,6	18,5	20,5	17,2
17	Частота вращения, $n_i \frac{об}{мин}$	768	640	439	768	640	933	896	581	1306	1088	491	933	896	1306	491	1088	456
18	Коэффициент для: $Z \rightarrow K_i^z$	1,07	1,07	1,07	1,07	1,07	1,07	1,07	1,07	1,07	1,07	1,07	1,07	1,07	1,07	1,07	1,07	1,07
19	$Y \rightarrow K_i^y$	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94
20	$X \rightarrow K_i^x$	1,07	1,07	1,07	1,07	1,07	1,07	1,07	1,07	1,07	1,07	1,07	1,07	1,07	1,07	1,07	1,07	1,07

Продолжение таблицы 1.20

21	Сила резания по оси: $Z \quad \overset{z}{P}_i$	686,8	686,8	686,8	686,8	686,8	686,8	686,8	686,8	686,8	686,8	686,8	686,8	686,8	686,8	686,8	686,8	686,8
22	$Y \quad \overset{y}{P}_i$	518,4	518,4	518,4	518,4	518,4	518,4	518,4	518,4	518,4	518,4	518,4	518,4	518,4	518,4	518,4	518,4	518,4
23	$X \quad \overset{x}{P}_i$	361,7	361,7	361,7	361,7	361,7	361,7	361,7	361,7	361,7	361,7	361,7	361,7	361,7	361,7	361,7	361,7	361,7
24	Необходимая мощность N_i	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,23	0,26	0,26	0,28	0,23	0,21	0,23	0,26	0,28	0,21	0,23	0,19

1.10 Нормирование технологического процесса

Расчет норм времени выполняется для всех операций техпроцесса. В крупносерийном и массовом производстве рассчитывается норма штучного времени:

$$t_{штi} = t_{oi} + t_{vi} + t_{обсл} + t_{отд} \quad (1.17)$$

где t_{oi} - основное время;
 t_{vi} - вспомогательное время;
 $t_{обсл}$ - время на обслуживание рабочего места;
 $t_{отд}$ - время на отдых.

В мелко- и среднесерийном производстве рассчитывается норма штучно-калькуляционного времени

$$t_{шт\ кi} = t_{штi} + \frac{t_{штi}}{N} \quad (1.18)$$

где $t_{пzi}$ - подготовительно-заключительное время;
 N - размер партии деталей.

Расчет норм времени выполняется для всех операций техпроцесса

Основное время

$$t_{oi} = \frac{L_{рез} + y_i}{S_i * N} * i_i \quad (1.19)$$

где $L_{рез}$ - длина резания;
 y_i - величина врезания и перебега;
 S_i - подача;
 N - величина партии;
 i_i - количество рабочих ходов.

Вспомогательное время

$$t_{vi} = t_{yoi} + t_{зoi} + t_{yui} + t_{изи} \quad (1.20)$$

где t_{yoi} - время на установку и снятие детали;
 $t_{зoi}$ - время на закрепление и открепление детали;
 t_{yui} - время на приемы управления станком;
 $t_{изи}$ - время на измерение детали.

Оперативное время рассчитывается по формуле.

$$t_{опi} = t_{oi} + t_{vi} \quad (1.21)$$

Время на обслуживание и отдых $t_{обсл}$ и $t_{отд}$ в серийном производстве по отдельности не определяется. В нормативах дается сумма этих двух составляющих в процентах от оперативного времени $t_{опi}$.

В массовом производстве время на отдых $t_{отд}$ задается в процентах от оперативного времени.

Время на обслуживание $t_{обсл}$ в массовом и крупносерийном производстве складывается из времени на организационное обслуживание $t_{орг}$ и времени на техническое обслуживание $t_{тех}$:

$$t_{обсл} = t_{орг} + t_{тех} \quad (1.22)$$

Расчет по вышеприведенным зависимостям ведем табличным способом и результаты представляем в таблице 1.17.

Таблица 1.21 – Расчет режимов резания

№																				
	а	б	с	д	е	ф	г	h	и	j	к	l	м	н	о	р	q	r	s	t
	Номер	Установ	Переход	Длина резания, l_i	Число проходов, i_i	Величина врезания и	Подача, S_i	Основное время, t_o	Время на установку и снятие детали, t_{yci}	Время на закрепление и открепление детали, $t_{зoi}$	Время на приемы управления станком, $t_{упi}$	Время на измерение детали, $t_{изi}$	Вспомогательное время, $t_{в}$	Оперативное время, $t_{оп}$	Время обслуживания, $t_{обсл}$	Время на отдых, $t_{отдх}$	Штучное время, $t_{штг}$	Подготовительно-заключительное время, $t_{пз}$	Штучнокалькуляционное время, $t_{шк}$	
3	05	1	1																	
4	10	1	1	12	4	10	2000	0,015	0,3	0,05	0,015	0,09	0,455	0,47	0,002	0,002	0,474	0,5	0,474	
5	15	1	1	20,5	1	15	3500	0,003	0,25	0,03	0,01	0,05	0,34	0,343	0,000	0,000	0,343	0,3	0,343	
6			2	4,75	1	15	3500	0,002	0,25	0,03	0,01	0,05	0,34	0,342	0,000	0,000	0,342	0,3	0,342	
7			3	21	1	15	3500	0,003	0,25	0,03	0,01	0,05	0,34	0,343	0,000	0,000	0,343	0,3	0,343	
8		2	1	17,5	1	15	3500	0,003	0,25	0,03	0,01	0,05	0,34	0,343	0,000	0,000	0,343	0,3	0,343	
9			2	9,5	1	15	3500	0,002	0,25	0,03	0,01	0,05	0,34	0,342	0,000	0,000	0,342	0,3	0,342	
10			3	18	1	15	3500	0,003	0,25	0,03	0,01	0,05	0,34	0,343	0,000	0,000	0,343	0,3	0,343	
11			4	10	1	15	3500	0,002	0,25	0,03	0,01	0,05	0,34	0,342	0,000	0,000	0,342	0,3	0,342	
12			5	22	1	15	3500	0,004	0,25	0,03	0,01	0,05	0,34	0,344	0,001	0,000	0,345	0,3	0,345	

Продолжение таблицы 1.21

13			6	1,6	1	15	3500	0,002	0,25	0,03	0,01	0,05	0,34	0,342	0,000	0,000	0,342	0,3	0,342
14		2	7	0,5	1	15	3500	0,001	0,25	0,03	0,01	0,05	0,34	0,341	0,000	0,000	0,341	0,3	0,341
15			8	1	1	15	3500	0,002	0,25	0,03	0,01	0,05	0,34	0,342	0,000	0,000	0,342	0,3	0,342
16		3	1	21	1	15	3500	0,003	0,25	0,03	0,01	0,05	0,34	0,343	0,000	0,000	0,343	0,3	0,343
17			2	5	1	15	3500	0,002	0,25	0,03	0,01	0,05	0,34	0,342	0,000	0,000	0,342	0,3	0,342
18			3	1,6	1	15	3500	0,002	0,25	0,03	0,01	0,05	0,34	0,342	0,000	0,000	0,342	0,3	0,342
19			4	1	1	15	3500	0,002	0,25	0,03	0,01	0,05	0,34	0,342	0,000	0,000	0,342	0,3	0,342
20			5	0,5	1	15	3500	0,001	0,25	0,03	0,01	0,05	0,34	0,341	0,000	0,000	0,341	0,3	0,341
21	20	1	1																
22	25	1	1	10	1	10	2000	0,003	0,3	0,05	0,015	0,09	0,455	0,458	0,000	0,000	0,458	0,5	0,458
23	30	1	1	13,5	1	10	1000	0,008	0,3	0,05	0,015	0,09	0,455	0,463	0,001	0,001	0,465	0,5	0,465
24		2	1	10	6	10	2000	0,020	0,3	0,05	0,015	0,09	0,455	0,475	0,003	0,002	0,48	0,5	0,48
25	35	1	1	120	1	15	3500	0,013	0,25	0,03	0,01	0,05	0,34	0,353	0,002	0,001	0,356	0,003	0,356
26	40	1	1																
27	45	1	1	10	1	11	2000	0,004	0,15	0,04	0,015	0,09	0,295	0,299	0,001	0,000	0,3	0,5	0,3
28	50	1	1	19,4	1	11	2500	0,004	0,15	0,04	0,012	0,095	0,297	0,301	0,001	0,000	0,302	0,7	0,302
29			2	16,4	1	11	2500	0,004	0,15	0,04	0,012	0,095	0,297	0,301	0,001	0,000	0,302	0,7	0,302
30			3	2,2	2	11	2500	0,004	0,15	0,04	0,012	0,095	0,297	0,301	0,001	0,000	0,302	0,7	0,302
31	55	1	1	50	6	14	2500	0,051	0,15	0,04	0,012	0,095	0,297	0,348	0,008	0,005	0,361	0,7	0,361

Продолжение таблицы 1.21

32	55	2	1	13,5	2	14	2500	0,007	0,15	0,04	0,012	0,095	0,297	0,304	0,001	0,001	0,306	0,7	0,306
33	60	1	1	120	1	17	2500	0,018	0,15	0,04	0,012	0,095	0,297	0,315	0,003	0,002	0,32	0,7	0,32
34			2	120	1	12	2500	0,018	0,15	0,04	0,012	0,095	0,297	0,315	0,003	0,002	0,32	0,7	0,32
35	65	1	1																

Вывод

В ходе выполнения технологической части ВКР был проведен анализ технологичности выданного задания, изготовления детали, материала. Определен тип производства. Выбрана заготовка из которой будет изготавливаться «Червяк». Составлен технологический маршрут изготовления детали. Составлен размерный анализ, граф технологических размеров, рассчитаны припуски на обработку. Были выбраны режущий и измерительный инструмент и приспособления. Расчитаны и подобраны режимы резания.

2 Конструкторская часть

2.1 Принципы работы спроектированного приспособления

Патрон поводковый с плавающим центром предназначен для фиксации валов и деталей круглого сечения.

Используя этот поводковый патрон с плавающим центром, можно полировать участки валов, и много других операций связанных, с металлообработкой и доводкою разного рода деталей цилиндрической формы.

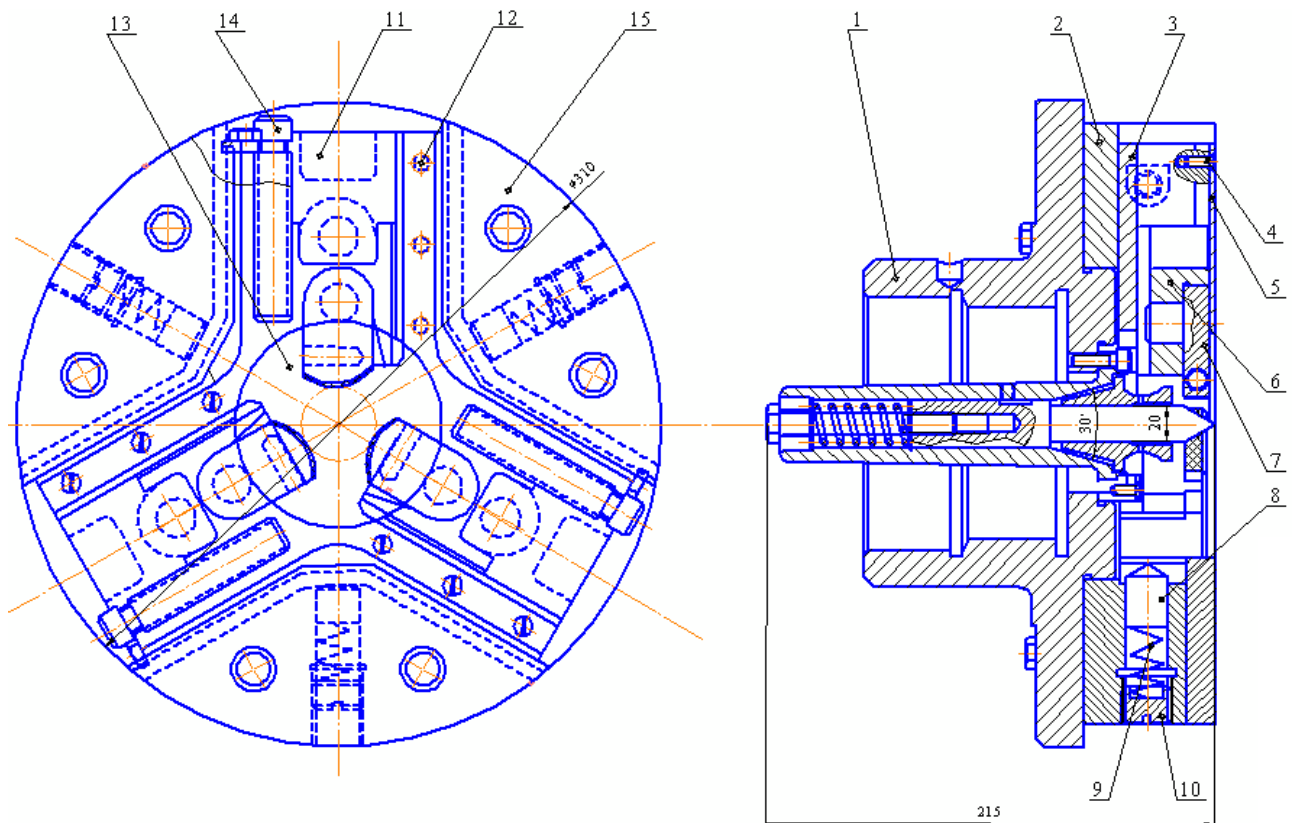


Рисунок 2.1 Патрон поводковый с плавающим центром.

- 1 - зажимное устройство; 2 - планка; 3 - винт; 4 - стопор; 5 - шайба; 6 - направляющая; 7 - корпус; 8 - направляющая; 9 - пружина; 10 - регулировочный винт; 11 - планка; 12 - винт крепления планки; 13 - центральная шайба; 14 - ходовой винт; 15 - корпус патрона.

На корпус 1 установленные кулачки, неподвижность детали, относительно трехкулачкового патрону с плавающим центром обеспечивается кулачками,

которые прикреплены к подвижной основе корпуса. К корпусу с помощью фиксационных приспособлений крепятся кулачки.

Кулачки с помощью фиксационных болтов имеют возможность двигаться в радиальной плоскости,²⁵ которое дает возможность фиксировать одновременно центрируя обрабатываемую деталь.

Порядок использования:

1. Развести фиксирующие кулачки, с помощью специального ключа на расстояние большее диаметра детали, которую необходимо обработать;
2. Установить заготовку или деталь круглой формы внутрь корпуса в межкулачковое устройство;
3. Зафиксировать деталь, с помощью специального ключа и фиксирующих болтов, одновременно центрируя ее.

Выполнить необходимые операции и снять.

Во время работы с трехкулачковым патроном с плавающим центром придерживаться следующих требований:

1. Проверить надежность закрепления трехкулачкового патрона с плавающим центром на станке;
2. Проверить работоспособность фиксирующих болтов;
3. Фиксирующие болты должны легко вращаться²⁶ с помощью специального ключа;
4. Устанавливая, или снимая деталь, быть внимательным и осторожным;
5. При зажимании обеспечить свободный межкулачковый простор;
6. Проверить надежность фиксации детали;
7. Грязь и другое удалять щеткой;
8. Убирать рабочее место.

²⁵ к центру устройства, а также от центра приспособления

²⁶ от руки

2.2 Расчет элементов приспособления

Расчет шпинделя на прочность и жесткость

Таблица 2.1

Крутящий момент	- $M_{кш}$ = 17,2 кгс*м;
Модуль передачи	- m = 0,5 мм;
Число зубьев ведомой шестерни	- z = 33 шт;
Сила резания	- P_Z = 1510 кгс; - Q = 1000 кгс;
Параметры резца	- α = 20 °; - ρ = 5 °;
Модуль упругости	- E = 10 МПа;
Полярный момент	- J_k = 20 м4.

Сила действующая по оси Y

$$P_Y = 0,5 * P_Z = 0,5 * 1510 = 755 \text{ кгс}$$

Суммарная сила

$$P_P = \sqrt{P_Z^2 + P_Y^2} = \sqrt{1510^2 + 755^2} = 1688,2 \text{ кгс}$$

Окружное усилие

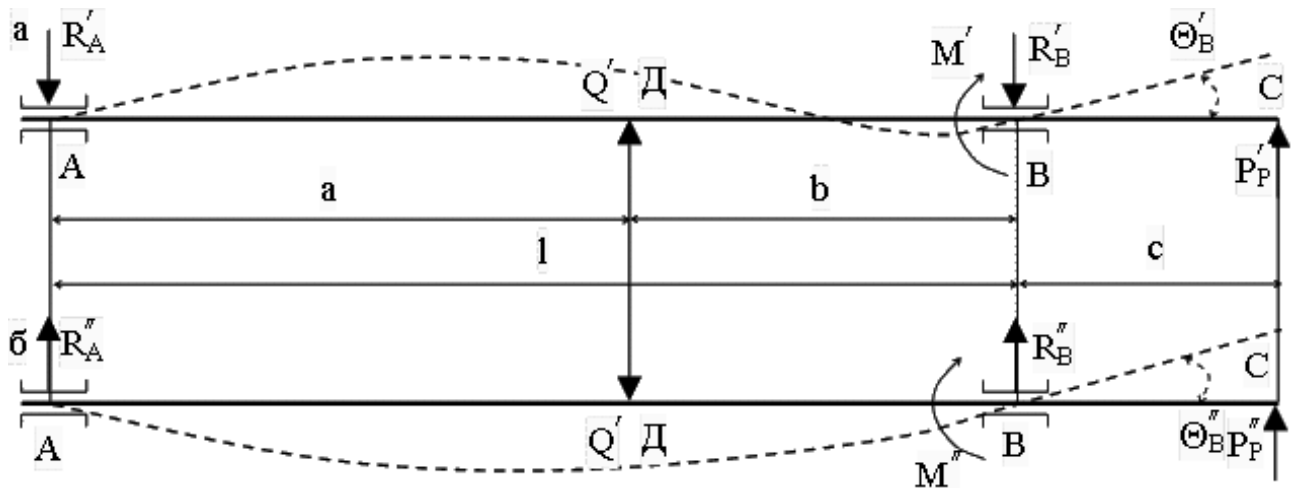
$$P = \frac{2 * M_{кш}}{m * z} = \frac{2 * 17,2 * 10^2}{0,5 * 33} = 208,5 \text{ кгс}$$

Радиальное усилие

$$T = P * \text{tg}(\alpha + \rho) = 208,5 * \text{tg}(20 + 5) = 97,2 \text{ кгс}$$

Суммарное усилие

$$Q = \sqrt{P^2 + T^2} = \sqrt{208,5^2 + 97,2^2} = 230,0 \text{ кгс}$$



2.2 Расчетная схема шпинделя в:

а - горизонтальной плоскости; б - вертикальной плоскости.

$$a = 270 \text{ мм}; b = 163; \quad c = 117 \text{ мм}; l = a + b = 270 + 163 = 433 \quad \text{мм};$$

Перемещение шпинделя на конце его сечения в передней опоре:

$$y_c = \frac{1}{3 * E * J_k} * [P_P * c^2 * (l + c) - 0,5 * Q * a * b * c * \left(1 + \frac{a}{l}\right) - 0,3 * P * l * c^2] =$$

$$= \frac{1}{3 * 10 * 20} * [1688,2 * 117^2 * (433 + 117) - 0,5 * 1000 * 270 * 163 * 117 * \left(1 + \frac{270}{433}\right) - 0,3 * 208,5 * 433 * 117^2] = 6,4 * 10^{-5}$$

мм

Угол поворота шпинделя в передней опоре:

$$\Theta_B = \frac{1}{3 * E * J_k} * [P_P * c * l - 0,5 * a * b * \left(1 + \frac{a}{l}\right) - 0,3 * P * l * c] =$$

$$= \frac{1}{3 * 10 * 20} * [1688,2 * 117 * 433 - 0,5 * 270 * 163 * \left(1 + \frac{270}{433}\right) - 0,3 * 208,5 * 433 * 117] = 2,6 * 10^{-7} \text{ рад}$$

Полученные значения удовлетворяют принятым нормативам:

$$\max y_c \leq 2,4 * 10^{-4} * l = 2,4 * 10^{-4} * 433 = 1039,2 * 10^{-4} \text{ мм}$$

$$\max \Theta_B \leq 1 * 10^{-4} \leq 10000 * 10^{-7} \text{ рад}$$

Расчет подшипников шпинделя на долговечность

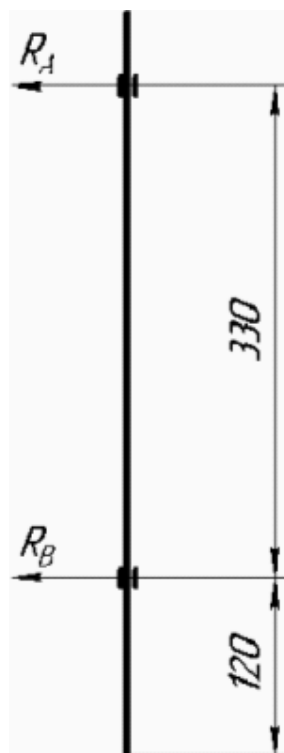


Рисунок 2.3 Схема шпиндельного узла.

Система уравнений для подшипников шпинделя станка:

$$\Sigma M_A = -330 \cdot R_B - 450 \cdot P;$$

$$\Sigma M_B = 330 \cdot R_A - 120 \cdot P;$$

Окружную силу, действующую на шпиндель станка:

$$P_Z = P_{Z_{\text{табл}}} \cdot K_1 \cdot K_2 = 120 \cdot 74 \cdot 28 = 248640 \text{ Н}$$

где $P_{Z_{\text{табл}}} = 120 \text{ Н}$ - табличное значение;²⁷

$K_1 = 0,6$ - коэффициент;

$K_2 = 1$ - коэффициент.

Радиальная нагрузка

$$P = 0,6 \cdot P_Z = 0,6 \cdot 248640 = 149184 \text{ Н}$$

Решим ранее составленную систему уравнений:

²⁷ при $S_0 = 0,3 \frac{\text{мм}}{\text{об}}$, $t = 2 \text{ мм}$

$$R_A = \frac{120}{330} * P = \frac{120}{330} * 149184 = 54248,73 \text{ Н}$$

$$R_B = -\frac{450}{330} * P = -\frac{450}{330} * 149184 = -203432,73 \text{ Н}$$

Знак " - " означает, что реакция направлена в противоположную сторону той, что указана на схеме.

Опора А: - подшипник роликовый радиальный 32116 ГОСТ 8328-75.²⁸

- d = 80 мм - внутренний диаметр подшипника;
- D = 120 мм - наружный диаметр подшипника;
- d₀ = 100 мм - средний диаметр подшипника;
- D_T = 11 мм - диаметр ролика;
- l = 11 мм - длина ролика;
- i = 1 шт - число рядов роликов в подшипнике;
- z = 20 шт - количество роликов в подшипнике;
- α = 0 ° - номинальный угол контакта.

Найдем динамическую грузоподъемность подшипника:

$$C = f_c * (i * l * \cos \alpha)^9 * z^4 * D_T^{27} = 7,53 * (1 * 11 * \cos 0)^9 * 20^4 * 11^{27} = 6013,73 \text{ кгс}$$

где $f_c = 7,53$, при $\frac{D_T * \cos \alpha}{d_0} = 0,11$

Найдем эквивалентную динамическую нагрузку на подшипник²⁹

$$P = (V * X * F_r + Y * F_a) * K_B * K_T = (1 * 1 * 99 + 1 * 0) * 1 * 1 = 99 \text{ кгс}$$

где V = 1 - коэффициент вращения внутреннего кольца;

X = 1 - коэффициент радиальной нагрузки при α = 0 °;

²⁸ однорядный

²⁹ Y = 1

- $Y = 1$ - коэффициент нагрузки;
 $F_r = 99$ кгс - радиальная нагрузка на подшипник;
 $F_a = 0$ кгс - осевая нагрузка на подшипник;
 $K_B = 1$ - коэффициент безопасности при легких толчках;
 $K_T = 1$ - коэффициент, учитывающий рабочую температуру.

Рассчитаем номинальную долговечность подшипника в часах

$$L_h = \frac{10^6}{60 * n} * \left(\frac{C}{P}\right)^{\frac{10}{3}} = \frac{10^6}{60 * 3} * \left(\frac{6013,73}{99}\right)^{\frac{10}{3}} = 48284,9 \text{ час}$$

где $n = 567 \frac{\text{об}}{\text{мин}}$ - частота вращения шпинделя, принимаем 110 000 час

Опора В: - подшипник роликовый 3282120 ГОСТ 8328-75.³⁰

- $d = 100$ мм - внутренний диаметр подшипника;
- $D = 150$ мм - наружный диаметр подшипника;
- $d_0 = 125$ мм - средний диаметр подшипника;
- $D_T = 11$ мм - диаметр ролика;
- $l = 11$ мм - длина ролика;
- $i = 2$ шт - число рядов роликов в подшипнике;
- $z = 30$ шт - количество роликов в подшипнике;
- $\alpha = 0^\circ$ - номинальный угол контакта.

Найдем динамическую грузоподъемность подшипника:

$$C = f_C * (i * l * \cos \alpha)^{\frac{7}{9}} * z^4 * D_T^{\frac{29}{27}} = 7,42 * (1 * 11 * \cos 0)^{\frac{7}{9}} * 204 * 11^{\frac{29}{27}} = 5925,9 \text{ кгс}$$

где $f_C = 7,42$, при $\frac{D_T * \cos \alpha}{d_0} = 0,09$

³⁰ двухрядный радиальный

Найдем эквивалентную динамическую нагрузку на подшипник³¹

$$P = (V * X * F_r + Y * F_\alpha) * K_B * K_T = (1 * 1 * 200 + 1 * 0) * 1 * 1 = 200 \text{ кгс}$$

где $V = 1$ - коэффициент вращения внутреннего кольца;

$X = 1$ - коэффициент радиальной нагрузки при $\alpha = 0^\circ$;

$F_r = 200 \text{ кгс}$ - радиальная нагрузка на подшипник;

$F_\alpha = 0 \text{ кгс}$ - осевая нагрузка на подшипник;

$K_B = 1$ - коэффициент безопасности при легких толчках;

$K_T = 1$ - коэффициент, учитывающий рабочую температуру.

Рассчитаем номинальную долговечность подшипника в часах

$$L_h = \frac{10^6}{60 * n} * \left(\frac{C}{P} \right)^{\frac{10}{3}} = \frac{10^6}{60 * 3} * \left(\frac{5925,9}{200} \right)^{\frac{10}{3}} = 44215,0 \text{ час}$$

Принимаем 25 000 час

2.3 Основные требования техники безопасности

Рабочее место у токарного станка - это место с повышенной опасностью. Вращающиеся с огромной скоростью заготовки и части машины, отлетающая стружка, напряжение 380 Вольт представляют угрозу жизни и здоровью человека. Поэтому правила техники безопасности при токарных работах - это первое, что должен знать работник.

Общие положения. К токарным работам допускаются совершеннолетние лица, изучившие необходимые инструкции и получившие инструктажи: вводный и на рабочем месте. Токарь должен быть обеспечен спецодеждой: халатом или костюмом, ботинками, очками. Работник должен выполнять только те задания, которые были поручены мастером. Работы производить в чистой отремонтированной спецодежде на исправных станках, к которым есть допуск. На рабочем месте должна быть чистота и порядок. Запрещается загромождать проходы. Прием пищи, и курение разрешается в специально отведенных местах в

³¹ $\gamma = 1$

определённое время. Запрещается выполнять работы под воздействием препаратов, снижающих скорость реакции.³² Токарь должен соблюдать правила личной гигиены.

Техника безопасности перед началом работы. Перед началом работы на токарном станке нужно придерживаться следующих правил техники безопасности: спецодежда токаря - одежда должна быть полностью застегнута, без свисающих частей, особое внимание надо уделять рукавам, манжеты которых должны плотно прилегать к конечностям; обувь должна быть плотно прилегающей, закрытой и на жесткой подошве; головной убор должен плотно закрывать волосы и не иметь свисающих концов; очки должны быть необходимого размера, прозрачные, с бесцветными не поврежденными линзами.

Готовность станка: наличие заземления, защитных щитков, ограждений, кожухов; наличие необходимого инструмента, а также крючков для отвода стружки, трубок и шлангов для подвода охлаждающей жидкости, щитков для отражения брызг эмульсии; отсутствие чего-либо в патроне, корыте или на станке;³³ отрегулировать освещение на станке.

Пробный пуск: удостовериться, что запуск не угрожает ни чьей безопасности; на холостом ходу проверить работоспособность всех органов управления агрегата, систему смазки и охлаждения.

Постоянный контроль: каждый пуск станка не должен угрожать чьей-либо безопасности; не допускать разбрызгивания масла и охлаждающей жидкости; контролировать нахождения всех рукояток и переключателей в нейтральном положении.

ТБ во время токарных работ. Во время работы на токарном станке нужно соблюдать правила безопасности: контролировать надежное закрепление заготовки, режущего инструмента и нахождение торцевого ключа в специально отведенном месте; устанавливать мужчинам заготовки весом больше 16 кг и

³² алкоголь, наркотики, лекарства

³³ стружки, заготовок, эмульсии

женщинам более 10 кг разрешается с помощью специальных подъемных устройств; следить за своевременным удалением стружки из зоны резания с помощью стружколомов, специальных крючков, щеток; контролировать слив охлаждающей жидкости из корыта станка; следить за смазкой центра задней бабки.

Запрещается: передавать что-либо через работающий станок; удалять стружку руками или струей воздуха; поддерживать и ловить отрезаемую заготовку руками; останавливать патрон с помощью рук или предметов; производить уборку работающего станка; класть какие-либо предметы на станок; работать в рукавицах или перчатках; облачиваться о станок; измерять вращающуюся деталь; смазывать детали и центры тряпкой; отходить от работающего станка.

Необходимо: пользоваться центрами задней бабки, если длина детали превышает 2 диаметра заготовки или при работе на высоких скоростях; пользоваться люнетами, если длина детали превышает двенадцатикратный диаметр заготовки или при работе на высоких скоростях; использовать специальные резцы с заточкой, если производится обработка вязких металлов; использовать стружкоотводы при резке хрупких металлов; пользоваться только специальными подкладками под резец соответствующего размера.

Вывод

В конструкторской части ВКР разработано специальное станочное приспособление «Патрон поводковый с плавающим центром». Объяснен принцип работы приспособления, рассчитаны элементы приспособления и указана основные требования к технике безопасности.

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

Группа	ФИО
3-8Л52	Еланцеву Виталию Вячеславовичу

Школа	ИШНПТ	Отделение школы (НОЦ)	Материаловедение
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	Машиностроение

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Рассчитать стоимость материалов, оборудования, оплаты труда, отчислений, накладные расходы.
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	Премии 30%. Надбавки 20%. Дополнительная заработная плата 12%. Накладные расходы 16%.
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Страховые взносы 30%.

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений.
2. Планирование и формирование бюджета научных исследований	План составления проекта. График Ганта.
3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	Эффективность исследования.

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. Оценка конкурентоспособности технических решений	
2. Матрица SWOT	
3. Альтернативы проведения НИ	
4. График проведения и бюджет НИ	
5. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИ	

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	18.03.2020
--	------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Креницина Зоя Васильевна	К.Т.Н		18.03.2020

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-8Л52	Еланцев Виталий Вячеславович		18.03.2020

3 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Цель раздела – комплексное описание и анализ финансово-экономических аспектов выполненной работы. Необходимо оценить полные денежные затраты на разработку технологического процесса, а также дать хотя бы приближенную экономическую оценку результатов внедрения. Это в свою очередь позволит с помощью традиционных показателей эффективности инвестиций оценить экономическую целесообразность осуществления работы. Раздел должен быть завершен комплексной оценкой научно-технического уровня ВКР на основе экспертных данных.

Цель работы и ее задачи заключаются в разработке технологического процесса изготовления «червяка», а также чтоб технологический процесс был подобран экономически выгодно. Есть еще один момент который важен, а именно если технологический процесс разрабатывается на конкретном производстве, то он должен включать номенклатуру только тех станков которые есть на предприятии, но это не наш случай.

3.1 Организация и планирование работ

При организации процесса реализации конкретного проекта необходимо рационально планировать занятость каждого из его участников и сроки проведения отдельных работ.

В данном пункте составляется полный перечень проводимых работ, определяются их исполнители и рациональная продолжительность. Наглядным результатом планирования работ является сетевой, либо линейный график реализации проекта. Так как число исполнителей редко превышает двух (степень распараллеливания всего комплекса работ незначительна) в большинстве случаев предпочтительным является линейный график. Для его построения хронологически упорядоченные вышеуказанные данные должны быть сведены в таблицу 3.1.

Таблица 3.1– Перечень работ и продолжительность их выполнения

Этапы работы	Исполнители	Загрузка исполнителей
Постановка целей и задач, получение исходных данных	НР	НР – 100%
Составление и утверждение плана работ	НР, И	НР – 100% И – 5%
Подбор и изучение материалов по тематике	НР, И	НР – 100% И – 20%
Разработка и утверждение технологического процесса изготовления детали	НР, И	НР – 40% И – 100%
Расчет минимальных припусков на обработку	И	И – 100%
Выбор и расчет режимов резания	И	И – 100%
Выбор средств технологического оснащения	НР, И	НР – 15% И – 100%
Разработка управляющих программ (УП) для станков с ЧПУ	И	И – 100%
Расчет размерного анализа технологического процесса	И	И – 100%
Проектирование средств технологического оснащения	НР, И	НР – 20% И – 100%
Расчет средств технологического оснащения	И	И – 100%
Оформление графического материала	И	И – 100%
Оформление комплекта технологической документации	И	И – 100%
Подведение итогов	НР, И	НР – 60% И – 100%

3.1.1 Продолжительность этапов работ

Расчет продолжительности этапов работ может осуществляться двумя методами:

- технико-экономическим;
- опытно-статистическим.

Первый применяется в случаях наличия достаточно развитой нормативной базы трудоемкости планируемых процессов, что в свою очередь обусловлено их высокой повторяемостью в устойчивой обстановке. Так как исполнитель работы зачастую не располагает соответствующими

нормативами, то используется опытно-статистический метод, который реализуется двумя способами:

- аналоговый;
- экспертный.

Аналоговый способ привлекает внешней простотой и почти нулевыми затратами, но возможен только при наличии в поле зрения исполнителя НИР не устаревшего аналога, т.е. проекта в целом или хотя бы его фрагмента, который по всем значимым параметрам идентичен выполняемой НИР. В большинстве случаев он может применяться только локально – для отдельных элементов (этапов работы).

Экспертный способ используется при отсутствии вышеуказанных информационных ресурсов и предполагает генерацию необходимых количественных оценок специалистами конкретной предметной области, опирающимися на их профессиональный опыт и эрудицию. Для определения вероятных (ожидаемых) значений продолжительности работ $t_{ож}$ применяется по усмотрению исполнителя одна из двух формул.

$$t_{ож} = \frac{3 \cdot t_{\min} + 2 \cdot t_{\max}}{5}, \quad (3.1-а)$$

$$t_{ож} = \frac{t_{\min} + 4 \cdot t_{\text{prob}} + t_{\max}}{6} \quad (3.1-б)$$

где: t_{\min} – минимальная продолжительность работы, дн.;

t_{\max} – максимальная продолжительность работы, дн.;

t_{prob} – наиболее вероятная продолжительность работы, дн.

Вторая формула дает более надежные оценки, но предполагает большую «нагрузку» на экспертов.

Для выполнения перечисленных в таблице 11 работ требуются специалисты:

- инженер – в его роли действует исполнитель НИР (ВКР);

- научный руководитель.

Для построения линейного графика необходимо рассчитать длительность этапов в рабочих днях, а затем перевести ее в календарные дни. Расчет продолжительности выполнения каждого этапа в рабочих днях ($T_{РД}$) ведется по формуле:

$$T_{РД} = \frac{t_{ож}}{K_{ВН}} \cdot K_{Д} \quad (3.2)$$

где: $t_{ож}$ – продолжительность работы, дн.;

$K_{ВН}$ – коэффициент выполнения работ, учитывающий влияние внешних факторов на соблюдение предварительно определенных длительностей, в частности, возможно $K_{ВН} = 1$;

$K_{Д}$ коэффициент, учитывающий дополнительное время на компенсацию непредвиденных задержек и согласование работ ($K_{Д} = 1-1,2$; в этих границах конкретное значение принимает сам исполнитель).

Расчет продолжительности этапа в календарных днях ведется по формуле:

$$T_{КД} = T_{РД} \cdot T_{К}, \quad (3.3)$$

где: $T_{КД}$ – продолжительность выполнения этапа в календарных днях;

$T_{К}$ – коэффициент календарности, позволяющий перейти от длительности работ в рабочих днях к их аналогам в календарных днях, и рассчитываемый по формуле

$$T_{К} = \frac{T_{КАЛ}}{T_{КАЛ} - T_{ВД} - T_{ПД}} \quad (2.4)$$

где: $T_{КАЛ}$ – календарные дни ($T_{КАЛ} = 365$);

$T_{ВД}$ – выходные дни ($T_{ВД} = 52$);

$T_{ПД}$ – праздничные дни ($T_{ПД} = 10$).

$$T_{К} = \frac{365}{365 - 52 - 10} = 1,205$$

В таблице 3.2 приведен пример определения продолжительности этапов работ и их трудоемкости по исполнителям, занятым на каждом этапе. В столбцах

(3–5) реализован экспертный способ по формуле (2.1-а), при использовании формулы (2.1-б) необходимо вставить в таблицу дополнительный столбец для t_{prob} . Столбцы 6 и 7 содержат величины трудоемкости этапа для каждого из двух участников проекта (научный руководитель и инженер) с учетом коэффициента $K_d = 1,2$. Каждое из них в отдельности не может превышать соответствующее значение $t_{ож} * K_d$. Столбцы 8 и 9 содержат те же трудоемкости, выраженные в календарных днях путем дополнительного умножения на T_k (здесь оно равно 1,212). Итог по столбцу 5 дает общую ожидаемую продолжительность работы над проектом в рабочих днях, итоги по столбцам 8 и 9 – общие трудоемкости для каждого из участников проекта. Две последних величины далее будут использованы для определения затрат на оплату труда участников и прочие затраты. Величины трудоемкости этапов по исполнителям T_{kd} (данные столбцов 8 и 9 кроме итогов) позволяют построить линейный график осуществления проекта.

Таблица 3.2 – Трудозатраты на выполнение проекта

Этап	Исполнители	Продолжительность работ, дни			Трудоемкость работ по исполнителям чел. - дн.			
		tmin	tmax	toж	ТРД		ТКД	
					НР	И	НР	И
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Постановка целей и задач, получение исходных данных	НР	1	3	1,8	2,16	-	2,6028	-
Составление и утверждение плана работ	НР, И	3	5	3,8	4,56	0,288	5,4948	0,27474
Подбор и изучение материалов по тематике	НР, И	11	16	13	3,12	15,6	3,7596	18,798
Разработка и утверждение технологического процесса изготовления детали	НР, И	4	8	5,6	2,688	6,72	3,23904	8,0976
Расчет минимальных припусков на обработку	И	1	3	1,8	-	2,16	-	2,6028
Выбор и расчет режимов резания	И	2	4	2,8	-	3,36	-	4,0488
Выбор средств технологического оснащения	НР, И	4	6	4,8	0,864	5,76	1,04112	6,9408
Разработка управляющих программ (УП) для станков с ЧПУ	И	6	8	6,8	-	8,16	-	9,8328
Расчет размерного анализа технологического процесса	И	1	2	3	-	3,6	-	4,338
Проектирование средств технологического оснащения	НР, И	4	6	4,8	1,152	5,76	1,38816	6,9408
Расчет средств технологического оснащения	И	2	6	3,6	-	4,32	-	5,2056
Оформление графического материала	И	2	6	3,6	-	4,32	-	5,2056
Оформление комплекта технологической документации	И	2	6	3,6	-	4,32	-	5,2056
Подведение итогов	НР, И	2	6	3,6	2,592	4,32	3,12336	5,2056
Итого:				62,6	17,136	68,688	20,64888	82,69674

Таблица 3.3 – Линейный график работ

Этап	НР	И	Февраль			Март			Апрель			Май
			10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
1	2,6028	-	■									
2	5,4948	0,27474	■	■								
3	3,7596	18,798		■	■							
4	3,23904	8,0976			■	■						
5	-	2,6028				■						
6	-	4,0488					■					
7	1,04112	6,9408					■	■				
8	-	9,8328						■	■			
9	-	4,338							■	■		
10	1,38816	6,9408								■	■	
11	-	5,2056									■	■
12	-	5,2056										■
13	-	5,2056										■
14	3,12336	5,2056										■

■ - НР

■ - И

3.2 Расчет сметы затрат на выполнение проекта

В состав затрат на создание проекта включается величина всех расходов, необходимых для реализации комплекса работ, составляющих содержание данной разработки. Расчет сметной стоимости ее выполнения производится по следующим статьям затрат:

- материалы и покупные изделия;
- заработная плата;
- социальный налог;
- расходы на электроэнергию (без освещения);
- амортизационные отчисления;
- командировочные расходы;
- оплата услуг связи;
- арендная плата за пользование имуществом;
- прочие услуги (сторонних организаций);
- прочие (накладные расходы) расходы.

3.2.1 Расчет затрат на материалы

К данной статье расходов относится стоимость материалов, покупных изделий, полуфабрикатов и других материальных ценностей, расходуемых непосредственно в процессе выполнения работ над объектом проектирования. Сюда же относятся специально приобретенное оборудование, инструменты и прочие объекты, относимые к основным средствам, стоимостью до 40 000 руб. включительно. Цена материальных ресурсов определяется по соответствующим ценникам или договорам поставки. Кроме того статья включает так называемые транспортно-заготовительные расходы, связанные с транспортировкой от поставщика к потребителю, хранением и прочими процессами, обеспечивающими движение (доставку) материальных ресурсов от поставщиков к потребителю. Сюда же включаются расходы на совершение сделки купли-продажи (т.н. транзакции). Приблизительно они оцениваются в

процентах к отпускной цене закупаемых материалов, как правило, это 5-20%. Исполнитель работы самостоятельно выбирает их величину в указанных границах.

Таблица 3.4 – Расчет затрат на материалы

Наименование материалов	Цена за ед., руб	Кол - во	Сумма, руб.
Услуги печати:			
А4	2	140	471
А4 (цветная)	6	1	
А3 (.cdw, .dwg)	10	2	
А2	35	1	
Брошюровка	130	1	
Канцелярия:			
тетрадь	40	1	150
ручка	80	1	
пишущий стержень	15	2	
Лицензия КОМПАС – 3D v17.1	1500	1	1500
НОМЕ (1 год)			
Лицензия FEATURECAM (1 год)	15000	1	15000
Итого:			17121

Допустим, что ТЗР составляют 5% от отпускной цены материалов, тогда расходы на материалы с учетом ТЗР равны:

$$C_{\text{мат}} = 17121 \cdot 1,05 = 17977,05 \text{ руб.}$$

3.2.2 Расчет заработной платы

Данная статья расходов включает заработную плату научного руководителя и инженера (в его роли выступает исполнитель проекта), а также премии, входящие в фонд заработной платы. Расчет основной заработной платы выполняется на основе трудоемкости выполнения каждого этапа и величины месячного оклада исполнителя. Оклад инженера принимается равным окладу соответствующего специалиста низшей квалификации в организации, где исполнитель проходил преддипломную практику. При

отсутствии такового берется оклад инженера собственной кафедры (лаборатории).

Среднедневная тарифная заработная плата ($ЗП_{дн-т}$) рассчитывается по формуле:

$$ЗП_{дн-т} = MO/25,083 \quad (3.5)$$

учитывающей, что в году 301 рабочий день и, следовательно, в месяце в среднем 25,083 рабочих дня (при шестидневной рабочей неделе).

Расчет затрат на полную заработную плату приведем в таблице 15. Затраты времени по каждому исполнителю в рабочих днях с округлением до целого взяты из таблицы 12. Для учета в ее составе премий, дополнительной зарплаты и районной надбавки используется следующий ряд коэффициентов: $K_{ПР} = 1,1$; $K_{доп.ЗП} = 1,188$; $K_p = 1,3$. Таким образом, для перехода от тарифной (базовой) суммы заработка исполнителя, связанной с участием в проекте, к соответствующему полному заработку (зарплатной части сметы) необходимо первую умножить на интегральный коэффициент $K_{и} = 1,1 * 1,188 * 1,3 = 1,699$. Вышеуказанное значение $K_{доп.ЗП}$ применяется при шестидневной рабочей неделе, при пятидневной оно равно 1,113, соответственно в этом случае $K_{и} = 1,62$.

Таблица 3.5 – Затраты на заработную плату

Исполнитель	Оклад, руб./мес.	Среднедневная ставка, руб./раб. день	Затраты времени, раб. дни	Коэффициент	Фонд з/платы, руб.
НР	33 680	1342,742	17	1,699	38 782,417
И	15 470	616,75	69	1,62	68 940,315
Итого					107 722,732

3.2.3 Расчет затрат на социальный налог

Затраты на единый социальный налог (ЕСН), включающий в себя отчисления в пенсионный фонд, на социальное и медицинское страхование, составляют 30 % от полной заработной платы по проекту, т.е. $C_{\text{соц.}} = C_{\text{зп}} * 0,3$.

Итак, в нашем случае

$$C_{\text{соц.}} = 107\,722,732 * 0,3 = 32\,316,8196 \text{ руб.}$$

3.2.4 Расчет затрат на электроэнергию

Данный вид расходов включает в себя затраты на электроэнергию, потраченную в ходе выполнения проекта на работу используемого оборудования, рассчитываемые по формуле:

$$C_{\text{эл.об.}} = P_{\text{об}} \cdot t_{\text{об}} \cdot Ц_{\text{Э}} \quad (3.6)$$

где $P_{\text{об}}$ – мощность, потребляемая оборудованием, кВт;

$Ц_{\text{Э}}$ – тариф на 1 кВт·час;

$t_{\text{об}}$ – время работы оборудования, час.

Так как работа на 99% выполнялась на домашнем ПК тариф одноставочный на электроэнергию для населения (на первое полугодие 2019 года) $Ц_{\text{Э}} = 3,42 \text{ руб./кВт·час}$ (с НДС).

Время работы оборудования вычисляется на основе итоговых данных таблицы 12 для инженера ($T_{\text{рд}}$) из расчета, что продолжительность рабочего дня равна 8 часов.

$$t_{\text{об}} = T_{\text{рд}} * K_t \quad (3.7)$$

где K_t – коэффициент использования оборудования по времени, равный отношению времени его работы в процессе выполнения проекта к $T_{\text{рд}}$, определяется исполнителем самостоятельно. В ряде случаев возможно определение $t_{\text{об}}$ путем прямого учета, особенно при ограниченном использовании соответствующего оборудования.

Мощность, потребляемая оборудованием, определяется по формуле:

$$P_{\text{об}} = P_{\text{ном.}} * K_C \quad (3.8)$$

где $P_{\text{ном.}}$ – номинальная мощность оборудования, кВт;

$K_C = 1$ – коэффициент загрузки, зависящий от средней степени использования номинальной мощности. Для технологического оборудования малой мощности $K_C = 1$.

Расчет затрат на электроэнергию для технологических целей представим в виде таблицы:

Таблица 3.6 – Затраты на электроэнергию технологическую

Наименование оборудования	Время работы оборудования $t_{об}$, час	Потребляемая мощность $P_{об}$, кВт	Затраты $\Delta_{об}$, руб.
Персональный компьютер	552·0,8	0,539	814,03

3.2.5 Расчет амортизационных расходов

В статье «Амортизационные отчисления» рассчитывается амортизация используемого оборудования за время выполнения проекта. Используется формула:

$$C_{AM} = \frac{N_A \cdot C_{ОБ} \cdot t_{рф} \cdot n}{F_D}, \quad (3.9)$$

где N_A – годовая норма амортизации единицы оборудования;

$C_{ОБ}$ – балансовая стоимость единицы оборудования с учетом ТЗР. При невозможности получить соответствующие данные из бухгалтерии она может быть заменена действующей ценой, содержащейся в ценниках, прейскурантах и т.п.;

F_D – действительный годовой фонд времени работы соответствующего оборудования, берется из специальных справочников или фактического режима его использования в текущем календарном году. При этом второй вариант позволяет получить более объективную оценку C_{AM} . Например, для ПК в 2015 г. (298 рабочих дней при шестидневной рабочей неделе) можно принять $F_D = 298 \cdot 8 = 2384$ часа;

$t_{рф}$ – фактическое время работы оборудования в ходе выполнения проекта, учитывается исполнителем проекта;

n – число задействованных однотипных единиц оборудования.

При использовании нескольких типов оборудования расчет по формуле делается соответствующее число раз, затем результаты суммируются.

Для определения N_A следует обратиться к приложению 1, содержащему фрагменты из постановления правительства РФ «О классификации основных средств, включенных в амортизационные группы». Оно позволяет получить рамочные значения сроков амортизации (полезного использования) оборудования CA . Например, для ПК это 2–3 года. Необходимо задать конкретное значение CA из указанного интервала, например, 2,5 года. Далее определяется N_A как величина обратная CA , в данном случае это $1/2,5 = 0,4$.

Стоимость ПК 50000 руб., время использования 552 часа, тогда для него $C_{AM} = \frac{0,4 \cdot 50000 \cdot 552 \cdot 1}{2408} = 4584,717$ руб., (начисленная амортизация).

3.2.6 Расчет прочих расходов

В статье «Прочие расходы» отражены расходы на выполнение проекта, которые не учтены в предыдущих статьях, их следует принять равными 10% от суммы всех предыдущих расходов, т.е.

$$C_{\text{проч.}} = (C_{\text{мат}} + C_{\text{зп}} + C_{\text{соц}} + C_{\text{эл.об.}} + C_{\text{ам}}) \cdot 0,1$$

Для нашего примера это

$$C_{\text{проч.}} = (17121 + 107722,732 + 32\,316,8196 + 814,03 + 4584,717) \cdot 0,1 = 16255,92 \text{ руб.}$$

3.2.7 Расчет общей себестоимости разработки

Проведя расчет по всем статьям сметы затрат на разработку, можно определить общую себестоимость проекта (представим в виде таблицы 3.7)

Таблица 3.7 – Смета затрат на разработку проекта

Статья затрат	Условное обозначение	Сумма, руб
Материалы и покупные изделия	$C_{\text{мат}}$	17121
Основная заработная плата	$C_{\text{зп}}$	107722,732
Отчисления в социальные фонды	$C_{\text{соц}}$	32 316,8196
Расходы на электроэнергию	$C_{\text{эл.}}$	814,03

Продолжение таблицы 3.7

Амортизационные отчисления	$C_{ам}$	4584,717
Прочие расходы	$C_{проч}$	16255,92
Итого:		178815,218

Таким образом, затраты на разработку составили $C=178\ 815,218$ руб.

3.2.8 Расчет прибыли

Прибыль от реализации проекта в зависимости от конкретной ситуации (масштаб и характер получаемого результата, степень его определенности и коммерциализации, специфика целевого сегмента рынка и т.д.) может определяться различными способами. Если исполнитель работы не располагает данными для применения «сложных» методов, то прибыль следует принять в размере 5–20 % от полной себестоимости проекта. В нашем примере она составляет 35 763,04 руб. (20 %) от расходов на разработку проекта.

3.2.9 Расчет НДС

НДС составляет 20% от суммы затрат на разработку и прибыли. В нашем случае это

$$(178\ 815,218 + 35\ 763,04) \cdot 0,2 = 42\ 915,652 \text{ руб.}$$

3.2.10 Цена разработки НИР

Цена равна сумме полной себестоимости, прибыли и НДС, в нашем случае

$$C_{НИР(КР)} = 178\ 815,218 + 35\ 763,04 + 42\ 915,652 = 257\ 493,91 \text{ руб.}$$

3.3 Оценка экономической эффективности проекта

Актуальным аспектом качества выполненного проекта является экономическая эффективность его реализации, т.е. соотношение обусловленного ей экономического результата (эффекта) и затрат на

разработку проекта. Так как последние являются единовременными, то мы имеем дело с частным случаем задачи оценки экономической эффективности инвестиций, т.е. вложением денежных средств в предприятие, организацию, отраслевую, региональную социально-экономическую систему и т.п. (т.н. объекты инвестиций) с целью получения определенного результата в будущем. Отличительными особенностями инвестиций, особенно когда речь идет о вложениях в нематериальные активы в форме НИР и ОКР являются:

- результат может быть получен в течение ряда последующих лет, в общем случае – на протяжении жизненного цикла создаваемой системы;
- результаты инвестиций содержат элементы риска и неопределенности;
- связывание на некоторое время финансовых средств инвестора.

Инвестиции предполагают расширение функциональных возможностей их объектов, влияя на многие стороны их деятельности. Посредством правильной инвестиционной политики организации достигают своих стратегических и тактических целей, таких как проникновение на рынок, увеличение доли рынка, рост доходности и т.д.

Необходимость экономической оценки инвестиций связана со следующими факторами:

- ограниченность источников финансирования;
- наличие многих направлений инвестирования средств;
- различие в отдаче инвестиций, направляемых на различные цели.

Это вызывает необходимость качественного и количественного анализа исходного множества инвестиционных проектов с целью отбора ограниченного множества наиболее эффективных. Исходным является качественный анализ, в ходе которого проекты проверяются по ряду критериев, среди которых типовыми являются:

- соответствие целям и стратегии развития объекта инвестирования;
- соответствие финансовым возможностям инвестора;
- правовая обеспеченность проекта;

- обеспеченность кадрами специалистов, сырьевой базой, каналами сбыта и т.д.

Качественный анализ позволяет радикально ограничить круг перспективных проектов, но зачастую его недостаточно для формирования окончательного множества, подлежащего реализации. В этом случае он дополняется количественным анализом, предполагающим использование ряда расчетных показателей, позволяющих в итоге проранжировать оставшиеся проекты с точки зрения их экономической эффективности.

Каждый из таких показателей, представляет собой количественную модель соотнесения величины инвестиций в проект с адекватным им экономическим результатом (эффектом), при этом и те и другие могут носить распределенный в календарном времени характер.

Прежде чем приступить к расчету данных показателей, необходимо основательно разобраться с содержанием и масштабами ожидаемого эффекта. Что касается инвестиций, будем считать, что их характеристики определены в ходе предварительной проработки проекта.

В зависимости от того, в какой сфере и форме проявляется эффект различают следующие его виды: бюджетный, народнохозяйственный, коммерческий. Адекватно различаются виды эффективности инвестирования.

Первый связан с последствиями осуществления проекта для федерального, регионального и местного бюджетов. Это могут быть изменения налоговых поступлений, поступлений за пользование природными ресурсами, поступлений таможенных пошлин и акцизов по продукции, производимой в соответствии с проектом, снижение затрат бюджета на субсидирование отдельных производств и т.п.

Второй отражает результаты реализации проекта с точки зрения интересов всего народного хозяйства, а также участвующих в нем регионов, отраслей и организаций. Он обычно проявляется в увеличении выручки от реализации продукции, снижении затрат на ее производство и эксплуатацию, на управление производством и т.д.

Третий отражает финансовые последствия проекта для его участников – изменение финансовых результатов их деятельности, уровня капитализации участников проекта.

Определение круга учитываемых при расчете показателей эффектов является одним из исходных пунктов оценки эффективности инвестиций и делается исполнителем по согласованию с руководителем экономической части проекта.

3.3.1 Определение срока окупаемости инвестиций (PP – payback period)

Данный показатель определяет продолжительность того периода, через который инвестиции будут возвращены полученной благодаря им прибылью. Чем меньше PP, тем эффективнее проект. Использование показателя предполагает установление для него приемлемого значения как меры эффективности инвестиций.

Используется формула:

$$PP = \frac{I_0}{PP_{\text{ч}}}, \quad (3.10)$$

Где: I_0 – величина инвестиций;

$PP_{\text{ч}}$ – годовая чистая прибыль.

(2.10) применяется в тех случаях, когда величины $PP_{\text{ч}}$ примерно равны по годам эксплуатационной стадии проекта. Если это не так, то применяется следующая модификация (2.11)

$$PP = n_{\text{ц}j} + \frac{\Delta PP_{\text{ч}j}}{PP_{\text{ч}j+1}}, \quad (3.11)$$

Где: $n_{\text{ц}j}$ – целое число лет, при котором накопленная сумма прибыли наиболее близка к величине инвестиций, но не превосходит ее; I_0

$\Delta PP_{\text{ч}j}$ – непокрытая часть инвестиций по истечении $n_{\text{ц}j}$ лет реализации проекта;

$PP_{\text{ч}j+1}$ – прибыль за период, следующий за $n_{\text{ц}j}$

Величину инвестиций назначим исходя из технико–экономических показателей технологического процесса .

Произведем расчет и представим его в виде таблицы 3.8

Таблица 3.8 – Накопленные денежные поступления по проекту

Год	Инвестиции	Прибыль	Накопленный денежный поток
0	-20	0	-20
1	-	8	-12
2	-	6,5	-5,5
3	-	5	-0,5
4	-	4	3,5
5	-	4	7,5

Здесь 3-й год эксплуатационного периода дает минимум непокрытого остатка (0,5) от инвестированной суммы в 20 млн. руб., следовательно, ≈ 3 .

Тогда $n_{цj} \frac{\Delta ПР_{чj}}{ПР_{чj+1}} = 0,5/3,5 = 0,159$; следовательно, $PP \approx 3,16$ лет.

Очевидным недостатком рассмотренного показателя является его относительный характер – он не отражает масштаб проекта и соответственно объем полученного результата. Поэтому наряду с PP целесообразно рассчитать величину накопленного чистого эффекта по формуле

$$NPV = \sum_{j=1}^n ПР_{чj} - I_0 \quad (3.12)$$

где n – продолжительность в годах периода оценки эффекта, например, жизненного цикла проекта или прогнозируемого периода. Очевидно, что в итоге реализации проекта эта величина должна быть положительной, иначе проект убыточен.

Если период реализации проекта больше одного года и величины $ПР_{чj}$ существенно различаются по годам реализационного периода, то необходимо учесть изменение ценности денег во времени. В этом случае при расчете по формулам (3.11) – (3.13) вместо величин $ПР_{чj}$ и $ПР_{чj+1}$ следует использовать их дисконтированные аналоги, $\frac{\Delta ПР_{чj}}{ПР_{чj+1}}$ получаемые путем деления $\Delta ПР_{чj}$ на $ПР_{чj+1} (1 + i)^j$, где i – ставка дисконтирования (целевой уровень годовой

доходности инвестируемых средств). Она принимается исполнителем по согласованию с руководителем экономической части проекта. При определении также используются дисконтированные значения ежегодной прибыли. Такая (динамическая) оценка инвестиций является более надежной, особенно при сравнении конкурирующих проектов. В $n_{ц}$ таблице 3.9 показано, как определяется значение РР для тех же исходных данных, что и в таблице 18, но с учетом убывания реальной стоимости результатов в будущие периоды (годы) относительно периода инвестирования – чем дальше в будущее, тем она меньше на единицу номинального эффекта, принято, что $i = 0,1$.

Таблица 3.9 – Расчет дисконтированного срока окупаемости

Год	Инвестиции	Номинальная прибыль	Коэффициент дисконтирования $1/(1+0,1)$	Дисконтированная прибыль	Накопленный денежный поток
0	-20	0	1	0	-20
1	-	8	0,9091	7,2728	-12,7272
2	-	6,5	0,8264	5,3716	-7,3556
3	-	5	0,7513	3,7565	-3,5991
4	-	4	0,683	2,732	-0,8671
5	-	4	0,6209	2,4836	1,6165

Здесь 4-й год эксплуатационного периода дает минимум непокрытого остатка (0,8671) от инвестированной суммы в 20 млн. руб., следовательно, $=4$.

Тогда $n_{цj} \frac{\Delta PR_{чj}}{PR_{чj+1}} = 0,8671/1,6165 = 0,5364$; следовательно, $PP \approx 4,536$ лет.

Вывод

В данной части работы были произведена организация и планирование работ, расчет сметы затрат на выполнение проекта, и оценка экономической эффективности проекта. В ходе проделанной работы была определена цена научно исследовательской работы, она составила 257 493,91 руб; определен срок окупаемости инвестиций с учетом изменения ценности денег во времени, он составил 4,5 года.

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

Группа	ФИО
3-8Л152	Еланцеву Виталию Вячеславовичу

Школа	ИШНПТ	Отделение (НОЦ)	ОМ
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	Машиностроение

Тема ВКР:

Проектирование технологического процесса изготовления детали «Червяк»	
Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»	
:	
1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	В качестве объекта исследования выступает технологический процесс изготовления детали «Червяк». Деталь будет применяться в червячном редукторе для удержания высоких нагрузок и увеличению КПД.
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: <ul style="list-style-type: none"> – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны. 	<ul style="list-style-type: none"> – СанПиН 2.2.4.548–96 – СН 2.2.4/2.1.8.562–96 – СП 52.13330.2016 – СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 – ТОИ Р-45-084-01 – Р 2.2.200605 – ГОСТ 12.2.032-78 – ГОСТ 12.0.003-2015 – "Трудовой кодекс Российской Федерации" от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 24.04.2020)
2. Производственная безопасность: 2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов 2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия	<ul style="list-style-type: none"> – отклонение от микроклимата – недостаточная освещенность – повышенный уровень шума – нервно-психические и физические нагрузки – повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека
3. Экологическая безопасность:	<ul style="list-style-type: none"> – использование ламп освещения в которых присутствует тяжелый металл, печатные платы в состав которых входят вредные и токсичные вещества, загрязнение литосферы и гидросферы
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:	<ul style="list-style-type: none"> – пожар. – наиболее типичной ЧС является пожар, может быть вызван довольно частым происшествием, таким как короткое замыкание.

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	16.03.2020
--	------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата

Доцент	Белоенко Елена Владимировна	к.т.н		16.03.2020
--------	-----------------------------	-------	--	------------

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-8Л52	Еланцев Виталий Вячеславович		16.03.2020

4 Социальная ответственность

Введение

В данной бакалаврской работе проводится разработка технологического процесса изготовления детали «Червяк». При выполнении задания основная часть работы проводилась в технологическом бюро за компьютерной техникой. Деталь будет использоваться в червячном редукторе для которого изготовлен этот червячный вал.

В этом разделе рассматриваются вредные и опасные факторы на стадии разработки, изготовления и эксплуатации, а также проводится анализ и оценка выше перечисленных пунктов, которые могут оказывать негативное и пагубное влияние на инженера-технолога. Даются рекомендации по обеспечению оптимальных рабочих условий труда и охране окружающей среды.

4.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Данный подраздел показывает специальные правовые нормы трудового законодательства. В моем случае будут рассматриваться такие законодательные акты как:

- «Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы» (СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03)
- «Типовой инструкцией по охране труда при работе на персональном компьютере» (ТОИ Р-45-084-01)

Режим рабочего времени, проводимого за персональным компьютером во время проектирования технологического процесса изготовления «Червяк» не должен превышать 6 часов за смену. Продолжительность непрерывной работы за ПК не должна превышать 2 часов, после этого рекомендуется делать перерыв на 10-20 минут. Во время регламентированных перерывов целесообразно делать комплексы упражнений. При нерегламентированной работе повышается возможность головных болей, нервных срывов и др. За вредность нерегламентированной работы за ПК доплачивают 4% к окладу.

Режим труда и отдыха работников установлен трудовым кодексом. Согласно ТК РФ, N 197 -ФЗ каждый работник имеет право на:

1. 8-ми часовой рабочий день.
2. Во время рабочего дня отводится время для перерывов на отдых и питание.
3. Продолжительность перерывов на отдых и питание от 30 до 60 мин.
4. Рабочее место, соответствующее требованиям охраны труда
5. Обязательное социальное страхование от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний в соответствии с федеральным законом
6. Гарантии и компенсации, установленные в соответствии с настоящим Кодексом, коллективным договором, соглашением, локальным нормативным актом, трудовым договором, если он занят на работах с вредными и (или) опасными условиями труда.
7. Отказ от выполнения работ в случае возникновения опасности для его жизни и здоровья вследствие нарушения требований охраны труда, за исключением случаев, предусмотренных федеральными законами, до устранения такой опасности
8. Обеспечение средствами индивидуальной и коллективной защиты в соответствии с требованиями охраны труда за счет средств работодателя.

Эргономические требования к правильному расположению и компоновке рабочей зоны исследователя, проектируемой рабочей зоны в производственных условиях для создания комфортной рабочей среды:

- Хорошо освещенный рабочий стол работника
- Рабочие столы следует размещать таким образом, чтобы мониторы были боковой стороной к световым проемам, чтобы естественный свет падал слева
- Расстояние между рабочими столами должно быть не менее 2 м

– Конструкция стула должна обеспечивать рациональное поддержание рабочей позы

– Экран должен находиться от глаз пользователя на расстоянии 600...700 мм, но не ближе 500 мм.

Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны

ГОСТ 12.2.032-78 «Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования» устанавливает общие эргономические требования к рабочим местам при выполнении работ в положении сидя при проектировании нового и модернизации действующего оборудования и производственных процессов, в нашем случае разработка детали «Червяк».

Рабочее место должно быть по высоте таким, чтобы при выполнении технологических операций не было необходимости сгибать корпус или приседать. Недопустимо выполнение работ в согнутом положении, стоя на коленях, лежа.

4.2 Производственная безопасность

В данном пункте анализируются вредные и опасные факторы, которые могут возникать при разработке технологического процесса детали, изготовления и эксплуатации.

Для идентификации потенциальных факторов необходимо использовать ГОСТ 12.0.003-2015 «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация».

Таблица 4.1 – Возможные опасные и вредные факторы

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Этапы работы					Нормативные документы
	Разраб	отка	Изгото	вление	Эксплу	
1. Отклонение показателей микроклимата	+		+		+	Параметры микроклимата – СанПиН 2.2.4.548-96 [10]
2. Отсутствие или недостаток естественного света	+		+		+	Уровень шума – СН 2.2.4/2.1.8.562-96 [11]
3. Повышенный уровень шума			+		+	Уровень освещенности – СП 52.13330.2016 [12]
4. Нервно-психические и физические нагрузки	+		+			Условия работы за ПК – СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 [12]
5. Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека	+		+			Р 2.2.2006-05 Гигиена труда. Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда[13]

4.3 Анализ опасных и вредных производственных факторов

1. Отклонение от показателей микроклимата в помещении

Состояние здоровья человека, его работоспособность в большей степени зависят от микроклимата на рабочем месте. При пребывании человека в оптимальных микроклиматических условиях сохраняется нормальное функционирование организма без напряжения механизмов терморегуляции. При этом ощущается тепловой комфорт, что приводит к высокому уровню работоспособности [14]. Отклонения от норм микроклимата могут привести к возникновению общих и локальных ощущений теплового дискомфорта, напряжению механизмов терморегуляции, ухудшению самочувствия и понижению работоспособности.

В помещениях, предназначенных для работы с компьютерной техникой, где проводилась разработка технологического процесса изготовления детали «Червяк», должны соблюдаться определенные оптимальные параметры микроклимата в соответствии с СанПиНом 2.2.4.548-96. Эти нормы устанавливаются в зависимости от времени года, характера трудового процесса и характера производственного помещения (табл. 4.2).

Таблица 4.2 – Параметры микроклимата для помещений, где установлены компьютеры

Период года	Температура воздуха в помещении, С°	Относительная влажность воздуха в помещении, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный, переходный	21-23	60-40	0,1
Теплый	22-24	60-40	0,1

Для создания этих условий необходимо проводить такие мероприятия как естественная вентиляция помещения, кондиционирование воздуха в теплый период, а в холодный отопление воздуха.

2. Недостаточная освещенность рабочей зоны

Следует очень четко соблюдать требования по санитарным нормативам освещенности в административных, учебных и иных учреждениях. Наше зрение напрямую зависит от количества света в помещении и на рабочем месте. От освещенности также зависит здоровье всего организма, сопротивляемость стрессам, усталости, физическим и умственным нагрузкам.

Требования к освещению на рабочем месте, где проводилась разработка технологического процесса изготовления детали «Червяк», которые представлены в СП 52.13330.2016 организованны в таблицу 4.3 для большего удобства

Таблица 4.3 – требования к освещению на рабочих местах

Освещенность на рабочем столе	300-500 лк
Освещенность на экране	не выше 300 лк
Блики на экране	не выше 40 кд/м ²
Прямая блескость источника света	200 кд/м ²
Показатель ослепленности	не более 20
Показатель дискомфорта	не более 15
Отношение яркости - между рабочими поверхностями - между поверхностями стен и оборудования	3:1-5:1 10:1
Коэффициент пульсации	не более 5%

Для борьбы с недостаточным уровнем освещенности применяются как естественные источники света:

- Солнце (открытые жалюзи)

Так же применяются искусственные:

- Газоразрядных источников света со спектральным составом

- Архитектура помещения

3. Повышенный уровень шума

Нормирование шумов в зависимости от типа помещений дается в санитарных нормах. Наиболее актуальным для специалиста службы охраны труда являются СН 2.2.4/2.1.8.562-96, утвержденные постановлением Госкомсанэпиднадзора РФ от 31.10.1996г. Они должны быть исполнены всеми без исключения фирмами, госорганизациями, предприятиями. Нарушение санитарных норм карается административными и дисциплинарными взысканиями, вплоть до приостановки деятельности организации.

Помимо классификации, перечня необходимых для измерения и предотвращения вредного фактора определений, СН дают список параметров и ПДУ для разных работ. Нормы классифицированы по видам производственной деятельности, то есть по профессиональному критерию. Не так важно, чем, собственно, занимается специалист на своем рабочем месте, важно, насколько тяжела и напряжена его работа.

Допустимые нормы шума для занятий творческой, научной деятельностью не должны превышать 50 дБА.

В технологическом бюро, где проводилась разработка технологического процесса изготовления детали «Червяк», уровень шума не превышает предельно допустимого значения, установленного в ГОСТ 12.1.003-2014.

Для того чтобы снизить уровень шума прикладывается не мало сил, так как эта задача не самая легкая. Чтобы снизить шум в закрытом помещении извне достаточно установить звукопоглощающие панели, а от шума излучаемого изнутри помещения проводятся архитектурно-строительные мероприятия. Максимально изолируют источник шума, размещают в так называемых боксах из звукопоглощающих материалов. Изначально при проектировании рабочего места необходимо его разместить так чтобы оно было достаточно изолировано от сильных источников шума [11]. Существуют еще несколько методов борьбы с шумом. Если рабочее место неизбежно находится в месте с

повышенным уровнем шума, то следует изменить архитектуру помещения, на отражение или поглощение шума.

По разным причинам может быть не возможно бороться с повышенным уровнем шума стандартными методами которые приведены выше, в таких случаях используются индивидуальные средства защиты такие как:

- Вкладыши – предназначены для закрытия слухового прохода
- Наушники
- беруши

4. Нервно-психические и физические нагрузки

При выполнении работ на компьютере, работник который разрабатывает технологический процесс «Червяк», связан с такими физическими и нервно-психическими перегрузками, как зрительное напряжение, монотонность трудового процесса, нервно-эмоциональные перегрузки. Продолжительная работа на дисплее компьютера, может привести к нервно-эмоциональному перенапряжению, нарушению сна, ухудшению состояния, снижению концентрации внимания и работоспособности, хронической головной боли, повышенной возбудимости нервной системы, депрессии. Повышенные статические и динамические нагрузки у пользователей ПК приводят к жалобам на боли в спине, шейном отделе позвоночника и руках.

Для существенного снижения таких нагрузок необходимы частые перерывы в работе и эргономические усовершенствования, в том числе оборудование рабочего места так, чтобы исключать неудобные позы и длительные напряжения. Физические перегрузки, умственное перенапряжение, монотонность труда устанавливаются Р 2.2.2006-05. Работа по допустимому классу условий труда с напряженностью труда средней степени предусматривает продолжительность дня 8-9 часов, продолжительность перерывов от 3 до 7 % рабочего времени.

5. Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека

Источниками электрического тока могут быть электрические установки и оборудование. Опасность поражения электрическим током существует всегда, если имеется контакт с устройством, питаемым напряжением 36 В и выше, тем более от электрической сети 220 В. Для предотвращения поражений электрическим током при работе с компьютером при разработке технологического процесса изготовления детали «Червяк» следует установить дополнительные ограждающие устройства, обеспечивающие недоступность токоведущих частей для прикосновения. Обязательным во всех случаях является наличие защитного заземления или зануления (защитного отключения) электрооборудования. Для качественной работы компьютеров создается отдельный заземляющий контур. Соблюдение правил и требований электробезопасности позволяет максимально обеспечить защиту пользователя от поражения электрическим током. Технологическое бюро корпуса №16А, НИ ТПУ удовлетворяет приведенным выше требованиям, что позволяет отнести ее к помещениям без повышенной опасности поражения людей электрическим током. Это сухое помещение без повышенного содержания пыли, температура воздуха – нормальная.

4.4 Экологическая безопасность

Любое производство сопровождается образованием отходов. Отходы в большей или меньшей степени загрязняют окружающую среду.

При выполнении задания по разработке технологического процесса изготовления детали «Червяк» в технологическом бюро требуется искусственное освещение. Для искусственного освещения применяются люминесцентные лампы. Как известно, ртутные люминесцентные лампы содержат в своем составе тяжелый металл – ртуть. Это вещество первого класса опасности, представляющее угрозу для окружающей среды, требуют специальной переработки. В соответствии с этим отработанные лампы организованно сдаются в специальные пункты приема, для дальнейшей утилизации, что обеспечивает экологическую безопасность. Кроме того,

существует проблема загрязнения окружающей среды отходами электронных приборов. Компьютерная техника, использовавшаяся при разработке червяка, содержит печатные платы, в состав которых входят вредные и токсичные вещества. Они являются сложным видом отходов, которые при взаимодействии с окружающей средой образуют токсины, попадающие в почву и грунтовые воды. На сегодняшний день существуют различные способы переработки печатных плат, позволяющие повторно использовать драгоценные металлы, содержащиеся в них и утилизировать вредные вещества, таким образом, защитив окружающую среду.

Также следует рассмотреть экологическую безопасность при производстве червячного вала.

Металлургия сама по себе считается одним из самых грязных видов промышленности. В первую очередь это связано непосредственно с металлами и их обработкой резанием на токарных, фрезерных операциях, но и побочные продукты не стоит скидывать со счетов.

Интенсивность выделения загрязняющих частиц зависит от нескольких факторов:

1. Вид материала, подвергающегося обработке
2. Режим работы оборудования
3. Мощность и производительность станка
4. Геометрические параметры изделия и инструмента
5. Использование/неиспользование СОЖ

При обработке без СОЖ выделяется в атмосферу много металлической пыли. СОЖ помогает связать металлические частицы вместе, но при этом вместо пыли на материале образуется тонкодисперсный аэрозоль. В зависимости от основной фазы и физико-химических свойств СОЖ выделяются: масляные, водные и специальные аэрозоли.

В зависимости от характера загрязнения устанавливаются специальные очистные системы.

4.5 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Чрезвычайные ситуации (ЧС) могут быть техногенного, природного, биологического, социального или экологического характера. Техногенные чрезвычайные ситуации связаны с производственной деятельностью человека и могут протекать с загрязнением и без загрязнения окружающей среды. В ходе проектирования технологического процесса детали «Червяк» могут возникнуть такие чрезвычайные ситуации техногенного характера, как пожары, взрывы, обрушение зданий, аварии на водопроводах. Не исключен случай возникновения природных чрезвычайных ситуаций.

В технологическом бюро корпуса №16А, НИ ТПУ наиболее возможной ЧС может быть возникновение пожара.

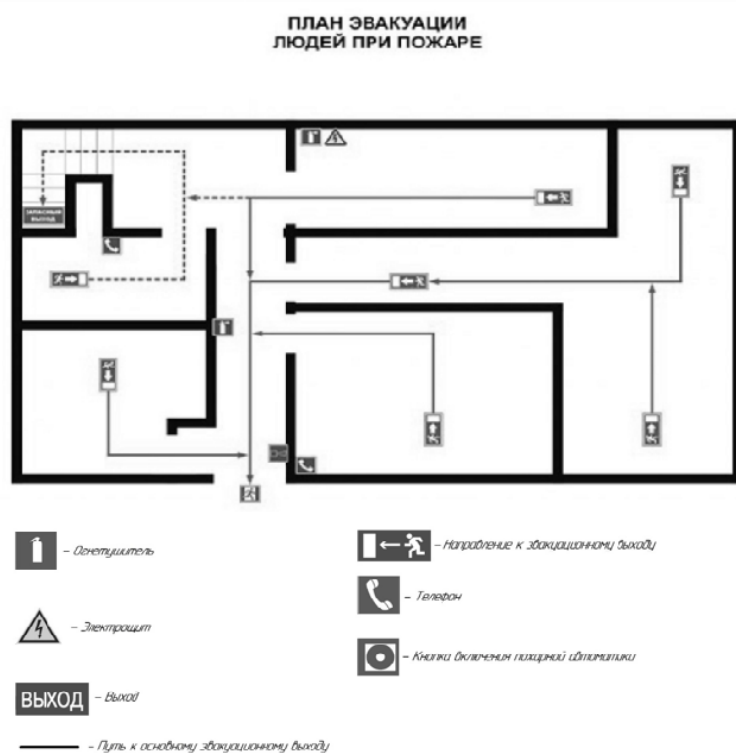


Рис.4.1 План эвакуации

Для обеспечения пожарной безопасности применяют негорючие и трудногорючие вещества и материалы вместо пожароопасных, предотвращают распространение пожара за пределы очага, используют средства пожаротушения и т. д. К числу организационных мероприятий по обеспечению пожарной безопасности относятся обучение рабочих и

служащих правилам пожарной безопасности, разработка и внедрение норм и правил пожарной безопасности, инструкций о порядке работы с пожароопасными веществами и материалами, организация пожарной охраны объекта [12].

В случае возникновения пожара на территории предприятия где будет осуществляться проектирование технологического процесса детали «Червяк» действия всех работников должны быть направлены на немедленное сообщение о нем в пожарную охрану, обеспечение безопасности людей и их эвакуации, а также тушение возникшего пожара. Для оповещения людей о пожаре должны использоваться тревожные или звуковые сигналы [13].

Вывод

В данном разделе проведен анализ вредных факторов, действующих в процессе разработки технологического процесса изготовления детали «Червяк», к которым относятся повышенный уровень шума, отклонение показателей микроклимата в помещении, недостаточная освещенность рабочей зоны, физические и нервнопсихические перегрузки, загрязнения от производства деталей. В том числе, выявлены опасные факторы производства, входящие в чрезвычайные ситуации. Приведен план эвакуации, в помещении где проводятся все работы. Были указаны правовые и организационные вопросы безопасности. Даны рекомендации по оптимальному обустройству рабочего места. В результате анализа даются рекомендации по обеспечению оптимальных условий труда и охране окружающей среды.

Заключение

При разработке технологического процесса изготовления детали «Червяк», была изучена конструкция детали, назначение и условия работы в изделии. В процессе выполнения ВКР был проведен анализ исходных данных, определен тип производства, составлен технологический маршрут обработки детали. Были выбраны режущий и измерительный инструмент и приспособления. Также были проведены технологические и технико-экономические расчеты, в результате которых установлено, что применение данных станков и внедрение станочного приспособления позволит значительно сократить трудоемкость изготовления детали.

В конструкторской части работы спроектировано приспособление непосредственно для обработки детали на токарном станке и проведены все необходимые расчеты.

Таким образом, в ходе ВКР разработан технологический процесс изготовления детали, который обеспечивает выполнение требований чертежа, отвечает требованиям экономичности.

Так же были рассмотрены вопросы безопасности, выполнен анализ вредных и опасных производственных факторов.

Список использованных источников

1. Справочник технолога машиностроителя. В 1-ч т. Под редакцией А.Г.Косиловой и Р.К. Мещерякова. - 4-е издание., -М.: Машиностроение, 1985 - 496с.
2. Схиртладзе А. Г., Пучков В. П., Прис. Н. М. Проектирование технологических процессов в машиностроении: учебное пособие/ А. Г. Схиртладзе, В. П. Пучков, Н. М. Прис. – Старый Оскол: ТНТ, 2011. – 408 с.
3. Должиков В.П. Разработка технологических процессов механообработки в мелкосерийном производстве: Учебное пособие. – Томск: Изд-во ТПУ, 2003. – 324 с.
4. Справочник технолога машиностроителя. В 2-ч т. Под редакцией А.Г.Косиловой и Р.К. Мещерякова. - 4-е издание., -М.: Машиностроение, 1985 - 496с.
5. Гольдштейн Г.Я.. Стратегический инновационный менеджмент: Учебное пособие. Таганрог: Изд-во ТРТУ,2004. - 267 с.. 2004.
6. Принцип работы бесцентрового шлифования // Обработка металла URL: <http://met-all.org/obrabotka/shlifovanie/bestsentrovое-shlifovanie-stanki.html> (дата обращения 29.03.20).
7. Барановский Ю.В. (ред.) Режимы резания металлов. Справочник. Изд. 3-е. перераб. и доп. М.: Машиностроение, 1972. - 408 с.: ил.
8. Гибкие производственные комплексы / Под ред. Беялина и В.А. Лещенко. – М.: Машиностроение, 1984 – 384 с.
9. 16К20Ф3 Станок токарный патронно-центровой с ЧПУ // Каталог станков URL: http://stanki-katalog.ru/sprav_16k20f3.html (дата обращения: 31.05.2020).

10. Микроклимат производственных помещений. Нормируемые параметры микроклимата // Охрана труда и БЖД URL: http://ohrana-bgd.narod.proizv_67.html (дата обращения: 28.05.20).
11. Источники шума. Нормирование шума // Science URL: [http:// cities-bлаго.ru/shpargalki-po-distipline-gradostroitelstvo/29-arkhitektura-pomyshlennye-zdaniya-shpargalki/739-istochniki-shuma-normirovanie-shuma.html](http://cities-bлаго.ru/shpargalki-po-distipline-gradostroitelstvo/29-arkhitektura-pomyshlennye-zdaniya-shpargalki/739-istochniki-shuma-normirovanie-shuma.html) (дата обращения: 28.05.20.)
12. Обеспечение пожарной безопасности на предприятиях // Библиотека технической литературы URL: <http://delta-grup.ru/bibliot/32/68.htm> (дата обращения: 28.05.20).
13. Инструкция о действиях работников в случае возникновения пожара // Аудит Пожарной Безопасности URL: <http://pozharaudit.ru/useful179.html> (дата обращения: 16.06.20).
14. Общемашиностроительные нормативы времени вспомогательного, на обслуживание рабочего места и подготовительно-заключительного при 91 работе на металлорежущих станках. Мелкосерийное и единичное производство. Дифференцированные/ Центральное бюро промышленных нормативов по труду при научно-исследовательском институте труда Государственного комитета Совета Министров СССР по вопросам труда и заработной платы; ред. Р. И. Хисин. — Москва: Машиностроение, 1964. — 396 с.: ил. + табл.. — Приложения: с. 194-393.
15. Лабораторный практикум по дисциплине «Безопасность жизнедеятельности» для студентов всех специальностей: учебное пособие/ Ю.А. Амелькович, Ю.В. Анищенко, А.Н. Вторушина, М.В. Гуляев, М.Э. Гусельников, А.Г. Дашковский, Т.А. Задорожная, В.Н. Извеков, А.Г. Кагиров, К.М. Костырев, В.Ф. Панин, А.М. Плахов, С.В.

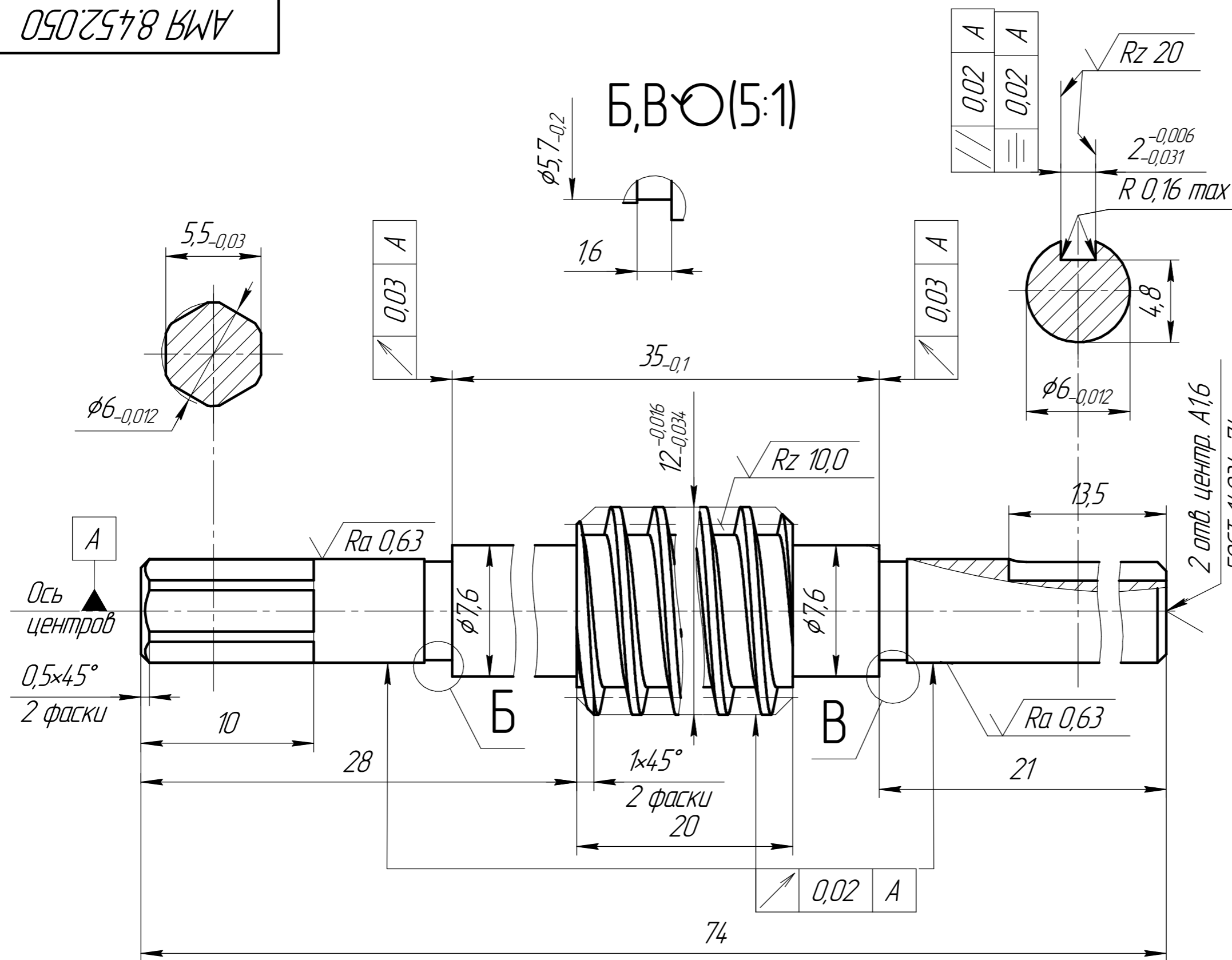
Романенко. – Томск: Издательство Томского политехнического университета, 2010.

16. Скворцов В.Ф. Основы размерного анализа конструкторских изделий: учебное пособие / В.Ф. Скворцов; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во ТПУ, 2011. – 80с.

Приложение А

АМЯ 8.452.050

√ Rz 40 (√)

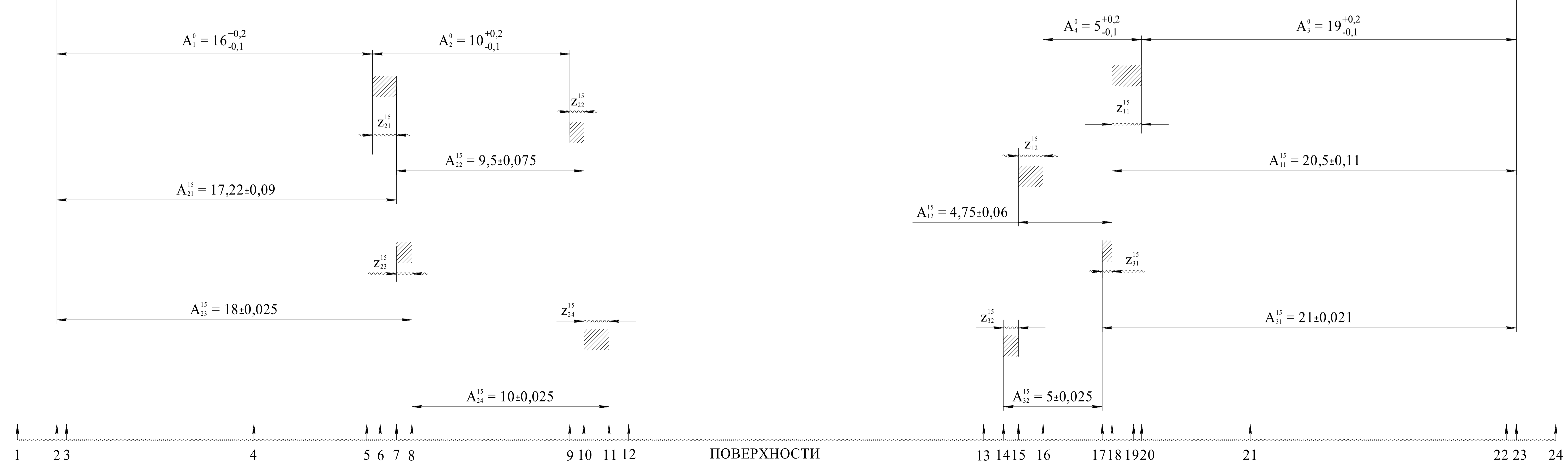
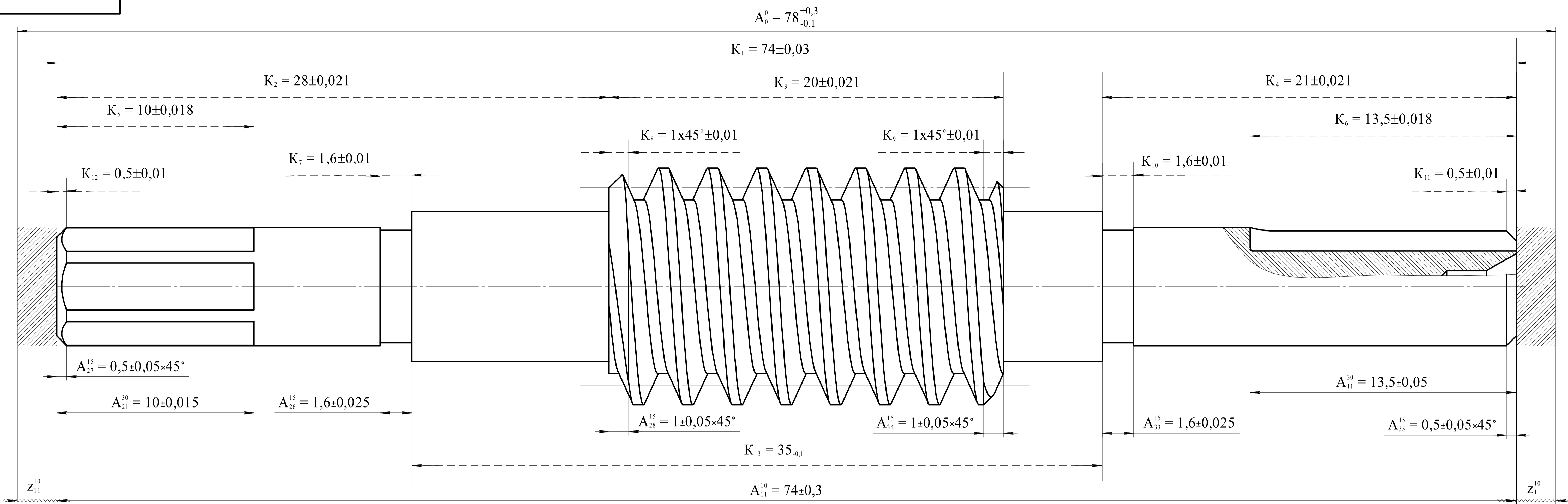


Модуль	m	1
Число заходов	z ₁	1
Вид червяка	-	ZA
Исходный червяк	-	
Делительный угол подъема	?	5° 42' 38"
Степень точности по ГОСТ 1643-72	-	7-С
Делительный диаметр червячного колеса	d _a	10
Направление линии витка	-	правое
Диаметр измерительного ролика	-	1,73 ^{+0,005}
Размер червяка по роликам	-	12,50 ^{-0,08} _{-0,14}
Межосевое расстояние	A	21
Обозначение чертежа сопряженного колеса	-	АМЯ 8.452.047

1. Острые кромки притупить фаской 0,3 ... 0,5x45°.
2. Общие технические требования по ОСТ 4Г 0.070.014.

АМЯ 8.452.050								
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Червяк	Лит.	Масса	Масштаб
	Разраб.	Еланцев В.В.		22.05.20			0,03	4:1
Пров.	Шибинский К.Г.			22.05.20				
Т.контр.								
Н.контр.								
Утв.								
Сталь 40X13 ГОСТ 5632-72						Лист	Листов	1
						ИШНПТ-38/152/08-001		

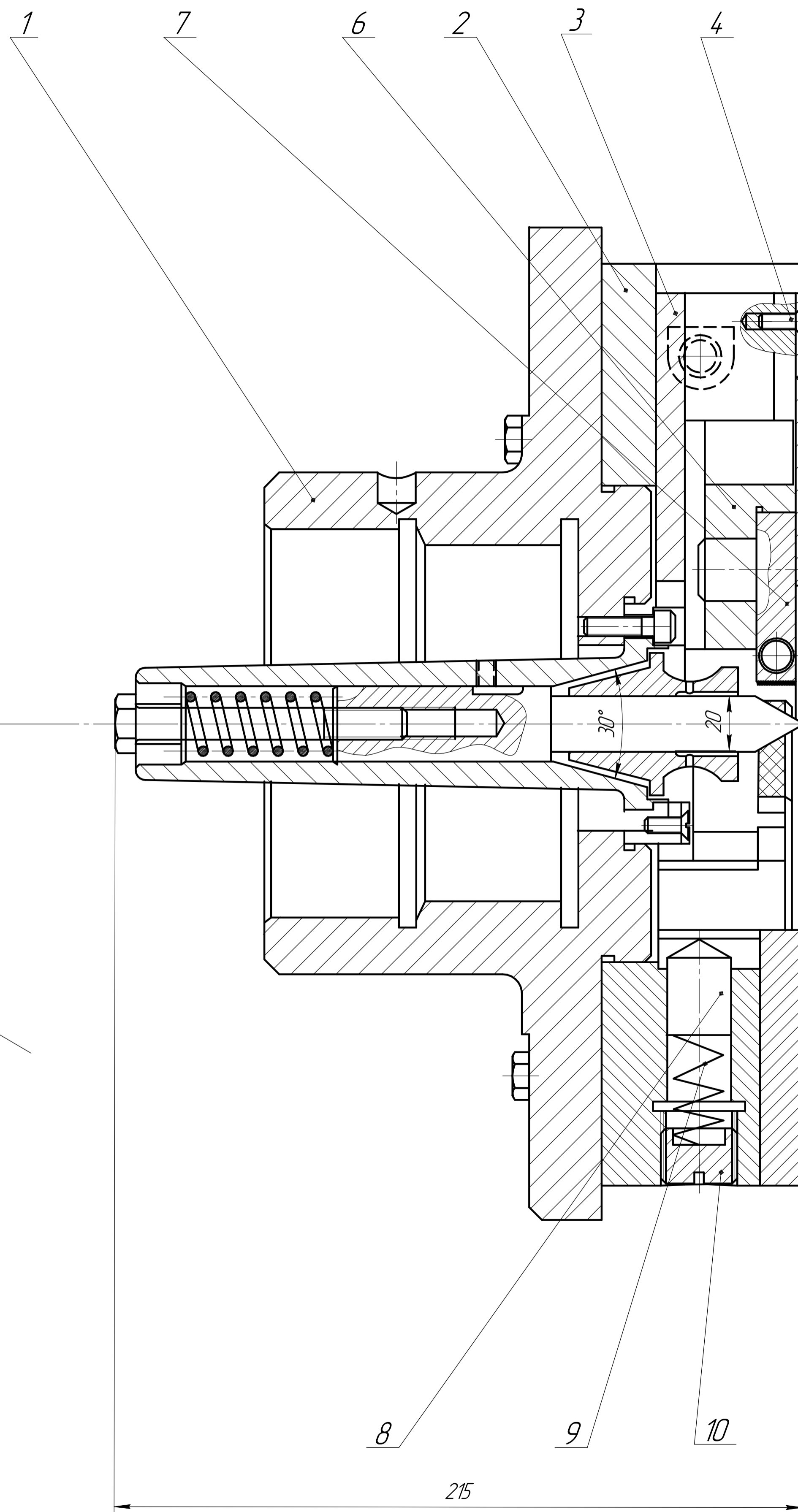
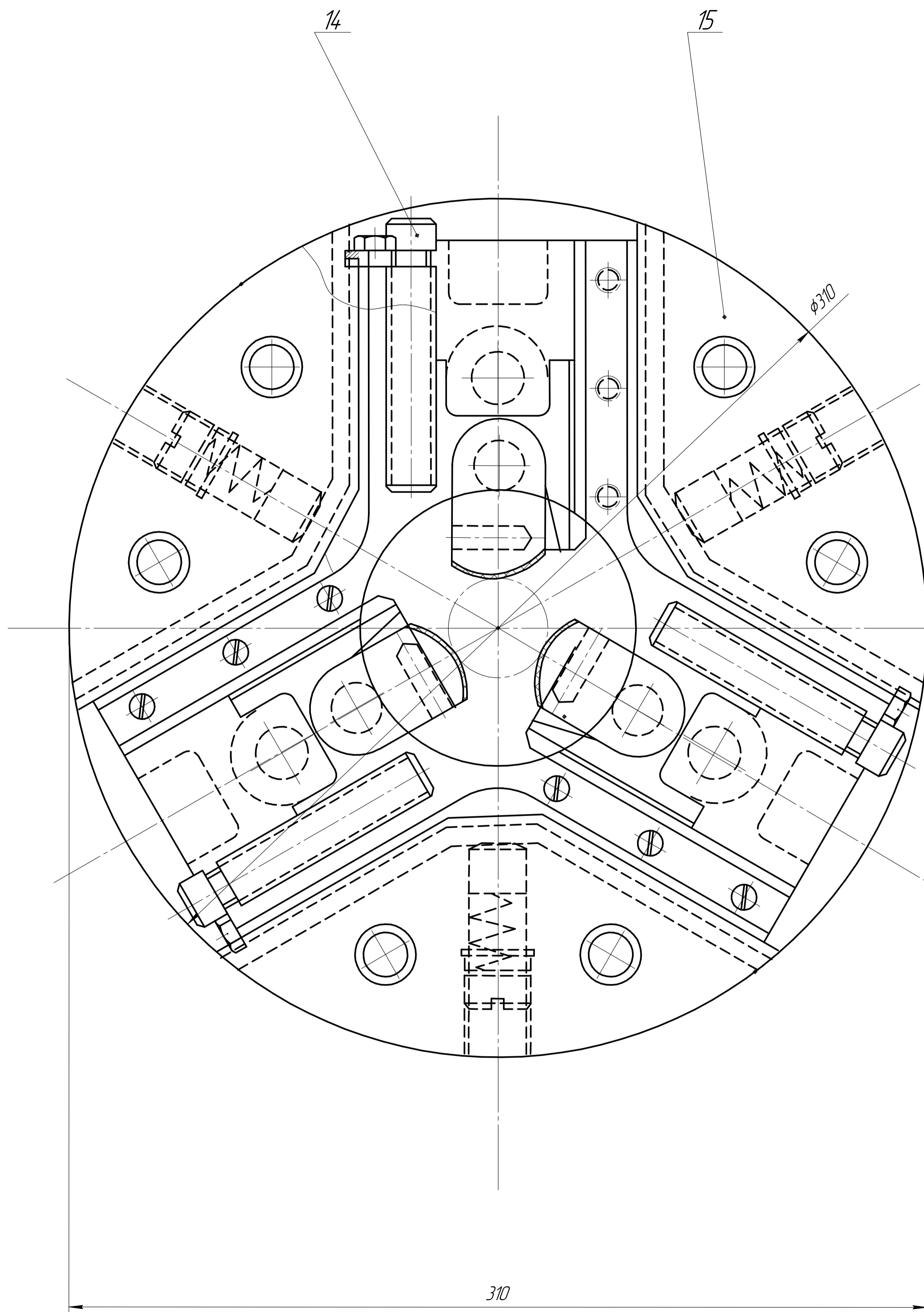
Приложение Б



1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 ПОВЕРХНОСТИ 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24

				АМЯ 8.452.050				
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Схема размерного анализа техпроцесса	Лит.	Масса	Масштаб
Разраб.	Еланцев В.В.			11.09.2020			0,03	10:1
Проб.	Шибинский К.Г.			17.09.2020		Лист	Листов	
И.контр.					Сталь 40Х13 ГОСТ 5632-72	ИШНПТ-38Л52/08-002		
Утв.					Копирован	Формат А1		

Приложение В



Формат	Зона	Позиция	Обозначение	Наименование	Количество	Примечания
				Сборочные единицы		
		1		Корпус задний	1	
		2		Центратор	1	
		3		Корпус средний	1	
				Детали		
		4		Винт стопорный	3	
		5		Кольцо переднее	1	
		6		Стопор кольцевой	1	
		7		Направляющая кулачка	3	
		8		Зажим	3	
		9		Пружина	3	
		10		Болт зажимной	3	
		14		Передний стопор	3	
		15		Корпус передний	1	

- *Размеры для справок;
- Предельные отклонения размеров IT14 / 2 ;
- Технические требования согласно прилагаемого паспорта.

Имя				Лист			№ докум.			Подп.			Дата			Трехкулачковый патрон			Лит.			Масса			Масштаб		
Иван				1			1			1			1			Трехкулачковый патрон			0,03			11					
Разработ				Еланичев В.В.			11.05.2020			11.05.2020			11.05.2020			Шибинский К.Г.			Лист			Листов					
Прод.																			ИШНП1-38/52/08-004								
Н.контр.																											
Утв.																											

Приложение Г

Изд. №, дата, Изм. №, дата, Подп. и дата, Подп. и дата, Подп. и дата

a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p	q	r	s	t	u	v	
15	A	5	точить фаску 0,5x45°		16K20 с ЧПУ	Пагон	Резец проходной	Штангельциркуль		6	0,5	0,5	3,2	3500	1088	20,5	0,148	0,34	0,3	0,525	0,525	
20	A	1	Термообработка указанных поверхностей		Печь	Поддон	Установка	Твердомер		6	40	1	-	-	-	-	15	9	0,7	23	23	
25	A	1	ПРАВОЧНАЯ развернуть два центровых отверстия одновременно		2910	Тиски	Сверло центровое	Штангельциркуль		1	1	2	0,01	3,2	3616	1130	190	0,333	0,455	0,5	0,871	0,871
30	A	1	ФРЕЗЕРНАЯ фрезеровать шпоночный паз выдерживая высоту 4,8 мм		Вертикально-фреерный 6P12 с ЧПУ	Тиски	фреза шпоночная	Штангельциркуль	ГОСТ 166-80	1	2	13,5	1,2	0,3	786	2620	15	0,783	0,455	0,5	1,433	1,433
	B	1	фрезеровать шестигранник на диаметре 6 мм							1	2,4	9,5	0,25	3,2	3328	1040	160	2,000	0,455	0,5	2,955	2,955
35	A	1	ТОКАРНАЯ резать червяк диаметром 8,8 мм		16K20 с ЧПУ	Пагон	Резец проходной	Штангельциркуль		2	12	20	1,6	3,2	3500	1088	20	1,286	0,34	0,3	1,948	1,948
40	A	1	Термообработка закалить все		Печь	Поддон	Установка	Твердомер		6	40	1	-	-	-	-	15	9	0,7	23	23	
45	A	1	ПРАВОЧНАЯ развертывать центра		2910	Тиски	Сверло центровое	Штангельциркуль		1	1	2	0,01	3,2	3616	1130	190	0,333	0,455	0,5	0,871	0,871
50	A	1	ШЛИФОВАЛЬНАЯ шлифовать диаметр Ø6 мм		Станок шлифовальный 3M152	Зажим	Круг шлифовальный	Штангенциркуль	1	6	18,9	0,001	0,2	700	3500	20	0,405	0,297	0,7	0,796	0,796	
	B	2	шлифовать в размер Ø6 мм						1	6,175	18,9	0,001	0,2	700	3500	20	0,365	0,297	0,7	0,754	0,754	

АМЯ 8.452.050

a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p	q	r	s	t	u	v	
50	A	3	шлифовать торцы в размер 35 _{-0,1} мм						1	35	1,3	0,01	0,2	700	3500	20	0,352	0,297	0,7	0,737	0,737	
55	A	1	шлифовать шести-гранник в размер 5,5 _{-0,03}						1	2,4	9,5	0,01	0,2	700	3500	20	5,120	0,297	0,7	6,697	6,697	
	B	1	шлифовать шпоночный паз по указанным размерам						1	2	12,5	0,01	0,2	700	3500	20	0,733	0,297	0,7	1,213	1,213	
60	A	1	шлифовать витки червяка						1	6,175	20,5	0,01	0,2	700	3500	20	1,760	0,297	0,7	2,497	2,497	
			шлифовать витки червяка до достижения значения Rz10																			
65	A	1	контролировать размеры детали, остальные размеры смотри чертеж детали						1	-	-	-	-	-	-	-	1,5	0,564	0,3	2,563	2,563	

Станок шлифовальный 3М152

Зажим

Круг шлифовальный

Штангенциркуль ШЦ--Ш-250-0,05 ГОСТ 166-80

Шаблон

Верстак

Штангенциркуль

АМЯ 8.452.050