

**Министерство образования и науки Российской Федерации**  
федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

---

Институт ИК  
Направление подготовки Машиностроение  
Кафедра ТМСР

**БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА**

Тема работы
<b>Проектирование электропривода на базе радиальной волновой передачи с промежуточными телами качения</b>

УДК 621.833-182-83.001.63

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Л31	Шакиров Кирилл Викторович		

Руководитель

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

**КОНСУЛЬТАНТЫ:**

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Гаврикова Н.А.			

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Федорчук Ю.М.			

**ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:**

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ТМСР	Вильнин А.Д.			

Томск – 2017г.

высшего образования  
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт кибернетики  
Направление подготовки Машиностроение  
Кафедра ТМСПР

**ЗАДАНИЕ  
на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

Бакалаврской работы
---------------------

Студенту:

Группа	ФИО
8Л31	Шакирову Кириллу Викторовичу

Тема работы:

Проектирование электропривода на базе радиальной волновой передачи с промежуточными телами качения	
Утверждена приказом директора Института кибернетики (дата, номер)	

Срок сдачи студентом выполненной работы: (дата)	
---	--

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

<b>Исходные данные к работе</b> <i>(наименование объекта исследования; документы конференции и отчеты НИР; программное обеспечение).</i>	Крутящий момент, частота вращения, количество тел качения, чертеж детали, годовая программа выпуска.
<b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b> <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования; разработка алгоритмов и программ; описание методов исследования обработки результатов; анализ полученных результатов; дополнительные разделы, подлежащие разработке; заключение по работе).</i>	Конструирование привода волнового редуктора, определение типа производства, составление маршрутной карты операций, размерный анализ, расчет припусков и технологических размеров, расчет режимов резания и основного времени.
<b>Перечень графического материала</b> <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>	Чертеж привода волнового редуктора, Чертеж детали, технологический процесс изготовления детали.

**Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы**

Раздел	Консультант
Технологический и	Шибинский К.Г.

конструкторский	
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Гаврикова Н.А.
Социальная ответственность	Федорчук Ю.М.
<b>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</b>	

<b>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</b>	
---	--

**Задание выдал руководитель:**

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

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Л31	Шакиров Кирилл Викторович		

## Оглавление

Реферат.....	6
1. Конструкторская часть.....	7
1.1. Описание привода.....	8
1.2. Принципиальная схема .....	10
1.3. Выбор электродвигателя и определение требуемой мощности. ....	13
1.4. Геометрический расчет. ....	14
1.5. Расчет на прочность.....	16
1.6. Расчет на долговечность .....	17
1.7. Силовой расчет.....	20
1.7.1. Подбор опор качения .....	20
1.7.2. Расчет шпоночных соединений.....	21
1.8. Принцип работы привода.....	22
1.9. Сборка привода .....	23
2. Технологическая часть.....	24
2.1. Анализ технологичности детали .....	26
2.2. Определение типа производства .....	26
2.3. Разработка маршрута изготовления детали .....	30
2.4. Размерный анализ разрабатываемого технологического процесса изготовления детали. ....	36
2.4.1. Определение допусков на технологические размеры.....	36
2.4.2. Определение минимальных припусков на обработку и технологических размеров.....	36
2.4.3. Проверка обеспечения конструкторского размера. ....	36
2.4.4. Расчет диаметральных размеров.....	37
2.4.5. Расчет линейных размеров. ....	38

2.5. Расчет режимов и мощности резания. ....	40
2.6. Нормирование технологического процесса. ....	49
2.6.1. Расчет основного время; .....	49
2.6.2. Расчет вспомогательного время. ....	55
2.6.3. Расчет оперативного время. ....	55
2.6.4. Расчет время на личные потребности. ....	56
2.6.5. Расчет время технического обслуживания рабочего места. ....	56
2.6.6. Расчет штучного время. ....	57
2.6.7. Расчет штучно-калькуляционного время. ....	58
3. Экономическая часть .....	59
3.1. Расчет затрат на материалы и сырье. ....	62
3.2. Расчет затрат на возвратные отходы. ....	62
3.3. Расчет затрат на заработную плату производственных рабочих. ....	63
3.4. Расчет затрат на дополнительную заработную плату производственных рабочих. .....	64
3.5. Расчет затрат на налоги, отчисления в бюджет и внебюджетные фонды. .	64
3.6. Расчет затрат на расходы по содержанию и эксплуатации машин и оборудования. ....	65
3.7. Расчет затрат на общецеховые расходы. ....	70
3.8. Расчет затрат на общехозяйственные расходы. ....	70
3.9. Расходы на реализацию (внепроизводственные) .....	70
3.10. Расчет прибыли .....	70
3.11. Расчет цены изделия .....	70
4. Социальная ответственность и безопасность жизнедеятельности. ....	71
4.1. Описание рабочего места. ....	73

4.2. Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды .....	74
4.2.1. Метеоусловия.....	74
4.2.2. Вредные вещества .....	75
4.2.3. Производственный шум.....	76
4.2.4. Освещенность .....	77
4.2.5. Электромагнитные поля.....	80
4.3. Анализ выявленных опасных факторов проектируемой производственной среды .....	82
4.3.1. Факторы электрической природы.....	82
4.3.2. Факторы пожарной и взрывной природы .....	84
4.4. Охрана окружающей среды.....	85
4.5. Защита в ЧС.....	86
4.6. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности .....	87
Список литературы .....	89

## Реферат

Выпускная квалификационная работа 88 с., 11 рис., 9 табл., 12 источников, 6 прил.

Ключевые слова: Проектирование, разработка, технологический процесс, волновой редуктор, птк.

Объектом исследования является волновая передача с птк.

Цель работы – Спроектировать привод волнового редуктора и разработать технологический процесс изготовления детали профильное колесо.

В процессе исследования проводились расчеты зубчатого зацепления, размерный анализ, себестоимости изделия.

В результате исследования был спроектирован привод волнового редуктора и составлены технологические карты.

Основные конструктивные, технологические и технико-эксплуатационные характеристики: Крутящий момент, частота вращения, номинальная частота вращения электродвигателя, синхронная частота вращения.

Степень внедрения: внедрение находится на этапе экспертного заключения.

Область применения: Нефтегазовая отрасль.

Экономическая эффективность: себестоимость детали «профильное колесо» составила 3560 рубля.

В будущем планируется написать конструкторскую документацию, изготовить привод и внедрить в производство.

# **1. Конструкторская часть**

## 1.1. Описание привода

Волновая передача с промежуточными звеньями (ВППЗ) является передовой разработкой в области силовых зацеплений и обладает большими передаточными числами, высоким ресурсом работы, высоким КПД и обеспечивает передачу высоких крутящих моментов при малых габаритах, обладает плавностью и бесшумностью работы.

### Основные технические особенности и преимущества ВППЗ:

1) Высокое передаточное число

Диапазон передаточных отношений редукторов ВППЗ:

- одноступенчатых –  $9 \div 60$ ;
- дифференциальных – до 1000;
- двухступенчатых – до 3500;
- многоступенчатых – свыше 1000 000;

2) Высокие крутящие моменты на выходном звене, большие перегрузочные резервы и высокая жесткость кинематических звеньев.

В конструкции ВППЗ нагрузка передается с помощью шариков или роликов с углом зацепления от  $\pi/2$  до  $\pi$ . То есть при передаточном отношении на одной ступени – 30, в зацеплении одновременно находится до 15 тел качения, что позволяет передавать крутящие моменты в 5-10 раз большие относительно зубчатых передач, с многократной кратковременной перегрузкой и практически без упругих деформаций, при равных массогабаритных показателях.

3) Компактность.

По сравнению с зубчатой передачей, при равных передаточных числах и крутящих моментах, ВППЗ меньше по габаритам в 2-6 раз в зависимости от типоразмера.

4) Высокий КПД.

КПД ВППЗ составляет 0,8-0,9, а в специальной конструкции передачи КПД составляет 0,97.

5) Малый угловой зазор.

За счет большой жесткости кинематических звеньев ВППЗ при номинальных нагрузках, общий угловой зазор (люфт) составляет, град: особо точные – до 0,05; повышенной точности – до 0,12; нормальной точности – до 0,8.

б) Малая вибрация.

Конструкция редукторов ВППЗ состоит из волновых модулей, смещенных по отношению друг к другу на  $\pi$  или на  $2\pi/3$ , что обеспечивает абсолютное уравнивание масс и уменьшает влияние погрешностей изготовления и монтажа.

7) Высокая надежность и продолжительный срок службы.

Волновая передача с промежуточными звеньями обладает простой компоновкой, прочной конструкцией и обладает длительным сроком службы. Применение пластичной смазки в конструкции не требует контроля за уровнем смазки и значительно уменьшает затраты на техническое обслуживание. При применении перманентной смазки, имеется возможность создания специальных необслуживаемых механизмов, со сроком службы до 15 лет.

Волновая передача с промежуточными звеньями доказала свою надежность и эффективность, безотказно эксплуатируется уже более десяти лет в самых различных отраслях промышленности.

Волновые редукторы с промежуточными звеньями от военной и космической техники получили широкое применение в нефтегазовой промышленности во многом из-за схожих требований к оборудованию. Тяжелейшие нагрузочные и климатические условия работы является нормой для работы этого оборудования. С одной стороны, механизмы должны обеспечивать высокую надежность, с другой стороны быть легкими, малогабаритными и мобильными, так как удаленность месторождений от транспортных линий и ремонтных баз существенно усложняет доставку и ремонт оборудования. Требования становятся все более актуальными в связи с интенсивным освоением в последнее время труднодоступных месторождений в районах крайнего севера и шельфовых зон. [1]

## 1.2. Принципиальная схема

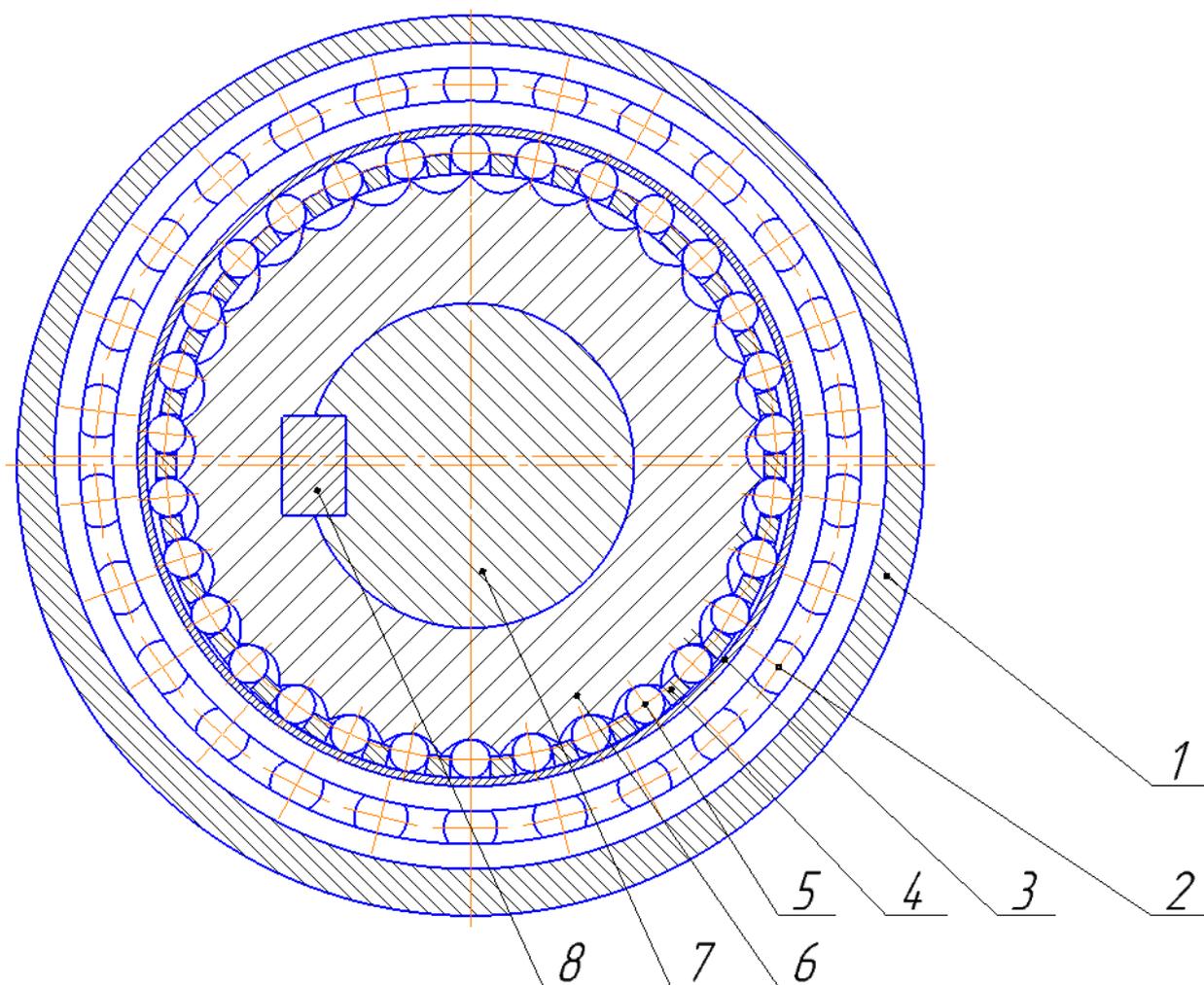


Рис.1.1 Схема ВППЗ

1 – Приводная втулка с эксцентриком; 2 – подшипник качения; 3 – втулка под подшипник; 4 – сепаратор; 5 – тела качения (Ролики); 6 – профильное колесо; 7 – вал выходной; 8 – шпонка.

Основная конструктивная особенность ВППЗ представляет собой аналог классической волновой схемы, в которой вместо гибкого элемента используются тела качения (шарики или ролики).

На рис.1 представлена принципиальная схема ВППЗ и ее основные элементы

Одной из задач при проектировании было необходимо разработать способ передачи крутящего момента с двигателя на эксцентриковую втулку. Для этого мной было спроектировано несколько способов.

Первый способ заключается в передачи крутящего момента цилиндрической передачей с внешним зубчатым зацеплением.

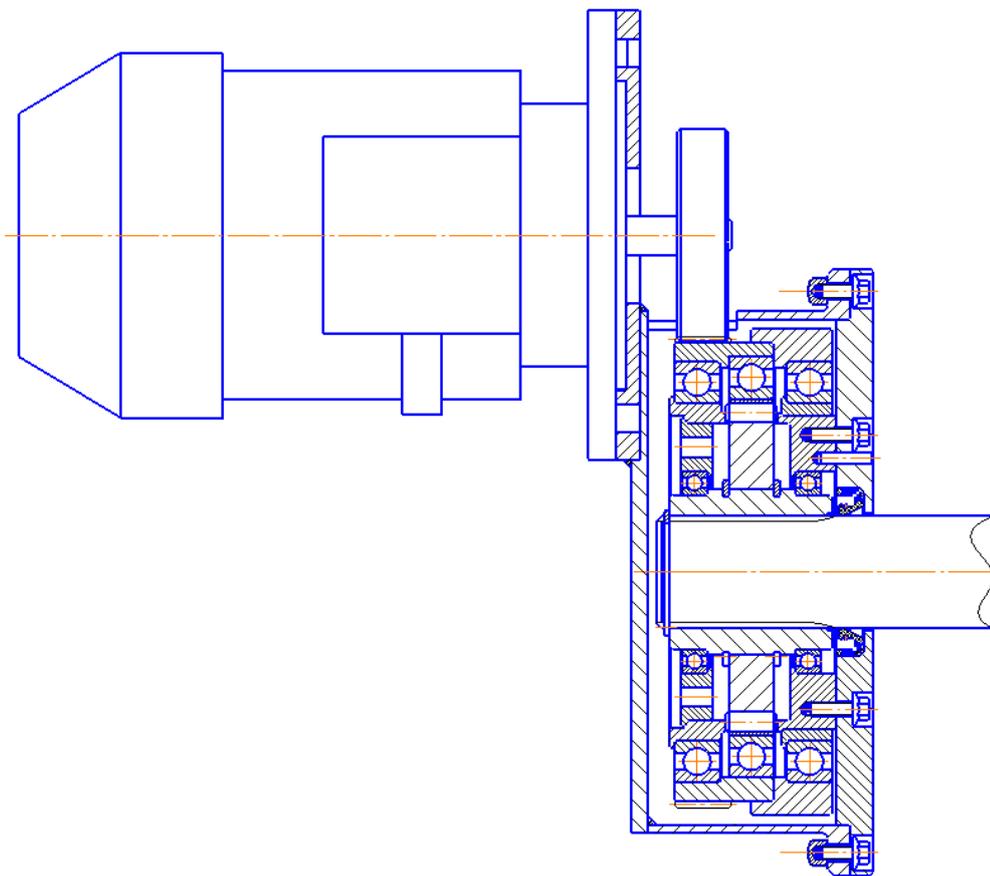


Рис. 1.2 Схема привода волнового редуктора с внешним зубчатым зацеплением.

Несмотря на преимущество данной компоновки в виде небольшой ширины, все же такие недостатки как консольное закрепление двигателя к редуктору при помощи сварки, изготовление дополнительного фланца для крепления двигателя, а также защитного кожуха для зубчатой передачи, убедили меня что данный вариант передачи крутящего момента использовать нецелесообразно.

Второй способ заключается в передаче крутящего момента с помощью планетарной зубчатой передачи с одновенцовыми сателлитами.

Преимущества данной компоновки состоит в том, что двигатель находится на одной оси с редуктором и крепится непосредственно к корпусу самого редуктора, следовательно, не требуется изготавливать дополнительный фланец по сравнению с первой компоновкой. Однако при использовании планетарной передачи габариты редуктора увеличиваются. Также, отрицательными сторонами компоновки является необходимость дополнительного изготовления сателлитов, что в свою очередь усложняет производство, сборку и обслуживание привода редуктора.

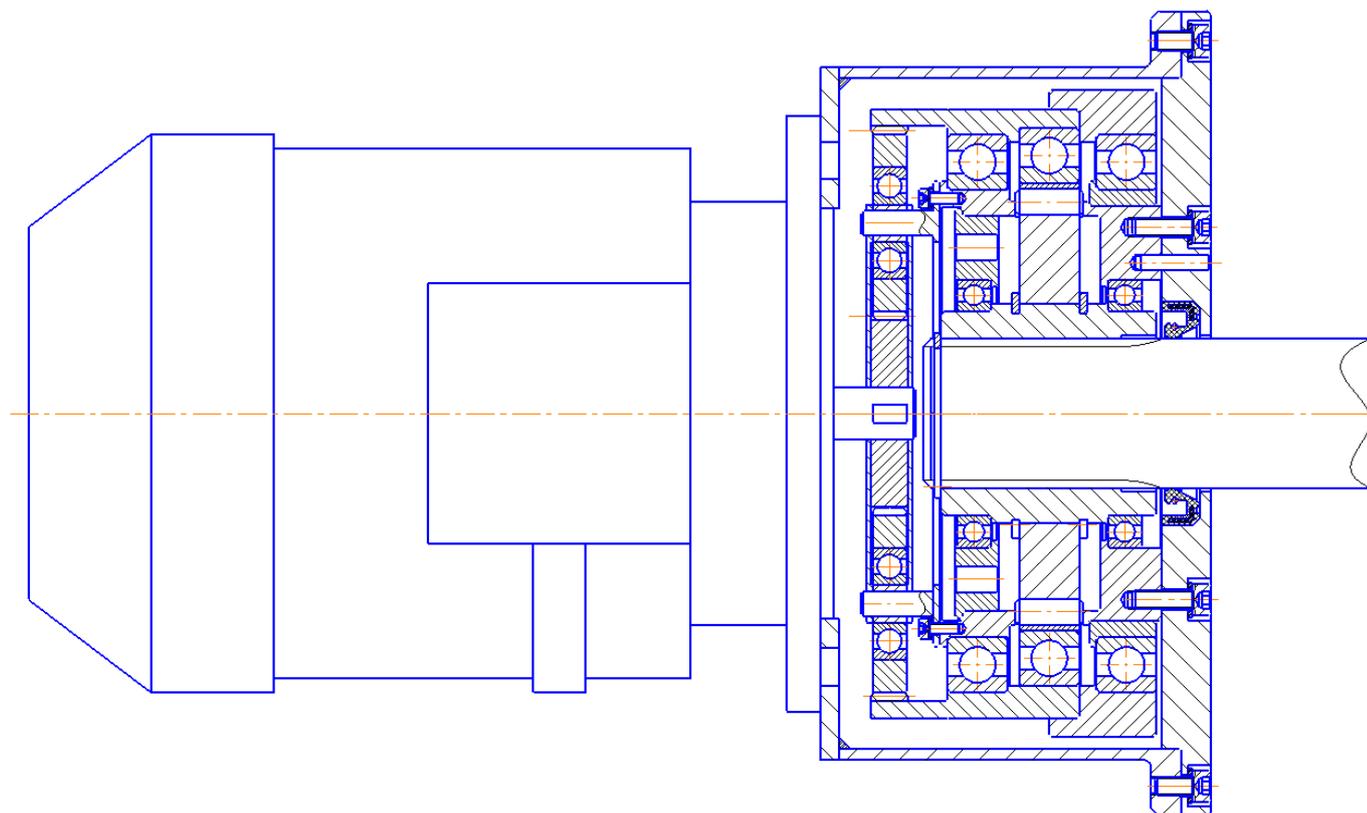


Рис.1.3 Схема привода волнового редуктора с планетарной зубчатой передачей

Третий способ заключается в передаче крутящего момента с помощью цилиндрической передачи с внутренним зацеплением.

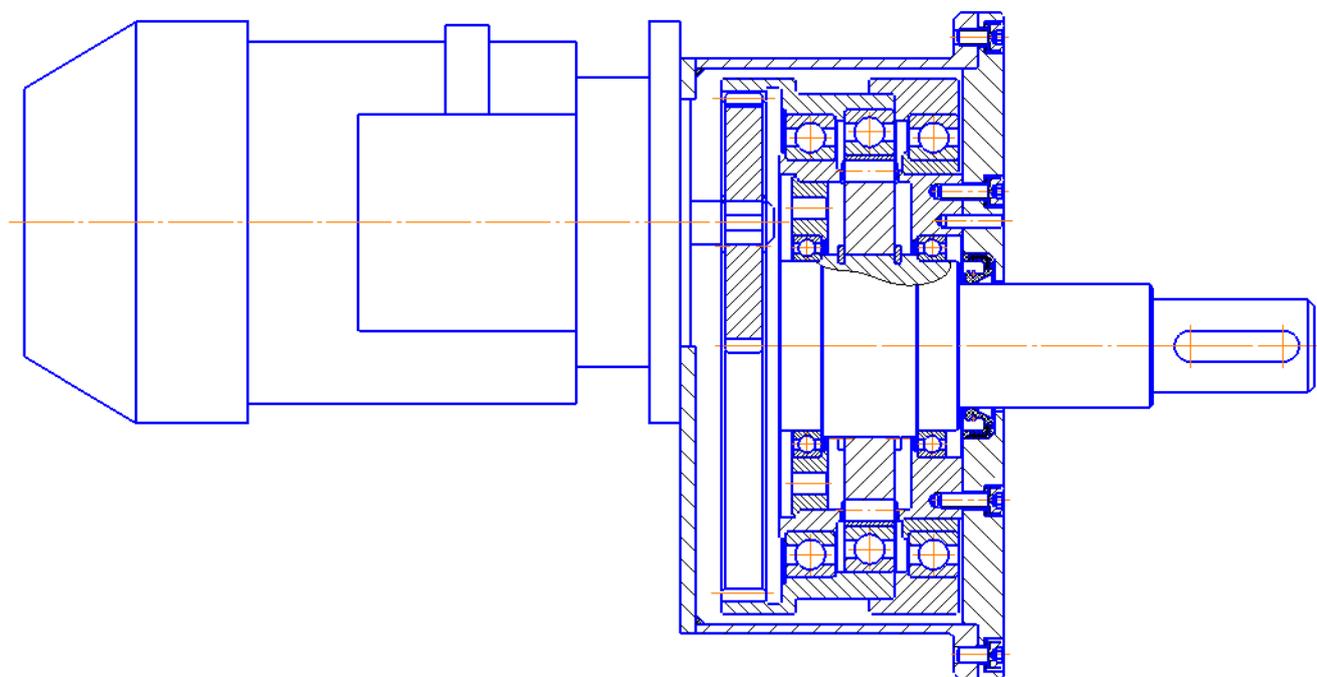


Рис. 1.4 Схема привода волнового редуктора с внутренним зубчатым зацеплением

Данная компоновка является наиболее рациональной для использования с редуктором, так как двигатель крепится непосредственно к корпусу, то

дополнительные средства крепления изготавливать не нужно, так же цилиндрическое внутреннее зацепление проще в изготовлении и необходимо меньше деталей, чем в планетарном зубчатом зацеплении. Также следует отметить что у данной компоновки редуктора упрощенная схема обслуживания и сборки, чем у компоновок, приведенных выше.

### 1.3. Выбор электродвигателя и определение требуемой мощности.

Мощность на выходе:  $P_{\text{вых}} = \frac{T_{\text{вых}} \cdot n_{\text{вых}}}{9550} = \frac{85 \text{ Н} \cdot 25 \text{ мин}^{-1}}{9550} = 0,22 \text{ кВт}$ , где

$T_{\text{вых}}$  – крутящий момент на выходном валу (кН·м)

$n_{\text{вых}}$  – частота вращения барабана (мин<sup>-1</sup>)

$\eta$  – КПД привода

Определяем мощность электродвигателя:

$$P_{\text{э.д.}} = \frac{P_{\text{вых}}}{\eta_{\text{общ}}} = \frac{0,22}{0,9} = 0,24 \text{ кВт}$$

#### Определение требуемой частоты вращения

Частота вращения электродвигателя.

$$n_{\text{э.д.}} = n_{\text{вых}} u_1 u_2 u_3 \dots$$

Где  $u_1 u_2 u_3 \dots$  - передаточные числа кинематических пар изделия.

$u_3 = 2$  – передаточное число зубчатой передачи.

$u = 30$  – передаточное число волновой передачи.

$$n_{\text{э.д.}} = n_{\text{вых}} u_3 u = 25 \cdot 2 \cdot 30 = 1500 \text{ мин}^{-1}$$

Из стандартного списка электродвигателей подбираем наиболее подходящий для наших условий.

Таблица 1.1

Тип	Мощность, кВт	Число оборотов об/мин
АИС71А4	0,25	1500

## 1.4. Геометрический расчет.

Геометрический расчет внутреннего зацепления производим с помощью программы КОМПАС-2D SHAFT.

Таблица 1.2. Геометрический расчёт цилиндрической зубчатой передачи внутреннего зацепления

Наименование и обозначение параметра		Ведущее колесо	Ведомое колесо
<i>Исходные данные</i>			
Число зубьев	$Z_1, Z_2$	40	80
Модуль, мм	$m_n$	2	
Угол наклона зубьев на делительном	$\beta$	0°00'00"	
Исходный контур	-	ГОСТ 13755-81	
Угол профиля исходного контура	$\alpha$	20°00'00"	
Коэффициент высоты головки зуба	$h_a$	1	
исходного контура			
Коэффициент радиального зазора исходного	$c^*$	0,25	
контура			
Коэффициент радиуса кривизны переходной	$P_f$	0,38	
кривой в граничной точке профиля зуба			
Ширина зубчатого венца, мм	$b$	12,2	14,2
Коэффициент смещения исходного контура	$x$	0	0
Степень точности	-	7-C	7-C
Обозначение долбяка	*1	-	
	*2	2537-0157 ГОСТ 9323-79	
Число зубьев долбяка	$z_0$	-	12
Коэффициент смещения долбяка	$x_0$	-	0,02
<i>Определяемые параметры</i>			
Передаточное число	$u$	2	
Межосевое расстояние, мм	$a_w$	$40^{+0.022}_{-0.12}$	
Делительный диаметр, мм	$d$	80	160
Диаметр вершин зубьев, мм	$d_a$	84	157
Диаметр впадин зубьев, мм	$d_f$	75	164,999
Начальный диаметр, мм	$d_w$	80	160
Основной диаметр, мм	$d_b$	75,175	150,351
Угол зацепления	$\alpha_{tw}$	20°00'00"	
<i>Контролируемые и измерительные параметры</i>			

Постоянная хорда, мм	$S_C$	2,774	2,774
Высота до постоянной хорды, мм	$h_c$	1,495	0,995
Радиус кривизны разноимённых профилей зуба в точках, определяющих постоянную	$P_s$	15,157	25,886
Радиус кривизны активного профиля зуба в нижней точке, мм	$P_p$	8,922	32,42
Число зубьев в длине общей нормали	$Z_{Wr}$	5	9
Длина общей нормали, мм	$W$	$27.69_{-0.125}^{-0.055}$	$52.427_{+0.07}^{+0.15}$
Радиус кривизны разноимённых профилей зубьев в точках, определяющих длину общей	$P_w$	13,845	26,214
Радиус кривизны профиля в точке на окружности вершин, мм	$P_a$	18,739	22,603
Диаметр измерительного ролика, мм	$D$	3,464	3,464
Угол профиля на окружности, проходящей через центр ролика	$a_D$	22°33'58"	18°23'32"
Диаметр окружности, проходящей через центр ролика, мм	$d_D$	81,408	158,444
Радиус кривизны разноимённых профилей зубьев в точках контакта поверхности ролика с главными поверхностями зубьев, мм	$P_m$	13,888	26,728
Размер по роликам, мм	$M$	$84.872_{-0.274}^{-0.143}$	$154.98_{+0.222}^{+0.412}$
Нормальная толщина зуба по делительной окружности, мм	$S_n$	3,142	3,142
<i>Проверка качества зацепления по геометрическим показателям</i>			
Коэффициент наименьшего смещения	$x_{min}$	-1,34	0
Условие отсутствия подрезания зуба исходной	-	выполнено	выполнено
Радиус кривизны в граничной точке профиля, мм	$P_l$	7,833	32,318
Условие отсутствия $\rho_r > 0$	-	выполнено	выполнено
Нормальная толщина зуба на поверхности	$S_{na}$	1,521	2,093
Коэффициент перекрытия	$E_y$	1,663	

## 1.5. Расчет на прочность

Прочностной расчет производим с помощью программы КОМПАС-2D SHAFT

Таблица 1.3. Расчёт на прочность при действии максимальной нагрузки цилиндрической зубчатой передачи внутреннего зацепления (по ГОСТ 21354-87)

Наименование и обозначение параметра		Ведущее колесо	Ведомое колесо
<i>Исходные данные</i>			
Число зубьев	$Z_1, Z_2$	40	80
Модуль, мм	$m_n$	2	
Угол наклона зубьев на делительном	$\beta$	0°00'00"	
Угол профиля исходного контура	$a$	20°00'00"	
Ширина зубчатого венца, мм	$b$	12,2	14,2
Коэффициент смещения исходного контура	$x$	0	0
Степень точности	–	7-С	7-С
Число зубьев долбяка	$z_0$	--	12
Коэффициент смещения долбяка	$x_0$	--	0,02
Вариант схемы расположения передачи	–	6	
Марка материала	*1	Сталь 12ХН3А ГОСТ	
	*2	Сталь 12ХН3А ГОСТ	
Твердость активных поверхностей зубьев,	–	62	62
Расчётная нагрузка (крутящий момент на ведущем колесе), Н*м	$T_{max}$	2200	
Частота вращения ведущего колеса, об/мин	$n_1$	1500	
<i>Определяемые параметры</i>			
Окружная скорость в зацеплении, м/с	$v$	6,283	
<i>Расчёт на контактную прочность</i>			
Коэффициент, учитывающий	$K_{H\beta}$	1,008	
Удельная окружная динамическая сила,	$w_{Hv}$	18,489	
Коэффициент, учитывающий динамическую	$K_{Hv}$	1,004	
Окружная сила на делительном цилиндре, Н	$F_{tH}$	55000	
Удельная расчетная окружная сила, Н/мм	$w_{Ht}$	4562,721	
Расчётное контактное напряжение, МПа	$\sigma_{Hmax}$	2234,086	

Допускаемое контактное напряжение, МПа	$\sigma_{HPmax}$	2728	2728
Коэффициент запаса по контактным	$n_H$	1,221	1,221
<i>Расчёт на прочность при изгибе</i>			
Коэффициент, учитывающий	$K_{F\beta}$	1,039	
Удельная окружная динамическая сила,	$w_{Fv}$	21,131	
Коэффициент, учитывающий динамическую	$K_{Fv}$	1,005	
Окружная сила на делительном цилиндре, Н	$F_{tF}$	55000	
Удельная расчетная окружная сила, Н/мм	$w_{Ft}$	4705,116	
Расчётное напряжение изгиба, МПа	$\sigma_{Fmax}$	8939,721	7297,635
Допускаемое напряжение изгиба, МПа	$\sigma_{FPmax}$	1600	1600
Коэффициент запаса по напряжениям изгиба	$n_F$	0,185	0,226

### 1.6. Расчет на долговечность

Расчет на долговечность производим с помощью программы КОМПАС-2D SHAFT

Таблица 1.4. Расчёт на выносливость цилиндрической зубчатой передачи внутреннего зацепления (по ГОСТ 21354-87)

Наименование и обозначение параметра		Ведущее	Ведомое
<i>Исходные данные</i>			
Число зубьев	$Z_1, Z_2$	40	80
Модуль, мм	$m_n$	2	
Угол наклона зубьев на делительном	$\beta$	0°00'00"	
Угол профиля исходного контура	$a$	20°00'00"	
Ширина зубчатого венца, мм	$b$	12,2	14,2
Коэффициент смещения исходного контура	$x$	0	0
Степень точности	—	7-С	7-С
Число зубьев долбяка	$z_0$	--	12
Коэффициент смещения долбяка	$x_0$	--	0,02
Вариант схемы расположения передачи	—	6	
Марка материала	*1	Сталь 12ХН3А ГОСТ 4543-	
	*2	Сталь 12ХН3А ГОСТ 4543-	
Твердость активных поверхностей зубьев, HRC	—	62	62
Базовое число циклов перемены	контакт	$N_{Hlim}$	120

напряжений, миллионы	изгиб	$N_{Flim}$	4	4
Предел выносливости по контакту, соответствующий базовому числу циклов, МПа		$\sigma_{Hlimb}$	1426	1426
Коэффициент ограничения усталостных повреждений (контакт)		$a_{FG}$	0,6	
Коэффициент безопасности (контакт)		$S_H$	1,2	1,2
Показатель кривой выносливости (контакт)		$q_H$	6	6
Предел выносливости по изгибу,		$\sigma_{Flimb}$	950	950
Коэффициент ограничения усталостных повреждений (изгиб)		$a_{FG}$	0,6	
Коэффициент безопасности (изгиб)		$S_F$	1,55	1,55
Показатель кривой выносливости (изгиб)		$q_F$	9	9
Коэффициент, учитывающий шероховатость		$Z_R$	1	1
Коэффициент, учитывающий влияние двухстороннего приложения нагрузки		$Y_A$	1	1
Планируемый ресурс работы, час		$L_P$	30000	

Режимы нагружения передачи							
Расчетная нагрузка (Крутящий момент на ведущем колесе), Н*м		Частота вращения ведущего колеса об/мин	Продолжительность работы передачи на данном режиме, %	Число циклов нагружения, миллионы	Контактное напряжение МПа	Напряжение изгиба, МПа	
Контакт	Изгиб					Ведущее колесо	Ведомое колесо
$T_{Hi}$	$T_{Fi}$	$n_{li}$	-	$N_{ci}$	$\sigma_{Hi}$	$\sigma_{Fi1}$	$\sigma_{Fi2}$
2200	2200	1500	100%	2700	2234,0 86	8605,722	7024,987
Наименование и обозначение параметра						Ведущее колесо	Ведомое колесо

Определяемые параметры			
Допускаемые напряжения по контакту, МПа	$\sigma_{HP}$	1188.333	1188.333
Эквивалентные напряжения по контакту, МПа	$\sigma_{HE}$	2234.086	2068.484
Допускаемые напряжения по изгибу, МПа	$\sigma_{FP}$	632.415	632.415
Эквивалентные напряжения по изгибу, МПа	$\sigma_{FE}$	8605.722	6504.258
Ресурс по контакту, час	$L_H$	280	340
Ресурс по изгибу, час	$L_F$	270	315

Для получения точек профиля кулачка воспользуемся программой, ранее разработанной на кафедре ТМСР, в которой указывается количество тел качения, радиус тел качения и радиус центриды, в результате чего получаем данный профиль.

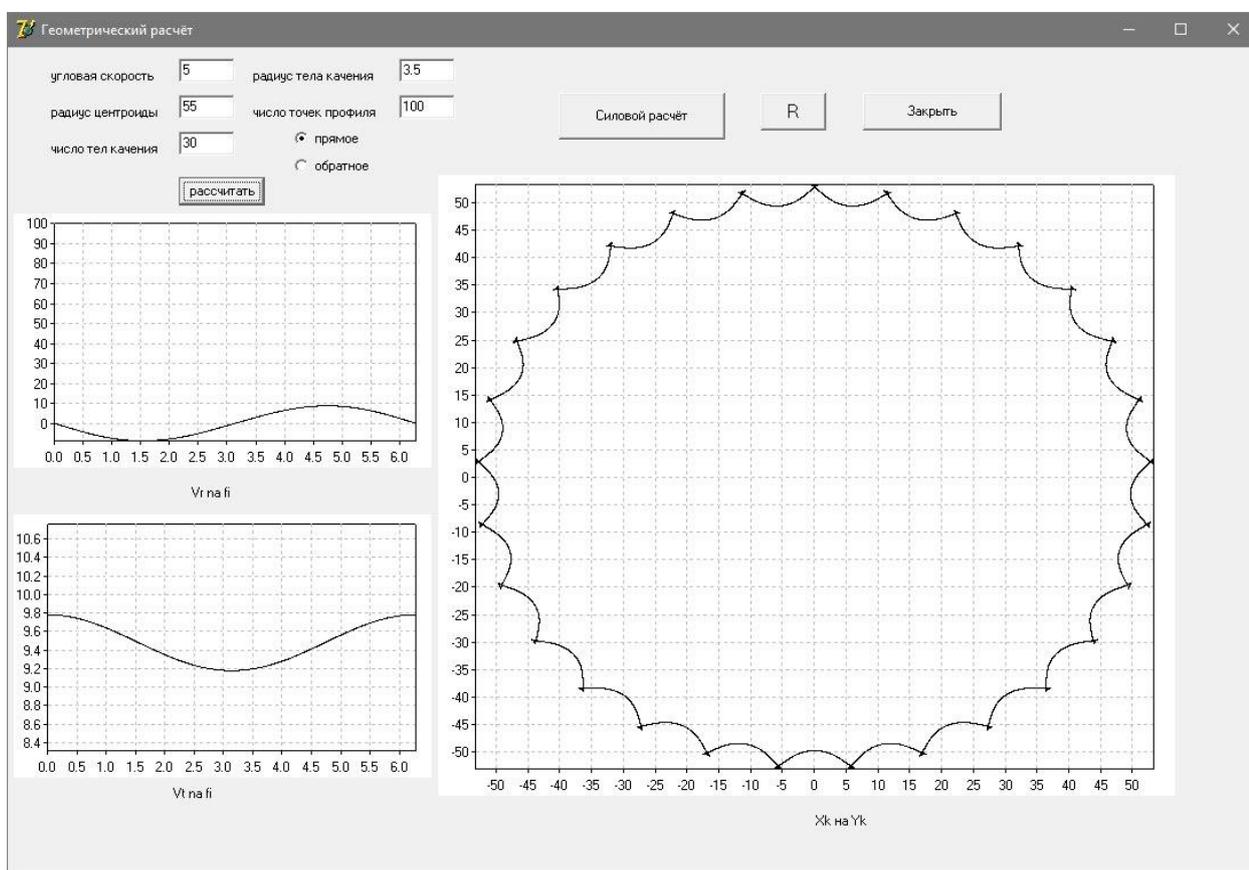


Рис. 1.5 Расчет профильного колеса

## 1.7. Силовой расчет

### 1.7.1. Подбор опор качения

1. Для эксцентриковой втулки редуктора выберем шариковые радиальные однорядные подшипники легкой серии 212 ГОСТ 8338-75.

Для него имеем:

$d = 120 \text{ мм}$  – диаметр внутреннего кольца,

$D = 150 \text{ мм}$  – диаметр наружного кольца,

$B = 16 \text{ мм}$  – ширина подшипника,

$C_r = 29100 \text{ Н}$  – динамическая грузоподъемность,

$C_{or} = 25500 \text{ Н}$  – статическая грузоподъемность,

Частота вращения:  $n = 750 \text{ об/мин}$ .

Требуемый ресурс работы:  $L_{10h} = 30000 \text{ ч}$ .

Соотношение (С/Р) в зависимости от долговечности ( $L_{10}$ ) частоты вращения ( $n$ ) для шариковых подшипников принимаем равным 10,3

Вычисляем ресурс работы для подшипника:

$$L_{10} = a_1 a_{23} \left( \frac{C_r}{P_r} \right)^{10/3} \cdot \frac{10^6}{60n} = 1 \cdot 0,6 (10,3)^{3,33} \cdot \frac{10^6}{60 \cdot 750} = 31450 \text{ ч.} - \text{что удовлетворяет условиям. } a_1 -$$

вероятность безотказной работы при 90% табл. 7,5 [1].  $a_{23}$  - обычные условия применения стр.108 [1].  $k=3,33$  роликовый подшипник.

2. Для вала редуктора выберем шариковые радиальные однорядные подшипники легкой серии 212 ГОСТ 8338-75.

Для него имеем:

$d = 55 \text{ мм}$  – диаметр внутреннего кольца,

$D = 72 \text{ мм}$  – диаметр наружного кольца,

$B = 9 \text{ мм}$  – ширина подшипника,

$C_r = 8320 \text{ Н}$  – динамическая грузоподъемность,

$C_{or} = 5600 \text{ Н}$  – статическая грузоподъемность,

Частота вращения:  $n = 25 \text{ об/мин}$ .

Требуемый ресурс работы:  $L_{10h} = 30000ч$ .

Соотношение (С/Р) в зависимости от долговечности ( $L_{10}$ ) частоты вращения( $n$ ) для шариковых подшипников принимаем равным 3,91

Вычисляем ресурс работы для подшипника:

$$L_{10} = a_1 a_{23} \left( \frac{C_r}{P_r} \right)^{10/3} \cdot \frac{10^6}{60n} = 1 \cdot 0,6 (3,91)^{3,33} \cdot \frac{10^6}{60 \cdot 25} = 37500ч. \text{ - что удовлетворяет условиям. } a_1 -$$

вероятность безотказной работы при 90% табл. 7,5 [1].  $a_{23}$  - обычные условия применения стр.108 [1].  $k=3,33$  роликовый подшипник.

### 1.7.2. Расчет шпоночных соединений

Расчёт шпоночных соединений заключается в проверке условия прочности материала шпонки на смятие.

Шпонка на выходном валу.

$T = 85Н \cdot м$  – крутящий момент на валу,  $d = 59 мм$  – диаметр вала,  $b = 18 мм$  – ширина шпонки,  $h = 11 мм$  – высота шпонки,  $t_1 = 7 мм$  – глубина паза вала,

$t_2 = 4,4 мм$  – глубина паза ступицы,  $[\sigma]_{см} = 0,35 \cdot \sigma_T = 0,35 \cdot 320 = 112 МПа$  – допускаемое напряжение на смятие,  $\sigma_T$  – предел текучести.

Определяем рабочую длину шпонки:

$$l_p = \frac{2T}{d(h-t_1) \cdot [\sigma]_{см}} = \frac{2 \cdot 85}{59 \cdot (11-7) \cdot 112} = 0,006 м. \text{ Принимаем шпонку } 18 \times 11 \times 14$$

$$\text{Условие прочности: } \sigma_{см} = \frac{2 \cdot T \cdot 10^3}{d l_p (h-t_1)} = \frac{2 \cdot 85 \cdot 10^3}{59 \cdot 14 \cdot (11-7)} = 51,453 МПа \leq [\sigma]_{см}$$

## 1.8. Принцип работы привода

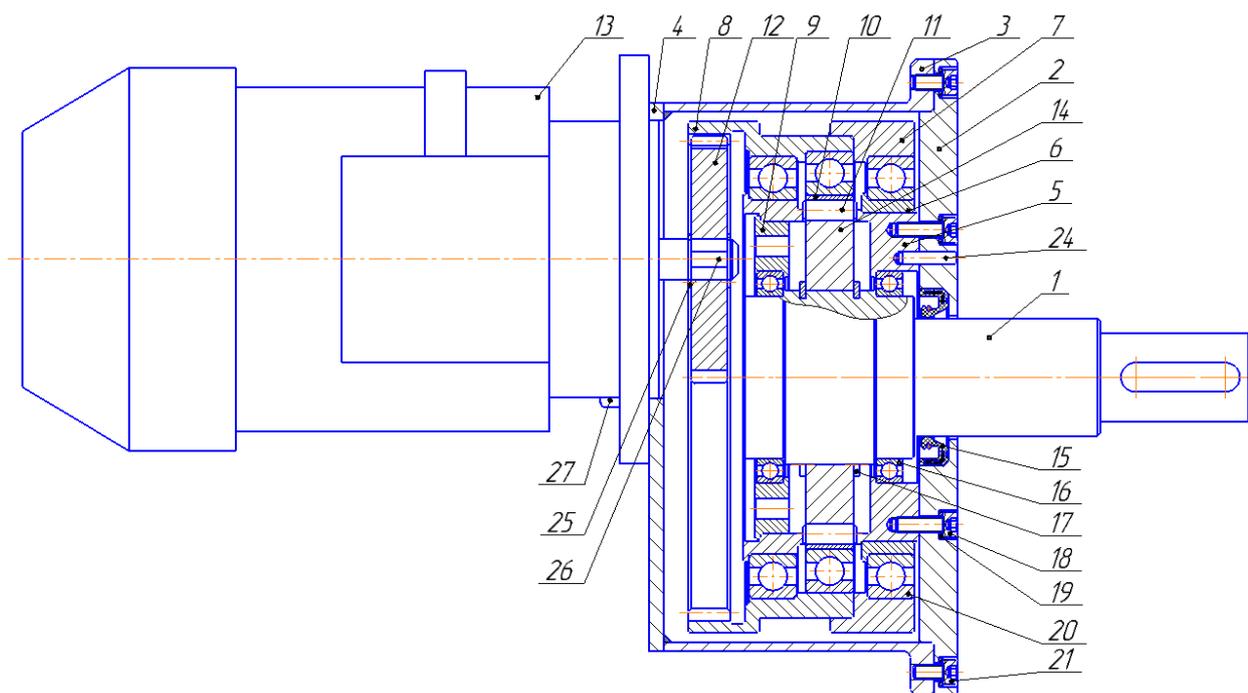


Рис.1.6 Привод волнового редуктора

Электродвигатель 13 с закрепленным на его валу зубчатым колесом 12 с помощью внутреннего зацепления передает вращение на эксцентриковую втулку 8, вращаясь втулка вызывает радиальное перемещение тел качения 11 в пазах сепаратора 5. Создается эффект «волны», бегущей по цепочке сепарированных тел качения, т.е. эта цепочка является аналогом гибкого элемента в классических волновых схемах. Тела качения, контактируя с рабочими поверхностями профильного колеса 6, вызывают его вращение. В свою очередь профильное колесо вращает выходной вал 1. Каждый полный оборот эксцентриковой втулки поворачивает кулачек на один кулачковый сектор. Таким образом, передаточное отношение определяется количеством кулачковых секторов.

## 1.9. Сборка привода

Сборка привода редуктора осуществляется следующим образом. На вал 1 одевается стопорное кольцо 17.1, вставляется шпонка 22, затем профильное колесо 14 и всё это закрепляется стопорным кольцом 17.2.

Сепаратор 5 с предварительно установленным в него подшипником 16.1 одеть на вал 1, после чего подшипник 16.2 установить во втулку 9 и одеть на вал 1.

Подшипник 20.1 вставить в эксцентриковую втулку 8, после чего одеть на сепаратор 5.

В пазы сепаратора устанавливаются ролики 11, после чего подшипник 20.2 с предварительно запрессованной втулкой устанавливается в эксцентриковую втулку 8.

На эксцентриковую втулку 8 устанавливается наружная втулка 7, после чего подшипник 20.3 установленный на внутреннюю втулку 6, одевается на сепаратор.

Манжету 15 устанавливают во фланец 2, затем штифт 24 вставляется во фланец 2 и сепаратор 5, тем самым заблокировав вращение, после чего фланец 2 прикручивают к сепаратору 5 болтами 18 с предварительно одетыми на них шайбами 19.

На двигатель 13 одевается стопорное кольцо 25.1, вставляется шпонка 26, затем зубчатое колесо 12, после чего фиксируется стопорным кольцом 25.2.

Корпус 3 приваривают к корпусу 14, после этого к корпусу привинчивают, двигатель 13 с ранее одетым зубчатым колесом 12, болтами 27.

Заключительным этапом сборки является соединение двух ранее собранных сборок, во фланец 2 устанавливается штифт 23, который блокирует вращение, затем фланец 2 привинчивается к корпусу 3 болтами 21 с предварительно одетыми на них шайбами 19.

## **2. Технологическая часть**

# Техническое задание.

Разобрать технологический процесс изготовления детали «Профильное колесо».

Чертеж детали представлен на рис. 1.1. Годовая программа выпуска: 1000 шт.

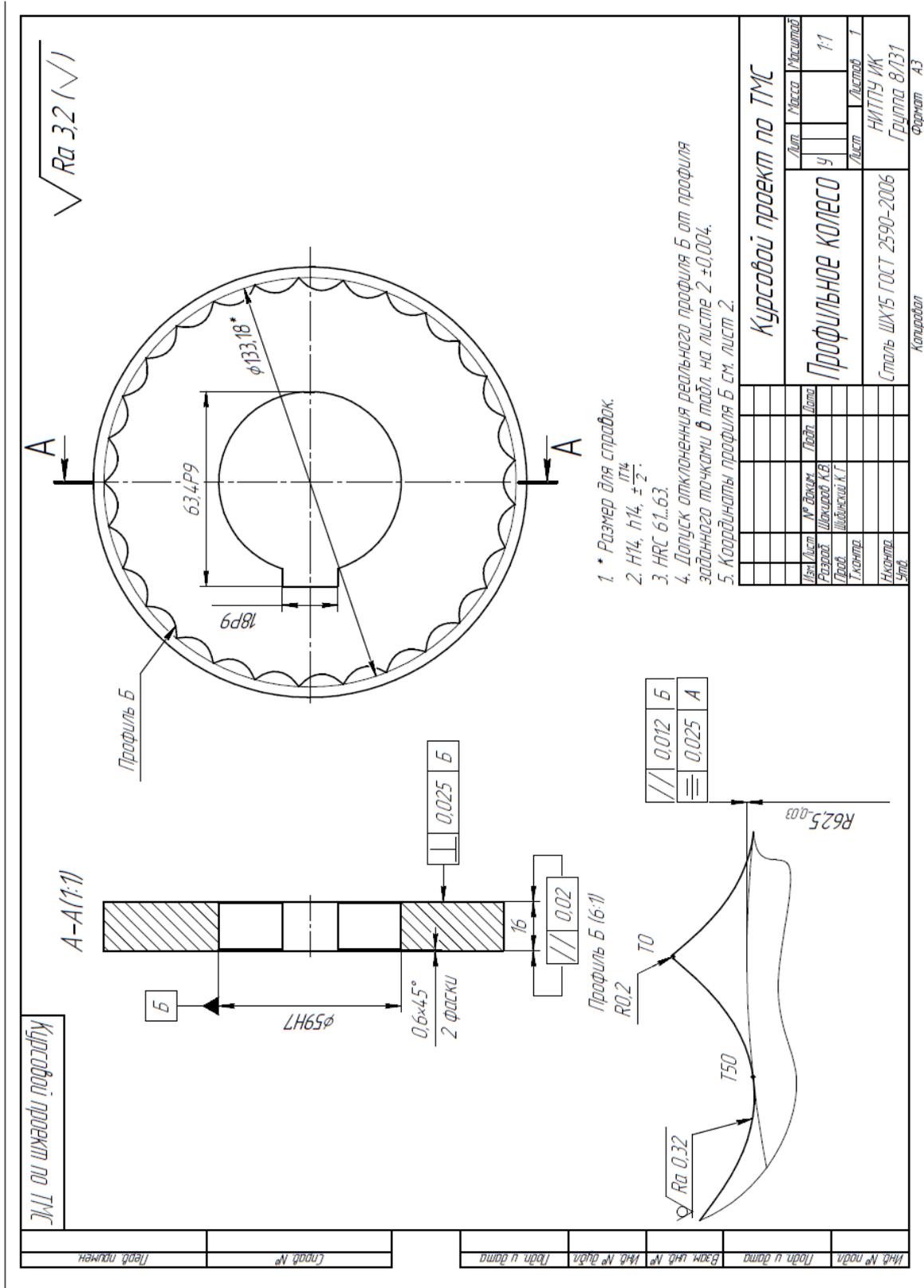


Рис. 2.1. Чертеж профильного колеса.

## 2.1. Анализ технологичности детали

Деталь профильное колесо представляет из себя наиболее ответственную деталь передачи с ПТК, для получения точного профиля и качества поверхности необходимо использовать оборудование с числовым программным управлением (ЧПУ) которое позволяет обрабатывать циклоидальные поверхности повышенной точности. Деталь изготавливается из стали ШХ 15.

Химический состав в % материала ШХ 15 (ГОСТ 801-78)

C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	Cu	Fe
0,95- 1,05	0,17- 0,37	0,2-0,4	До 0,3	До 0,02	До 0,027	1,3- 1,65	До 0,25	Около 96

## 2.2. Определение типа производства

### 1.2 Определение типа производства

Для определения типа производства на этапе проектирования технологического процесса необходимо рассчитать коэффициент закрепления операций:

$$K_{з.о} = \frac{t_в}{T_{cp}}, \quad (1)$$

где  $t_в$  – такт выпуска детали, мин.;

$T_{cp}$  – среднее штучно–калькуляционное время на выполнение операций технологического процесса, мин.

Такт выпуска детали определяем по формуле:

$$t_в = \frac{F_r}{N_d},$$

где  $F_r$  – годовой фонд времени работы оборудования, мин.;

$N_d$  – годовая программа выпуска деталей.

Годовой фонд времени работы оборудования определяем по таблице 2.1 [5,стр.22] при односменном режиме работы:  $F_r = 2030$  ч.

Тогда

$$t_в = \frac{F_r}{N_d} = \frac{2030 \times 60}{1000} = 121,8 \text{ мин.};$$

Среднее штучно – калькуляционное время на выполнение операций технологического процесса:

$$T_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^n T_{ш.к i}}{n}, \quad (2)$$

где –  $T_{ш.к i}$  – штучно – калькуляционное время  $i$ - ой основной операции, мин.;  
 $n$  – количество основных операций.

В качестве основных операций выберем 6 операции ( $n=6$ ).

Штучно – калькуляционное время  $i$ - ой основной операции определяем по рекомендациям приложения 1:

$$T_{ш.к i} = \varphi_{к i} \cdot T_{oi} \quad (3)$$

где  $\varphi_{к i}$  – коэффициент зависящий от вида станка и типа предполагаемого производства;

$T_{oi}$  – основное технологическое время  $i$ - ой операции, мин.

Основное технологическое время определяем по рекомендациям приложения 1 [5, стр.146], где время зависит от длины и диаметра обрабатываемой поверхности, а также от вида обработки.

Заготовительная операция:

Отрезание

$$\varphi_k = 1,5$$

$$T_0 = 0,00019 * D^2$$

$$t_{ш0} = 1,5 * 0,00019 * 140^2 = 5,586 \text{ мин}$$

Токарная операция:

Подрезка торца

$$\varphi_k = 2,4$$

$$T_0 = 0,0033 * d * l$$

$$t_{ш1} = (2,4 * 0,0011 * 140 * 70) * 3 = 79.862 \text{ мин}$$

Точение

$$\varphi_k = 2,4$$

$$T_0 = 0,00017 * d * l$$

$$t_{ш1} = (2,4 * 0,00017 * 140 * 10) * 5 = 2,856 \text{ мин}$$

Среднее штучное время данной операции:

$$T_{ш1} = \sum T_{ш}/n = 41,359 \text{ мин.}$$

Токарная операция:

Подрезка торца

$$\varphi_k = 2,4$$

$$T_0 = 0,0033 * d * l$$

$$t_{ш2} = (2,4 * 0,0011 * 140 * 70) * 3 = 79.862 \text{ мин}$$

Сверление

$$\varphi_k = 1,72$$

$$T_0 = 0,00052 * d * l$$

$$t_{ш2} = 1,72 * 0,00052 * 5 * 5 = 0,022 \text{ мин}$$

Сверление

$$\varphi_k = 1,72$$

$$T_0 = 0,00052 * d * l$$

$$t_{ш2} = 1,72 * 0,00052 * 15 * 17,5 = 0,234 \text{ мин}$$

Рассверливание

$$\varphi_k = 1,72$$

$$T_0 = 0,00031 * d * l$$

$$t_{ш2} = (1,72 * 0,00031 * 25 * 17,5) * 4 = 0,933 \text{ мин}$$

Растачивание

$$\varphi_k = 2,4$$

$$T_0 = 0,00018 * d * l$$

$$t_{ш2} = (2,4 * 0,00018 * 59 * 17,5) * 2 = 0,892 \text{ мин}$$

Среднее штучное время данной операции:

$$T_{ш2} = \sum T_{ш}/n = 16,3 \text{ мин.}$$

Сверлильная операция:

Сверление

$$\varphi_k = 1,72$$

$$T_0 = 0,00052 * d * l$$

$$t_{ш1} = 1,72 * 0,00052 * 2 * 17,5 = 0,031 \text{ мин}$$

Внутришлифовальная операция:

Шлифовка отверстия

$$\varphi_k = 2,10$$

$$T_0 = 0,0012 * d * l$$

$$t_{ш1} = 2,10 * 0,0012 * 59 * 17,5 = 2,6 \text{ мин}$$

Шлифовка торца

$$\varphi_k = 2,10$$

$$T_0 = 0,00018 * d * l$$

$$t_{ш1} = 2,10 * 0,00018 * 140 * 140 = 7,4 \text{ мин}$$

Среднее штучное время данной операции:

$$T_{ш2} = \sum T_{ш}/n = 5 \text{ мин.}$$

Плоскошлифовальная операция

Шлифовка плоскости

$$\varphi_k = 2,10$$

$$T_0 = 0,00018 * d * l$$

$$t_{ш1} = 2,10 * 0,00018 * 135 * 135 = 6,88 \text{ мин}$$

Средне штучное время общее:

$$t_{шс} = \frac{5,586 + 41,359 + 16,3 + 0,031 + 5 + 6,88}{6} = 12,52 \text{ мин}$$

Коэффициент закрепления операций:

$$K_{30} = \frac{121,8}{12,52} = 9,72$$

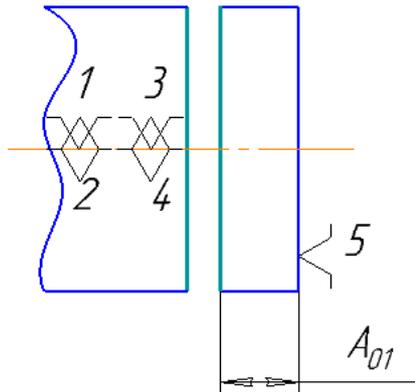
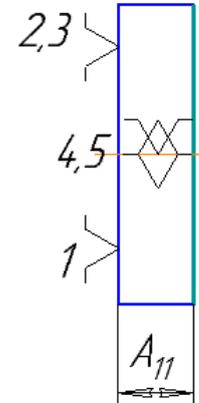
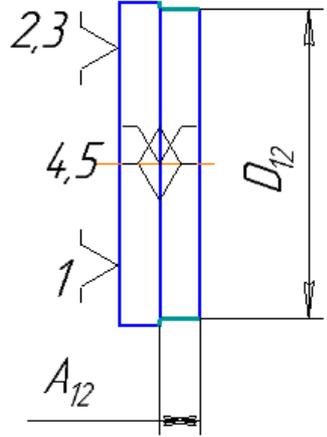
Примем равный  $K_{30} = 10$

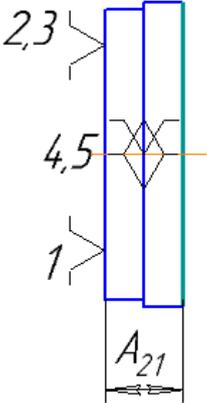
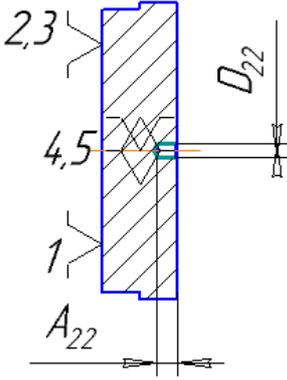
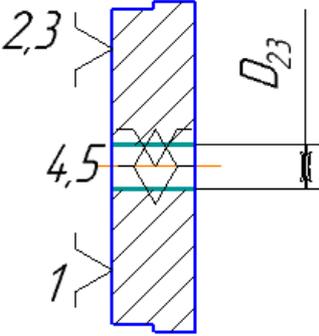
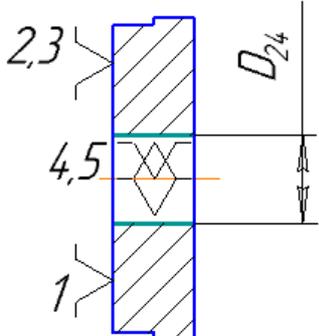
$K_{30}$  от 10 до 20, что соответствует среднесерийному производству.

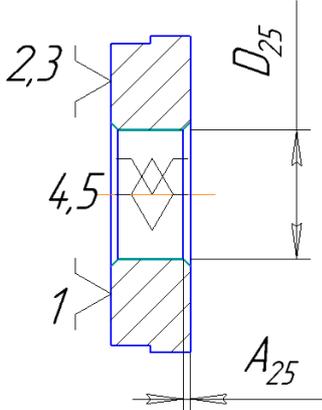
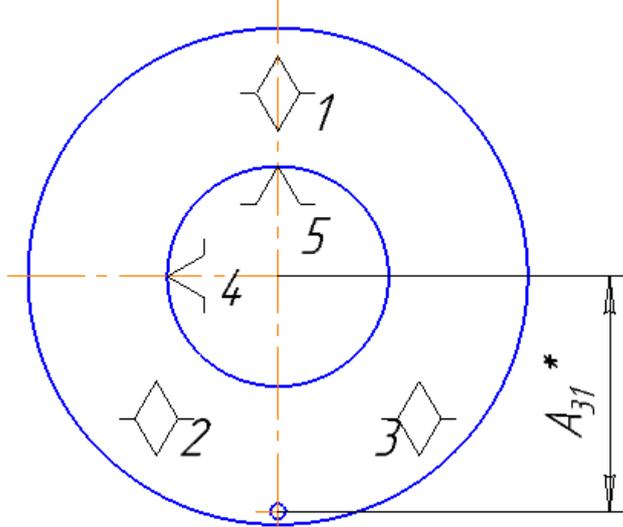
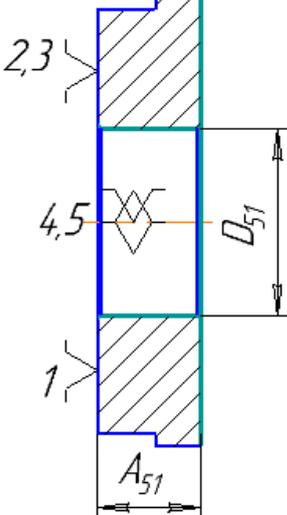
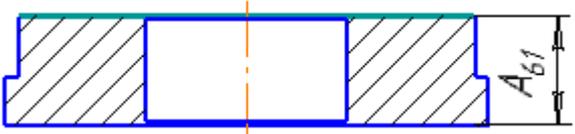
### 2.3. Разработка маршрута изготовления детали

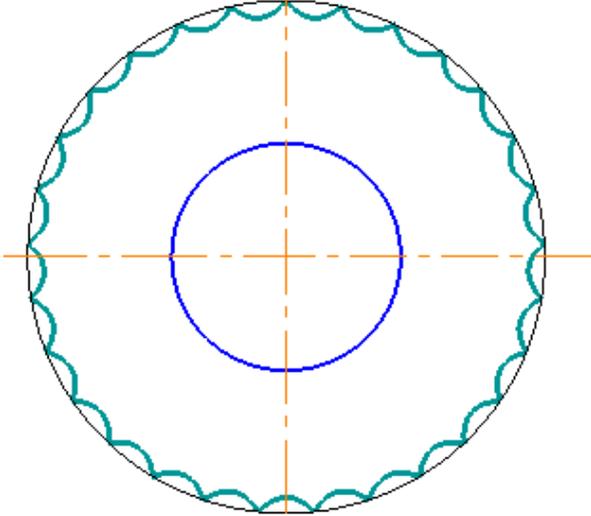
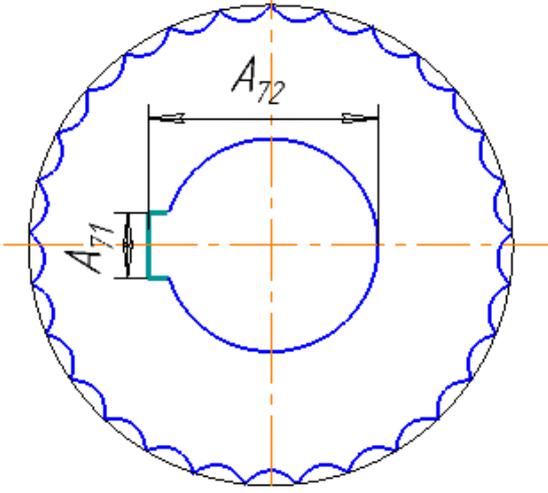
Маршрут технологии изготовления детали типа «Профильное колесо» представлен в таблице 1. Предварительный маршрут включает в себя схемы базирования заготовки, выдерживаемые технологические размеры, а также тексты переходов и их эскизы.

Таблица 1 - Маршрут обработки.

Наименование операций и содержание переходов	Операционный эскиз
<p>0. Заготовительная</p> <p>1. Отрезать заготовку выдерживая размер <math>A_{01}</math></p>	
<p>1. Токарная</p> <p>А. Установить и закрепить заготовку</p> <p>1.1 Подрезать торец выдерживая размер <math>A_{11}</math></p>	
<p>1.2 Точить, выдерживая Размеры <math>A_{12}</math> и <math>D_{12}</math></p>	

<p>2. Токарная</p> <p>Б. Установить и закрепить заготовку</p> <p>2.1 Подрезать торец выдерживая размер <math>A_{21}</math></p>	 <p>A technical drawing of a cylindrical part. It shows a cross-section with a central hole. The drawing is divided into three horizontal sections by dashed lines. The top section is labeled '2,3', the middle section '4,5', and the bottom section '1'. A dimension line at the bottom indicates a length of <math>A_{21}</math>.</p>
<p>2.2 Сверлить центровое отверстие выдерживая размер <math>A_{22}</math> и <math>D_{22}</math></p>	 <p>A technical drawing of a cylindrical part, similar to the first one, but with a hatched pattern. It shows a cross-section with a central hole. The drawing is divided into three horizontal sections by dashed lines. The top section is labeled '2,3', the middle section '4,5', and the bottom section '1'. A dimension line at the bottom indicates a length of <math>A_{22}</math>. A vertical dimension line on the right indicates a diameter of <math>D_{22}</math>.</p>
<p>2.3 Сверлить, выдерживая размер <math>D_{23}</math></p>	 <p>A technical drawing of a cylindrical part, similar to the previous ones, but with a hatched pattern. It shows a cross-section with a central hole. The drawing is divided into three horizontal sections by dashed lines. The top section is labeled '2,3', the middle section '4,5', and the bottom section '1'. A vertical dimension line on the right indicates a diameter of <math>D_{23}</math>.</p>
<p>2.4 Рассверлить отверстие до <math>D_{24}</math></p>	 <p>A technical drawing of a cylindrical part, similar to the previous ones, but with a hatched pattern. It shows a cross-section with a central hole. The drawing is divided into three horizontal sections by dashed lines. The top section is labeled '2,3', the middle section '4,5', and the bottom section '1'. A vertical dimension line on the right indicates a diameter of <math>D_{24}</math>.</p>

<p>2.5 Расточить отверстие до диаметра D25 с расточкой фасок A25 и A26</p>	
<p>3. Сверлильная Установить и снять заготовку. Сверлить отверстие 2мм, выдерживая размер A31*</p>	
<p>4. Термическая Термообработать до твердости HRC 61...63</p>	
<p>5. Внутришлифовальная Шлифовать внутреннее отверстие с под шлифовкой торца выдерживая размеры A51 D51</p>	
<p>6. Плоскошлифовальная Шлифовать до размера A61</p>	

<p>7. Электроэрозионная</p> <p>7.1 Вырезать профиль зубьев по координатам, указанным на листе 2</p>	
<p>7.2 Вырезать шпоночный паз выдерживая размеры A71 и A72</p>	
<p>8. Пескоструйная</p> <p>Снять окалину после электроэрозионной обработки</p>	

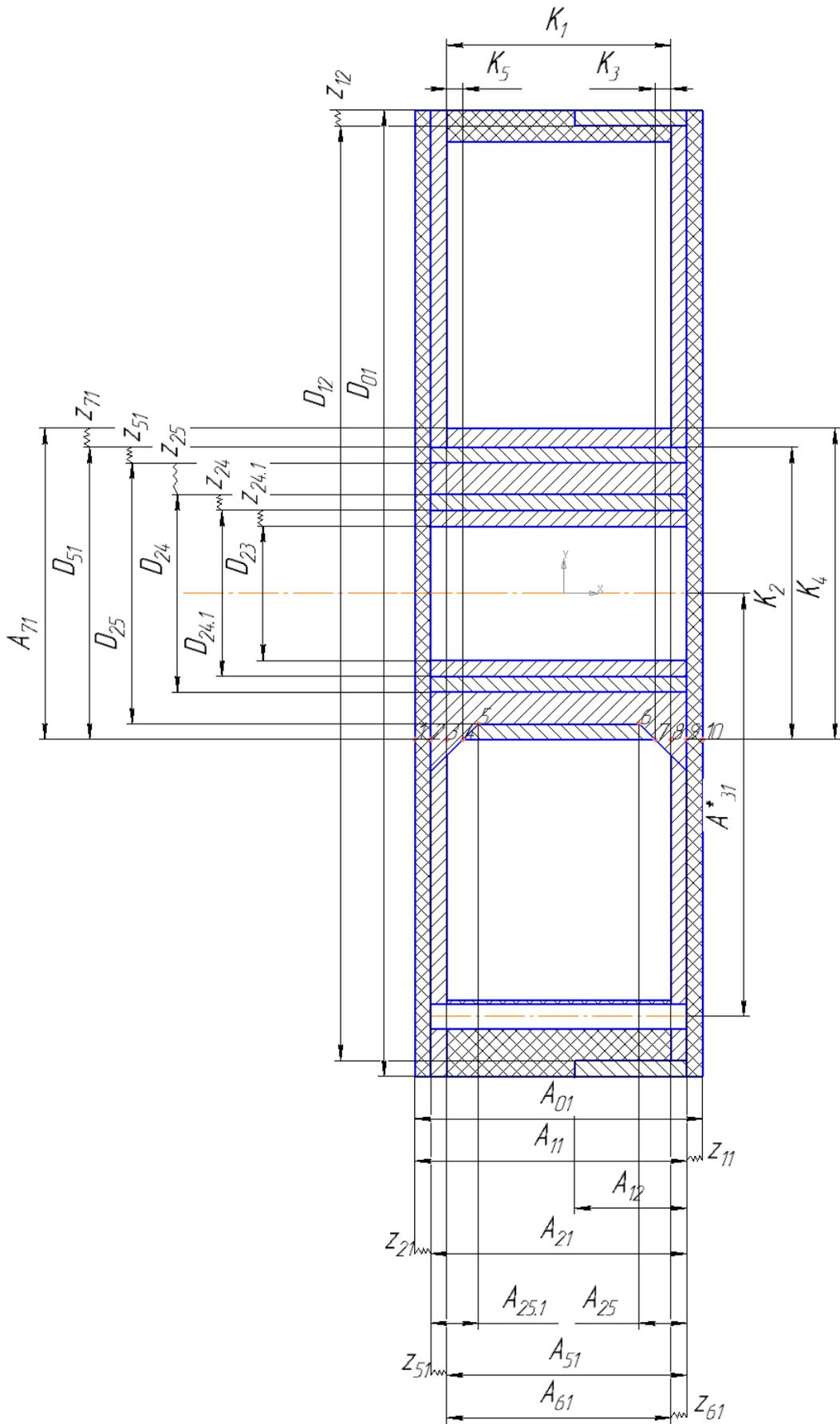


Рис.2.2 Размерная схема

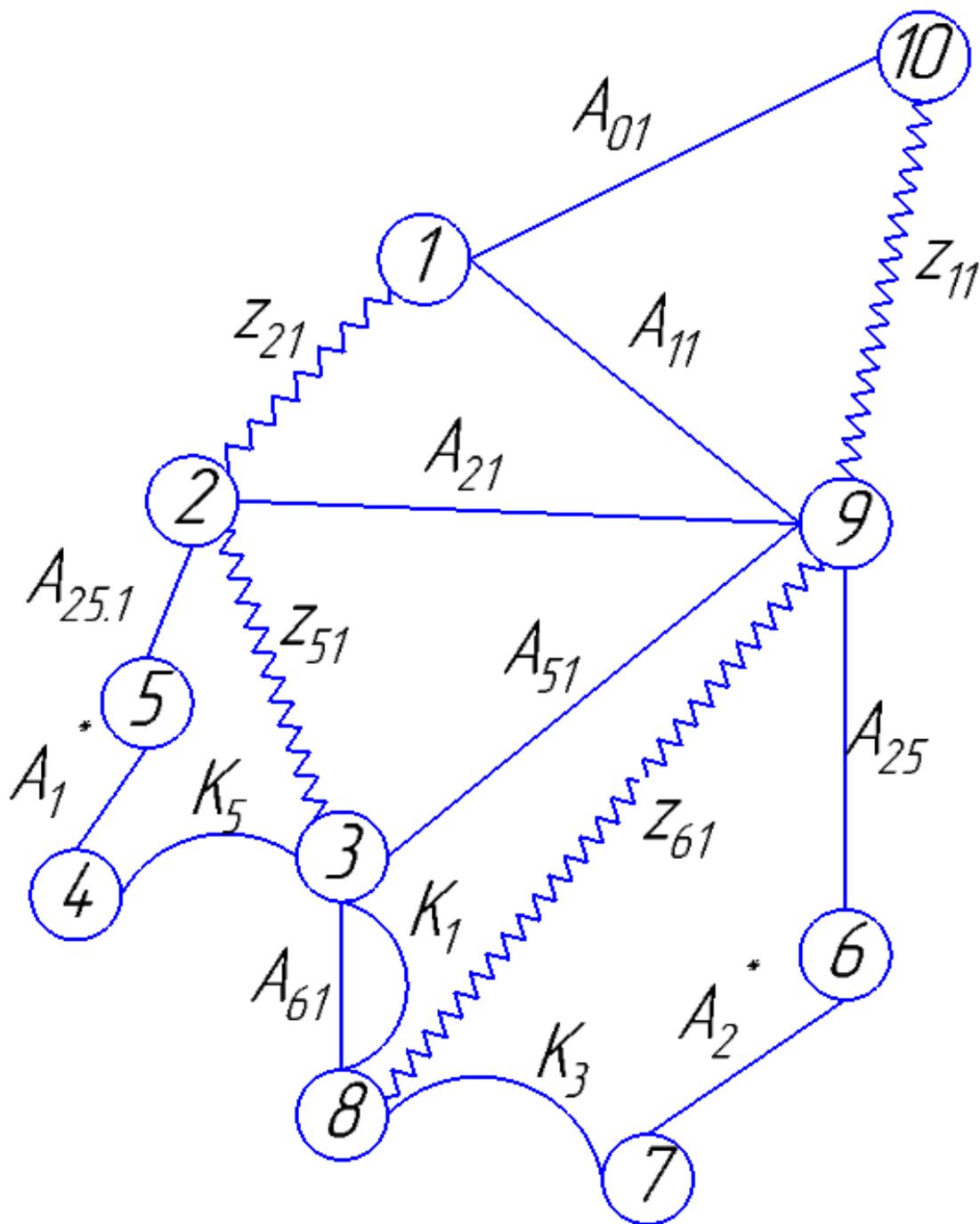


Рис. 2.3 Граф технологических размеров

## 2.4. Размерный анализ разрабатываемого технологического процесса изготовления детали.

### 2.4.1. Определение допусков на технологические размеры.

$$TA_{01} = 1,5 \text{ мм}$$

$$TA_{11} = \omega_{11} + \rho_{i-1} + \varepsilon_{\delta} = 0,12 + 0,7 + 0,6 = 1,42 \text{ мм}$$

$$TA_{12} = \omega_{12} = 0,12 \text{ мм}$$

$$TD_{12} = \omega_{12} = 0,16 \text{ мм}$$

$$TA_{21} = \omega_{21} + \rho_{i-1} + \varepsilon_{\delta} = 0,12 + 0,13 + 0,14 = 0,39 \text{ мм}$$

$$TD_{23} = \omega_{23} = 0,07 \text{ мм}$$

$$TD_{24.1} = \omega_{24.1} = 0,084 \text{ мм}$$

$$TD_{24} = \omega_{24} = 0,1 \text{ мм}$$

$$TD_{25} = \omega_{25} = 0,12 \text{ мм}$$

$$TA_{25} = \omega_{25} = 0,12 \text{ мм}$$

$$TA_{51} = \omega_{51} + \rho_{i-1} + \varepsilon_{\delta} = 0,12 + 0,02 + 0,14 = 0,28 \text{ мм}$$

$$TD_{51} = \omega_{51} = 0,03 \text{ мм}$$

$$TA_{61} = \omega_{51} + \rho_{i-1} + \varepsilon_{\delta} = 0,15 + 0,02 + 0,07 = 0,24 \text{ мм}$$

### 2.4.2. Определение минимальных припусков на обработку и технологических размеров.

$$z_{11\min} = R_{zi-1} + h_{i-1} + \rho_{i-1} = 0,16 + 0,15 + 0,7 = 1,01 \text{ мм}$$

$$z_{21\min} = R_{zi-1} + h_{i-1} + \rho_{i-1} = 0,16 + 0,15 + 0,5 = 0,81 \text{ мм}$$

$$z_{51\min} = R_{zi-1} + h_{i-1} + \rho_{i-1} = 0,01 + 0,025 + 0,02 = 0,055 \text{ мм}$$

$$z_{61\min} = R_{zi-1} + h_{i-1} + \rho_{i-1} = 0,01 + 0,025 + 0,02 = 0,055 \text{ мм}$$

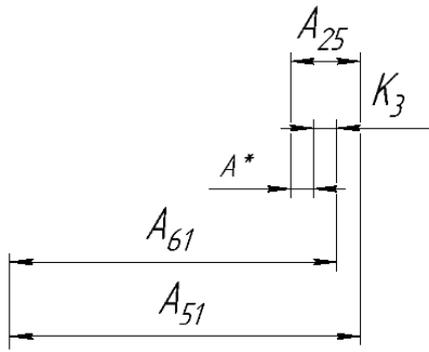
$$Z_{12}^D = 2(R_{zi-1} + h_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_{yi}^2}) = 2(0,15 + 0,15 + \sqrt{1,5^2 + 0,6^2}) = 3,83 \text{ мм}$$

$$Z_{25}^D = 2(R_{zi-1} + h_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_{yi}^2}) = 2(0,05 + 0,07 + \sqrt{0,13^2 + 0,14^2}) = 0,62 \text{ мм}$$

$$Z_{51}^D = 2(R_{zi-1} + h_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_{yi}^2}) = 2(0,01 + 0,025 + \sqrt{0,02^2 + 0,14^2}) = 0,35 \text{ мм}$$

### 2.4.3. Проверка обеспечения конструкторского размера.

1.



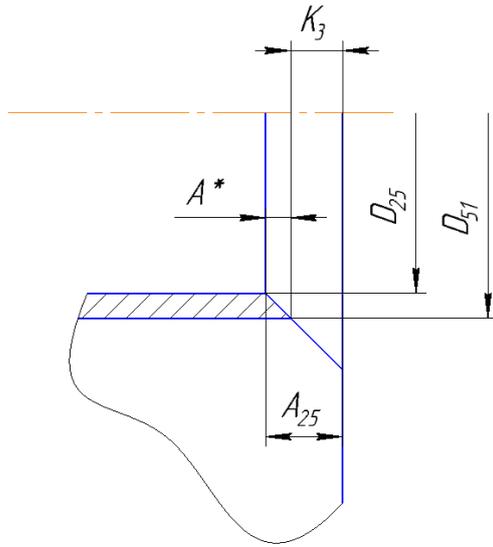
$$A_{\max}^* = \frac{D_{51}^{\max} - D_{25}^{\min}}{2} = \frac{59,03 - 58,17}{2} = 0,43$$

$$A_{\min}^* = \frac{D_{51}^{\min} - D_{25}^{\max}}{2} = \frac{59 - 58,29}{2} = 0,36$$

$$K_{\min} = A_{25}^{\min} - A_{\max}^* = 0,94 - 0,43 = 0,51$$

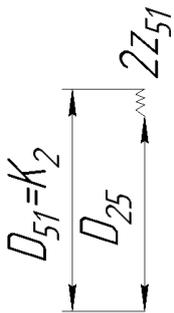
$$K_{\max} = A_{25}^{\max} - A_{\min}^* = 1,06 - 0,36 = 0,7$$

Размер фаски выдерживается.



#### 2.4.4. Расчет диаметральных размеров.

1. Найдем технологический размер \$D\_{25}\$



Из цепи составляем уравнение для замыкающего звена. Далее находим среднее значение размера \$D\_{25}\$.

$$D_{5.1}^{\text{cp}} = K_2^{\text{cp}} = 59^{+0,03} \text{ мм};$$

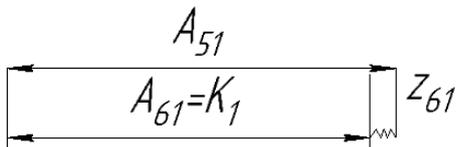
$$2Z_{5.1}^{\text{D cp}} = \frac{2Z_{5.1}^{\text{D min}} + (2Z_{5.1}^{\text{D min}} + \text{TD}_{2.5} + \text{TD}_{5.1})}{2} = \frac{0,7 + (0,7 + 0,12 + 0,03)}{2} = 0,775 \text{ мм},$$

$$D_{2.5}^{cp} = D_{5.1}^{cp} - 2z_{5.1}^{Dcp} = 59 - 0,775 = 58,225 \text{ мм};$$

$$\text{Принимаем } D_{2.5} = 58,225 \pm 0,12 = 58,165^{+0,12} = 58^{+0,12} \text{ мм.}$$

#### 2.4.5. Расчет линейных размеров.

1.



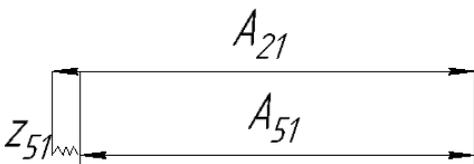
$$A_{61} = K_1 = 16_{-0,8}$$

$$z_{61}^{cp} = z_{61}^{\min} + \frac{(TA_{61} + TA_{51})}{2} = 0,055 + \frac{0,24 + 0,28}{2} = 0,315 \text{ мм}$$

$$A_{51} = 16 + 0,315 = 16,315 \text{ мм}$$

$$\text{Принимаем } A_{51} = 16,315 \pm 0,28 = 16,465_{-0,28} = 16,47_{-0,28} \text{ мм.}$$

2.



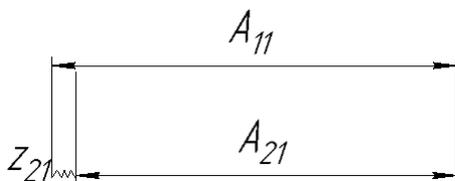
$$A_{51} = 16,315$$

$$z_{51}^{cp} = z_{51}^{\min} + \frac{(TA_{21} + TA_{51})}{2} = 0,055 + \frac{0,39 + 0,28}{2} = 0,39 \text{ мм}$$

$$A_{21} = 16,315 + 0,39 = 16,705 \text{ мм}$$

$$\text{Принимаем } A_{21} = 16,705 \pm 0,12 = 16,765_{-0,12} = 16,5_{-0,1} \text{ мм.}$$

3.



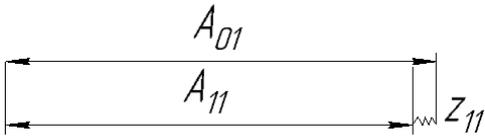
$$A_{21}^{cp} = 16,705$$

$$z_{21}^{cp} = z_{21}^{\min} + \frac{(TA_{21} + TA_{11})}{2} = 0,81 + \frac{0,39 + 1,42}{2} = 1,715 \text{ мм}$$

$$A_{11}^{cp} = 16,705 + 1,715 = 18,42 \text{ мм}$$

Принимаем  $A_{11} = 18,42 \pm 1,42 = 19,84_{-1,42} = 19,5_{-1}$  мм.

4.



$$A_{11}^{cp} = 18,42$$

$$z_{11}^{cp} = z_{11}^{\min} + \frac{(TA_{11} + TA_{01})}{2} = 1,01 + \frac{1,42 + 1,5}{2} = 2,47 \text{ мм}$$

$$A_{01}^{cp} = 18,42 + 2,47 = 20,89 \text{ мм}$$

Принимаем  $A_{01} = 20,89 \pm 1,5 = 22,39_{-1,5} = 22_{-1,5}$  мм.

## 2.5. Расчет режимов и мощности резания.

### 1. Токарная операция

Для данной операции выбираем токарно-винторезный станок JET серии ZX GH-1640ZX DRO

Установ А.

#### 1) Подрезка торца А11.

Инструмент:

Резец проходной отогнутый с пластинами из твердого сплава Т15К6 (по ГОСТ 188677-73)

1. Глубина резания:  $t = 1,25$  мм;

2. Подача для данной глубины резания:  $S = 0,7$  мм/об;

3. Расчетная формула, скорости резания, м/с

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

где  $T$  - стойкость инструмента, мин;  $t$  - глубина резания, мм;  $S$  - подача, мм/об;

$C_V$  - постоянный коэффициент;  $m$ ,  $x$ ,  $y$  - показатели степени;

$K_V$  - общий поправочный коэффициент на скорость резания учитывающий фактические условия резания.

$$K_V = K_{MV} \cdot K_{ПВ} \cdot K_{ИВ}$$

где  $K_{MV}$  - коэффициент учитывающий влияние материала заготовки.

$K_{MV} = K_{\Gamma} \cdot (750/\sigma_B)^{n_V}$ ,  $n_V = 1$ ,  $K_{\Gamma} = 1$ ,  $\sigma_B = 1000$  МПа,

$$K_{MV} = 1 \cdot (750/740)^1 = 1,01$$

$K_{ПВ}$  - коэффициент учитывающий состояние поверхности,  $K_{ПВ} = 0,9$ ;

$K_{ИВ}$  - коэффициент учитывающий материал инструмента,  $K_{ИВ} = 1$

$$K_V = 0,909$$

Период стойкости инструмента принимаем:  $T = 30$  мин.

Значения коэффициентов:  $C_V = 290$ ;  $m = 0,2$ ;  $x = 0,15$ ;  $y = 0,35$

$$V = \frac{C_V}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_V = \frac{290}{30^{0,2} \cdot 1,5^{0,15} \cdot 0,7^{0,35}} \cdot 0,909 = 146,29 \text{ м/мин}$$

4. Расчётное число оборотов шпинделя

$$n = \frac{1000V}{\pi d_3} = \frac{1000 \cdot 142,34}{3,14 \cdot 140} = 332,61 \text{ об/мин}$$

5. Силы резания рассчитываются по формуле:

$$P_{z,y,x} = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p$$

где  $K_p$  – поправочный коэффициент, представляющий собой произведение ряда коэффициентов, учитывающих фактические условия резания.

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

Сила  $P_z$ :

$$K_{mp} = \left( \frac{\sigma_s}{750} \right)^n = \left( \frac{740}{750} \right)^{0,75} = 0,989$$

$$K_p = K_{mp} K_{\varphi p} K_{\gamma p} K_{\lambda p} K_{rp} = 0,989 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 0,989$$

$$P_z = 10 C_p t^x S^y V^n K_p = 10 \cdot 300 \cdot 1,5^1 \cdot 0,45^{0,75} \cdot 1,03 = 2838,253 \text{ Н}$$

6. Мощность резания:

$$N_{\text{рез}} = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{2445,2 \cdot 138,5}{1020 \cdot 60} = 6,42 \text{ кВт.}$$

Проверка по мощности:

$$N_{\text{рез}} \leq N_{\text{ст}};$$

$N_{\text{ст}}$  - мощность на шпинделе станка;

$N_{\text{дв}}$  - мощность двигателя главного движения станка;

$$N_{\text{ст}} = N_{\text{дв}} \cdot \eta = 11 \cdot 0,9 = 9,9 \text{ кВт}$$

Примем минимальное значение КПД станка  $\eta = 0,9$ .

$$6,42 < 9,9$$

## 2) Точение поверхности $A_{12}$ .

Инструмент:

Резец проходной отогнутый с пластинами из твердого сплава Т15К6 (по ГОСТ 188677-73)

1. Глубина резания:  $t = 1$  мм;

2. Подача для данной глубины резания:  $S = 0,3$  мм/об;

3. Расчетная формула, скорости резания, м/с

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

где  $T$  - стойкость инструмента, мин;  $t$  - глубина резания, мм;  $S$  - подача, мм/об;

$C_V$  - постоянный коэффициент;  $m, x, y$  - показатели степени;

$K_V$  - общий поправочный коэффициент на скорость резания учитывающий фактические условия резания.

$$K_V = K_{MV} \cdot K_{ПВ} \cdot K_{ИВ}$$

где  $K_{MV}$  - коэффициент учитывающий влияние материала заготовки.

$$K_{MV} = K_{\Gamma} \cdot (750/\sigma_B)^{n_V}, n_V = 1, K_{\Gamma} = 1, \sigma_B = 1000 \text{ МПа},$$

$$K_{MV} = 1 \cdot (750/740)^1 = 1,01$$

$K_{ПВ}$  - коэффициент учитывающий состояние поверхности,  $K_{ПВ} = 0,9$ ;

$K_{ИВ}$  - коэффициент учитывающий материал инструмента,  $K_{ИВ} = 1$

$$K_V = 0,909$$

Период стойкости инструмента принимаем:  $T = 30$  мин.

Значения коэффициентов:  $C_V = 350$ ;  $m = 0,2$ ;  $x = 0,15$ ;  $y = 0,2$

$$V = \frac{C_V}{T^m t^x S^y} K_V = \frac{350}{30^{0,2} \cdot 1^{0,15} \cdot 0,3^{0,2}} \cdot 0,909 = 178,47 \text{ м/мин}$$

4. Расчётное число оборотов шпинделя

$$n = \frac{1000V}{\pi d_s} = \frac{1000 \cdot 178,47}{3,14 \cdot 140} = 405,78 \text{ об/мин}$$

5. Силы резания рассчитываются по формуле:

$$P_{z,y,x} = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p$$

где  $K_p$  - поправочный коэффициент, представляющий собой произведение ряда коэффициентов, учитывающих фактические условия резания.

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

Сила  $P_z$ :

$$K_{mp} = \left( \frac{\sigma_s}{750} \right)^n = \left( \frac{740}{750} \right)^{0,75} = 0,989$$

$$K_p = K_{mp} K_{\phi p} K_{\gamma p} K_{\lambda p} K_{rp} = 0,989 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 0,989$$

$$P_z = 10 C_p t^x S^y V^n K_p = 10 \cdot 200 \cdot 1^1 \cdot 0,3^{0,75} \cdot 0,989 = 801,8 \text{ Н}$$

6. Мощность резания:

$$N_{рез} = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{801,8 \cdot 175,92}{1020 \cdot 60} = 2,3 \text{ кВт.}$$

Проверка по мощности:

$$N_{\text{рез}} \leq N_{\text{ст}};$$

$N_{\text{ст}}$ - мощность на шпинделе станка;

$N_{\text{дв}}$ - мощность двигателя главного движения станка;

$$N_{\text{ст}} = N_{\text{дв}} \cdot \eta = 11 \cdot 0,9 = 9,9 \text{ кВт}$$

Примем минимальное значение КПД станка  $\eta = 0,9$ .

$$2,3 < 9,9$$

### 3) Сверлить отверстие

Инструмент:

Сверло спиральное с цилиндрическим хвостовиком из быстрорежущей стали Р6М5 (ГОСТ 10902-77 Средняя серия. Класс точности В).

1. Глубина резания:  $t = 0,5D = 0,5 \cdot 15 = 7,5 \text{ мм}$ ;

2. Подача для данной глубины резания:  $S = 0,25 \text{ мм/об}$ ;

3. Расчетная формула, скорости резания, м/с

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

где  $T$ - стойкость инструмента, мин;  $S$  - подача, мм/об;

$C_v$  - постоянный коэффициент;  $m$ ,  $y$ - показатели степени;

$K_v$  - общий поправочный коэффициент на скорость резания учитывающий фактические условия резания.

$$K_v = K_{mv} K_{nv} K_{uv}$$

где  $K_{MV}$  – коэффициент учитывающий влияние материала заготовки.

$$K_{mv} = K_r \left( \frac{750}{\sigma_s} \right)^{n_v} = 1 \cdot \left( \frac{750}{740} \right)^1 = 1,01$$

$K_{ПV}$  - коэффициент учитывающий состояние поверхности,  $K_{ПV} = 0,9$ ;

$K_{ИV}$  - коэффициент учитывающий материал инструмента,  $K_{ИV} = 1$

$$K_v = 0,909$$

Период стойкости инструмента принимаем:  $T = 30 \text{ мин}$ .

Значения коэффициентов:  $C_v = 9,8$ ;  $m = 0,2$ ;  $y = 0,5$

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m S^y} K_v = \frac{9,8 \cdot 15^{0,4}}{45^{0,2} \cdot 0,25^{0,5}} \cdot 0,9 = 27,04 \text{ м/мин}$$

4. Расчётное число оборотов шпинделя

$$n = \frac{1000V}{\pi d_s} = \frac{1000 \cdot 27,04}{3,14 \cdot 15} = 573,86 \text{ об/мин}$$

5. Расчет осевой силы резания и крутящего момента, по формулам:

$$P_0 = 10C_p D^q S^y K_p = 10 \cdot 68 \cdot 15^1 \cdot 0,25^{0,7} \cdot 0,989 = 3822.561 \text{ Н}$$

$$M_{кр} = 10C_m D^q S^y K_p = 10 \cdot 0.0345 \cdot 15^2 \cdot 0,25^{0,8} \cdot 0,989 = 25.32 \text{ Нм}$$

6. Мощность резания:

$$N_{рез} = \frac{M_{кр} \cdot n}{9750} = \frac{25,32 \cdot 500}{9750} = 1.29 \text{ кВт.}$$

Проверка по мощности:

$$N_{рез} \leq N_{ст};$$

$N_{ст}$ - мощность на шпинделе станка;

$N_{дв}$ - мощность двигателя главного движения станка;

$$N_{ст} = N_{дв} \cdot \eta = 11 \cdot 0.9 = 9.9 \text{ кВт}$$

Примем минимальное значение КПД станка  $\eta = 0.9$ .

$$1) 1.29 < 9.9$$

#### 4) Рассверливание отверстие

Инструмент:

Сверло спиральное с цилиндрическим хвостовиком из быстрорежущей стали Р6М5 (ГОСТ 10902-77 Средняя серия. Класс точности В).

1. Глубина резания:  $t = 0,5(D - d) = 0,5 \cdot (25 - 15) = 5 \text{ мм}$ ;

2. Подача для данной глубины резания:  $S = 0,4 \text{ мм/об}$ ;

3. Расчетная формула, скорости резания, м/с

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

где T- стойкость инструмента, мин; S - подача, мм/об;

$C_V$  - постоянный коэффициент;  $m$ ,  $y$  - показатели степени;

$K_V$  - общий поправочный коэффициент на скорость резания учитывающий фактические условия резания.

$$K_V = K_{MV} K_{NV} K_{IV}$$

где  $K_{MV}$  – коэффициент учитывающий влияние материала заготовки.

$$K_{MV} = K_{\Gamma} \left( \frac{750}{\sigma_{\epsilon}} \right)^{n_v} = 1 \cdot \left( \frac{750}{740} \right)^1 = 1,01$$

$K_{NV}$  - коэффициент учитывающий состояние поверхности,  $K_{NV} = 0,9$ ;

$K_{IV}$  - коэффициент учитывающий материал инструмента,  $K_{IV} = 1$

$K_V = 0,909$

Период стойкости инструмента принимаем:  $T = 30$  мин.

Значения коэффициентов:  $C_V = 16,2$ ;  $m = 0,2$ ;  $y = 0,5$

$$V = \frac{C_V \cdot D^q}{T^m S^y} K_V = \frac{16,2 \cdot 25^{0,4}}{50^{0,2} \cdot 0,4^{0,5}} \cdot 0,9 = 30,76 \text{ м/мин}$$

4. Расчётное число оборотов шпинделя

$$n = \frac{1000V}{\pi d_s} = \frac{1000 \cdot 30,76}{3,14 \cdot 25} = 391,727 \text{ об/мин}$$

5. Расчет осевой силы резания и крутящего момента, по формулам:

$$P_o = 10C_p D^q S^y t^x K_p = 10 \cdot 67 \cdot 25^0 \cdot 0,4^{0,65} \cdot 5^{1,2} = 2519,8 \text{ Н}$$

$$M_{кр} = 10C_M D^q S^y t^x K_p = 10 \cdot 0,09 \cdot 25^1 \cdot 0,4^{0,8} \cdot 5^{0,9} = 45,5 \text{ Нм}$$

6. Мощность резания:

$$N_{рез} = \frac{M_{кр} \cdot n}{9750} = \frac{45,5 \cdot 315}{9750} = 1,47 \text{ кВт.}$$

Проверка по мощности:

$$N_{рез} \leq N_{ст};$$

$N_{ст}$  - мощность на шпинделе станка;

$N_{дв}$  - мощность двигателя главного движения станка;

$$N_{\text{ст}} = N_{\text{дв}} \cdot \eta = 11 \cdot 0.9 = 9.9 \text{ кВт}$$

Примем минимальное значение КПД станка  $\eta = 0.9$ .

$$1.47 < 9.9$$

Последующие режимы резания для рассверливания производим аналогичным образом.

### 5) Растачивание поверхности D<sub>51</sub>.

Инструмент:

Резец расточной с пластиной из твердого сплава Т15К6 (по ГОСТ 1882-73).

Геометрия инструмента:  $\varphi=60^0$ ;  $\gamma=10$ ;  $\lambda=0^0$ ; R=2 мм

1. Глубина резания:  $t = 0.8$  мм;
2. Подача для данной глубины резания:  $S = 0,12$  мм/об;
3. Расчетная формула, скорости резания, м/с

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

где T- стойкость инструмента, мин; t- глубина резания, мм; S - подача, мм/об;

$C_V$  - постоянный коэффициент; m, x, y- показатели степени;

$K_V$  - общий поправочный коэффициент на скорость резания учитывающий фактические условия резания.

Период стойкости инструмента принимаем:  $T = 60$  мин.

Значения коэффициентов:  $K_V = 0.9$   $C_V = 350$ ;  $m = 0,2$ ;  $x = 0,15$ ;  $y = 0,2$

$$V = \frac{C_V}{T^m t^x S^y} K_V = \frac{350}{60^{0,2} \cdot 0.8^{0,15} \cdot 0,12^{0,2}} \cdot 0,909 = 221.6 \text{ м/мин}$$

4. Расчётное число оборотов шпинделя

$$n = \frac{1000V}{\pi d_3} = \frac{1000 \cdot 221.6}{3,14 \cdot 55} = 1282 \text{ об/мин}$$

5. Силы резания рассчитываются по формуле:

$$P_{z,y,x} = 10 \cdot C_P \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_P$$

$$K_P = K_{\text{мр}} K_{\varphi\text{р}} K_{\gamma\text{р}} K_{\lambda\text{р}} K_{r\text{р}}$$

Сила  $P_z$ :

$$K_{mp} = \left( \frac{\sigma_6}{750} \right)^n = \left( \frac{740}{750} \right)^{0,75} = 0,989$$

$$K_p = K_{mp} K_{\varphi p} K_{\gamma p} K_{\lambda p} K_{rp} = 0,989 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 0,989$$

$$P_z = 10 C_p t^x S^y V^n K_p = 10 \cdot 300 \cdot 0,8^1 \cdot 0,12^{0,75} \cdot 0,989 = 483,94 \text{ Н}$$

6. Мощность резания:

$$N_{рез} = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{483,94 \cdot 215,98}{1020 \cdot 60} = 1,7 \text{ кВт.}$$

Проверка по мощности:

$$N_{рез} \leq N_{ст};$$

$N_{ст}$ - мощность на шпинделе станка;

$N_{дв}$ - мощность двигателя главного движения станка;

$$N_{ст} = N_{дв} \cdot \eta = 11 \cdot 0,9 = 9,9 \text{ кВт}$$

Примем минимальное значение КПД станка  $\eta = 0,9$ .

$$1,7 < 9,9$$

## б) Шлифование отверстия

1. Скорость вращательного движения

$$V_k = 35 \text{ м/с - Круга}$$

$$V_3 = 100 \text{ м/мин - Заготовки}$$

2. Глубина шлифования

$$t = 0,0025 \text{ мм}$$

3. Продольная подача

$$S = (0,25 - 0,4) \text{ В}$$

4. Эффективная мощность

$$N = C_N V_3^r s_p^y d^q t^x = 0,3 \cdot 100^{0,35} \cdot 8^{0,4} \cdot 59^{0,3} \cdot 0,0025^{0,4} = 1,068 \text{ кВт}$$

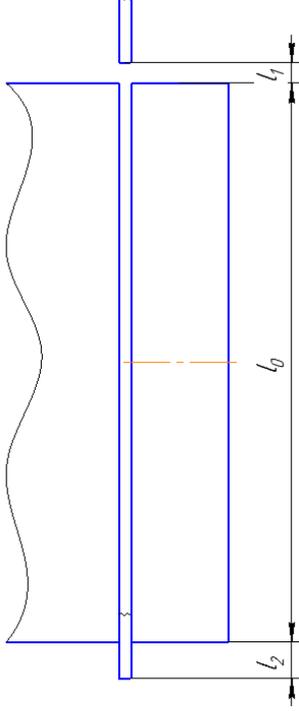
## 7) Электроэрозионная операция

Такие режимы резания как сила тока (А) и напряжение (В) при электроэрозионной операции выбираются непосредственно самим станком в зависимости от толщины обрабатываемой детали. Примерное значение силы тока  $I=2,5A$ , напряжение  $U=95V$ . Скорость резания примерно составляет 2 мм. в минуту.

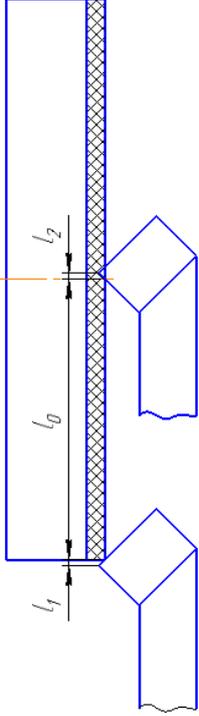
## 2.6. Нормирование технологического процесса.

### 2.6.1. Расчет основного время;

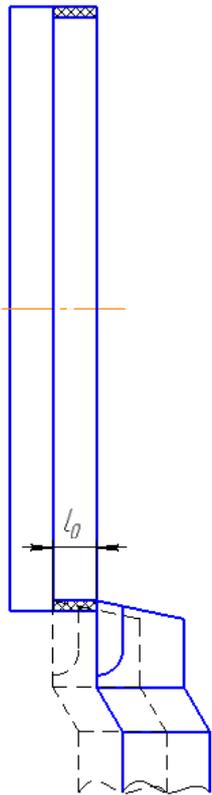
#### 1) Заготовительная операция

	$t_0 = \frac{L \cdot i}{S \cdot n} \quad \text{где:}$ <p>L - длина обработки, мм; S - подача, мм/об; n - частота вращения шпинделя, мин-1; i - число рабочих ходов (проходов).</p> $t_0 = \frac{140 + 2}{30} = 4,73 \text{ мин}$
--	--

#### 2) Токарная операция (Установ А)

<p>1) Подрезать торец</p> 	$t_0 = \frac{L \cdot i}{S \cdot n}$ $L = l_0 + l_1 + l_2$ $l_1 = t \cdot \operatorname{ctg} \varphi = 1,5 \cdot \operatorname{ctg} 45 = 1,5$ $l_2 \approx (2 \dots 5) S = 3 \cdot 0,45 \approx 1,35$ $L = 70 + 1,5 + 1,35 = 72,85$ $t_0 = \frac{72,85 \cdot 2}{0,7 \cdot 315} = 0,62 \text{ мин}$
---	---

2) Точить поверхность



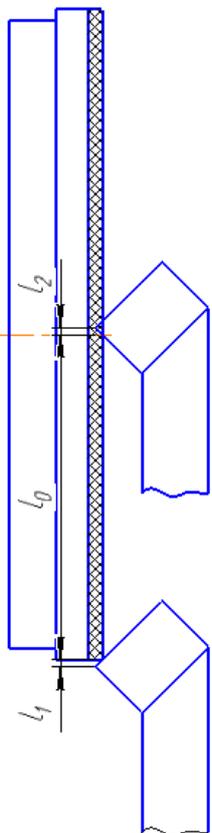
$$t_0 = \frac{L \cdot i}{S \cdot n}$$

$$L = 10 + 1 = 11$$

$$t_0 = \frac{11 \cdot 5}{0.3 \cdot 400} = 0.45 \text{ мин}$$

3) Токарная операция (Установ Б)

1) Подрезать торец



$$t_0 = \frac{L \cdot i}{S \cdot n}$$

$$L = l_0 + l_1 + l_2$$

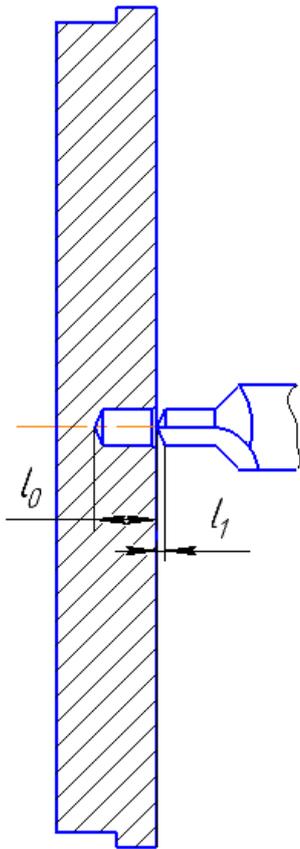
$$l_1 = t \cdot \text{ctg} \varphi = 1.5 \cdot \text{ctg} 45 = 1.5$$

$$l_2 \approx (2 \dots 5) S = 3 \cdot 0.45 \approx 1.35$$

$$L = 70 + 1.5 + 1.35 = 72.85$$

$$t_0 = \frac{72.85 \cdot 2}{0.7 \cdot 332} = 0.62 \text{ мин}$$

2) Сверлить центровое отверстие



$$t_0 = \frac{L \cdot i}{S \cdot n}$$

$$L = l_0 + l_1 + l_2$$

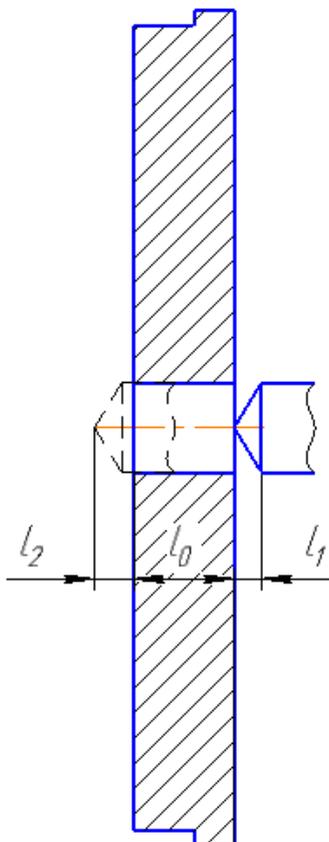
$$l_1 = 1$$

$$l_2 \approx (2 \dots 5)S = 3 \cdot 0.25 \approx 0.75$$

$$L = 5 + 1 + 0.75 = 6.75$$

$$t_0 = \frac{6.75}{0.25 \cdot 500} = 0.054 \text{ мин}$$

3) Сверлить отверстие



$$t_0 = \frac{L \cdot i}{S \cdot n}$$

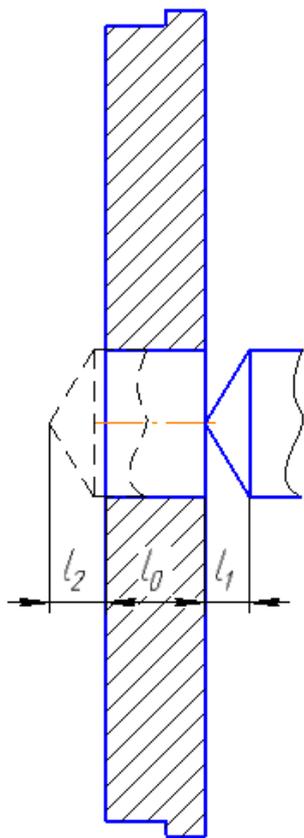
$$L = l_0 + l_1 + l_2$$

$$l_1 + l_2 \approx 0.4d \approx 6$$

$$L = 16.7 + 6 = 22.7$$

$$t_0 = \frac{22.7}{0.25 \cdot 500} = 0.181 \text{ мин}$$

4) Рассверлить отверстие



$$1) L = l_0 + l_1 + l_2$$

$$l_1 + l_2 \approx 0.4d \approx 14$$

$$L = 16.7 + 14 = 30.7$$

$$t_0 = \frac{30.7}{0.5 \cdot 200} = 0.307 \text{ мин}$$

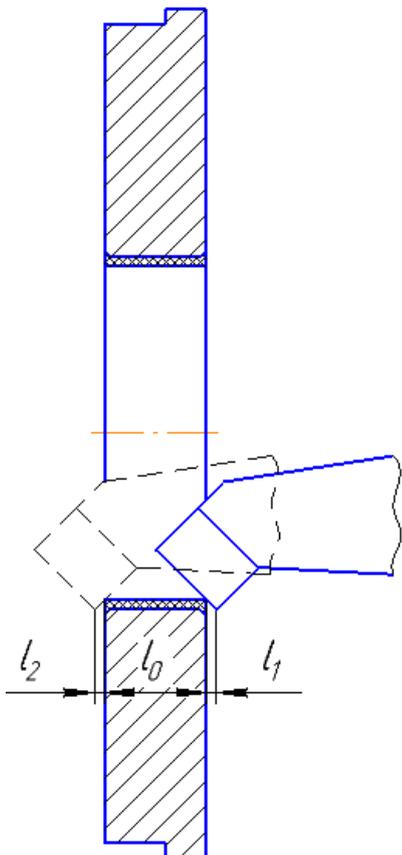
$$2) L = l_0 + l_1 + l_2$$

$$l_1 + l_2 \approx 0.4d \approx 22$$

$$L = 16.7 + 22 = 38.7$$

$$t_0 = \frac{38.7}{0.6 \cdot 125} = 0.516 \text{ мин}$$

5) Расточить отверстие и фаски



$$t_0 = \frac{L \cdot i}{S \cdot n}$$

$$L = l_0 + l_1 + l_2$$

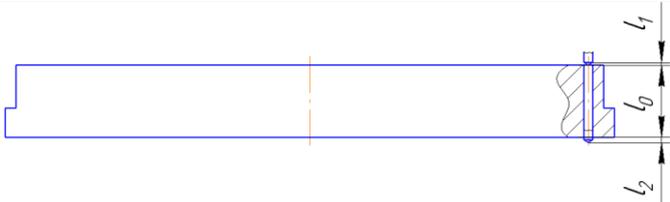
$$l_1 = t \cdot \text{ctg} \varphi = 0,8 \cdot \text{ctg} 45 = 0,8$$

$$l_2 \approx (2 \dots 5)S = 3 \cdot 0.12 \approx 0.36$$

$$L = 16.7 + 0.8 + 0.36 = 17.86$$

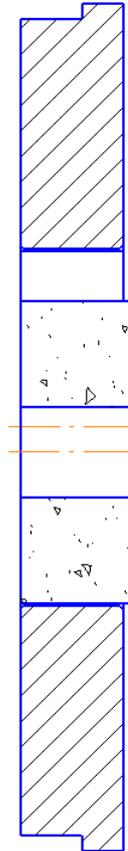
$$t_0 = \frac{17.86 \cdot 2}{0.12 \cdot 1250} = 0.238 \text{ мин}$$

#### 4) Сверлильная операция

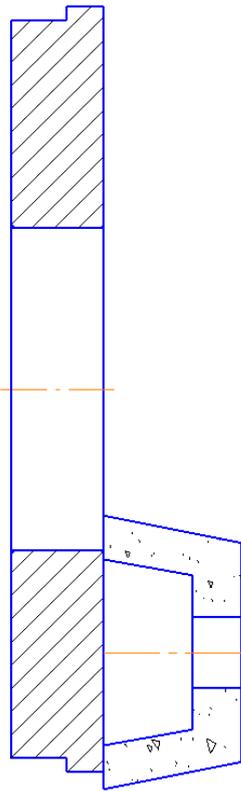
	$t_0 = \frac{L \cdot i}{S \cdot n}$ $L = l_0 + l_1 + l_2$ $l_1 + l_2 \approx 0.4d \approx 0.8$ $L = 16.7 + 0.8 = 17.5$ $t_0 = \frac{17.5}{0.08 \cdot 4200} = 0.052 \text{ мин}$
---	---

#### 5) Термическая операция

#### 6) Внутришлифовальная операция

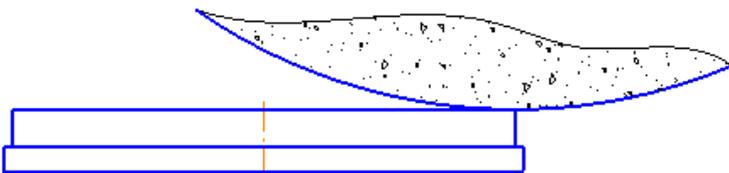
<p>1) Шлифование отверстия</p> 	<p>Для расчета основного время при окончательном внутреннем шлифовании используем справочник нормировщика, стр. 672, карта 39. Припуск на диаметр в мм равен 0,75, диаметр шлифуемой поверхности 59, класс точности 1, исходя из данной карты получаем что основное время равно 6,58 мин.</p>
--	---

2) Шлифование торца



Для расчета основного время при окончательном шлифовании торца используем справочник нормировщика, стр. 673, карта 40. Припуск в мм равен 0,39, диаметр шлифуемой поверхности 140, длина шлифуемой поверхности равно 40,5, исходя из данной карты получаем что основное время равно 2,25 мин.

7) Плоскошлифовальная операция



$$t_0 = \frac{L \cdot B \cdot h \cdot K}{1000 \cdot v \cdot s_{tx} \cdot z} = \frac{700 \cdot 280 \cdot 0.315 \cdot 1.4}{1000 \cdot 20 \cdot 0.055 \cdot 10}$$

$$= 7.858 \text{ мин}$$

L – длина обработки

B – ширина обработки

h – припуск на сторону в мм

v – скорость движения стола в м/мин

St<sub>x</sub> – подача на глубину шлифования в мм/ход

z – количество одновременно обрабатываемых деталей

8) Электроэрозионная операция

Периметр профиля кулачка равен 481,95 мм, при режимах резания I=2,5A U=95В, обрабатывается со скоростью примерно 5 мм/мин, следовательно, основное время обработки профильного кулачка будет равно примерно 96,39 мин.

### 2.6.2. Расчет вспомогательного время.

- 1) Заготовительная операция

$$t_{всп} = 0,15 \cdot t_o = 0,15 \cdot 4,73 = 0,71 \text{ мин}$$

- 2) Токарная операция (Установ А)

$$t_{всп} = 0,15 \cdot \sum t_o = 0,15 \cdot 1,07 = 0,16 \text{ мин}$$

- 3) Токарная операция (Установ Б)

$$t_{всп} = 0,15 \cdot \sum t_o = 0,15 \cdot 1,916 = 0,29 \text{ мин}$$

- 4) Сверлильная операция

$$t_{всп} = 0,15 \cdot t_o = 0,15 \cdot 0,052 = 0,0078 \text{ мин}$$

- 5) Термическая операция

- 6) Внутришлифовальная операция

$$t_{всп} = 0,15 \cdot \sum t_o = 0,15 \cdot 8,83 = 1,325 \text{ мин}$$

- 7) Плоскошлифовальная операция

$$t_{всп} = 0,15 \cdot t_o = 0,15 \cdot 7,85 = 1,177 \text{ мин}$$

- 8) Электроэрозионная операция

$$t_{всп} = 0,15 \cdot t_o = 0,15 \cdot 96,39 = 14,45 \text{ мин}$$

### 2.6.3. Расчет оперативного время.

- 1) Заготовительная операция

$$t_{он} = t_o + t_{всп} = 4,73 + 0,7 = 5,43 \text{ мин}$$

- 2) Токарная операция (Установ А)

$$t_{он} = \sum t_o + t_{всп} = 1,07 + 0,16 = 1,23 \text{ мин}$$

- 3) Токарная операция (Установ Б)

$$t_{он} = \sum t_o + t_{всп} = 1,916 + 0,29 = 2,20 \text{ мин}$$

- 4) Сверлильная операция

$$t_{он} = t_o + t_{всп} = 0,052 + 0,0078 = 0,0598 \text{ мин}$$

- 5) Термическая операция

6) Внутришлифовальная операция

$$t_{on} = t_o + t_{всп} = 8.83 + 1.325 = 10.15 \text{ мин}$$

7) Плоскошлифовальная операция

$$t_{on} = t_o + t_{всп} = 7.85 + 1.177 = 9.03 \text{ мин}$$

8) Электроэрозионная операция

$$t_{on} = t_o + t_{всп} = 96,39 + 14,45 = 110,84 \text{ мин}$$

#### 2.6.4. Расчет время на личные потребности.

1) Заготовительная операция

$$t_n = 0,025 \cdot t_{on} = 0,025 \cdot 5.43 = 0.14 \text{ мин}$$

2) Токарная операция (Установ А)

$$t_n = 0,025 \cdot t_{on} = 0,025 \cdot 1,23 = 0,03 \text{ мин}$$

3) Токарная операция (Установ Б)

$$t_n = 0,025 \cdot t_{on} = 0,025 \cdot 2,20 = 0,06 \text{ мин}$$

4) Сверлильная операция

$$t_n = 0,025 \cdot t_{on} = 0,025 \cdot 0.0598 = 0.001495 \text{ мин}$$

5) Термическая операция

6) Внутришлифовальная операция

$$t_n = 0,025 \cdot t_{on} = 0,025 \cdot 10.15 = 0.25 \text{ мин}$$

7) Плоскошлифовальная операция

$$t_n = 0,025 \cdot t_{on} = 0,025 \cdot 9.03 = 0.23 \text{ мин}$$

8) Электроэрозионная операция

$$t_n = 0,025 \cdot t_{on} = 0,025 \cdot 110,84 = 2,77 \text{ мин}$$

#### 2.6.5. Расчет время технического обслуживания рабочего места.

1) Заготовительная операция

$$t_{обс} = t_{мо} + t_{опе} = (0,06 \cdot t_{on}) + (0,08 \cdot t_{on}) = 0.76 \text{ мин}$$

2) Токарная операция (Установ А)

$$t_{обс} = t_{мо} + t_{опе} = (0,06 \cdot t_{он}) + (0,08 \cdot t_{он}) = 0,17 \text{ мин}$$

- 3) Токарная операция (Установ Б)

$$t_{обс} = t_{мо} + t_{опе} = (0,06 \cdot t_{он}) + (0,08 \cdot t_{он}) = 0,31 \text{ мин}$$

- 4) Сверлильная операция

$$t_{обс} = t_{мо} + t_{опе} = (0,06 \cdot t_{он}) + (0,08 \cdot t_{он}) = 0,01 \text{ мин}$$

- 5) Термическая операция

- 6) Внутришлифовальная операция

$$t_{обс} = t_{мо} + t_{опе} = (0,06 \cdot t_{он}) + (0,08 \cdot t_{он}) = 1,42 \text{ мин}$$

- 7) Плоскошлифовальная операция

$$t_{обс} = t_{мо} + t_{опе} = (0,06 \cdot t_{он}) + (0,08 \cdot t_{он}) = 1,26 \text{ мин}$$

- 8) Электроэрозионная операция

$$t_{обс} = t_{мо} + t_{опе} = (0,06 \cdot t_{он}) + (0,08 \cdot t_{он}) = 15,52 \text{ мин}$$

#### 2.6.6. Расчет штучного время.

- 1) Заготовительная операция

$$t_{ум} = \sum t_o + t_{всп} + t_{обс} + t_n = 4,73 + 0,71 + 0,14 + 0,76 = 6,34 \text{ мин}$$

- 2) Токарная операция (Установ А)

$$t_{ум} = \sum t_o + t_{всп} + t_{обс} + t_n = 1,07 + 0,16 + 0,03 + 0,17 = 1,43 \text{ мин}$$

- 3) Токарная операция (Установ Б)

$$t_{ум} = \sum t_o + t_{всп} + t_{обс} + t_n = 1,92 + 0,29 + 0,06 + 0,31 = 2,57 \text{ мин}$$

- 4) Сверлильная операция

$$t_{ум} = \sum t_o + t_{всп} + t_{обс} + t_n = 0,052 + 0,01 + 0,0015 + 0,01 = 0,0735 \text{ мин}$$

- 5) Термическая операция

- 6) Внутришлифовальная операция

$$t_{ум} = \sum t_o + t_{всп} + t_{обс} + t_n = 8,83 + 1,32 + 0,25 + 1,42 = 11,83 \text{ мин}$$

- 7) Плоскошлифовальная операция

$$t_{ум} = \sum t_o + t_{всп} + t_{обс} + t_n = 7,85 + 1,18 + 0,23 + 1,26 = 10,52 \text{ мин}$$

8) Электроэрозионная операция

$$t_{ум} = \sum t_o + t_{всп} + t_{обс} + t_n = 96,39 + 14,45 + 15,52 + 2,77 = 129,14 \text{ мин}$$

### 2.6.7. Расчет штучно-калькуляционного времяя.

1) Заготовительная операция

$$t_{шк} = t_{ш} + \frac{t_{нз}}{n} = 6,34 + 0,025 = 6,36 \text{ мин}$$

2) Токарная операция (Установ А)

$$t_{шк} = t_{ш} + \frac{t_{нз}}{n} = 1,43 + 0,025 = 1,46 \text{ мин}$$

3) Токарная операция (Установ Б)

$$t_{шк} = t_{ш} + \frac{t_{нз}}{n} = 2,57 + 0,025 = 2,59 \text{ мин}$$

4) Сверлильная операция

$$t_{шк} = t_{ш} + \frac{t_{нз}}{n} = 0,07 + 0,025 = 0,09 \text{ мин}$$

5) Термическая операция

6) Внутришлифовальная операция

$$t_{шк} = t_{ш} + \frac{t_{нз}}{n} = 11,83 + 0,025 = 11,85 \text{ мин}$$

7) Плоскошлифовальная операция

$$t_{шк} = t_{ш} + \frac{t_{нз}}{n} = 10,52 + 0,025 = 10,54 \text{ мин}$$

8) Электроэрозионная операция

$$t_{шк} = t_{ш} + \frac{t_{нз}}{n} = 129,14 + 0,025 = 129,16 \text{ мин}$$

## **3. Экономическая часть**

## Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.

Задание выдано студенту:

Группа	ФИО
8Л31	Шакирову Кириллу Викторовичу

Институт	Кибернетики	Кафедра	ТМСПР
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	Машиностроения

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

<p>1. Стоимость ресурсов для изготовления детали «Профильное колесо»</p>	<p>1. Стоимость основных материалов определить на основе данных прайс-листов организаций-продавцов материалов</p> <p>2. Часовые тарифные ставки по разрядам работ:</p> <p>1 разряд - 40 руб./час.                  2 разряд – 51 руб./час.                  3 разряд – 65 руб./час.                  4 разряд – 82.96 руб./час.                  5 разряд – 105,81 руб./час.                  6 разряд – 135 руб./час.</p> <p>Разряды работ определить исходя из ЕТКС, раздел «Механическая обработка металлов и других материалов»</p> <p>3. Тариф на электроэнергию – 5.8 руб/кВт.ч.</p>
<p>3. Нормы и нормативы расходования ресурсов</p>	<p>Для расчетов принять следующие пределы нормативов расходования ресурсов:</p> <p>-коэффициент транспортно-заготовительных расходов - 0.06</p> <p>-затраты на содержание рабочих занятых обслуживанием машин и оборудования, непосредственно не занятых изготовлением продукции - 40 % от полной зарплаты и отчислений от нее основных рабочих</p> <p>-затраты на материалы, расходуемых для обеспечения работы оборудования, принимается - 20% от величины амортизации</p> <p>-затраты на ремонт оборудования -100–120% от основной зарплаты основных рабочих.</p> <p>-общецеховые расходы - 50 – 80 %, от основной зарплаты основных рабочих</p> <p>-общехозяйственные расходы -50% от основной зарплаты основных рабочих.</p> <p>-расходы на реализацию - 1% от производственной себестоимости</p>
<p>4. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</p>	<p>Ставка отчислений на социальные нужды – 30% от ФОТ</p> <p>Ставка отчислений в фонд социального страхования от несчастных случаев на производстве – 0.7% от ФОТ</p> <p>Налог на добавленную стоимость – 18% от цены изделия.</p>

### Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Расчет себестоимости изготовления детали «Профильное колесо»	1.Провести расчет затрат на основные и вспомогательные материалы (за вычетом возвратных отходов) 2.Провести расчет затрат на основную и дополнительную заработную плату основных производственных рабочих, отчислений на социальные нужды. 3.Провести расчет величины расходов на содержание и эксплуатацию оборудования. 4. Провести расчет величины общецеховых, общехозяйственных, внепроизводственных расходов. 5.Провести расчет себестоимости.
2. Расчет цены детали «Профильное колесо» с НДС	Расчет произвести с использованием нормативного метода ценообразования. Норму рентабельности принять в пределах 5-20%

<b>Перечень графического материала</b> (с точным указанием обязательных чертежей):
1. Калькуляция себестоимости детали «Профильное колесо»

<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>	
---	--

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ст. преподаватель	Гаврикова Н.А.			

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Л31	Шакиров Кирилл Викторович		

### 3.1. Расчет затрат на материалы и сырье.

Статья включает стоимость основных материалов, входящих непосредственно в состав изготавливаемого изделия (детали), а также вспомогательных материалов, используемых на технологические цели. Стоимость материалов определяется по нормам их расхода и ценам приобретения с учетом наценок и надбавок на единицу материала в натуральном выражении. Транспортно-заготовительные расходы прибавляются к стоимости сырья, материалов, а также покупных изделий, полуфабрикатов и топлива.

Стоимость материала: на изготовления 1 шт. составит:

$$C_{\text{МО}} = N \cdot C = 2,9 \cdot 35 = 101,5 \text{ руб.}$$

Где,  $N$  – масса заготовки;  $C$  – цена одного кг материала.

([https://msk.metalloprokat.ru/price/price\\_4593129.html](https://msk.metalloprokat.ru/price/price_4593129.html))

Вспомогательные материалы на тех. цели: примем 15% от стоимости материала

$$C_{\text{МВ}} = C_{\text{МО}} \cdot 0,15 = 0,15 \cdot 101,5 = 15,26 \text{ руб.}$$

Транспортно-заготовительные расходы: примем 15% от стоимости материала

$$C_{\text{ТРЗ}} = 0,15 \cdot 101,5 = 15,26 \text{ руб.}$$

Полные затраты, включаемые в данную статью, равны сумме:

$$C_{\text{М}} = C_{\text{МО}} + C_{\text{МВ}} + C_{\text{ТРЗ}} = 101,5 + 15,26 + 15,26 = 131,95 \text{ руб.}$$

### 3.2. Расчет затрат на возвратные отходы.

Данная статья включает стоимость отходов по цене их реализации на сторону, данная величина исключается из производственной себестоимости продукции. Расчет выполняется по формуле

$$C_{\text{от}} = M_{\text{от}} \cdot C_{\text{от}} = (V_{\text{чр}} - V_{\text{чст}}) \cdot (1 - \beta) \cdot C_{\text{от}},$$

где  $M_{\text{от}}$  – количество отходов в физических единицах, получаемых при изготовлении единицы продукции;

$C_{\text{от}}$  – цена отходов, руб/т. (7733) – <http://bionover.ru/metal/tomsk/>;

$V_{\text{чр}}$  – масса заготовки, кг (2,9);

$V_{\text{чст}}$  – чистая масса детали, кг (1,2);

$\beta$  – доля безвозвратных потерь (принять 0,02).

$$C_{\text{от}} = (2,9 - 1,2) \cdot (1 - 0,02) \cdot 7,7 = 12,82 \text{ руб / шт.}$$

### 3.3. Расчет затрат на заработную плату производственных рабочих.

В данную статью включаются затраты на оплату труда рабочих, непосредственно связанных с изготовлением продукции. Оплата может осуществляться как по сдельным расценкам, так и по часовым тарифным ставкам. В статью включаются доплаты и выплаты за неблагоприятные условия труда и премии за производственные результаты, начисленные в соответствии с действующими на предприятии премиальными системами. Расчет следует произвести по формуле

$$C_{\text{озп}} = \sum_{i=1}^{K_0} \frac{t_i^{\text{шт.к}}}{60} \cdot \text{ЧТС}_i \cdot k_{\text{пр}},$$

где  $t_i^{\text{шт.к}}$  – штучное время выполнения  $i$ -й операции, мин;  $K_0$  – количество операций в процессе;  $\text{ЧТС}_i$  – часовая тарифная ставка на  $i$ -й операции;  $k_{\text{пр}}$  – коэффициент, учитывающий доплаты, выплаты и премии, предусмотренные законодательством о труде. Разряды рабочих приняты в соответствии с ЕТКС раздела: "Механическая обработка металлов и других материалов":

1-я операция: рабочий 2-го разряда,

2-я операция: рабочий 3-го разряда,

3-я операция: рабочий 3-го разряда,

4-я операция: рабочий 2-го разряда,

6-я операция: рабочий 4-го разряда.

7-я операция: рабочий 2-го разряда.

8-я операция: рабочий 6-го разряда.

Часовые тарифные ставки, используемые для расчета, представлены в

[<http://www.aup.ru/docs/etks/>]

$$C_{\text{озп1}} = \frac{t_i^{\text{шт.к}}}{60} \cdot \text{ЧТС}_i \cdot k_{\text{пр}} = \frac{6,34}{60} \cdot 51 \cdot 1,4 = 7,5 \text{ руб} / \text{шт.}$$

$$C_{\text{озп2}} = \frac{t_i^{\text{шт.к}}}{60} \cdot \text{ЧТС}_i \cdot k_{\text{пр}} = \frac{1,46}{60} \cdot 65,05 \cdot 1,4 = 2,2 \text{ руб} / \text{шт.}$$

$$C_{\text{озп3}} = \frac{t_i^{\text{шт.к}}}{60} \cdot \text{ЧТС}_i \cdot k_{\text{пр}} = \frac{2,59}{60} \cdot 65,05 \cdot 1,4 = 3,9 \text{ руб} / \text{шт.}$$

$$C_{\text{озп4}} = \frac{t_i^{\text{шт.к}}}{60} \cdot \text{ЧТС}_i \cdot k_{\text{пр}} = \frac{0,09}{60} \cdot 65,05 \cdot 1,4 = 0,1 \text{ руб} / \text{шт.}$$

$$C_{\text{озп6}} = \frac{t_i^{\text{шт.к}}}{60} \cdot \text{чтс}_i \cdot k_{\text{пр}} = \frac{11,85}{60} \cdot 82,96 \cdot 1,4 = 22,9 \text{ руб} / \text{шт.}$$

$$C_{\text{озп7}} = \frac{t_i^{\text{шт.к}}}{60} \cdot \text{чтс}_i \cdot k_{\text{пр}} = \frac{10,54}{60} \cdot 51 \cdot 1,4 = 12,5 \text{ руб} / \text{шт.}$$

$$C_{\text{озп8}} = \frac{t_i^{\text{шт.к}}}{60} \cdot \text{чтс}_i \cdot k_{\text{пр}} = \frac{129,16}{60} \cdot 135 \cdot 1,4 = 406,8 \text{ руб} / \text{шт.}$$

$$C_{\text{озп}} = \sum_{i=1}^{K_0} \frac{t_i^{\text{шт.к}}}{60} \cdot \text{чтс}_i \cdot k_{\text{пр}} = 455,9 \text{ руб} / \text{шт.}$$

### 3.4. Расчет затрат на дополнительную заработную плату производственных рабочих.

В данной статье учитываются предусмотренные законодательством о труде выплаты за непроработанное на производстве время: оплата очередных, дополнительных и учебных отпусков; оплата времени, связанного с прохождением медицинских осмотров и выполнением государственных обязанностей и т.п. Расчет дополнительной + основной зарплаты выполняется по формуле

$$C_{\text{дзп}} = C_{\text{озп}} \cdot k_{\text{д}} = 455,9 \cdot 0,1 = 45,59 \text{ руб.}$$

где  $C_{\text{озп}}$  – основная зарплата, ден. ед.;  $k_{\text{д}}$  – коэффициент, учитывающий дополнительную зарплату.

### 3.5. Расчет затрат на налоги, отчисления в бюджет и внебюджетные фонды.

Сюда включаются отчисления по установленным законодательством нормам в пенсионный фонд, в фонд социальной защиты населения, на обязательное медицинское страхование (все это вместе взятое – так называемый социальный налог), на другие социальные нужды. Затраты по данной статье выполняются по формуле

$$C_{\text{н}} = (C_{\text{озп}} + C_{\text{дзп}}) \cdot (C_{\text{с.н}} + C_{\text{стр}}) / 100,$$

где  $C_{\text{озп}}$  – основная зарплата производственных рабочих, ден. ед.;

$C_{\text{дзп}}$  – дополнительная зарплата производственных рабочих, ден. ед.;  $O_{\text{с.н.}}$  – ставка социального налога (принять 30 %);  $O_{\text{стр}}$  – ставка страховых взносов по прочим видам обязательного страхования (принять 0,7%);

$$C_{\text{н}} = \frac{(455,9 + 45,59) \cdot (30 + 0,7)}{100} = 185,6 \text{ руб.}$$

### 3.6. Расчет затрат на расходы по содержанию и эксплуатации машин и оборудования.

Эта статья является комплексной и включает следующие виды расходов:

- a. амортизация оборудования и ценного инструмента (оснастки), обозначение  $C_a$ ;
- b. эксплуатация оборудования (кроме расходов на ремонт);
- c. ремонт оборудования;
- d. внутризаводское перемещение грузов;
- e. погашение стоимости инструментов и приспособлений общего назначения;
- f. прочие расходы.

Элемент «а»

$$A_{\text{год}} = \sum_{i=1}^T \Phi_i \cdot H_{ai} + \sum_j^m \Phi_j \cdot H_{aj}$$

где  $\Phi_i$  – первоначальная (балансовая) стоимость единицы оборудования  $i$ -го типа,  $i = 1, \dots, T$ ;  $T$  – количество типов используемого оборудования;  $\Phi_j$  – то же для  $j$ -го типа оснастки  $j=1, \dots, m$ ;  $m$  – количество типов используемой оснастки;  $H_{обi}$  и  $H_{оснj}$  – соответствующие нормы амортизации.

Норма амортизации:

Ленточнопильный станок:  $H_a = \frac{1}{T_{\text{ти}}} = \frac{1}{3} = 0,33$ ;

Токарно-винторезный станок:  $H_a = \frac{1}{T_{\text{ти}}} = \frac{1}{7} = 0,14$ ;

Внутришлифовальный станок:  $H_a = \frac{1}{T_{\text{ти}}} = \frac{1}{7} = 0,14$ ;

Плоскошлифовальный станок:  $H_a = \frac{1}{T_{\text{ти}}} = \frac{1}{7} = 0,14$ ;

Электроэрозионный станок:  $H_a = \frac{1}{T_{\text{ти}}} = \frac{1}{7} = 0,14$ ;

Ленточнопильный станок:  $C = 117,600 \text{ руб.}$

$$A_{\text{год}} = 117600 \cdot 0,33 = 38808 \text{ руб.}$$

Токарно-винторезный станок:  $C = 1386000 \text{ руб.}$

$$A_{\text{год}} = 1386000 \cdot 0,14 = 194040 \text{ руб.}$$

Внутришлифовальный станок:  $C = 2230000$  тыс. руб.

$$A_{\text{год}} = 2230000 \cdot 0,14 = 312200 \text{ руб.}$$

Плоскошлифовальный станок:  $C = 1890000$  руб.

$$A_{\text{год}} = 1890000 \cdot 0,14 = 264600 \text{ руб.}$$

Электроэрозионный станок:  $C = 7114000$  руб.

$$A_{\text{год}} = 7114000 \cdot 0,14 = 995960 \text{ руб.}$$

$$A_{\text{год.общ}} = 38808 + 194040 + 312200 + 264600 + 995960 = 1805608 \text{ руб.}$$

Средняя загрузка используемого оборудования определяется с помощью величины:

$$l_{\text{кр}} = \frac{N_{\text{в}} \cdot \sum_{i=1}^P t_i^{\text{шт.к}}}{\sum_{i=1}^P F_i},$$

где  $N_{\text{в}}$  – годовой объем выпуска изделия (детали), шт.;  $P$  – количество операций в технологическом процессе;  $t_i^{\text{шт.к}}$  – штучно-калькуляционное время на  $i$ -й операции процесса,  $i = 1, \dots, P$ ;  $F_i$  – действительный годовой фонд времени работы оборудования, используемого на  $i$ -й операции с учетом принятого количества рабочих смен. 1805608

$$l_{\text{кр}} = \frac{1000 \cdot 162,07}{1973 \cdot 60 \cdot 6} = 0,23$$

$$l_{\text{кр}} \leq 0,6, \text{ то } C_a = \left( \frac{A_z}{N_{\text{в}}} \right) \cdot \left( \frac{l_{\text{кр}}}{\eta_{\text{з.н.}}} \right)$$

$$C_a = \left( \frac{A_z}{N_{\text{в}}} \right) \cdot \left( \frac{l_{\text{кр}}}{\eta_{\text{з.н.}}} \right) = \frac{1805608 \cdot 0,23}{1000 \cdot 0,8} = 332,2 \text{ руб.}$$

### Элемент «б»

Полные затраты на содержание (основная зарплата + дополнительная зарплата + все виды отчислений) рабочих занятых обслуживанием машин и оборудования (слесарей, наладчиков, электромонтеров и др. категорий), непосредственно не занятых изготовлением продукции; Принимается в размере 40 % от полной зарплате и отчислений от основных рабочих, занятых изготовлением данной продукции, т.е.

$$C_{\text{экс}} = (C_{\text{озп}} + C_{\text{дзп}} + C_{\text{н}}) \cdot 0,4 = (455,9 + 45,59 + 185,6) \cdot 0,4 = 274,8 \text{ руб.}$$

Стоимость материалов, расходуемых для обеспечения работы оборудования, принимается в размере 20% от величины амортизации, т.е.

$$C_{\text{мэкс}} = C_a \cdot 0,2 = 332,2 \cdot 0,2 = 66,44 \text{ руб.}$$

Затраты на электроэнергию по формуле:

$$C_{\text{эл.п}} = \Pi_9 \cdot K_{\text{п}} \cdot \sum_{i=1}^P W_i \cdot K_{\text{ми}} \cdot K_{\text{ви}} \cdot t_i^{\text{шт.к}}.$$

где  $\Pi_9$  – тариф на электроэнергию (5,8 руб.) / кВт.ч.;  $K_{\text{п}}$  – коэффициент, учитывающий потери мощности в сети (1,05);  $W_i$  – мощность электропривода оборудования, используемого на  $i$ -й операции;  $K_{\text{ми}}$  – коэффициент загрузки оборудования по мощности (при невозможности определения с помощью расчета принимается равным 0,6);

$K_{\text{ви}}$  – коэффициент загрузки электропривода оборудования по времени, применяется при невозможности непосредственно определить  $t_i^{\text{маш}}$  и принимается равным 0,6 от  $t_i^{\text{шт.к}}$ .

Мощность станков:

$$W_{\text{лен.пил}} = 0,75 \text{ кВт},$$

$$W_{\text{ток}} = 8,8 \text{ кВт},$$

$$W_{\text{сверл}} = 1,5 \text{ кВт}.$$

$$W_{\text{вн.шлиф}} = 11 \text{ кВт}.$$

$$W_{\text{пл.шлиф}} = 3 \text{ кВт}.$$

$$W_{\text{эроз}} = 13,5 \text{ кВт}.$$

$$C_{\text{эл.п}} = \Pi_9 \cdot K_{\text{п}} \cdot \sum_{i=1}^P W_i \cdot K_{\text{ми}} \cdot K_{\text{ви}} \cdot t_i^{\text{шт.к}} = 5,8 \cdot 1,05 \cdot 0,7 = 4,3 \text{ руб / шт.}$$

### Элемент «с»

Включает затраты на заработную плату и отчисления от нее в бюджет и внебюджетные фонды для рабочих, занятых ремонтом оборудования; затраты на материалы, потребляемые в процессе выполнения ремонтных работ; услуги ремонтных цехов предприятия и сторонних организаций. Они определяются укрупнено на основе норматива затрат – 100–120% от основной зарплаты основных производственных рабочих, т.е.

$$C_{\text{рем}} = C_{\text{озп}} \cdot (1,0 - 1,2) = 455,9 \cdot 1,2 = 547 \text{ руб.}$$

### Элемент «е»

В эту группу включаются все виды технологического оснащения универсального характера со сроком службы менее одного года, либо стоимостью менее 100 тыс. руб.

Расчет производится по формуле:

$$C_{\text{ион}} = \frac{(1 + k_{\text{тз}}) \cdot \sum_{i=1}^P \text{Ц}_{\text{и.и}} \cdot t_{\text{рез.и}} \cdot m_i}{T_{\text{ст.и.и}} \cdot n_i},$$

где  $\text{Ц}_{\text{и.и}}$  – цена инструмента, используемого на  $i$ -й операции,  $i = 1, \dots, P$ ;  $t_{\text{рез.и}}$  – время работы инструмента, применяемого на  $i$ -й операции, мин.;  $m_i$  – количество одновременно используемых инструментов;  $T_{\text{ст.и.и}}$  – период стойкости инструмента (время резания между переточками), мин;  $n_i$  – возможное количество переточек (правок) инструмента;  $k_{\text{тз}}$  – коэффициент транспортно-заготовительных расходов ( $k_{\text{тз}}=0,06$ ).

Оснащение со сроком эксплуатации более года и стоимостью менее 100 тыс. руб.

Наименование	Цена, руб.	Срок эксплуатации, лет	Затраты в год, руб.
Вертикально-сверлильный станок	96000	5	13440
Стол крестовинный	12000	5	1700
упор угловой с направляющей	10390	5	1500

Используемый инструмент:

Инструмент	Цена, руб.	Время работы, мин.	Стойкость, мин.	Количество переточек (граней у пластин)
Полотно по металлу	1764	5	-200	1
Сменная пластинка	204	1,69	25	4
Сверло центровочное	53,9	0,1	8	5
Сверло на 15	1067	0,2	45	10
Сверло на 35	5600	0,3	70	15
Сверло на 55	18000	0,5	90	20
Резец расточной	470	0,23	30	4
Сверло на 2	288	0,1	15	3
Абразивный круг 55	90	6,58	45	-
Чашечный абразивный круг	600	2,25	45	-
Абразивный круг	1200	7,86	45	-
Проволока для электроэрозионных станков	7600	96,39	-	-

$$C_{\text{ион}} = \frac{(1 + k_{\text{тз}}) \cdot \sum_{i=1}^P C_{\text{и.и}} \cdot t_{\text{рез.и}} \cdot m_i}{T_{\text{ст.и.и}} \cdot n_i} = 4,21 \text{ руб} / \text{шт.}$$

Оснащение со сроком эксплуатации более года и стоимостью менее 100 тыс. руб.

Исходя из срока эксплуатации вычислим затраты на одно изделие:

$$C_{\text{осн}} = \frac{C}{N} = \frac{16640}{1000} = 16,64 \text{ руб} / \text{шт.}$$

Где: С – цена оснащения, N – количество деталей в год.

### 3.7. Расчет затрат на общецеховые расходы.

Данная статья учитывает затраты на содержание руководителей и специалистов аппарата управления цехом; амортизацию и затраты на содержание и ремонт зданий, сооружений и инвентаря общецехового назначения и тд.

$$C_{\text{оп}} = C_{\text{озп}} \cdot k_{\text{оп}} = C_{\text{озп}} \cdot (0,5 - 0,8) = 455,9 \cdot 0,7 = 319,13 \text{ руб.}$$

### 3.8. Расчет затрат на общехозяйственные расходы.

На данную статью относятся затраты по общему управлению предприятием, не связанные непосредственно с процессом производства и включающие в себя затраты на содержание административно-управленческого персонала; амортизационные отчисления и расходы на содержание и ремонт основных средств управленческого и общехозяйственного назначения.

$$C_{\text{ох}} = C_{\text{озп}} \cdot k_{\text{ох}} = 455,9 \cdot 0,5 = 228 \text{ руб.}$$

### 3.9. Расходы на реализацию (внепроизводственные)

Статья включает затраты, связанные с реализацией изготовленной продукции: на хранение и упаковку на складах готовой продукции; на доставку продукции на станции и в порты отправления; на рекламу и сбытовую сеть. Данные расходы рекомендуется принять равными 1% от производственной себестоимости, т.е. от суммы затрат по всем предыдущим статьям.

$$C_{\text{вн}} = (C_{\text{см}} + C_{\text{озп}} + C_{\text{озн}} + C_{\text{н}} + C_{\text{а}} + C_{\text{экс}} + C_{\text{мэкс}} + C_{\text{эл.п.}} + C_{\text{рем}} + C_{\text{ион}} + C_{\text{осн}} + C_{\text{оп}} + C_{\text{ох}}) \cdot 0,01 = 25,98 \text{ руб.}$$

### 3.10. Расчет прибыли

Прибыль от реализации изделия в зависимости от конкретной ситуации 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.

$$C_{\text{пр}} = (C_{\text{см}} + C_{\text{озп}} + C_{\text{озн}} + C_{\text{н}} + C_{\text{а}} + C_{\text{экс}} + C_{\text{мэкс}} + C_{\text{эл.п.}} + C_{\text{рем}} + C_{\text{ион}} + C_{\text{осн}} + C_{\text{оп}} + C_{\text{ох}} + C_{\text{вн}}) \cdot 0,15 = 393,73 \text{ руб.}$$

### 3.11. Расчет НДС

НДС составляет 18% от суммы полной себестоимости изделия и прибыли.

$$C_{\text{НДС}} = (2625 + 394) \cdot 0,18 = 543 \text{ руб.}$$

### 3.11. Расчет цены изделия

$$C_{\text{изд}} = C_{\text{об}} + C_{\text{пр}} + C_{\text{НДС}} = 2625 + 394 + 543 = 3562 \text{ руб.}$$

# **4. Социальная ответственность и безопасность жизнедеятельности.**

## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
8ЛЗ1	Шакиров Кирилл Викторович

<b>Институт</b>	<b>Кибернетики</b>	<b>Кафедра</b>	<b>ТМСПР</b>
<b>Уровень образования</b>	бакалавр	<b>Направление/специальность</b>	Машиностроение

**Тема дипломной работы: «Проектирование электропривода на базе радиальной волновой передачи с промежуточными телами качения»».**

### Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

*Целью данной работы является создание модели технологического бюро и находящееся в нем оборудование (ПК)*

*Описание рабочего места на предмет возникновения:*

*вредных проявлений факторов производственной среды*

*(для обслуживающего персонала необходимо обеспечить оптимальные, в крайнем случае, допустимые значения метеоусловий на рабочем месте, исключить контакт с вредными, токсичными веществам., которые могут образовываться в процессе работы оборудования, обеспечить комфортную освещенность рабочего места, уменьшить до допустимых пределов шум от станков, вентиляции, обеспечить безопасные значения электромагнитных полей от ПК);*

*опасных проявлений факторов производственной среды*

*(в связи с присутствием электричества для питания ПК и освещенности лаборатории, наличии горючих (СО) материалов необходимо предусмотреть, если есть, то перечислить средства коллективной и индивидуальной защиты от электро-, пожаро- и взрывоопасности);*

*необходимо предусмотреть мероприятия по предотвращению негативного воздействия на окружающую природную среду используемых энергетических проявлений и образующихся отходов: электромагнитные поля от оборудования, парниковые и токсичные газы, «черновые» листы бумаги, отработанные картриджи, принтеры и др. оргтехника;*

*- необходимо обеспечить устойчивую работу вашего производственного участка при возникновении чрезвычайных ситуаций, характерных для Сибири – сильные морозы, пурга, человеческий фактор, диверсия (рассмотреть минимум 2 ЧС – 1 природную, 1 техногенную).*

### Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

*Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности:*

*а) приводится перечень всех используемых в работе вредных веществ, их агрегатное состояние, класс опасности (токсичности), механизм воздействия их на организм человека, единицы измерения количества (концентрации); приводится перечень средств коллективной и индивидуальной защиты персонала, а также защиты окружающей среды;*

*б) приводятся данные по оптимальным и допустимым значениям микроклимата на рабочем месте, перечисляются методы обеспечения этих значений; приводится 1 из расчетов (расчет освещенности на рабочем месте, расчет потребного воздухообмена на рабочем месте, расчет необходимого времени эвакуации рабочего персонала);*

*в) приводятся данные по реальным значениям шума на рабочем месте, разрабатываются или, если уже есть, перечисляются мероприятия по защите персонала от шума, при этом приводятся значения ПДУ, средства коллективной защиты, СИЗ;*

*г) приводятся данные по реальным значениям электромагнитных полей на рабочем месте, в том числе от компьютера или процессора, если они используются, перечисляются СКЗ и СИЗ;*

*приведение допустимых норм с необходимой размерностью (с ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ);*

*предлагаемые средства защиты*

*(сначала коллективной защиты, затем – индивидуальные защитные средства)*

*Анализ выявленных опасных факторов проектируемой произведённой среды в следующей последовательности*

*а) приводятся данные по значениям напряжения используемого оборудования, классификация помещения по*

<p>электробезопасности, допустимые безопасные для человека значения напряжения, тока и заземления (в т.ч. статическое электричество, молниезащита - источники, средства защиты); перечисляются СКЗ и СИЗ;</p> <p>б) приводится классификация пожароопасности помещений, указывается класс пожароопасности вашего помещения, перечисляются средства пожаробнаружения и принцип их работы, средства пожаротушения, принцип работы, назначение (какие пожары можно тушить, какие – нет), маркировка;</p> <p>пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия).</p>
<p><b>Охрана окружающей среды:</b></p> <p>организация безотходного производства (приводится перечень отходов при эксплуатации оборудования, перечисляются методы улавливания, переработки, хранения и утилизации образовавшихся на вашем производстве промышленных отходов).</p>
<p><b>Защита в чрезвычайных ситуациях:</b></p> <p>а) Приводятся возможные для Сибири ЧС; Возможные ЧС: морозы, диверсия разрабатываются превентивные меры по предупреждению ЧС; разработка мер по повышению устойчивости объекта к данной ЧС; разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий</p>
<p><b>Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</b></p> <p>специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства (приводится перечень ГОСТов, СНиПов и др. законодательных документов, использованных в своей работе);</p>
<p><b>Перечень графического материала:</b></p> <p>1) Пути эвакуации 2) План размещения светильников на потолке рабочего помещения</p>

<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>	
---	--

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата

#### 4.1. Описание рабочего места

В данном разделе рассмотрены вопросы, связанные с организацией рабочего места в соответствии с нормами производственной санитарии, техники производственной безопасности и охраны окружающей среды.

В данной работе рассмотрено технологическое бюро и находящееся в оборудовании (ПК).

Под проектированием рабочего места понимается целесообразное пространственное размещение в горизонтальной и вертикальной плоскостях функционально взаимосвязанных средств производства (оборудования, оснастки, предметов труда и др.), необходимых для осуществления трудового процесса.

При проектировании рабочих мест должны быть учтены освещенность, температура, влажность, давление, шум, наличие вредных веществ, электромагнитных полей и другие санитарно-гигиенические требования к организации рабочих мест.

При проектировании бюро необходимо уделить внимание и охране окружающей среды, а в частности, организации безотходного производства.

Также необходимо учитывать возможность чрезвычайных ситуаций. Так как лаборатория находится в городе Томске, наиболее типичной ЧС является мороз. Также, в связи с неспокойной ситуацией в мире, одной из возможных ЧС может быть диверсия.

#### **4.2. Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды**

В бюро, где находятся различные электроустановки, могут быть следующие вредные факторы: наличие - а) не комфортных метеоусловий; б) вредных веществ; в) производственного шума; г) недостаточной освещенности; д) электромагнитного излучения;

##### **4.2.1. Метеоусловия.**

Микроклимат в производственных условиях определяется следующими параметрами:

- 1) температура воздуха;
- 2) относительная влажность воздуха;
- 3) скорость движения воздуха.

При высокой температуре воздуха в помещении кровеносные сосуды кожи расширяются, происходит повышенный приток крови к поверхности тела, и выделение тепла в окружающую среду значительно увеличивается. При низкой температуре окружающего воздуха реакция человеческого организма иная: кровеносные сосуды кожи сужаются, приток крови к поверхности тела замедляется, и теплоотдача конвекцией и излучением уменьшается. Таким образом, для теплового самочувствия человека важно определенное сочетание температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха в рабочей зоне.

Повышенная влажность воздуха ( $\phi > 85\%$ ) затрудняет терморегуляцию организма, т.к. происходит снижения испарения пота, а пониженная влажность ( $\phi < 20\%$ ) вызывает пересыхание слизистых оболочек дыхательных путей.

Оптимальные и допустимые показатели температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха в рабочей зоне производственных помещений должны соответствовать значениям, приведенным в таблице 1 [ГОСТ 12.1.005-88].

Для обеспечения оптимальных и допустимых показателей микроклимата в холодный период года следует применять средства защиты рабочих мест от остекленных поверхностей оконных проемов, чтобы не было охлаждения. В теплый период года необходимо предусмотреть защиту от попадания прямых солнечных лучей.

Работы делятся на три категории тяжести на основе общих энергозатрат организма. Работа, относящаяся к инженерам – разработчикам, относится к категории легких работ. Допустимые значения микроклимата для этого случая даны в таблице.

Таблица 1 - Требования к микроклимату

Период года	Категория работы	Температура, °С	Относительная влажность, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	средняя	19 – 24	15 - 75	$\leq 0.1$
Теплый	средняя	20 - 28	15 - 75	$\leq 0.2$

Одними из основных мероприятий по оптимизации микроклимата и состава воздуха в производственных помещениях являются обеспечение надлежащего воздухообмена и отопления, тепловая изоляция нагретых поверхностей оборудования, воздухопроводов и гидротрубопроводов.

#### 4.2.2. Вредные вещества

Среди химических веществ, выделяющихся при работе оргтехники, наибольший вред приносят краски копиров и принтеров. Эти краски называются тонерами. Представляют они собой мелкодисперсную смесь, в состав которой входят композитные полимеры или уголь. Во время печати, копирования выделяются

всевозможные (нередко токсичные) органические вещества. Наиболее опасным веществом является озон.

Во время работы копировальной техники выделяется большое количество озона. Небольшое содержание этого газа в воздухе оказывает благоприятный эффект на организм человека. Только при работе копиров озона выделяется намного больше, чем после грозы.

В больших концентрациях озон очень опасен. Дело в том, что озон – сильный окислитель. Поступая в избыточном количестве в организм человека, этот газ ускоряет окислительные процессы, происходящие в клетках. Неправильное развитие клеток может стать толчком к возникновению новообразований. Длительное воздействие больших доз озона способствует преждевременному старению.

Согласно гигиеническим нормативам "Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны ГН 2.2.5.1313-03", утвержденным Главным государственным санитарным врачом Российской Федерации 27 апреля 2003 г, озон относится к 1-му классу опасности (1 класс - чрезвычайно опасные), величина ПДК = 0,1 мг/м<sup>3</sup>, а преимущественное агрегатное состояние в воздухе в условиях производства – пар и/или газ.

#### **4.2.3. Производственный шум**

Вентиляция производственных помещений предназначена для уменьшения запыленности, задымленности и очистки воздуха от вредных выделений производства, а также для сохранности оборудования. Она служит одним из главных средств оздоровления условий труда, повышения производительности и предотвращения опасности профессиональных заболеваний. Система вентиляции обеспечивает снижение содержания в воздухе помещения пыли, газов до концентрации не превышающей ПДК. Проветривание помещения проводят, открывая форточки. Проветривание помещений в холодный период года допускается не более однократного в час, при этом нужно следить, чтобы не было снижения температуры внутри помещения ниже допустимой. Воздухообмен в помещении можно значительно сократить, если улавливать вредные вещества в местах их выделения, не допуская их распространения по помещению. Для этого используют приточно-вытяжную вентиляцию. Кратность воздухообмена не ниже 3.

Предельно допустимый уровень (ПДУ) шума - это уровень фактора, который при ежедневной (кроме выходных дней) работе, но не более 40 часов в неделю в течение всего рабочего стажа, не должен вызывать заболеваний или отклонений в состоянии здоровья, обнаруживаемых современными методами исследований в процессе работы или в отдаленные сроки жизни настоящего и последующих поколений. Соблюдение ПДУ шума не исключает нарушения здоровья у сверхчувствительных лиц.

Допустимый уровень шума ограничен ГОСТ 12.1.003-83 и СанПиН 2.2.4/2.1.8.10-32-2002. Максимальный уровень звука постоянного шума на рабочих местах не должно превышать 80 дБА. В нашем случае этот параметр соответствовал значению 60 дБА.

При значениях выше допустимого уровня необходимо предусмотреть СКЗ и СИЗ.

#### СКЗ

- устранение причин шума или существенное его ослабление в источнике образования;
- изоляция источников шума от окружающей среды средствами звуко- и виброизоляции, звуко- и вибропоглощения. Использование отдельного помещения для компьютеров, серверной;
- применение средств, снижающих шум и вибрацию на пути их распространения. Использование специальных материалов, например, мягкие материалы для изоляции. Их основу составляет вата, стекловата, войлок либо джут.

Коэффициент поглощения – 70 %;

#### СИЗ

- применение спецодежды, спецобуви и защитных средств органов слуха: наушники, беруши, антифоны.

#### **4.2.4. Освещенность**

Согласно СНиП 23-05-95 в офисе должно быть не менее 300 Лк.

Правильно спроектированное и выполненное освещение обеспечивает высокий уровень работоспособности, оказывает положительное психологическое действие на человека и способствует повышению производительности труда.

На рабочей поверхности должны отсутствовать резкие тени, которые создают неравномерное распределение поверхностей с различной яркостью в поле зрения, искажает размеры и формы объектов различия, в результате повышается утомляемость и снижается производительность труда.

Для защиты от слепящей яркости видимого излучения применяют защитные очки, щитки, шлемы. Очки на должны ограничивать поле зрения, должны быть легкими, не раздражать кожу, хорошо прилегать к лицу и не покрываться влагой.

Расчёт общего равномерного искусственного освещения горизонтальной рабочей поверхности выполняется методом коэффициента светового потока, учитывающим световой поток, отражённый от потолка и стен. Длина помещения  $A = 7$  м, ширина  $B = 6$  м, высота = 3,5 м. Высота рабочей поверхности над полом  $h_p = 1,0$  м. Согласно СНиП 23-05-95 необходимо создать освещенность не ниже 300 лк, в соответствии с разрядом зрительной работы.

Площадь помещения:

$S = A \times B$ , где  $A$  – длина, м;  $B$  – ширина, м.

$$S = 7 \times 6 = 42 \text{ м}^2$$

Коэффициент отражения свежепобеленных стен с окнами, без штор  $\rho_c = 50\%$ , свежепобеленного потолка  $\rho_{\text{п}} = 70\%$ . Коэффициент запаса, учитывающий загрязнение светильника, для помещений с малым выделением пыли равен  $K_3 = 1,5$ . Коэффициент неравномерности для люминесцентных ламп  $Z = 1,1$ .

Выбираем лампу дневного света ЛХБ-40, световой поток которой равен  $\Phi_{\text{лд}} = 2700$  Лм.

Выбираем светильники с люминесцентными лампами типа ОД – 2-40.

Этот светильник имеет две лампы мощностью 40 Вт каждая, длина светильника равна 1230 мм, ширина – 266 мм.

Интегральным критерием оптимальности расположения светильников является величина  $\lambda$ , которая для люминесцентных светильников с защитной решёткой лежит в диапазоне 1,1–1,3. Принимаем  $\lambda = 1,1$ , расстояние светильников от перекрытия (свес)

$$h_c = 0,5 \text{ м.}$$

Высота светильника над рабочей поверхностью определяется по формуле:  $h = h_n - h_p$ , где  $h_n$  – высота светильника над полом, высота подвеса,

$h_p$  – высота рабочей поверхности над полом.

Наименьшая допустимая высота подвеса над полом для двухламповых светильников ОДОР:  $h_n = 3,5 \text{ м.}$

Высота светильника над рабочей поверхностью определяется по формуле:

$$h = H - h_p - h_c = 3,5 - 1 - 0,5 = 2,0 \text{ м.}$$

Расстояние между соседними светильниками или рядами определяется по формуле:

$$L = \lambda \cdot h = 1,1 \cdot 2 = 2,2 \text{ м}$$

Расстояние от крайних светильников или рядов до стены определяется по формуле:

$$l = \frac{L}{3} = \frac{2,2}{3} = 0,7 \text{ м}$$

Индекс помещения определяется по формуле:

$$i = \frac{A \cdot B}{h \cdot (A + B)} = \frac{7 \cdot 6}{2,0 \cdot (7 + 6)} = 1,6$$

Коэффициент использования светового потока, показывающий какая часть светового потока ламп попадает на рабочую поверхность, для светильников типа ОД с люминесцентными лампами при  $\rho_{\text{п}} = 70 \%$ ,  $\rho_{\text{с}} = 50\%$  и индексе помещения  $i = 1,6$  равен

$$\eta = 0,47.$$

Найдем количество ламп, которое нам требуется:

$$N = \frac{E \cdot A \cdot B \cdot K_3 \cdot Z}{\Phi_{\text{п}} \cdot \eta} = \frac{300 \cdot 7 \cdot 6 \cdot 1,5 \cdot 1,1}{2700 \cdot 0,47} = 16 \text{ ламп.}$$

Общее количество светильников  $n=8$ .

Световой поток определим по формуле:

$$\Phi_{\text{п}} = \frac{E \cdot A \cdot B \cdot K_3 \cdot Z}{N \cdot \eta} = \frac{300 \cdot 7 \cdot 6 \cdot 1,5 \cdot 1,1}{16 \cdot 0,47} = 2764,6 \text{ лм}$$

Делаем проверку выполнения условия:

$$-10\% \leq \frac{\Phi_{\text{лд}} - \Phi_{\text{п}}}{\Phi_{\text{лд}}} \cdot 100\% \leq 20\%;$$

$$\frac{\Phi_{ЛД} - \Phi_{П}}{\Phi_{ЛД}} \cdot 100\% = \frac{2700 - 2764,6}{2700} \cdot 100\% = 2,4\%.$$

Таким образом:  $-10\% \leq 2,4\% \leq 20\%$ , необходимый световой поток светильника не выходит за пределы требуемого диапазона.

Размещаем светильники в два ряда. На рисунке 1 изображен план помещения и размещения светильников с люминесцентными лампами.

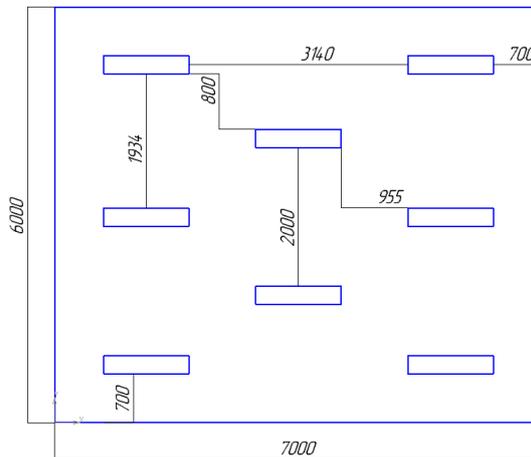


Рис. 4.1 План помещения и размещения светильников с люминесцентными лампами.

#### 4.2.5. Электромагнитные поля

В бюро используются электроприборы, которые создают электромагнитные поля.

Таким образом, при организации безопасности труда, необходимо учитывать воздействие электромагнитных полей на организм человека.

Основным источником неблагоприятных воздействий на организм является видео дисплейный терминал (ВДТ), который также называют дисплеем или монитором.

Для предотвращения неблагоприятного влияния на здоровье человека вредных факторов производственной среды и трудового процесса при работе с ПЭВМ необходимо руководствоваться Санитарно-эпидемиологическими правилами и нормами "Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы", разработанными в соответствии с Федеральным законом "О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения" и "Положением о государственном санитарно-эпидемиологическом нормировании".

Мощность экспозиционной дозы мягкого рентгеновского излучения в любой точке на расстоянии 0,05 м от экрана и корпуса ВДТ (на электронно-лучевой трубке) при

любых положениях регулировочных устройств не должна превышать 1 мкЗв/ч (100 мкР/ч).

Конструкция ПЭВМ должна обеспечивать возможность поворота корпуса в горизонтальной и вертикальной плоскости с фиксацией в заданном положении для обеспечения фронтального наблюдения экрана ВДТ. Дизайн ПЭВМ должен предусматривать окраску корпуса в спокойные мягкие тона с диффузным рассеиванием света. Корпус ПЭВМ, клавиатура и другие блоки и устройства ПЭВМ должны иметь матовую поверхность с коэффициентом отражения 0,4 - 0,6 и не иметь блестящих деталей, способных создавать блики.

Конструкция ВДТ должна предусматривать регулирование яркости и контрастности.

**Защита человека от опасного воздействия электромагнитного излучения осуществляется следующими способами:**

### **СКЗ**

- уменьшение излучения от источника;
- экранирование источника излучения и рабочего места;
- установление санитарно-защитной зоны;
- поглощение или уменьшение образования зарядов статического электричества;
- устранение зарядов статического электричества;
- применение средств индивидуальной защиты.

### **СИЗ**

Поглощение электромагнитных излучений осуществляется поглотительным материалом путем превращения энергии электромагнитного поля в тепловую. В качестве такого материала применяют каучук, поролон, пенополистирол, ферромагнитный порошок со связывающим диэлектриком, волосяные маты, пропитанные графитом.

Экранирование источника излучения и рабочего места осуществляется специальными экранами по ГОСТ 12.4.154-85 “ССБТ. Устройства, экранирующие для защиты от электрических полей промышленной частоты”.

Экраны из металлической сетки и металлических прутков в виде навесов, козырьков применяют для защиты от излучений промышленной частоты (рис. 8.1).

Они должны быть заземлены. Допустимая величина защитного сопротивления заземления экранирующих устройств не должна быть более 10 Ом.

### **4.3. Анализ выявленных опасных факторов проектируемой производственной среды**

#### **4.3.1. Факторы электрической природы**

Электробезопасность представляет собой систему организационных и технических мероприятий и средств, обеспечивающих защиту людей от вредного и опасного воздействия электрического тока, электрической дуги, электромагнитного поля и статистического электричества.

Электроустановки классифицируют по напряжению: с номинальным напряжением до 1000 В (помещения без повышенной опасности), до 1000 В с присутствием агрессивной среды (помещения с повышенной опасностью) и свыше 1000 В (помещения особо опасные).

В отношении опасности поражения людей электрическим током различают:

1. Помещения без повышенной опасности, в которых отсутствуют условия, создающие повышенную или особую опасность.
2. Помещения с повышенной опасностью, которые характеризуются наличием в них одного из следующих условий, создающих повышенную опасность: сырость, токопроводящая пыль, токопроводящие полы (металлические, земляные, железобетонные, кирпичные и т.п.), высокая температура, возможность одновременного прикосновения человека к имеющим соединение с землей металлоконструкциям, технологическим аппаратам, с одной стороны, и к металлическим корпусам электрооборудования - с другой.
3. Особо опасные помещения, которые характеризуются наличием оборудования свыше 1000 В и одного из следующих условий, создающих особую опасность: особой сырости, химически активной или органической среды, одновременно двух или более условий повышенной опасности. Территории размещения наружных электроустановок в отношении опасности поражения людей электрическим током приравниваются к особо опасным помещениям.

Бюро относится к помещению без повышенной опасности поражения электрическим током. В помещении применяются следующие меры защиты от поражения электрическим током: недоступность токоведущих частей для случайного прикосновения, все токоведущие части изолированы и ограждены. Недоступность токоведущих частей достигается путем их надежной изоляции, применения защитных ограждений (кожухов, крышек, сеток и т.д.), расположения токоведущих частей на недоступной высоте. Также необходимо заземлять и занулять электрические приборы.

Основными электрозащитными средствами в электроустановках напряжением до 1000 В являются диэлектрические перчатки, изолирующие штанги, изолирующие и электроизмерительные клещи, слесарно-монтажный инструмент с изолирующими рукоятками и указатели напряжения.

Дополнительные электрозащитные средства в электроустановках.

Дополнительными электрозащитными средствами являются диэлектрические галоши (боты), сапоги, диэлектрические резиновые коврики, дорожки и изолирующие подставки.

Диэлектрические боты, галоши и сапоги применяют для изоляции человека от основания, на котором он стоит. Боты применяют в электроустановках любого напряжения, а галоши и сапоги — только при напряжении до 1000 В.

Диэлектрические коврики и дорожки — это изолирующие основания. Их применяют в закрытых электроустановках любого напряжения.

Изолирующие подставки также изолируют человека от грунта или пола. В электроустановках напряжением до 1000 В изолирующие подставки выполняют без фарфоровых изоляторов, а выше 1000 В — обязательно на фарфоровых изоляторах.

Безопасные номиналы:  $U=12-36\text{В}$ ,  $I=0,1\text{ А}$ ,  $R_{\text{зз}}=4\text{ Ом}$ .

### 4.3.2. Факторы пожарной и взрывной природы

По взрывопожарной и пожарной опасности помещения подразделяются на категории А, Б, В1 - В4, Г и Д, а здания - на категории А, Б, В, Г и Д. По пожарной опасности наружные установки подразделяются на категории  $A_n$ ,  $B_n$ ,  $B_{n1}$ ,  $G_n$  и  $D_n$ .

Согласно НПБ 105-03 бюро относится к категории В - Горючие и трудно горючие жидкости, твердые горючие и трудно горючие вещества и материалы (в том числе пыли и волокна), вещества и материалы, способные при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или друг с другом только гореть, при условии, что помещения, в которых они имеются в наличии или обращаются, не относятся к категориям А или Б.

По степени огнестойкости данное помещение относится к 1-й степени огнестойкости по СНиП 2.01.02-85 (выполнено из кирпича, которое относится к трудно сгораемым материалам). Возникновение пожара при работе с электронной аппаратурой может быть по причинам как электрического, так и неэлектрического характера.

Причины возникновения пожара неэлектрического характера:

- а) халатное неосторожное обращение с огнем (оставленные без присмотра нагревательные приборы, использование открытого огня);
- б) утечка метана (при концентрации в воздухе от 4,4 % до 17 % метан взрывоопасен).

Причины возникновения пожара электрического характера: короткое замыкание, перегрузки по току, искрение и электрические дуги, статическое электричество и т. п.

Для устранения причин возникновения и локализации пожаров в помещении лаборатории должны проводиться следующие мероприятия:

- а) использование только исправного оборудования;
- б) проведение периодических инструктажей по пожарной безопасности;
- д) отключение электрооборудования, освещения и электропитания при предполагаемом отсутствии обслуживающего персонала или по окончании работ;
- е) курение в строго отведенном месте;
- ж) содержание путей и проходов для эвакуации людей в свободном состоянии.

Для локализации или ликвидации загорания на начальной стадии используются первичные средства пожаротушения. Первичные средства пожаротушения обычно применяют до прибытия пожарной команды.

Огнетушители водо-пенные (ОХВП-10) используют для тушения очагов пожара без наличия электроэнергии. Углекислотные (ОУ-2) и порошковые огнетушители предназначены для тушения электроустановок, находящихся под напряжением до 1000 В. Кроме того, порошковые применяют для тушения документов.

Для тушения токоведущих частей и электроустановок применяется переносной порошковый огнетушитель, например, ОП-5.

В общественных зданиях и сооружениях на каждом этаже должно размещаться не менее двух переносных огнетушителей. Огнетушители следует располагать на видных местах вблизи от выходов из помещений на высоте не более 1,35 м. Размещение первичных средств пожаротушения в коридорах, переходах не должно препятствовать безопасной эвакуации людей.

Здание должно соответствовать требованиям пожарной безопасности, а именно, наличие охранно-пожарной сигнализации, плана эвакуации, порошковых или углекислотных огнетушителей с поверенным клеймом, табличек с указанием направления к запасному (эвакуационному) выходу (рисунок 2).

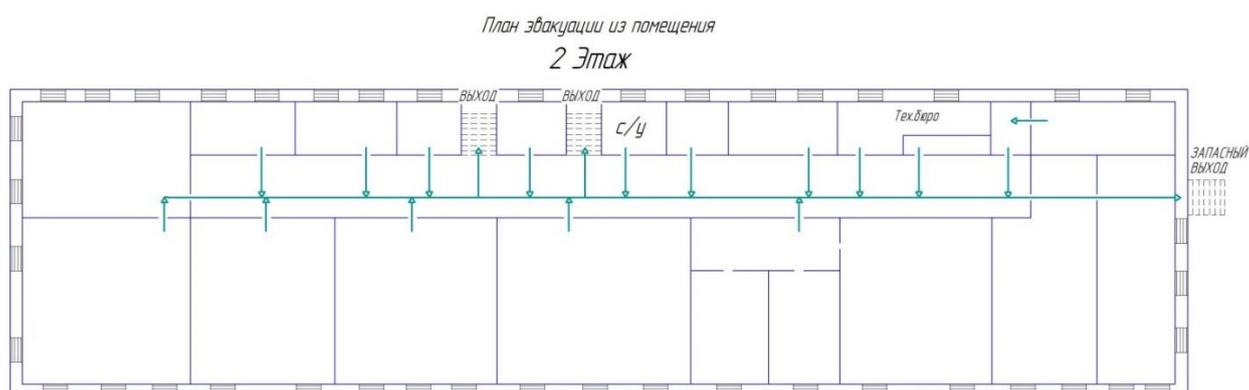


Рис 4.2. Пути эвакуации.

#### **4.4. Охрана окружающей среды**

Охрана окружающей среды - это комплексная проблема и наиболее активная форма её решения - это сокращение вредных выбросов промышленных предприятий через полный переход к безотходным или малоотходным технологиям производства.

Металлическую стружку необходимо спрессовывать и пересылать на Новокузнецкий Новокузнецкий металлургический комбинат. Для защиты от абразивной пыли устанавливается установка для очистки воздуха от абразивной пыли, после чего абразивная пыль идет на переработку. СОЖ после истечения эксплуатационных свойств фильтруют, смешивают с эмульсией в пропорциях, указанных на таре.

Так же необходимо позаботиться о отдельных контейнерах для отходов бытового характера: отдельные мусорные баки для бумаги, стекла, металлических частей, пластика. Все эти бытовые отходы необходимо расфасовывать только по бытовому характеру. В отдельные мусорные баки, которые установлены на специальной площадке около здания. Необходимо заключить договор с компанией, вывозящей мусор, чтобы она обеспечивала доставку разделенных отходов фирмам, занимающимся переработкой отходов.

#### **4.5. Защита в ЧС**

Производство находится в городе Томске с континентально-циклоническим климатом. Природные явления (землетрясения, наводнения, засухи, ураганы и т. д.), в данном городе отсутствуют.

Возможными ЧС на объекте в данном случае, могут быть сильные морозы и диверсия.

Для Сибири в зимнее время года характерны морозы. Достижение критически низких температур приведет к авариям систем теплоснабжения и жизнеобеспечения, приостановке работы, обморожениям и даже жертвам среди населения. В случае перемерозки труб должны быть предусмотрены запасные обогреватели. Обогреватели должны независимые от центрального отопления, то есть, например, на газу или электричестве их количества и мощности должно хватать для того, чтобы работа на производстве не прекратилась. В случаи обрыва линий электропередач должны быть предусмотрены электрогенераторы, которые и будем использовать для электрообогревателей и другого вида оборудования. Нужно иметь запасы воды для сотрудников и для технических нужд. Заключить договоры с транспортными компаниями, что переложит ответственность в случаи ЧС на них.

Чрезвычайные ситуации, возникающие в результате диверсий, возникают все чаще.

Зачастую такие угрозы оказываются ложными. Но случаются взрывы и в действительности.

Для предупреждения вероятности осуществления диверсии, предприятие необходимо оборудовать системой видеонаблюдения, круглосуточной охраной, пропускной системой, надежной системой связи. Также необходимо исключить распространения информации о системе охраны объекта, расположении помещений и оборудования в помещениях, Должностные лица должны раз в полгода проводить тренировки по отработке действий на случай экстренной эвакуации.

#### **4.6. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности**

1. ГОСТ 12.4.154-85 “ССБТ. Устройства, экранирующие для защиты от электрических полей промышленной частоты”
  2. ГН 2.2.5.1313-03 Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны
  3. СанПиН 2.2.4/2.1.8.055-96 "Электромагнитные излучения радиочастотного диапазона (ЭМИ РЧ)".
  4. СанПиН 2.2.4.548-96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.
  5. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03. Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий.
  6. СН 2.2.4/2.1.8.562-96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки.
  7. ГОСТ 12.4.123-83. Средства коллективной защиты от инфракрасных излучений. Общие технические требования.
  8. ГОСТ Р 12.1.019-2009. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты.
  9. ГОСТ 12.1.030-81. Электробезопасность. Защитное заземление. Зануление.
  10. ГОСТ 12.1.004-91. Пожарная безопасность. Общие требования.
- ГОСТ 12.2.037-78. Техника пожарная. Требования безопасности

11. СанПиН 2.1.6.1032-01. Гигиенические требования к качеству атмосферного воздуха
12. ГОСТ 30775-2001 Ресурсосбережение. Обращение с отходами. Классификация, идентификация и кодирование отходов.
13. СНиП 21-01-97. Противопожарные нормы.
14. ГОСТ 12.4.154. Система стандартов безопасности труда. Устройства, экранирующие для защиты от электрических полей промышленной частоты. Общие технические требования, основные параметры и размеры
15. СНиП 23-05-95 "Естественное и искусственное освещение"

## Список литературы

- [1] м. к. Сибирская, «Волновая передача,» Томск.
- [2] Б. С. Юдина Е.Я., Охрана труда в машиностроении, Машиностроение, 1983.
- [3] М. Р. Косилова А.Г., Ред., Справочник технолога машиностроителя, 4 ред., т. 2, 2003, р. 496.
- [4] В. Ю. Конотопский, Методические указания к выполнению раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» выпускной квалификационной работы для студентов, обучающихся по направлению подготовки бакалавров 15.03.01 «Машиностроение», Томск: ТПУ, 2015, р. 22.
- [5] В. И. Анурьев, Справочник конструктора машиностроителя, т. 1, Машиностроение, 2001, р. 920.
- [6] В. Ф. Скворцов, Основы размерного анализа технологических процессов изготовления деталей, т. 1, Томск: ТПУ, 2006, р. 100.
- [7] О. Б. Назаренко, Расчет искусственного освещения, Томск: ТПУ, 1991, р. 25.
- [8] В. Д. Мягков, М. А. Палей, А. Б. Романов и В. А. Брагинский, Допуски и посадки, т. 2, Машиностроение, 1983, р. 448.
- [9] А. Д. Гальцов, В. В. Вольский, Е. И. Стружестрах и Р. И. Хиски, Справочник нормировщика-машиностроителя, т. 2, Москва: Государственное научно-техническое издательство машиностроительной литературы, 1961, р. 893.
- [10] В. Г. Еремин и В. В. Сафронов, Обеспечение безопасности жизнедеятельности в машиностроении, Машиностроение, 2002.
- [11] А. Ф. Горбачевич и В. А. Шкед, Курсовое проектирование по технологии машиностроения, ООО ИД "Альянс", 2007, р. 256.
- [12] Р. Г. Гришин, Н. В. Лысенко и Н. В. Носов, Нормирование станочных работ. Определение вспомогательного времени при механической обработке заготовок, Самара, 2008, р. 143.