

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

Институт Кибернетики

Направление подготовки (специальность) 150305 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств»

Кафедра «Автоматизация и роботизация в машиностроении»

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Редуктор привода вращения рамки гиросtabilизатора УДК 621.83.06:629.76.05.8

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Н21	Зуев Александр Витальевич		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент каф. АРМ	Ермаков Д.В.			

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент каф. Менеджмент	Николаенко В.С.			

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент каф. ЭБЖ	Пустовойтова М.И.	к.х.н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Зав. кафедрой	Буханченко С.Е.	к.т.н.		

Томск – 2016г.

РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

по основной образовательной программе подготовки бакалавров

15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств»,

Код	Результат обучения
<i>У н и в е р с а л ь н ы е</i>	
P1	Демонстрировать уважительное и бережное отношение к историческому наследию, накопленным гуманистическим ценностям и культурным традициям Российской Федерации, а также понимать современные тенденции отечественной и зарубежной культуры
P2	Понимать и следовать законам демократического развития страны, осознавая свои права и обязанности, при этом умело используя правовые документы в своей деятельности, а также демонстрировать готовность и стремление к совершенствованию и развитию общества на принципах гуманизма, свободы и демократии
P3	Осознавать социальную значимость своей будущей профессии и стремиться к саморазвитию, повышению квалификации и мастерства, владея при этом средствами самостоятельного использования методов физического воспитания и укрепления здоровья для обеспечения полноценной социальной и профессиональной деятельности
P4	Обобщать, анализировать и систематизировать информацию, знать основные методы, способы и средства ее получения, хранения и переработки, демонстрируя при этом навыки работы с компьютером, традиционными носителями информации, распределенными базами знаний, в том числе размещенных в глобальных компьютерных сетях
P5	Владеть деловой, публичной и научной речью, как на русском, так и иностранном языках, демонстрируя при этом навыки создания и редактирования профессиональных текстов с учетом логики рассуждений и высказываний
P6	Находить организационно-управленческие решения в нестандартных ситуациях и быть готовым нести за них ответственность при работе в коллективе, взаимодействуя с его членами на основе принятых в обществе моральных и правовых норм, проявляя уважение к людям, толерантность к другой культуре
P7	Обладать необходимым комплексом знаний в области естественных, социальных, экономических, гуманитарных наук, использовать законы и методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования
<i>П р о ф е с с и о н а л ь н ы е</i>	
P8	Разрабатывать, осваивать на практике и совершенствовать средства технологического

	оснащения, технологии, системы и средства автоматизации машиностроительных производств при организации серийного и массового выпуска изделий различного назначения
P9	Уметь осуществлять выбор необходимых материалов, оборудования, технологической оснастки, инструмента, средств автоматизации, программного обеспечения, технологии для проектирования, изготовления и испытания машиностроительной продукции
P10	Владеть методами моделирования и проектирования производственных процессов, объектов и продукции машиностроительного производства с использованием современных информационных технологий и программного обеспечения мирового уровня
P11	Уметь разрабатывать и внедрять технологические процессы изготовления машиностроительной продукции, основываясь на основных закономерностях, действующих в процессе ее изготовления с использованием современных информационных технологий
P12	Умение проводить предварительное технико-экономическое обоснование проектных решений, выполнять организационно-плановые расчеты по созданию или реорганизации производственных участков, планировать работу персонала и фондов оплаты труда при изготовлении машиностроительной продукции
P13	Умение применять современные методы для разработки малоотходных, энергосберегающих и экологически чистых машиностроительных технологий, обеспечивающих безопасность жизнедеятельности людей и их защиту от возможных последствий аварий, катастроф и стихийных бедствий, умение применять способы рационального использования сырьевых, энергетических и других видов ресурсов
P14	Проводить испытания и диагностику состояния и динамики объектов машиностроительных производств, определять физико-механические свойства и технологические показатели материалов и готовых изделий с использованием методов, методик и средств программного анализа
P15	Уметь разрабатывать проектную и техническую документацию по установленным формам, являющейся неотъемлемой частью всех этапах жизненного цикла изделий, а также выполнять составление отчетов по результатам производственных испытаний и научных исследований
P16	Уметь осуществлять мероприятия по организации эффективного контроля качества материалов, технологических процессов, средств измерения и готовой машиностроительной продукции в соответствии с требованиями регламентирующей документации

Реферат:

Выпускная квалификационная работа содержит пояснительную записку, содержащую 118 страниц, включает 17 рисунков, 13 таблицы, 8 приложений и диск CD-R, в котором 19 файлов электронных моделей деталей редуктора, чертежи, презентация.

Ключевые слова: гиросtabilизатор, червячная передача, червячно-роликовая передача, червяк, червячное колесо.

Объектом проектирования является редуктор привода вращения рамки гиросtabilизатора.

Цель работы – разработка конструкции редуктора привода вращения рамки гиросtabilизатора.

В процессе выпускной квалификационной работы был разработан редуктор привода вращения рамки гиросtabilизатора. Выпускная квалификационная работа выполнена в текстовом редакторе Microsoft Word 2010. При создании электронных моделей использовался программный продукт «SolidWorks 2015». При создании схем использовался продукт компании «Аскон» «КОМПАС -3D V13».

Нормативные ссылки

В настоящей работе использованы ссылки на следующие стандарты:

1. ГОСТ 12.0.002-80 ССБТ Термины и определения.
2. ГОСТ 12.0.003-74 Система стандартов безопасности труда. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация.
3. ГОСТ 12.1.004-91 «Пожарная безопасность. Общие требования»
4. ГОСТ 12.1.010–76 «Взрывобезопасность»
5. ГОСТ 31109-82 Основные определения
6. ГОСТ 7505-74 Поковки стальные штампованные. Допуски, припуски и кузнечные напуски
7. ГОСТ 7062-90. Поковки из углеродистой и легированной стали, изготавливаемые ковкой на прессах. Припуски и допуски
8. ГОСТ 7829-70 Поковки из углеродистой и легированной стали, изготавливаемые ковкой на молотах. Припуски и допуски
9. ГОСТ 4010-77 Сверла спиральные с цилиндрическим хвостовиком. Короткая серия. Основные размеры
10. ГОСТ 3.1109-82 Единая система технологической документации (ЕСТД). Термины и определения основных понятий
11. ГОСТ 9178 Основные нормы взаимозаменяемости. Передачи зубчатые цилиндрические мелкомодульные. Допуски
12. ГОСТ 3.1109-82 Единая система технологической документации. Термины и определения основных понятий
13. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 "Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы"
14. СН 2.2.4/2.1.8.562–96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки. Санитарные нормы

15. СН 2.2.4/2.1.8.556–96. Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий

16. ГОСТ 19036-81 Передачи червячные цилиндрические.

Определения

В данной работе используются следующие термины с соответствующими определениями:

Обозначения и сокращения.

ВКР – выпускная квалификационная работа

СанПиН - санитарные правила и нормы;

ЭЛТ - монитор на основе электронно-лучевой трубки;

ЭВМ - электронно-вычислительная машина;

ПВЭМ - персональные компьютеры серии ЕС (единой системы) ;

ПДК - предельно допустимая концентрация;

ЧС - чрезвычайные ситуации;

ЧРП – червячно-роликовая передача

ЧПУ – числовое программное управление

Оглавление

Реферат:	1
Нормативные ссылки	2
Определения	3
Введение	6
1. Аналитический обзор механических передач.....	7
1.1 Планетарные передачи.	7
1.2 Червячные передачи	9
1.3 Волновые передачи	10
1.4 Фрикционные передачи.....	11
1.5 Эвольвентные передачи.....	13
1.6 Патентный обзор	15
2. Конструкторская часть	19
2.1 Проектировочный расчет зубчатых зацеплений.....	19
2.2 Расчет червячно-роликовой передачи.....	22
2.3 Методика прочностных расчетов для оригинальной червячно-роликовой передачи	25
2.4 Разработка кинематической схемы редуктора.....	30
2.5 Моделирование разработанной схемы редуктора	30
2.6 Анализ разработанной модели редуктора	31
2.6.1 Поверочный расчет параметров механической передачи на основе зубчатых передач.....	31
2.6.1.1 Расчет погрешности механической передачи	31
2.6.1.2 Расчет погрешности редуктора.....	32
2.6.1.3 Определение кинематической погрешности передачи приведенной к рамке подвеса.....	34
Выводы	35
3. Технологическая часть	36
Введение.....	36
3.1 Анализ технологичности конструкции детали	38
3.2 Выбор вида и способа получения заготовки	40

3.3 Составление технологического маршрута	41
3.4 Расчет припусков на обработку для размера $4,2 \pm 0,004$ мм	48
3.5 Выбор режущего инструмента и расчет режимов резания.....	53
3.6. Выбор оборудования.....	66
3.7 Нормирование технологических переходов, операций	67
3.8 Составление программы в G-кодах.....	70
3.9 Расчет усилия зажима приспособления	72
Выводы	73
4. Раздел «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение».....	74
Введение.....	74
4.1 Структура работ в рамках научного исследования	74
4.2 Определение трудоемкости выполнения работы	75
4.3 Разработка графика проведения научного исследования	78
Заключение	82
5. Раздел «Социальная ответственность»	83
Введение.....	83
5.1 Анализ выявленных вредных факторов производственной среды.....	84
5.2 Анализ выявленных опасных факторов производственной среды.....	88
5.3 Охрана окружающей среды	91
5.4 Защита в чрезвычайных ситуациях	92
5.5 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	93
Заключение	96
Список публикаций студента.....	97
Список использованной литературы.....	98

Введение.

В приводах вращения рамки подвеса гиростабилизаторов, применяемых в системах ориентации и стабилизации космических аппаратов, используются прецизионно-силовые редукторы, к которым предъявляются жесткие требования по обеспечению самоторможения, отсутствию люфта и обеспечению длительного ресурса работы. Существующие решения не соответствуют предъявляемым требованиям. Поэтому актуальность работы связана с созданием редуктора, который будет отвечать всем требованиям, которые предъявляются к изделиям такого типа.

Объектом исследования является привод вращения рамки подвеса гиростабилизатора, применяемый в системах ориентации и стабилизации космических аппаратов. Предметом исследования является редуктор привода вращения рамки гиростабилизатора.

Данная выпускная квалификационная работа отличается высокой практической значимостью. В ходе ее написания была разработана конструкция редуктора, которая удовлетворяет требованиям, предъявляемым к изделиям, используемым в приводах вращения рамки подвеса гиростабилизаторов: передаточное число редуктора не менее 1500; неограниченный угол поворота при возможности реверсного вращения; общая погрешность передачи не более 30 угл.мин. (люфтовая не более - 1,5 угл.мин.); наличие самоторможения; масса не более 0,5 кг.

Основной целью ВКР является разработка редуктора привода вращения рамки гиростабилизатора, удовлетворяющей требованиям, предъявляемым к редукторам, применяемым в системах ориентации и стабилизации космических аппаратов.

Для достижения основной цели необходимо решить следующие задачи ВКР:

- 1) Разработать техническое задание на проектирование редуктора привода вращения рамки гиросtabilизатора;
- 2) Провести аналитический обзор механических передач подходящих для применения в составе редуктора привода вращения рамки гиросtabilизатора;
- 3) Разработать общую схему редуктора;
- 4) Провести сравнительный анализ предложенного варианта редуктора;
- 5) Создать трехмерную модель в среде SolidWorks;
- 6) Провести анализ разработанной модели редуктора;
- 7) Разработать технологический процесс изготовления детали;
- 8) рассмотреть вопросы, связанные с производственной и экологической безопасностью;
- 9) рассчитать ресурсоэффективность и ресурсосбережение данного вида изделий.

1. Аналитический обзор механических передач

Перед проектированием редуктора, соответствующего требованиям, прописанным в техническом задании, необходимо провести аналитический обзор механических передач и определиться с типом передачи, которая будет использоваться в редукторе. Существуют основные виды механических передач: планетарные передачи; червячные передачи; волновые передачи; фрикционные передачи; эвольвентные передачи. У каждой из приведенных передач есть свои достоинства и недостатки, рассмотрим некоторые из них.

1.1 Планетарные передачи.

Планетарные передачи это передачи, имеющие зубчатые или фрикционные колеса с перемещающимися осями. Подвижные колеса, вращающиеся вокруг своих осей и одновременно перемещающиеся вместе с

осями, совершая плоское движение, носят название сателлиты (лат. satellitum – спутник). Эти колеса перемещаются по центральным колесам (солнечная шестерня), посредством внешнего зацепления, с корончатым колесом они имеют внутреннее зацепление. Оси сателлитов закреплены в водиле и вращаются вместе с ним вокруг центральной оси.

Наибольшее распространение получила зубчатая однорядная планетарная передача (рис.1). Она состоит из центрального колеса 1 с наружными зубьями, неподвижного (центрального) колеса 2 с внутренними зубьями и водила, на котором закреплены оси планетарных колес g (или сателлитов)[1]

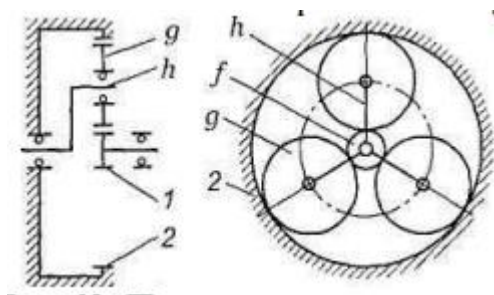


Рисунок 1. Планетарная передача: 1- колесо с наружными зубьями; 2 колесо с внутренними зубьями; g – планетарные колеса; h – водило; f – солнечная шестерня

Достоинства планетарных передач:

- 1) Большое передаточное число в одной ступени;
- 2) Малые габариты и масса. Это объясняется следующим: мощность передается по нескольким потокам, число которых равно числу сателлитов;
- 3) Повышенная нагрузочная способность, так как широко применяются зубчатые колёса с внутренним зацеплением (большой радиус кривизны);
- 4) Малая нагрузка на опоры, так как сателлиты расположены симметрично, и поэтому силы в передаче взаимно уравновешивают друг друга;

5) Планетарные передачи работают с меньшим шумом, что связано с повышенной плавностью внутреннего зацепления и меньшими размерами колёс.

Недостатки планетарных передач:

- 1) Повышенные требования к точности изготовления и монтажа;
- 2) Резкое снижение КПД передачи с увеличением передаточного числа (увеличение количества трущихся поверхностей).

1.2 Червячные передачи

Червячные передачи это передачи с зацеплением с непосредственным контактом витков червяка и зубьев червячного колеса (рис. 2). Червяк 1 – это винт с трапецеидальной или близкой к ней по форме резьбой. Червячное колесо является косозубым зубчатым колесо с зубьями особой дуговой формы. Такая форма зубьев обеспечивает увеличение их длины и прочности зубьев на изгиб.[2]

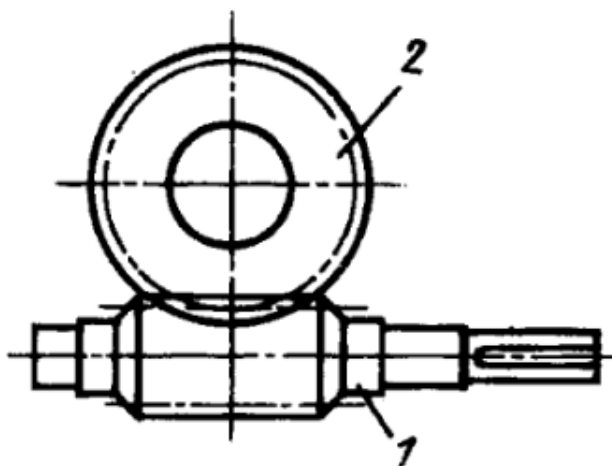


Рисунок 2. Червячная передача: 1 – червяк; 2 – червячное колесо

Червячные передачи используются, когда необходимо передать движение между перекрещивающимися (обычно, взаимно перпендикулярными) валами. Витки червяка плавно входят в зацепление с зубьями колеса и приводят его во вращение. Данный тип передач

используется в станках, автомобилях, подъемно-транспортных и других машинах.

Достоинство червячных передач:

- 1) Плавность и бесшумность работы.
- 2) Компактность и сравнительно небольшая масса конструкции.
- 3) Возможность большого редуцирования, т. е. получения больших передаточных чисел (в отдельных случаях в не силовых передачах до 1000).
- 4) Возможность получения самотормозящей передачи, т. е. допускающей передачу движения только от червяка к колесу. Самоторможение червячной передачи позволяет выполнить механизм без тормозного устройства, препятствующего обратному вращению колеса.
- 5) Высокая кинематическая точность

Недостатки червячных передач:

- 1) Сравнительно низкий к. п. д. вследствие скольжения витков червяка по зубьям колеса.
- 2) Значительное выделение теплоты в зоне зацепления червяка с колесом.
- 3) Необходимость применения для венцов червячных колес дефицитных антифрикционных материалов.
- 4) Повышенное изнашивание и склонность к заеданию.

1.3 Волновые передачи

Волновая передача – передача, основанная на принципе передачи вращательного движения посредством волновой деформации одного из зубчатых колес (рис.3)[3].

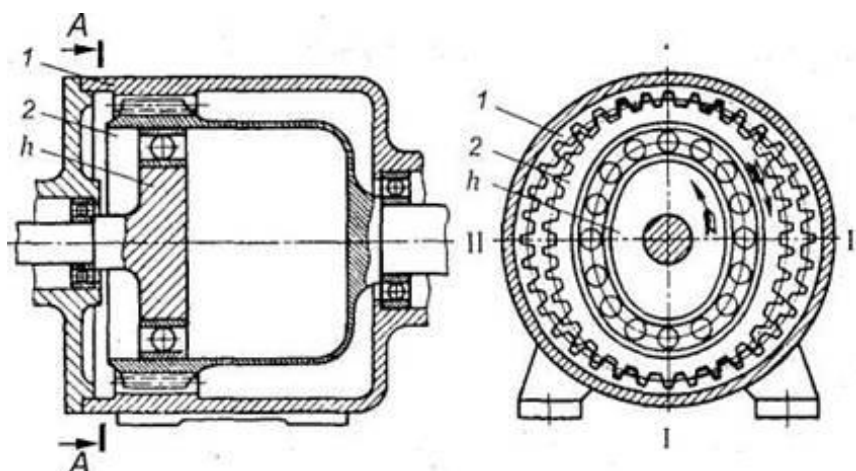


Рисунок 3. Волновая передача: 1 - жесткое колесо; 2 - гибкое колесо; h – водило (волновой генератор); I - ось по которой зубья зацепляются в полную высоту; II – ось по которой зубья не зацепляются

Достоинства волновых передач:

- 1) Малая масса и габарит;
- 2) Кинематическая точность;
- 3) Высокая демпфирующая способность;
- 4) Достигается большое передаточное отношение в одной ступени ($i=50...300$);
- 5) Существует возможность передачи движения в герметизированном пространстве без использования уплотнений.

Недостатки волновых передач:

- 1) Сложная конструкция;
- 2) При больших диаметрах колес существует ограничение скорости вращения ведущего вала генератора волн;
- 3) Повышенные потери мощности на деформацию и трение гибкого колеса.

1.4 Фрикционные передачи

Фрикционная передача - механическая передача, служащая для передачи вращательного движения (или для преобразования вращательного движения в поступательное) между валами с помощью сил трения,

возникающих между катками, цилиндрами или конусами, насаженными на валы и прижимаемыми один к другому[3].

Фрикционные передачи состоят из двух катков (рис.4): ведущего 1 и ведомого 2, которые прижимаются один к другому силой F_y (на рисунке — пружиной), так что сила трения F_f в месте контакта катков достаточна для передаваемой окружной силы F_t [3].

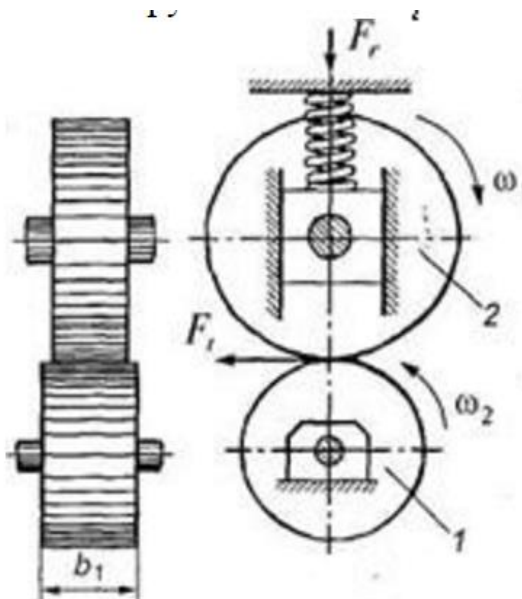


Рисунок 4. Фрикционная передача: 1 – ведущее колесо; 2 – ведомое колесо

Достоинства фрикционных передач:

- 1) простота конструкции и обслуживания;
- 2) плавность передачи движения и регулирования скорости и бесшумность работы;
- 3) большие кинематические возможности (преобразование вращательного движения в поступательное, бесступенчатое изменение скорости, возможность реверсирования на ходу, включение и выключение передачи на ходу без остановки);
- 4) за счет возможностей пробуксовки передача обладает предохранительными свойствами. Однако после пробуксовки передача, как правило, резко ухудшает свои качества - появляются лыски на катках, неравномерно срабатываются фрикционные поверхности и т.д. Поэтому

использовать пробуксовку как предохранительное средство не рекомендуется;

- 5) отсутствие мёртвого хода при реверсе передачи;
- 6) равномерность вращения, что удобно для приборов;
- 7) возможность бесступенчатого регулирования передаточного числа, причем на ходу, без остановки передачи.

Недостатки фрикционных передач:

- 1) непостоянство передаточного числа из-за проскальзывания;
- 2) незначительная передаваемая мощность (открытые передачи - до 10-20 кВт; закрытые - до 200-300 кВт);
- 3) для открытых передач сравнительно низкий КПД;
- 4) большое и неравномерное изнашивание катков при буксовании;
- 5) необходимость применения опор валов специальной конструкции с прижимными устройствами (это делает передачу громоздкой);
- 6) для силовых открытых передач незначительная окружная скорость (7 - 10 м/с);
- 7) большие нагрузки на валы и подшипники от прижимной силы , что увеличивает их размеры и делает передачу громоздкой. Этот недостаток ограничивает величину передаваемой мощности;
- 8) большие потери на трение.

1.5 Эвольвентные передачи

Это зубчатые передачи, в которых профили зубьев очерчены по эвольвенте окружности (рис.5). Данный тип передачи позволяет сохранять постоянным передаточное отношение. Для обеспечения постоянства необходимо, чтобы зубья зубчатых колёс были очерчены по кривой, у которой общая нормаль, проведённая через точку касания профилей зубьев, всегда проходит через одну и ту же точку на линии, соединяющей центры зубчатых колёс, называемую полюсом зацепления.

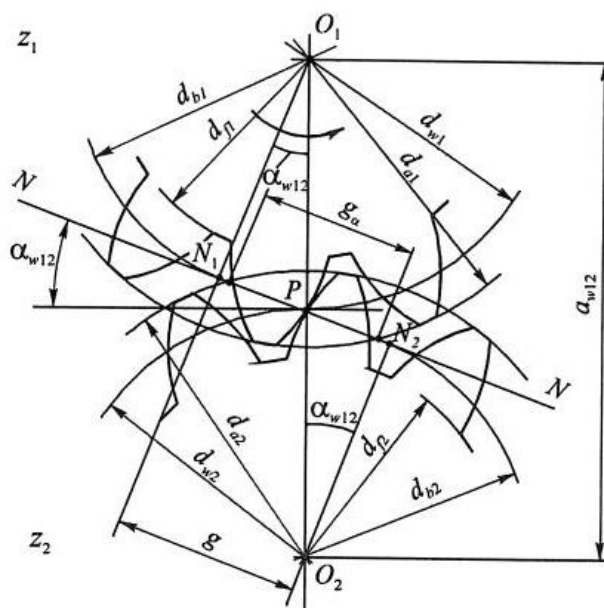


Рисунок 5. Эвольвентное зацепление

Достоинства эвольвентной передачи:

- 1) Эвольвентные колеса можно изготавливать методом обката, используя более дешевый инструмент.
- 2) Эвольвентное зацепление имеет меньшую чувствительность к изменению расстояний между центрами, так как образуется одной кривой (эвольвентой) по одному непрерывному закону на всей рабочей части зуба.
- 3) Возможность взаимозаменяемости элементов.
- 4) Общая нормаль к профилям зубьев не меняет своего положения при изменении точки контакта. Благодаря этому обеспечиваются минимальные динамические нагрузки по сравнению с другими видами зацеплений
- 5) при изготовлении колес путем простого смещения инструмента можно добиваться новых положительных свойств.

Недостатки эвольвентной передачи:

- 1) при внешнем зацеплении колес в контакте участвуют выпуклые профили, что увеличивает контактные напряжения и износ зубьев;

2) недостаточная несущая способность зубьев из-за малой кривизны рабочих; поверхностей, сравнительно высокие потери, связанные с наличием трения скольжения;

3) имеет ограничения по величине передаточного отношения для одной ступени.

Основываясь на сведениях, полученных после проведения обзора механических передач можно сделать вывод, что требуемые параметры можно получить, используя комбинированную передачу. Таким образом, редуктор привода вращения рамки гиросtabilизатора будет состоять из двух частей: эвольвентного зацепления и червячной передачи. Эвольвентное зацепление позволит снизить люфт, сделать его практически равным нулю, за счет включения в конструкцию люфтовыбирающих зубчатых колес. Червячная передача обеспечит самоторможение, которое возникает при отсутствии движения ведущего вала (червяка), ведомый вал тормозиться, и его нельзя провернуть, это обеспечивается за счет сил трения возникающих при приложении момента к ведомому колесу. Данный фактор начинает проявляться при передаточных числах от 35 и больше.

1.6 Патентный обзор

В приводах вращения рамки подвеса гиросtabilизаторов, применяемых в системах ориентации и стабилизации космических аппаратов, используются прецизионно-силовые редукторы, к которым предъявляются жесткие требования по обеспечению самоторможения, отсутствию люфта и обеспечению длительного ресурса работы. Создание самоторможения в редукторе можно достичь применением червячной передачи [4]. Но классическая червячная передача не может быть использована в связи с тем, что в соответствии с нормами стандарта [5] она имеет люфт и не обеспечивает требуемый ресурс работы из-за износа зубьев, поскольку в контактной зоне имеется трение скольжения. Для увеличения ресурса и исключения трения скольжения предлагаются конструктивные

модификации червячной передачи с трением качения в контактной зоне червяк – червячное колесо.

В ходе проведения аналитического обзора были рассмотрены следующие конструкторские решения червячной передачи:

1. Свидетельство на полезную модель № 21078

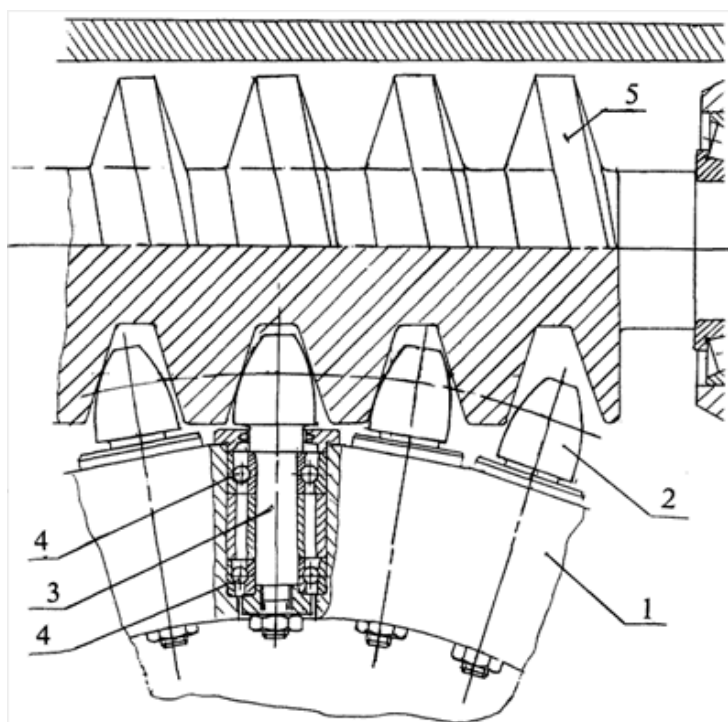


Рисунок 6. Червячная передача: 1 - корпус червячного колеса; 2 – ролики; 3 – ось ролика; 4 – подшипники.

Данная червячная передача, включающая червяк и червячное колесо, червячное колесо имеет зубья, выполненные в виде вращающихся роликов с эвольвентным профилем, с осью, которая посажена в шарикоподшипники, находящиеся в корпусе червячного колеса[6].

Недостатком такой передачи является наличие боковых зазоров между роликами червячного колеса и червяком, так как для вращения ролика необходимо, чтобы он имел силовое взаимодействие одной стороной с зубом червяка, а другой, диаметрально противоположной, не касался соседнего зуба, то есть имелся зазор между роликом и зубом, называемым боковым

зазором. Наличие зазора приводит к люфту червячной передачи, что недопустимо в прецизионных редукторных приводах.

2. Патент на полезную модель №85962

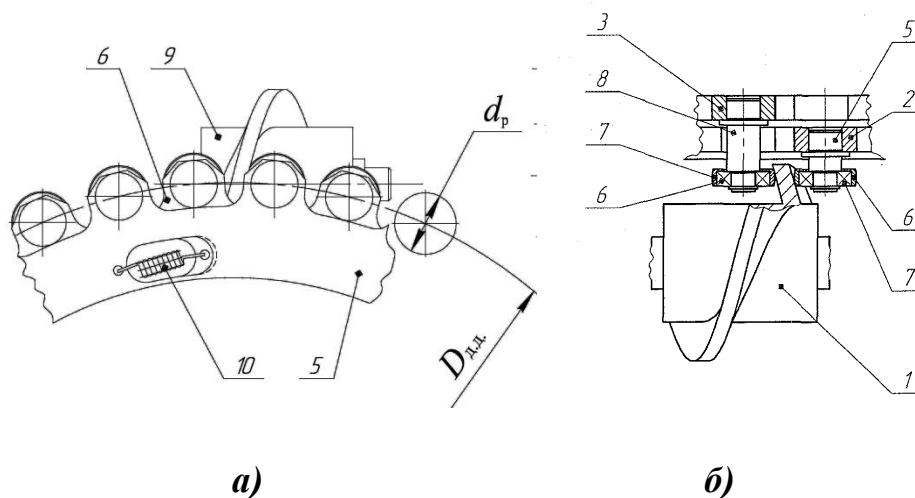


Рисунок 7. Червячно-роликовая передача: а) вид сбоку:

1,2)шарикоподшипник; 3,4) стойка; 7,8) ролик; б) вид сверху: 5) вспомогательный диск; б) основной диск; 9) червяк; 10) пружина. d_p – диаметр ролика, $D_{д.д.}$ – диаметр диска, на котором расположены ролики

Представленная червячная передача содержит линейчатые рабочие поверхности червяка – образующиеся винтовым движением прямой линии с постоянным шагом[4].

Данная червячная передача так же имеет определенные минусы. Она не выдерживает нагрузки, так как в ее конструкции предусмотрен только один подшипник. При работе данной передачи образуются зазоры в шарикоподшипниках в осевом направлении.

В результате рассмотрения существующих аналогов было установлено, что ближайшим техническим решением на проектирование редуктора привода вращения рамки гиросtabilизатора является полезная модель № 85962. После рассмотрения данной передачи была предложена новая схема червячно-роликовой передачи, которая учитывает ее недостатки

(рис.8). В конструкцию ролика добавляется второй подшипник, что позволяет устранить люфт в передаче посредством уменьшения зазоров в осевом направлении.

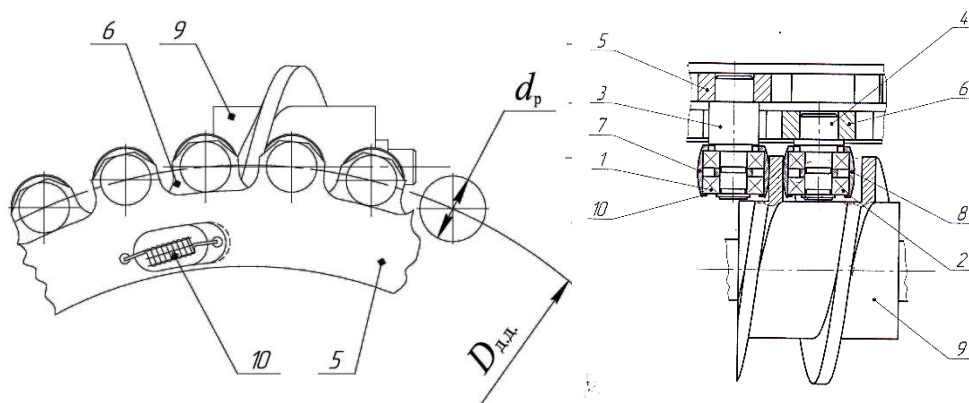


Рисунок 8. Червячно-роликовая передача: 1,2) 2 шарикоподшипник; 3,4) стойка; 5) вспомогательный диск; 6) основной диск; 7,8) ролик; 9) червяк; 10) пружина. d_p – диаметр ролика, $D_{д.д.}$ – диаметр диска, на котором расположены ролики

Таким образом, присутствие червячно-роликовой передачи в конструкции редуктора обеспечивает явление самоторможения. Для повышения точности редуктора в остальных ступенях редуктора будут использоваться цилиндрические зубчатые передачи. Выбор цилиндрических зубчатых передач обусловлен их распространённостью в точном приборостроении из-за их преимущества над другими передачами в точности, величинах момента трогания и простоты изготовления. Так же в их конструкции можно использовать люфтовывбирающие устройства, которые обеспечивают беззазорное зацепление, т.е. устраняют зазор (мертвый ход) в передаче.

2. Конструкторская часть

Перед началом моделирования необходимо определить основные параметры зубчатого зацепления и червячно-роликовой передачи, для этого необходимо провести проектировочные расчеты зубчатых зацеплений и червячной передачи.

2.1 Проектировочный расчет зубчатых зацеплений

Перед началом моделирования необходимо определить основные параметры зубчатого зацепления и червячно-роликовой передачи. С целью дальнейшего определения конструкции проектируемого редуктора произведем его разбивку по ступеням. Исходя из значения передаточного отношения, прописанного в техническом задании $i=1500$, подбираем количество ступеней и значения передаточных отношений в этих ступенях.

Количество ступеней принимаем равное пяти. Определяем количество зубьев у зубчатых колес и шестеренок и находим передаточное отношение в каждой ступени по формуле

$$i = \frac{z_i}{z_j} \quad (1)$$

где i_i - передаточное число в ступени; z_i - число зубьев зубчатого колеса; z_j - число зубьев шестерни.

$$i_1 = \frac{z_2}{z_1} = \frac{52}{20} = 2.6; \quad i_2 = \frac{z_4}{z_3} = \frac{60}{20} = 3; \quad i_3 = \frac{z_6}{z_5} = \frac{60}{20} = 3;$$

$$i_4 = \frac{z_8}{z_7} = \frac{75}{50} = 1.5; \quad i_5 = \frac{z_{10}}{z_9} = \frac{48}{40} = 1.2$$

Общее передаточное отношение в цилиндрической зубчатой передаче найдется как произведение передаточных отношений каждой ступени.

$$i_{1-5} = i_1 * i_2 * i_3 * i_4 * i_5 = 2,6 * 3 * 3 * 1,5 * 1,2 = 42,12 \quad (2)$$

Определив количество зубьев у каждого колеса и шестерни, рассчитываем параметры каждого из них, например такие из них как: делительный диаметр; диаметр впадин зубьев; диаметр вершин зубьев; определить конструктивные особенности для этого воспользуемся формулами расчета, приведенными в [7].

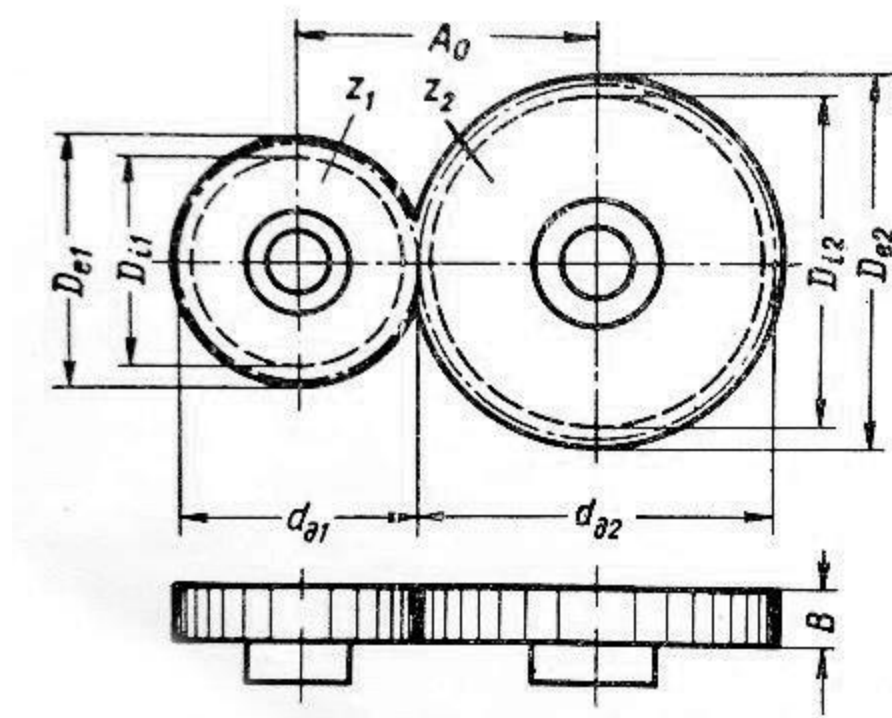


Рисунок 9. Цилиндрическая прямозубая передача

Определим параметры элементов зубчатого зацепления по формулам приведенным ниже.

$$d_d = mz_1 \quad (3)$$

где - d_d делительный диаметр окружности зубчатого колеса; m – модуль зацепления выбирается согласно ГОСТ 9563-60.

$$d_0 = d_d \cos \alpha_d \quad (4)$$

где - d_0 – диаметр основной окружности α_d – профильный угол исходного контура равный 20° ;

$$D_e = d_d + 2m \quad (5)$$

где D_e – диаметр окружности выступов;

$$D_i = d_d - 3m \quad (6)$$

где D_i – диаметр окружностей впадин, рассчитанный для колес с модулем $m \leq 0,5$ мм.

$$h = 2,5m \quad (7)$$

где h – высота зуба для колес с модулем $m \leq 0,5$ мм.

$$S_d = 0,5t = 0,5\pi m \quad (8)$$

где S_d – толщина зуба на делительной окружности, t – окружной шаг равный $t = \pi m$.

$$B = (3 - 15) m; \text{ обычно } B = (5 - 6) m \quad (9)$$

где B – ширина зубчатого венца.

$$A_0 = 0,5m(z_1 + z_2) \quad (10)$$

где A_0 – межосевое расстояние; z_1 – количество зубьев шестерни; z_2 – количество зубьев колеса.

Пример расчета зубчатой передачи при следующих параметрах: $i=3$; $m=0,4$; $z_1=20$; $z_2=60$.

По формуле 10 определим межосевое расстояние в передаче

$$A_0 = 0,5 * 0,4(20 + 60) = 16 \text{ мм}$$

Далее определяем делительные диаметры шестерни и колеса, для этого воспользуемся формулой 3.

$$d_{d1} = mz_1 = 0,4 * 20 = 8 \text{ мм.}; d_{d2} = mz_2 = 0,4 * 60 = 24 \text{ мм.}$$

Рассчитываем диаметры окружностей выступов и впадин зубьев по формулам 5,6.

Диаметры окружностей выступов:

$$D_{e1} = d_{d1} + 2m = 8 + 2 * 0,4 = 8,8 \text{ мм.}; \quad D_{e2} = d_{d2} + 2m = 24 + 2 * 0,4 = 24,8$$

Диаметры окружностей впадин:

$$D_{i1} = d_{d1} - 3m = 8 - 3 * 0,4 = 6,8 \text{ мм.}; \quad D_{i2} = d_{d2} - 3m = 24 - 3 * 0,4 = 22,8 \text{ мм.}$$

Высота зубьев определится по формуле 7 и будет равна:

$$h = 2,5m = 2,5 * 0,4 = 1 \text{ мм.}$$

Определяем толщину зубьев на делительном диаметре и ширину зубчатого венца по формулам 8 и 9 соответственно:

$$\text{Толщина зуба } S_d = 0,5t = 0,5\pi m = 0,5\pi * 0,4 = 0,628 \text{ мм.}$$

$$\text{Ширина зубчатого венца } B = (3 - 15) m = 8 * 0,4 = 3,2 \text{ мм.}$$

2.2 Расчет червячно-роликовой передачи

Число заходов червяка обычно принимают равным $z_1 = 1 \div 5$. Следует учитывать, что с повышением числа заходов точность червячной передачи снижается.

Требуемое передаточное число ЧРП выбирается исходя из кинематической разбивки по ступеням редуктора и оптимального габаритного размера при построении всего привода. Так как требуемое передаточное отношение всего редуктора $i = 1500$ передаточное отношение ЧРП определится по формуле:

$$i_{\text{чрп}} = \frac{i}{i_{1-5}} = \frac{1500}{42,12} = 35,6 \quad (11)$$

Полученное значение округляем до ближайшего целого, т.к. червяк однозаходный и количество роликов на дисках должно равняться передаточному отношению передачи. Число заходов червяка обычно принимают равным $z_1 = 1 \div 5$. Следует учитывать, что с повышением числа заходов точность червячной передачи снижается.

Передаточное число определяется из соотношения:

$$i = 2z/n, \quad (12)$$

где i – передаточное отношение; z – количество роликов на одном диске; n – число заходов червяка (число заходов червяка должно быть равно одному, это обеспечит работу люфтовывбирающего устройства).

Межосевое расстояние в передаче будет (рис. 10а):

$$a_w = \frac{D_{\text{д.д.}}}{2 + X}, \quad (13)$$

где X – коэффициент смещения.

В определении межосевого расстояния $X \rightarrow 0$, т. е. ось червяка и осевая линия расположения роликов на диске совпадают. Смещение осей приведет к рассогласованию входа и выхода спирали червяка с парой роликов и, как следствие, выхода роликов с рабочей зоны передачи. Диаметр ролика d_p определяется допустимой статической нагрузкой Q на шарикоподшипник, который входит в состав ролика. Усилие F , действующее на подшипник при передаче максимального крутящего момента M_{max} , будет равно

$$F = 2 M_{\text{max}} / D_{\text{д.д.}} \quad (14)$$

Выбор подшипника (при его наружном диаметре $D_{\text{п}}$) определяется из соотношения $F < Q$. Диаметр ролика принимаем $d_p = (1,1 \dots 1,25) D_{\text{п}}$. Тогда количество роликов, размещающихся на диаметре $D_{\text{д.д.}}$, находится по формуле:

$$z = \frac{\pi D_{\text{д.д.}}}{d_p + t_{\text{чер}}}, \quad (15)$$

где $t_{\text{чер}}$ – осевой шаг спирали.

Осевой шаг червяка складывается из соотношения толщины спирали $T_{\text{сп}}$ и расстояние между витками спирали $l_{\text{реб}}$ по оси червяка. Толщина спирали червяка между точками касания роликов найдем из треугольника abc (рис. 10а)

$$ac = bc / \cos \lambda, \quad (16)$$

где $bc = T_{\text{сп}}$; ac – толщина спирали по оси червяка, λ – угол наклона витка.

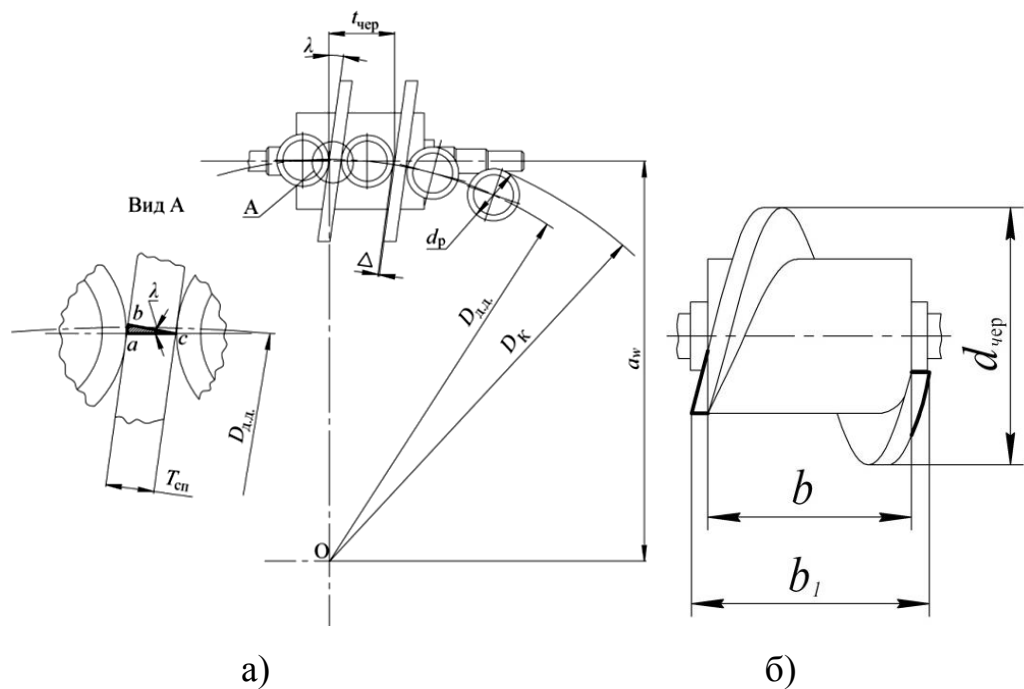


Рисунок 10. а) Геометрия зацепления в передаче; б) Длина нарезанной части спирали

Осевой шаг червяка определяем как

$$t_{\text{чер}} = ac + l_{\text{реб}}. \quad (17)$$

Расстояние по оси червяка между витками спирали можно записать как

$$l_{\text{реб}} = \frac{\pi D_{\text{д.л.}}}{2z} + \Delta = D_{\text{д.л.}} \sin(\alpha / 2) + \Delta, \quad (18)$$

где Δ – осевой зазор между вспомогательным роликом и витком спирали; α – угол между осями роликов.

После выбора шага спирали диаметр, на котором расположены ролики, будет равен:

$$D_{д.д.} = \frac{t_{чер} i}{\pi}, \quad (19)$$

Минимальную длину нарезанной части спирали b_1 (расстояние между торцами витков спирали вдоль оси червячного вала) находим как сумму $b + 0,5t_{чер}$ (рис. 2б), где

$$b = 2 \sqrt{\left(\frac{D_K}{2}\right)^2 - \left(\alpha_w - \frac{d_{чер}}{2}\right)^2}, \quad (9); \quad b_1 = \sqrt{D_K^2 - (2a_w - d_{чер})^2} + 0,5t_{чер}, \quad (20)$$

Для быстроходных передач для исключения дисбаланса отношение $b_1/t_{чер}$ должно быть целым.

Наибольший диаметр колеса с роликами определится по формуле:

$$D_k = D_{д.д.} + \frac{d_p}{2}. \quad (21)$$

2.3 Методика прочностных расчетов для оригинальной червячно-роликовой передачи

Ниже приведена методика прочностных расчетов для оригинальной червячной передачи, используемой в разработанном редукторе привода вращения рамки гиросtabilизатора

Для прочностных расчетов червячного колеса, валов и опор червячной передачи необходимо знать силы, действующие в зацеплении [2]. Силы в зацеплении находят из условия статического равновесия червяка и червячного колеса (рис. 6).

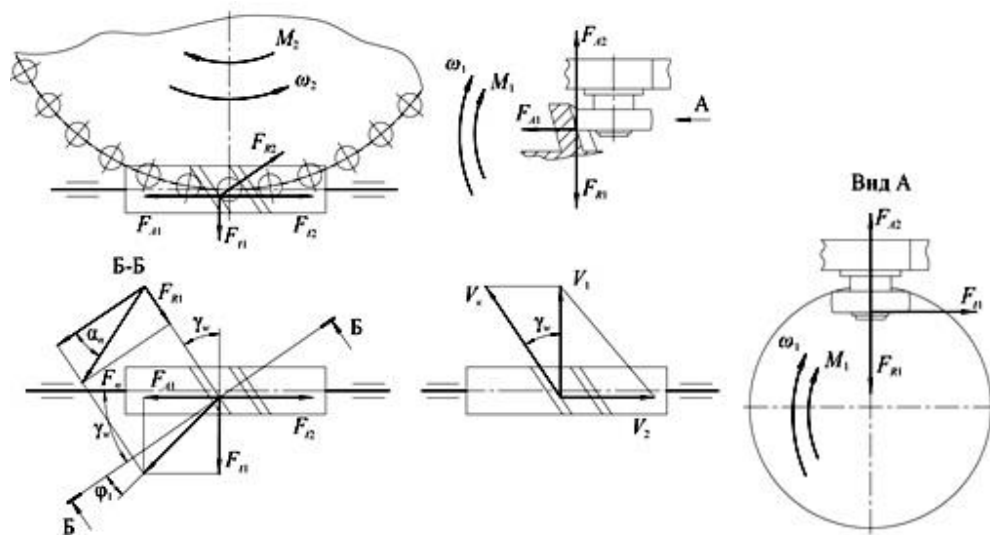


Рисунок 11. Схема определения сил в передаче

В пределах зоны контакта между роликом и боковой поверхностью спирали червяка действуют радиальные силы F_{R2} . Возникают нормальные реакции N_p и при вращении ролика силы трения $F_{тр}$.

Силы $F_{тр}$, действующие на радиусе $d_p/2$, создают момент сил трения на ролике

$$F_{t2} = \sum F_{тр}. \quad (22)$$

Полагая, что для сил $F_{тр}$ и N_p выполняется условие $F_{тр} = f_1 N_p$ и коэффициент трения качения f_1 одинаков по всей линейной поверхности контакта, суммарный момент трения можно представить как:

$$F_{t2} = \frac{d_p}{2} \sum F_{тр} = \frac{d_p}{2} f_1 \sum N_p. \quad (23)$$

Арифметическую сумму $\sum N_p$, выразим как нормальную силу F_n действующую в сечении А–А, через проекцию осевой силы F_{A1} по формуле

$$F_n = F_{A1} \frac{\cos \varphi_1}{\cos(\gamma_w + \varphi_1) \cos \alpha_n}. \quad (24)$$

При условии, что осевая сила на червяке $F_{A1} \approx F_{t2}$, из треугольника сил следует, что момент сил трения на спирали червяка равен

$$F_{t1} = F_{t2} \operatorname{tg}(\gamma_w + \varphi_1), \quad (15)$$

где γ_w – начальный угол подъема витка червяка; φ_1 – приведенный угол трения; $\varphi_1 = \arctg f_1$.

Учитывая, что $F_{A1} \approx F_{t2}$ и

$$\frac{\cos(\gamma_w + \varphi_1)}{\cos \varphi_1} = \frac{\cos \gamma_w \cos \varphi_1 - \sin \gamma_w \sin \varphi_1}{\cos \varphi_1} = \cos \gamma_w - \sin \gamma_w \operatorname{tg} \varphi_1 \approx \cos \gamma_w, \quad (25)$$

(в связи с малым значением произведения $\sin \gamma_w \operatorname{tg} \varphi_1$ по сравнению с $\cos \gamma_w$), получим

$$F_n = \frac{F_{t2}}{\cos \gamma_w \cos a_n}, \quad (26)$$

где момент сил трения на ролике

$$F_{t2} = \frac{d_p}{2} f_1 F_{R2}. \quad (27)$$

Принимая во внимание, что $F_{R1} = F_{R2} = F_n \sin a_n$, получим

$$F_n = \frac{d_p f_1 F_{R2}}{2 \cos \gamma_w \cos a_n}. \quad (28)$$

На равномерность вращения ролика влияет шероховатость и волнистость поверхностей, неточность изготовления деталей шарикоподшипника. А также изменение формы деталей под действием приложенных нагрузок рабочие поверхности контактируют не по всей площади, а по отдельным малым площадкам.

Радиальная сила F_{R2} , приложенная к ролику от спирали червяка, распределяется между телами качения в шарикоподшипнике, воспринимающим нагрузку, так, что каждый из нагруженных элементов будет воспринимать усилие F_k (рис. 12). При вращательном движении тела качения перекатываются, и в точках A и B возникают потери на трение качения. Момент трения качения в этих точках определяется по условию:

$$M_{\text{тр.к.А}} = M_{\text{тр.к.В}} = k F_k. \quad (29)$$

Мощность, потерянная в местах перекатывания при контакте в точке B , определяется по формуле:

$$N_{\text{тр.к.В}} = F_k k \omega_3, \quad (30)$$

и при контакте в точке A , при относительной скорости вращения $(\omega_1 + \omega_3)$:

$$N_{\text{тр.к.А}} = F_k k (\omega_1 + \omega_3). \quad (31)$$

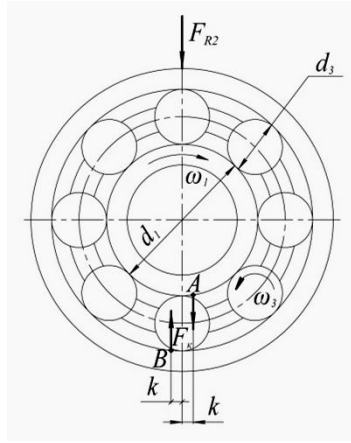


Рисунок 12. Нагрузка в шарикоподшипнике ролика

Условие равномерного движения будет иметь вид:

$$\Sigma N_{тр.} = \Sigma F_k k (2\omega_3 + \omega_1), \quad (32)$$

Следовательно

$$\Sigma F_k k (2\omega_3 + \omega_1) = M_d \omega_1. \quad (33)$$

Учитывая зазор между телами качения β и угловую скорость в кинематической паре получаем

$$\Sigma F_k = \beta F_{R2}, \quad (34)$$

В связи с тем, что

$$\omega_1 \frac{d_1}{2} = \omega_3 d_3, \text{ и } \omega_3 = \omega_1 \frac{d_1}{2d_3}, \quad (35)$$

и учитывая

$$\beta F_{R2} k \omega_1 \left(1 + \frac{d_1}{d_3} \right) = M_d \omega_1, \quad (36)$$

получим момент движения равным

$$M_d = F_{R2} \beta k \left(1 + \frac{d_1}{d_3} \right). \quad (37)$$

Показателем степени совершенства механизмов служит КПД η , выражающий отношение работы сил полезного сопротивления к работе движущих сил за время установившегося движения.

При установившемся движении не вся затраченная работа используется для выполнения полезной работы, часть ее расходуется на преодоление сопротивления движению.

Так как силы трения в кинематических парах являются силами сопротивления, то КПД передачи можно оценить, зная потери в кинематических парах.

Во вращательной паре движущий момент M_d , вращающий червяк с постоянной угловой скоростью, поворачивая диск с роликами на угол α , совершает работу

$$A_p = M_d \alpha, \quad (38)$$

работа вредных сопротивлений в этом же перемещении будет

$$A_{в.п.} = F_{тр} = M_d \alpha, \quad (39)$$

а коэффициент потерь

$$\psi = \frac{F_{тр}}{A_p} = \frac{M_{тр}}{M_d}. \quad (40)$$

В случае неравномерного движения передачи определяются мгновенные потери по мгновенным значениям движущей силы и силы трения.

Для идеального случая, когда потери на трение отсутствуют или очень малы, КПД равен единице, и работа движущих сил равна работе сил полезного сопротивления. Для винтовой пары при отсутствии потерь движущий момент M_d определим по формуле

$$M_d = F_{A1} \frac{d_{чep}}{2} \operatorname{tg}(\gamma_w + \varphi_1), \quad (41)$$

при $\psi=0$ движущий момент будет

$$M_d = F_{A1} \frac{d_{чep}}{2} \operatorname{tg} \gamma_w \quad (42)$$

и КПД при движении осевой силы определится по формуле

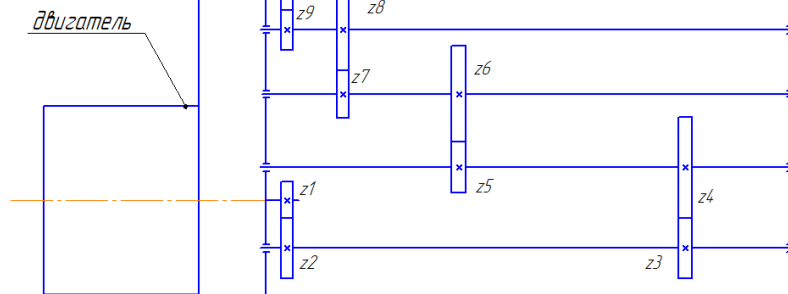
$$\eta = \frac{\operatorname{tg} \gamma_w}{\operatorname{tg}(\gamma_w + \varphi_1)}, \quad (43)$$

при движении в направлении, противоположной осевой силе

$$\eta = \frac{\operatorname{tg}(\gamma_w - \varphi_1)}{\operatorname{tg} \gamma_w}. \quad (44)$$

Определившись с количеством ступеней, передаточны

Technical drawing of a mechanical part. The drawing shows a side view of a housing (корпус) and a worm (червяк). A detail callout indicates a gear with $z=10$ teeth.



ие разработанной схемы редуктора

Моделирование редуктора будем вести в пр

При использовании данного продукта созданы трехмерные модели деталей входящих в конструкцию редуктора и создана модель сборки

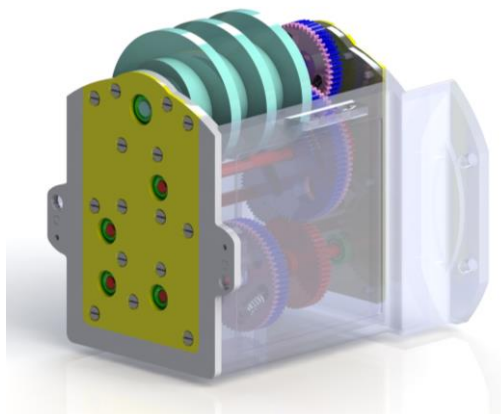


Рисунок 14. 3D модель редуктора, полученная в SolidWorks

2.6 Анализ разработанной модели редуктора

После этапа моделирования необходимо убедиться соответствует ли полученный редуктор требованиям, предъявляемым к изделиям такого типа. Для этого необходимо провести поверочный расчет и определиться со значениями погрешностей передачи: люфтовой и общей кинематической.

2.6.1 Поверочный расчет параметров механической передачи на основе зубчатых передач

Согласно методикам расчета общая погрешность зубчатой передачи включает две составляющие:

- люфтовая погрешность;
- кинематическая погрешность.

2.6.1.1 Расчет погрешности механической передачи

Определение исходных данных для расчета погрешности

Определение исходных данных для расчета погрешности заключается в проектировании механической передачи, предназначенной для передачи момента вращения в не ограниченном диапазоне углов поворота от

электродвигателя на рамку подвеса в составе привода поворота рамки с передаточным числом i не менее 1500.

Конструкторские требования к механической передаче

Механическая передача проектировалась из условий:

- минимизации погрешности зубчатой передачи, при одновременном обеспечении максимальной плавности хода;
- минимизации ее габаритов и массы
- редуктор механической передачи должен быть разборным.

При разработке передачи разбиение передаточных отношений по ступеням, количество зубьев на шестернях и их модуль выбирались исходя из минимизации люфтовой погрешности передачи и повышения ее плавности хода

Необходимо определить параметры люфтовыбирающих устройств в редукторе.

Люфтовыбирающим устройством является аналогичная по геометрическим размерам зубцовой зоне шестерня, закрепленная на валу и имеющая возможность поворота относительно зубцовой зоны. Шестерни связаны между собой пружинами.

2.6.1.2 Расчет погрешности редуктора

Определение люфтовой погрешности приведенной к рамке подвеса

Люфтовая погрешность передачи складывается из суммы люфтовых погрешностей отдельных зубчатых пар приведенных к выходному валу.

Погрешность отдельной зубчатой пары определяется как

$$\Delta\varphi_{\text{л}} = \frac{7,33 \cdot j_n}{m \cdot z} (\text{угл. мин}); \quad (45)$$

где j_n – максимальный боковой зазор в мкм, определяемый по ГОСТ9178 исходя из модуля зацепления зубчатой пары, класса точности зубчатых колес в паре, вида сопряжения и межцентрового расстояния. Если зубчатая пара снабжена антилюфтовым колесом (с выбором бокового зазора), то величина максимального бокового зазора принимается $j_n=2$ мкм;

m – модуль первой (входной) шестерни зубчатой пары, мм;

z – количество зубьев первой (входной) шестерни зубчатой пары.

Люфтовые погрешности зубчатых пар I, II, III, IV, V:

$$\Delta\varphi_{II} = \frac{7,33 \cdot J_{n1}}{m_1 \cdot z_1} = \frac{7,33 \cdot 0}{0,3 \cdot 20} = 0$$

$$\Delta\varphi_{III} = \frac{7,33 \cdot J_{n2}}{m_2 \cdot z_2} = \frac{7,33 \cdot 0}{0,3 \cdot 20} = 0$$

$$\Delta\varphi_{III} = \frac{7,33 \cdot J_{n3}}{m_3 \cdot z_3} = \frac{7,33 \cdot 2}{0,4 \cdot 20} = 1,833$$

$$\Delta\varphi_{IV} = \frac{7,33 \cdot J_{n4}}{m_4 \cdot z_4} = \frac{7,33 \cdot 2}{0,4 \cdot 50} = 0,733$$

$$\Delta\varphi_{IV} = \frac{7,33 \cdot J_{n5}}{m_5 \cdot z_5} = \frac{7,33 \cdot 2}{0,4 \cdot 40} = 0,9125$$

Общая люфтовая погрешность передачи, приведенная к рамке подвеса определяется как:

$$\Delta\varphi_{\Sigma} = \frac{\Delta\varphi_{II}}{i_{I-V}} + \frac{\Delta\varphi_{III}}{i_{II-V}} + \frac{\Delta\varphi_{III}}{i_{III-V}} + \frac{\Delta\varphi_{IV}}{i_{IV-V}} + \frac{\Delta\varphi_{IV}}{i_V}. \quad (46)$$

$$\Delta\varphi_{\Sigma} = 0 + 0 + \frac{1,833}{5,4} + \frac{0,733}{1,8} + \frac{0,916}{1,2} = 1,51$$

Таким образом, общая люфтовая погрешность редуктора из пяти ступеней, снабженных люфтовывбирающими устройствами, составляет 1,5 угл. мин.

2.6.1.3 Определение кинематической погрешности передачи приведенной к рамке подвеса.

Кинематическая погрешность передачи складывается из суммы кинематических погрешностей всех зубчатых колес передачи приведенных к рамке подвеса.

Погрешность зубчатого колеса определяется как

$$\Delta\varphi_K = \frac{4,8 \cdot (F_p + f_f)}{m \cdot z} (\text{угл. мин.}); \quad (47)$$

где F_p – допуск на накопленную погрешность шага зубьев зубчатых колес в мкм, определяемый по ГОСТ9178 исходя из класса точности зубчатого колеса, его делительного диаметра и модуля;

f_f – допуск на погрешность профиля зуба зубчатого колеса (или норма плавности работы зубчатого колеса) в мкм, определяемый по ГОСТ9178 исходя из класса точности зубчатого колеса и его модуля;

m – модуль зубчатого колеса, мм;

z – количество зубьев зубчатого колеса.

Кинематические погрешности зубчатых колес 1...10:

$$\Delta\varphi_{K1} = \frac{4,8 \cdot (F_{p1} + f_{f1})}{m_1 \cdot z_1} = \frac{4,8 \cdot 22}{0,3 \cdot 20} = 17,6$$

$$\Delta\varphi_{K2} = \frac{4,8 \cdot (F_{p2} + f_{f2})}{m_2 \cdot z_2} = \frac{4,8 \cdot 24}{0,3 \cdot 52} = 7,38$$

$$\Delta\varphi_{K3} = \frac{4,8 \cdot (F_{p3} + f_{f3})}{m_3 \cdot z_3} = \frac{4,8 \cdot 22}{0,3 \cdot 20} = 17,6$$

$$\Delta\varphi_{K4} = \frac{4,8 \cdot (F_{p4} + f_{f4})}{m_4 \cdot z_4} = \frac{4,8 \cdot 24}{0,3 \cdot 60} = 6,4$$

$$\Delta\varphi_{K5} = \frac{4,8 \cdot (F_{p5} + f_{f5})}{m_5 \cdot z_5} = \frac{4,8 \cdot 22}{0,4 \cdot 20} = 13,2$$

$$\Delta\varphi_{K6} = \frac{4,8 \cdot (F_{p6} + f_{f6})}{m_6 \cdot z_6} = \frac{4,8 \cdot 26}{0,4 \cdot 60} = 5,2$$

$$\Delta\varphi_{K7} = \frac{4,8 \cdot (F_{P7} + f_{f7})}{m_7 \cdot z_7} = \frac{4,8 \cdot 26}{0,4 \cdot 50} = 6,24$$

$$\Delta\varphi_{K8} = \frac{4,8 \cdot (F_{P8} + f_{f8})}{m_8 \cdot z_8} = \frac{4,8 \cdot 26}{0,4 \cdot 75} = 5,2$$

$$\Delta\varphi_{K9} = \frac{4,8 \cdot (F_{P9} + f_{f9})}{m_9 \cdot z_9} = \frac{4,8 \cdot 24}{0,4 \cdot 40} = 7,2$$

$$\Delta\varphi_{K10} = \frac{4,8 \cdot (F_{P10} + f_{f10})}{m_{10} \cdot z_{10}} = \frac{4,8 \cdot 24}{0,4 \cdot 48} = 6$$

Общая кинематическая погрешность передачи, приведенная к рамке подвеса определяется как:

$$\Delta\varphi_{K\Sigma} = \frac{\Delta\varphi_{K1}}{i_{I-V}} + \frac{\Delta\varphi_{K2} + \Delta\varphi_{K3}}{i_{II-V}} + \frac{\Delta\varphi_{K4} + \Delta\varphi_{K5}}{i_{III-V}} + \frac{\Delta\varphi_{K6} + \Delta\varphi_{K7}}{i_{IV-V}} + \frac{\Delta\varphi_{K8} + \Delta\varphi_{K9}}{i_V} + \Delta\varphi_{K10}. \quad (48)$$

$$\Delta\varphi_{K\Sigma} = \frac{17,6}{42,12} + \frac{7,38+17,6}{16,2} + \frac{6,4+13,2}{5,4} + \frac{5,2+6,24}{1,8} + \frac{5,2+7,2}{1,2} + 6 = 28,3$$

Таким образом люфтовая погрешность передачи редуктора не превысит 1,5угл. мин.

Кинематическая погрешность передачи редуктора не превысит 28,3угл. мин.

Предложенный вариант редуктора превосходит существующие решения по таким показателям как: люфтовая погрешность и кинематическая погрешность передачи; передаточное отношение, наличие самоторможения, малая масса.

Выводы

В ходе выполнения данного раздела ВКР были выполнены следующие поставленные задачи:

- 1) Разработано техническое задание на проектирование редуктора привода вращения рамки гиросtabilизатора;
- 2) Проведен аналитический обзор механических передач и выявлены их достоинства и недостатки;
- 3) Разработана общая схема редуктора;
- 4) Смоделирован редуктор в среде «SolidWorks»;
- 5) Проведен анализ разработанной модели редуктора, и получены сведения о том, что разработанный редуктор удовлетворяет требованиям предъявляемым к прецизионно-силовым редукторам используем в космической отрасли: передаточное отношение $i=1500$, неограниченный угол поворота при возможности реверсного вращения; общая погрешность передачи не более 30 угл.мин. (люфтовая не более - 1,5 угл.мин.); наличие самоторможения; масса не более 0,5 кг.

3. Технологическая часть

Введение

Машиностроение – является базовой отраслью в экономике, которая определяет развитие таких комплексов, как топливно-энергетический, транспортный, строительный, химический и нефтехимический и ряд других. Уровень развития машиностроения влияет на такие показатели как: материалоемкость, энергоёмкость валового внутреннего продукта, производительность труда, промышленная безопасность и обороноспособность государства.

Машиностроительный комплекс содержит в своей структуре более двадцати подотраслей металлообрабатывающей промышленности, которые производят средства производства, транспорта, оборонную продукцию, а также предметы потребления. Основная задача машиностроения - обеспечение производственным оборудованием ключевых секторов

экономики и в первую очередь обрабатывающие отрасли промышленности, этот фактор является решающим в определении состояния производственного потенциала Российской Федерации.

Доля машиностроения в общем объеме промышленного производства составляет около 20% (в СССР до 26 процентов). В развитых странах эта цифра варьируется в пределах от 35 до 50%, это позволяет обновлять технологическое оборудование в большинстве отраслей каждые 7-10 лет, что дает возможность этим странам совершать рывок в технологическом развитии.

На сегодняшний день предприятия российского машиностроительного комплекса могут осуществлять производство высокотехнологичной конкурентоспособной продукции только для отдельных узконаправленных сегментов рынка. В настоящее время доля России в мировом экспорте машин, оборудования и транспортных средств составляет десятые и сотые доли процента. Исключением является энергетическое оборудование - около 2,5%.

По данным «Росстата» на 2008 год средний возраст оборудования МСК России составляет 20 лет, доля оборудования, возраст которого превышает 20 лет, – более 40 % [8]. По данным на 2013 [9] оборудование, возраст которого превышает 20 лет, составил 48,3 %. Примерно 70 % оборудования в некоторых отраслях выработали свой проектный ресурс и более не могут обеспечить требуемой точности, и эффективность обработки у таких станков значительно снизилась [9]. В большинстве случаев применяются технологии 60-70-х годов. По структуре и прежде всего по наличию обрабатывающих центров с ЧПУ, доля которых в парке эксплуатируемого оборудования не превышает 5%, состав оборудования соответствует техническому уровню середины 1980-х годов. Для сравнения: за рубежом количество используемого высокотехнологичного оборудования с ЧПУ приближается к 50%, а для

предприятий, производящих технологическую оснастку (пресс-формы, штампы, литейные формы и др.) достигает 85 %.

За последние 15 лет в станкостроении произошло революционное повышение характеристик режущего инструмента и металлообрабатывающего станочного оборудования. В итоге современное поколение станков с ЧПУ за рубежом по основным характеристикам (производительность, точность, чистота обработки) многократно превосходит станки, эксплуатируемые на отечественных машиностроительных предприятиях, что ограничивает возможности последних производить конкурентоспособную продукцию.

Решение проблем обновления парка технологического оборудования машиностроительных предприятий может быть достигнуто в кратчайшие сроки при оптимальном сочетании импорта и закупок продукции отечественной станкостроительной промышленности.

Целью написания раздела является, проектирование технологического процесса изготовления детали, обуславливающего необходимость производства: расчетов припуска, режимов резания, подбора оборудования, приспособления и инструмента, необходимых для выполнения обработки согласно установленным режимам резания и расчета нормы времени, затраченного на изготовление одной детали.

3.1 Анализ технологичности конструкции детали

В процессе написания данного раздела ВКР, так же как и в производственных условиях, любая конструкция (машина, узел, деталь) должна быть самым тщательным образом проанализирована. Цель такого анализа – выявление недостатков конструкции по сведениям, содержащимся в чертежах и технических требованиях, а также возможное улучшение технологичности рассматриваемой конструкции.

Технологический контроль чертежей сводится к тщательному их изучению. Рабочие чертежи обрабатываемых деталей должны содержать все необходимые сведения, дающие полное представление о детали, то есть все проекции, разрезы и сечения, совершенно четко и однозначно объясняющие ее конфигурацию и возможные способы получения заготовки. На чертеже должны быть указаны все размеры с необходимыми допусками, классы чистоты обрабатываемых поверхностей, допускаемые отклонения от правильных геометрических форм, а также взаимного положения поверхностей. Чертеж должен содержать все необходимые сведения о материале детали, термической обработке, применяемых защитных и декоративных покрытиях, весе детали и т. п. Таким образом, технологический контроль – важная стадия проектирования технологических процессов и во многих случаях способствует выяснению и уточнению приведенных выше факторов.

Технологический анализ конструкции обеспечивает улучшение технико-экономических показателей разрабатываемого технологического процесса. Поэтому технологический анализ – один из важнейших этапов технологической разработки, в том числе и курсового проектирования.

Конструкция зубчатого колеса должна характеризоваться следующими признаками:

- 1) Простой формой центрального отверстия, так как сложные отверстия значительно усложняют обработку;
- 2) Простой конфигурацией наружного контура зубчатого колеса (так как наиболее технологичными являются зубчатые колеса плоской формы без выступающих ступиц);
- 3) Расположенными с одной стороны ступицами, так как в противном случае обработка по одной детали на зубофрезерных станках вызывает увеличение количества этих станков на 25...30%;

4) Симметричным расположением перемычки между ступицей и венцом для зубчатых колес, подлежащих термической обработке как по отношению к венцу, так и по отношению к ступице. Нарушение этого условия приводит к значительным односторонним искажениям при термической обработке;

5) Правильной формой и размерами канавок для выхода инструментов;

6) Возможностью многорезцовой обработки в зависимости от соотношения диаметров венцов и расстояний между ними.

Анализируя данное зубчатое колесо по этим критериям можно прийти к выводу, что оно является технологичным.

3.2 Выбор вида и способа получения заготовки

Главным при выборе заготовки является обеспечение заданного качества готовой детали при ее минимальной себестоимости. Себестоимость детали определяется суммированием себестоимости заготовки по калькуляции заготовительного цеха и себестоимости ее последующей обработки до достижения заданных требований качества по чертежу. Выбор заготовки зависит от формы детали и ее размеров, исходного материала, типа и вида производства, наличия необходимого оборудования.

Существуют различные способы получения заготовок. Мелкосерийное производство характеризуется тем, что большая часть металла уходит в стружку, из чего следует, что заготовка не совсем соответствует форме готового изделия.

Анализируя чертеж, приходим к выводу, что наиболее выгодный способ получения заготовки - прокат.

В качестве заготовки принимаем сортовой горячекатаный прокат круглой формы из стали 20Х13 диаметром 22 мм обычной точности по ГОСТ 2590-2006.

В данном случае при использовании сортового проката в качестве заготовки ее форма и размеры будут достаточно близки к форме и размерам готовой детали. Точность горячекатаного проката соответствует 12-14 качеству. Также горячекатаный сортовой прокат имеет мелкозернистую, однородную структуру с определенно направленным расположением зерен, благодаря чему, в нем обеспечено постоянство механических свойств по глубине.

3.3 Составление технологического маршрута

Исходными данными для составления технологического маршрута будет являться конструкторский чертеж с конкретными требованиями на деталь, а так же вид производства, и ряд других малосущественных факторов.

Технологический маршрут обработки сведем в табл. 1 согласно ГОСТ 3.1107-81 [с.49. 10]. Идеальные опорные точки обозначаются в соответствии с ГОСТ 21495-76. Маршрут составим согласно рекомендациям [с.189. 2]

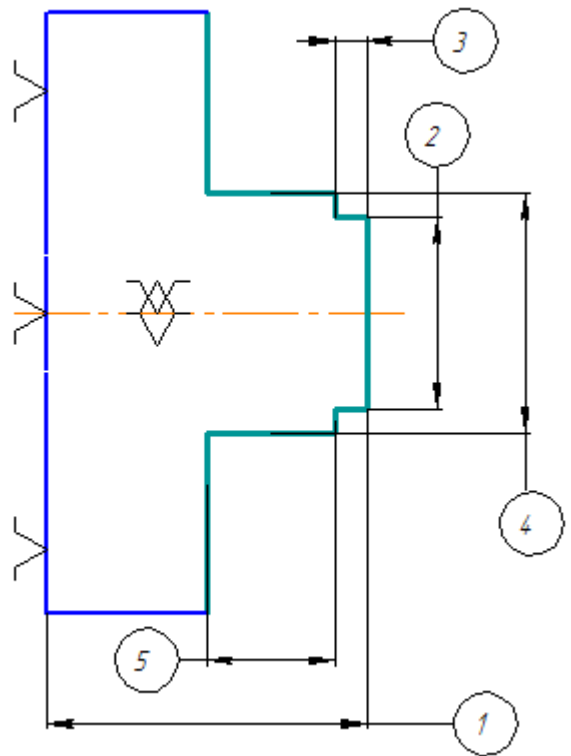
Таблица 1 - маршрут обработки детали

Наименование операций и переходы	Операционный эскиз
<u>005 Заготовительная</u> А. Установить заготовку на призмы 1. Отрезать заготовку, выдерживая размер 1	

010 Токарная

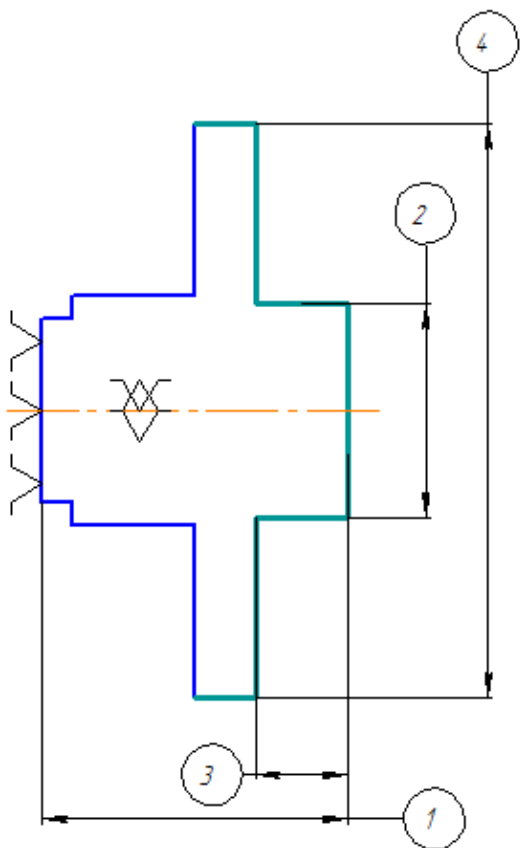
А. Установить и закрепить заготовку в трехкулачковом патроне

1. Подрезать торец выдерживая размер 1 начерно
2. Точить поверхность, выдерживая размер 2, начерно на длину 3
3. Точить поверхность, выдерживая размер 4, начерчено на длину 5



Б. Переустановить заготовку в трехкулачковом патроне

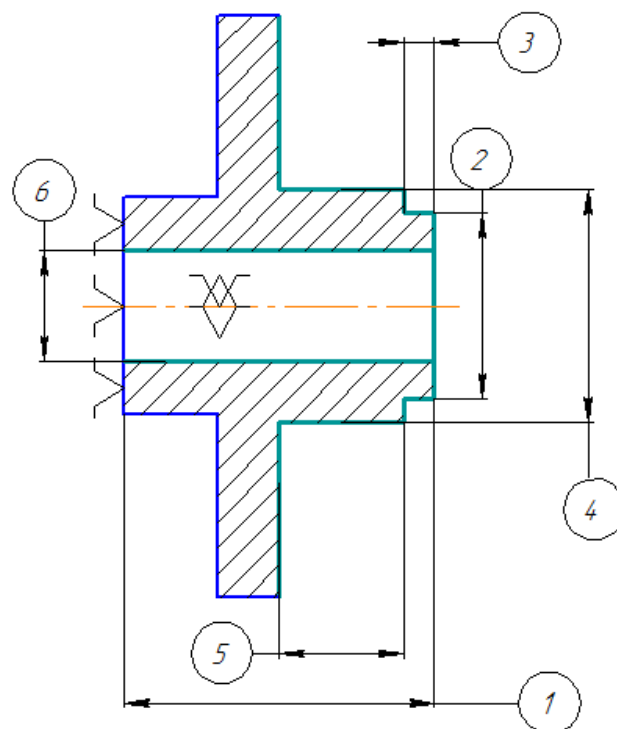
1. Подрезать торец , выдерживая размер 1 начерно
2. Точить поверхность, выдерживая размер 2 начерно на длину 3
3. Точить поверхность, выдерживая размер 4 начерчено



015 Токарная

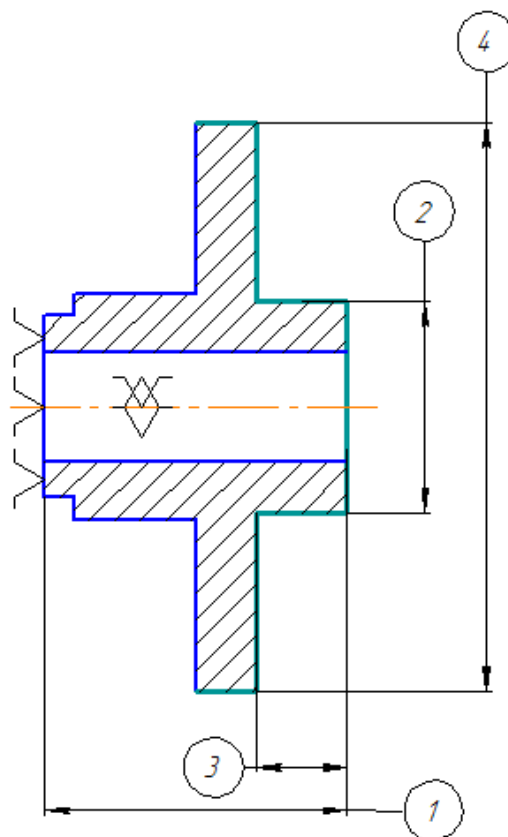
А. Установить заготовку в трехкулачковый патрон

1. Подрезать торец, выдерживая размер 1 начерчено.
2. Точить поверхность, выдерживая размер 2 начисто на длину 3
3. Точить поверхность, выдерживая размер 4 начисто на длину 5
4. Центровать, сверлить отверстие на проход
5. Развернуть отверстие (нормальное развертывание)
6. Развернуть отверстие (точное развертывание)
7. Развернуть отверстие в размер 6 (тонкое развертывание)



Б. Переустановить заготовку в трехкулачковый патрон.

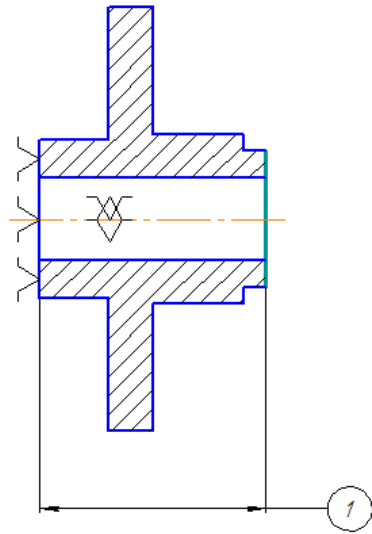
1. Подрезать торец, выдерживая размер 1, начерчено.
2. Точить поверхность 2, выдерживая размер 3. Начерчено
3. Точить поверхность, выдерживая размер 4 начерчено.



020 Токарная

А. Установить и закрепить заготовку в трехкулачковом патроне

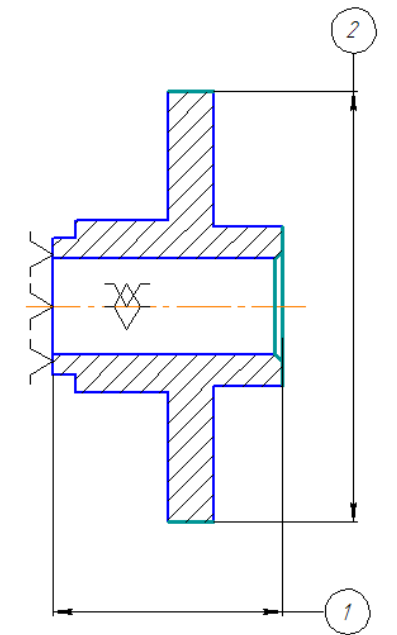
1. Подрезать торец в размер 1 начисто



Б. Переустановить заготовку в трехкулачковом патроне

1. Подрезать торец в размер 1 начисто

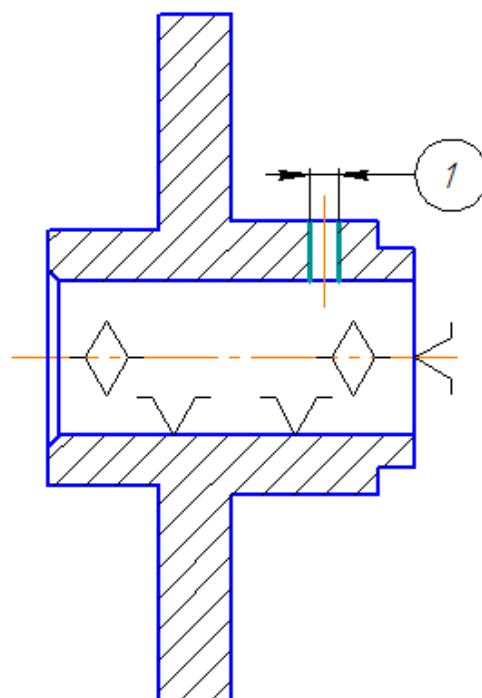
2. Снять фаску, выдерживая размер $0,3 \times 45^\circ$



025 Сверление отверстий
под штифт и стопорный
винт

А. Установить деталь на
оправку и закрепить

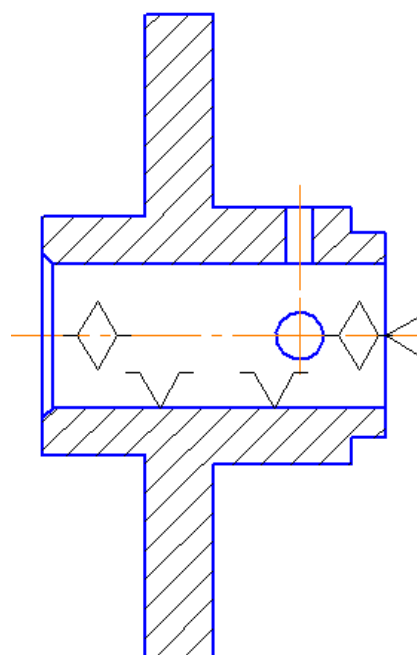
1. Сверлить отверстие под
штифт в размер 1 начерчено

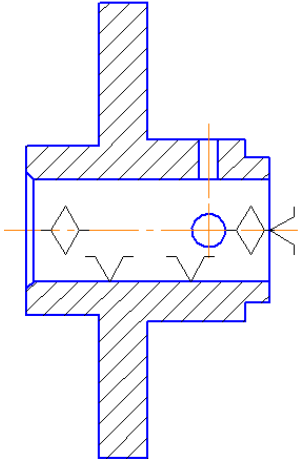
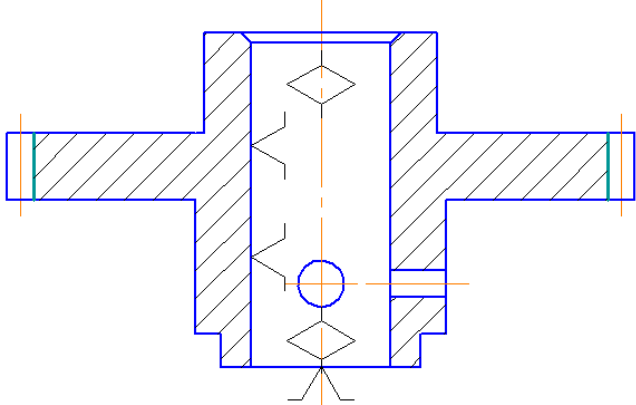


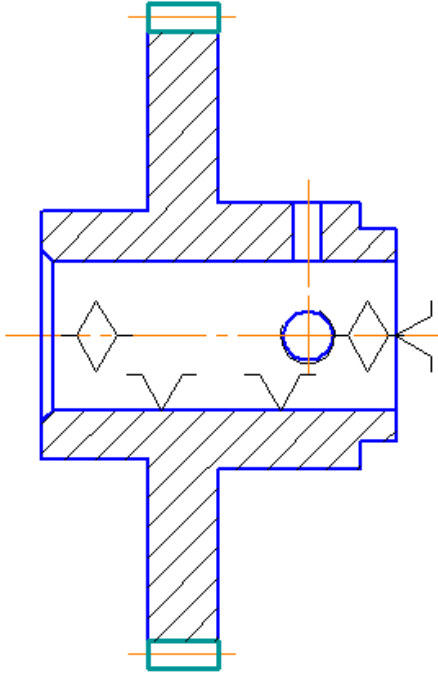
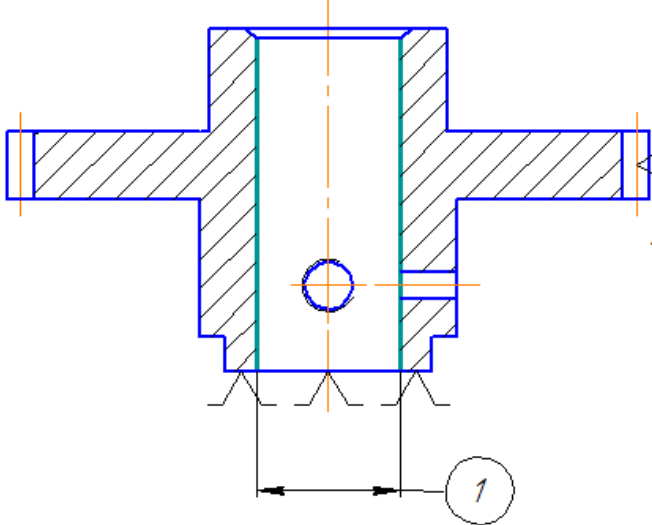
Б. Переустановить деталь

А. Установить деталь на
оправку и закрепить

1. Сверлить отверстие под
стопорный винт.



<u>030 Слесарная</u> 1. Удалить заусенцы с отверстий	
<u>035 Зуборезная</u> А. Установить деталь на оправку и закрепить 1. Фрезеровать зубья	
<u>040 Слесарная</u> 1. Снять заусенцы с зубьев	
<u>045 Контрольная</u> 1. Выборочный контроль параметров	
<u>050 Термическая</u> 1. Произвести термическую обработку по ГОСТ 14535-77 (режим 2) 28...34 HRC	Закалка при температуре от 980 до 1020 °С. Среда охлаждения – масло, аргон или воздух.

<u>055 Зубошлифовальная</u> А. Установить деталь на оправку и закрепить 1. Шлифовать зубья 2. Нарезать резьбу под стопорный винт	
<u>060 Притирочная</u> А. Установить и закрепить деталь 1. Притереть отверстие в размер 1	
65 <u>Моечная</u> 1. Промывка	
<u>070 Малярная</u> 1. Нанесение антикоррозионного покрытия	

<u>075 Контрольная</u> 1. Окончательный контроль параметров	
---	--

3.4 Расчет припусков на обработку для размера $4,2 \pm 0,004$ мм

Размерный анализ способствует уменьшению себестоимости технологического процесса. Задачи, решаемые при размерном анализе:

- установление обоснованных допусков и размеров на каждой технологической операции;
- установление обоснованных припусков на обработку каждой технологической операции;
- обеспечение проектирования технологического процесса с минимальным количеством технологических операций.

Размерный анализ, соответственно с заданием, необходимо проводить для размера $4,2 \pm 0,004$, то есть для отверстия $\varnothing 4,2 \pm 0,004$.

Допуски назначаем исходя из табл.5 [с.11. 10]. Расчет припуска дается ГОСТ 31109-82. Методами расчета минимального припуска являются два метода: опытно-статистический; расчетно-аналитический (ГОСТ 7505-74; 7062-79; 7829-70). Расчетно-аналитический метод предусматривает расчет припусков по всем последовательно выполняемым технологическим переходам обработки поверхности детали (промежуточные припуски, их суммирование для определения общего припуска на обработку поверхности и расчет промежуточных размеров, определяющих положение поверхности, и размеров заготовки). Применение этого метода сокращает в среднем отход металла в стружку, по сравнению с табличными значениями, создает единую систему припусков на обработку и размеров деталей по технологическим переходам и заготовок, способствует повышению технологической культуры производства.

Заносим в таблицу, обрабатываемую элементарную поверхность заготовки и технологические переходы обработки в порядке последовательности их выполнения по этой элементарной поверхности от черновой заготовки до окончательной обработки. Данные R_z и h для заготовительной операции берем по табл.1 [с.180. 10], а для остальных операций – по табл.5 [с.11. 10].

Погрешность установки ε_y складывается из погрешности базирования (т.к. технологические базы совпадают с измерительными, то $\varepsilon_6 = 0$), погрешности закрепления (в нашем случае можно считать что $\varepsilon_3 = 0$) и погрешности приспособления ($\varepsilon_{пр} \approx 0$), следовательно для всех операций $\varepsilon_{уст} \approx 0$. Далее считаем минимальный припуск. При обработке наружных и внутренних поверхностей (двусторонний припуск) минимальный припуск считается по формуле:

$$2z_{i\min} = 2 \left[(R_z + h)_{i-1} + \sqrt{\Delta_{\Sigma i-1}^2 + \Delta_i^2} \right] \quad (49)$$

Таблица 2 – припуски на обработку для размера $4,2 \pm 0,004$ мм

Элементарная поверхность детали и технологический маршрут ее обработки: Поверхность $\varnothing 4,2 \pm 0,004$	Элементы припуска, мкм				Расчетный припуск $2Z_{\min}$ мкм.	Расчетный максимальный размер, мм	Допуск на технологический размер	Допуск на изготовление T_{ϕ} мкм	Принятые (округленные) размеры по переходам, мм		Полученные предельные припуски, мкм	
	R_z	h	Δ_y	ε_6					$d_{\max}$	$d_{\min}$	$2Z_{\max}$	$2Z_{\min}$
Заготовка(14)	80	100	0	0	-	3,691	244	300	3,691	3,447	-	-
Сверление(12)	80	20	0	0	2*100	3,891	124	120	3,891	3,767	320	200
развертывание нормальное (11)	60	25	0	0	2*85	4,061	49	75	4,061	4,012	245	170
развертывание точное(9)	25	15	0	0	2*40	4,141	24	25	4,141	4,117	105	80

<i>Развертывание тонкое(б)</i>	10	10	0	0	2*20	4,181	16	8	4,181	4,165	48	40
<i>Притирка (б)</i>	6,3	5	0	0	$2 \cdot \frac{11}{3}$	4,204	8	8	4,204	4,196	31	23
<i>Общие припуски $2Z_{Omax}$ и $2Z_{Omin}$:</i>											749	513

Определяем для каждого перехода допуски на изготовление по табл. 32 [с.192. 10] и последовательно определяем размеры путем последовательного отнимания расчетного минимального припуска Z_{min} каждого технологического перехода.

Минимальный припуск

Сверление

$$2z_{i\min} = 2[(80 + 20) + 0] = 2 \cdot 100 \text{ мкм}$$

Нормальное развертывание

$$2z_{i\min} = 2[(60 + 25) + 0] = 2 \cdot 85 \text{ мкм};$$

Точное развертывание

$$2z_{i\min} = 2[(25 + 15) + 0] = 2 \cdot 40 \text{ мкм};$$

Тонкое развертывание

$$2z_{i\min} = 2[(10 + 10) + 0] = 2 \cdot 20 \text{ мкм};$$

Притирка

$$2z_{i\min} = 2[(6,3 + 5) + 0] = 2 \cdot 11,3 \text{ мкм}.$$

Рассчитанные размеры заносим в таблицу 2.

Далее записываем в таблицу наибольшие предельные размеры по всем технологическим переходам, округляя их уменьшением расчетных размеров. Округление производится до того же знака десятичной дроби, с каким дан допуск на размер для каждого перехода.

Затем определяем наименьшие предельные размеры путем вычитания допуска из округленного наибольшего предельного размера:

$$d_{\min} = d_{\max} - T. \quad (50)$$

Определяем предельные значения припусков:

$$2Z_{\max_i} = d_{\min_i} - d_{\min_{i-1}}; \quad (51)$$

$$2Z_{\min_i} = d_{\max_i} - d_{\max_{i-1}}. \quad (52)$$

Все рассчитанные значения заносим в таблицу 2.

Проверяем правильность произведенных расчетов:

$$2Z_{i\max} - 2Z_{i\min} = Td_{i-1} - Td. \quad (53)$$

$$2Z_{0\max} - 2Z_{0\min} = 244 - 124 = Td_3 - Td_0 = 320 - 200.$$

$$120 = 120.$$

Рассчитаем допуск на технологический размер, для этого посчитаем размерную цепь (рис. 15).

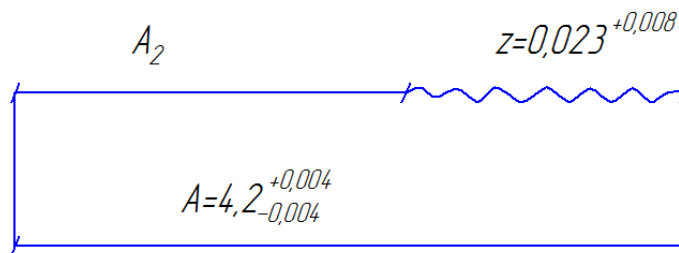


Рисунок 15. Размерная цепь

Примем замыкающее звено z уменьшающим, тогда звено A_2 , будет уменьшающим, звено A увеличивающим. Определим номинальное значение размера A_2 .

$$A_2 = A - z = 4,2 - 0,023 = 4,177\text{мм} \quad (54)$$

Верхнее отклонение размера определится следующим образом:

$$esA_2 = esA - eiZ = 0,004 - 0 = 0,004 \text{ (505)}$$

Нижнее отклонение размера определится следующим образом

$$eiA_2 = eiA - esZ = -0,004 - 0,008 = -0,0012 \text{ мм. (56)}$$

Таким образом значение размера $A_2 = 4,177^{+0,004}_{-0,012}$ Допуск на размер будет равен 16 мкм

Аналогично рассчитываются значения допусков для других технологических размеров.

На основании данных расчета строим схему графического расположения припусков и допусков по обработке поверхности $\varnothing 4,2js6$.

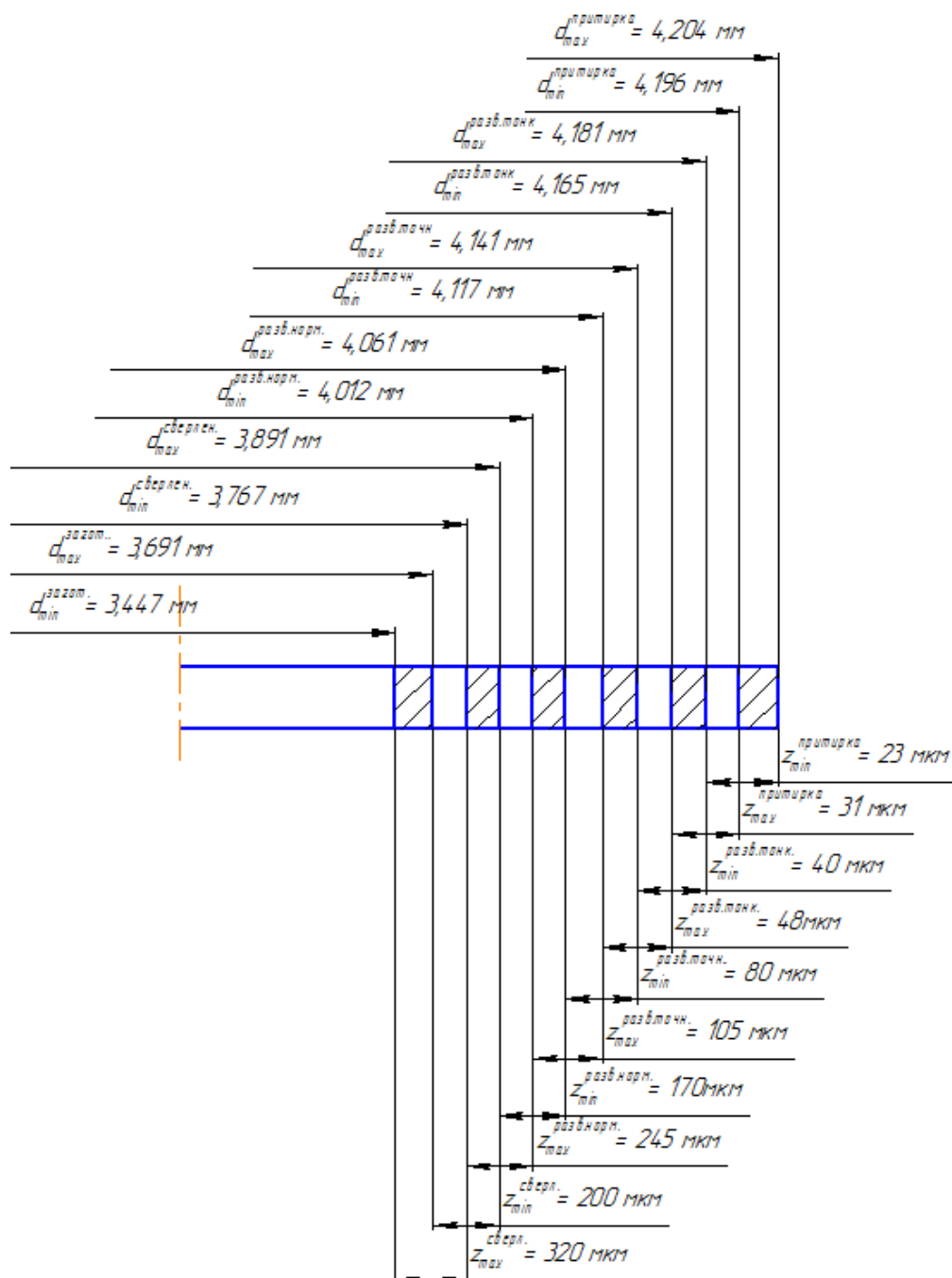


Рисунок 16. Схема расположения припусков

3.5 Выбор режущего инструмента и расчет режимов резания

Режимы резания необходимо рассчитать для операции 015 маршрутного листа. На данной операции необходимо: подрезать торец, выдерживая размер 1 начерчено. Точить поверхность, выдерживая размер 2 начисто на длину 3 начерчено. Точить поверхность, выдерживая размер 4

начисто на длину 5 начерчено. Центровать, сверлить отверстие на проход в размер 3,8; развернуть отверстие (нормальное развертывание) в размер 4,061; развернуть отверстие (точное развертывание) в размер 4,141.

Обрабатываемый материал сталь 20Х13 со следующими характеристиками: твердость - НВ 241, предел прочности σ_B 730 МПа.

Рассчитаем припуски на размеры поверхностей $\varnothing 7,5H12_{(-0,15)}$ и $\varnothing 6H12_{(-0,12)}$.

Таблица 3 – припуски на обработку поверхности размером $\varnothing 7,5-0,15$

Элементарная поверхность детали и технологический маршрут ее обработки: Поверхность $\varnothing 7,5-0,15$	Элементы припуска, мкм				Расчетный припуск $2Z_{min}$, мкм.	Расчетный максимальный размер, мм	Допуск на изготовление T_d , мкм	Принятые (округленные) размеры по переходам, мм		Полученные предельные припуски, мкм	
	R_z	h	ρ	ε				d_{max}	d_{min}	$2Z_{max}$	$2Z_{min}$
Заготовка(14)	80	100	0	0	-	7,24	300	7,84	7,54	-	-
Токарная черновая(13)	40	90	0	0	2*130	7,44	220	7,58	7,36	780	260
Токарная чистовая (12)	10	15	0	0	2*40	7,5	150	7,5	7,35	430	60
Общие припуски $2Z_{Omax}$ и $2Z_{Omin}$:										1210	320

Для чистового точения

$$d_{max1}=7,5 \text{ мм},$$

$$d_{min1}=7,35 \text{ мм}.$$

Таким образом, $2Z_{max1} = 2Z_{min1} + (T_{d2} + T_{d1}) = 0.06 + (0.22 + 0.15) = 0.43 \text{ мм}.$

Для чернового точения:

$$d_{max2} = d_{max1} + 2Z_{min1} = 7,5 + 0.06 = 7,56 \text{ мм},$$

$$d_{\min 2} = d_{\max 2} + T_{d2} = 7,56 + 0,22 = 7,78 \text{ мм.}$$

$$\text{Таким образом, } 2Z_{\max 2} = 2Z_{\min 2} + (T_{d3} + T_{d2}) = 0,2 + (0,3 + 0,22) = 0,78 \text{ мм.}$$

Таблица 4 – припуски на обработку поверхности размером $\varnothing 6-0,12$

Элементарная поверхность детали и технологический маршрут ее обработки: Поверхность $\varnothing 6-0,12$	Элементы припуска, мкм				Расчетный припуск $2Z_{\min}$, мкм.	Расчетный максимальный размер, мм	Допуск на изготовление T_d , мкм	Принятые (округленные) размеры по переходам, мм		Полученные предельные припуски, мкм	
	R_z	h	ρ	ε				$d_{\max}$	$d_{\min}$	$2Z_{\max}$	$2Z_{\min}$
Заготовка(14)	80	100	0	0	-	5,74	300	6,66	6,36	-	-
Токарная черновая(13)	40	90	0	0	2*130	6,4	220	6,4	6,18	720	260
Токарная чистовая (12)	10	20	0	0	2*20	6	150	6	5,88	410	40
Общие припуски $2Z_{O\max}$ и $2Z_{O\min}$:										1130	300

Для чистового точения

$$d_{\max 1} = 6 \text{ мм,}$$

$$d_{\min 1} = 5,88 \text{ мм.}$$

$$\text{Таким образом, } 2Z_{\max 1} = 2Z_{\min 1} + (T_{d2} + T_{d1}) = 0,04 + (0,22 + 0,15) = 0,41 \text{ мм.}$$

Для чернового точения:

$$d_{\min 2} = d_{\max 1} + 2Z_{\min 1} = 6 + 0,1 = 6,1 \text{ мм,}$$

$$d_{\max 2} = d_{\min 2} + T_{d2} = 6,1 + 0,22 = 6,32 \text{ мм.}$$

$$\text{Таким образом, } 2Z_{\max 2} = 2Z_{\min 2} + (T_{d3} + T_{d2}) = 0,2 + (0,3 + 0,22) = 0,72 \text{ мм.}$$

1) Точить поверхность 4 начисто

Инструмент: токарный проходной упорный резец с углом в плане $\varphi = 90^\circ$ с пластиной из твердого сплава Т15К6 (по ГОСТ 18879-73).

Параметры резца: $h = 20 \text{ мм}$, $b = 16 \text{ мм}$, $L = 120 \text{ мм}$, $n = 6 \text{ мм}$, $l = 16 \text{ мм}$, $R = 1 \text{ мм}$.

На данном технологическом переходе необходимо точить поверхность $\varnothing 7,58 \text{ мм}$ начисто до $\varnothing 7,5 \text{ мм}$ на длину 4 мм . Примем максимальную глубину резания для расчетов $t = 0,08 \text{ мм}$. Тогда можно получить требуемый размер детали за 1 проход.

Скорость резания определим по эмпирической формуле:

$$V = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot s^y} \cdot K_v, \quad (57)$$

где $K_v = K_{MV} \cdot K_{PV} \cdot K_{IV}$ – общий поправочный коэффициент;

K_{MV} – коэффициент учитывающий влияние материала заготовки, берется из табл. 1-4 [С.261-263. 11].

K_{PV} – коэффициент учитывающий состояние поверхности, берется из табл. 5 [С.263. 11].

K_{IV} – коэффициент учитывающий состояние поверхности инструмента, берется из табл. 6 [С.263. 11].

Значения коэффициента C_v , показателей степени x , y , и m приведены в табл. 17 [3, С.269].

Тогда:

$$K_v = 0,97 \cdot 1 \cdot 1 = 0,97.$$

Теперь рассчитаем скорость резания:

$$V = \frac{350}{60^{0,2} \cdot 0,08^{0,15} \cdot 0,5^{0,35}} \cdot 0,97 = 185 \text{ м/мин.}$$

Определим частоту вращения шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot 185}{3,14 \cdot 7,5} = 78510 \text{ об/мин.}$$

Полученную частоту вращения округляем до ближайшей стандартной $n = 7800 \text{ об/мин.}$

Силу резания P_z определим по формуле:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot s^y \cdot v^n \cdot K_p, \quad (58)$$

где $K_p = K_{Mp} \cdot K_{\varphi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{rp}$ - коэффициент учитывающий фактические условия резания. Численные значения коэффициентов входящих в произведение возьмем из табл. 9, 10 [С.268-269. 11] и 23 [С.275. 11].

Постоянную C_p и показатели степени x , y и n для конкретных условий обработки возьмем из табл. 22 [С.273. 11].

Тогда:

$$K_p = 0,92 \cdot 0,89 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,93 = 0,76.$$

Получаем:

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 0,08^{1,0} \cdot 0,3^{0,75} \cdot 185^{-0,15} \cdot 0,76 = 34 \text{ Н.}$$

Мощность резания определим по формуле:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60}. \quad (59)$$

Подставив рассчитанные значения силы и скорости резания, получим:

$$N = \frac{34 \cdot 7800}{1020 \cdot 60} = 4,3 \text{ кВт.}$$

2) Сверлить отверстие Ø 3,8.

Инструмент: сверло спиральное из быстрорежущей стали с цилиндрическим хвостовиком для станков с ЧПУ короткой серии (по ГОСТ 4010 -77) $d = 3,8 \text{ мм}$, $L=55$, $l=22$

Глубина резания рассчитывается по формуле [С.276. 11]:

$$t = 0,5D. \quad (60)$$

Тогда:

$$t = 0,5 \cdot 3,8 = 1,9 \text{ мм}$$

Подачу выбираем по таблице [С.277. 11]:

$$S = 0,06 \text{ мм/об.}$$

Скорость резания определяем по формуле:

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot S^y} \cdot K_v, \quad (61)$$

где $K_v = K_{MV} \cdot K_{IV} \cdot K_{LV}$ – общий поправочный коэффициент на скорость резания;

$K_{MV}=0,97$ - коэффициент на обрабатываемый материал, берем из табл. 1-4 [С.261-263.11].

$K_{IV} = 1$ - коэффициент на инструментальный материал, берем из табл. 6 [С.263.11].

$K_{LV}=1$ - коэффициент учитывающий глубину сверления, берем из табл. 31 [С.280.11]. $T = 8$ мин. - стойкость инструмента, берем из табл. 30 [С.279.11]

Значение коэффициента $C_v = 7$ и показателей степени $q=0,4$; $y = 0,7$; $m = 0,2$ берутся из таблицы 28 [С.278.11].

Получаем:

$$K_v = 0,97 \cdot 1 \cdot 1 = 0,97.$$

$$V = \frac{7 \cdot 3,8^{0,4}}{8^{0,2} \cdot 0,06^{0,7}} \cdot 0,97 = 54,75 \text{ м/мин.}$$

Крутящий момент определим по формуле:

$$M_{кр} = 10 \cdot C_M \cdot D^q \cdot s^y \cdot K_p, (62)$$

Значение коэффициента $C_M = 0,0345$ берем из табл. 32 [С.281. 11].

Коэффициент, учитывающий фактические условия обработки, в данном случае зависит только от материала обрабатываемой заготовки и определяется выражением:

$$K_p = K_{Mp} \cdot (63)$$

Значения коэффициента K_{Mp} берем из табл. 9 [С.264.11].

Тогда:

$$K_p = 0,98.$$

Получаем:

$$M_{кр} = 10 \cdot 0,0345 \cdot 3,8^{2,0} \cdot 0,06^{0,8} \cdot 0,98 = 0,5 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Определим осевую силу по формуле:

$$P_o = 10 \cdot C_p \cdot D^q \cdot s^y \cdot K_p \cdot (64)$$

Значение коэффициента C_p берем из табл. 32 [С.281.11].

Тогда:

$$P_o = 10 \cdot 68 \cdot 3,8^{1,0} \cdot 0,06^{0,7} \cdot 0,98 = 353,4 \text{ Н}.$$

Мощность резания определим по формуле:

$$N_e = \frac{M_{кр} \cdot n}{9750},$$

где n – частота вращения шпинделя инструмента, определяемая по формуле:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} \cdot (65)$$

Получаем:

$$n = \frac{1000 \cdot 54,75}{3,14 \cdot 3,8} = 4589 \text{ об/мин}.$$

Ближайшая стандартная частота вращения шпинделя $n = 4500 \text{ об/мин}.$

Тогда:

$$N_e = \frac{0,5 \cdot 4500}{9750} = 0,23 \text{ кВт}.$$

Для расчета режимов резания при развертке отверстий используются те же формулы и таблицы что и для сверления.

3) Развернуть отверстие диаметром 4,06.

Для этого используем инструмент компании *ILIX* твердосплавная машинная развертка, с цилиндрическим хвостовиком, с диаметральный шагом 0,01 мм; DIN 8093; обозначение 6372 C*; форма В; Угол наклона и направление стружечных канавок 12° левые; Материал развертки K10/20. Диаметр развертки 4,06. L=75; l=19 [12].

Глубина резания рассчитывается по формуле [С.276.11]:

$$t = 0,5D.$$

Тогда:

$$t = 0,5 \cdot 4,06 = 2,03 \text{ мм}$$

Подачу выбираем по таблице [С.277.11]:

$$S = 0,06 \text{ мм/об.}$$

Скорость резания определяем по формуле:

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

где $K_v = K_{MV} \cdot K_{IV} \cdot K_{LV}$ – общий поправочный коэффициент на скорость резания;

$K_{MV} = 0,97$ - коэффициент на обрабатываемый материал, берем из табл. 1-4 [С.261-263.11].

$K_{IV} = 1$ - коэффициент на инструментальный материал, берем из табл. 6 [С.263.11].

$K_{LV} = 1$ - коэффициент учитывающий глубину сверления, берем из табл. 31 [С.280.11].

$T = 6$ мин. - стойкость инструмента, берем и табл. 30 [С.279.11]

Значение коэффициента $C_v = 7$ и показателей степени $q = 0,4$; $y = 0,7$; $m = 0,2$ берутся из таблицы 28 [С.278.11].

Получаем:

$$K_v = 0,97 \cdot 1 \cdot 1 = 0,97.$$

$$V = \frac{7 \cdot 4,06^{0,4}}{8^{0,2} \cdot 0,06^{0,7}} \cdot 0,97 = 56,23 \text{ м/мин.}$$

Крутящий момент определим по формуле:

$$M_{kp} = 10 \cdot C_M \cdot D^q \cdot s^y \cdot K_p,$$

Значение коэффициента $C_M = 0,0345$ берем из табл. 32 [С.281.11].

Коэффициент, учитывающий фактические условия обработки, в данном случае зависит только от материала обрабатываемой заготовки и определяется выражением:

$$K_p = K_{Mp}.$$

Значения коэффициента K_{Mp} берем из табл. 9 [С.264.11].

Тогда:

$$K_p = 0,98.$$

Получаем:

$$M_{kp} = 10 \cdot 0,0345 \cdot 4,06^{2,0} \cdot 0,06^{0,8} \cdot 0,98 = 0,59 \text{ Н·м.}$$

Определим осевую силу по формуле:

$$P_o = 10 \cdot C_p \cdot D^q \cdot s^y \cdot K_p.$$

Значение коэффициента C_p берем из табл. 32 [С.281.11].

Тогда:

$$P_o = 10 \cdot 68 \cdot 4,06^{1,0} \cdot 0,06^{0,7} \cdot 0,98 = 377,5 \text{ Н.}$$

Мощность резания определим по формуле:

$$N_e = \frac{M_{kp} \cdot n}{9750},$$

где n – частота вращения шпинделя инструмента, определяемая по формуле:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D}.$$

Получаем:

$$n = \frac{1000 \cdot 56,23}{3,14 \cdot 4,06} = 4408,5 \text{ об/мин.}$$

Ближайшая стандартная частота вращения шпинделя $n = 4500$ об/мин.

Тогда:

$$N_e = \frac{0,5 \cdot 4500}{9750} = 0,23 \text{ кВт.}$$

4) Развернуть отверстие диаметром 4,1.

Для этого используем инструмент компании *ILIX* твердосплавная машинная развертка, с цилиндрическим хвостовиком, с диаметральным шагом 0,01 мм; DIN 8093; обозначение 6372 С*; форма В; Угол наклона и направление стружечных канавок 12° левые; Материал развертки K10/20. Диаметр развертки 4,1. L=75; l=19 [12]

Глубина резания рассчитывается по формуле [С.276.11]:

$$t = 0,5D.$$

Тогда:

$$t = 0,5 \cdot 4,1 = 2,05 \text{ мм}$$

Подачу выбираем по таблице [С.277.11]:

$$S = 0,06 \text{ мм/об.}$$

Скорость резания определяем по формуле:

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

где $K_v = K_{MV} \cdot K_{HV} \cdot K_{LV}$ – общий поправочный коэффициент на скорость резания;

$K_{MV} = 0,97$ - коэффициент на обрабатываемый материал, берем из табл. 1-4 [С.261-263.11].

$K_{HV} = 1$ - коэффициент на инструментальный материал, берем из табл. 6 [С.263.11].

$K_{LV} = 1$ - коэффициент учитывающий глубину сверления, берем из табл. 31 [С.280.11].

$T = 8$ мин. - стойкость инструмента, берем из табл. 30 [С.279.11]

Значение коэффициента $C_v = 7$ и показателей степени $q=0,4$; $y = 0,7$; $m = 0,2$ берутся из таблицы 28 [С.278.11].

Получаем:

$$K_v = 0,97 \cdot 1 \cdot 1 = 0,97.$$

$$V = \frac{7 \cdot 4,1^{0,4}}{8^{0,2} \cdot 0,06^{0,7}} \cdot 0,97 = 56,54 \text{ м/мин.}$$

Крутящий момент определим по формуле:

$$M_{kp} = 10 \cdot C_M \cdot D^q \cdot s^y \cdot K_p,$$

Значение коэффициента $C_M = 0,0345$ берем из табл. 32 [С.281.11].

Коэффициент, учитывающий фактические условия обработки, в данном случае зависит только от материала обрабатываемой заготовки и определяется выражением:

$$K_p = K_{Mp}.$$

Значения коэффициента K_{Mp} берем из табл. 9 [С.264.11].

Тогда:

$$K_p = 0,98.$$

Получаем:

$$M_{kp} = 10 \cdot 0,0345 \cdot 4,1^{2,0} \cdot 0,06^{0,8} \cdot 0,98 = 0,6 \text{ Н} \cdot \text{м.}$$

Определим осевую силу по формуле:

$$P_o = 10 \cdot C_p \cdot D^q \cdot s^y \cdot K_p.$$

Значение коэффициента C_p берем из табл. 32 [С.281.11].

Тогда:

$$P_o = 10 \cdot 68 \cdot 4,1^{1,0} \cdot 0,06^{0,7} \cdot 0,98 = 381 \text{ Н.}$$

Мощность резания определим по формуле:

$$N_e = \frac{M_{kp} \cdot n}{9750},$$

где n – частота вращения шпинделя инструмента, определяемая по формуле:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D}.$$

Получаем:

$$n = \frac{1000 \cdot 56,54}{3,14 \cdot 4,1} = 4390 \text{ об/мин.}$$

Ближайшая стандартная частота вращения шпинделя $n = 4500$ об/мин.

Тогда:

$$N_e = \frac{0,5 \cdot 4500}{9750} = 0,23 \text{ кВт.}$$

5) Развернуть отверстие диаметром 4,18

Для этого используем инструмент компании *ILIX* твердосплавная машинная развертка, с цилиндрическим хвостовиком, с диаметральный шагом 0,01 мм; DIN 8093; обозначение 6372 С*; форма В; Угол наклона и направление стружечных канавок 12° левые; Материал развертки К10/20. Диаметр развертки 4,18. L=80; l=21 [12]

Глубина резания рассчитывается по формуле [С.276.11]:

$$t = 0,5D.$$

Тогда:

$$t = 0,5 \cdot 4,18 = 2,09 \text{ мм}$$

Подачу выбираем по таблице [С.277.11]:

$$S = 0,06 \text{ мм/об.}$$

Скорость резания определяем по формуле:

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

где $K_v = K_{MV} \cdot K_{HV} \cdot K_{LV}$ – общий поправочный коэффициент на скорость резания;

$K_{MV} = 0,97$ - коэффициент на обрабатываемый материал, берем из табл. 1-4 [С.261-263.11].

$K_{HV} = 1$ - коэффициент на инструментальный материал, берем из табл. 6 [С.263.11].

$K_{LV}=1$ - коэффициент учитывающий глубину сверления, берем из табл. 31 [С.280.11].

$T = 8$ мин. - стойкость инструмента, берем и табл. 30 [С.279.11]

Значение коэффициента $C_v = 7$ и показателей степени $q=0,4$; $y = 0,7$; $m = 0,2$ берутся из таблицы 28 [С.278.11].

Получаем:

$$K_v = 0,97 \cdot 1 \cdot 1 = 0,97.$$

$$V = \frac{7 \cdot 4,18^{0,4}}{8^{0,2} \cdot 0,06^{0,7}} \cdot 0,97 = 56,89 \text{ м/мин.}$$

Крутящий момент определим по формуле:

$$M_{кр} = 10 \cdot C_M \cdot D^q \cdot s^y \cdot K_p,$$

Значение коэффициента $C_M = 0,0345$ берем из табл. 32 [С.281.11].

Коэффициент, учитывающий фактические условия обработки, в данном случае зависит только от материала обрабатываемой заготовки и определяется выражением:

$$K_p = K_{Mp}.$$

Значения коэффициента K_{Mp} берем из табл. 9 [С.264.11].

Тогда:

$$K_p = 0,98.$$

Получаем:

$$M_{кр} = 10 \cdot 0,0345 \cdot 4,18^{2,0} \cdot 0,06^{0,8} \cdot 0,98 = 0,62 \text{ Н} \cdot \text{м.}$$

Определим осевую силу по формуле:

$$P_o = 10 \cdot C_p \cdot D^q \cdot s^y \cdot K_p.$$

Значение коэффициента C_p берем из табл. 32 [С.281.11].

Тогда:

$$P_o = 10 \cdot 68 \cdot 4,18^{1,0} \cdot 0,06^{0,7} \cdot 0,98 = 388,7 \text{ Н.}$$

Мощность резания определим по формуле:

$$N_e = \frac{M_{кр} \cdot n}{9750},$$

где n – частота вращения шпинделя инструмента, определяемая по формуле:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D}.$$

Получаем:

$$n = \frac{1000 \cdot 56,89}{3,14 \cdot 4,18} = 4332 \text{ об/мин.}$$

Ближайшая стандартная частота вращения шпинделя $n = 4500$ об/мин.

Тогда:

$$N_e = \frac{0,5 \cdot 4500}{9750} = 0,23 \text{ кВт.}$$

3.6. Выбор оборудования

Учитывая диаметр обрабатываемой заготовки и требуемую мощность, выбираем автомат продольного точения с ЧПУ модели ЛА 155Ф30

Таблица 5. Технические характеристики автомата продольного точения ЛА 155Ф30.

Максимальный диаметр обрабатываемого прутка мм	16
Частота вращения главного шпинделя, об/мин	80-8000
Подача шпиндельной бабки, мм/мин	1-6000
Ускоренное перемещение шпиндельной бабки, м/мин	4
Наибольшая длина обрабатываемого изделия, мм	160
Подача инструментов суппортной стойки, мм/мин	0,5-3000
Ускоренное перемещение инструментов суппортной стойки м/мин	3,0
Перемещение шпинделей трехшпиндельного устройства при выдвижении в рабочую зону, мм	80
Наибольший диаметр сверления, мм	12

Наименьший диаметр сверления, мм	1,5
Мощность электродвигателя главного привода, кВт	5,5
Габарит автомата с приставным оборудованием, мм	5600x900x1720
Масса автомата с приставным оборудованием, кг	2270
Дискретность задания на перемещение, мм: - шпиндельной бабки (координата Z) - инструментов суппортной стойки (координата X)	0,001 0,0005

3.7 Нормирование технологических переходов, операций

Техническое нормирование устанавливает технически обоснованную норму расхода производственных ресурсов - рабочего времени, энергии, сырья, материалов, инструментов и т.п. Основы технологического нормирования устанавливает ГОСТ 3.1109-82. Главными целями нормирования являются:

- грамотно разработанный технологический процесс;
- минимальная себестоимость изготовления детали;
- минимальная трудоемкость изготовления детали.

Норма времени – регламентированное время выполнения некоторого объема работ в определенных производственных условиях одним или несколькими исполнителями соответствующей квалификации.

Норма времени, которое дается на обработку детали или каких-то поверхностей детали на данной технологической операции называется нормой штучного времени и складывается из:

- основного (машинного) или технологического времени;
- вспомогательного времени;
- времени обслуживания рабочего места;
- времени перерывов на отдых и физиологические потребности.

Нормирование будем вести для операции 015. Нормирование будет

заключаться в определении штучного времени. Расчет норм времени осуществляется на основании РТК (см графическую часть ВКР). Методика расчета изложена в литературе [13].

Основное время считается по формуле:

$$T_o = \sum_{i=1}^n \frac{L_i}{n_i S_i} i; \quad (66)$$

где T_o – машинное время для всех переходов, мин;

L_i – путь пройденный i -м инструментом на рабочей подаче, мм;

S_i – рабочая подача для i -го инструмента, мм/об;

n_i – рабочая частота вращения шпинделя, об/мин;

i – число проходов i -го инструмента.

Расчет основного времени.

Величина рабочего хода назначается исходя из длины обработки, рабочего хода инструмента и дополнительной длины резания [с.104. 13]

$$L = l_{\text{рез}} + y + l_{\text{доп}}$$

Для сверла $d = 3,8$ мм

$$y = 1,5 \text{ мм}$$

С учетом всех припусков на обработку и конфигурации детали

$$L = 10 + 1,5 = 11,5 \text{ мм}$$

Для развертки $d = 4,06$ мм

$$y = 1,5 \text{ мм}$$

$$L = 10 + 1,5 = 11,5 \text{ мм}$$

Для развертки $d = 4,1$ мм

$$y = 1,5 \text{ мм}$$

$$L = 10 + 1,5 = 11,5 \text{ мм}$$

При сверлении и развертывании на станках с ЧПУ:

$$T_{oa1} = \frac{11,5}{4500 \cdot 0.06} \cdot 1 = 0,04 \text{ мин.}$$

$$T_{oa1} = \frac{11,5}{4500 \cdot 0.06} \cdot 1 = 0,04 \text{ мин.}$$

$$T_{oa1} = \frac{11,5}{4500 \cdot 0.06} \cdot 1 = 0,04 \text{ мин.}$$

При чистовом точении за 1 проход

$$L_{p.x.} = L_{рез.} + y + l_{доп.}$$

$$L = 4 + 2 + 3 = 9 \text{ мм}$$

$$T_{oa} = \frac{9}{7800 \cdot 0.5} \cdot 1 = 0,0023 \text{ мин.}$$

Таким образом, $\sum T_{oa} = 0,0423 \text{ мин.}$

Расчёт вспомогательного времени.

Величина партии деталей 20 шт.

Следовательно, при размере партии $n = 20$ шт и оперативном времени на одну деталь $K_{тв} = 1,0$

Берем значения из [с 54. 15]

Вспомогательного времени на переходе $t_{пер}$, $t_{пер} = 0,07$ мин (К-21, л.1),

Времени на установку и снятие детали $t_{у.с.д}$, $t_{у.с.д} = 0,35$ мин

Времени на включение и выключение станка $t_{вкл}$, $t_{вкл} = 0,015$ мин (К-21, л.2),

Времени на установку и снятие инструмента $t_{инстр}$, $t_{инстр} = 0,035$ мин (К-21, л.2),

Времени на смазку инструмента $t_{см.ин}$, $t_{см.ин} = 0,035$ мин (К-21, л.2),

Времени на измерения $t_{изм}$, $t_{изм} = 0,14$ мин (К-63, л.4) – замер нутромером

Определяем T_b с учетом 3-х переходов, 3-х включений /выключений станка, 3-х смен инструмента, 3-х смазываний инструмента.

$$T_B = 3 \cdot t_{\text{пер}} + 3 \cdot t_{\text{у.с.д}} + 3 \cdot t_{\text{вкл}} + 3 \cdot t_{\text{инстр}} + 3 \cdot t_{\text{см.ин}} + 3 \cdot t_{\text{изм.}} \quad (67)$$

$$T_B = 3 \cdot 0,07 + 3 \cdot 0,35 + 3 \cdot 0,015 + 3 \cdot 0,035 + 3 \cdot 0,14 = 1,83 \text{ мин}$$

Норма штучного времени

$$T_{\text{шт.}} = (T_{\text{ца}} + T_B \cdot K_{\text{тв}}) \left(1 + \frac{a_{\text{тех}} + a_{\text{орг}} + a_{\text{отл}}}{100}\right) \quad (68)$$

Время на организационное и техническое обслуживание, отдых и личные потребности

$$a_{\text{тех}} = 8\% T_{\text{опер}}, \text{ где } T_{\text{опер}} = 1,83 + 0,0423 = 1,8723 \text{ мин} \quad (69)$$

$$a_{\text{орг}} = 8\% T_{\text{опер}} \quad (70)$$

$$a_{\text{отл}} = 2\% T_{\text{опер}} \quad (71)$$

$$T_{\text{шт.}} = (0,12 + 1,83 \cdot 1) \left(1 + \frac{8+8+2}{100}\right) = 2,3 \text{ мин}$$

Для установки детали в самоцентрирующийся патрон $T_{\text{вы}} = 0,35$ мин

Время цикла автоматической работы станка по программе

$$T_{\text{ца}} = T_o + T_{\text{мв}}, \text{ где} \quad (72)$$

$$T_{\text{мв}} = L_{\text{р.х.}} / S_{\text{мин.}} = 0,08 \quad (73)$$

$$T_{\text{ца}} = 0,0423 + 0,08 = 0,12 \text{ мин}$$

Установка заготовки в универсальное приспособление, без замены установочного приспособления, подготовка по степени сложности – простая, следовательно норма подготовительного–заключительного времени

$$T_{\text{пз}} = 7 \text{ мин.}$$

Определим норму общего калькуляционного времени на 1 шт при мелкосерийном производстве, $n=20$ – размер партии деталей.

$$t_{\text{шт.к.}} = T_{\text{шт}} + \frac{T_{\text{пз}}}{n} = 2,3 + \frac{7}{20} = 2,65 \text{ мин.} \quad (74)$$

3.8 Составление программы в G-кодах

Составление программы в G-кодах будем вести согласно [15]

%

N0 M40- третий диапазон частот вращения
 N1 M3 S4500– включение шпинделя с частотой вращения 4500об/мин
 N2 Z-2970 X-860 - ускоренное перемещение по двум координатам
 N3 F50 - подача 0,5 мм/об
 N4 Z0 X-340– черновое точение торца
 N5 Z0 X340 - ускоренное перемещение по двум координатам
 N6 Z2970 X860 - ускоренное перемещение по двум координатам
 N7 T2 - смена инструмента
 N8 Z-2970 X-340- - ускоренное перемещение по двум координатам
 N9 F50 - подача 0,5 мм/об
 N10 Z-2070 X0 – чистовое точение цилиндра
 N11 Z0 X43- ускоренное перемещение по двум координатам
 N12 Z0 X-400 – чистовое точение цилиндра
 N13 Z3470 X820 - ускоренное перемещение по двум координатам
 N14 Z0 X120 - ускоренное перемещение по двум координатам
 N15 T2 - смена инструмента
 N16 F25 - подача 0,06 мм/об
 N17 Z-2970 X0 – ускоренное перемещение по двум координатам
 N18 Z-123 X0 – развертка отверстия
 N19 Z123 X0 - ускоренное перемещение по двум координатам
 N20 Z2970 X0 - ускоренное перемещение по двум координатам
 N21 F25 - подача 0,06 мм/об
 N22 Z-2970 X0 – ускоренное перемещение по двум координатам
 N23 Z-123 X0 – развертка отверстия
 N24 Z123 X0- ускоренное перемещение по двум координатам
 N25 Z2970 X0 - ускоренное перемещение по двум координатам
 N26 F25 - подача 0,06 мм/об
 N27 Z-2970 X0 – ускоренное перемещение по двум координатам
 N28 Z-123 X0 – развертка отверстия
 N29 Z123 X0- ускоренное перемещение по двум координатам

N30 Z2970 X0 - ускоренное перемещение по двум координатам

N31 M5- отключение шпинделя

N32 M30- конец программы

%

3.9 Расчет усилия зажима приспособления

Выбранное приспособление для обработки заготовки – трехкулачковый самоцентрирующийся патрон. Заготовка базируется с упором в торец, соответственно необходимо рассчитать силу, которую приложить для предотвращения проворота заготовки в приспособлении на один кулачок.

$$Q = \frac{KM}{3fR}, \text{ где } (75)$$

K – коэффициент запаса;

M – крутящий момент;

R – радиус заготовки;

f – коэффициент трения заготовки о поверхности кулачков.

$$M = \frac{N_{\text{рез}} \cdot 10^3 \cdot 60}{2 \cdot \pi \cdot n} = \frac{4,3 \cdot 10^3 \cdot 60}{2 \cdot \pi \cdot 7800} = 5,3 \text{ Н} \cdot \text{м} \quad (76)$$

Где $N_{\text{рез}}$ – мощность резания для черновой операции (кВт);

n – частота вращения шпинделя (об/мин).

$$Q = \frac{KM}{3fR} = \frac{1,95 \cdot 5,3}{3 \cdot 25 \cdot 0,022} = 6,26 \text{ Н},$$

Коэффициент запаса рассчитывается под конкретные условия:

$$K = K_0 K_1 K_2 K_3 K_4 K_5 = 1,5 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,3 \cdot 1 = 1,95 \text{ [с 164. 16]}, (77)$$

где: $K_0=1,5$ – гарантированный коэффициент для всех случаев;

$K_1=1$ – коэффициент, учитывающий состояние поверхности;

$K_2=1$ —коэффициент, учитывающий затупление инструмента в процессе работы на черновой операции;

$K_3=1$ — коэффициент, учитывающий увеличение силы при прерывистом резании;

$K_4=1,3$ — коэффициент, учитывающий постоянство силы зажима при ручном зажиме и удобном расположении рукояток;

$K_5=1$ — коэффициент, учитывающийся при наличии крутящих моментов, с ограниченной поверхностью контакта заготовки

Выводы

В результате написания раздела был спроектирован технологический процесс изготовления детали типа «зубчатое колесо». В ходе проектирования были произведены выбор заготовки и моделирование маршрута обработки в условиях мелкосерийного производства. Рассчитаны припуски на механическую обработку и режимы резания. На основании полученных режимов резания, произведен подбор оборудования, режущего инструмента и приспособления, обеспечивающих их реализации. Был произведен подбор измерительного инструмента согласно требуемой точности и типу производства, установлена норма времени, необходимого для изготовления одной детали, а также спроектированы карта наладки, расчетно-технологическая карта, операционная карта и карта эскиза.

4. Раздел «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Введение

Цель написания раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» заключается в проведении планирования научно – исследовательских работ. Для того чтобы решить задачи, связанные с данным разделом ВКР необходимо:

- Определить структуру работ в рамках научного исследования;
- Определить трудоемкость выполнения работ;
- Разработать график проведения научного исследования;

Объектом экономического исследования в рамках написания ВКР является редуктор привода вращения рамки гиросtabilизатора.

4.1 Структура работ в рамках научного исследования

Написание данного параграфа проводится в целях составления перечня этапов и работ, предусмотренных научным исследованием, и последующим распределением исполнителей по установленным видам работ.

Таблица 6 - Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб.	Содержание работы	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель
Выбор направления исследования	2	Подбор и изучение материалов по теме	Студент
	3	Проведение патентных исследований	Студент
	4	Выбор направления исследования	Руководитель
	5	Календарное планирование работ по теме	Руководитель
Теоретические и экспериментальные исследования	6	Проведение расчетов	Студент
	7	Построение 3D модели редуктора	Студент
	8	Проведение испытания 3D модели редуктора на прочность.	Студент
Обобщение и оценка результатов	9	Оценка результатов проведенного испытания	Студент
Проведение ОКР			

Разработка технологической документации и проектирование	10	Разработка принципиальной схемы	Студент
	11	Выбор и расчет конструкции	Студент
	12	Проектирование технологических операций и уточнение содержания переходов	Студент
	13	Нормирование технологических переходов	Студент
	14	Разработка чертежей деталей	Студент
	15	Разработка сборочных чертежей	Студент
Изготовление и испытание опытного образца	16	Конструирование и изготовление опытного образца	Студент
	17	Лабораторные испытания опытного образца	Студент
Оформление отчета	18	Составление пояснительной записки	Студент

4.2 Определение трудоемкости выполнения работы

Трудовые затраты являются одним из основных факторов, влияющих на стоимости разработки, исходя из этого можно сделать вывод, что важным моментом будет определение трудоемкости работ каждого участника научного исследования.

Трудоемкость выполнения научного исследования оценивается экспериментальным путем и характеризуется такой величиной, как человеко–дни и она носит вероятностный характер, это обусловлено зависимостью от множества трудно учитываемых факторов. Для определения ожидаемого (среднего) значения трудоемкости $t_{ож i}$ используется следующая формула (78)

$$t_{ож i} = \frac{3t_{min i} + 2t_{max i}}{5}, \quad (78)$$

где $t_{ож i}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения i – ой работы чел. – дн.;

$t_{min i}$ – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной i – ой работы, чел. – дн.;

$t_{max i}$ – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной i – ой работы, чел. – дн.

Таблица 7- Допустимые значения трудоемкости выполнения работы

Основные этапы	№ раб.	Содержание работы	Минимальная трудоемкость (t_{min}), чел. – дн.	Максимальная трудоемкость (t_{max}), чел. – дн.
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	1	3
Выбор направления исследования	2	Подбор и изучение материалов по теме	1	3
	3	Проведение обзора аналогов	3	7
	4	Выбор направления исследования	0,5	1
	5	Календарное планирование работ по теме	1	2
Теоретические и экспериментальные исследования	6	Проведение расчетов	4	7
	7	Построение 3D модели редуктора	7	14
	8	Проведение испытания 3D модели редуктора на прочность.	1	2
Обобщение и оценка результатов	9	Оценка результатов проведенного испытания	1	2
Проведение ОКР				
Разработка технологической документации и проектирование	10	Разработка принципиальной схемы	2	3
	11	Выбор и расчет конструкции	4	5
	12	Проектирование технологических операций и уточнение содержания переходов	3	5
	13	Нормирование технологических переходов	2	5
	14	Разработка чертежей деталей	5	7
	15	Разработка сборочных чертежей	4	6
Изготовление и испытание опытного образца	16	Конструирование и изготовление опытного образца	5	10
	17	Лабораторные испытания опытного образца	2	4
Оформление отчета	18	Составление пояснительной записки	2,5	4

Таблица 8 - Ожидаемые значения трудоемкости выполнения работы

Основные этапы	№ раб.	Содержание работы	Ожидаемая трудоемкость ($t_{ож}$), чел. – дн.
Разработка технического	1	Составление и утверждение технического задания	1,8

задания			
Выбор направления исследования	2	Подбор и изучение материалов по теме	1,8
	3	Проведение обзора аналогов	4,6
	4	Выбор направления исследования	0,7
	5	Календарное планирование работ по теме	1,4
Теоретические и экспериментальные исследования	6	Проведение расчетов	5,2
	7	Построение 3D модели редуктора	9,8
	8	Проведение испытания 3D модели редуктора на прочность.	1,4
Обобщение и оценка результатов	9	Оценка результатов проведенного испытания	1,4
Проведение ОКР			
Разработка технологической документации и проектирование	10	Разработка принципиальной схемы	2,4
	11	Выбор и расчет конструкции	4,4
	12	Проектирование технологических операций и уточнение содержания переходов	3,8
	13	Нормирование технологических переходов	3,2
	14	Разработка чертежей деталей	5,8
	15	Разработка сборочных чертежей	4,8
Изготовление и испытание опытного образца	16	Конструирование и изготовление опытного образца	7
	17	Лабораторные испытания опытного образца	2,8
Оформление отчета	18	Составление пояснительной записки	3,1
ИТОГО:			65.4

Учитывая полученные значения ожидаемой трудоемкости выполнения работ, произведем расчет продолжительности каждой работы в рабочих днях T_p , учитывающей параллельность выполнения работ несколькими исполнителями по формуле (79)

$$T_{pi} = \frac{t_{ож\ i}}{Ч_i}, \quad (79)$$

где T_{pi} – продолжительность одной работы, раб. дн.;

$t_{ож\ i}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения работы, чел. – дн.;

Ч_i – численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, чел.

Так как работа на каждом этапе предусматривает наличие лишь одного исполнителя, можно утверждать, что величина продолжительности одной работы в рабочих днях будет равна величине ожидаемой трудоемкости ($T_{pi} = t_{ож\ i}$).

4.3 Разработка графика проведения научного исследования

При выполнении ВКР научные темы предоставляемые студентам, как правило, имеют сравнительно небольшой объем, наиболее удобным и понятным способом построения графика выполнения выпускной квалификационной работы является диаграмма Ганта. Она представляет собой горизонтальный ленточный график, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, которые характеризуются датой начала и датой окончания выполнения работ.

Для удобства построения графика, длительность каждого из этапов работ, рассчитанных в параграфе 5.2. из рабочих дней необходимо перевести в календарные дни:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}}, \quad (80)$$

где T_{ki} – продолжительность выполнения i – ой работы в календарных днях;

T_{pi} – продолжительность выполнения i – ой работы в рабочих днях;

$k_{\text{кал}}$ – коэффициент календарности, который в свою очередь определяется по формуле:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}}, \quad (81)$$

где $T_{\text{кал}}$ – количество календарных дней в году;

$T_{\text{вых}}$ – количество выходных дней в году;

$T_{\text{пр}}$ – количество праздничных дней в году.

Таблица 9 - Количество дней за 2015 год

Календарные дни, дн.	Рабочие дни, дн.	Праздничные (выходные) дни, дн.
365	247	118

$$k_{\text{кал}} = \frac{365}{365 - 118} = 1,48,$$

Производим расчет календарных дней по каждой работе, полученные данные округляем до целого числа и вносим в таблицу 4.5.

Таблица 10 - Временные показатели проведения ВКР

Название работы	Трудоемкость работы			Исполнители	Длительность работ в рабочих днях T_{pi}	Длительность работ в календарных днях T_{ki}
	$t_{\min}$, чел - дн	$t_{\max}$, чел - дн	$t_{\text{ожид}}$, чел - дн			
Составление и утверждение технического задания	1	3	1,8	Руководитель	2,66	3,94
Подбор и изучение материалов по теме	1	3	1,8	Студент	2,66	3,94
Проведение обзора аналогов	3	7	4,6	Студент	6,81	10,08
Выбор направления исследования	0,5	1	0,7	Руководитель	1,04	1,53
Календарное планирование работ по теме			,4	Руководитель	2,07	3,07
Проведение расчетов	4	7	5,2	Студент	7,70	11,39
Построение 3D модели редуктора	7	14	9,8	Студент	14,50	21,47
Проведение испытания 3D модели редуктора на прочность	1	2	1,4	Студент	2,07	3,07
Оценка результатов проведенного испытания	1	2	1,4	Студент	2,07	3,07
Разработка принципиальной схемы	2	3	2,4	Студент	3,55	5,26
Выбор и расчет конструкции	4	5	4,4	Студент	6,51	9,64

Проектирование технологических операций и уточнение содержания переходов	3	5	3,8	Студент	5,62	8,32
Нормирование технологических переходов	2	5	3,2	Студент	4,74	7,01
Разработка чертежей деталей	5	7	5,8	Студент	8,58	12,70
Разработка сборочных чертежей	4	6	4,8	Студент	7,10	10,51
Конструирование и изготовление опытного образца	3	8	5	Студент	10,36	15,33
Лабораторные испытания опытного образца	2	4	3,8	Студент	4,14	6,13
Составление пояснительной записки	2,5	4	3,1	Студент	4,59	6,79

На основании таблицы 12 производим построение календарного плана-графика. График строится для максимального по длительности исполнения работ на основании таблицы 13 с разбивкой по месяцам и декадам за период времени дипломирования.

Таблица 11 - Календарный план-график проведения НИОКР по теме

№ работ	Вид работ	Исполнители	T _{кв} кал.д н.	Продолжительность выполнения работ													
				Февр.		Март			Апрел ь			Май			Июнь		
				2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	
1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель	3,94														
2	Подбор и изучение материалов по теме	Студент	3,94														
3	Проведение обзора аналогов	Студент	10,08														
4	Выбор направления исследования	Руководитель	1,53														
5	Календарное планирование работ по теме	Руководитель	3,07														

6	Проведение расчетов	Студент	11,39																
7	Построение 3D модели редуктора	Студент	21,47																
8	Проведение испытания 3D модели редуктора на прочность	Студент	3,07																
9	Оценка результатов проведенного испытания	Студент	3,07																
10	Разработка принципиальной схемы	Студент	5,26																
11	Выбор и расчет конструкции	Студент	9,64																
12	Проектирование технологических операций и уточнение содержания переходов	Студент	8,32																
13	Нормирование технологических переходов	Студент	7,01																
14	Разработка чертежей деталей	Студент	12,70																
15	Разработка сборочных чертежей	Студент	10,51																
16	Конструирование и изготовление опытного образца	Студент	15,33																
17	Лабораторные испытания опытного образца	Студент	6,13																
18	Составление пояснительной записки	Студент	6,79																



- руководитель



- студент

Заключение

Таким образом в ходе написания раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» были определены: структура работ в рамках научного исследования, трудоемкость выполнения работ и разработан график проведения научного исследования.

5. Раздел «Социальная ответственность»

Введение

В данной работе был спроектирован редуктор с червячно-роликовой передачей, т.е. были проведены все необходимые технические расчеты и конструирование редуктора с помощью различных текстовых и графических редакторов, программных комплексов. На основе этого в качестве рабочего места будет рассматриваться место работы оператора ПК (персонального компьютера).

Длительная работа на ПЭВМ отрицательно воздействует на здоровье человека. Монитор ПК, является источником различных излучений, таких как: электромагнитное, рентгеновское, ультрафиолетовое, инфракрасное, а так же излучения видимого диапазона.

При нахождении длительное время в сидячем положении возрастают напряжения в мышцах и появляются боли в руках, плечевых суставах, позвоночнике, шее. При продолжительной работе за компьютером на клавиатуре возникают болевые ощущения в запястьях, кистях и пальцах рук. Особенностью работы на ПК является постоянное и значительное напряжение функций зрительного анализатора. [18]

Данный раздел ВКР посвящен анализу воздействующих в процессе работы опасных и вредных факторов и выработке методов защиты от негативного действия этих факторов. В ходе работы был проведен анализ вредных факторов таких как: повышения уровня шума отклонение показателей микроклимата в помещении, превышение электромагнитных излучений. Были рассмотрены вопросы, касающиеся охраны окружающей среды, защиты в случае чрезвычайной ситуации, а так же правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.

5.1 Анализ выявленных вредных факторов производственной среды

Физические, химические и биологические факторы рабочей среды на рабочем месте должны не только не оказывать вредного воздействия на людей, но и способствовать сохранению их здоровья, обуславливать проявление способностей и стимулировать желание выполнять рабочие задачи.

Комфортное состояние - состояние внешней среды, при котором обеспечивается оптимальная динамика работоспособности, хорошее самочувствие и сохранение здоровья работающего человека.

Рабочее место находится в офисном помещении. Площадь помещения составляет 18 м^2 (длина $A=6$ м, ширина $B=3\text{ м}$), объем составляет 45 м^3 (высота $C=2,5\text{ м}$). Согласно СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 [2] площадь на одно рабочее место пользователей ПЭВМ составляет $6,5\text{ м}^2$ и 20 м^3 объема на одного человека [19]. В помещении работает 2 человека, следовательно, нормы по площади и объему выполняются.

При работе с ПК можно столкнуться с рядом вредных факторов и опасностей, к числу которых относятся: недостаточная освещенность рабочей зоны; уровень шума, на рабочем месте превышающий допустимый; повышенная или пониженная подвижность воздуха; повышенный уровень электромагнитных излучений и статического электричества; значение напряжения в электрической цепи, превышающее нормы, замыкание которой может пройти через тело человека.

Значительным физическим фактором является микроклимат рабочей зоны, особенно температура и влажность воздуха.

Микроклимат помещений – климат внутренней среды этих помещений, который определяется действующими на организм человека сочетаниями температуры, влажности и скорости движения воздуха. При определенных значениях микроклимата, человек находится в состоянии

теплового комфорта, это повышает производительность труда и способствует предупреждению простудных заболеваний. В свою очередь, неблагоприятные значения микроклимата могут послужить причиной снижения производственных показателей в работе, вызывают такие заболевания работающих как различные формы простуды, радикулит и др.

При работе в помещениях, которая связана с длительным использованием ПЭВМ, велика вероятность возникновения нервно-эмоциональных напряжений. В помещениях такого типа должны поддерживаться параметры микроклимата оптимальные для категории работ 1а и 1б в соответствии с действующими санитарно-эпидемиологическими нормативами микроклимата производственных помещений.

Таблица 12–Оптимальные нормы температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха

Период года	Категория работ по уровням	Температура, С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, не более м/с
Холодный	Ia	22–24	60–40	0.1
	Iб	21–23		
Теплый	Ia	23–25		
	Iб	22–24		

Если помещения оборудованы ПЭВМ, то необходимо еженедельно проводить влажную уборку и регулярное проветривание каждый час после работы на ПЭВМ.

В рассматриваемом помещении осуществляется естественная вентиляция, так как имеется оконный проем (форточка), а также дверной проем. Данный тип вентиляции является общеобменной. Главный недостаток - приточный воздух поступает в помещение без предварительной очистки и нагревания. Согласно нормам СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 [19] объем воздуха

приходящийся на одного человека в помещении без дополнительной вентиляции должен быть более 40 м^3 [19]. В рассматриваемом помещении объем воздуха приходящийся на одного человека составляет $22,5\text{ м}^3$, можно сделать вывод, что в помещении недостаточный объем воздуха и необходимо обеспечить дополнительную вентиляцию.

Одним из наиболее опасных в производстве вредных факторов является шум. Шум – это совокупность аperiodических звуков различной интенсивности и частоты (шелест, дребезжание, скрип, визг и т.п.), способных оказывать неблагоприятное воздействие на организм.

Шум с уровнем звукового давления до 30-35 дБ привычен для человека и не беспокоит его. Повышение уровня звукового давления до 40-70 дБ в условиях среды обитания приведет к неблагоприятным для организма последствиям. К основным последствиям, вызванным шумом можно отнести: головную боль, быструю утомляемость, бессонницу или сонливость, ослабление памяти, снижение реакции и д.р.

Главным источником шума в рассматриваемом помещении являются куллеры, предназначенные для охлаждения ЭВМ. Уровень шума изменяется в диапазоне от 35 до 40дБА. При работе на ПЭВМ уровень звука на рабочем месте не должен превышать 50дБА [19]. Исходя из этого, можно считать, что рабочее место соответствует вышеуказанным нормам.

Источником электромагнитных излучений в нашем случае являются дисплеи ПЭВМ. Излучения монитора компьютера попадают в рентгеновскую, ультрафиолетовую и инфракрасную области, а также широкий диапазон электромагнитных волн других частот. Согласно СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 напряженность электромагнитного поля по электрической составляющей на расстоянии 50см вокруг ВДТ (видеодисплейный терминал) не должна превышать 25 В/м в диапазоне от 5 Гц до 2 кГц и 2,5 В/м - в диапазоне от 2 до 400 кГц [19]. Плотность магнитного потока не должна превышать в диапазоне от 5 Гц до 2 кГц 250 нТл и 25 нТл - в диапазоне от 2 до 400 кГц. Поверхностный электростатический потенциал не должен

превышать 500 В [19]. Рабочие места оборудованы ПЭВМ типа Acer Aspire, имеющими характеристики: напряженность электромагнитного поля 2,5 В/м; поверхностный потенциал составляет 420 В [20] .

Согласно СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 конструкция ВДТ и ПЭВМ должна обеспечивать мощность экспозиционной дозы рентгеновского излучения в любой точке на расстоянии 0,05 м от корпуса не более 0,1 мбэр/ч (100мкР/ч). Предел дозы облучения для работников ВЦ (операторы, программисты) составляет 0,5 бэр/год.

Освещение рабочего места - важнейший фактор, влияющий на создание благоприятных условий труда. Недостаточное освещение утомляет не только зрение, но и приводит к утомлению всего организма в целом. Неправильное освещение является одной из причин, приводящих к повышению травматизма на рабочем месте (плохо освещенные опасные зоны, слепящие лампы и блики от них). Резкие тени ухудшают или вызывают полную потерю ориентации работающих, а также вызывают потерю чувствительности глазных нервов, что приводит к резкому ухудшению зрения.

Освещенность рабочего места, согласно СанПиН 2.2.2/2.4.1340-0 [19], должна составлять не менее 300-500 лк, это может быть достигнуто за счет установки местного освещения.

Таблица 13–Нормы естественного и искусственного освещения

Характеристика зрительной работы	Наименьший объем различения, мм	Искусственное освещение, лк	
		Комбинированное	Общее
Высокая точность	0,3–0,5	750	300

Местное освещение не должно создавать бликов на экране. При правильном выборе и расположении светильников, яркость бликов на экране не должна превышать 40 кд/м². Светильники местного освещения должны предусматривать в своей конструкции не просвечивающий отражатель.

Оптимальная освещённость достигается в дневное время за счёт естественного света, проникающего через оконные проёмы, а в утренние и вечерние часы за счёт искусственного освещения лампами.

В качестве источников искусственного света используется люминесцентная лампа, так как по спектральному составу она близка к дневному свету; обладает более высоким КПД и повышенной светоотдачей.

Существуют меры защиты от опасных и вредных факторов производства, которые делятся на технические и организационные. К данным мерам относится защита от вредного воздействия облучения. Для защиты от внешнего облучения, которое возникает при работе с дисплеем, проводятся следующие мероприятия:

- для обеспечения оптимальной работоспособности и сохранении здоровья на протяжении рабочей смены должны устанавливаться регламентированные перерывы – при 8-часовом рабочем дне продолжительностью 15 минут через каждый час работы;
- дисплей устанавливается таким образом, чтобы от экрана до оператора было не менее 60-70 см;
- должны использоваться дисплеи со встроенными защитными экранами.

5.2 Анализ выявленных опасных факторов производственной среды

К опасным факторам относится наличие в помещении большого количества аппаратуры, которая использует однофазный электрический ток напряжением 220 В и частотой 50Гц. Комната относится к помещениям без повышенной вероятности электропоражения. В рассматриваемом помещении поддерживается нормальная влажность, отсутствует высокая температура, токопроводящая пыль и возможность одновременного соприкосновения с имеющими соединение с землей металлическими предметами и металлическими корпусами оборудования.

При нормальном режиме работы оборудования опасность электропоражения крайне мала, однако, могут возникать аварийные режимы работы, когда происходит случайное электрическое соединение частей оборудования, находящегося под напряжением с заземленными конструкциями.

Поразить человека электрическим током может в следующих случаях:

- при прикосновении к токоведущим частям во время ремонта ПЭВМ;
- при однофазном (однополюсном) прикосновении неизолированного от земли человека к неизолированным токоведущим частям электроустановок, находящихся под напряжением;
- при прикосновении к нетоковедущим частям, находящимся под напряжением, то есть в случае нарушения изоляции;
- при соприкосновении с полом и стенами, оказавшимися под напряжением;
- при возможном коротком замыкании в высоковольтных блоках: блоке питания, блоке развертки монитора.

Основными мероприятиями по обеспечению электробезопасности являются [21]:

- ограждение токопроводящих частей, для исключения возможности случайного прикосновения к ним;
- установки защитного заземления;
- наличие общего рубильника;
- своевременный осмотр технического оборудования, изоляции.

При прохождении через тело человека электрический ток оказывает на него сложное воздействие, которое является совокупностью термического, электролитического, биологического и механического воздействий, это приводит к различным нарушениям в организме, вызывая как местные повреждения тканей и органов, так и общее его поражение.

Термическое действие тока проявляется в ожогах тела, нагреве и повреждении органов, что вызывает их серьезные функциональные расстройства.

Электролитическое действие тока проявляется в разложении крови и других жидкостей в организме, вызывает значительные нарушения их физико-химического состава, а также ткани в целом.

Механическое действие тока проявляется в разрывах кожи, кровеносных сосудов, нервной ткани, а также вывихах суставов и даже переломах костей вследствие резких непроизвольных судорожных сокращений мышц под действием тока, проходящего через тело человека.

Биологическое действие тока выражается главным образом в нарушении биологических процессов, протекающих в живом организме, что сопровождается разрушением и возбуждением тканей и сокращением мышц.

Любое из вышеуказанных воздействий может являться причиной получения электрической травмы, т.е. повреждения организма, вызванного воздействием электрического тока или электрической дуги.

Первая помощь при поражении электрическим током:

1. Необходимо обеспечить свою безопасность. Надеть сухие перчатки (резиновые, шерстяные, кожаные и т.п.), резиновые сапоги. По возможности отключить источник тока. При подходе к пострадавшему по земле идти мелкими, не более 10 см, шагами.

2. Сбросить с пострадавшего провод сухим токонепроводящим предметом (палка, пластик). Оттащить пострадавшего за одежду не менее чем на 10 метров от места касания проводом земли или от оборудования, находящегося под напряжением.

3. Вызвать (самостоятельно или с помощью окружающих) «скорую помощь».

4. Определить наличие пульса на сонной артерии, реакции зрачков на свет, самостоятельного дыхания.

5. При отсутствии признаков жизни провести сердечно-легочную реанимацию.

6. При восстановлении самостоятельного дыхания и сердцебиения придать пострадавшему устойчивое боковое положение.

7. Если пострадавший пришел в сознание, укрыть и согреть его. Следить за его состоянием до прибытия медицинского персонала, может наступить повторная остановка сердца.

5.3 Охрана окружающей среды

В составе компьютера большое количество компонентов, содержащих токсичные вещества и представляющих угрозу, как для человека, так и для окружающей среды. К таким веществам относятся:

- свинец (накапливается в организме, поражая почки, нервную систему);
- ртуть (поражает мозг и нервную систему);
- никель и цинк (могут вызывать дерматит);
- щелочи (прожигают слизистые оболочки и кожу) [22];

Поэтому компьютер требует специальных комплексных методов утилизации. В этот комплекс мероприятий входят:

- отделение металлических частей от неметаллических;
- металлические части переплавляются для последующего производства;
- неметаллические части компьютера подвергаются специальной переработке;

На сегодняшний день ведется создание и внедрение безотходной технологии в ряде отраслей промышленности, полный перевод ведущих отраслей промышленности на безотходную технологию пока не возможен,

так как это потребует решения большого комплекса технологических, конструкторских и организационных задач.

5.4 Защита в чрезвычайных ситуациях

В рассматриваемом помещении имеется электропроводка с напряжением 220 В, которая предназначена для питания вычислительной техники и освещения. При неправильной эксплуатации оборудования и коротком замыкании электрической цепи может произойти возгорание, грозящее уничтожением техники, документов и прочего оборудования, находящегося в помещении.

Так как данное помещение относится к категории Д (наличие твердых сгораемых вещей), необходимо проводить следующие пожарно-профилактические мероприятия:

- организационные мероприятия, которые касаются технического процесса с учетом пожарной безопасности объекта;
- эксплуатационные мероприятия, рассматривающие эксплуатацию имеющегося оборудования;
- технические и конструктивные, связанные с правильным размещением и монтажом электрооборудования и отопительных приборов.

Организационные мероприятия:

- Противопожарный инструктаж обслуживающего персонала;
- Обучение персонала правилам техники безопасности;
- Издание инструкций, плакатов, планов эвакуации.

Эксплуатационные мероприятия:

- Соблюдение эксплуатационных норм оборудования;
- Обеспечение свободного подхода к оборудованию;
- Содержание в исправном состоянии изоляции токоведущих проводников.

К техническим мероприятиям можно отнести соблюдение противопожарных требований при устройстве электропроводок, оборудования, систем отопления, вентиляции и освещения. В коридоре находится порошковый огнетушитель типа ОП-5, рубильник, на двери приведен план эвакуации в случае пожара, и, на доступном расстоянии, расположен пожарный щит.

Одним из наиболее дешевых и простых средств пожаротушения является вода, которая находится в свободном доступе (водопровод). Для эффективного тушения огня используют пожарные рукава и стволы, которые находятся в специальных шкафах, расположенных в коридоре. В пунктах первичных средств огнетушения должны располагаться ящик с песком, пожарные ведра и топор.

Для предотвращения возгорания, возникшего в электроустановке, должны быть использованы огнетушители углекислотные типа ОУ-2 или порошковые типа ОП-5. Кроме устранения самого очага пожара нужно своевременно организовать эвакуацию людей.

5.5 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Обеспечение безопасности на рабочем месте подразумевает различные правовые и организационные решения.

При осуществлении практической деятельности в области обеспечения безопасности жизнедеятельности необходимо соблюдать нормативы и правила ведения соответствующих работ, позволяющие их обеспечить. Соблюдение рабочего режима, правил ведения работ и т.д.

Согласно СанПиН [19] при размещении рабочих мест с ПЭВМ расстояние между рабочими столами с установленными на них видеомониторами (в направлении тыла поверхности одного видеомонитора и

экрана другого видеомонитора) должно быть не менее 2,0 м, а расстояние между боковыми поверхностями видеомониторов - не менее 1,2 м.

При наличии в помещении источника вредных производственных факторов рабочие места с ПЭВМ должны размещаться в изолированных кабинах с организованным воздухообменом.

При выполнении творческой работы, которая требует значительного умственного напряжения или высокой концентрации внимания, рекомендуется изолировать рабочие места с ПЭВМ друг от друга перегородками высотой 1,5 - 2,0 м.

Экран видеомонитора должен находиться от глаз пользователя на расстоянии 600 - 700 мм, но не ближе 500 мм с учетом размеров алфавитно-цифровых знаков и символов.

Конструкция рабочего стола должна обеспечивать оптимальное размещение на рабочей поверхности используемого оборудования с учетом его количества и конструктивных особенностей, характера выполняемой работы. Допускается использование рабочих столов различных конструкций, которые отвечают современным требованиям эргономики. Поверхность рабочего стола должна иметь коэффициент отражения 0,5 - 0,7.

Конструкция рабочего стула (кресла) должна обеспечивать поддержание рациональной рабочей позы при работе на ПЭВМ, должна позволять спокойно изменять позу с целью снижения статического напряжения мышц шейно-плечевой области и спины для предупреждения развития утомления. Тип рабочего стула (кресла) следует выбирать с учетом роста пользователя, характера и продолжительности работы с ПЭВМ.

Рабочий стул (кресло) должен быть с подъемно-поворотным механизмом, регулируемым по высоте и углам наклона сиденья и спинки, а также расстоянию спинки от переднего края сиденья, при этом регулировка каждого параметра должна быть независимой, легко осуществляемой и иметь надежную фиксацию.

Поверхность сиденья, спинки и других элементов стула (кресла) должна быть полумягкой, с нескользящим, слабо электризующимся и воздухопроницаемым покрытием, обеспечивающим легкую очистку от загрязнений.

Заключение

В ходе выполнения ВКР были систематизированы и закреплены знания в сфере профессиональной деятельности, которая включает совокупность средств, способов и методов проектирования промышленных изделий, обработки различных материалов. Основная цель проекта достигалась путем последовательного решения поставленных задач

В данной работе проделаны следующие этапы :

- 1) Анализ различных механических передач;
- 2) Разработка общей схемы редуктора;
- 3) Расчет и моделирование редуктора привода вращения рамки гиростабилизатора;
- 4) Разработка технологического процесса изготовления детали.

При экономической оценке проекта была выявлена трудоемкость выполнения выпускной квалификационной работы.

Итогом проведенной работы стал проект, удовлетворяющий техническим и конструктивным требованиям, а также требованиям производственной и экологической безопасности

Список публикаций студента

1. Буханченко С.Е. , Пустозеров К.Л., Зуев А.В. Устройство регистрации крутящего момента при вращательном и возвратно-вращательном движениях исполнительного органа [Электронный ресурс] // Современные техника и технологии: сборник трудов XX международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, Томск, 14-18 апреля 2014 г.: в 3 т. / Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ) . — 2014. —Т. 1. — [С. 177-178]:
2. Буханченко С.Е. , Пустозеров К.Л., Зуев А.В. Устройство регистрации крутящего момента при вращательном и возвратно-вращательном движениях исполнительного органа [Электронный ресурс] // Контроль. Диагностика. — 2015. — № 6. — [С. 49-54]
3. Зуев А.В., Ермаков Д.В. Червячно-роликовая передача редуктора вращения рамки подвеса гиросtabilизатора [Электронный ресурс] // Технические науки - от теории к практике. — 2016. — № 57. — [С. 16-27]. — Заглавие с экрана.
4. Larionova L.V., Nazarov T.A., Trofimchuk S.N., Zuev A.V. Learning English as the question of great importance [Electronic resource] //Коммуникативные аспекты языка и культуры: сборник материалов XIV Международной научно-практической конференции студентов и молодых ученых, г. Томск, 21-23 мая 2014 г.: в 3 ч. / Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ), Институт международного образования и языковой коммуникации (ИМОЯК) ; под ред. С. А. Песоцкой. — 2014. —Ч. 1. — [С. 159-161].

Список использованной литературы.

1. Образовательный сайт АМТИ [Электронный ресурс]. Режим доступа <http://eduamti.org.ru/>, свободный. Загл. с экрана (дата обращения 07.03.2016)
2. Основы конструирования и детали машин [Электронные ресурсы]. Режим доступа: http://www.bmstu.ru/~rk3/okdm/lect/lect_12.html/, свободный. Загл. с экрана (дата обращения 07.03.2016)
3. Теория машин и механизмов. Электронный учебный курс для студентов очной и заочной форм обучения. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.teormach.ru/>, свободный. Загл. с экрана (дата обращения 08.03.2016)
4. Патент РФ № 85962 от 21.04.2009. Червячная передача. Гладышев Г.Н. Гладышев Ю.Г. Ермаков Д.В.
5. ГОСТ 19036-81 Передачи червячные цилиндрические.
6. Патент РФ № 21078 от 20.12.2001. Червячная передача. Чаевский М.И. Братчикова М.А.
7. Козлов М.П. Зубчатые передачи точного приборостроения. Издательство «Машиностроение» Москва 1969г. – 399с.
8. Богатырев А., Минаков А. Модернизация российских машиностроительных предприятий: потенциал, проблемы и пути их решения // Умное производство выпуск № 32. 2015
9. Карсунцева О.В. Формирование и реализация стратегии повышения уровня использования производственного потенциала предприятий машиностроения: дис. канд./д-ра экономич. Наук. Самар. гос. Университет. Самара, 2014
10. Косилова А.Г. Справочник технолога машиностроителя. В 2-х т. Т. 1/ Под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1986. 656с., ил.

11. Косилова А.Г. Справочник технолога машиностроителя. В 2-х т. Т. 2/ Под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1985. 496с., ил.
12. Интехника [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.intehnika.ru/>, свободный. Загл. с экрана
13. Бароновский Ю.В. Режимы резания металлов Справочник./Под ред. Ю.В. Барановского. - М.: Машиностроение, 1972, с.300.
14. Гришин Р.Г., Лысенко Н.В., Носов Н.В. Нормирование станочных работ. Определение вспомогательного времени при механической обработке заготовок: Учебное пособие. - Самара, СамГТУ, 2008. - 143 с.
15. В.В. Сыров. Программирование и работа на станках, оснащенных системой ЧПУ «ЭЛЕКТРОНИКА НЦ-31»/ учебное пособие 92с
16. Антонюк В.Е. В помощь молодому конструктору станочных приспособлений. Издательство «Беларусь», 1986 г.–350 с.
17. Пушкаренко А.Б. Методические указания по выполнению курсового проекта для студентов очной формы обучения специальности 1202 «Металлорежущие станки инструменты».- Томск: Изд-во ТПУ, 2005.-20с.
18. Романенко С.В. Социальная ответственность – С.В. Романенко, Ю.В. Анищенко – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2016. – 11 с.
19. Гигиенические требования к электронно-вычислительным машинам и организации работы. Санитарные правила и нормы 2.2.2 2.4.1340 – 03. – М., 2003
20. Основы противопожарной защиты предприятий ГОСТ 12.1.004 и ГОСТ 12.1.010 – 76.
21. Правила устройства электроустановок. Минэнерго СССР, 6-е издание – Энергоатомиздат, 1996. – 640с.

22. ПОТ РМ-016-2001 РД 153-34.0-03.150-00. Межотраслевые правила по охране труда (правила безопасности) при эксплуатации электроустановок.

Приложение А

Кинематическая схема привода вращения рамки гиросtabilизатора

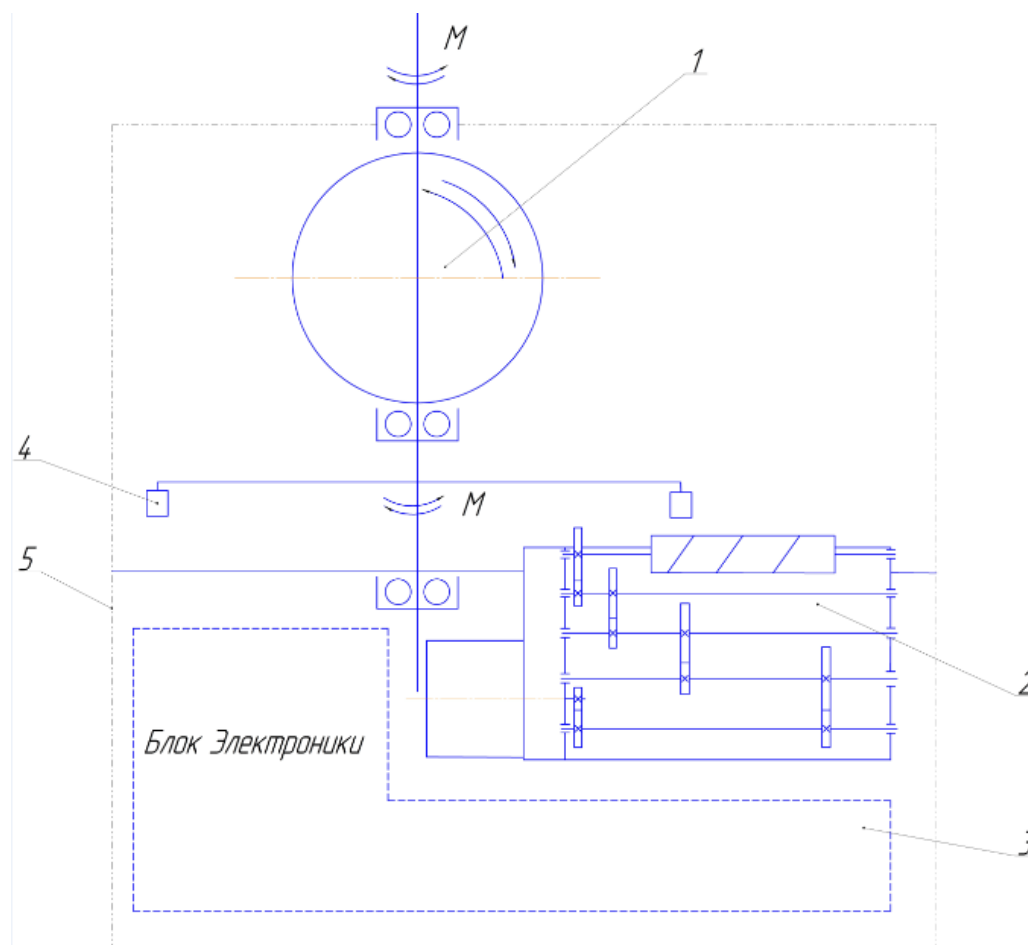
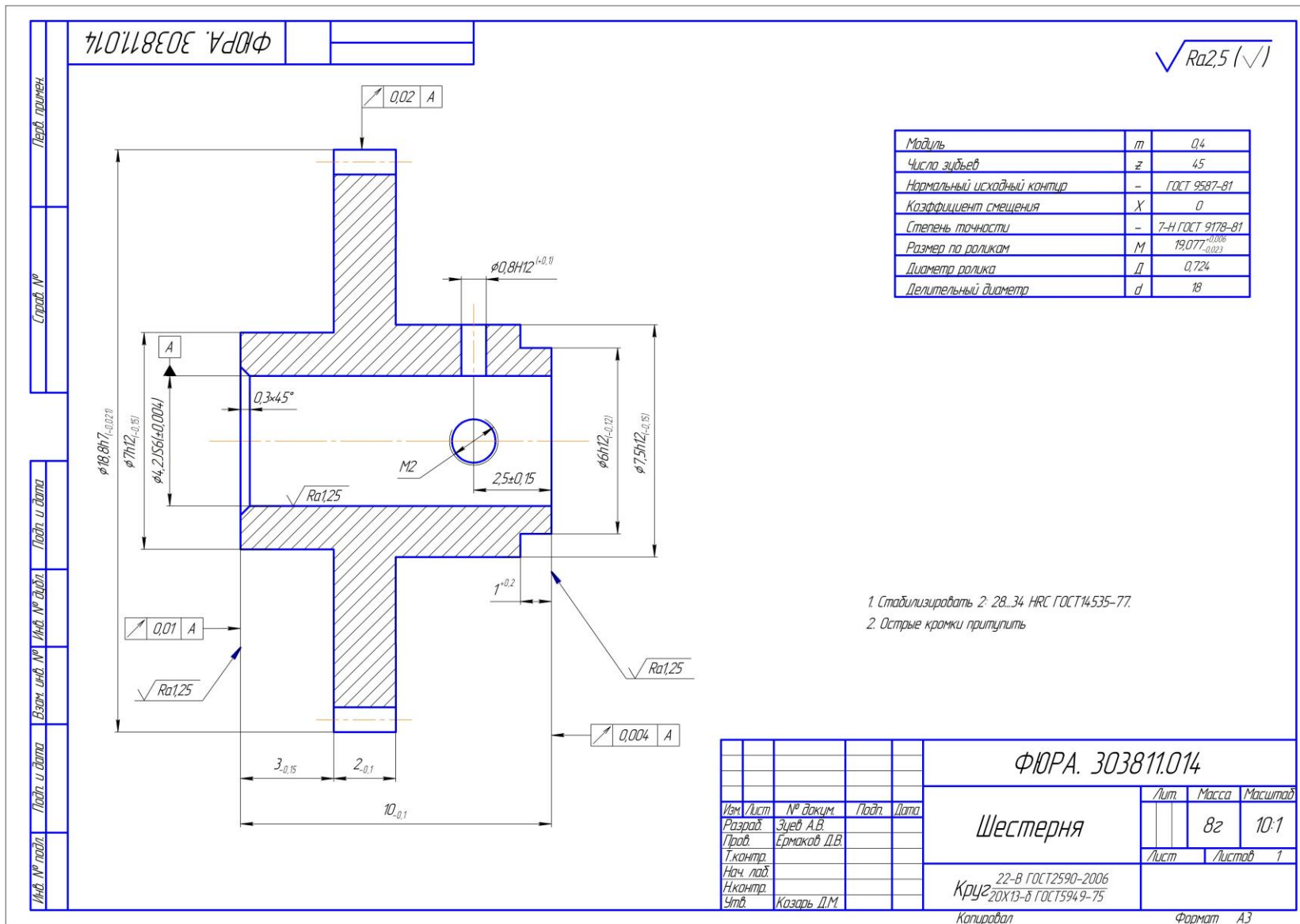


Рисунок 17. Кинематическая схема привода: 1 – электродвигатель–маховик (ЭДМ); 2 – редуктор; 3 – блок электроники; 4 – рамка вращения ЭДМ; 5 – корзина.

Приложение Б.



Приложение В. Карта наладки.

Дудл.																			
Взам.																			
Подп.																			

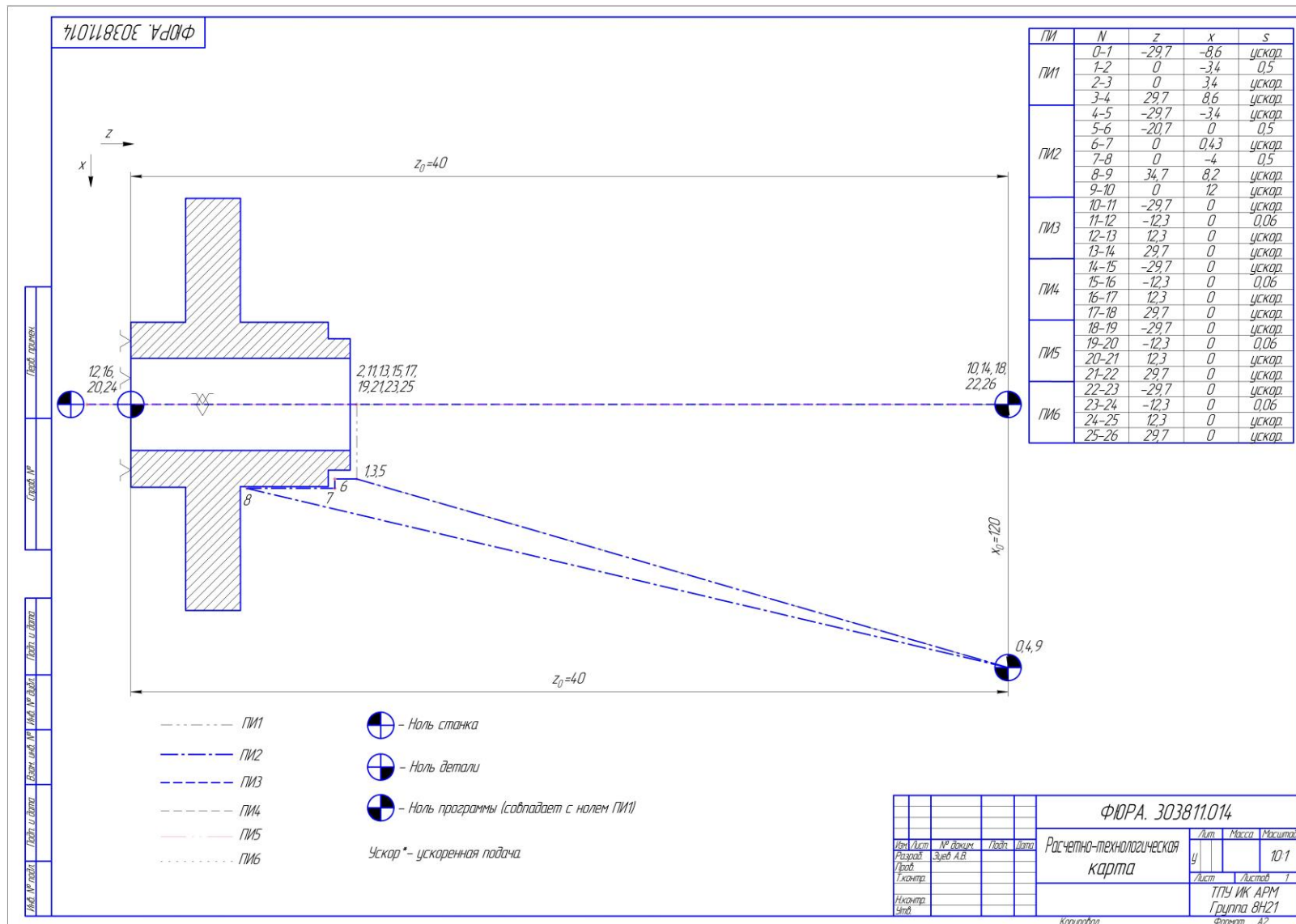
Разраб.	Зубов А.В.																		
Провер.																			
Соглас.																			
Утверд.																			
Н. Контр.																			

ТПУ					АРМ 8Н21									
Зубчатое колесо										ВКР				

Ось вращения детали совпадает с осью вращения сверла

КЭ

Приложение Г



Приложение Д. Карта эскизов

Диз.									
Взам.									
Подп.									
							Изм.	Лист	№ докум.
									Дата
Разраб.	Зубов А.В.			ТПУ	АРМ 8Н21				
Провер.									
Соглас.									
Утверд.				Зубчатое колесо					ВКР
Н. Контр.									

$\sqrt{Ra2,5 (\sqrt{1})}$

Technical drawing of a gear profile (Зубчатое колесо) showing dimensions and callouts:

- Callout 1: $1^{+0,2}$
- Callout 2: $6_{-0,12}$
- Callout 3: $7_{-0,15}$
- Callout 4: $4^{+0,25}_{-0,30}$
- Callout 5: $\phi 4,2 \pm 0,004$
- Surface texture: $\sqrt{1,25}$

КЭ

Приложение Е. Операционная карта

Дубл.																											
Взам.																											
Подп.																											
Разраб.	Зуев А.В.				ТПУ	ВКР.АРМ.8Н21.0К																					
Нормир.																											
Соглас.																											
Т. Контр.																ВКР		015									
Н. Контр.																											
Наименование операции		Материал		Твердость		ВР	МД	Профиль и размеры		МЗ	КОИД																
Токарная		20Х13																									
Оборудование: устройство ЧПУ		Обозначение программы		То	ТВ	Тпз	Тшт	СОЖ																			
Автомат продольного точения с ЧПУ 1А 155Ф30				0,042	1,83	7	2,3	Эмульсия																			
Р		ПИ		Д или В		l	f	i	S	n	V																
01				ММ		ММ	ММ	-	ММ/ОБ	ОБ/МИН	М/МИН																
0 02	1. Установить и закрепить заготовку																										
Т 03	Расточенные кулачки; универсальное приспособление																										
04																											
05																											
0 06	2. Подрезать торец, выдерживая размер 1																										
Т 07	Резец 2131-0066 ГОСТ 18880-73, пластина ГОСТ 25397-90																										
Т 08	ШЦ-1-125-0,02 ГОСТ 166-80																										
Р 09		ПИ1		6		3,4	3	1	0,5	7800	185																
10																											
0 11	3. Точить поверхность начисто, вырезывая размер 2, 3																										
Т 12	Резец 2131-0067 ГОСТ 18879-73, пластина ГОСТ 25426																										
Т 13	ШЦ-1-125-0,02 ГОСТ 166-80																										
Р 14		ПИ2		7,5		4	0,08	1	0,5	7800	185																
15																											
OK																											

Приложение Е. продолжение

[illegible]

Приложение Ж. Итоговая оценка Оригинальности ФЮРА 303199.001

Информация о документе:

Author: Зуев Александр Витальевич
Имя документа: TPU197591.docx
URL: <http://portal.tpu.ru/cs/TPU197591.docx>
Дата проверки: 10.06.2016 11:36
Модули поиска: Интернет (Антиплагиат), Диссертации и авторефераты РГБ

Текстовые статистики:

Индекс читаемости: сложный
Неизвестные слова: в пределах нормы
Макс. длина слова: в пределах нормы
Большие слова: в пределах нормы

Тип отчета: Улучшенный ▼ [О типах отчетов](#)

Источник	Ссылка на источник	Коллекция/модуль поиска	Доля в отчёте	Доля в тексте
[1] Нагруженных давление...	http://www.industrialy.ru/explosive/n1/288/	Интернет (Антиплагиат)	1.44%	1.44%
[2] Скачать/BANKAreferat...	http://www.bankareferatov.ru/files/doc/ref/new_works/BANKAre...	Интернет (Антиплагиат)	0.42%	0.42%
[3] Радченко, Сергей Юрь...	http://dlib.rsl.ru/rsl01002000000/rsl01002627000/rsl01002627...	Диссертации и авторефераты РГБ	0.31%	0.31%
[4] Аккерман, Владимир В...	http://dlib.rsl.ru/rsl01002000000/rsl01002632000/rsl01002632...	Диссертации и авторефераты РГБ	0.3%	0.3%

Другие действия ▼  Печать

Оригинальные блоки: 97.52%
 Заимствованные блоки: 2.48%
 Заимствование из "белых" источников: 0%
 Итоговая оценка оригинальности: **97.52%**

Рисунок 17. Отчет о проверке на антиплагиат