МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

«ПЕНЗЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

Факультет промышленных технологий, электроэнергетики и транспорта (наименование)	Кафедра «Транспортные машины» (наименование)
Специальность	23.05.01«Наземные транспортно-технологические средства» (код и наименование)
Специализация	«Автомобили и тракторы» (наименование)

ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ

на тему

Повышение проходимости автомобиля Шевроле Нива путем разработки межосевой вискомуфты

Студент группы 15МН1	_____ (подпись, дата)	*Зуев Алексей Сергеевич* (ФИО полностью)
Руководитель работы: к.т.н., доцент	_____ (подпись, дата)	*Войнов А.А.* (фамилия, инициалы)
Нормоконтролер: к.т.н., доцент	_____ (подпись, дата)	*Жук А.П.* (фамилия, инициалы)

Работа допущена к защите (протокол заседания кафедры от *10 июня 2020 г.* № *9а*)

Заведующий кафедрой: д.т.н., профессор	_____ (подпись, дата)	*Салмин В.В.* (фамилия, инициалы)

Работа защищена с отметкой _____ (протокол заседания ГЭК от _____ 2020 г. № ____)

Секретарь ГЭК: к.т.н., доцент	_____ (подпись, дата)	*Жук А.П.* (фамилия, инициалы)

Пенза 2020

ФГБОУ ВО «ПЕНЗЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

Факультет машиностроения и транспорта

Кафедра «Транспортные машины»

«Утверждаю»
Заведующий кафедрой «ТМ»
профессор _____ *В.В. Салмин*
подпись
« 28 » ноября 2019 г.

ЗАДАНИЕ
на дипломное проектирование

Студенту группы 15МН1 Политехнического института, очной формы обучения по специальности 23.05.01 «Наземные транспортно-технологические средства»

Зуеву Алексею Сергеевичу

Руководитель проекта: *к.т.н., доцент кафедры «ТМ» А.А. Войнов*

Время дипломного проектирования: *с 28.11.2019 г. по 24.05.2020 г.*

Место преддипломной практики: *ООО «Лотос-Техно»*

Тема проекта: *Повышение проходимости автомобиля Шевроле Нива путем разработки межосевой вискомуфты*

Тема утверждена приказом ПГУ № *1285/о от 28.11.2019 г.*

Техническое задание на проект (назначение устройства, условия применения, внешние воздействия, специальные требования и т.п.): *Выполнить проектирование дифференциала с блокировкой с помощью вискомуфты*

Объем и содержание основной части проекта

Пояснительная записка (перечень вопросов, подлежащих разработке, расчетов, обоснований, описаний):

- *проведение патентных исследований;*
- *разработка схемы взаимодействия дифференциала и вискомуфты;*
- *расчет дифференциала;*
- *разработка модели дифференциала;*
- *расчет на прочность и жесткость деталей;*
- *разработка технологического процесса изготовления детали;*
- *разработка инструкции по эксплуатации;*
- *вопросы безопасности жизнедеятельности.*
- *экономический расчет эффективности разработки.*

Графическая часть (перечень и содержание чертежей, плакатов)

- *структура дипломного проекта* *1л А1*
- *патентно-информационное исследование* *1л А1*
- *общий вид транспортного средства* *1л А1*
- *чертеж общего вида дифференциала* *2л А1*
- *деталировочные чертежи* *4л А2*
- *чертеж заготовки* *1л А2*
- *чертеж детали* *1л А2*
- *технологические наладки изготовления детали* *1л А1*
- *результаты моделирования* *1л А1*
- *плакат исследования деталей* *1 л А1*

Литература:

–патенты по тематике дипломного проекта;

–Артёмов, И.И. Транспортные машины и транспортно-технологические комплексы. Курсовое и дипломное проектирование: методика и общие требования [Текст] / И.И. Артёмов, А.Б. Балакшин и др.– Пенза : ПГУ, 2004 г. – 256 с.

Консультанты и содержание дополнительных разделов (указывается конкретное содержание задания)

По конструкции устройства: *«вискомуфта»*

Консультант: *к.т.н., доцент* _____ *А.А. Войнов*
подпись

По технологии: «*Технологический процесс изготовления детали»*

Консультант: *к.т.н., доцент* _____ *А.А. Войнов*
подпись

По безопасности жизнедеятельности: «*Мероприятия по безопасной эксплуатации транспортного средства»*

Консультант: *к.т.н., доцент* _____ *А.А. Войнов*
подпись

Дата выдачи задания: *« 28 » ноября 2019 г.*

Руководитель дипломного проекта: *к.т.н., доцент* _____ *А.А. Войнов*
подпись

Задание к исполнению принял студент гр. 15МН1 _____ *А.С. Зуев*
подпись

« 28 » ноября 2019 г.

ФГБОУ ВО «ПЕНЗЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

Факультет машиностроения и транспорта

Кафедра «Транспортные машины»

«УТВЕРЖДАЮ»
Руководитель ВКР

к.т.н., доцент _____ А.А. Войнов
подпись

« 29 » ноября 2019 г.

КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН
выполнения дипломного проекта

Наименование выполняемой работы	Срок исполнения		Отметка о выполнении (Подпись руководителя, консультанта)
	начало	окончание	
1	2	3	4
1. Получение задания на ДП, его уяснение и беседа с руководителем.	28.11.19	29.11.19	
2. Подбор и изучение патентов и литературы.	30.11.19	14.11.19	
3. Обоснование проекта. Разработка компоновочной схемы трансмиссии.	15.11.19	30.11.19	
4. Расчет параметров конструкции. Расчет деталей системы.	01.12.19	31.12.19	
5. Моделирование разработки.	01.01.20	14.01.20	
6. Чертеж общего вида автомобиля. Сборочный чертеж дифференциала.	15.01.20	31.01.20	
7. Чертежи деталей системы.	01.02.20	14.02.20	
8. Плакат результатов моделирования. Исследование напряженно-деформированного состояния деталей	15.02.20	29.02.20	
9. Деталировка рабочих чертежей.	01.03.20	14.03.20	
10. Технологический процесс механической обработки детали.	15.03.20	31.03.20	
11. Влияние разработанной конструкции на окружающую среду и безопасность жизнедеятельности.	01.04.20	14.04.20	

1	2	3	4
12. Разработка инструкции по эксплуатации разработки.	15.04.20	30.04.20	
13. Окончательное оформление ПЗ и чертежей.	01.05.20	20.05.20	
14. Представление ПЗ и чертежей руководителю на просмотр и подпись.	21.05.20	22.05.20	
15. Получение отзыва руководителя проекта.	23.05.20	24.05.29	
16. Представление ДП нормоконтролёру	25.05.20	30.05.20	
17. Представление ДП рецензенту. Получение рецензии по дипломному проекту.	31.05.20	10.06.20	
18. Полное завершение всех работ и представление заведующему кафедрой на подпись ПЗ (совместно с чертежами, отзывом и рецензией).	11.06.20	17.06.20	
19. Подготовка к защите проекта.	18.06.20	19.06.20	
20. Защита дипломного проекта.	*по графику защит*		

Студент группы 15МН1 _____ А.С. Зуев

подпись

« 29 » ноября 2019 г.

UDC 629.113

Zuev A.S. Increasing the cross-country ability of a Chevrolet Niva car through the development of an interaxal viscous coupling: Graduation project. - Penza: PSU, 2020 - 129 p., 16 ill., 15 tables.

Keywords: patency, transfer case, differential, viscous coupling, detailing, manufacturing technology, operating instructions, safety of life.

In the graduation project, the differential is designed for a Niva Chevrolet car. By using this type of differential lock, you can increase the patency of the vehicle. Development modeling is carried out, parameters are calculated. Calculation of the strength of parts in the Solid Works environment has been performed.

The technological process of manufacturing a viscous coupling disc has been developed.

The issues of safe operation of the development are considered.

An instruction manual has been developed.

УДК 629.113

Зуев А.С. Повышение проходимости автомобиля Шевроле Нива путем разработки межосевой вискомуфты: Дипломный проект. – Пенза: ПГУ, 2020 – 129 с., 16 ил., 15 таблиц.

Ключевые слова: ПРОХОДИМОСТЬ, РАЗДАТОЧНАЯ КОРОБКА, ДИФФЕРЕНЦИАЛ, ВИСКОМУФТА, ДЕТАЛИРОВКА, ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ, ИНСТРУКЦИЯ ПО ЭКСПЛУАТАЦИИ, БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ.

В дипломном проекте спроектирован дифференциал для автомобиля Нива Шевроле. За счет использования такого типа блокировки дифференциала можно увеличить проходимость транспортного средства. Выполнено моделирование разработки, проведен расчет параметров. Выполнен расчет на прочность деталей в среде Солид Воркс.

Разработан технологический процесс изготовления диска вискомуфты.

Рассмотрены вопросы безопасной эксплуатации разработки.

Разработана инструкция по эксплуатации.

Содержание

ВВЕДЕНИЕ 8
1 ПАТЕНТНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В ОБЛАСТИ МОТОР-КОЛЕС 10
1.1 ОПИСАНИЕ ОБЪЕКТА 10
1.1.1 УСТРОЙСТВО ВИСКОМУФТЫ 10
1.1.2 ПРИМЕНЕНИЕ ВИСКОМУФТ 10
1.1.3 АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ СХЕМ РАЗДАТОЧНЫХ КОРОБОК ПЕРЕДАЧ 11
1.2 ФОРМИРОВАНИЕ ПРОГРАММЫ ИССЛЕДОВАНИЙ 18
1.2.1 ФОРМУЛИРОВКА ЦЕЛЕЙ ИССЛЕДОВАНИЯ 18
1.2.2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ СТРАН ПРОВЕРКИ 19
1.2.3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ КАТЕГОРИИ ОБЪЕКТА 19
1.2.5. УСТАНОВЛЕНИЕ ГЛУБИНЫ ПОИСКА 19
1.2.6. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИСТОЧНИКОВ ИНФОРМАЦИИ 20
1.3 ПАТЕНТНЫЙ ПОИСК 20
1.3.1 ВЫБОР ПАТЕНТНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ, ИМЕЮЩЕЙ ОТНОШЕНИЕ К ИТР 20
1.4 ВЫБОР АНАЛОГА И ПРОТОТИПА, ОЦЕНКА ИХ ТЕХНИЧЕСКОГО УРОВНЯ С УКАЗАНИЕМ ДОСТОИНСТВ И НЕДОСТАТКОВ 23
1.4.1 ОЦЕНКА ТЕХНИЧЕСКОГО УРОВНЯ 23
1.4 ВЫВОДЫ 29
2 КОНСТРУКТОРСКАЯ ЧАСТЬ 31
2.1 РАСЧЕТ ТЯГОВО–ДИНАМИЧЕСКОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ 31
2.1.1 ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ 31
2.1.2 АНАЛИЗ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПРОТОТИПА 32
2.1.3 РАСЧЕТ МОЩНОСТИ ДВИГАТЕЛЯ АВТОМОБИЛЯ 35
2.1.4 РАСЧЕТ ПЕРЕДАТОЧНЫХ ЧИСЕЛ В ТРАНСМИССИИ 38
2.1.5 РАСЧЕТ ДИНАМИКИ АВТОМОБИЛЯ 41
2.1.5.1 СИЛОВОЙ И МОЩНОСТНОЙ БАЛАНСЫ АВТОМОБИЛЯ 41
2.1.5.2 ПОСТРОЕНИЕ ДИНАМИЧЕСКОГО ПАСПОРТА АВТОМОБИЛЯ 48

2.1.5.3 РАЗГОН АВТОМОБИЛЯ. ВРЕМЯ И ПУТЬ РАЗГОНА 50
2.2 РАСЧЕТ ТОПЛИВНОЙ ЭКОНОМИЧНОСТИ И ПОСТРОЕНИЕ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ 56
2.3 РАСЧЕТ РАЗДАТОЧНОЙ КОРОБКИ 64
2.3.1 РАСЧЁТ ЗУБЧАТОЙ ПЕРЕДАЧИ 64
2.3.2 ВЫБОР МАТЕРИАЛА. 66
2.3.3 РАСЧЁТ ШЕСТЕРЁНЧАТОГО СИММЕТРИЧНОГО ДИФФЕРЕНЦИАЛА 68
2.4 РАЗРАБОТКА 3 Д МОДЕЛИ УСТРОЙСТВА 72
2.5 ВЫВОДЫ 74
3 ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ 75
3.1 СЛУЖЕБНОЕ НАЗНАЧЕНИЕ ДЕТАЛИ 75
3.2 ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ НА ИЗГОТОВЛЕНИЕ ДЕТАЛИ 75
3.3 ТЕХНИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МАТЕРИАЛА 75
3.4 АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЧНОСТИ КОНСТРУКЦИИ ДЕТАЛИ 76
3.5 ВЫБОР ТИПА ПРОИЗВОДСТВА 77
3.6 ВЫБОР ЗАГОТОВКИ 79
3.7 РАЗРАБОТКА МАРШРУТНОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ИЗГОТОВЛЕНИЯ ЗУБЧАТОГО КОЛЕСА 81
3.8 ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА ОБОРУДОВАНИЯ 82
3.9 ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА РЕЖУЩЕГО И ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО ИНСТРУМЕНТА 83
3.10 РАСЧЁТ РЕЖИМОВ РЕЗАНИЯ 85
3.11 РАСЧЕТ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ НОРМ ВРЕМЕНИ 95
3.12 ВЫВОДЫ 102
4 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ 103
4.1 ПЕРЕРАБОТКА АВТОМОБИЛЬНЫХ ШИН 104
4.2 ВЫВОДЫ 115
5 ИНСТРУКЦИЯ ПО ЭКСПЛУАТАЦИИ ДИФФЕРЕНЦИАЛА С ВЯЗКОСТНОЙ МУФТОЙ 116
5.1 ВЫВОДЫ 121
6 ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРОЕКТА 122

6.1 РАСЧЕТ СЕБЕСТОИМОСТИ И ЦЕНЫ ПРОЕКТИРУЕМОГО ДИФФЕРЕНЦИАЛА 122
6.1.1 РАСЧЕТ ЗАТРАТ НА ПРОЕКТИРОВАНИЕ ДИФФЕРЕНЦИАЛА .. 122
6.1.2 РАСЧЕТ СЕБЕСТОИМОСТИ ПРОЕКТИРУЕМОГО ДИФФЕРЕНЦИАЛА 125
6.1.3 РАСЧЕТ ОТПУСКНОЙ ЦЕНЫ ПРОЕКТИРУЕМОГО ДИФФЕРЕНЦИАЛА 132
6.2 РАСЧЕТ ТОЧКИ БЕЗУБЫТОЧНОСТИ [26]..... 133
6.3 РАСЧЕТ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ 134
6.4 ВЫВОДЫ 136
ЗАКЛЮЧЕНИЕ..... 138
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ 139
Приложение А (рекомендуемое) патенты
Приложение Б (обязательное) Спецификации
Приложение В (обязательное) Маршрутные и операционные карты
Приложение Г (обязательное) Графическая часть дипломного проекта

Введение

Повышение проходимости полноприводного автомобиля является важной задачей для повышения его потребительских свойств. Автомобиль Нива Шевроле известен давно. Однако он обладает рядом недостатков: один из них отсутствие автоматической блокировки межколесного дифференциала. В настоящее время блокировку может включить только сам водитель при необходимости. Но поскольку в раздаточной коробке прямозубые шестерни – необходимо тонко найти момент, когда можно будет эту блокировку включить. Таким образом, крайне важным становится вопрос создания автоматической блокировки межосевого дифференциала.

Актуальность темы работы подтверждается необходимостью упрощения процесса управления раздаточной коробкой автомобиля и повышения его потребительских качеств.

Задача повышения проходимости автомобиля Нива Шевроле может быть решена с использованием механизма блокировки межколесного дифференциала в раздаточной коробке транспортного средства.

Особенностью разработки будет использование вискомуфты как механизма ограничения кинематического рассогласования частот вращения валов привода колес передней и задней оси.

Цель дипломного проекта: повышение проходимости автомобиля Шевроле Нива за счет разработки механизма блокировки межосевого дифференциала раздаточной коробки за счет использования вискомуфты.

Задачи проекта:

1. Патентно-информационный поиск конструкций вискомуфт и возможностей встраивания их в раздаточные коробки;

2. Разработка и расчет конструкторского решения по обеспечению блокировки межосевого дифференциала за счет использования вискомуфты;

3. Разработка технологии изготовления уникальной детали разработанной конструкции;

4. Разработка мероприятий по обеспечению безопасности окружающей среды вследствие использования разработки;

5. Разработка инструкции по эксплуатации разработки;

6. Выполнение экономического расчета эффективности разработки.

1 Патентные исследования в области мотор-колес

1.1 Описание объекта

Что такое вискомуфта и для чего она нужна

Вязкостная муфта (так она официально называется) – это элемент трансмиссии, обеспечивающий передачу крутящего момента с одного вала на другой. Как правило, она используется как межосевой дифференциал, где может работать самостоятельно или в паре со свободным дифференциалом [2].

1.1.1 Устройство вискомуфты

«Рабочим телом» вискомуфты является жидкость с особыми качествами, поэтому в механизме почти отсутствует механическое трение. Работа вискомуфты не требует участия водителя, она срабатывает в нужное время сама, без какого-либо управления [3].

Задача вискомуфты – в автоматическом режиме синхронизировать скорость вращения валов на передней и задней оси. Она включается в работу, когда одно или оба колеса на одной оси вывешиваются (пробуксовывают), при этом резко возрастает скорость их вращения по отношению к другой оси. Работа вискомуфты заключается в выравнивании угловых скоростей за счет полной или частичной блокировки «проблемной» оси и передачи крутящего момента на ту, у которой лучше сцепление в поверхностью [2].

1.1.2 Применение вискомуфт

Вязкостная муфта отлично показала себя на внедорожниках, используемых для сложного рельефа. В качестве самоблокирующегося межосевого дифференциала она долгое время устанавливалась на автомобили повышенной проходимости. При этом практически никогда вискомуфта не использовалась в качестве осевого дифференциала, для этой цели применялись другие устройства.

Схема расположения вискомуфты в полноприводном автомобиле [2].

Низкая цена и отличная надежность сделали вискомуфты востребованными у большинства любителей внедорожного спорта. И даже более современные виды трансмиссии не заставили поклонников отказаться от удобного и простого механизма.

Чтобы понять, для чего нужна эта деталь, надо вспомнить принцип работы подключаемого полного привода: он задействуется, когда начинаются проблемы [3].

Данная вискомуфта будет устанавливаться в раздаточную коробку автомобиля. В связи с этим необходимо рассмотреть и технические решения в данной области.

1.1.3 Анализ существующих схем раздаточных коробок передач

Раздаточная коробка устанавливается на тракторах и автомобилях со всеми ведущими колесами для распределения крутящего момента от КП к их ведущим мостам. Как правило, она устанавливается сзади или рядом с КП, в отдельном или общем корпусе. В некоторых случаях она является последним выходным редуктором составной КП [2].

Раздаточные коробки можно классифицировать по следующим основным признакам:

по характеру деления крутящего момента;

по числу отводимых потоков мощности;

по числу ступеней передаточного числа;

по способу включения выходных валов.

По характеру деления крутящего момента раздаточные коробки бывают с дифференциальным или с блокируемым приводом выходных валов [2].

Раздаточные коробки с блокируемым приводом выходных валов позволяют использовать полную по условиям сцепления ведущих колес с опорной поверхностью тяговую силу. Однако при движении автомобиля или трактора на

повороте или по неровной дороге при блокируемом приводе неизбежно проскальзывание колес, что приводит к интенсивному изнашиванию шин, повышенному расходу топлива и перегрузке элементов трансмиссии [3].

Раздаточные коробки с дифференциальным приводом выходных валов исключают возникновение перечисленных выше явлений. Применение в таких коробках межосевого дифференциала позволяет выходным валам вращаться с разными угловыми скоростями и распределять крутящий момент между ведущими мостами пропорционально вертикальной нагрузки на них. Однако межосевой дифференциал снижает проходимость автомобиля и тяговые свойства трактора. Поэтому для устранения указанного недостатка применяют межосевые дифференциалы с принудительной блокировкой [3].

В отечественных автомобилях применяют раздаточные коробки с блокируемым или дифференциальным приводом, а на тракторах - с блокируемым приводом.

По числу отводимых потоков мощности они бывают одинарные (поток мощности от раздаточной коробки подводится к одному мосту) или двойные (мощность распределяется на два потока между мостами автомобиля или трактора). Одинарные раздаточные коробки обычно устанавливаются на тракторах классической компоновки с передними ведущими колесами малого диаметра. Их изготавливают в виде отдельного узла, который можно установить снаружи на КП. На автомобилях используют двойные раздаточные коробки, выполненные в отдельном корпусе, а на тракторах - двойные раздаточные коробки, являющиеся составной частью КП.

По числу ступеней передаточного числа раздаточные коробки бывают одно или двухступенчатые. Первая ступень двухступенчатой раздаточной коробки не изменяет передаточное число трансмиссии автомобиля или трактора, а вторая понижающая ступень, называемая демультипликатором, увеличивает передаточное число трансмиссии примерно в 2 раза. При включении демультипликатора повышается проходимость автомобиля и тяговая способность трактора [2].

По способу включения выходных валов различают раздаточные коробки постоянного включения, автоматически включаемые и комбинированные. Первые, применяются на автомобилях и тракторах. Причем, постоянно ведущим может быть передний или задний мост, а другой подключается водителем в зависимости от условий работы машины.

Раздаточные коробки с автоматическим включением чаще используются на тракторах . В этом случае задний мост всегда ведущий, а передним включается лишь при определенных условиях. Для этого в приводе используются разнообразные муфты свободного хода (МСХ) или другие автоматизированные системы. Автоматическое включение переднего ведущего моста обычно производится при увеличении буксования трактора более 4...6% [3].

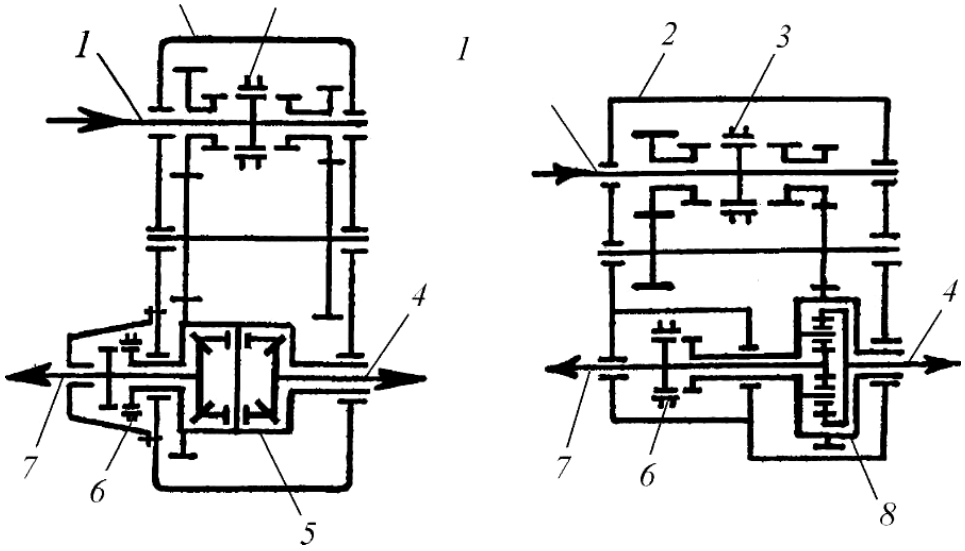
Комбинированный способ включения позволяет водителю самому выбрать либо постоянный, либо автоматический способ подключения ведущего моста.

Раздаточные коробки автомобилей наиболее часто выполняют в отдельном корпусе. Раздаточные коробки с симметричным межосевым дифференциалом, применяют на двухосных полноприводных автомобилях, а с несммметричным дифференциалом - на трехосных. При этом несимметричный дифференциал к двум задним ведущим мостам автомобиля подводит больший крутящий момент, чем к одному переднему мосту [3].

Раздаточная коробка легкового полноприводного автомобиля ВАЗ - 2121 с симметричным межосевым дифференциалом (рисунок 1.2). Коробка двухступенчатая с блокируемым приводом. Передаточное число повышенной передачи $u_к$ = 1,2, а пониженной передачи $u_к$ = 2,135.

При раздаточных коробках с дифференциальным приводом выходных валов все мосты автомобиля постоянно включены. Крутящий момент с входного вала 1 раздаточной коробки передается на выходные валы 4 и 7. Включение повышенной и пониженной ступени передаточного числа осуществляется с помощью зубчатой муфты 3, а блокировка межосевого дифференциала - с помощью зубчатой муфты 6.

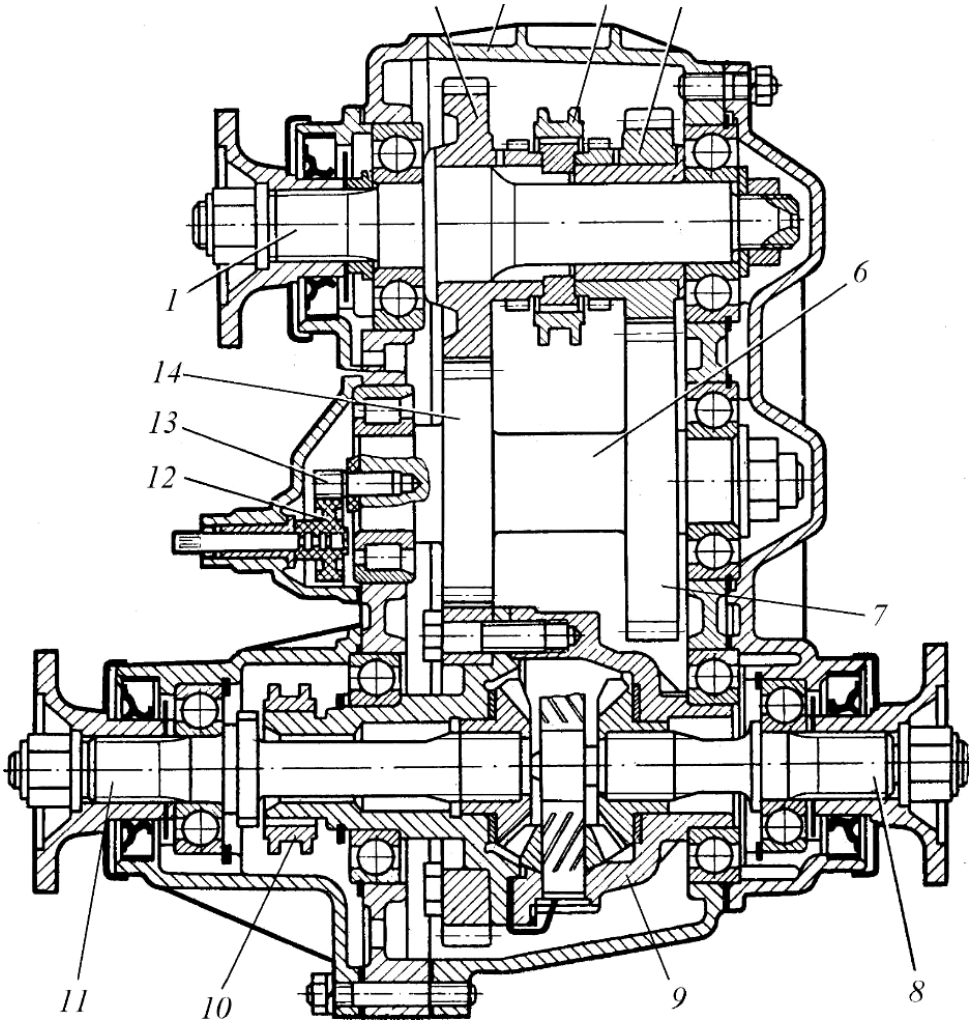
Валы 10 и 7, передающие крутящий момент соответственно на передний и задний мосты, связаны между собой симметричным межосевым дифференциалом 9, что обеспечивает постоянный привод обоих ведущих мостов и улучшение устойчивости автомобиля. Для увеличения проходимости автомобиля дифференциал может блокироваться [3].



а – с симметричным межосевым дифференциалом; б – с несимметричным межосевым дифференциалом; 1 – входной вал; 2 – картер; 3 – зубчатая муфта переключения ступеней передатоного числа; 4 – выходной вал привода заднего моста или мостов; 5 – симметричный межосевой дифференциал; 6 – зубчатая муфта блокировки дифференциала; 7 – выходной вал привода переднего моста; 8 – несимметричный межосевой дифференциал

Рисунок 1.1 – Схемы раздаточных коробок автомобилей

Высшая передача включается зубчатой муфтой 4, которая входит в зацепление с зубчатым венцом шестерни 2. В результате вращение от ведущего вала 1 передается через шестерни 2 и 14 на корпус дифференциала 9 и далее на валы 8 и 11 привода соответственно заднего и переднего мостов автомобиля. Поскольку дифференциал симметричный, то крутящий момент, подводимый к переднему и заднему мосту автомобиля одинаковый.



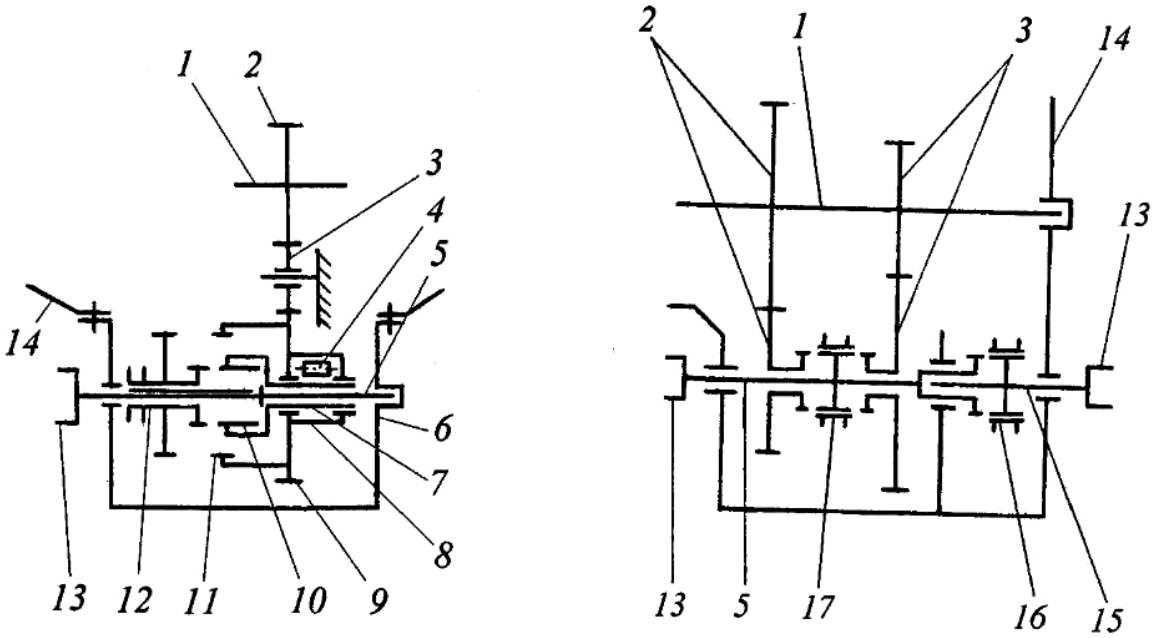
1 – ведущий вал; 2 – ведущая шестерня высшей передачи; 3 – картер раздаточной коробки; 4 – зубчатая муфта включения передач; 5 – ведущая шестерня низшей передачи; 6 – промежуточный вал; 7, 14 – шестерни промежуточного вала; 8 – вал привода заднего моста; 9 – межосевой симметричный дифференциал; 10 – зубчатая муфта блокировки дифференциала; 11 - вал привода переднего моста; 12, 13 – ведомая и ведущая шестерни привода спидометра соответственно

Рисунок 1.2 – Раздаточная коробка с симметричным межосевым дифференциалом легкового автомобиля ВАЗ-2121

Низшая передача включается также зубчатой муфтой 4, которая входит в зацепление с зубчатым венцом шестерни 5. Здесь вращение от ведущего вала 1

передается через шестерни 5, 7 и 14 на корпус дифференциала 9 и далее на валы 8 и 11 привода соответственно заднего и переднего мостов автомобиля.

Блокировка дифференциала осуществляется включением зубчатой муфты 10, которая входит в зацепление с зубчатым венцом вала 11 привода переднего ведущего моста. В результате валы 8 и 11 привода соответственно заднего и переднего мостов автомобиля вращаются как одно целое с одинаковой угловой скоростью. Привод спидометра осуществляется через шестерни 13 и 12.



1 – вторичный вал КП; 2, 3, 9 – шестерни; 4 – ролики МСХ; 5, 15 – выходные валы раздаточной коробки; 6, 14 – картер соответственно раздаточной коробки и КП; 7, 8 – внутренняя и наружная обоймы МСХ; 10, 11 – зубчатые венцы; 12 – двухвенцовая зубчатая муфта; 13 – фланец карданного вала; 16, 17 – зубчатые муфты

Рисунок 1.3 – Схемы раздаточных коробок тракторов

Раздаточные коробки тракторов, как правило, выполняют в общем корпусе с КП. Раздаточная коробка трактора МТЗ-82: все узлы и агрегаты раздаточной коробки установлены в картере 6, который присоединен фланцем сбоку к картеру 14 КП. Ведущая шестерня 9 раздаточной коробки приводится в движение от промежуточной шестерни 3, находящейся в постоянном зацеплении с шестерней

2 вторичного вала 1 КП. Шестерня 9 установлена на наружной обойме 8 роликовой МСХ, а ее внутренняя обойма 7 свободно установлена на правом (по схеме) конце выходного вала 5 раздаточной коробки.

С левой стороны шестерни 9 и обоймы 7 выполнены внутренние зубчатые венцы соответственно 11 и 10. На левой шлицевой части вала 5 установлена двухвенцовая зубчатая муфта 12, показанная в выключенном положении. Она служит для включения и выключения МСХ и принудительного включения переднего ведущего моста.

При ее перемещении вправо вначале входит в зацепление ее малый зубчатый венец с зубчатым внутренним венцом 10, устанавливая автоматический режим включения переднего моста посредством МСХ. При дальнейшем перемещении муфты 12 вправо ее большой зубчатый венец соединит шестерню 9 с валом 5, блокируя работу МСХ. На конце вала 5 установлен фланец 13 карданного вала к переднему мосту.

Принцип автоматического включения переднего ведущего моста основан на искусственном рассогласовании передаточных чисел трансмиссии при подводе мощности к ведущим колесам трактора. Передаточные числа подобраны так, что при отсутствии буксования задних ведущих колес трактора внутренняя обойма 7 МСХ, получающая вращение от свободно катящихся передних колес, вращается быстрее наружной обоймы 8, к которой подводится мощность от двигателя. Вследствие этого ролики 4 МСХ свободно проворачиваются, не заклинивая обоймы и не передавая мощность от двигателя на передний мост.

В результате увеличения тягового усилия трактора повышается буксование задних колес, снижаются скорость движения и частота вращения обоймы 7. При буксовании 4.6% задних ведущих колес частоты вращения обойм 7 и 8 выравниваются. При большем буксовании колес наружная обойма 8 вращается быстрее внутренней обоймы 7, ролики 4 заклиниваются и МСХ вращается как одно целое, передавая мощность от двигателя на передний ведущий мост. При снижении буксования ниже указанных пределов передний мост автоматически отключается, вновь становясь ведомым.

При работе трактора на рыхлых и влажных почвах, когда буксование ведущих колес значительно рекомендуется работать с блокированной МСХ, чтобы уменьшить износ последней.

В некоторых конструкциях подобных раздаточных коробок, вместо зубчатых блокировочных муфт применяют многодисковые фрикционные муфты с гидроподжатием [3].

Кинематическая схема двухступенчатой двойной раздаточной коробки постоянного включения, установленной в отдельном отсеке общего картера 14 КП. Такая схема раздаточной коробки применяется на тракторах, у которых постоянно включенным является передний ведущий мост (например, трактор К-701 и его дальнейшие модификации). Двухступенчатый редуктор состоит из двух пар шестерен 2 и 3 постоянного зацепления, соединяющих вторичный вал 1 КП с выходным валом 5 раздаточной коробки привода переднего ведущего моста.

Зубчатая муфта 17 обеспечивает получение повышающего (мощность передается через шестерни 2*)* или понижающего (мощность передается через шестерни 3) скоростного режима работы трактора. В задней расточке вала 5 установлен подшипник передней опоры выходного вала 15 раздаточной коробки привода заднего ведущего моста. Включение заднего ведущего моста производится зубчатой муфтой 16 при ее перемещении влево (по чертежу), замыкая валы 5 и 15 в один общий ведущий вал. К их фланцам 13 крепятся карданные валы привода ведущих мостов.

1.2 Формирование программы исследований

1.2.1 Формулировка целей исследования

Целью исследования достигнутого уровня развития вида техники является повышение проходимости автомобиля за счет автоматическое изменение передаточных соотношений между осями автомобиля в зависимости от условий движения, в результате предполагается улучшение проходимости автомобиля и управляемости.

Целью экспертизы патентной чистоты раздаточной коробки является обеспечение патентной чистоты его в отношении стран проверки.

1.2.2. Определение стран проверки

Странами проверки выбираем Россию, Германию, США, Францию, Японию, Италию.

1.2.3. Определение категории объекта

Исследуемый механизм раздаточной коробки представляет собой устройство, так как характеризуется конструктивными признаками – формой и соотношением размеров, их взаимным расположением и взаимосвязью.

1.3.4. Выявление технических решений, используемых в объекте

В исследуемой раздаточной коробке выделяем следующие виды технических решений:

– устройство в целом (общая компоновка, принципиальные схемы и другие конструктивные признаки объекта, его узлов, деталей и элементов);

– принцип работы устройства;

– материалы, используемые для изготовления отдельных элементов;

– технология изготовления устройства;

– области возможного применения.

Все перечисленные виды технических решений включаем в патентный поиск.

1.2.5. Установление глубины поиска

Наиболее прогрессивные технические решения раздаточной коробки сделаны в течение последних 2-5 лет. В этих пределах устанавливаем глубину поиска.

1.2.6. Определение источников информации

В качестве источников информации принимаем реферативный сборник «Изобретения стран мира», описания к авторским свидетельствам и патентам.

Сведения по разделу 1.3 заносим в табл. 1.1.

Таблица 1.1 – Источники информации предмета поиска

Предмет поиска ИТР	Страны поиска	Индекс МПК	Глубина поиска, лет	Источник информации
Коробка раздаточная	Россия, Франция, Германия, США, Япония, Италия	МПК B60K17/346, F16H3/54, F16H63/30, F16H37/02, B60K17/34, F16H37/08	5 лет (2010-2015)	Реферативный сборник «Изобретения стран мира», и патентам, бюллетень «Открытия, изобретения», реферативный журнал «Автомобили и тракторы», технические журналы и книги в области автомобилестроения.

1.3 Патентный поиск

1.3.1 Выбор патентно-технической документации, имеющей отношение к ИТР

Поиск проводим по источникам в соответствии с регламентом поиска. Выбираем такие документы, по названиям которых можно предположить, что они имеют отношение к ИТР. По этим документам знакомимся с рефератами,

аннотациями, формулами изобретения, чертежами. Сведения о технических решениях, имеющих отношение к ИТР, приведены в таблице 1.2.

Таблица 1.2 – Сведения о технических решениях

Предмет поиска	Страна выдачи, вид и номер охранного документа, классификационный индекс	Автор, заявитель, дата приоритета, дата публикации, название	Сущность технического решения и цель его создания	Подлежит (не подлежит) детальному анализу	
				достигнутого уровня	патенной чистоты
1	2	3	4	5	6
Раздаточная коробка	Россия, Патент № 2012 2493023, B60K17/346	Бялоцкая М. А.; Нагайцев М.В.; Плиев И.А., ФГУП "Центральный ордена Трудового Красного Знамени научно- Исследовательский автомобильный и автомоторный институт "НАМИ", 25.04.2012, 20.09.2013, Грузовой автомобиль с приводом всех колес	Изобретение позволяет достичь улучшение управляемости и проходимости автомобиля.	да	да
Раздаточная коробка	Россия, Патент № 2006 2392516, F16H3/54	Гласснер Р., МАГНА ПАУ-ЭРТРЕЙН АГ УНД	Изобретение предназначено для создания компактной и простой в изготовлении передачи.	да	да

Продолжение таблицы 1.2

1	2	3	4	5	6
		КО КГ, 16.05.2006,20.06.2010, Переключаемая косозубая планетарная передача и раздаточная коробка с такой передачей для автомобилей.			
Раздаточная коробка	Россия, Патент № 2006 2398993, F16H63/30	Вольфсйэгер Э.; Галл Д.; Фридл М.; Кроггер М., МАГНА Пауэртрэйн АГ ЭНД Со КГ, 27.04.2006, 10.09.2010, Раздаточная коробка для автомобилей с управляемым фрикционным сцеплением	Достигается компактность и экономичная работа привода.	да	да
Раздаточная коробка	Россия, Патент № 2006 2398993, F16H63/30	Вольфсйэгер Э.; Галл Д.; Фридл М.; Кроггер М., МАГНА Пауэртрэйн АГ ЭНД Со КГ, 27.04.2006, 10.09.2010, Раздаточная коробка для автомобилей с управляемым	Достигается компактность и экономичная работа привода.	да	да

Продолжение таблицы 1.2

1	2	3	4	5	6
		фрикционным сцеплением			
Раздаточная коробка	Россия, Патент № 2011 2471650, B60K17/34	Холопов В. Н.; Ерыгин А. Б., ФГБОУ ВПО "СибГТУ", 17.06.2011, 10.01.2013, Дифференциальная раздаточная коробка	Достигается повышение эксплуатационных свойств машины.	да	да
Раздаточная коробка	Россия, Патент №2012 2521855, F16H37/08	Недялков А.П.; Маньковский В.В., ФГУП "Центральный ордена Трудового Красного Знамени научно-исследовательский автомобильный и автомоторный институт "НАМИ", 19.12.2012, 10.07.2014, Раздаточная коробка колесной машины.	Достигаются упрощение конструкции и повышение надежности раздаточной коробки.	да	да

1.4 Выбор аналога и прототипа, оценка их технического уровня с указанием достоинств и недостатков

1.4.1 Оценка технического уровня

Сущность технических решений уясняется из сведений, занесенных в табл. 2.1, а также путем просмотра текстов патентных описаний. Если из рассмотрения сущности технического решения видно, что оно решает ту же или близкую задачу,

что и ИТР, то документ включаем в перечень для детального анализа, если же принципиально иную, то документ исключается из дальнейшего рассмотрения.

Отметка об отборе аналогов заносится в таблице 2.1.

Патент № 2493023

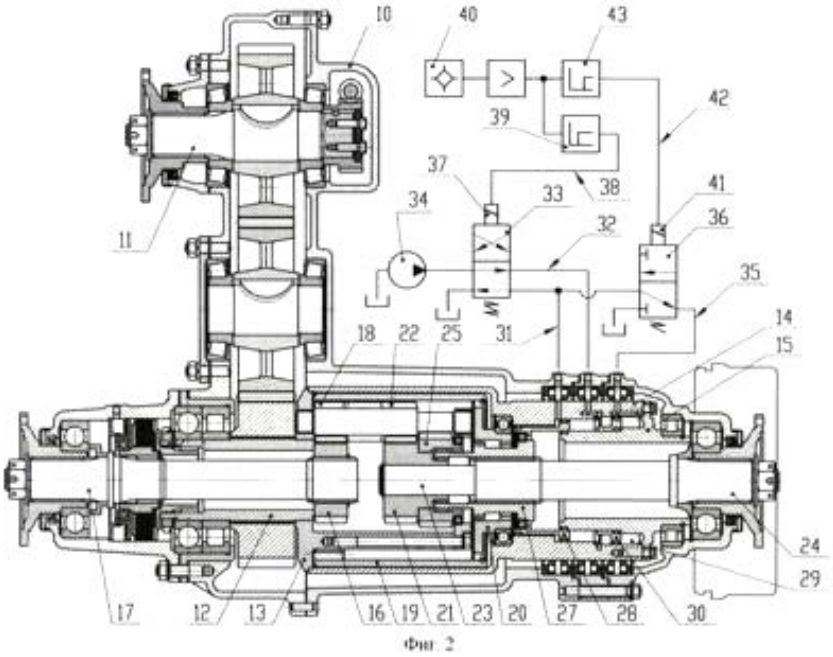


Рисунок 1.3 – Автомобиль с приводом всех колес

Изобретение относится к полноприводным транспортным средствам. Автомобиль содержит кузов для перевозки груза, тензометрический датчик (40), реагирующий на присутствие груза в кузове, трансмиссию, в которой расположены коробка передач со сцеплением и раздаточная коробка с межосевым дифференциалом. Дифференциал содержит три планетарных ряда, переключаемых зубчатой муфтой (27). Муфта (27) имеет гидравлический привод от поршня (28), расположенного в трехсекционной рабочей камере (29), в которой также расположен дополнительный поршень (30) большего диаметра, образующий подвижный упор для поршня (28). Передняя секция рабочей камеры, расположенная перед поршнем (28), и средняя секция, расположенная между поршнями (28) и (30), соединены гидролиниями с двухпозиционным гидравлическим распределителем (33). Задняя секция сообщена гидролинией (35) через клапан (36) с передней секцией рабочей камеры. Распределитель (33) имеет

управление от электромагнита (37), подключенного через пороговый элемент (39) к датчику (40). Клапан (36) имеет управление от электромагнита (41), подключенного к датчику (40) через пороговый элемент (43). Достигается улучшение управляемости и проходимости автомобиля.

Патент № 2392516

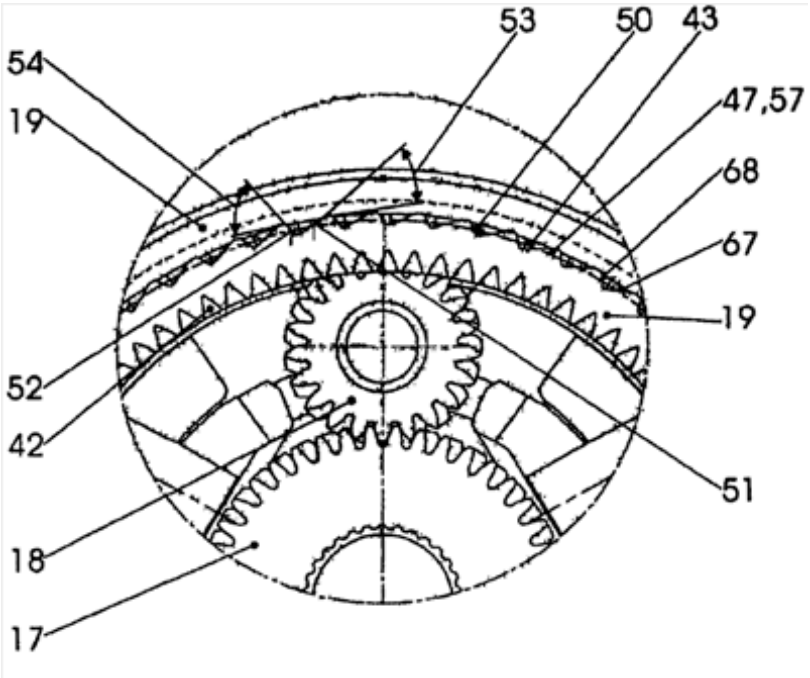


Рисунок 1.4 – Переключаемая косозубая планетарная передача и раздаточная коробка с такой передачей для автомобилей.

Изобретение относится к переключаемой косозубой планетарной передаче. Передача состоит из кожуха (1), солнечной шестерни (17), водила (16) с косозубыми сателлитами (18) и аксиально перемещаемого коронного колеса (19), установленного с возможностью сцепления на выбор с кожухом (1) или водилом (16). На торцах коронного колеса (19) расположены выполненные пилообразными первые соединительные зубья (50), имеющие пологую первую боковую сторону (51). На кожухе (1) и водиле (16) расположены выполненные пилообразными вторые соединительные зубья (57), имеющие пологую первую боковую сторону (67) и входящие в первые соединительные зубья (50) так, что на соответствующей ступени переключения действующие на коронное колесо (19) окружные усилия прижимают пологие первые боковые стороны (51) первых соединительных

зубьев (50) к пологим первым боковым сторонам (67) вторых соединительных зубьев (57) на кожухе (1) и на водиле (16), фиксируя, таким образом, коронное колесо (19) в его соответствующем включенном положении за счет фрикционного замыкания. Изобретение предназначено для создания компактной и простой в изготовлении передачи.

Патент № 2398993

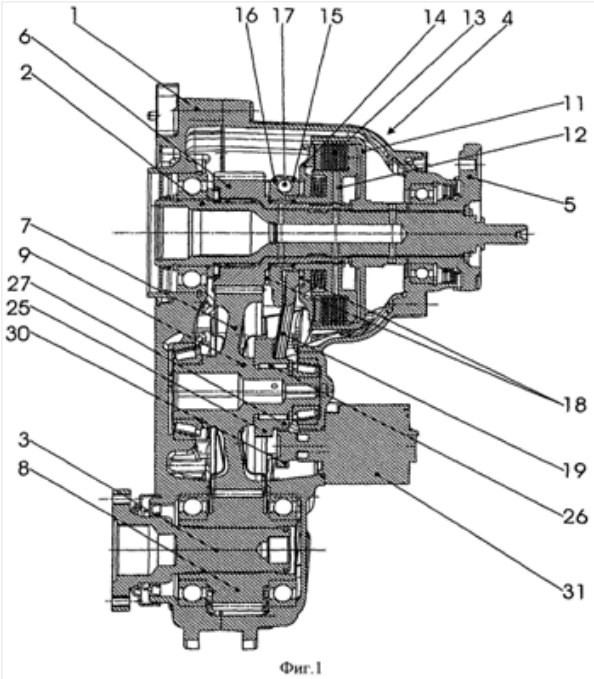


Рисунок 1.5 – Раздаточная коробка для автомобилей с управляемым фрикционным сцеплением

Изобретение относится к раздаточным коробкам транспортных средств. Раздаточная коробка состоит из кожуха (1), первичного вала (2) с приводным соединением к первому ведомому мосту, управляемого фрикционного сцепления (4) и передачи (6, 7, 8) смещения для приведения в движение второго ведомого моста. Управляемое фрикционное сцепление (4) приводится в движение посредством двух рамповых колец (15, 16), которые могут вращаться относительно друг друга и которые содержат ножничные рычаги (19, 20), внешним концом перемещающиеся по управляющему контуру. Управляющие контуры выполнены на управляющем кулачке (25), содержащем две смещенные относительно друг друга рабочие поверхности (35, 36). Управляющий кулачок

(25) имеет возможность вращения вокруг оси, параллельной оси первичного вала (2). Управляющий кулачок (25) установлен на вторую шестерню (7) или ее вал (9) с возможностью вращения. Достигается компактность и экономичная работа привода.

Патент № 2471650. Изобретение относится к транспортному машиностроению, а именно к машинам с несколькими ведущими мостами. В дифференциальной раздаточной коробке солнечная шестерня дифференциальной раздаточной коробки соединяется либо с передним выходным валом, либо с корпусом посредством управляемой соединительной муфты. Вал солнечной шестерни посредством зубчатой пары связан с передним выходным валом, а вал коронной шестерни посредством зубчатой пары связан с задним выходным валом. Достигается повышение эксплуатационных свойств.

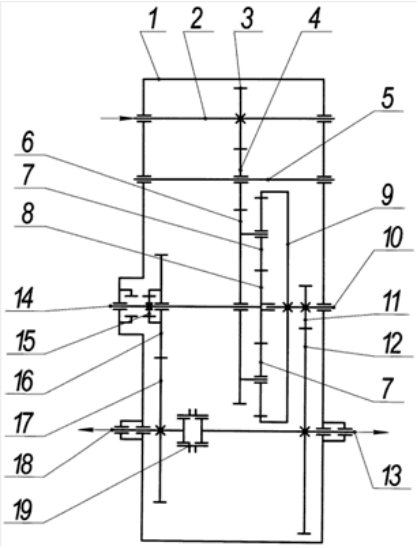


Рисунок 1.6 – Дифференциальная раздаточная коробка

Патент № 2521855

Изобретение относится к раздаточной коробке. Раздаточная коробка содержит корпус (1), в котором расположены входной вал (2) с ведущим зубчатым колесом (3), ведомое зубчатое колесо (10), установленное на ступенчатом патроне (11). Внутри патрона (11) расположены конические сателлиты (14), имеющие зубчатое зацепление с коническими шестернями (15) и (16), установленными на валах (19 и 20) привода ведущих мостов машины.

Между валами (19 и 20) размещена крестовина (21), пальцы (22) которой расположены в осевых отверстиях, сделанных в сателлитах (14). В пальцы (22) вдоль их оси ввернуты винты (23) с цилиндрической головкой (24), установленные в радиальных отверстиях, сделанных в патроне (11). Достигаются упрощение конструкции и повышение надежности раздаточной коробки.

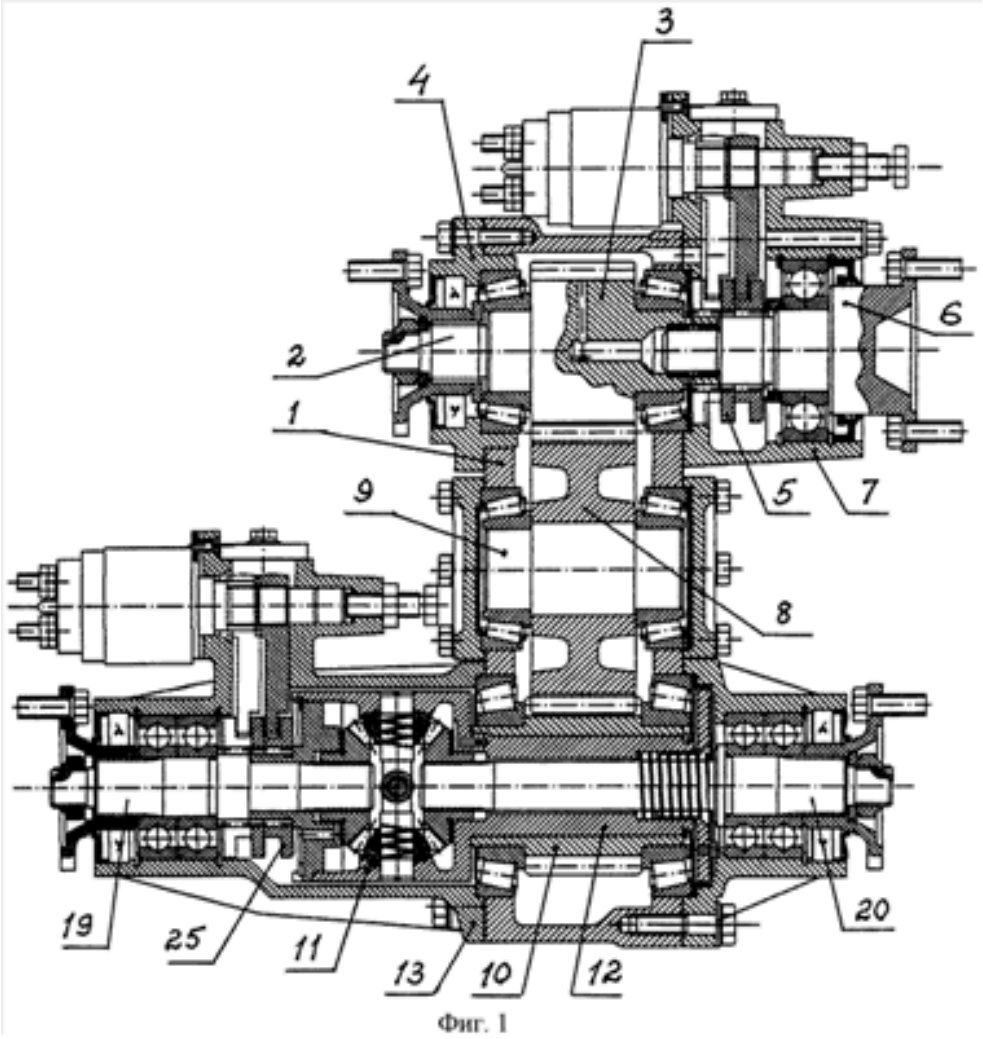


Рисунок 1.7 – Раздаточная коробка колесной машины

Определение показателей положительного эффекта.

Устанавливаем, какие показатели положительного эффекта желательно получить в идеальном усовершенствованном механизме раздаточной коробки. К таким показателям относим:

а) показатели, обеспечивающие достижение цели усовершенствования объекта;

б) показатели, косвенно содействующие достижению цели;

в) показатели, не влияющие на достижение цели, но усиливающие полезные свойства объекта;

г) показатели, не влияющие на достижение цели, но ослабляющие вредные свойства объекта.

Показатели положительного эффекта заносим в таблицу 1.3.

Таблица 1.3 – Оценка преимуществ и недостатков аналогов

Показатели положительного эффекта	ИТР	Аналоги				
		Аналог 1	Аналог 2	Аналог 3	Аналог 4	Аналог 5
А.Показатели, обеспечивающие достижение цели усовершенствования:						
Изменение схемы нагружения, приводящее к уменьшению массы	0	2	1	1	1	1
Б.Показатели, косвенно содействующие достижению цели						
Уменьшение числа зубчатых зацеплений при передаче мощности, перераспределение потоков мощности для снижения потерь	0	2	1	1	0	1
В.Показатели, усиливающие полезные свойства объекта:						
Уменьшение числа деталей в механизме	0	0	1	1	0	1
Г. Показатели, не влияющие на достижение цели, но ослабляющие вредные свойства объекта.						
Изменение конструкции, позволяющее снизить требования к точности изготовления и сборки	0	0	0	0	0	

1.4 Выводы

Из приведенных выше патентов видно, что все рассмотренные технические решения относятся к транспортному машиностроению, а, следовательно могут найти применение на автомобилях. Большинство патентов российских. Все приведенные патенты улучшают эксплуатационные качества автомобиля.

В результате патентно-информационного анализа была определена задача по созданию трансмиссии для полноприводного автомобиля. В результате оценки существующих конструкций принято решение о встраивании в существующую раздаточную коробку без изменения габаритов и внутренней конструкции дифференциала, корпус которого будет блокироваться от проворота с помощью вязкостной муфты.

2 Конструкторская часть

2.1 Расчет тягово–динамической характеристики

2.1.1 Исходные данные

Максимальная скорость V_{amax} = 140 *км/ч*.

Максимальный динамический фактор на высшей передаче, D = 0,1.

Максимальный коэффициент сопротивления дороги на первой передаче, ψ_{1max} = 0,75.

Характеристика автомобиля–прототипа Шевроле - Нива.

Масса снаряженного (полностью заправленного и укомплектованного) автомобиля M_o = 1485 кг, при развесовке по осям: на переднюю M_{01} = 850 кг, на заднюю M_{02} = 635 кг.

Полная масса автомобиля (полностью загруженного) .M_a = 1860 кг, при развесовке по осям: на переднюю M_{a1} = 1000 кг, на заднюю M_{a2} = 860 кг.

Максимальная скорость полностью груженого автомобиля $V_{a\,max}$ = 140 км/ч (41,67 м/с).

Коробка передач – механическая, трехвальная; число передач k = 5; номер прямой передачи n =4; передаточные числа 1 – 5 передач соответственно 4,155; 2,265; 1,428; 1; 0,88.

Раздаточная коробка: двухступенчатая; передаточные числа 1; 1,94; с «жестко» подключаемым передним мостом.

Колеса (колесные диски) и шины.

Присоединительные размеры колес 5 *PCD*139,7 *ET*22 108 (5 отверстий на Ø139,7 мм (т.е. на Ø 5,5`); вылет диска 22 мм; центральное отверстие 108 мм).

Размеры автомобиля:

– длина…….. $L_г$ =4,647 м;

– ширина…… $B_г$ = 2,08 м;

– высота…….……..$H_г$ = 1,9 (2,0) м;

– колея наибольшая…….. $B_к$ = 1,6 м;

– база…….. L = 2,76 м;

– высота центра масс…….h_g = 0,78 м;

$$h_g = \frac{0{,}5 \cdot B}{tg\beta} = \frac{0{,}5 \cdot 1{,}6}{tg45{,}5°} = 0{,}78 \text{ м}.$$

Таблица 2.1 – Размерность шин и колес

Шины	Колеса (диски колес)	Давление воздуха, кПа	
		передние шины	задние шины
205/75*R*15 104*S*	6½*J*×16*H*2 (стальные)	200	240
205/70*R*15 104*S*	7*J*×16*H*2 или 7*J*×16*CH* (легкосплавные)	170	200
215/65*R*16 104*S*		180	210

2.1.2 Анализ характеристики прототипа

Площадь миделева сечения приближенно оценивают по габаритной высоте $H_г$ и наибольшей колее автомобиля $B_к$:

$$A = H_г \cdot B_к = 1{,}9 \cdot 1{,}6 = 3{,}04 \text{ м}^2.$$

Определим КПД для режима полного нагружения трансмиссии

$$\eta_{тр} = 0{,}98^z \cdot 0{,}97^k \cdot 0{,}995^n, \qquad (2.1)$$

где *z, k, n* – число соответственно цилиндрических и конических передач, карданных шарниров.

Автомобиль имеет z = 2 (на всех передачах, кроме прямой) и z = 0 (на прямой передаче); k = 1; n = 2 (так как ведется расчет скоростных свойств автомобиля, а на больших скоростях жестко подключаемый передний мост должен быть выключен, поэтому потери мощности в приводе переднего моста не учитываем). На режиме максимальной скорости на прямой (в данном случае четвертой) передаче:

$$\eta_{тр4} = 0{,}98^0 \cdot 0{,}97^1 \cdot 0{,}995^2 = 0{,}96.$$

На других передачах в КП:

$$\eta_{тр1-3} = 0{,}98^2 \cdot 0{,}97^1 \cdot 0{,}995^2 = 0{,}922.$$

На пониженной передаче в РК (используют 1 или 2 передачи в КП) передний мост обязательно включают, поэтому:

$$\eta_{тр\ рк} = 0{,}98^4 \cdot 0{,}97^2 \cdot 0{,}995^4 = 0{,}851.$$

В завершении анализа характеристики прототипа оцениваем нагрузку на колеса и выбираем шины. Для проектируемого автомобиля принимаются нагрузки на оси прототипа, определим его коэффициенты развесовки:

Доля массы автомобиля, приходящаяся на оси:

$$q_{01} = \frac{M_{01}}{M_0} \quad q_{02} = \frac{M_{02}}{M_0} \quad q_{a1} = \frac{M_{a1}}{M_a} \quad q_{a2} = \frac{M_{a2}}{M_a} \tag{2.2}$$

где q_{01}, q_{02}, q_{a1}, q_{a2} – соответственно нагрузка на переднюю (1) и заднюю (2) оси снаряженного (0) и полностью груженого (a) автомобиля.

$$q_{01} = \frac{1120}{2070} = 0{,}54; \qquad q_{02} = \frac{950}{2070} = 0{,}46;$$

$$q_{a1} = \frac{1227}{2670} = 0{,}46; \qquad q_{a2} = \frac{1443}{2670} = 0{,}54.$$

Найдем положение центра масс:

$$L_1 = L \cdot q_{a2}; \tag{2.3}$$

$$L_2 = L \cdot q_{a1}; \tag{2.4}$$

L_1 = 2,76 · 0,54 = 1,49 м.

L_2 = 2,76 · 0,46 = 1,27 м.

Согласно исходным данным максимальная осевая нагрузка приходится на заднюю ось груженого автомобиля (1443 кг). Учитывая, что у прототипа нет спаренных колес, то максимальная масса приходится на каждое из задних колес при полной загрузке автомобиля:

$$M_{ка2} = \frac{1443}{2} = 721{,}5 \text{ кг.}$$

Вес, приходящийся на колесо:

$$G_к = M_{ка2} \cdot g; \tag{2.5}$$

$G_к$ =721,5 · 9,81 = 7078 Н.

Максимальная скорость проектируемого автомобиля (совпадает со скоростью прототипа) 150 км/ч. Назначаем индекс скорости – *P* (150 км/ч).

Назначаем индекс несущей способности шины – 96 (7100 Н).

Выбираем шины 225/75*R*17 *P*96.

Рассчитаем статический радиус качения шины:

$$r_c = 0{,}5 \cdot d + B_ш \cdot \Delta \cdot \lambda_{см}, \quad (2.6)$$

где d – посадочный диаметр шины, м; $B_ш$ – ширина профиля шины, м; Δ – относительная высота профиля шины; $\lambda_{см}$ = 0,8…0,85 – смятие радиальной шины легкового автомобиля.

r_c = 0,5 · 17 · 0,0254 + 0,225 · 0,75 ·0,825 = 0,355 м.

Сопротивление качению эластичной шины на твердой поверхности зависит от множества факторов. Сопротивление растет:

– с увеличением ширины профиля шины;

– с увеличением развитости грунтозацепов протектора;

– с увеличением жесткости состава резины;

– с увеличением неровности дороги.

Сопротивление уменьшается:

– с увеличением радиуса качения;

– с увеличением давления в шине.

Кроме того, на сопротивление качению шины по твердой поверхности оказывает конструкция шины и подвески, нагрузка на шину, режим движения и т.д..

По справочным данным принимаем коэффициент сопротивления качению f_0 = 0,015, коэффициент влияния скорости $A_f = 5{,}5 \cdot 10^{-4}$ с^2/м^2 [15].

По паспортным данным двигателя автомобиля–прототипа определяем его коэффициенты приспособляемости по скорости:

$$K_ω = ω_p / ω_T; \quad (2.7)$$

$K_ω$ = 482 / 408 = 1,2.

и по его крутящему моменту:

$$K_T = T_{max} / T_p; \quad (2.8)$$

$$T_p = P_{max}/\omega_p; \quad (2.9)$$

T_p = 94100/482 = 195,2 Н·м;

K_T = 217,6 / 195,2 = 1,1,

где ω_p, ω_T – скорость двигателя соответственно при максимальной мощности и максимальном крутящем моменте, $с^{-1}$; T_{max}, T_p – крутящий момент соответственно максимальный и при максимальной мощности, Н·м.

2.1.3 Расчет мощности двигателя автомобиля

Сначала расчет ведем по мощности, необходимой для поддержания максимальной скорости:

$$P_{e_{\max}}^{V} = \frac{M_a \cdot g \cdot f_k \cdot V_{\max} + 0{,}5 \cdot c_x \cdot \rho_в \cdot A \cdot V_{\max}^3}{\eta_{тр4} \cdot K_p} \quad (2.10)$$

где f_k – сопротивление качению шины при максимальной скорости автомобиля:

$$f_k = f_0 \cdot (1 + A_f \cdot V^2); \quad (2.11)$$

$$f_k = 0{,}015 \cdot (1 + 0{,}00055 \cdot 41{,}67^2) = 0{,}029.$$

$$P_{e_{\max}}^{V} = \frac{2670 \cdot 9{,}81 \cdot 0{,}029 \cdot 41{,}67 + 0{,}5 \cdot 0{,}5 \cdot 1{,}202 \cdot 3{,}04 \cdot 41{,}67^3}{0{,}96 \cdot 0{,}95} = 107182 \text{ Вт.}$$

Таким образом, для поддержания максимальной скорости полностью груженого автомобиля необходим двигатель мощностью P_e = 107 кВт.

Проведем расчет необходимой мощности двигателя для обеспечения заданного динамического фактора.

Найдем скорость автомобиля, при которой динамический фактор должен быть близок к максимуму:

$$V_D = V_{max}/K_\omega. ; \quad (2.12)$$

$$V_D = 41{,}67/1{,}2 = 34{,}73 \text{ м/с (125 км/ч).}$$

Рассчитывать динамичность автомобиля для скорости 125 км/ч, учитывая действующие на территории РФ ограничения, бессмысленно. Поэтому расчет

будем вести для режима движения, при котором эта динамичность наиболее важна – для скорости 75…85 км/ч.

Выбираем угловую скорость двигателя, которая бы соответствовала указанному выше диапазону:

$$\omega_D = \frac{V_D}{V_{\max}} \omega_P ; \qquad (2.13)$$

$$\omega_D = \frac{75}{150} 482 = 241 \text{ с}^{-1}; \;\; \omega_D = \frac{85}{150} 482 = 273 \text{ с}^{-1}.$$

Указанному выше диапазону скоростей движения автомобиля соответствует диапазон угловых скоростей 241…273 с$^{-1}$.

Найдем необходимую для обеспечения заданной динамичности автомобиля мощность его двигателя на скорости V_D = 85 / 3,6 = 23,6 м/с.

$$P_e^D = \frac{M_a \cdot g \cdot D_a \cdot V_D + 0{,}5 \cdot c_x \cdot \rho_в \cdot A \cdot V_D^3}{\eta_{тр4} \cdot K_p} ; \qquad (2.14)$$

$$P_e^D = \frac{2670 \cdot 9{,}81 \cdot 0{,}1 \cdot 23{,}6 + 0{,}5 \cdot 0{,}5 \cdot 1{,}202 \cdot 3{,}04 \cdot 23{,}6^3}{0{,}96 \cdot 0{,}95} = 80945 \text{ Вт}.$$

Таким образом, при скорости, соответствующей максимальному крутящему моменту, двигатель должен иметь мощность около 81 кВт. Максимальную же мощность двигателя найдем:

$$P_{\max} = P_e^D \frac{P_{\max}^{прототип}}{P_{\omega_D}^{прототип}} = P_e^D \frac{T_P^{прототип} \cdot \omega_p}{T_{\omega_D}^{прототип} \cdot \omega_D} ; \qquad (2.15)$$

$$P_{\max} = 80945 \frac{217 \cdot 482}{221 \cdot 273} = 140328 \text{ Вт}.$$

Таким образом, для обеспечения динамического фактора D_a = 0,1 на скорости 85 км/ч необходим двигатель максимальной мощностью около 140 кВт. Учитывая, что для обеспечения максимальной скорости достаточно мощности 107 кВт, окончательно принимаем (якобы выбираем из каталога выпускаемых промышленностью двигателей) P_{max} = 140 кВт, так как этот двигатель обеспечит

выполнение обоих указанных в третьем пункте задания параметров. При этом максимальная скорость автомобиля будет несколько выше заданной.

Для начала определим паспортные характеристики нового двигателя:

P_{max} = 140 кВт при 482 с$^{-1}$ (4600 об/мин);

$$T_{\max} = T_{\text{P}} \cdot K_T = \frac{P_{\max}}{\omega_p} \cdot K_T; \qquad (2.16)$$

при ω_T.

$$T_{\max} = \frac{140000}{482} \cdot 1{,}1 = 319 \text{ Н·м}; \quad \text{при} \quad \omega_T = 419 \text{ с}^{-1}.$$

ВСХ строим, используя соответствующую методику. Результат заносим в таблицу и представляем в виде графика (рисунок 2.1).

Таблица 2.2 – Табулированные значения ВСХ двигателя

ω_e	T_e	P_e
1	2	3
с$^{-1}$	Н·м	кВт
105	234	23
131	251	31
157	268	40
183	279	48
209	290	57
236	299	66
262	303	75
288	303	82
314	301	89
340	305	98
367	311	107
393	314	116
419	316	125
445	312	131
471	311	138
482	308	140
497	303	142
524	297	147
550	292	151

2.1.4 Расчет передаточных чисел в трансмиссии

Расчет трансмиссии дорожного автомобиля начинаем с главной передачи. Общее передаточное отношение главной передачи определим из отношения угловых скоростей двигателя и ведущих колес на максимальной скорости, предполагая, что и двигатель будет работать на режиме максимальной мощности:

$$i_0 = \frac{\omega_p \cdot r_c}{V_{\max}}, \qquad (2.17)$$

где ω_p – угловая скорость ведущего вала главной передачи (она равна скорости двигателя).

$$i_0 = \frac{462 \cdot 0{,}355}{41{,}67} = 3{,}935.$$

Передаточное число первой передачи КП рассчитываем из условия обеспечения необходимой тяги в нормальных дорожных условиях по преодолеваемому сопротивлению Ψ_1:

$$i_1 = \frac{G_a \cdot \Psi_1 \cdot r_c}{T_{\max} \cdot i_0 \cdot \eta_{тр1-3} \cdot K_p}; \qquad (2.18)$$

$$i_1 = \frac{2670 \cdot 9{,}81 \cdot 0{,}4 \cdot 0{,}355}{217{,}6 \cdot 4{,}208 \cdot 0{,}922 \cdot 0{,}95} = 4{,}637.$$

Четвертую передачу в КП примем как у прототипа – прямую, т.е. $i_4 = 1{,}0$.

Передаточные числа второй, третьей и пятой передач найдём с помощью различных прогрессий: по гиперболическому и по геометрическому ряду.

По гиперболическому ряду:

$$i_k = \frac{i_1}{1 + (k-1) \cdot \frac{i_1 - 1}{n-1}}, \qquad (2.19)$$

где k – номер рассчитываемой передачи; n – номер прямой передачи.

Получаем: $i_2 = 2{,}096$; $i_3 = 1{,}354$; $i_5 = 0{,}793$.

По геометрическому ряду:

$$i_к = \sqrt[n-1]{i_1^{n-k}}\ . \qquad (2.20)$$

Получаем $i_2 = 2{,}780$; $i_3 = 1{,}667$; $i_5 = 0{,}599$.

Найдём максимальные скорости автомобиля на различных передачах.

По гиперболическому ряду:

V_{1max} = 150/4,637 = 32,34 км/ч;

V_{2max} = 150/2,096= 71,56 км/ч; ω_{min} = 482/4,637 · 2,096 = 217 $с^{-1}$;

V_{3max} = 150/1,354 = 110,78 км/ч; ω_{min} = 482/2,096 · 1,354 = 311 $с^{-1}$;

V_{4max} = 150/1=150 км/ч; ω_{min} = 482/1,354 · 1 = 355 $с^{-1}$.

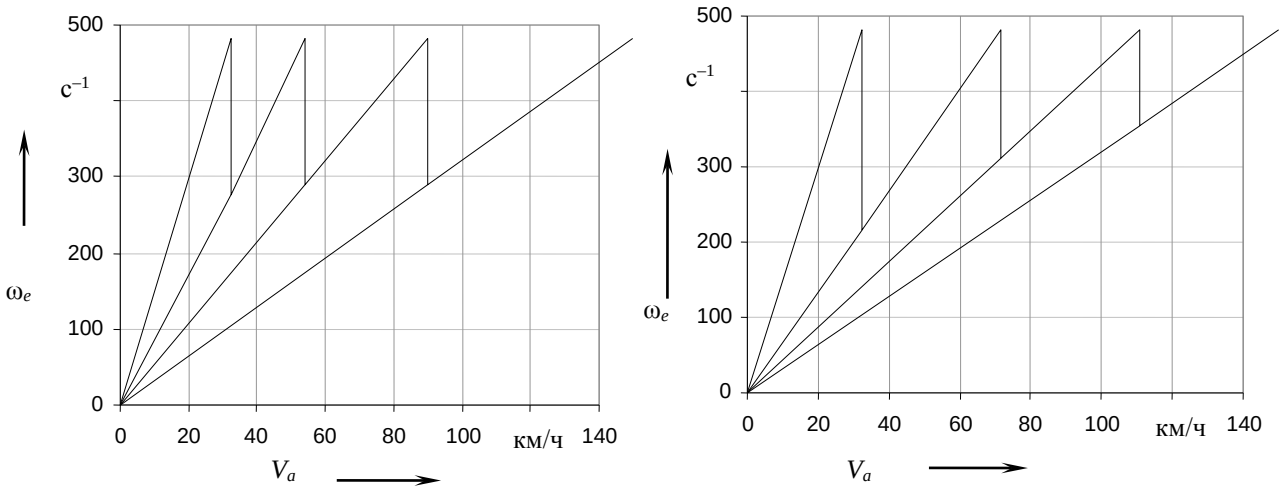
По геометрическому ряду:

V_{1max} = 150/4,637 = 32,34 км/ч;

V_{2max} = 150/2,780 = 53,95 км/ч; ω_{min} = 482/4,637 · 2,780 = 276 $с^{-1}$;

V_{3max} = 150/1,667 = 89,98 км/ч; ω_{min} = 482/2,780 · 1,667 = 289 $с^{-1}$;

V_{4max} = 150/1=150 км/ч; ω_{min} = 482/1,667 · 1 = 289 $с^{-1}$.



а) б)

а – геометрический ряд в КП; б – гиперболический ряд в КП

Рисунок 2.1 – Скоростная характеристика автомобиля

Третье значение передаточного числа пятой передачи можно получить, решая кубическое уравнение мощностного баланса для оптимальной загрузки

двигателя по мощности и угловой скорости. Воспользуемся формулой Кардано ([6]).

$$k_2 = G_a \cdot f_0 \cdot A_f + 0{,}5 \cdot C_x \cdot \rho_в \cdot A; \qquad (2.21)$$

k_2 = 2670 · 9,81 · 0,015 · 0,00055 + 0,5 · 0,50 · 1,202 · 3,04 = 1,1296;

$$k_1 = \frac{G_a \cdot f_0}{k_2}; \qquad (2.22)$$

k_1 = 2670 · 9,81 · 0,015 / 1,1296 = 347,81;

$$k_0 = -\frac{0{,}75 \cdot P_{\max} \cdot \eta_{тр5} \cdot K_p}{k_2}; \qquad (2.23)$$

k_0 = –(0,75 · 140000 · 0,922 · 0,95)/1,1296 = –81417,76;

$$D = \left(\frac{k_1}{3}\right)^3 + \left(\frac{k_0}{2}\right)^2; \qquad (2.24)$$

$D = (347{,}81/3)^3 + (-81417{,}76/2)^2 = 1658771251$;

$$V_{эк} = \sqrt[3]{-\frac{k_0}{2} + \sqrt{D}} + \sqrt[3]{-\frac{k_0}{2} - \sqrt{D}}; \qquad (2.25)$$

$$V_{эк} = \sqrt[3]{-\frac{-81417{,}76}{2} + \sqrt{1658771251}} + \sqrt[3]{-\frac{-81417{,}76}{2} - \sqrt{1658771251}} = 40{,}67 \text{ м/с};$$

$$i_{эк} = \frac{0{,}75 \cdot \omega_P \cdot r_c}{V_{эк} \cdot i_0}, \qquad (2.26)$$

$i_{эк}$ = 0,75 · 482 · 0,355 / 40,67 / 3,935 = 0,801.

Таким образом, максимальная топливная экономичность автомобиля будет достигнута на скорости $V_{эк}$ = 40,67 м/с (146,41 км/ч) при передаточном числе пятой передачи в КП $i_{эк}$ = 0,801. Такой скоростной режим поддерживать в РФ нельзя, поэтому этот результат не приемлем. Четвертый вариант передаточного числа пятой передачи рассчитаем, подбирая по минимальному расходу топлива на скорости 90 км/ч.

Передаточное число в РК определим по максимальному дорожному сопротивлению Ψ_{max} с учетом передаточного числа первой передачи КП:

$$i_{pk} = \frac{\Psi_{\max} \cdot \eta_{mp1-3}}{\Psi_1 \cdot \eta_{mp\ pk}}. \qquad (2.27)$$

$$i_{pk} = \frac{0{,}75 \cdot 0{,}922}{0{,}4 \cdot 0{,}851} = 2{,}031.$$

2.1.5 Расчет динамики автомобиля

2.1.5.1 Силовой и мощностной балансы автомобиля

В силовой баланс автомобиля при равномерном движении ($F_и$ = 0) по горизонтальной дороге ($F_п$ = 0) входят только две силы:

$$F_T = F_k + F_в. \qquad (2.28)$$

Составляющие баланса вычисляем по зависимостям:

$$F_t = \frac{T_e \cdot i_{кп} \cdot i_0 \cdot \eta_{mp} \cdot K_p}{r_к}; \qquad (2.29)$$

$$F_k = f_0 \cdot (1 + A_f \cdot V^2) \cdot G_a; \qquad (2.30)$$

$$F_в = 0{,}5 \cdot c_x \cdot A \cdot \rho_в \cdot V^2. \qquad (2.31)$$

Мощностной баланс получим, почисленно умножив силовой баланс на скорость автомобиля:

$$P_T = F_T\ V; \qquad (2.\ 32)$$

$$P_k = F_k\ V; \qquad (2.33)$$

$$P_в = F_в\ V. \qquad (2.34)$$

Расчет ведем для всех передач в КП.

Текущую скорость вычисляем по формуле:

$$V = \frac{\omega_e \cdot r_c}{i_0 \cdot i_{кп}}. \qquad (2.35)$$

Результаты расчета сведем в таблицу 2.4 и покажем на рисунках 2.2 и 2.3.

Таблица 2.3 – Силовой и мощностной балансы автомобиля

КП/Рк	ω	T	V	f_k	F_t	F_k	$F_в$	$F_k+F_в$	P_t	P_k	$P_в$	$P_k+P_в$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	105	234	2,0	0,01503	10535	393,8	3,8	397,6	22	0,80	0,008	0,81
	131	251	2,5	0,01505	11300	394,3	5,9	400,2	29	1,00	0,015	1,02

Продолжение таблицы 2.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
	157	268	3,1	0,01508	12065	394,9	8,5	403,4	37	1,21	0,026	1,23
	183	279	3,6	0,0151	12561	395,6	11,6	407,2	45	1,41	0,041	1,45
	209	290	4,1	0,01514	13056	396,5	15,1	411,6	53	1,61	0,061	1,67
	236	299	4,6	0,01517	13461	397,4	19,3	416,7	62	1,82	0,088	1,91
	262	303	5,1	0,01521	13641	398,5	23,7	422,2	70	2,03	0,121	2,15
	288	303	5,6	0,01526	13641	399,7	28,7	428,4	76	2,24	0,161	2,40
	314	301	6,1	0,01531	13551	401,0	34,1	435,0	83	2,45	0,208	2,66
	340	305	6,6	0,01536	13731	402,3	40,0	442,3	91	2,66	0,264	2,93
	367	311	7,1	0,01542	14001	403,9	46,6	450,5	100	2,88	0,333	3,22
	393	314	7,6	0,01548	14136	405,5	53,4	458,9	108	3,10	0,408	3,51
	419	316	8,2	0,01555	14226	407,3	60,7	468,0	116	3,32	0,495	3,81
	445	312	8,7	0,01562	14046	409,1	68,5	477,6	122	3,54	0,593	4,13
	471	311	9,2	0,01569	14001	411,0	76,7	487,7	128	3,77	0,703	4,47
	482	308	9,4	0,01573	13866	411,9	80,3	492,2	130	3,86	0,753	4,62
	497	303	9,7	0,01577	13641	413,1	85,4	498,5	132	3,99	0,826	4,82
	524	297	10,2	0,01586	13371	415,3	94,9	510,3	136	4,23	0,968	5,20
	550	292	10,7	0,01594	13146	417,6	104,6	522,2	141	4,47	1,119	5,59
2	105	234	4,5	0,01517	4762	397,3	18,7	416,0	22	1,80	0,084	1,88
	131	251	5,6	0,01526	5108	399,8	29,0	428,8	29	2,25	0,164	2,42
	157	268	6,8	0,01538	5454	402,8	41,7	444,5	37	2,72	0,282	3,00
	183	279	7,9	0,01551	5678	406,3	56,7	463,0	45	3,20	0,446	3,65
	209	290	9,0	0,01567	5901	410,4	73,9	484,3	53	3,69	0,665	4,36
	236	299	10,2	0,01585	6085	415,2	94,3	509,4	62	4,22	0,957	5,17
	262	303	11,3	0,01605	6166	420,4	116,2	536,5	70	4,74	1,310	6,05
	288	303	12,4	0,01627	6166	426,1	140,4	566,5	76	5,28	1,740	7,02
	314	301	13,5	0,01651	6125	432,4	166,9	599,2	83	5,84	2,255	8,10

	340	305	14,6	0,01677	6207	439,2	195,6	634,8	91	6,43	2,863	9,29
	367	311	15,8	0,01706	6329	446,8	227,9	674,8	100	7,06	3,601	10,66
	393	314	16,9	0,01736	6390	454,7	261,4	716,1	108	7,69	4,422	12,11
	419	316	18,0	0,01768	6431	463,2	297,1	760,3	116	8,35	5,358	13,71
	445	312	19,2	0,01803	6349	472,2	335,1	807,3	122	9,04	6,419	15,46
	471	311	20,3	0,01839	6329	481,7	375,4	857,1	128	9,77	7,611	17,38

Продолжение таблицы 2.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
	482	308	20,7	0,01855	6268	485,9	393,2	879,1	130	10,08	8,157	18,24
	497	303	21,4	0,01878	6166	491,8	418,0	909,8	132	10,52	8,943	19,46
	524	297	22,6	0,0192	6044	502,8	464,7	967,5	136	11,34	10,481	21,82
	550	292	23,7	0,01962	5942	514,0	512,0	1025,9	141	12,17	12,119	24,29
	105	234	7,0	0,0154	3076	403,5	44,7	448,2	22	2,82	0,313	3,14
	131	251	8,7	0,01563	3300	409,4	69,6	479,0	29	3,57	0,607	4,18
	157	268	10,5	0,0159	3523	416,5	100,0	516,5	37	4,36	1,046	5,40
	183	279	12,2	0,01623	3668	425,0	135,8	560,8	45	5,18	1,656	6,84
	209	290	13,9	0,0166	3812	434,8	177,1	611,9	53	6,05	2,467	8,52
	236	299	15,7	0,01704	3931	446,3	225,9	672,2	62	7,02	3,552	10,57
	262	303	17,5	0,01751	3983	458,7	278,4	737,1	70	8,01	4,860	12,87
3	288	303	19,2	0,01804	3983	472,5	336,4	808,8	76	9,07	6,455	15,52
	314	301	20,9	0,01861	3957	487,5	399,9	887,3	83	10,20	8,366	18,56
	340	305	22,7	0,01923	4009	503,8	468,8	972,6	91	11,41	10,621	22,03
	367	311	24,5	0,01993	4088	522,1	546,2	1068,3	100	12,77	13,357	26,12
	393	314	26,2	0,02066	4128	541,1	626,4	1167,4	108	14,17	16,402	30,57
	419	316	27,9	0,02143	4154	561,3	712,0	1273,3	116	15,67	19,877	35,55
	445	312	29,7	0,02225	4102	582,9	803,1	1386,0	122	17,28	23,812	41,09
	471	311	31,4	0,02313	4088	605,7	899,7	1505,4	128	19,01	28,234	47,24
	482	308	32,1	0,02351	4049	615,8	942,2	1558,0	130	19,78	30,259	50,03
	497	303	33,1	0,02405	3983	629,9	1001,8	1631,6	132	20,86	33,173	54,03
	524	297	34,9	0,02506	3904	656,3	1113,6	1769,8	136	22,91	38,878	61,79
	550	292	36,6	0,02608	3839	683,1	1226,8	1909,9	141	25,03	44,957	69,99
4	105	234	9,5	0,01574	2366	412,3	82,0	494,3	22	3,91	0,776	4,68

	131	251	11,8	0,01615	2537	423,1	127,6	550,7	30	5,00	1,508	6,51
	157	268	14,2	0,01666	2709	436,2	183,3	619,5	38	6,18	2,596	8,77
	183	279	16,5	0,01725	2820	451,8	249,0	700,8	47	7,46	4,111	11,57
	209	290	18,9	0,01793	2932	469,7	324,8	794,5	55	8,86	6,124	14,98
	236	299	21,3	0,01874	3023	490,8	414,1	904,9	64	10,45	8,817	19,27
	262	303	23,6	0,01961	3063	513,6	510,4	1024,0	72	12,14	12,063	24,20

Продолжение таблицы 2.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
	288	303	26,0	0,02057	3063	538,8	616,7	1155,5	80	14,00	16,023	30,02
	314	301	28,3	0,02162	3043	566,3	733,1	1299,4	86	16,04	20,766	36,81
	340	305	30,7	0,02276	3083	596,2	859,5	1455,7	95	18,29	26,364	44,65
	367	311	33,1	0,02404	3144	629,8	1001,4	1631,2	104	20,85	33,156	54,01
	393	314	35,5	0,02537	3174	664,5	1148,3	1812,9	113	23,56	40,714	64,27
	419	316	37,8	0,02679	3194	701,7	1305,3	2007,0	121	26,52	49,341	75,86
	445	312	40,1	0,0283	3154	741,2	1472,3	2213,5	127	29,75	59,108	88,86
	471	311	42,5	0,0299	3144	783,1	1649,4	2432,5	134	33,27	70,086	103,36
	482	308	43,5	0,0306	3114	801,5	1727,3	2528,8	135	34,85	75,112	109,96
	497	303	44,8	0,03159	3063	827,3	1836,5	2663,8	137	37,09	82,345	119,44
	524	297	47,3	0,03344	3002	875,8	2041,5	2917,3	142	41,40	96,508	137,91
	550	292	49,6	0,03531	2952	924,9	2249,1	3174,0	146	45,89	111,598	157,49

	105	234	11,9	0,01618	1802	423,7	130,4	554,1	22	5,06	1,557	6,62
	131	251	14,9	0,01683	1932	440,9	202,9	643,8	29	6,57	3,024	9,59
	157	268	17,9	0,01763	2063	461,8	291,4	753,3	37	8,25	5,205	13,45
	183	279	20,8	0,01858	2148	486,6	396,0	882,5	45	10,13	8,243	18,37
	209	290	23,8	0,01966	2233	515,1	516,5	1031,5	53	12,25	12,280	24,53
	236	299	26,8	0,02095	2302	548,7	658,5	1207,2	62	14,73	17,680	32,41
	262	303	29,8	0,02233	2333	584,9	811,6	1396,5	70	17,43	24,191	41,62
5	288	303	32,8	0,02386	2333	624,9	980,7	1605,5	76	20,47	32,131	52,60
	314	301	35,7	0,02553	2317	668,6	1165,7	1834,4	83	23,89	41,643	65,53
	340	305	38,7	0,02734	2348	716,2	1366,8	2083,0	91	27,70	52,867	80,57
	367	311	41,8	0,02938	2394	769,6	1592,5	2362,1	100	32,13	66,489	98,62
	393	314	44,7	0,03149	2418	824,8	1826,1	2650,9	108	36,88	81,645	118,52
	419	316	47,7	0,03375	2433	883,9	2075,7	2959,6	116	42,13	98,944	141,08
	445	312	50,6	0,03614	2402	946,7	2341,3	3288,0	122	47,93	118,530	166,46
	471	311	53,6	0,03869	2394	1013,3	2622,9	3636,2	128	54,30	140,544	194,84
	482	308	54,8	0,03981	2371	1042,6	2746,8	3789,5	130	57,17	150,623	207,80

1 п	497	303	56,5	0,04137	2333	1083,7	2920,5	4004,2	132	61,27	165,127	226,40
	524	297	59,6	0,04432	2287	1160,8	3246,4	4407,2	136	69,20	193,528	262,73
	550	292	62,6	0,0473	2248	1238,9	3576,5	4815,5	141	77,52	223,788	301,31
	105	234	1,0	0,01501	19748	393,1	0,9	394,0	20	0,40	0,001	0,40

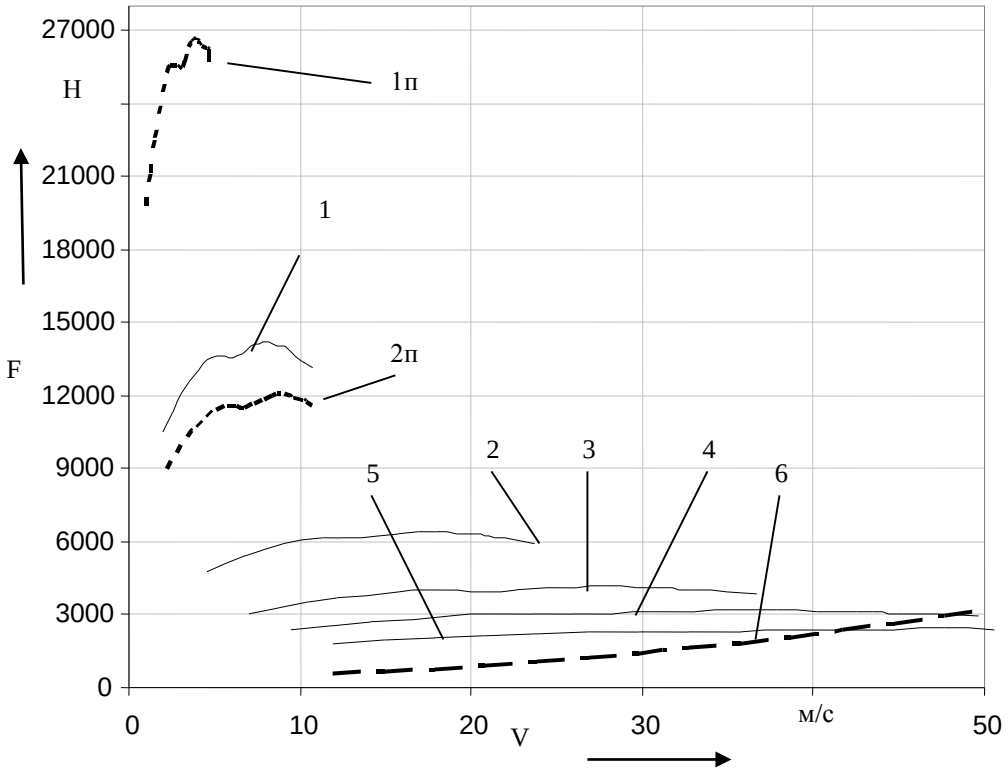
Продолжение таблицы 2.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
2п	131	251	1,3	0,01501	21183	393,2	1,4	394,7	27	0,49	0,002	0,50
	157	268	1,5	0,01502	22618	393,4	2,1	395,4	34	0,59	0,003	0,59
	183	279	1,8	0,01503	23546	393,6	2,8	396,4	41	0,69	0,005	0,69
	209	290	2,0	0,01503	24475	393,8	3,7	397,4	49	0,79	0,007	0,80
	236	299	2,3	0,01504	25234	394,0	4,7	398,7	57	0,89	0,011	0,90
	262	303	2,5	0,01505	25572	394,3	5,8	400,0	64	0,99	0,014	1,00
	288	303	2,8	0,01506	25572	394,5	7,0	401,5	71	1,09	0,019	1,11
	314	301	3,0	0,01507	25403	394,8	8,3	403,1	76	1,19	0,025	1,21
	340	305	3,3	0,01509	25740	395,2	9,7	404,9	84	1,29	0,032	1,32
	367	311	3,5	0,0151	26247	395,6	11,3	406,9	92	1,39	0,040	1,43
	393	314	3,8	0,01512	26500	396,0	12,9	408,9	100	1,49	0,049	1,54
	419	316	4,0	0,01513	26669	396,4	14,7	411,1	107	1,59	0,059	1,65
	445	312	4,3	0,01515	26331	396,8	16,6	413,4	112	1,69	0,071	1,76
	471	311	4,5	0,01517	26247	397,3	18,6	415,9	118	1,79	0,084	1,88
	482	308	4,6	0,01518	25994	397,5	19,5	417,0	120	1,84	0,090	1,93
	497	303	4,8	0,01519	25572	397,8	20,7	418,5	122	1,89	0,099	1,99
	524	297	5,0	0,01521	25065	398,3	23,0	421,4	126	2,00	0,116	2,12
	550	292	5,3	0,01523	24643	398,9	25,4	424,2	130	2,10	0,134	2,24
	105	234	2,2	0,01504	8927	394,0	4,5	398,5	20	0,88	0,010	0,89
	131	251	2,8	0,01506	9575	394,6	7,0	401,6	27	1,10	0,020	1,11
	157	268	3,3	0,01509	10224	395,3	10,1	405,4	34	1,32	0,034	1,35

	183	279	3,9	0,01512	10643	396,1	13,7	409,9	41	1,54	0,053	1,59
	209	290	4,4	0,01516	11063	397,1	17,9	415,1	49	1,76	0,079	1,84
	236	299	5,0	0,01521	11406	398,3	22,9	421,1	57	1,99	0,114	2,11
	262	303	5,6	0,01525	11559	399,6	28,2	427,7	64	2,22	0,156	2,37
	288	303	6,1	0,01531	11559	400,9	34,0	435,0	71	2,45	0,208	2,65
	314	301	6,7	0,01537	11483	402,5	40,5	442,9	76	2,68	0,269	2,95
	340	305	7,2	0,01543	11635	404,1	47,4	451,5	84	2,91	0,342	3,25
	367	311	7,8	0,0155	11864	406,0	55,3	461,2	92	3,16	0,430	3,59
	393	314	8,3	0,01557	11978	407,9	63,4	471,2	100	3,40	0,528	3,92
	419	316	8,9	0,01565	12055	409,9	72,0	482,0	107	3,64	0,640	4,28

Продолжение таблицы 2.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
	445	312	9,4	0,01573	11902	412,1	81,2	493,4	112	3,89	0,766	4,65
	471	311	10,0	0,01582	11864	414,4	91,0	505,4	118	4,14	0,909	5,05
	482	308	10,2	0,01586	11750	415,4	95,3	510,8	120	4,24	0,974	5,22
	497	303	10,5	0,01592	11559	416,9	101,3	518,2	122	4,39	1,067	5,46
	524	297	11,1	0,01602	11330	419,5	112,7	532,2	126	4,66	1,251	5,91
	550	292	11,7	0,01612	11139	422,2	124,1	546,4	130	4,92	1,447	6,37



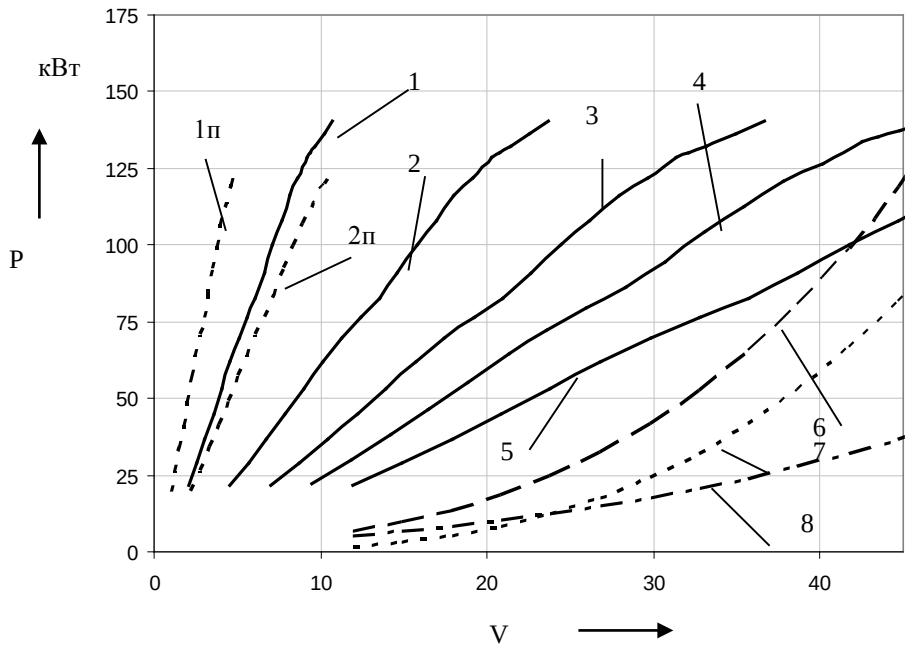
1п, 2п, 1 – 5 – сила тяги на ведущих колесах; 6 – суммарная сила сопротивления движению (F_k+$F_в$); 1п, 2п – пониженная передача в РК и соответственно 1 и 2 передачи в КП; 1 – 5 – прямая передача в РК и соответственно 1 – 5 передачи в КП

Рисунок 2.2 – Силовой баланс автомобиля

2.1.5.2 Построение динамического паспорта автомобиля

Для построения динамического паспорта автомобиля необходимо вычислить для каждой передачи в КП динамический фактор:

$$D_a(V) = \frac{F_T(V) - F_в(V)}{G_a}. \qquad (2.36)$$



1п, 2п, 1 – 5 – мощность тяги на ведущих колесах; 6, 7, 8 – мощности сопротивления движению соответственно качению $P_к$, аэродинамическая $P_в$ и суммарная (P_k+$P_в$); 1п, 2п – пониженная передача в РК и соответственно 1 и 2 передачи в КП; 1 – 5 – прямая передача в РК и соответственно 1 – 5 передачи в КП

Рисунок 2.3 – Мощностной баланс автомобиля

Кроме того, на график выносится зависимость коэффициента сопротивления качению f_k (V).

Для построения номограммы необходимо найти верхний предел шкалы $D_{0\max}$:

$$D_{0\max} = D_{a\max}\frac{G_a}{G_0}, \qquad (2.37)$$

где $D_{a\max}$ – верхний предел шкалы D_a..

На шкале D_a получилось $D_{a\max} = 0{,}8$, тогда:

$$D_{0\max} = 0{,}8 \cdot \frac{2670}{2070} = 1.$$

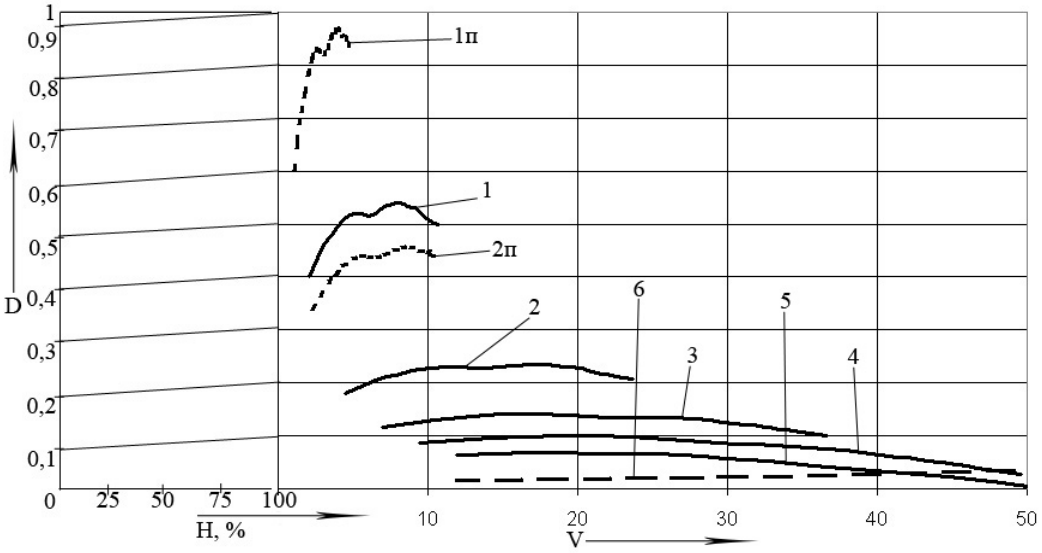
Результаты расчета сведены в таблицу 2.4.

Таблица 2.4 – Динамическая характеристика автомобиля D_a в зависимости от скорости двигателя ω_e

ω_e	Передача в КП (РК)						
	1п	2п	1	2	3	4	5
105	0,654	0,341	0,402	0,181	0,116	0,087	0,064
131	0,709	0,365	0,431	0,194	0,123	0,092	0,066
157	0,763	0,390	0,460	0,207	0,131	0,096	0,068
183	0,799	0,406	0,479	0,215	0,135	0,098	0,067
209	0,834	0,422	0,498	0,222	0,139	0,100	0,066
236	0,863	0,435	0,513	0,229	0,141	0,100	0,063
262	0,876	0,440	0,520	0,231	0,141	0,097	0,058
288	0,876	0,440	0,520	0,230	0,139	0,093	0,052
314	0,870	0,437	0,516	0,227	0,136	0,088	0,044
340	0,882	0,442	0,523	0,229	0,135	0,085	0,037
367	0,902	0,451	0,533	0,233	0,135	0,082	0,031
393	0,911	0,455	0,538	0,234	0,134	0,077	0,023
419	0,918	0,457	0,541	0,234	0,131	0,072	0,014
445	0,905	0,451	0,534	0,230	0,126	0,064	0,002

471	0,901	0,449	0,532	0,227	0,122	0,057	–0,009
482	0,892	0,445	0,526	0,224	0,119	0,053	–0,014
497	0,875	0,437	0,518	0,219	0,114	0,047	–0,022
524	0,856	0,428	0,507	0,213	0,107	0,037	–0,037
550	0,840	0,421	0,498	0,207	0,100	0,027	–0,051

Примечание: знак минус означает, что для преодоления аэродинамического сопротивления не хватает тяги двигателя (а есть еще и сопротивление качению).



1п, 2п, 1 – 5 – динамический фактор; 6 – коэффициент сопротивления качению (f_k); 1п, 2п – пониженная передача в РК и соответственно 1 и 2 передачи в КП; 1 – 5 – прямая передача в РК и соответственно 1 – 5 передачи в КП; *H* – полезная загрузка автомобиля

Рисунок 2.4 – Динамический паспорт автомобиля

2.1.5.3 Разгон автомобиля. Время и путь разгона

Разгонную характеристику определяют по ГОСТ 22576–90 для частичной загрузки автомобиля 160 кг (1570 Н). Из–за неполной загрузки изменяется динамический фактор и коэффициент учета вращающихся масс.

Для расчета ускорений автомобиля необходимо сначала найти коэффициент учета вращающихся масс [15]:

$$\delta = 1 + (\delta_1 \cdot i_{кп}^2 + \delta_2) \cdot \frac{m_a}{m_0 + 160}; \qquad \delta_1 = \frac{J_д \cdot i_0^2}{r_{k0}^2 \cdot m_a} \quad \delta_2 = \frac{J_{k1} + J_{k2}}{r_{k0}^2 \cdot m_a}, \quad (2.38)$$

где $J_д$ – момент инерции двигателя, кг·м^2. $J_д$= 0,37; J_{k1}, J_{k2} – момент инерции пары ведущих колес с тормозами и полуосями соответственно передней и задней оси, кг·м^2. J_{k1}= J_{k2}= 13,0; r_{k0} – кинематический радиус колеса, примем равным статическому.

$$\delta_1 = \frac{0{,}37 \cdot 3{,}935^2}{0{,}355^2 \cdot 2670} = 0{,}017; \qquad \delta_2 = \frac{13{,}0 + 13{,}0}{0{,}355^2 \cdot 2670} = 0{,}077.$$

Результаты расчета сведены в таблицу 2.5.

Таблица 2.5 –Коэффициент учета вращающихся масс $\delta_{кп}$ на различных передачах в КП

КП	РК понижженная	РК прямая
1	2,90	1,53
2	1,46	1,18
3	—	1,13
4	—	1,11
5	—	1,10

Ускорения рассчитаем по динамическому фактору, скорректированному по массе автомобиля, для всех передач в КП

$$a(V) = \left(D_a(V) \cdot \frac{M_a}{M_0 + 160} - f_k(V) \right) \frac{g}{\delta_{кп}}. \qquad (2.39)$$

Результаты сведем в таблицу 2.6 и рисунок 2.6.

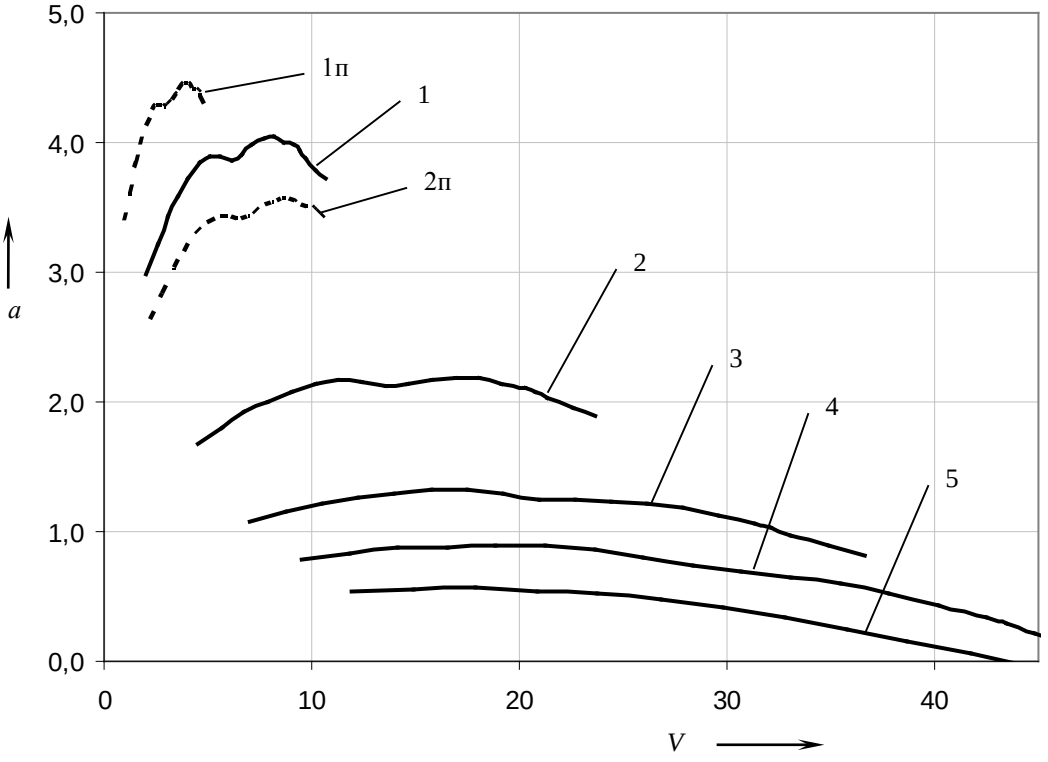
Таблица 2.6 –Зависимость ускорений *a* автомобиля на разных передачах от скорости двигателя ω_e

ω_e	Передача в КП (РК)

	1п	2п	1	2	3	4	5
1	2	3	4	5	6	7	8
105	2,40	2,64	3,00	1,68	1,07	0,78	0,54
131	2,62	2,84	3,22	1,80	1,15	0,83	0,55
157	2,85	3,04	3,44	1,93	1,22	0,87	0,56
183	2,99	3,17	3,59	2,01	1,26	0,89	0,55
209	3,13	3,29	3,73	2,08	1,30	0,89	0,52
236	3,25	3,40	3,85	2,15	1,33	0,89	0,48
262	3,30	3,44	3,90	2,17	1,32	0,86	0,42
288	3,30	3,44	3,90	2,16	1,29	0,81	0,34

Продолжение таблицы 2.6

1	2	3	4	5	6	7	8
314	3,28	3,41	3,87	2,13	1,25	0,74	0,24
340	3,33	3,46	3,92	2,15	1,24	0,70	0,16
367	3,41	3,53	4,00	2,18	1,24	0,65	0,07
393	3,45	3,56	4,03	2,19	1,21	0,59	–0,04
419	3,47	3,58	4,06	2,18	1,18	0,53	–0,15
445	3,42	3,53	4,00	2,14	1,12	0,43	–0,30
471	3,40	3,51	3,99	2,11	1,07	0,34	–0,44
482	3,37	3,48	3,95	2,08	1,03	0,29	–0,51
497	3,30	3,41	3,88	2,03	0,98	0,22	–0,61
524	3,22	3,34	3,80	1,96	0,89	0,09	–0,78
550	3,16	3,28	3,73	1,90	0,81	0,03	–0,96



1п, 2п – пониженная передача в РК и соответственно 1 и 2 передачи в КП;

1 – 5 – прямая передача в РК и соответственно 1 – 5 передачи в КП

Рисунок 2.5 – Зависимость ускорений автомобиля от его скорости

Разгонную характеристику (зависимости времени и пути разгона по скорости) строим только на 1 – 4 передачах в КП. Расчет ведем до тех пор, пока не будут получены время разгона до 100 км/ч и пройден путь 1000 м по следующим формулам ([15] п. 3.6):

$$\Delta V_i = V_i - V_{i-1}; \quad (2.40)$$

$$\Delta t_i = \Delta V_i / a_i; \quad (2.41)$$

$$t_i = t_{i-1} + \Delta t_i; \quad (2.42)$$

$$\Delta S_i = V_i \cdot \Delta t_i; \quad (2.43)$$

$$S_i = S_{i-1} + \Delta S_i. \quad (2.44)$$

Разгон на каждой передаче осуществляют до ω_p или ω_{max}. Затем следует переключение передачи. Длительность переключения зададим 0,5 с, потерей скорости в процессе переключения передач пренебрежем. Ускорения при переключении нет.

Для отображения двух кривых разгона по пути и по времени на одном графике необходимо выполнить приведение кривой разгона по пути к шкале кривой разгона по времени:

$$S_{inp} = \frac{S_i}{1000} \cdot t_{46}. \qquad (2.45)$$

Результаты расчета сводим в таблицу 2.7 и рисунок 2.6.

Таблица 2.7 – Данные для построения графиков

i	КП	V_i	ΔV_i	a_i	Δt_i	t_i	ΔS_i	S_i	$S_{i\,np}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	1	0	0,0	0	0	0	0	0	0
1		2,0	2,0	2,99	0,683	0,683	1,396	1,40	0,053
2		2,5	0,5	3,21	0,157	0,841	0,401	1,80	0,068
3		3,1	0,5	3,44	0,147	0,988	0,449	2,25	0,086
4		3,6	0,5	3,58	0,141	1,129	0,503	2,75	0,105
5		4,1	0,5	3,73	0,136	1,265	0,552	3,30	0,126
6		4,6	0,5	3,84	0,137	1,401	0,628	3,93	0,150

Продолжение таблицы 2.7

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
7		5,1	0,5	3,89	0,130	1,531	0,662	4,59	0,175
8		5,6	0,5	3,89	0,130	1,661	0,728	5,32	0,203
9		6,1	0,5	3,86	0,131	1,792	0,800	6,12	0,233
10		6,6	0,5	3,91	0,129	1,921	0,855	6,97	0,266
11		7,1	0,5	3,99	0,132	2,053	0,940	7,91	0,302
12		7,6	0,5	4,03	0,126	2,179	0,960	8,87	0,338
13		8,2	0,5	4,05	0,125	2,303	1,018	9,89	0,377

14		8,7	0,5	4,00	0,127	2,430	1,096	10,99	0,419
15		9,2	0,5	3,98	0,127	2,557	1,164	12,15	0,463
16		9,4	0,2	3,94	0,054	2,611	0,509	12,66	0,482
17		9,7	0,3	3,87	0,075	2,687	0,729	13,39	0,510
18	2	9,7	0,0	0,00	0,500	3,187	4,850	18,24	0,695
19		10,2	0,5	2,14	0,214	3,400	2,172	20,41	0,778
20		11,3	1,1	2,16	0,517	3,918	5,835	26,25	1,000
21		12,4	1,1	2,15	0,520	4,438	6,447	32,69	1,246
22		13,5	1,1	2,12	0,527	4,965	7,120	39,81	1,517
23		14,6	1,1	2,14	0,522	5,487	7,646	47,46	1,808
24		15,8	1,2	2,17	0,535	6,022	8,445	55,90	2,130
25		16,9	1,1	2,18	0,513	6,535	8,677	64,58	2,461
26		18,0	1,1	2,18	0,513	7,048	9,254	73,84	2,813
27		19,2	1,1	2,13	0,525	7,573	10,050	83,89	3,196
28		20,3	1,1	2,11	0,531	8,104	10,769	94,66	3,607
29		20,7	0,5	2,08	0,228	8,332	4,733	99,39	3,787
30		21,4	0,6	2,03	0,319	8,651	6,819	106,21	4,047
31		22,6	1,2	1,96	0,594	9,244	13,387	119,59	4,557
32		23,7	1,1	1,90	0,590	9,834	13,959	133,55	5,089

Продолжение таблицы 2.7

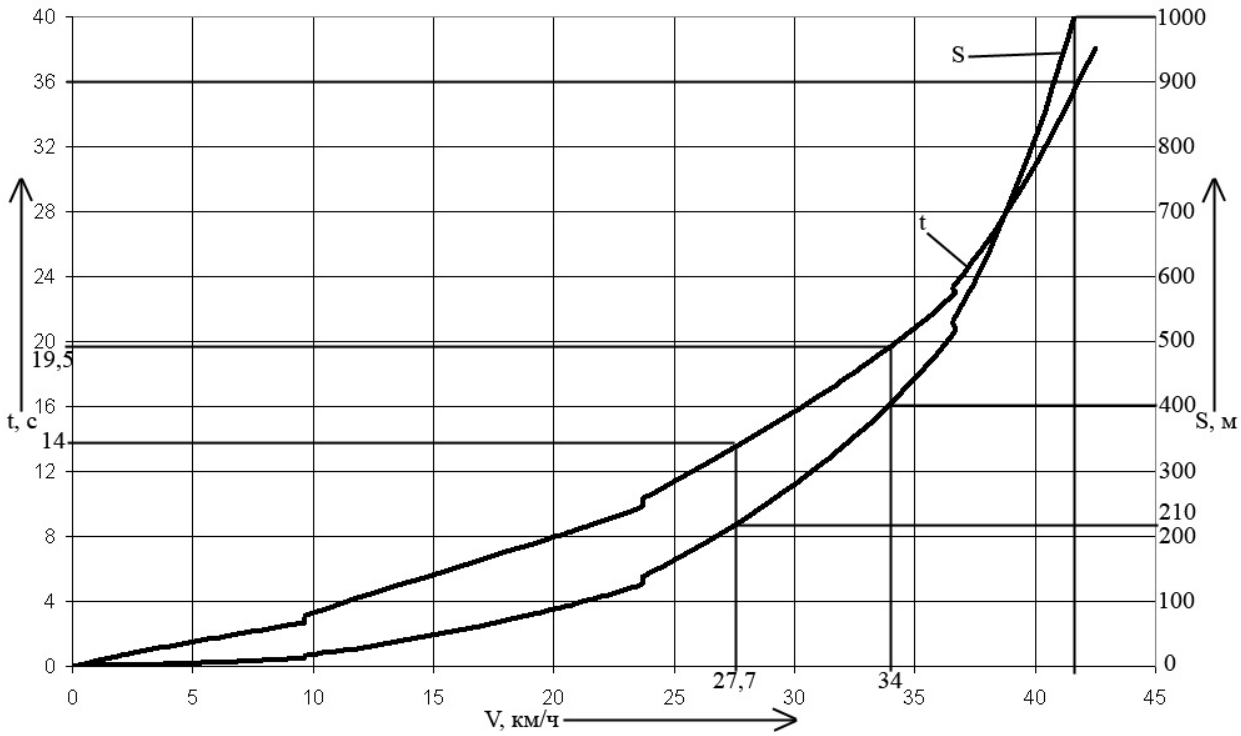
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
33	3	23,7	0,0	0,00	0,500	10,334	11,850	145,40	5,540
34		24,5	0,8	1,23	0,611	10,945	14,930	160,33	6,109
35		26,2	1,7	1,21	1,431	12,375	37,468	197,80	7,537
36		27,9	1,7	1,18	1,468	13,843	40,971	238,77	9,098
37		29,7	1,7	1,12	1,552	15,395	46,015	284,79	10,851
38		31,4	1,7	1,07	1,626	17,021	51,042	335,83	12,796

39		32,1	0,7	1,03	0,712	17,734	22,869	358,70	13,667
40		33,1	1,0	0,97	1,025	18,759	33,951	392,65	14,961
41		34,9	1,8	0,89	2,021	20,779	70,544	463,19	17,649
42		36,6	1,7	0,81	2,138	22,917	78,335	541,53	20,634
43	4	36,6	0,0	0,00	0,500	23,417	18,300	559,83	21,331
44		37,8	1,2	0,5	2,286	25,703	86,397	646,23	24,623
45		40,1	2,3	0,4	5,476	31,179	219,849	866,07	33,000
46		42,5	2,3	0,3	6,924	38,102	294,200	1160,27	44,209

По рисунку 2.6 находим, что автомобиль разгоняется до 100 км/ч (27,7 м/с) за 14 с, при этом проходит путь около 210 м. Отметку S = 400 м автомобиль проходит за 19,5 с, разогнавшись до 34 м/с (около 123 км/ч), а путь S = 1000 м проходит за 36 с, при этом скорость составит 41 м/с (148 км/ч).

2.2 Расчет топливной экономичности и построение экономической характеристики

Расчет топливно–экономической характеристики автомобиля проводим для четвёртой передачи в КП при разных уровнях дорожного сопротивления от минимального, равного сопротивлению качению по асфальту, до максимального, которое автомобиль может преодолеть лишь в узком диапазоне угловых скоростей двигателя, близких к угловой скорости двигателя при максимальном крутящем моменте.



t – время разгона; *S* – путь разгона

Рисунок 2.6 – Разгонная характеристика автомобиля

Вычисления производятся по формуле:

$$Q_S = \frac{K_n \cdot K_N \cdot g_e}{\eta_{тр} \cdot \rho_т \cdot K_p \cdot 36000} \cdot \left(F_\psi + F_в\right), \text{ [л/100км]}, \qquad (2.46)$$

где K_n, K_N – коэффициенты, учитывающие влияние загрузки двигателя соответственно по оборотам и мощности на удельный часовой расход топлива; g_e – удельный часовой расход топлива, г/кВт·ч; $\rho_т$ – плотность топлива, кг/л; F_ψ, $F_в$ – сила сопротивления соответственно дорожного и аэродинамического, Н.

От коэффициентов K_n, K_N во многом зависит точность расчета, однако найти адекватные их зависимости от загрузки двигателя соответственно по скорости и мощности весьма затруднительно. Поэтому используем общие для карбюраторных двигателей зависимости

$$K_n = 1{,}25 - 0{,}99\frac{\omega_e}{\omega_P} + 0{,}98 \cdot \left(\frac{\omega_e}{\omega_P}\right)^2 - 0{,}24 \cdot \left(\frac{\omega_e}{\omega_P}\right)^3; \qquad (2.47)$$

$$K_N = 3{,}27 - 8{,}22\frac{F_\psi + F_в}{F_T} + 9{,}13\cdot\left(\frac{F_\psi + F_в}{F_T}\right)^2 - 3{,}18\cdot\left(\frac{F_\psi + F_в}{F_T}\right)^3, \quad (2.48)$$

где F_Ψ – сила дорожного сопротивления, Н.

Силу F_Ψ при расчете топливной экономичности на прямой передаче в учебных целях задаем на трех уровнях:

– на низшем уровне сопротивлений принимаем:

$$F_{\Psi\,min} = F_к = G_a \cdot f_0 \cdot (1 + A_f \cdot V_a^2); \quad (2.49)$$

– на высшем уровне

$$F_{\Psi max} = G_a \cdot D_{4max}; \quad (2.50)$$

– на среднем уровне

$$F_{\Psi ср} = (F_{\Psi max} + F_{\Psi\,min}) / 2, \quad (2.51)$$

где D_{4max} – максимальное значение динамического фактора на прямой передаче (таблица 2.4). D_{4max} = 0,100 при ω_e = 209 с$^{-1}$, что соответствует V = 18,9 м/с. Результаты расчета сопротивлений сведем в таблицу 2.8.

Таблица 2.8 – Силы сопротивления движению и сила тяги

V_a, м/с	$F_{\Psi min}$	$F_{\Psi ср}$	$F_{\Psi max}$	$F_в$	$F_{\Psi min}+F_в$	$F_{\Psi ср}+F_в$	$F_{\Psi max}+F_в$	F_T
1	2	3	4	5	6	7	8	9
9,5	412	1411	2410	82	494	1493	2362	2366
11,8	423	1416	2410	128	551	1544	2527	2537
14,2	436	1423	2410	183	620	1606	2593	2709
16,5	452	1431	2410	249	701	1680	2659	2820
18,9	470	1440	2410	325	794	1765	2735	2932
21,3	491	1450	2410	414	905	1864	3024	3023
23,6	514	1462	2410	510	1024	1972	3120	3063
26,0	539	1474	2410	617	1155	2091	3126	3063
28,3	566	1488	2410	733	1299	2221	3143	3043

Продолжение таблицы 2.9

1	2	3	4	5	6	7	8	9

30,7	596	1503	2410	859	1456	2362	3269	3083
33,1	630	1520	2410	1001	1631	2521	3411	3144
35,5	665	1537	2410	1148	1813	2685	3558	3174
37,8	702	1556	2410	1305	2007	2861	3715	3194
40,1	741	1575	2410	1472	2213	3048	3882	3154
42,5	783	1596	2410	1649	2432	3246	4059	3144
43,5	801	1606	2410	1727	2529	3333	4137	3114
44,8	827	1619	2410	1837	2664	3455	4246	3063
47,3	876	1643	2410	2041	2917	3684	4451	3002
49,6	925	1667	2410	2249	3174	3916	4659	2952

Результаты расчета коэффициентов учета влияния загрузки двигателя по скорости и по мощности сведем в таблицу 2.9, а расхода топлива в таблицу 2.10.

Таблица 2.9 – Коэффициенты K_n K_N

V_a	ω_e	K_n	K_N при загрузке двигателя		
			минимальной	сред-ней	максимальной
1	2	3	4	5	6
9,5	105	1,078	1,922	0,919	
11,8	131	1,049	1,884	0,932	
14,2	157	1,023	1,830	0,943	
16,5	183	1,002	1,742	0,941	
18,9	209	0,985	1,650	0,937	1,000
21,3	236	0,972	1,542	0,927	
23,6	262	0,963	1,424	0,914	
26,0	288	0,957	1,298	0,902	
28,3	314	0,955	1,177	0,898	
30,7	340	0,955	1,090	0,901	

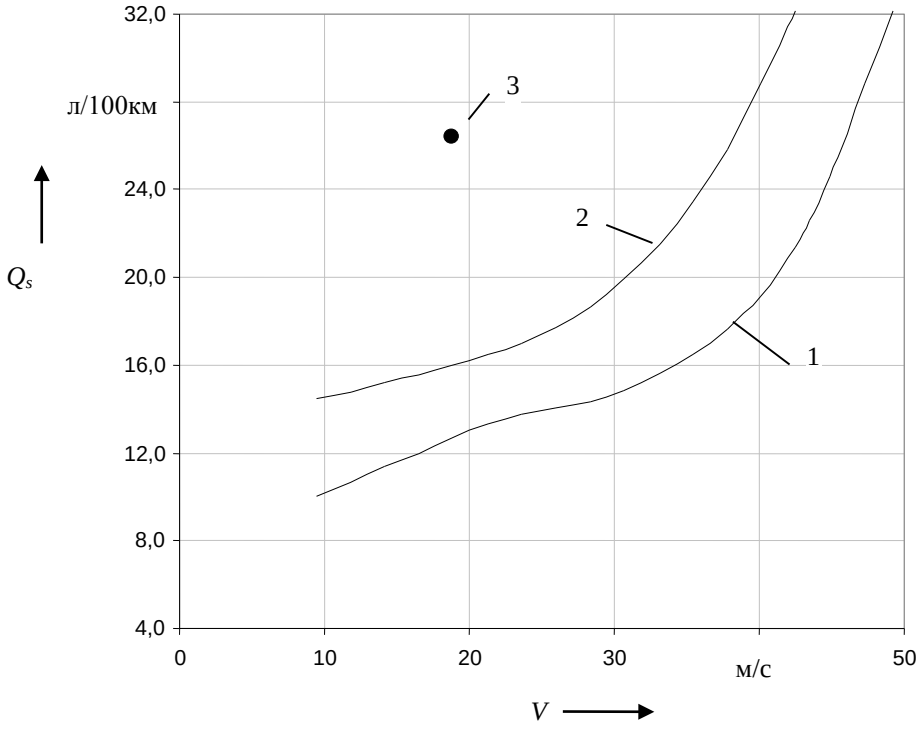
Продолжение таблицы 2.9

1	2	3	4	5	6

33,1	367	0,958	1,019	0,910	
35,5	393	0,964	0,961	0,925	
37,8	419	0,972	0,921	0,947	
40,1	445	0,982	0,899	0,983	
42,5	471	0,994	0,903	1,016	
43,5	482	1,000	0,913	1,032	
44,8	497	1,008	0,935	1,051	
47,3	524	1,024	0,986	1,055	
49,6	550	1,040	1,034	1,009	

Таблица 2.10 – Топливно–экономическая характеристика (рисунок 2.7)

V_a	Q_{smin}	Q_{scp}	Q_{smax}
9,5	10,0	14,5	
11,8	10,7	14,8	
14,2	11,4	15,2	
16,5	12,0	15,5	
18,9	12,7	16,0	26,4
21,3	13,3	16,5	
23,6	13,8	17,0	
26,0	14,1	17,7	
28,3	14,3	18,7	
30,7	14,9	19,9	
33,1	15,6	21,6	
35,5	16,5	23,5	
37,8	17,6	25,8	
40,1	19,2	28,9	
42,5	21,4	32,1	
43,5	22,6	33,7	
44,8	24,6	35,9	
47,3	28,9	39,0	
49,6	33,5	40,3	



1, 2, 3 – суммарное сопротивление движению соответственно низкое, среднее, максимальное (таблица 2.10)

Рисунок 2.7 – Топливно–экономическая характеристика автомобиля на прямой передаче в КП

Далее выполним расчет топливно–экономической характеристики автомобиля для экономической (пятой) передачи на скорости 90 км/ч (25 м/с), необходимой для определения оптимального передаточного числа пятой передачи.

Строим полином для участка ВСХ в пределах 100…350 $с^{-1}$ (рисунок 2.8).

Для скорости автомобиля 25 м/с находим передаточные числа пятой передачи при указанных выше значениях скорости двигателя

$$\omega_e = i_0 \cdot i_5 \cdot \omega_k = i_0 \cdot i_5 \cdot \frac{V_a}{r_k}. \qquad (2.52)$$

$$\omega_e = i_5 \cdot \frac{25}{0{,}355} \cdot 3{,}935,$$

где i_5 – передаточное число пятой передачи, варьируемое в пределах 0,5…0,1 с шагом 0,1. Результаты заносим в таблицу 2.12 (первый блок).

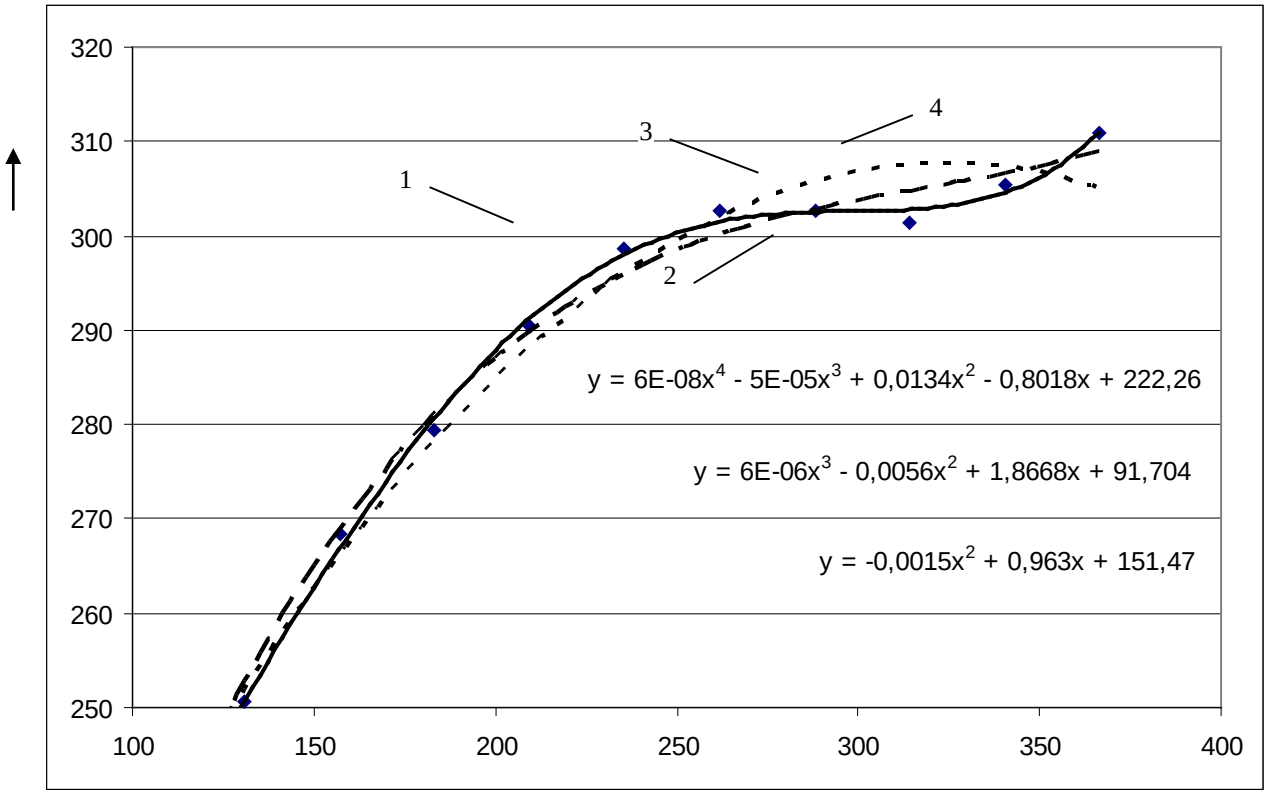


Рисунок 2.8 – Фрагмент зависимости крутящего момента T_e от угловой скорости ω_e двигателя (1) и ее кривая полинома 4ой (2) 3ей (3) и 2ой (4) степени

Таблица 2.11 – Определение оптимального передаточного числа экономической передачи

i_5	ω_e	ω_e ω_p	K_n	T_e	F_T	$(F_\psi+F_в)/F_T$	K_N	Q_s
1	2	3	4	5	6	7	8	9
0,4	111	0,23	1,071	244	988	0,98	0,991	10,0878
0,5	139	0,29	1,041	241	1219	0,80	0,908	8,97901
0,6	166	0,34	1,015	217	1317	0,74	0,898	8,66559
0,7	194	0,40	0,995	161	1139	0,85	0,927	8,76567

Продолжение таблицы 2.11

1	2	3	4	5	6	7	8	9
0,8	222	0,46	0,979	274	1490	0,96	0,886	8,75476
0,9	249	0,52	0,967	279	1521	0,98	0,910	9,89888
1	277	0,57	0,959	290	1623	0,99	0,950	10,6787
0,6	166	0,34	1,015	217	1317	0,74	0,898	8,66559
0,61	169	0,35	1,013	213	1314	0,74	0,898	8,64698
0,62	172	0,36	1,011	209	1309	0,74	0,898	8,62992
0,63	175	0,36	1,009	204	1300	0,75	0,899	8,61513
0,64	177	0,37	1,006	199	1288	0,75	0,899	8,6038
0,65	180	0,37	1,004	194	1273	0,76	0,901	8,59768
0,66	183	0,38	1,002	188	1254	0,77	0,903	8,59923
0,67	186	0,39	1,000	182	1232	0,79	0,906	8,61179
0,68	188	0,39	0,998	175	1205	0,80	0,910	8,63975
0,69	191	0,40	0,997	168	1174	0,83	0,917	8,68874
0,7	194	0,40	0,995	161	1139	0,85	0,927	8,76567
0,651	180	0,37	1,004	193	1271	0,76	0,901	8,59744
0,652	181	0,37	1,004	193	1270	0,76	0,901	8,59728
0,653	181	0,38	1,004	192	1268	0,76	0,901	8,59721
0,654	181	0,38	1,004	192	1266	0,77	0,901	8,59721
0,655	182	0,38	1,003	191	1264	0,77	0,901	8,59731
0,656	182	0,38	1,003	190	1262	0,77	0,902	8,5975
0,657	182	0,38	1,003	190	1260	0,77	0,902	8,59778

Как видим, при i_5 = 0,6 расход топлива минимален Q_s=8,66559 л/100 км. Теперь диапазон 0,5…0,7 разбиваем с шагом 0,01. Результат заносим во второй блок таблицы 2.11: Q_s = 8,59768 при i_5 = 0,65, затем с шагом 0,001 (0,650…0,670): Q_s = 8,59721 при i_5 = 0,653.

Как видно из таблицы 2.11 минимальный расход топлива Q_s = 8,6 л/100 км достигается при i_5 = 0, 653 и при скорости движения 90 км/ч.

2.3 Расчет раздаточной коробки

2.3.1 Расчёт зубчатой передачи

В разделе тягово-скоростной и топливно-экономический расчет были определены передаточные числа повышающей и понижающей передач раздаточной коробки.

$$i = 1{,}0;$$

$$i = 1{,}94.$$

Блок нагружения.

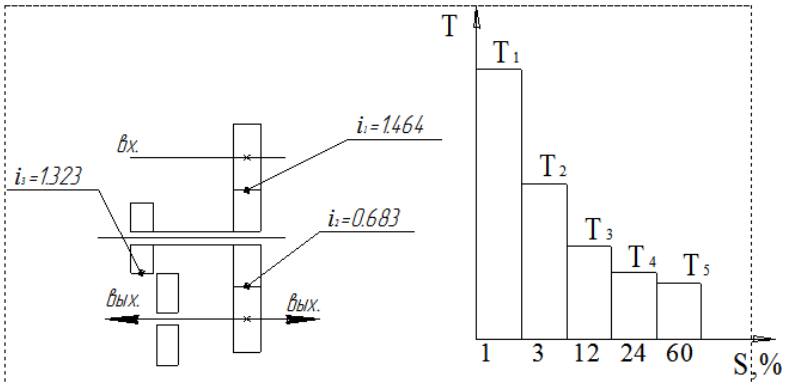


Рисунок 2.9 – Распределение передаточных чисел

S – пробег автомобиля;

T – момент на валу колеса.

$T_п = T_{emax} \cdot k \cdot i_{кп} \cdot i_1$ =203·1.25·3.78·1.464=1404 Н·м.

T =203·1.464·3.78=1123 Н·м.

T =203·1.464·2.6=772 Н·м.

T =203·1.464·1.55=460 Н·м.

T =203·1.464·1.0=297 Н·м.

T =203·1.464·0.82=243 Н·м.

Определение коэффициентов режима работы.

$$\mu_3 = \sum \frac{S_i}{S_\sum} \cdot (\frac{T_i}{T_{\max}})^3 \ , \qquad (2.53)$$

μ_3 =0.01·1^3 +0.03· (772/1123)^3 +0.12· (460/1123)^3 +0.24· (297/1123)^3 +0.6· (243/ /1123)^3 =0.04.

$$\mu_6 = \sum \frac{S_i}{S_\sum} \cdot (\frac{T_i}{T_{\max}})^6 , \qquad (2.54)$$

μ_6 =0.01·1^6 +0.03· (772/1123)^6 +0.12· (460/1123)^6 +0.24· (297/1123)^6 +0.6· (243/ /1123)^6 = 0.004.

$$\mu_9 = \sum \frac{S_i}{S_\sum} \cdot (\frac{T_i}{T_{\max}})^9 , \qquad (2.55)$$

μ_9 =0.01·1^9 +0.03· (772/1123)^9 +0.12·(460/1123)^9 +0.24·(297/1123)^9 +0.6·(243/ /1123)^9 =0.001.

Допускаемые контактные напряжения.

Суммарное число циклов из пробега.

$$N_{\sum 1} = \frac{S \cdot i_o}{2\pi r_k} = \frac{180 \cdot 10^6 \cdot 5{,}481}{2 \cdot 3{,}14 \cdot 0{,}35} = 4{,}48 \cdot 10^8 .$$

$$N_{\sum 2} = \frac{N_{\sum 1}}{i} = \frac{4{,}48 \cdot 10^8}{1{,}464} = 3{,}06 \cdot 10^8 .$$

Эквивалентное число циклов.

$N_{HE1}=N_{\sum 1}\cdot\mu_3$ =4,48·10^8 ·0,04=1,79·10^7.

$$N_{HE2} = \frac{N_{HE1}}{i} = \frac{1{,}79 \cdot 10^7}{1{,}464} = 1{,}22 \cdot 10^7 .$$

Базовое число циклов.

N_{HG1}=340·HRC$^{3,15}_1$+8·10^6 =340·60^{3,15} +8·10^6=1.3·10^8.

N_{HG2}=340· HRC$^{3,15}_2$ +8·10^6 =340·56^{3,15} +8·10^6 =1.17·10^8.

2.3.2 Выбор материала.

Сталь 20ХН3А ГОСТ4543-71, термообработка – цементация.

Твёрдость: шестерня – 58 HRC;

колесо – 56 HRC.

Из-за большей нагруженности материал шестерни большей твердости, чем материал колеса.

Коэффициенты долговечности.

$$Z_{N1} = \sqrt[6]{\frac{N_{G1}}{N_{HE1}}} = \sqrt[6]{\frac{1{,}3 \cdot 10^8}{1{,}79 \cdot 10^7}} = 1{,}39;$$

$$Z_{N2} = \sqrt[6]{\frac{N_{G2}}{N_{HE2}}} = \sqrt[6]{\frac{1{,}17 \cdot 10^8}{1{,}22 \cdot 10^6}} = 2{,}13.$$

Пределы контактной выносливости.

σ_{Hlim1}=21·HRC$_1$ = 21·58 = 1218 Мпа;

σ_{Hlim2}=21·HRC$_2$ = 21·56 = 1176 Мпа.

Коэффициенты запаса шестерни и колеса.

S_{H1}=S_{H2}=1.1.

Допускаемые контактные напряжения шестерни и колеса.

$$\sigma_{H1} = \frac{\sigma_{H\lim 1} \cdot Z_{N1}}{S_{H1}} \cdot \cdot Z_V Z_R Z_X = \frac{1218 \cdot 1{,}39}{1{,}1} \cdot 1 = 1539 \text{ МПа.}$$

$$\sigma_{H2} = \frac{\sigma_{H\lim 2} \cdot Z_{N2}}{S_{H2}} \cdot \cdot Z_V Z_R Z_X = \frac{1218 \cdot 1{,}39}{1{,}1} \cdot 1 = 2277. \text{ МПа.}$$

Расчётное допускаемое напряжение.За расчетное напряжение принимается меньшее из $[\sigma]_{H1}$ и $[\sigma]_{H2}$.

$[\sigma]_H$ =1539 МПа.

Коэффициенты, учитывающие неравномерность распределения нагрузки по длине контактных линий.

Ψ_d =0.2; $K_{H\beta}$=$K_{F\beta}$=1.02.

Определение основных геометрических размеров передачи.

Начальный диаметр шестерни.

$$d_{w1} = 770 \cdot \sqrt{\frac{T_2 k_a K_{H\beta}(u+1)}{\psi_d [\delta]_{YH}^2 u^2}} = 770 \cdot \sqrt{\frac{1123 \cdot 1 \cdot 1{,}02 \cdot (1{,}464+1)}{0{,}2 \cdot 1539^2 \cdot 1{,}464^2}} = 94{,}54 \ \textit{мм.}$$

Расчётная ширина колеса.

b_{w2}=0,2·d_{w1}=0,2·94,54=25 мм.

Межосевое расстояние.

$$a_w = \frac{d_{w1} \cdot (u+1)}{2} = \frac{994{,}54 \cdot (1+1{,}464)}{2} = 116{,}47 \ \text{мм.}$$

Принимаем межосевое расстояние a_w =117 мм.

Определение геометрии зацепления.

Модуль: m=(0,01...0,03)· a_w =1,5...3,5.

Выбираем модуль m =3,15.

Число зубьев шестерни:

$$z_1 = \frac{2a_w \cdot \cos\beta}{m \cdot (u+1)} = \frac{2 \cdot 117 \cdot \cos 22^\circ}{3{,}15 \cdot (1+1{,}464)} = 28.$$

Число зубьев колеса:

Z_2=Z_1·u=28·1.464=41.

Фактическое передаточное отношение:

u= Z_2/ Z_1 =41/28 =1.464.

Угол наклона зуба:

$$\beta_w = \arccos\left(\frac{m \cdot (Z_1 + Z_2)}{2 \cdot a_w}\right) = \arccos\left(\frac{3{,}15 \cdot (28+41)}{2 \cdot 117}\right) = 21{,}72^\circ .$$

Осевой шаг:

$$P_X = \frac{\pi \cdot m}{\sin \beta_w} = \frac{\pi \cdot 3{,}15}{\sin 21{,}72^\circ} = 26{,}73.$$

Коэффициент осевого перекрытия:

$$\varepsilon_\beta = \frac{b_{w2}}{P_X} = \frac{25}{26{,}73} = 0{,}935..$$

Диаметры зубчатых колёс.

Начальный диаметр:

$$d_{w1} = \frac{m \cdot Z_1}{\cos\beta_w} = \frac{3{,}15 \cdot 28}{\cos 21{,}72^\circ} = 94{,}94 \text{ мм};$$

$$d_{w2} = \frac{m \cdot Z_2}{\cos\beta_w} = \frac{2{,}75 \cdot 41}{\cos 21{,}72^\circ} = 139{,}02 \text{ мм}.$$

Диаметры выступов:

$d_{a1}=d_{w1}+2\cdot m=94{,}94+2\cdot 3{,}15=101.24$ мм;

$d_{a2}=d_{w2}+2\cdot m=139{,}02+2\cdot 3{,}15=145.32$ мм.

Диаметры впадин:

$d_{f1}=d_{w1}\cdot 2.5\cdot m=94{,}94\cdot 2{,}5\cdot 3{,}15=87{,}06$ мм;

$d_{f2}=d_{w2}\cdot 2.5\cdot m=139{,}02\cdot 2{,}5\cdot 3{,}15=131{,}14$ мм.

Коэффициент торцевого перекрытия:

ε_a =[1,88-3,2·(1/Z_1+1/Z_2)] ·cos 21,72° =[1,88·3,2·(1/28+1/41)] ·cos21,72 =1,568.

Суммарный коэффициент перекрытия:

$\varepsilon_\gamma = \varepsilon_a + \varepsilon_\beta$ =1,568+0,935=2,503.

2.3.3 Расчёт шестерёнчатого симметричного дифференциала

Из технической характеристики и таблицы 2.3.1 [16] выбираем следующие параметры: $T_{em} = 290$ Н · м; $i_1 = 6{,}55$; $i_0 = 6{,}176$; $Z_c = 11$; $Z_п = 22$; числа зубьев соответственно сателлита и полуосевой шестерни, $\alpha = 20°$ – угол зацепления; $m_{te} = 6{,}55$ – внешний торцевый модуль выбираем по прототипу. Нормальный модуль рассчитываем по уравнению (2.56), мм:

$$m_n = m_{te} \cdot \cos\delta_c \qquad (2.56)$$

где δ_c определяем по уравнению (2.57)

$$tg\,\delta_c = \frac{Z_c}{Z_п} \qquad (2.57)$$

$$tg\,\delta_c = \frac{11}{22} = 0{,}5$$

$$tg\,\delta_c = \frac{11}{22} = 0{,}5$$

$\delta_c = arctg(0{,}5) = 22{,}5650°$

$$m_n = 5{,}75 \cdot \cos 26{,}565° = 5{,}1 \text{ мм}$$

$R_e = 62{,}62$ мм – внешнее конусное рассояние взято по прототипу [16].

Длина зуба, мм

$$b = 0{,}3R_e \tag{2.58}$$

$b = 0{,}3 \cdot 62{,}62 = 18{,}786$ мм

По (2.58) определяем коэффициент λ_n

$$\lambda_n = \frac{R_e - b}{R_e} \tag{2.59}$$

$$\lambda_n = \frac{62{,}62 - 18{,}786}{62{,}62} = 0{,}7$$

Из (2.59) рассчитываем половину угла при вершине образующего конуса полуосевой шестерни

$$\operatorname{tg} \delta_n = \frac{Z_п}{Z_с} \tag{2.60}$$

$$\operatorname{tg} \delta_n = \frac{22}{11} = 2$$

$$\delta_n = arctg(2) = 63{,}4349°$$

Приведённое число зубьев полуосевой шестерни (2.60)

$$Z_э = \frac{Z_п}{\cos \delta_n} \tag{2.61}$$

$$Z_э = \frac{22}{\cos 63{,}4349°} = 49{,}19$$

По $Z_э = 50$ и $\alpha = 20°$ из таблицы 3.2.1 находим коэффициент формы зуба $y = 0{,}130$

Из таблицы 1.3.1 [16] выбираем коэффициент блокировки дифференциала.

$K_б = 0{,}7$- коэффициент блокировки дифференциала.

Напряжение изгиба у основания зуба полуосевой шестерни (2.62),

$$\sigma = \frac{3T_{em} \cdot i_1 \cdot i_0 \cdot \eta_{тр} \cdot (1 + K_б)}{m_n^2 \cdot \pi \cdot Z_п \cdot R_e \cdot (1 - \lambda^3) \cdot q} \tag{2.62}$$

$$\sigma = \frac{3 \cdot 290 \cdot 6{,}55 \cdot 6{,}167 \cdot 0{,}85 \cdot (1 + 0{,}7) \cdot 10^9}{5{,}1^2 \cdot 3{,}14 \cdot 0{,}13 \cdot 22 \cdot 62{,}62 \cdot (1 - 0{,}7^3) \cdot 4} = 1{,}321 \cdot 10^9 \ {}^{Н}/_{м^2} == 1321 \text{ МПа}$$

Допускаемое напряжение $\sigma_{доп} = 550$ МПа [16]. Чтобы снизить напряжение, можно увеличить Z_n, R_e, m_n. Увеличим модуль m_n с 5,1 мм до 6 мм так как он в формуле (2.3.7) возведён в квадрат, это значительно снизит напряжение.

$$\sigma = \frac{3T_{em} \cdot i_1 \cdot i_0 \cdot \eta_{тр} \cdot (1 + K_б)}{m_n^2 \cdot \pi \cdot Z_п \cdot R_e \cdot (1 - \lambda^3) \cdot q} = \frac{3 \cdot 290 \cdot 6{,}55 \cdot 6{,}167 \cdot 0{,}85 \cdot (1 + 0{,}7) \cdot 10^9}{6^2 \cdot 3{,}14 \cdot 0{,}13 \cdot 62{,}62 \cdot (1 - 0{,}7^3) \cdot 4}$$

$$= 0{,}7 \cdot 10^9 \, {}^{Н}/_{м^2} = 700 \text{ МПа}$$

Превышение составляет 27,3 %, оно допустимо по следующим причинам [16]:

а) вышеприведённая методика является приближённой и даёт немного завышенные величины напряжений;

б) превышение напряжений имеет место лишь на первой передаче, время работы на которой автомобиля составляет всего (0,5-1,0)%. На второй передаче $i_2 = 3{,}933$ напряжения будут составлять:

$$700 \cdot \frac{i_2}{i_1} = 700 \cdot \frac{3{,}933}{6{,}55} = 420{,}3 \text{ МПа}$$

в) небольшие скорости полуосевых шестерён и сателлитов при движении на первой передаче, что обеспечивает режим их работы, близкий к статическому.

Для расчёта удельных давлений на различные поверхности сателлитов необходимо начертить эскиз сателлита (рисунок 2.3.1).

Зная торцовый (окружной модуль) m_s, рассчитываем внешний делительный диаметр D_{e_c} окружности сателлита по большому конусу

$$D_{e_c} = m_{te} \cdot Z_c \tag{2.63}$$

$D_{e_c} = 5{,}75 \cdot 11 = 63{,}25$ мм

Полученный диаметр является основанием AC равнобедренного треугольника ΔOAC, стороны которого являются образующими сателлита рисунок 2.10.

Половина диаметра $\frac{D_{e_c}}{2} = 31{,}625$ мм вместе с внешним конусным расстоянием $R_e = 62{,}62$ мм образуют прямоугольный треугольник, высоту которого *oe* можно определить по теореме Пифагора

$$OE = \sqrt{{R_e}^2 - \frac{{D_{e_c}}^2}{2}} \quad (2.64)$$

$$OE = \sqrt{62{,}62^2 - 31{,}625^2} = 54 \text{ мм}$$

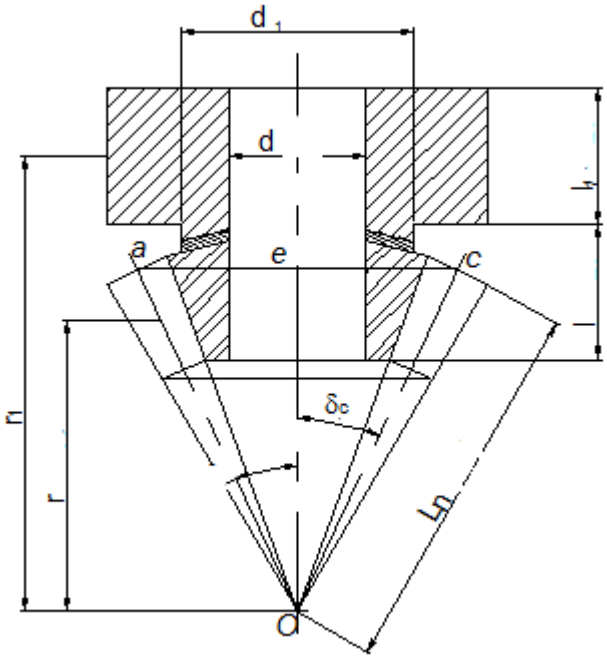


Рисунок 2.10 – Эскиз сателлита

Зная OE, можно, взяв за основание $D_{e_c} = 63{,}25$, построить треугольник с вершиной в точке O и сторонами $R_e = CO = 62{,}62$.

Высота ножки зуба $1{,}2m_n = 1{,}2 \cdot 6 = 7{,}2$ мм

Размер (диаметр) шипа крестовины d длина опорной поверхности сателлитов l длина опорной поверхности оси сателлита в коробке дифференциала l_1 расстояние от среднего сечения зуба сателлита до вершины образующего конуса r плечо приложения силы, возникающей от действия момента двигателя r_1 , число сателлитов q, назначаем следующим: $d = 28$ мм; $l = 25$ мм; $l_1 = 25$ мм; $r = 44{,}6$ мм; $r_1 = 66{,}5$ мм; $q = 4$ [16]

Давление на опорную поверхность оси сателлита в шестерне, МПа

$$\sigma_c = \frac{T_{em} \cdot i_1 \cdot i_0 \eta_{\text{тр}}}{r \cdot q \cdot d \cdot l} \quad (2.65)$$

$$\sigma_c = \frac{290 \cdot 6{,}55 \cdot 6{,}167 \cdot 0{,}85}{0{,}0446 \cdot 4 \cdot 0{,}025 \cdot 0{,}025 \cdot 10^6} = 83{,}9 \text{ МПа}$$

Давление на ось сателлита в месте закрепления её в коробке дифференциала, МПа

$$\sigma_{\text{к}} = \frac{T_{em} \cdot i_1 \cdot i_0 \eta_{\text{тр}}}{r_1 \cdot q \cdot d \cdot l_1} \quad (2.66)$$

$$\sigma_{\text{к}} = \frac{290 \cdot 6{,}55 \cdot 6{,}167 \cdot 0{,}85}{0{,}0665 \cdot 4 \cdot 0{,}025 \cdot 0{,}025 \cdot 10^6} = 59{,}89 \text{ МПа}$$

Давление по торцу сателлита, МПа

$$\sigma_{mc} = \frac{T_{em} \cdot i_1 \cdot i_0 \eta_{\text{тр}}}{r \cdot q \cdot \pi \cdot ({d_1}^2 - d)} \cdot tg\alpha \cdot \sin \delta_c \quad (2.67)$$

$$\sigma_{mc} = \frac{290 \cdot 6{,}55 \cdot 6{,}167 \cdot 0{,}85 \cdot 0{,}364 \cdot 0{,}447}{0{,}0446 \cdot 4 \cdot 3{,}14(0{,}03^2 \cdot 0{,}025^2) \cdot 10^6} = 10{,}51 \text{ МПа}$$

Ни одно давление сателлита не превышает допускаемое давление 90 Мпа [16].

2.4 Разработка 3 Д модели устройства

Проведено моделирование дифференциала для раздаточной коробки автомобиля Нива Шевроле.

На рисунке 2.11 показан внешний вид устройства

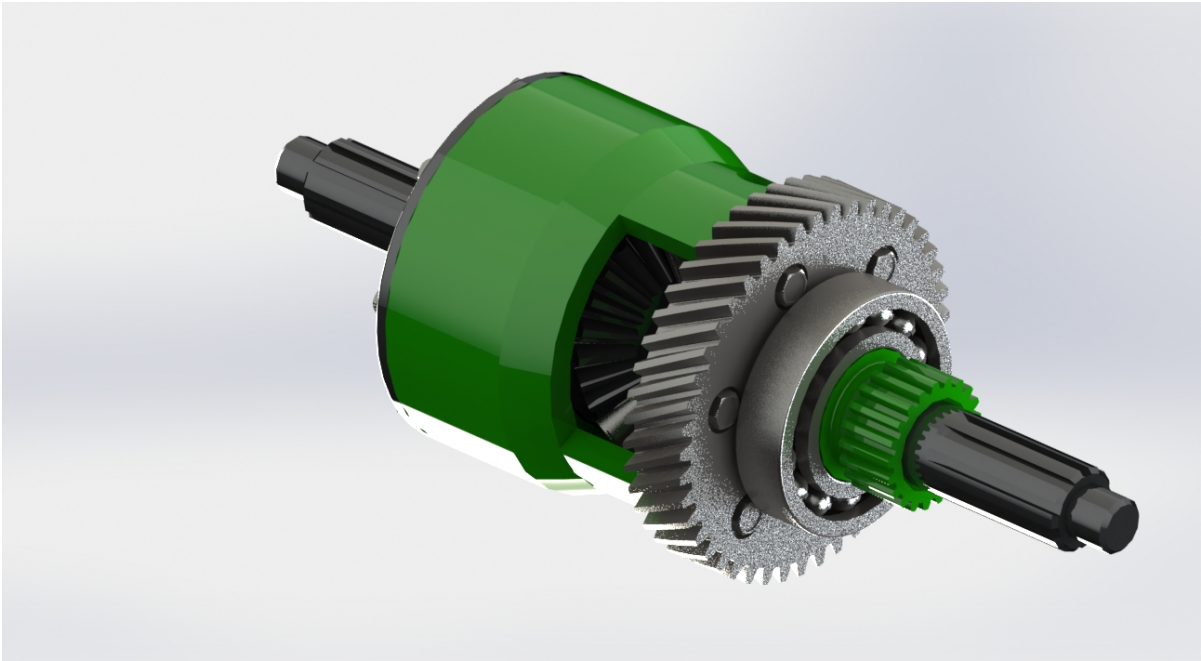


Рисунок 2.11 – Внешний вид

Конструкция дифференциала представлена на рисунке 2.12.

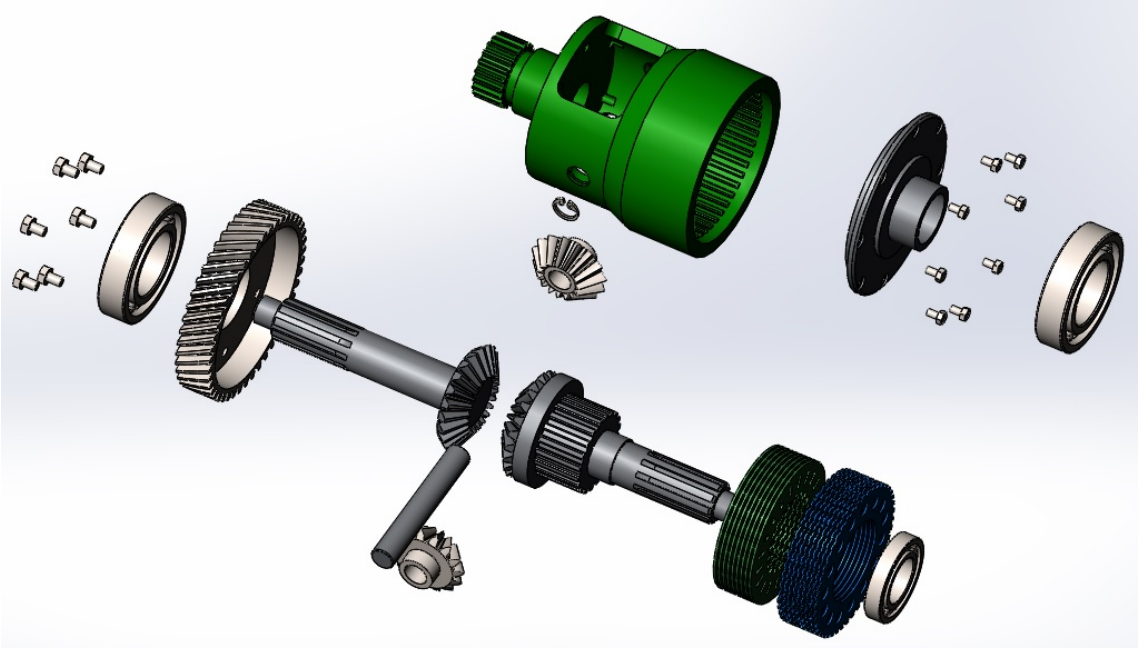


Рисунок 2.12 – Конструкция дифференциала

Дифференциал представляет собой конструкцию из классического симметричного дифференциала, на корпус которого сверху надета вискомуфта (отмечена зеленым цветом). В случае пробуксовывания колес одной из осей происходит вращение корпуса дифференциала, который вспенивает жидкость, расположенную в вискомуфте и происходит торможение корпуса за счет изменения свойств жидкости.

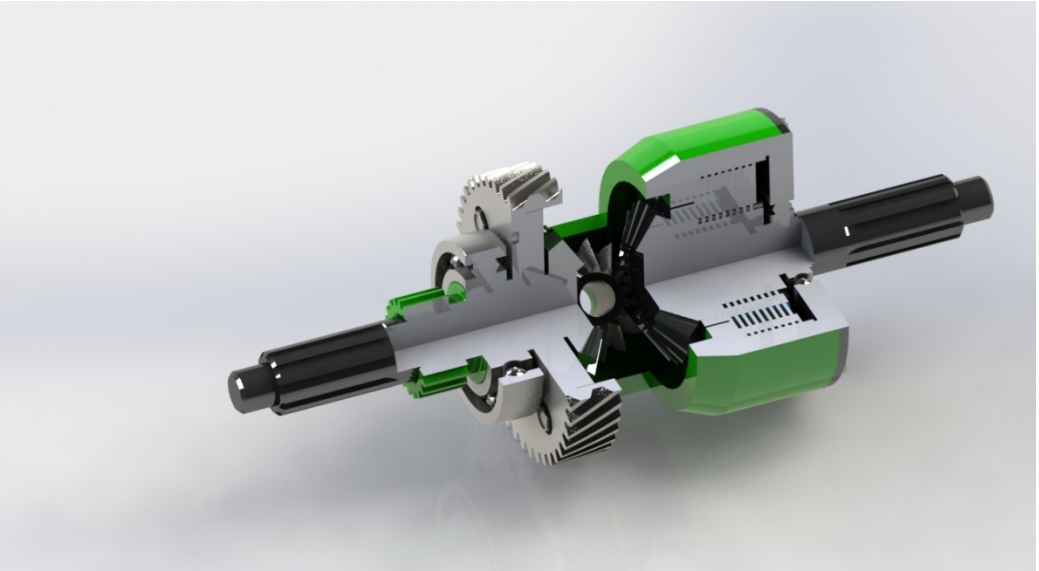


Рисунок 2.13 – Конструкция дифференциала

2.5 Выводы

Был проведен расчет усилий, возникающих в элементах раздаточной коробки. Проведен расчет параметров.

Выполнено проектирование дифференциала с встроенной вискомуфтой с целью определения параметров и выполнения чертежей. Проведенный расчет показал работоспособность конструкции.

3 Технологическая часть

3.1 Служебное назначение детали

Диск входит в состав вискомуфты и служит для передачи крутящего момента на трансмиссию автомобиля.

3.2 Технические требования на изготовление детали

Диск входит в механизм вискомуфты, поэтому к его изготовлению предъявляются высокие требования.

269...321 НВ.

Покрытие Хим. Окс. прм.

Деталь проверить на магнитном дефектоскопе, уровень чувствительности В, ГОСТ 21105-87, до нарезания зубьев. Наличие расслоений, трещин и др. дефектов не допускается.

Маркировать. Шрифт ПО-4 ГОСТ 2930-62.

Допуск позиционный взаимного расположения 8 отверстий Ø6 мм 0,2 мм.

3.3 Техническая характеристика материала

Диск выполнен из легированной стали марки Сталь 38ХН3МФА-1 ГОСТ 4543-71. Это сталь с повышенными прочностью, вязкостью и прокаливаемостью. Она предназначена для изготовления ответственных штампованных деталей.

Таблица 3.1 – Химический состав, % [11]

C	*Si*	*Mn*	*Cr*	*Mo*	*W*	*V.*	*S*
0,35÷040	0,17÷0,37	0,5÷0,8	≤ 3	1	1	1	≤ 0,4

Термообработка:

Первая закалка на воздухе, Т°С –760…810 °С

Вторая закалка, Т°С –860 оС

Среда охлаждения –масло

Отпуск:

Температура, °С – 100 С

Среда охлаждения – масло или вода

Таблица 3.2 – Механические свойства

σт кгс/мм^2	σв кгс/мм^2	δв %	ψ %	Aн Кгс·н/см^2
65	80	14	55	10

Технологические свойства:

Температура ковки, С: начала 1250, конца 700. Сечения до 400мм охлаждаются на воздухе

Свариваемость – трудносвариваемая. Способ сварки: ручная дуговая и контактно-точечная. Необходим подогрев и последующая термообработка;

Обрабатываемость резанием – в горячекатаном состоянии при НВ 170…179, $\sigma_в$ = 64 кгс/мм^2;

Коэффициент обрабатываемости, Кv (материал резца) [11].

Kv = 1 – твердый сплав

Kv = 1 – быстрорежущая сталь;

Флокеночувствительность – малочувствительна

Склонность к отпускной хрупкости:не склонна.

3.4 Анализ технологичности конструкции детали

Диск имеет хорошие опорные технологические базы, обеспечивающие ее надежное жесткое крепление в процессе механической обработки. Конструкция детали обладает рядом качеств, обеспечивающих удобство выполнения операций технологического процесса: свободный вход и выход инструмента, возможность обработки максимального числа поверхностей с одного установа заготовки, максимально возможная унификация формы и размеров обрабатываемых

элементов и использования типовых подпрограмм, форма детали удобна для автоматического контроля размеров и обеспечения легкого удаления стружки, припуск на механическую обработку минимальный, так как форма заготовки приближенна к форме детали.

В конструкции используются унифицированные элементы. Все поверхности имеют свободный доступ для режущего и мерительного инструмента. Для установки и закрепления детали на станках имеются достаточные поверхности, обеспечивающие надежность, безопасность и качество обработки.

Исходя из вышеизложенного можно сделать вывод, что деталь в целом является технологичной.

3.5 Выбор типа производства

Тип производства характеризуется коэффициентом закрепления операций $К_{зо}$, который показывает отношение всех различных технологических операций, выполняемых или подлежащих выполнению подразделением в течении месяца к числу рабочих мест из расчета на одну смену.

Коэффициент закрепления операций ($К_{зо}$) определяется по формуле [11]:

$$K_{зо} = \frac{\sum Q_о}{R_я} \qquad (3.1)$$

где $\Sigma Q_о$ – суммарное число различных операций;

$R_я$ – явочное число рабочих подразделения выполняющих операции.

Трудоемкость изготовления возьмем по укрупненному нормированию.

Таблица 3.3 – Трудоемкость обработки детали

Операция	Разряд	Норма штучн. времени
005 Токарно-винторезная	4	23
010 Токарно-винторезная	4	21
015 Радиально-сверлильная	4	16,3
020 Зубофрезерная	4	49,5
025 Зубообкатная	4	22,3

Исходные данные для расчета.

Годовая программа выпуска $N_в$, шт:

$N_в = 5000$.

Действительный годовой фонд времени работы оборудования F_g, час

$F_g = 3888$.

Нормативный коэффициент загрузки оборудования $K_{зн}$;

$K_{зн} = 0,65…0,77$,

Принимаем $K_{зн}$=0,75.

Потребное количество оборудования определяется по формуле [11]:

$$m_р = \frac{N \cdot T_{шт}}{60 \cdot F_g}, \quad (3.2)$$

$$m_{р1} = \frac{5000 \cdot 23}{60 \cdot 3888 \cdot 0,75} = 0,66$$

$$m_{р2} = \frac{5000 \cdot 21}{60 \cdot 3888 \cdot 0,75} = 0,6$$

$$m_{р6} = \frac{5000 \cdot 16,3}{60 \cdot 3888 \cdot 0,75} = 0,46$$

$$m_{р7} = \frac{5000 \cdot 49,5}{60 \cdot 3888 \cdot 0,75} = 1,41$$

$$m_{р8} = \frac{5000 \cdot 37,1}{60 \cdot 3888 \cdot 0,75} = 1,1$$

Фактический коэффициент загрузки:

$$\eta_{зф} = \frac{m_р}{R}, \quad (3.3)$$

Количество операций выполняемых на одном рабочем месте:

$$Q_{ор} = \frac{\eta_{зн}}{\eta_{зф}}, \quad (3.4)$$

Результаты расчетов сводим в таблицу (3.4).

Таблица 3.4 – Загрузка оборудования

Наименование операции	$T_{шт}$	$m_р$	R	$\eta_{зф}$	$Q_о$
005 Токарно-винторезная	23	0,66	1	0,66	1
010 Токарно-винторезная	21	0,6	1	0,6	1
015 Радиально-сверлильная	16,3	0,46	1	0,46	1
020 Зубофрезерная	49,5	1,41	2	0,705	2
025 Зубообкатная	22,3	1,1	2	0,55	2

			Σ=7		Σ=7

Коэффициент закрепления операций [11]:

$$K_{зо} = \frac{\Sigma Q_o}{R}, \qquad (3.5)$$

$K_{зо} = \frac{7}{7} = 1.$

10>К>1.

Производство Крупносерийное.

Крупносерийное производство характеризуется ограниченной номенклатурой изделий, изготовляемых периодически повторяющимися партиями и сравнительно большим объемом выпуска.

3.6 Выбор заготовки

Главным критерием при выборе заготовки являются обеспечение заданного качества готовой детали при минимальных затратах. При повышении точности выполнения заготовки и приближения ее формы к конфигурации готовой детали, удельный вес механической обработки заметно снижаются.

При выборе заготовки и метода ее получения основополагающим является тип производства, материал и его свойства и экономическую целесообразность использования данной заготовки.

В качестве заготовки для данной детали можно использовать прокат круглого сечения или штамповку. Так как штамповка наиболее приближена к конфигурации готовой детали, то наиболее целесообразно использовать горячую штамповку. По сравнению с прокатом использование штамповки увеличивает коэффициент использования металла, снижает трудоемкость механической обработки резанием.

Преимущества штамповки по сравнению с ковкой:

– высокая производительность (650…100 раз выше);

– высокая точность размеров и незначительная шероховатость поверхности;

– возможность получения деталей сложной формы с одинаковыми размерами;

– не требуется высокая квалификация рабочих.

К недостаткам необходимо отнести высокую стоимость штампов, возможность использования штампа только для одной детали; изготовление деталей малой массы(0,3…100 кг).

Штамповка на горизонтально ковочной машине является одним из производительных способов и может быть рентабельной для определенного вида заготовок, а именно для данного случая. Технические требования на поковки, изготавливаемые на горизонтально ковочной машине, регламентируются по ГОСТ 7505-89.

Технические требования на заготовку:

– Штамповочные уклоны 7 , кроме указанных иначе.

– Неуказанные радиусы *R* до 5 мм.

– Допускается:

наружные дефекты глубиной до половины припуска на мех. обработку на сторону, считая от номинала. Глубину залегания дефектов проверять контрольной зачисткой;

– смещение штампов по линии разъема до 2,8 мм.;

– остаток облоя до 3 мм.;

– коробление до 2 мм.

Штамповки 2 класса точности ОСТ 1.92082-80.

Группа контроля *III* ОСТ 1.90074-72.

Штамповки поставляются:

– термообработанные на твердость по Бринеллю *d* = 3,7 мм., не менее; после травления.

Маркировать шифром номер плавки.

Допускается изготовление из стали 30ХГСН2А-ВД

Определяем экономическую целесообразность выбора заготовки из поковки

Прокат.

Определяем коэффициент использования металла ($K_{им}$):

$$K_{им} = \frac{m_д}{m_з}, \quad (3.6)$$

Где $m_д$ – масса детали, кг : $m_д$ = 0,78 кг ;

$m_з$ – масса заготовки, кг : $m_з$ = 1,3 кг ;

$$K_{им} = \frac{0,78}{1,3} = 0,6.$$

С технологической точек зрения в качестве заготовки выгоднее применение поковки.

3.7 Разработка маршрутного технологического процесса изготовления зубчатого колеса

С учетом серийного типа производства, а также последних достижений в области технологии металлообработки я предлагаю следующий вариант технологического процесса механической обработки который отражен в таблице 3.5.

Таблица 3.5– Усовершенствованный вариант технологического процесса механической обработки детали

Наименование и краткое содержание операции	Технологические базы Установочные приспособления	Наименование и модель станка
1	2	3
000Заготовка Штамповка Ø172xØ120x21 термообработанная		
005 Токарная с ЧПУ Подрезать торец, в р-р $19,5_{-0,87}$; Расточить отв. $Ø120^{+0,14}$мм в р-р $8_{-0,87}$ мм	Наружный диаметр Ø172 и торец диска Кулачки при станке.	Токарно-винторезный с ЧПУ *NEF*-600

Наименование и краткое содержание операции	Технологические базы Установочные приспособления	Наименование и модель станка
1	2	3
010 Токарная с ЧПУ Подрезать торец, в р-р $18_{-0,1}$; Точить пов. $Ø165_{-0,25}$ мм; Расточить отв. $Ø150^{+0,25}$мм в р-р 3±0,25 мм; Точить фаску 1,5х45º на пов. Ø165мм;	Внутреннее отв. Ø120 и торец диска Приспособление специальное.	Токарно-винторезный с ЧПУ *NEF*-600
015 Токарная с ЧПУ Подрезать торец, в р-р $18_{-0,35}$; Расточить отв. $Ø150^{+0,25}$мм в р-р 7±0,25 мм; Точить фаску 1,5х45º на пов. Ø165мм;	Наружный диаметр Ø172 и торец диска Кулачки при станке.	Токарно-винторезный с ЧПУ *NEF*-600
020 Сверлильная с ЧПУ Сверлить 8 отв. $Ø5^{+0,43}$; Зенкеровать 8 отв. $Ø5,7^{+0,11}$; Развернуть8 отв. $Ø6^{+0,048}$	Внутреннее отв. Ø120 и торец диска Приспособление специальный	Вертикально-фрезерный с ЧПУ 65А60
025 Зубофрезерная Фрезеровать 108 зуба модулем 1,5 мм	Внутреннее отв. Ø120 и торец диска Приспособление специальное.	Зубофрезерный 5К328А
030 Слесарная Скруглить острые кромки на 108 зубьях		Верстак слесарный
035 Зубообкатная Контроль сопрягаемых поверхностей зубьев шестерни	Отверстие Ø255мм и торец. Приспособление обкатное	Зубообкатнойстанок модели 5727
040 Контрольная Контролировать параметры шестерни		

3.8 Обоснование выбора оборудования

Выбор станков для технологического процесса производится, уже после того как каждая операция предварительно разработана. Это значит, что намечены, выбраны и определены: метод обработки поверхностей, точность и

шероховатость, припуск на обработку, режущий инструмент, такт выпуска и тип производства.

По методу обработки, форме обрабатываемой поверхности, точности и шероховатости, определяем группу станка.

По расположению обрабатываемой поверхности, тип станка.

По габаритным размерам детали, типоразмер станка.

По такту выпуска, определяем необходимое количество станков.

Во всех случаях, целесообразней всего, подтвердить выбор того или иного станка соответствующими расчётами. Исходя, из выше изложенного, по всем критериям выбираем следующее оборудование:

Для токарных операций с ЧПУ – Токарно-винторезный станок модели *NEF*-600. Токарный станок с ЧПУ *NEF*-600, предназначен для токарной обработки в один или несколько проходов в замкнутом полуавтоматическом цикле, наружных и внутренних поверхностей деталей, типа тел вращения со ступенчатым и криволинейным профилем различной сложности, включая нарезание крепёжных резьб.

Для чернового точения применяем токарно-винторезный станок модели 1М63.

Для нарезания зубьев применяем зубофрезерный станок модели 5К328, а для окончательной доводки зубьев (обкатки) применяется зубообкатной станок модели 5727.

Для сверления, зенкерования и развертывания отверстий применяем вертикально-фрезерный станок с ЧПУ модели 65А60 ПМФ4.

3.9 Обоснование выбора режущего и измерительного инструмента

Главным критерием при выборе режущего инструмента при обработке диска ведущего являются:

– высокая надёжность при работе с интенсивными режимами резания;

– быстро сменность;

– высокий уровень унификации элементов и агрегатов;

– переналаживаемость;

– относительно низкая стоимость.

Для современного металлорежущего оборудования, в том числе для станков с ЧПУ, наиболее эффективны режущие инструменты оснащённые твёрдым сплавом или целиком изготовленные из твёрдого сплава, особенно инструменты малых размеров. Существенное влияние на работу инструмента оказывают, правильный выбор конструктивных элементов и геометрических параметров режущей части.

Исходя из обрабатываемого материала, легированной стали, требованием к обработанной поверхности, условиям эксплуатации на конкретных станках и жёсткости детали, на токарных операциях, выбираем резцы соответствующего назначения оснащенье твёрдосплавными пластинками Т15К6.

На фрезерных операции торцевую фрезу со вставными зубьями оснащенную твёрдосплавными пластинками Т15К6, а также специальную червячную фрезу для нарезания зубьев из стали Р18.

На токарных станках с ЧПУ используются резцы со сменными режущими пластинами, что позволяет обеспечить более высокие режимы резания, стойкость и надёжность за счёт исключения напайки и переточки; обеспечивается стабильное формирование и отвод стружки за счёт специальных форм передней поверхности пластины, позволяет на одном корпусе инструмента использовать оптимальные марки твёрдого сплава, в соответствии с характеристиками материала детали, сохраняются постоянными размеры инструментов.

Измерительный инструмент для контроля заданных размеров и отклонений, при изготовления секторов зубчатого колеса, выбирается по двум параметрам, точности и удобства замера. В качестве измерительного инструмента, исходя из квалитетов точности размеров детали рекомендуется использовать как универсальный (гостовский), так и специальный, скобы для контроля различных диаметров, для линейных размеров штангенциркули различного диапазона, для отверстий нутромеры индикаторные.

3.10 Расчёт режимов резания

Глубина резания *t*, при черновой обработке (предварительной) назначаем по возможности максимальную глубину резания *t*, равную всему припуску на обработку или большей части его; при чистовой (окончательной) обработке - в зависимости от размеров и шероховатости обработанной поверхности [3].

Подача *S*: при черновой обработке выбираем максимально возможную подачу, исходя из жесткости и прочности системы СПИД, мощности привода станка, прочности твердосплавной пластинки и других ограничивающих факторов; при чистовой обработке – в зависимости от требуемой точности и шероховатости обработанной поверхности.

Скорость резания *V*: рассчитываем по эмпирическим формулам, установленным для каждого вида обработки *[3]*, которые имеют общий вид:

$$v_{\text{т б}} = \frac{C_v}{T^m t^x s^y}., \qquad (3.7)$$

Значения коэффициента C_V и показателей степени, содержащихся в этих формулах, так же, как и периода стойкости Т инструмента, применяемого для данного вида обработки, приведены в таблицах для каждого вида обработки. Вычисленная скорость резания учитывает конкретные глубины резания, подачи и стойкости и действительна при определенных табличных значениях других факторов. Поэтому для получения действительного значения скорости резания *V* с учетом конкретных упомянутых факторов вводится поправочный коэффициент K_V. Тогда действительная скорость резания

$$V = V_{m\,б} K_V, , \qquad (3.8)$$

где K_V – произведение ряда коэффициентов. Важнейшими из них, общими для всех видов обработки, являются:

Операция 005 Токарная с ЧПУ.

Переход 1. Точить поверхность выдерживая размер Ø 165-0,44

Глубина резания t = 3 мм.

Подача S = 0,25 мм/об.

Скорость резания:

$$V = \frac{C_V}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_{V,}, \quad (3.9)$$

где T – период стойкости инструмента, T = 60 мин.

Значение коэффициента C_V и степени выбираем из таблицы 17, стр. 269(1);

C_V = 420, x = 0,15, y = 0,20, m = 0,20.

K_v – поправочный коэффициент на скорость резания:

$$K_V = K_{MV} \cdot K_{nV} \cdot K_{UV},, \quad (3.10)$$

$$K_{MV} = K_{\Gamma} \cdot \left(\frac{750}{\sigma_{\text{В}}}\right)^{n_v}, \quad (3.11)$$

где K_{Γ}= 0,8n_v = 1 (т.2 с. 262 [1] т. 2).

Кnv = 0,8 (т.5, с 263 [1] т. 2),

Кuv= 1 (т.6 с. 263 [1] т. 2).

$$K_{MV} = 0{,}8 \cdot \left(\frac{750}{950}\right)^1 = 0{,}63.$$

Kv = 0,63·0,8·1 = 0,505.

$$V = \frac{420}{60^{0,2} \cdot 3^{0,15} \cdot 0{,}25^{0,2}} \cdot 0{,}505 = 104{,}6 \text{ м/мин}.$$

Число оборотов шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 104{,}6}{3{,}14 \cdot 120} = 61{,}3 \text{ мин}^{-1}.$$

Определяем силу резания:

$$P_Z = 10 C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p, \quad (3.12)$$

Cp = 204; x = 1; y = 0,75; n = 0 (таб. 22 с 273 [1] т2).

$$K_p = K_{мр} \cdot K_{\phi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{rp}, \quad (3.13)$$

где $K_{\phi p}; K_{\gamma p}; K_{\lambda p}$ – коэффициенты, учитывающие геометрические параметры резца (передний угол, угол в плане, угол наклона режущей кромки, радиус при вершине);

K_{Mp} – коэффициент, учитывающий марку обрабатываемого материала.

$$K_{Mp} = \left(\frac{\sigma_B}{750}\right)^{n_v}, \quad (3.14)$$

где n_v=0,75 (т.9 с. 264 [1] т. 2).

$$K_{Mp} = \left(\frac{950}{750}\right)^{0,75} = 1,19.$$

$K_{\varphi p} = 0,89; K_{\gamma p} = 1; K_{\delta p} = 1; \cdot K_{rp} = 0,87$ (таб. 23 с 275 [1] т2)

$$K_p = 1,19 \cdot 0,89 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,87 = 0,92.$$

$$P_z = 10 \cdot 204 \cdot 3^1 \cdot 0,25^{0,75} \cdot 104,6^0 \cdot 0,92 = 1357 \text{ Н}.$$

Определяем мощность, необходимую для резания

$$N_{\text{рез}} = \frac{P_z V}{1020 \cdot 60} = \frac{1357 \cdot 104,6}{1020 \cdot 60} = 3,9 \text{кВт}.$$

$N_{рез} \leqslant N_{ст-ка}$ =3,8 ‹ 20.

Основное время обработки:

$$T_O = \frac{L}{S_M} \cdot i, \quad (3.13)$$

где $L = l + l_{вр}$,

l – длина обрабатываемой поверхности l = 120 мм.

$l_{вр}$ – величина врезания l = 3 мм.

S_M – минутная подача .

$S_M = S \cdot n$ = 0,25 · 61,3 = 15,325 мм/мин.

$$T_O = \frac{66+3}{15,325} = 4,5 \text{ мин}.$$

Операция 010 Токарная с ЧПУ.

Переход 1. Подрезать торец на диаметре Ø165мм в размер $19{,}5_{-0{,}25}$мм и фаску 2,6х45°мм.

Глубина резания t = 3мм.

Подача S = 0,25 мм/об.

$$V = \frac{C_V}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_{V,}, \qquad (3.14)$$

C_V = 420, x = 0,15, y = 0,20, m = 0,20.

$$V = \frac{420}{60^{0,2} \cdot 3^{0,15} \cdot 0,25^{0,2}} \cdot 0,505 = 104,6 \text{ м/мин.}$$

Число оборотов шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 104,5}{3,14 \cdot 544} = 61,3 \text{ мин}^{-1}.$$

Определяем силу резания:

$$P_Z = 10 C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p$$

C_p = 204; x = 1; y = 0,75; n = 0 (таб. 22 с 273 [1] т2).

$K_p = 0{,}92$.

$$P_Z = 10 \cdot 204 \cdot 3^1 \cdot 0,25^{0,75} \cdot 104,6^0 \cdot 0,92 = 1037 \text{ Н.}$$

Определяем мощность, необходимую для резания:

$$N_{рез} = \frac{P_Z V}{1020 \cdot 60} = \frac{1037 \cdot 104,6}{1020 \cdot 60} = 2,5 \text{ кВт.}$$

$N_{рез} \leqslant N_{ст-ка}$ =2,5 ‹ 20.

Основное время обработки

$$T_O = \frac{L}{S_M} \cdot i, , \qquad (3.15)$$

где $L = l + l_{вр}$,

l – длина обрабатываемой поверхности l = 38 мм

$l_{вр}$ – величина врезания l = 3 мм

S_M – минутная подача

$S_M = S \cdot n = 0{,}25 \cdot 61{,}3 = 15{,}325$ мм/мин

$$T_O = \frac{38+3}{15{,}325} = 2{,}7 \text{ мин.}$$

Операция 015 Токарная с ЧПУ.

Переход 1. Расточить отв.Ø150мм в размер 11±0,1мм, отв.Ø150мм.

Глубина резания t = 3 мм.

Подача S = 0,25 мм/об.

Скорость резания:

$$V = \frac{C_V}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_{V,}, \qquad (3.16)$$

где T – период стойкости инструмента, T = 60 мин.

Значение коэффициента C_V и степени выбираем из таблицы 17, стр. 269(1);

C_V = 420, x = 0,15, y = 0,20, m = 0,20.

K_v – поправочный коэффициент на скорость резания

$$K_V = K_{MV} \cdot K_{nV} \cdot K_{UV},, \qquad (3.17)$$

$$K_{MV} = K_{\Gamma} \cdot \left(\frac{750}{\sigma_B}\right)^{n_V}$$

где $K_Г$=0,8n_v=1 (т.2 с. 262 [1] т. 2).

K_{nv}= 0,8 (т.5, с 263 [1] т. 2),

K_{uv}= 1 (т.6 с. 263 [1] т. 2).

$$K_{MV} = 0{,}8 \cdot \left(\frac{750}{950}\right)^1 = 0{,}63.$$

K_v =0,63·0,8·1=0,505

$$V = \frac{420}{60^{0,2} \cdot 3^{0,15} \cdot 0{,}25^{0,2}} \cdot 0{,}505 = 104{,}6 \text{ м/мин.}$$

Число оборотов шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 104{,}6}{3{,}14 \cdot 150} = 70 \text{ мин}^{-1}.$$

Определяем силу резания:

$$P_z = 10C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p$$

C_p=204; x=1; y=0,75; n=0 (таб. 22 с 273 [1] т2)

$$K_p = K_{мр} \cdot K_{\varphi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{rp}, \qquad (3.18)$$

где $K_{\varphi p}; K_{\gamma p}; K_{\lambda p}$ – коэффициенты, учитывающие геометрические параметры резца (передний угол, угол в плане, угол наклона режущей кромки, радиус при вершине);

K_{Mp} – коэффициент, учитывающий марку обрабатываемого материала.

$$K_{Mp} = \left(\frac{\sigma_B}{750}\right)^{n_v}.$$

где n_v = 0,75(т.9 с. 264 [1] т. 2).

$$K_{Mp} = \left(\frac{950}{750}\right)^{0,75} = 1,19.$$

$K_{\varphi p} = 0,89; K_{\gamma p} = 1; K_{\delta p} = 1; \cdot K_{rp} = 0,87$ (таб. 23 с 275 [1] т2)

$$K_p = 1,19 \cdot 0,89 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,87 = 0,92.$$

$$P_z = 10 \cdot 204 \cdot 3^1 \cdot 0,25^{0,75} \cdot 70^0 \cdot 0,92 = 1237 \text{ Н}.$$

Определяем мощность, необходимую для резания:

$$N_{рез} = \frac{P_z V}{1020 \cdot 60} = \frac{1237 \cdot 74,5}{1020 \cdot 60} = 3,5 \text{ кВт}.$$

$N_{рез} \leqslant N_{ст-ка}$=3,5 ‹ 20

Основное время обработки:

$$T_o = \frac{L}{S_м} \cdot i,$$

где $L = l + l_{вр}$,

l – длина обрабатываемой поверхности l = 69,5 мм

$l_{вр}$ – величина врезания l = 3 мм

S_M – минутная подача

$S_M = S \cdot n = 0{,}25 \cdot 70 = 17{,}5$ мм/мин

$$T_O = \frac{69,5+3}{17,5} \cdot 3 = 4,14 \text{ мин.}$$

Операция 015Сверлильная с ЧПУ.

<u>Позиция 1</u>. Сверлить 8 отверстий Ø 5мм.

Назначаем период стойкости инструмента T = 25мин.

Выбираем подачу Sт = 0,1 мм/об(т.25, с 277 [1] т. 2).

Скорость резания определяем по формуле:

$$V = \frac{14,7 \cdot 18^{0,25}}{25^{0,125} \cdot 0,1^{0,55}} \cdot 0,98 = 25 \text{ м/мин.}$$

Определяем частоту вращения шпинделя n (мин$^{-1}$).

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 25}{3,14 \cdot 5} = 500 \text{ мин}^{-1}$$

Определяем осевую силу резания P_o(Н).

$$P_O = 10 \cdot 42,7 \cdot 18^1 \cdot 0,1^{0,8} \cdot 0,66 = 957 \text{ Н.}$$

Определяем величину крутящего момента на шпинделе ($M_{кр}$)

$$M_{кр} = 10 \cdot 0,021 \cdot 18^2 \cdot 0,4^{0,8} \cdot 1,15 = 4,6 \text{ Нм.}$$

Определяем эффективную мощность резания (N кВт)

$$N_{эф} = \frac{M_{KP} \cdot n}{9750} = \frac{4,6 \cdot 125}{9750} = 0,4.$$

$N_{эф} < N_{ст}$ =0,4<14

Определяем основное (машинное) время:

$$T_{O_4} = \frac{L}{n \cdot S} \cdot i = \frac{22}{500 \cdot 0,1} \cdot 8 = 3,7 \text{ мин}$$

где $L = l + l_1 = 8 + 3 = 11$ мм.

$l_1 = 3$мм – длина перебега сверла.

Позиция 2. Зенкеровать 8 отверстий Ø5,7мм.

Назначаем период стойкости инструмента *T*=50мин.

Выбираем подачу *S*т=0,1 мм/об(т.25, с 277 *[1]* т. 2)

Скорость резания определяем по формуле

$$V = \frac{14{,}7 \cdot 17{,}7^{0{,}25}}{50^{0{,}125} \cdot 0{,}1^{0{,}55}} \cdot 0{,}98 = 12{,}5 \text{ м/мин}$$

Определяем частоту вращения шпинделя *n* (мин$^{-1}$).

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 12{,}5}{3{,}14 \cdot 5{,}7} = 250 \text{ мин}^{-1}.$$

Определяем осевую силу резания P_o(Н).

$$P_O = 10 \cdot 42{,}7 \cdot 17{,}7^1 \cdot 0{,}1^{0{,}8} \cdot 0{,}66 = 791 \text{ Н}.$$

Определяем величину крутящего момента на шпинделе ($M_{кр}$):

$$M_{кр} = 10 \cdot 0{,}021 \cdot 17{,}7^2 \cdot 1^{0{,}8} \cdot 1{,}15 = 1{,}8 \text{ Нм}.$$

Определяем эффективную мощность резания (*N* кВт):

$N_{эф} < N_{ст}$ =0,5<14.

Определяем основное (машинное) время:

$$T_{O_4} = \frac{L}{n \cdot S} \cdot i = \frac{24}{250 \cdot 0{,}1} \cdot 5 = 7{,}35 \text{ мин}.$$

где $L = l + l_1 = 19 + 5 = 24$ мм.

$l_1 = 8$мм – длина перебега зенкера

Позиция 3. Развернуть 8 отверстий Ø6 мм.

Назначаем период стойкости инструмента *T*=75мин.

Выбираем подачу Sт=0,1 мм/об(т.25, с 277 [1] т. 2)

Скорость резания определяем по формуле:

$$V = \frac{14{,}7 \cdot 18^{0{,}25}}{75^{0{,}125} \cdot 0{,}1^{0{,}55}} \cdot 0{,}98 = 6{,}25 \text{ м/мин}.$$

Определяем частоту вращения шпинделя *n* (мин$^{-1}$):

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 6{,}25}{3{,}14 \cdot 6} = 125 \text{ мин}^{-1}$$

Определяем осевую силу резания P_o(Н):

$$P_O = 10 \cdot 42{,}7 \cdot 18^1 \cdot 0{,}1^{0{,}8} \cdot 0{,}66 = 893\,\text{Н}$$

Определяем величину крутящего момента на шпинделе ($M_{кр}$)

$$M_{кр} = 10 \cdot 0{,}021 \cdot 18^2 \cdot 0{,}1^{0{,}8} \cdot 1{,}15 = 0{,}8\,\text{Нм}$$

Определяем эффективную мощность резания (N кВт)

$$N_{эф} = \frac{M_{KP} \cdot n}{9750} = \frac{0{,}8 \cdot 125}{9750} = 0{,}5$$

$N_{эф} < N_{ст} = 0{,}5 < 14$

Определяем основное (машинное) время

$$T_{O_4} = \frac{L}{n \cdot S} \cdot i = \frac{23}{125 \cdot 0{,}1} 4 \cdot 8 = 14{,}7\,\text{мин}$$

где $L = l + l_1 = 19 + 5 = 24$ мм.

$l_1 = 8$мм – длина перебега развертки

Суммарное основное время на операцию

$$\Sigma T_O = 3{,}7 + 7{,}35 + 14{,}7 = 25{,}75\,\text{мин}$$

Операция 0250 Зубофрезерная.

Фрезерование зубчатого венца

Назначение режимов резания для нарезания зубьев

Переход 1 Черновая обработка

Подача S мм/об (справочник машиностроителя том 5) S=2,7 мм/об

Для чистовой обработки S=1,4 мм/об

Глубина резания для чернового t-глубина впадины зуба.

Припуск на чистовую обработку t=0,5 мм

Глубина равна 2,25 мм.

2,25· 1,5 = 3,375 мм.

Скорость резания:

$$V_р = \frac{C \cdot V \cdot Z^U}{T^m \cdot S^{XV} \cdot m^{yV}} \cdot K_u$$

где T – стойкость фрезы (360 мин)

S – подача

Z – число зубьев-108

C_V – черновая-388; m=0,5; x_v=0,85; y_v=-0,59; u=0

K_u –учитывает материал фрезы для R 18=1

Это данные для черновой обработки:

$$V_р = \frac{388 \cdot 88^0}{360^{0,5} \cdot 2,7^{0,85} \cdot 1.5^{-0,59}} \cdot 1 = 25,5 \text{ м/мин.}$$

Сотношение частоты вращения шпинделя с инструментом:

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

где D – это максимальный диаметр червячной фрезы(160 мм).

Отсюда:

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

$$n = \frac{1000 \cdot 25,5}{502,4} = 50,76 \text{ мин}^{-1}$$

По паспорту станка назначаем n=50 мин$^{-1}$. При n=50 V=25,1 м/мин

Для чистовой обработке по рекомендации (справочник машиностроителя)

Увеличим на 50%. n=75 мин$^{-1}$

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

$$V = \frac{3,14 \cdot 160 \cdot 75}{1000} = 37,7 \frac{\text{м}}{\text{мин}}$$

Рассчитаем мощность резания на черновую обработку

$$N_C = \frac{C \cdot N \cdot V \cdot S^{XN} \cdot m^{yN} \cdot q}{4500 \cdot 1,36}$$

$$N_C = \frac{30 \cdot 25,1 \cdot 2,7^{0,75} \cdot 6^1 \cdot 1}{4500 \cdot 1,36} = \frac{9487,8}{6120} = 1.6 \text{ КВт}$$

где C_N =30 ;X_N=0,75 ;Y_N=1(справочник машиностроителя)

q – количество заходов фрезы – 1

Паспортная мощность станка 8к*В*т что больше силы резания, что позволяет качественно произвести обработку.

Рассчитаем основное технологическое время:

$$t_o = \frac{L \cdot Z}{n \cdot f \cdot q}$$

где , L – длина хода каретки при рабочей подаче в мм, складывающейся из длинны зуба, длин врезания ,подхода и выхода.

z – число нарезаемых зубьев.

n – число оборотов фрезы в мин.

S_O – подача фрезы на один оборот заготовки.

q – число заходов фрезы.

$l_{зуб}$=60(мм); $l_{врез}$=15(мм); $l_{рез}$=5(мм); $l_{вых}$=5(мм)

$L=l_{зуб}+l_{врез}+l_{под}+l_{вых}$

L=60+15+5+5=125(мм)/

$$t_{о\ чер} = \frac{125 \cdot 88}{50 \cdot 2{,}7 \cdot 1} = 81{,}5\ (мин)$$

$$t_{о\ чис} = \frac{125 \cdot 88}{75 \cdot 1{,}4 \cdot 1} = 104{,}8\ (мин)$$

P_z – окружная сила при зубофрезировании.

$P_z=C_P \cdot m^{xp} \cdot S^{yp}$(справочник машиностроителя том 5)

C_p=24,4; X_p=1; y_p=0,75;

$P_Z=24{,}4 \cdot 6^1 \cdot 2{,}7^{0{,}75}=307{,}44$

3.11 Расчет технологических норм времени

Определяем штучно-калькуляционное время^

$$Тшт = (То + Тв) \cdot (1 + \frac{\alpha}{100})$$

где $T_{шт}$ – штучное время;

$T_о$ – основное время;

$T_в$ – вспомогательное время.

$$T_в = t_{ус} + t_{зо} + t_{уп} + t_{изм},$$

где $t_{ус}$ – время на установку и снятие обрабатываемой детали;

$t_{зо}$ – время на закрепление и открепление заготовки;

$t_{уп}$ – время на управление станка;

$t_{изм}$ – время на измерение;

α – время на отдых и личные надобности, и на техническое обслуживание рабочего места.

$$T_{шт.к} = T_{шт} + \frac{T_{п.з}}{N},$$

где $T_{п.з}$ – подготовительно-заключительное время;

N – программа деталей.

Операция 005 Токарная с ЧПУ/

$\Sigma T_о = 13$ мин.

Штучно-калькуляционное время:

$$T_{шт} = (T_о + T_в) \cdot \left(1 + \frac{K}{100}\right),$$

где K=8% – процент времени на обслуживание и отдых;

$T_в$ – вспомогательное время обработки

$T_в = T_{ву} + T_{мв},$

где $T_{ву}$ – вспомогательное время на установку и закрепление детали;

$T_{ву}$=0,6 мин для приспособления с ручным зажимом;

$T_{мв}$ – машинно-вспомогательное время перемещения инструмента

$T_{мв} = T_{хх} + T_{си} + T_{ск} + T_{доп},$

где $T_{си}$ – суммарное время необходимое на смену инструмента ($T_{си}$=6 сек для токарных станков). Для 3-х инструментов $T_{си}$=6·3=18 сек=0,3 мин;

$T_{ск}$ – время на ввод одного кадра управляющей программы. Суммарное время на ввод всей УП будет равно $T_{ск}$=1,5·48=72 сек=1,2 мин;

$T_{доп}=T_1+T_2+T_3+T_4,$

где T_1=0,04 мин – время на включение и выключение станка;

T_2=0,03 мин – время на открытие и закрытие заградительных щитов;

T_3=0,04 мин – время на ввод коррекции для одного инструмента;

для 3-х инструментов T_3=0,04·3=0,12 мин;

T_4=1,2 мин – время для контроля получаемых размеров.

$T_{доп}$=0,04+0,03+0,12+1,2=1,39 мин

$T_{хх}$ – суммарное время ходов по переходам

$$T_{xx}=\frac{L_{xx}}{F_{\min cp}},$$

где $L_{хх}$ – длина холостых ходов;

F_{mincp} – скорость быстрых перемещений, для станка *NEF*-600 по оси X-5000 мм/мин; *Z*=7500 мм/мин

$$F_{\min cp}=\frac{7500+5000}{2}=6250 \text{ мм/мин}.$$

$$T_{xx1}=\frac{140+110+85+130}{6250}=0,074 \text{ мин.}$$

$$T_{xx2}=\frac{50+100+130+90}{6250}=0,059 \text{ мин.}$$

$$T_{xx3}=\frac{170+100+40+40+100+130}{6250}=0,093 \text{ мин.}$$

$$T_{xx4}=\frac{115+100+100+100}{6250}=0,066 \text{ мин.}$$

$$T_{xx5}=\frac{150+100+40+40+100+110}{6250}=0,085 \text{ мин.}$$

$T_{хх\Sigma}$=0,074+0,059+0,093+0,066+0,085 = 0,38 мин.

$T_{мв}$=0,38+0,3+1,2+1,39=3,27 мин.

$T_{в}$=0,6+3,27=3,87 мин.

$$T_{шт}=(13+3,87)\cdot\left(1+\frac{8}{100}\right)=18,2 \text{ мин.}$$

Штучно-калькуляционное время:

$$T_{штк} = T_{шт} + \frac{T_{пз}}{n},$$

где n – партия деталей для одновременного запуска; $n = \frac{N \cdot a}{F}$,

a – число рабочих дней, на которые необходимо иметь запас деталей; a = 5 дней;

F – число рабочих дней в году; F=250 дней.

$$n = \frac{2000 \cdot 5}{250} = 40 шт.$$

$T_{пз}$ – подготовительно-заключительное время.

$T_{пз}=T_{пз1}+T_{пз2}+T_{пз3}$,

где $T_{пз1}$=15 мин – время на получение чертежа технологической документации;

$T_{пз2}$=12 мин – время, затрачиваемое на выполнение дополнительной работы;

$T_{пз3}$=16 мин – время для пробной обработки детали.

$T_{пз}$=15+12+16=43 мин

$$T_{штк} = 18,2 + \frac{43}{40} = 19,6 мин$$

Операция 010 Токарная с ЧПУ

$\Sigma T_{O} = 12$ мин.

Штучно-калькуляционное время

$$T_{шт} = (T_{o} + T_{в}) \cdot \left(1 + \frac{K}{100}\right),$$

где K=8% – процент времени на обслуживание и отдых;

$T_{в}$ – вспомогательное время обработки

$T_{в}=T_{ву}+T_{мв}$,

где $T_{ву}$ – вспомогательное время на установку и закрепление детали;

$T_{ву}$=0,6 мин для приспособления с ручным зажимом;

$T_{мв}$ – машинно-вспомогательное время перемещения инструмента

$T_{мв}=T_{хх}+T_{си}+T_{ск}+T_{доп}$,

где $T_{си}$ – суммарное время необходимое на смену инструмента ($T_{си}$=6 сек для токарных станков). Для 3-х инструментов$T_{си}$=6·3=18 сек=0,3 мин;

$T_{ск}$ – время на ввод одного кадра управляющей программы. Суммарное время на ввод всей УП будет равно $T_{ск}$=1,5·48=72 сек=1,2 мин;

$T_{доп}=T_1+T_2+T_3+T_4$,

где T_1=0,04 мин – время на включение и выключение станка;

T_2=0,03 мин – время на открытие и закрытие заградительных щитов;

T_3=0,04 мин – время на ввод коррекции для одного инструмента;

для 3-х инструментов T_3=0,04·3=0,12 мин;

T_4=1,2 мин – время для контроля получаемых размеров.

$T_{доп}$=0,04+0,03+0,12+1,2=1,39 мин

$T_{хх}$ – суммарное время ходов по переходам

$$T_{xx} = \frac{L_{xx}}{F_{\min cp}},$$

где $L_{хх}$ – длина холостых ходов;

F_{mincp} – скорость быстрых перемещений, для станка *NEF*-600 по оси X-5000 мм/мин; *Z* = 7500 мм/мин

$$F_{\min cp} = \frac{7500+5000}{2} = 6250 \text{ мм/мин.}$$

$$T_{xx1} = \frac{140+110+85+130}{6250} = 0,074 \text{ мин.}$$

$$T_{xx2} = \frac{50+100+130+90}{6250} = 0,059 \text{ мин.}$$

$$T_{xx3} = \frac{170+100+40+40+100+130}{6250} = 0,093 \text{ мин.}$$

$$T_{xx4} = \frac{115+100+100+100}{6250} = 0,066 \text{ мин.}$$

$$T_{xx5} = \frac{150+100+40+40+100+110}{6250} = 0,085 \text{ мин.}$$

$T_{хх\Sigma}$=0,074+0,059+0,093+0,066+0,085 = 0,38 мин.

$T_{мв}$=0,38+0,3+1,2+1,39=3,27 мин

$T_{в}$=0,6+3,27=3,87 мин

$$T_{шт} = (12 + 3,87) \cdot \left(1 + \frac{8}{100}\right) = 17,14 \text{ мин.}$$

Штучно-калькуляционное время

$$T_{штк} = T_{шт} + \frac{T_{пз}}{n},$$

где n – партия деталей для одновременного запуска; $n = \frac{N \cdot a}{F}$,

a – число рабочих дней, на которые необходимо иметь запас деталей; a=5 дней;

F – число рабочих дней в году; F=250 дней.

$$n = \frac{2000 \cdot 5}{250} = 40 \text{ шт.}$$

$T_{пз}$ – подготовительно-заключительное время.

$T_{пз}=T_{пз1}+T_{пз2}+T_{пз3}$,

где $T_{пз1}$=15 мин – время на получение чертежа технологической документации;

$T_{пз2}$=12 мин – время, затрачиваемое на выполнение дополнительной работы;

$T_{пз3}$=16 мин – время для пробной обработки детали.

$T_{пз}$=15+12+16=43 мин

$$T_{штк} = 17,14 + \frac{43}{40} = 18,4 \text{ мин.}$$

Операция 020Сверлильная с ЧПУ.

$$\Sigma T_{o} = 25,75 \text{ мин}$$

Штучно-калькуляционное время

$$T_{шт} = (T_{o} + T_{в}) \cdot \left(1 + \frac{K}{100}\right),$$

где K=8% – процент времени на обслуживание и отдых;

$T_{в}$ – вспомогательное время обработки

$T_{в}=T_{ву}+T_{мв}$,

где $T_{ву}$ – вспомогательное время на установку и закрепление детали;

$T_{ву}$=0,6 мин для приспособления с ручным зажимом;

$T_{мв}$ – машинно-вспомогательное время перемещения инструмента

$T_{мв}=T_{хх}+T_{си}+T_{ск}+T_{доп}$,

где $T_{си}$ – суммарное время необходимое на смену инструмента ($T_{си}$=10 сек для фрезерных станков). $T_{си}$=10·7=70 сек=1,1 мин;

$T_{ск}$ – время на ввод одного кадра управляющей программы. Суммарное время на ввод всей УП будет равно $T_{ск}$=1,5·74=111 сек=1,85 мин;

$T_{доп}=T_1+T_2+T_3+T_4$,

где T_1=0,04 мин – время на включение и выключение станка;

T_2=0,03 мин – время на открытие и закрытие заградительных щитов;

T_3=0,04 мин – время на ввод коррекции для одного инструмента;

T_4=1,2 мин – время для контроля получаемых размеров.

$T_{доп}$=0,04·7+0,03+0,04+1,2=1,55 мин

$T_{хх}$ – суммарное время ходов по переходам.

$$T_{xx}=\frac{L_{xx}}{F_{\min cp}},$$

где $L_{хх}$ – длина холостых ходов;

F_{mincp} – скорость быстрых перемещений, для станка 65А60ПМФ4 по оси X-5000 мм/мин; Z=7500 мм/мин

$$F_{\min cp}=\frac{7500+5000}{2}=6250 \text{ мм/мин.}$$

$$T_{xx1}=\frac{140+110+85+130}{6250}=0,074 \text{ мин.}$$

$$T_{xx2}=\frac{50+100+130+90}{6250}=0,059 \text{ мин.}$$

$$T_{xx3}=\frac{170+100+40+40+100+130}{6250}=0,093 \text{ мин.}$$

$$T_{xx4}=\frac{115+100+100+100}{6250}=0,066 \text{ мин.}$$

$$T_{xx5}=\frac{150+100+40+40+100+110}{6250}=0,085 \text{ мин.}$$

$T_{хх\Sigma}$=0,074+0,059+0,093+0,066+0,085+0,072+0,068=0,52 мин.

$T_{мв}$=0,52+1,1+1,85+1,55=5,02 мин

$T_{в}$=0,6+5,02=5,62 мин

$$T_{шт} = (27,75 + 5,62) \cdot \left(1 + \frac{10}{100}\right) = 36,71 \text{ мин.}$$

Штучно-калькуляционное время

$$T_{штк} = T_{шт} + \frac{T_{пз}}{n},$$

где $T_{пз}$ – подготовительно-заключительное время

$T_{пз}=T_{пз1}+T_{пз2}+T_{пз3}$,

где $T_{пз1}$=15 мин – время на получение чертежа технологической документации;

$T_{пз2}$=12 мин – время, затрачиваемое на выполнение дополнительной работы;

$T_{пз3}$=16 мин – время для пробной обработки детали.

$T_{пз}$=15+12+16=43 мин.

$$T_{штк} = 36,71 + \frac{43}{40} = 37,8 \text{ мин.}$$

3.12 Выводы

Был разработан технологический процесс изготовления диска вискомуфты. Была определена последовательность технологических операций. Проведен расчет режимов резания и норм времени. Разработанная технология обеспечивает экономически эффективное изготовление детали.

4 Безопасность жизнедеятельности

Вискомуфта представляет собой устройство, повышающее проходимость автомобиля. При этом оно оказывает на автомобиль следующее влияние:

1. Снижение расхода топлива при буксовании транспортного средства.
2. Повышается управляемость и устойчивость.
3. Повышается ресурс трансмиссии, узлов и агрегатов.
4. Повышается надежность автомобиля.
5. Снижается утомляемость водителя.
6. Снижается износ шин.

Рассмотри каждый пункт отдельно.

1. Снижение расхода топлива.

При буксовании автомобиля происходит работа по превращению энергии сгорания топлива в тепловую энергию. Но при этом не происходит полезной работы, ввиде передвижения транспортного средства. Таким образом если мы с помощью вискомуфты предотвращаем буксование, то, значит, снижаем расход топлива при прохождении сложных участков дороги. Также в этом случае снижается воздействие на окружающую среду за счет повышенного расхода масла в агрегатах и двигателе при работе в условиях пробуксовки. Также положителным моментом будет являться отсутствие нарушений почвенного покрова и образования неровностей дороги, которые, в свою очередь, будут создавать возможности для пробуксовки других автомобилей, движущихся по той же дороге. Таким образом мы снижаем вредное воздействие не только от своего, но и от других автомобилей.

2. Повышается управляемость и устойчивость.

В этом случае при повышении управляемости и устойчивости водителю не приходится дополнительно отвлекаться на процесс удержания автомобиля на дороге. У него снижается утомляемость, уменьшается время реакции на внешнее воздействие. Таким образом повышается безопансоть движения.

3. Повышается ресурс трансмиссии, узлов и агрегатов.

При повышении ресурса трансмиссии, узлов и агрегатов отпадает необходимость в их ремонте, замене и утилизации. В данном случает будет происходить энергосбережение и сокращение загрязнения окружающей среды в процессе промышленного производства запчастей и новых агрегатов трансмиссии.

4. Повышается надежность автомобиля.

При повышении надежности снижается необходимость в проведении ремонтных. Восстановительных и иных работ с транспортынм средством. Вследствие этого снижается потребность в сырье и материалах, на производство которых тратится энергия и происходит загрязнение окружающей среды.

5. Снижается утомляемость водителя.

В случае с автомобилем Шевроле Нива включение блокировки дифференциала раздаточной коробки в заводской комплектации происходит механически рычагом. Но процесс включения становится затрднительным вследствие того, что зубья в раздатчонйо коробке выполнены прямозубыми и нужно искать момент, когда впадина одного зуба и выступ другого совпадут. Иногда этот процесс становится очень долгим и приводит к повышенной раздражительности и утомляемости водителя. А в этом случае возникает риск возникнловения ДТП, экологического загрязнения от его последствий и прочих негативных моментов.

6. Снижается износ шин.

Вследствие того, что снижается буксование и истирание резины происходит снижение загрязнения окружающей среды вследствие отделения продуктов истирания колес: резиновой крошки. А также снижается ущерб от процесса утилизации автомобильных шин.

Рассмотрим данный процесс подробно.

4.1 Переработка автомобильных шин

1. Рециклинг шин: технологии и оборудование

Переработка шин и резинотехнических изделий - одна из наиболее актуальных проблем, из числа поставленных мировым автомобилестроением перед человечеством.

С июля 2006 г. Европейский Союз законодательно запретил сжигать и закапывать в землю использованные автопокрышки. В связи с этим многие страны начали активный поиск альтернативных способов их утилизации. Оборудование для переработки шин стоит недешево, но оно окупается в течение от года до трех лет и затем приносит чистую прибыль. В университете г. Висконсина (США) был разработан способ утилизации шин, при котором их заливали жидким азотом. Шины становились хрупкими, как стекло, их дробили и получали сырье, используемое в строительстве дорожного покрытия. Испытания показали прекрасный коэффициент сцепления такой дороги с автомобильными колесами и самый низкий уровень шума. Стоимость сырья из покрышек не превышала стоимости асфальта. Американский билль о транспорте поддержал применение резиноасфальта, что позволило использовать до 30 % использованных шин из накапливаемых ежегодно в США.

Свой вариант применения старых шин есть и у болгарских специалистов (каучуковый комбинат г. Писариджик). Они уже несколько лет производят резиновые шпалы для рельсовых путей в шахтах. У таких шпал несколько преимуществ: в 3 раза дешевле традиционных (железобетонных), лучше амортизируют удары и глушат шум, устойчивы к воздействию рудничных вод, к ним не нужен балласт из щебенки, и по окончанию срока службы эти шпалы можно снова переработать. Но, пожалуй, самый экологически чистый способ переработки старых шин запатентован в колумбийском университете (США). В специальной емкости они подвергаются биологическому разложению с помощью микробов с получением крошки для удобрения полей. В настоящее время существует уже около десятка технологий переработки шин.

Водоструйный метод. Технология представляет собой экологически чистый процесс: в специальной камере шина подвергается атаке струй воды под высоким давлением. Вода вырывает кусочки резины, которые затем отделяются

в специальном сепараторе. В результате получается крошка размером 0,05-1 мм. Энергозатраты составляют 1кВт·ч на 1 кг получаемой резины. Данная технология отличается высоким качеством получаемого продукта и не требует больших производственных площадей.

Бародеструкционный способ. Эта технология предусматривает предварительное дробление шин на крупные куски, которые в дальнейшем загружаются в специальную камеру, где под действием высокого давления и температуры резина подобно жидкости отжимается из металлокорда. Получаемая крошка имеет размеры до 0,8 мм. К сожалению, полной очистки металлокорда достичь не удается, поэтому следует предусматривать дополнительную очистку металлокорда или его утилизацию. Озонная технология считается одной из перспектив- ных. После удаления бортового кольца шину режут на 4 части и помещают в специальную камеру, где подвергают воздействию озоносодержащего газа и одновременному механическому воздействию. В процессе обработки озон разрушает связи в резине, а механическое воздействие позволяет развиваться микротрещинам. В итоге резина просто осыпается с металлического каркаса. Получаемый порошок не слипается, а размер частиц не превышает 0,1-0,2 мм.

Механическое дробление. После удаления бортовых колец шину разрезают на 4 части и пропускают через специальные вальцы, разрушающие ее. Затем крупные куски резинокордной конструкции дробят и отделяют резину от корда. Отделенную резину измельчают и получают крошку. Резиновая крошка используется для производства вторичных резинотехнических изделий (коврики, втулки и т.д.). К сожалению, в этом случае тоже не удается полностью очистить металлокорд, поэтому его вторичное использование в качестве лома черных металлов за- труднительно, а порой и невозможно. В то же время одно из неоспоримых достоинств механического способа - низкая себестоимость.

Термический способ. Обработка шин высокой температурой сопряжена с несколькими сложностями, поэтому для этого процесса необходимо дорогостоящее оборудование. Результатом технологического процесса является разложение резины на составляющие, поэтому о сбыте резиновой крошки здесь речь

не идет. Газ, получаемый в процессе пиролиза, используется здесь же. Система полностью замкнута, и вредных выбросов в атмосферу нет. Энергетический баланс позволяет создавать на базе предприятия новые производства и снабжать тепловой энергией местных потребителей.

Взрывоциркуляционная технология переработки покрышек по сравнению с другими основана на принципиальной замене способа разрушения с традиционного механического на взрывной с циркуляцией продуктов взрыва. А взрыв, как известно, самый сильный и дешевый разрушитель в природе. Без сомнения, эта технология позволила осуществить прорыв в сфере переработки покрышек.

Российский рынок представлен следующими отечественными комплексами по переработке изношенных автомобильных шин. Южно-Уральская промышленная компания использует технологию переработки автошин и пластмасс в высококачественный мазут для котельных. В комплекс по переработке изношенных автопокрышек и пластмасс входят: установка-реактор, ножницы для измельчения автопокрышек и 3 тигеля для выгрузки. Данная установка-реактор способна переработать 5 т/сут исходного сырья (изношенные автопокрышки).

ЗАО «НПФ «НОВОТЕХ» ведет проектирование и строительство заводов по переработке старых автомобильных шин, основанных на технологии взрывоциркуляционного измельчения шин, разработанной в КБ компании. Все оборудование спроектировано и изготовлено в России. Технология и продукция завода представлена под маркой EXPLOTEX®.

Фирмы «Турботехмаш» и «КОНСИТ-А» предлагают экологически чистую технологическую линию по переработке изношенных шин с применением низкотемпературного охлаждения. ООО «Компания «ДЕКАП» - мобильный комплекс по переработке (утилизации) изношенных автопокрышек с металлическим, текстильным кордом и комбинированных шин диаметром до 2 тыс. мм - КПШ-01, представляющий собой мини-завод с полным циклом переработки отслуживших свой срок шин.

В индустриально развитых странах существует государственное финансирование, приняты законы, стимулирующие переработку и использование продуктов рециклинга резины, осуществляются различные дотационные схемы. Стратегия стран ЕЭС заключается:

*в предотвращении образования отходов;

*в рециклировании отходов и вторичном использовании материалов;

*в оптимизации конечной обработки отходов;

*в регламентации транспортировки отходов;

*в проведении мероприятий по реабилитации окружа- ющей среды;

*в воспитании населения в духе рационального потреб- ления;

* в включении экологических параметров в стандарты качества продукции.

В нашей стране основным инициатором решения проблемы также является государство, однако бюджетное финансирование со всеми его ограничениями и трудностями не способствует осуществлению высокорентабельных проектов. Необходимо создание государственных комплексных программ, направленных на организацию сбора, временного хранения, переработки и развития рынка потребления продуктов утилизации шин.

Переработка и утилизация шин

Автомобильные шины изнашиваются быстро. Это знают все автомобилисты: каждые 2 - 3 года резину приходится обновлять. Что чаще всего происходит с покрышками после того, как они отработают свое? Как правило, владельцы отправляют их на свалку, а некоторые и вовсе закапывают в землю. И совершают ошибку, ведь отработанные шины являются отходами IV класса опасности, а значит - подлежат обязательной утилизации. В связи с этим грамотная переработка шин является важной процедурой, которой не следует пренебрегать.

Отработанные шины в естественных условиях разлагаются более ста лет, в процессе «отдавая» почве вымывающиеся из резины токсические вещества. Кроме того, выброшенная на свалку покрышка - это 35 литров нефти, выброшенные на помойку (именно столько сырой нефти требуется для изготовления одной автомобильной шины). Переработка автомобильных шин позволяет

убить двух зайцев - и нефть сэкономить, и не загрязнить почву токсинами. Утилизация покрышек - цивилизованная альтернатива отправке шин на помойку, поскольку материал, из которых они сделаны, может быть использован вторично.

Способы утилизации автомобильных покрышек

Существует насколько методов переработки старых покрышек. Их выбор зависит от множества факторов, среди которых - состав и тип шины, а также цели, которые необходимо достичь в том или ином случае вторичного использования. автомобильный шина водоструйный дробление

Переработка шин в крошку и порошок методом механического дробления и измельчения. Получившаяся резиновая крошка является ценным сырьем, которое используется в производстве покрытий для детских площадок, стадионов и звукопоглощающих элементов, используемых в трамвайных и железнодорожных путях. Металл и текстиль, отделенный от резины в процессе переработки покрышек, также находят полезное применение. Данным способом производится утилизация отработанных покрышек от легковых и грузовых автомобилей, за исключением шипованных шин.

Утилизация автомобильных покрышек взрывоциркулярным методом. В этом случае также происходит механическое дробление и измельчение, но по более совершенной современной технологии. Она заключается в предварительной заморозке шин до - 70С и последующим подрывании ее во взрывоциркуляторе (специальной камере). После данной процедуры крошка, текстиль и корд отделяются друг от друга и применяются с пользой.

Утилизация автомобильных шин путем их использования в качестве альтернативного топлива для цементных печей. Данный метод позволяет утилизировать покрышки всех типов, в том числе литые и шипованные. Одной из полезных особенностей резины является то, что ее теплотворная способность выше, чем у природного газа. А это значит, что утилизация старых шин данным методом позволяет сэкономить невозобновляемые природные ресурсы.

Методы переработки автопокрышек.

Для переработки резиновых отходов, в том числе отработанных автомобильных покрышек, существует множество методов: регенерация (девулканизация), механическая переработка с получением резиновой крошки или резинового порошка, криогенная технология, криогенная (озоновая) технология, термические методы переработки (в том числе сжигание в целях получения энергии и пиролиз), бародеструкционная и взрывоциркулярнаятехнологии, восстановление протектора и утилизация целых шин, обработка микроорганизмами и т.д.

Регенерация покрышек осуществляется в целях получения регенерата - пластичного продукта, который используют в качестве заменителя каучука в производстве резинотехнических изделий. Первым этапом регенерации является дробление покрышек в резиновую крошку, которую затем девулканизируют.

Сжигание покрышек в целях получения энергии производится в специальных печах или на цементных заводах. Изношенные автопокрышки дробят в резиновую крошку или порошок. Из крошки и битума получают рулонные, матичные и другие материалы, в основном для гидроизоляции строительных конструкций. Резиновую крошку вводят в состав смесей для получения резинотехнической продукции, используют в дорожном строительстве, в качестве сорбента.

Криогенная технология предусматривает использование жидкого азота в качестве хладагента для облегчения разрушения покрышек в хрупком состоянии, однако метод весьма дорогой, поэтому используется редко, в основном в лабораторных условиях для демонстрации. Разработчиками «взрывного» метода являются специалисты МГТУ им. Баумана, Институт экспериментальной физики (Арзамас).

Многие из перечисленных технологий не решают проблему комплексно, так как являются лишь элементом процесса и создают «отложенный отход». Весьма перспективным направлением утилизации является пиролиз отработанных покрышек - высокотемпературное разложение органической части отходов без доступа кислорода.

В Хабаровском крае накоплено свыше 40 тыс. тонн резинотехнических отходов и ежегодно образуется около 6-8 тыс. тонн. В крае на сегодняшний день

применяются лишь две из перечисленных технологий: механическая переработка (модульный завод ООО «Бриз» на базе Дальдизеля) и пиролиз (ООО «Хабаровский региональный научно-технический центр»), остальные предприятия занимаются только сбором отходов.

ООО «Бриз» в 2004 г. смонтирована и запущена в эксплуатацию установка по утилизации изношенных автошин методом механической переработки. Предприятия работает на базе существующих производственных площадей ОАО «Дальдизель-ДВ» и для механической переработки использует следующее оборудование: шинорезделочные и борторезательные станки, молотковые дробилки, эструдер-измельчитель, сепаратор, гранулятор. Производится измельчение шин в крошку с последующей продажей в КНР, где действуют заводы со специальным оборудованием. Предприятие также планирует внедрение собственного производства с использованием резиновой крошки для изготовления разнообразной продукции (строительных материалов, сорбентов и пр.). Основной недостаток - сложность расчленения шин и неполная выработка по металлокорду. Проектная мощность установки составляет 4-5 тыс. тонн, фактически предприятие перерабатывает в настоящее время около 800 тонн отходов в год.

ООО «Хабаровский региональный научно-технический центр» разработал эффективную, оригинальную установку для утилизации шин методом пиролиза. В результате переработки получают следующие продукты: жидкая фракция (топочный мазут), горючий газ, технический углерод. В настоящее время установка не востребована (простаивает) из-за отсутствия финансирования.

Переработка шин - это самая актуальная проблема, из числа поставленных международным автомобилестроением перед населением планеты. Переработка покрышек, которые отработали свой срок службы, у нас в стране находится на крайне низком уровне. А такие методы, как закапывание на полигонах или же выбрасывание в лесу или карьерах, - это не переработка шин, а загрязнение окружающей среды. Вряд ли такие методы можно назвать самыми безопасными и

экологичными, ведь известно, что в естественных условиях автошины разлагаются более ста лет. И надо учитывать, что все это время будет совершаться вымывание органических токсичных соединений, которые, попадая в почву, отравляют ее, а в последствии и нас.

Каждый год в ближнем зарубежье и России выбрасывается более одного миллиона тонн автомобильных шин. А у нас, на территории России, заводов, занимающихся вторичной переработкой отходов, можно пересчитать по пальцам. Где оказываются не переработанные автомобильные шины - совсем не трудно догадаться. В некоторой степени данная ситуация складывается из-за отсутствия прибыльной и прозрачной схемы переработки вторичного сырья. Определено это тем, что переработка резины весьма трудноосуществима и энергозатратна. Кроме того, сама резина, являясь термореактивным полимером, при высокой температуре теряет свои свойства, вследствие этого товары из резины тяжело восстанавливать для вторичного применения. Но, не смотря на отсутствие целевой государственной программы в области экологически безопасной и грамотной переработки изношенных шин, а также вторичного использования синтетического каучука, данная тема набирает огромную популярность из-за ее актуальности.

На сегодняшний день переработку покрышек и изделий из резины осуществляют несколькими способами:

Переработка резины с помощью измельчения резиновых отходов, из чего потом извлекают крошку и сопутствующие материаллы;

Переработка автомобильных шин - сжиганием с приобретением энергии.

Кроме всего этого, переработка изношенных шин позволяет получить товар, который полезен в хозяйственной деятельности, если используется способ пиролиза отходов резины. Такое направление считается самым перспективным.

Переработка отходов резины - это не единственный выход из создавшейся эколочической ситуации в этой области. Существует еще методы восстановления шины - это полноценный ремонт шины, при котором обновляются ее боковина и протектор.

Стоит обратить внимание на то, что данный способ восстановления является самым экономичным и экологичным способом решения данной проблемы, однако он не подходит для резины, имеющей значительные механические повреждения.

Как происходит утилизация покрышек.

Мусор - это усугубляющаяся проблема, поэтому мы приняли все меры, чтобы облегчить вам процесс избавления от старых покрышек.

Переработка резины это сложный процесс из-за так называемой «вулканизации», которая существует для того, чтобы справиться с ее эластичной и гибкой структурой. Вулканизация это процесс отвердевания, который заключается в добавлении серы к резине, что создает более сильные связи между полимерами резины. Из-за метода вулканизации покрышки сложно расплавить для повторного использования, и по этой причине они часто ломаются при механическом процессе.

Сначала покрышки нарезаются на полоски на специальной машине. Затем этот материал поступает в измельчитель, чтобы порезать покрышки на более мелкие части и убрать металлические волокна. Иногда используются магниты для удаления металлов из шины.

Когда основная масса стали извлечена, полоски помещают в гранулятор. В зависимости от того, какой консистенции требуется материал на выходе, размер гранул можно регулировать. Такие гранулы используются в ряде различных производств.

Существует и менее популярный способ утилизации и переработки шин с помощью заморозки, используя жидкий азот. После заморозки шины разрушаются и перемалываются похожим образом, что описан выше.

Еще один способ называется «пиролиз». Пиролиз подразумевает под собой нагревание материала в бескислородной среде, растворяя шины до масел, газов и кокса.

Каждый день на дорогах миллионы транспортных средств. Из этих миллионов каждый автомобиль в среднем преодолевает от 20000 до 24000 км в год.

Учитывая средний показатель использования четырех шин, мы «сжигаем» огромное количество резины каждый год.

Одним из главных аспектов утилизации и повторного использования покрышек является избегание свалок. Из-за своей круглой формы с отверстием покрышки забирают самое ценное, что есть у свалки - пространство. Вдобавок, скопление покрышек создает условия для риска в окружающей среде, если они воспламеняются:

Они могут гореть месяцы (годы).

Такие пожары сложно потушить.

Они могут выделять вредные токсины в атмосферу, почву и воду.

Ко всему, место скопления покрышек может служить источником размножения переносчиков заболеваний, таких как москиты и грызуны. Хранение автомобильных покрышек вне свалок освобождает место для другого мусора, сокращает риск потенциально опасных возгораний и помогает предотвратить распространение паразитов.

Еще одним преимуществом переработки и повторного использования покрышек является сокращение потребления энергии и увеличение в производстве топлива за счёт утилизации отходов. В среднем требуется 88 литров масел для изготовления новой покрышки для грузового автомобиля. Тем не менее, чтобы восстановить покрышку (процесс наложения нового протектора на использованную шину) понадобится только 28 литров масел. Восстановление автомобильных покрышек стоит от 30 до 70 процентов меньше, чем производство новой шины, тем самым снижается цена для потребителя. Шины также могут быть использованы вместо ископаемого топлива в некоторых производственных процессах, сокращая потребление топлива и используя энергию, уже сохраненную в шинах.

Кроме всего прочего, повторное применение, переработка и утилизация шин помогает сделать наше окружение красивее. Вместо того, чтобы выбросить покрышку или оставить на обочине, можно использовать ее в разных целях, начиная с обустройства детской площадки и заканчивая клумбами. Они могут быть

также использованы для создания «тихих» дорог с прорезиненным асфальтом, или для сохранения ландшафта путем защиты от эрозии. С творческим подходом к применению старых шин можно создать что-то из ничего - формы и функциональность из мусора.

4.2 Выводы

Использование в раздаточной коробке автомобиля Нива Шевроле вязкостной муфты снижает вредное воздействие на окружающую среду вследствие некоторых факторов, обеспечивающих повышение надежности, проходимости и устойчивости транспортного средства. Подробно был рассмотрен процесс утилизации шин.

5 Инструкция по эксплуатации дифференциала с вязкостной муфтой

Техническое обслуживание и ремонт автомобилей необходимо выполнять в соответствии с Положением о техническом обслуживании и ремонте: подвижного состава автомобильного транспорта. Правилами технической эксплуатации подвижного состава автомобильного транспорта, а также настоящими Правилами.

Техническое обслуживание и ремонт автомобилей производится в специально отведенных местах (постах), оснащенных необходимыми устройствами, приборами и приспособлениями, инвентарем, инструментом.

Расположение постов технического обслуживания и ремонта, расстояние между автомобилями, установленными на этих постах, а также между автомобилями и конструкциями зданий должны строго соответствовать требованиям технического регламента. Грузоподъемные механизмы должны подвергаться периодическому испытанию в соответствии Правилами эксплуатации грузоподъемных машин и механизмов.

Автомобили, направляемые на посты технического обслуживания и ремонта, должны быть вымыты, очищены от грязи и снега.

Постановка автомобилей на посты технического обслуживания и ремонта осуществляется под руководством ответственного лица (мастера, начальника участка).

Запрещается въезжать в помещения стоянки, технического обслуживания и ремонта на автомобиле, габаритная высота которого превышает указанную над въездными воротами.

При обслуживании автомобиля па подъемнике (гидравлическом, электромеханическом) на пульте управления подъемником должна быть вывешена табличка с надписью «Не трогать – под автомобилем работают люди!».

В рабочем (поднятом) положении плунжер гидравлического подъемника должен надежно фиксироваться упором (штангой), гарантирующим невозможность самопроизвольного опускания подъемника.

В помещениях технического обслуживания с поточным движением автомобилей обязательно устройство сигнализации (световой, звуковой и т. п.), своевременно предупреждающей работающих на линии обслуживания (в осмотровых канавах, па эстакадах и т. д.) о моменте начала движения автомобиля с поста на пост.

Включение конвейера для перемещения автомобилей с поста на пост разрешается только после включения сигнала (звукового, светового) диспетчером или специально выделенным лицом. Посты должны быть оборудованы устройствами для аварийной остановки конвейера.

Запрещается пуск двигателя автомобиля на постах технического обслуживания и ремонта ремонтным рабочим, кроме водителя-перегонщика, а также бригадира или слесаря, назначаемых приказом по предприятию и инструктируемых ежеквартально.

Перед проведением работ, связанных с проворачиванием коленчатого и карданного валов, необходимо дополнительно проверить выключение зажигания (перекрытие подачи топлива для дизельных автомобилей), нейтральное положение рычага переключения передач (контроллера); освободить рычаг стояночного тормоза. После выполнения необходимых работ автомобиль следует затормозить стояночным тормозом.

Запрещается проворачивать карданный вал при помощи лома или монтажной лопатки.

Рабочие, производящие обслуживание и ремонт автомобилей, должны обеспечиваться соответствующими исправными инструментами и приспособлениями.

При необходимости выполнения работ под автомобилем, находящимся вне осмотровой канавы, подъемника, эстакады, рабочие должны обеспечиваться лежаками.

Работать лежа на полу (земле) без лежака запрещается.

При вывешивании части автомобиля, прицепа, полуприцепа подъемными механизмами (домкратами, талями и т. п.), кроме стационарных, необходимо

вначале подставить под неподнимаемые колеса специальные упоры (башмаки), затем вывесить автомобиль, подставить под вывешенную часть козелки и опустить па них автомобиль.

Запрещается:

– выполнять какие-либо работы на автомобиле (прицепе, полуприцепе), вывешенном только на одних подъемных механизмах (домкратах, талях и т. п,), кроме стационарных;

– подкладывать под вывешенный автомобиль (прицеп, полуприцеп) вместо козелков диски колес, кирпичи и прочие случайные предметы;

– снимать и ставить рессоры на автомобилях (прицепах, полуприцепах) всех конструкций и типов без предварительной их разгрузки от массы кузова путем вывешивания кузова с установкой козелка под него или раму автомобиля;

– проводить техническое обслуживание и ремонт автомобиля при работающем двигателе, за исключением отдельных видов работ, технология проведения которых требует пуска двигателя;

– поднимать (вывешивать) автомобиль за буксирные приспособления (крюки) путем захвата за них тросом, цепью или крюком подъемного механизма;

– поднимать (даже кратковременно) грузы массой более, чем указано па табличке данного подъемного механизма;

– поднимать груз при косом натяжении троса или цепей;

– работать на неисправном оборудовании, а также с неисправными инструментами и приспособлениями;

– самому производить устранение неисправностей оборудования;

– оставлять инструмент и детали на краях осмотровой канавы.

Подмости должны быть устойчивыми и иметь поручни и лестницу. Металлические опоры подмостей должны быть надежно связаны между собой.

Доски настила подмостей должны быть уложены без зазоров и надежно закреплены. Концы досок должны находиться на опорах. Толщина досок подмостей должна быть не менее 40 мм.

Переносные лестницы-стремянки должны иметь врезные ступеньки шириной не менее 150 мм. Запрещается применять лестницы набивными стугеньками.

Лестница-стремянка должна быть такой длины, чтобы рабочий мог работать со ступеньки, отстоящей от верхнего конца лестницы не менее, чем на один метр. Нижние концы лестницы должны иметь наконечники, препятствующие се скольжению.

Убирать рабочее место от пыли, опилок, стружки, мелких металлических обрезков разрешается только щеткой. Запрещается сдувать пыль, опилки, стружку, мелкие обрезки сжатым воздухом.

При работе на поворотном стенде (опрокидывателе) необходимо предварительно надежно укрепить автомобиль на нем, слить топливо из топливных баков и жидкость из системы охлаждения, плотно закрыть маслозаливную горловину двигателя и снять аккумуляторную батарею.

Для снятия и установки деталей, узлов и агрегатов массой 15 кг и более необходимо пользоваться подъемно-транспортными механизмами, оборудованными специальными приспособлениями (захватами).

Тележки для транспортирования должны иметь стойки, упоры, предохраняющие агрегаты от падения и самопроизвольного перемещения по платформе.

Перед снятием узлов и агрегатов, связанных с системами питания, охлаждения и смазки автомобиля, когда возможно вытекание жидкости, необходимо сначала слить из них топливо, масло и охлаждающую жидкость в специальную тару, не допуская их проливания.

При прекращении подачи электроэнергии или перерыве в работе электроинструмент должен быть отсоединен от электросети.

Для перегона автомобилей на посты диагностики, технического обслуживания и ремонта, включая проверку тормозов, должен быть выделен специальный водитель (перегонщик) или другое лицо, назначаемое приказом по предприятию.

Запрещается в производственных помещениях, где хранятся или используются горючие и легковоспламеняющиеся материалы или жидкости (бензин, керосин, сжатый или сжиженный горючий газ, краски, лаки, растворители, дерево, стружка, вата, пакля и т. п.), пользоваться открытым огнем, переносными горнами, паяльными лампами и т. д.

В зоне технического обслуживания и ремонта автомобилей запрещается мыть агрегаты и тому подобное легковоспламеняющимися жидкостями (бензином, растворителями и т. п.); хранить легковоспламеняющиеся и горючие жидкости, кислоты, краски, карбид кальция и т. д.; заправлять автомобили топливом; хранить чистые обтирочные материалы вместе с использованными; загромождать проходы между стеллажами и выходы из помещений (материалами, оборудованием, тарой и т. п.); хранить отработанное масло, порожнюю тару из-под топлива и смазочных материалов.

Разлитое масло или топливо необходимо немедленно удалять с помощью песка или опилок, которые после использования следует ссыпать в металлические ящики с крышками, устанавливаемые вне помещения.

Отработанное масло должно сливаться в металлические бочки или подземные цистерны и храниться в специальных огнестойких помещениях.

Использованные обтирочные материалы (промасленные концы, ветошь и т. п.) должны немедленно убираться в металлические ящики с плотными крышками, а по окончании рабочего дня удаляться из производственных помещений в специально отведенные места.

При проведении технического обслуживания и ремонта автомобилей вне предприятия следует соблюдать те же правила техники безопасности.

При эксплуатации объединенного раздаточной коробки автомобиля Нива с модернизирвоанным дифференциаломнеобходимо соблюдать следующе требования:

– Запрещается включать пониженную передачу на ходу. Необходимо дождаться полной остановки автомобиля.

– Необходимо тщательно следить за уровнем масла, поскольку снижение его отрицательно влияет на ресурс узла.

– Запрещается использовать пониженную передачу на скоростях выше 120 км/ч.

– Самоблокирующийся дифференциал не нуждается в обслуживании и смазывается маслом из общей масляной ванны.

5.1 Выводы

Эксплуатация автомобиля с модернизированной трансмиссией не отличается от эксплуатации автомобиля с обычной трансмиссией. При этом соблюдение правил техники безопасности необходимо для обеспечения отсутствия травмирования.

6 Экономическое обоснование проекта

Предложенная в дипломном проекте конструкция раздаточной коробки отличается тем, что в ней присутствует дифференциал, блокируемый вискомуфтой, улучшающий некоторые характеристики автомобиля. Например, позволяет избежать кинематического рассогласования между ведущими колесами, вынужденными проходить разные пути и в тоже время сохраняет высокий коэффициент блокировки, который изменяется в зависимости от разности моментов на выходных валах раздаточной коробки. Применение такого дифференциала позволяет избежать циркуляции мощности, улучшить устойчивость и управляемость, и в тоже время сохранить тяговые свойства автомобиля на дорогах с непостоянным коэффициентом сцепления колёс с дорогой.

Также при установке данной раздаточной коробки на автомобиль, на котором установлены межколёсные дифференциалы повышенного трения такого же типа или другие, не требуется принудительная блокировка межосевого дифференциала, что удешевляет и упрощает конструкцию раздаточной коробки.

Содержание технико-экономического обоснования разработки дифференциала в раздаточную коробку автомобиля заключается в следующем:

- расчет затрат на проектирование устройства;
- определение себестоимости и оптовой цены устройства
- расчета эксплутационных затрат и экономического эффекта;
- определение показателей экономической эффективности.

На основании проведенных расчетов делается вывод о целесообразности установки на проектируемый автомобиль нового устройства.

6.1 Расчет себестоимости и цены проектируемого дифференциала

6.1.1 Расчет затрат на проектирование дифференциала

Уровень затрат на проектирование устройства определяется исходя трудоемкости и продолжительности опытно-конструкторских работ, исходные данные для расчета приведены в таблице 6.1.

Таблица 6.1 – Опытно-конструкторские работы по разработке нового устройства

Этапы конструкторской подготовки производства	Исполнитель	Трудоем-кость, чел.дн	Длитель-ность, дн.
1.Разработка технического задания	Конструктор	10	5
2.Изготовление эскизного проекта	Конструктор	17	17
3.Изготовление технического проекта	Конструктор	16	16
4.Изготовление рабочего проекта	Вед. инженер	14	14
5.Отладка опытного образца	Вед.инженер	22	11
6.Стендовые испытания	Вед.инженер	24	12
7.Испытания на надежность	Вед.инженер	5	5
8.Эксплутационные испытания	Вед.инженер	13	13
9.Доработка устройства	Конструктор	20	10
Итого:	Вед.инженер Конструктор		78 63

Затраты на проектирование устройства рассчитываются по формуле:

$$Спр=Зо+Зд+Ос+Нр, \quad (6.1)$$

где *Зо* – основная заработная плата, рублей;

Зд – дополнительная заработная плата, рублей;

Ос – отчисления в фонд социального страхования, рублей;

Нр – накладные расходы, рублей.

Основная заработная плата конструкторов, занятых разработкой нового устройства, рассчитывается по следующей формуле:

$$З_о = З_м \, d/D, \qquad (6.2)$$

где $З_м$ – заработная плата за месяц (конструктора – 26000рублей, ведущего инженера – 14000 рублей);

D – количество рабочих дней в месяце, (22дней);

d – количество рабочих дней необходимых для проектирования нового устройства, (конструктора – 63 дней, ведущего инженера – 78 дней);

$$З_о = \frac{26000 \cdot 63}{22} + \frac{14000 \cdot 78}{22} = 124090 \text{ (рублей).}$$

Дополнительная заработная плата по конструкторскому отделу рассчитывается исходя из соотношения 20% к Зо,

Зд=124090 · 0,2=24818 (рублей).

Сумма премиальных отчисления по конструкторскому отделу рассчитывается исходя из соотношения 10% к Зо:

Звп=124090 · 0,1=12409 (рублей).

Отчисления от фонда заработной платы на прямые обязательные выплаты рассчитываются по следующей схеме: в пенсионный фонд – 22%, в фонд обязательного медицинского страхования – 5,1%, в фонд социального страхования – 2,9%. Сумма отчислений рассчитывается от фонда заработной платы, т.е ($Зо+Зд+Звп$),

В пенсионный фонд $Ос$=(124090+24818+12409) · 0,22=41942(рублей).

В фонд медицинского страхования $Ос$=(124090+24818+12409) · 0,051= = 8227 (рублей).

В фонд социального страхования $Ос$=(124090+24818+12409) · 0,029= = 4678 (рублей).

Накладные расходы включают в себя затраты предприятия связанные с проведением конструкторских работ по разработке новых товаров, такие как: затраты на сопутствующие материалы и комплектующие, затраты связанные с обслуживанием процесса разработки, затраты на заработную плату административно-управленческого персонала предприятия и т.д. Сумма накладных расходов определяется как 125% от основной заработной платы.

Нр=124090·1,25=155113(рублей).

Таким образом, затраты на проектирование межосевого дифференциала составляют:

Спр=124090+24818+12409+54848+155113=371280 (рублей).

6.1.2 Расчет себестоимости проектируемого дифференциала

Себестоимость товара – это стоимостная оценка затраченных на производство и реализацию продукции производственных ресурсов.

Производственная себестоимость нового устройства представляет собой стоимостную оценку общих затрат цеха на производство продукции, и определяется точным методом на основе нормативов использованных материалов и трудовых затрат.

$$C_П = M + П_И + З_О + З_Д + З_{ВЛ} + C_О + И_Н + Р_{ПР} + Р_{ОХ}, \qquad (6.3)$$

где: M – затраты на основные материалы, рублей;

$П_И$ – затраты на покупные полуфабрикаты, рублей;

$З_О$ – основная заработная плата производственных рабочих, рублей;

$З$д – дополнительная заработная плата, рублей;

$З_{ВЛ}$ – вознаграждения за выслугу лет производственных рабочих, рублей;

$C_О$ – отчисления в фонд социального страхования, рублей;

$И_Н$ – затраты, связанные с износом спецоснастки и инструмента, рублей;

$Р_{ПР}$ – общепроизводственные расходы, рублей;

$Р_{ОХ}$ – общехозяйственные расходы, рублей;

Расчет затрат на основные материалы производится по следующей формуле:

$$M = Цм \cdot Qм \cdot \left(1 + \frac{Ктзр}{100} - \frac{Квот}{100}\right), \quad (6.4)$$

где *Цм* – оптовая цена материала i-го вида, рублей.;

Qм – норма расхода материала i-го вида, кг., м.;

Ктзр – коэффициент траспортно-заготовительных расходов, %;

Квот – коэффициент возвратных отходов, %;

Таблица 6.2 – Расчет затрат на основные материалы

Номер и наименование деталей	Наименование материалов	Норма расхода, кг.	Средняя цена за ед. изм.,руб.	Сумма, руб.
1	2	3	4	5
1 Корпус	ВЧ42-12	61	8,5	518,50
2 Вал ведущей	40Х	5,79	13,73	79,50
3 Шестерня ведущая коническая	30ХГТ	5,25	18,68	98,07
4 Фланец ведущей шестерни	ст. 45	4	12,35	49,40
5 Крышка стакана подшипников ведущей конической шестерни	АК9М2	0,87	30,9	26,88
6 Шестерня ведомая коническая	ЗОХГТ	12,98	18,68	242,47
7 Чашка дифференциала левая	40Х	7,42	13,73	101,88
8 Стакан подшипников ведущей конической шестерни	КЧ 35-10	5,42	9,34	50,62
9 Чашка дифференциала правая	40Х	5,85	13,73	80,32
10 Стакан подшипников ведущей цилиндрической шестерни	КЧ 35-10	5,37	9,34	50,16
11 Крышка стакана подшипников ведущей цилиндрической шестерни	АК9М2	0,8	30,9	24,72
12 Втулка распорная	ст. 45	0,21	12,35	2,59
13 Шайба упорная	ст. 45	0,39	12,35	4,82

П14 Гайка подшипника дифференциала	КЧ35-10	1,22	9,34	22,79
15 Стопор гайки подшипника дифференциала	ст.20	0,058	11,97	1,39
16 Звездочка наружная	20 ХНМ	6,61	17,8	117,66

Продолжение таблицы 6.2

1	2	3	4	5
17 Звездочка внутренняя	20 ХНМ	5,33	17,8	94,87
18 Винтовая пара	ЗОХГТ	0,05	17,85	21,42
19 Шестерня ведущая цилиндрическая	ЗОХГТ	11,33	18,68	211,64
20 Шестерня ведомая цилиндрическая	ЗОХГТ	20,31	18,68	379,39
21 Гайка фланца	ст. 35 Л	0,38	12,07	4,59
Итого: Транспортно-заготовительные расходы Возвратные отходы		3% 2%	109,18 43,67	2183,67
Всего:				2205,51

$$M = 2183{,}67 \cdot \left(1 + \frac{3}{100} - \frac{2}{100}\right) = 2205{,}51 \text{ рублей.}$$

Затраты на покупные изделия определяются по следующей формуле :

$$Пи = Цi \cdot ni \cdot \left(1 + \frac{Ктзр}{100}\right), \qquad (6.4)$$

где $Цi$ – оптовая цена покупных изделий и полуфабрикатов i-го вида, рублей;

Ni – количество покупных изделий i-го вида, шт.

Таблица 6.3 – Расчет затрат на покупные комплектующие

№ п/п	Наименование полуфабрикатов	Количество	Средняя цена за 1шт, руб.	Сумма, руб.
1	2	3	4	5

	Подшипник 7214А	4	120	480
1.	Подшипник 102210 К1	1	60	60
2.	Подшипник 102409 М	1	70	70
3.	Подшипник 27310 НУ1	1	65	65

Продолжение таблицы 6.3

1	2	3	4	5
4.	Подшипник 27311	1	100	100
5.	Болт М10	16	0,65	10,4
6.	Шайба 10.ОТ	16	0,13	2,08
7.	Болт М14	16	0,78	12,48
8.	Гайка М14	16	0,31	4,96
9.	Манжета	1	22	22
	Итого: Транспортно-заготовительные расходы			826,92 24,81
	Всего:			851,73

$$Пи = 826{,}92 \cdot \left(1 + \frac{3}{100}\right) = 851{,}73 \text{ рублей.}$$

Основная заработная плата производственных рабочих определяется по формуле:

$$Зо = Зт \cdot \left(1 + \frac{Кпрем}{100}\right) \text{, рублей.} \qquad (6.5)$$

где *Зт* –тарифная з/п, рублей., которая рассчитывается по формуле:

$$Зт = Срi \cdot Тi \text{, рублей.} \qquad (6.6)$$

где *Срi* – часовая тарифная ставка, рублей.;

Тi – трудоемкость выполнения операции, час.;

Кпрем – коэффициент премий и доплат, связанных с работой на производстве

Данные, необходимые для расчета основной заработной платы производственных рабочих приведены в таблице 6.4.

$$Зо = 600{,}34 \cdot \left(1 + \frac{35}{100}\right) = 810{,}45$$ рублей.

Дополнительная заработная плата производственных рабочих рассчитывается исходя из соотношения 20% к $З_о$,

$Зд = 0{,}4 \cdot З_о = 810{,}45 \cdot 0{,}2 = 162{,}09$ (рублей).

Таблица 6.4 – Данные для расчета заработной платы

№ п/п	Виды операций	Разряд работы	Трудоемкость н/час.	Часовая тарифная ставка, руб.	Тарифная з/п, руб.
1.	Механическая обработка деталей	4	9,99	67,9	272,73
2.	Термическая обработка деталей	4	10,4	72	291,20
3.	Слесарно-сборочные	5	1,23	73,2	36,41
Итого:					600,34
	Премиальные доплаты	35%			210,12
	Основная з/п				810,45

Вознаграждения за выслугу лет для производственных рабочих составляют 9% от их основной заработной платы, таким образом:

$З_{ВЛ} = З_о \cdot 0{,}09 = 810{,}45 \cdot 0{,}01 = 81{,}05$ (рублей).

Отчисления от фонда заработной платы на прямые обязательные выплаты рассчитываются по следующей схеме: в пенсионный фонд – 22%, в фонд обязательного медицинского страхования – 5,1%, в фонд социального страхования – 2,9%.. Сумма отчислений рассчитывается от фонда заработной платы, т.е ($Зо+Зд+Звп$),

В пенсионный фонд $Ос$=(810,45+162,09+81,05) · 0,22=273,93(рублей).

В фонд медицинского страхования $Ос$=(810,45+162,09+81,05) · 0,051=

= 53,73 (рублей).

В фонд социального страхования $Ос$=(810,45+162,09+81,05) · 0,029=

= 30,55 (рублей).

Расчет статьи затрат «Расходы на содержание и эксплуатацию оборудования» выполняется по формуле:

$C_{сод.обор} = З_о K_{об} = 810,45 \cdot 0,1 = 81,05$ рублей,

где $З_о$ – основная заработная плата производственных рабочих;

$E_{обор}$ – коэффициент расходов на содержание и эксплуатацию оборудования, %.

Общепроизводственные расходы – затраты направляются на покрытие расходов связанных с управлением, обслуживанием и содержанием цехов и других производственных помещений общепроизводственного назначения, составляют 250% от основной заработной платы, таким образом:

$P_{ПР} = З_О \cdot 2,5 = 810,45 \cdot 2,5 = 2026,12$ (рублей).

Общехозяйственные расходы – затраты направляются на покрытие расходов по управлению предприятием в целом, содержанию и обслуживанию основных фондов общехозяйственного назначения, составляют 190% от основной заработной платы, таким образом:

$P_{ОХ} = З_О \cdot 1,23 = 810,45 \cdot 1,9 = 1539,86$ (рублей).

Согласно выше произведенным расчетам производственная себестоимость нового устройства составит:

$C_П$ =2205+851,73+810,45+162,09+81,05+358,22+81,05+2026,13+1539,86=

= 8073,98 (рублей).

Полная себестоимость нового дифференциала рассчитывается по следующей формуле:

$$CC = C_{ПР} + C_П + P_{ОНП} + P_К \qquad (6.7)$$

где $C_{ПР}$ – затраты на проектирование нового устройства, рублей;

$C_П$ – производственная себестоимость нового устройства, рублей;

$P_{ОНП}$ – расходы на подготовку и освоение производства, рублей;

$P_К$ – коммерческие расходы предприятия, рублей.

Затраты на проектирование нового дифференциала распределяются пропорционально на весь плановый годовой выпуск продукции, поступающей для реализации в качестве запасных частей (5000шт.), в целях сокращения срока окупаемости инвестиций в разработку нового товара до одного года.

$$C_{ПР} = \frac{371280}{5000} = 72{,}97$$ рублей.

Расходы на подготовку и освоение производства включают в себя затраты некапитального характера: на совершенствование технологии, переналадку оборудования, изготовление спецоснастки и т.д. Расходы на подготовку и освоение производства, включаемые в себестоимость одной единицы изделия, составляют 30% от его производственной себестоимости, таким образом

$P_{ОНП} = C_П \cdot 0{,}3 = 8073{,}89 \cdot 0{,}3 = 2422{,}19$ (рублей).

Коммерческие расходы – это затраты на реализацию продукции, составляют 5% от производственной себестоимости, таким образом

$P_К = C_П \cdot 0{,}05 = 8073{,}89 \cdot 0{,}05 = 403{,}7$ (рублей).

Полная себестоимость нового устройства составит:

$CC = 72{,}97 + 8073{,}98 + 2422 + 403{,}7 = 10927{,}84$ (рублей).

Полная калькуляция себестоимости нового дифференциала представлена в

таблице 6.5.

Таблица 6.5 – Калькуляция себестоимости проектируемого дифференциала

№ п/п	Наименование показателей	Обозначение	Сумма, руб	Удельный вес от полной себестоимости, %
1	2	3	4	5
1	Сырье и материалы за вычетом возвратных отходов	M	2205,51	20,51

2	Покупные комплектующие и полуфабрикаты	*Пи*	851,73	7,92
3	Основная заработная плата производственных рабочих	*Зо*	810,45	7,54
4	Дополнительная заработная плата	$З_Д$	162,09	3,01
5	Вознаграждения за выслугу лет	$З_{ВЛ}$	81,05	0,68
6	Отчисления на социальные нужды (в сумме)	$С_{соц.н.}$	316,08	2,92

Продолжение таблицы 6.5

1	2	3	4	5
7	Расходы на инструмент и оснастку	$И_Н$	81,05	4,30
8	Общепроизводственные расходы	$Р_{ПР}$	2026,15	16,95
9	Общехозяйственные расходы	$Р_{ОХ}$	1539,87	9,27
10	Производственная себе-стоимость	$С_П$	8073,89	77,96
11	Условные затраты на проектирование изделия	$С_{ПР}$	72,97	1,32
13	Расходы на подготовку и освоение производства	$Р_{ОНП}$	2422,19	23,39
14	Затраты на содержание оборудования	$С_{СО}$	2107,17	18,38
15	Коммерческие расходы	$Р_К$	403,7	3,89
16	Полная себестоимость	*СС*	10972,84	100,00

6.1.3 Расчет отпускной цены проектируемого дифференциала

Оптовая цена нового устройства (цена предприятия) определяется по формуле:

$$Ц_О = СС + П \qquad (6.8)$$

где $СС$ – полная себестоимость, рублей.;

$П$ – процент желаемой прибыли, составляющей 25% от всех затрат (полной себестоимости нового устройства);

$П$ = 10972·0,25 = 2194 (рублей).

$Ц_О$ =10972+2194 =13167 (рублей).

Свободная отпускная цена нового устройства определяется по формуле:

$$Ц_{СО} = Ц_О + НДС \quad (6.9)$$

где $НДС$ – налог на добавленную стоимость составляет 18% от цены предприятия, тогда:

$НДС$=0,18·13167=2370,13 рублей.

$Ц_{СО}$ =13167+2370,13= 15537≈15600 (рублей).

6.2 Расчет точки безубыточности [26]

Определение переменных затрат.

На единицу изделия

$$З_{перем} = М + П_и + З_о + З_д + З_{вл} + С_{соц} + И_н \quad (6.10)$$

$З_{перем}$ =2205,51+851,73+810,45+ 162,09+81,05+358,22+81,05= 4550,09 рублей.

На годовую программу:

$$З_{перем\ год} = З_{перем} \cdot V \quad (6.11)$$

Из всего объема продукции в продажу на запасные части будет отпущено 1000 штук.

$З_{перем\ год}$ = 4550,09 ·5000 = 22539808 рублей.

Определение постоянных затрат.

На единицу изделия:

$$З_{пост.\ уд} = Сco + Р_{ПР} + Р_{ОХ} + С_{проект} + Р_{ОНП} + Р_К \quad (6.12)$$

$З_{пост.уд.}$ =2026,13+1539,86+371+2434,82+405,80 = 6777,6 рублей.

на годовую программу выпуска изделия

$З_{пост.\ н} = З_{пост.\ уд} \cdot V = 6777{,}6 \cdot 5000 = 32324392$ рублей.

Расчет полной себестоимости годовой программы выпуска

$$С_{полн\ год} = С_{полн} \cdot V \quad (6.13)$$

$С_{полн\ год} = 10972{,}69 \cdot 5000 = 54864200$ рублей.

Расчет выручки от реализации изделия.

$$В_р = Ц_{со} \cdot V \quad (6.14)$$

$В_р = 13167{,}41 \cdot 5000 = 65837040$ рублей.

Расчет маржинального дохода.

$$Д_{марж} = В_р - З_{перем} \quad (6.15)$$

$Д_{марж} = 65837040 – 22539808 = 43297232$ рублей.

Расчет критического объема продаж.

$$V_{крит} = З_{пост\ год}/(Ц_{со} - З_{перем}) \quad (6.16)$$

$V_{крит} = 32324392/(15537-4507{,}09) = 2931$ штук.

тыс. руб.

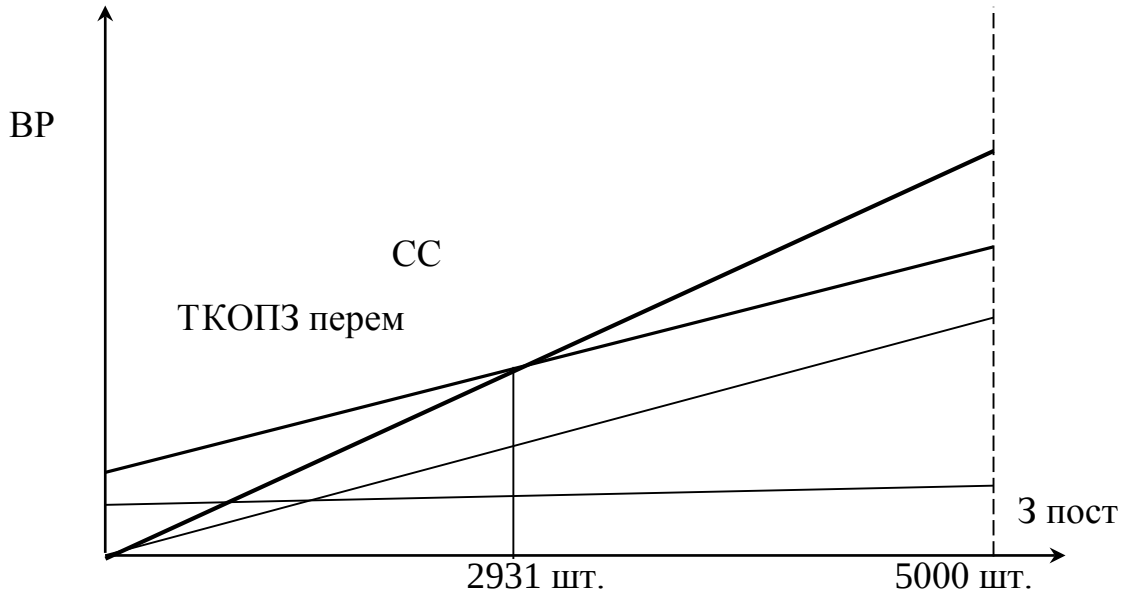


Рисунок 6.1 – Критический объем продаж

6.3 Расчет экономической эффективности

Срок работы данного проекта определяем в 5 лет.

Следовательно, объем продукции увеличивается равномерно с каждым годом на:

$$\Delta = (V_{макс}-A_{крит})/(n-1)\ , \qquad (6.17)$$

где $V_{макс}=V_{год}$ – максимальный объем продукции, шт.;

$A_{крит}$ – критический объем продаж, шт.;

n – количество лет, с учетом предпроизводственной подготовки.

Δ= (5000-2931)/(5-1) = 414 шт.

Выручка по годам составит:

$$В_{выручкаi}=Ц_{отп}V_{прод.i}, \qquad (6.18)$$

где $V_{прод.i}=A_{крит}+\Delta$ − объем продаж в i –году;

$Ц_{отп.п}$ – отпускная цена;

Расчет инвестиций.

Инвестиции = стоимость покупного оборудования +затраты на разработку.

Новые станки для реализации данного проекта не покупаются.

Расчет налогооблагаемой прибыли.

$$П_{р\ н} = B_{р\ i} – полная\ Себестоимость\ i \qquad (6.19)$$

Расчет налога на прибыль

$$Н_{пр} = П_{р\ н} \cdot 0{,}2 \qquad (6.20)$$

Расчет чистой прибыли

$$П_{р\ чист} = П_{рн} – Н_{пр} \qquad (6.21)$$

Расчет КЭШ-ФЛО:

$$КЭШ\text{-}ФЛОi = П_{р\ чист\ i} + Ам \qquad (6.22)$$

Расчет Текущего ЧДД:

$$ТДД = КЭШ\text{-}ФЛОi \cdot (1+ Норма\ дисконта / 100) \qquad (6.23)$$

Расчет Чистого дисконтированного дохода:

ЧДД = ∑ ТДД = 38419608 рублей.

Индекс доходности определяем по формуле:

$$JD_t=ЧДД_t/J_o; \qquad (6.24)$$

JD_1=38419608/22904635= 1,67.

Расчет срока окупаемости:

Срок окупаемости = J_o / ЧДД

T = 22904635/38419608= 0,6 год.

Расчет экономической эффективности представлен в таблице 6.6.

Таблица 6.6 – Расчет экономического эффекта

Показатель/год	1	2	3	4	5	итого
Объём продукции	3345	3758	4172	4586	5000	20861
Выручка по годам	51966242	58396609	64826975	71257341	77687707	324 134 876,41
Налогооблагаемая Прибыль	15 266 918,77	17 156 065,92	19 045 213,08	20 934 360,23	22 823 507,38	95 226 065,39
Налог на Прибыль	3 053 383,75	3 431 213,18	3 809 042,62	4 186 872,05	4 564 701,48	19 045 213,08
Чистая Прибыль	12 213 535,02	13 724 852,74	15 236 170,46	16 747 488,18	18 258 805,91	76 180 852,31
Ам	-	-	-	-	-	-
КЭШ-ФЛО	12 213 535,02	13 724 852,74	15 236 170,46	16 747 488,18	18 258 805,91	76 180 852,31
ТДД	10 625 775,46	10 375 988,67	10 025 400,16	9 579 563,24	9 074 626,54	49 681 354,08
Норма дисконта Е=15%	0,87	0,76	0,66	0,57	0,45	
ЧДД						38 419 608,90
Инвестиции						22 904 635,32
Индекс доходности						1,68
Срок окупаемости						0,6

6.4 Выводы

Проект является выгодным, поскольку индекс доходности больше единицы, а срок окупаемости меньше года.

Заключение

После анализа патентной информации и обзора конструкций раздаточных коробок было принято решение о проектировании. Особенностью проектирования будет разработка конструкции и обеспечение встраивания конструкции в уже имеющуюся раздаточную коробку.

Был проведен расчет усилий, возникающих в элементах дифференциала. Проведен расчет параметров.

Проведено моделирование разработки, проведен расчет на прочность в системе *Solid Works*.

Выполнено проектирование с целью определения параметров и выполнения чертежей. Проведенный расчет показал работоспособность конструкции.

Разработан технологический процесс изготовления диска. Был проведен анализ технологичности детали, выбор типа производства, расчет экономической целесообразности способа получения заготовки, выбор маршрута обработки, проведен расчет режимов резания.

Использование в раздаточной коробке автомобиля Нива Шевроле вязкостной муфты снижает вредное воздействие на окружающую среду вследствие некоторых факторов, обеспечивающих повышение надежности, проходимости и устойчивости транспортного средства. Подробно был рассмотрен процесс утилизации шин.

Эксплуатация автомобиля с модернизированной трансмиссией не отличается от эксплуатации автомобиля с обычной трансмиссией. При этом соблюдение правил техники безопасности необходимо для обеспечения отсутствия травмирования.

Проект является выгодным, поскольку индекс доходности больше единицы, а срок окупаемости меньше года.

Список литературы

1. Амбарцумян, В.В. Экологическая безопасность автомобильного транспорта [Текст]/ В.В. Амбарцумян, В.Б. Носов, В.И. Тагасов - М.: ООО Издательство «НАУЧТЕХЛИТИЗДАТ», 1999. – 86 с.

2. Артемов, И.И. Транспортные машины и транспортно-технологические комплексы. Курсовое и дипломное проектирование: методика и общие требования [Текст]: Учебное пособие/ И.И. Артемов, А.Б. Балакшин, А.А. Грабовский.- Пенза.:Информационно-издательский центр ПГУ, 2004.-226*с*.

3.Беляев, Н.М. Сопротивление материалов. 15-е издание, перераб. [Текст] - М.: Главная редакция физико-математической литературы изд-ва «Наука», 1976. – 608 с.

4. Горбацевич, А.Ф. Курсовое проектирование по технологии машиностроения: [Учебное пособие для машиностроит. спец. вузов]. 4-е изд. перераб. и доп. [Текст]/ А.Ф. Горбацевич, В.А. Шкред - М.: Выш. шк., 1983. – 256 с.

5. Гуревич, А.М. Тракторы и автомобили. [Текст] / Гуревич А.М., Сорокин Е.М. – М.: Колос, 1978.- 479с.

6.Гусаков, Н.В. «Конструкция автомобиля. Шасси». [Текст]/Н.В. Гусаков, И.Н. Зверев, А.Л. Карунин – М.: 2002 – 256 с.

7. Дунаев, П.Ф. Конструирование узлов и деталей машин: Учеб. пособие для техн. спец. вузов. – 7-е изд., испр. [Текст]/ П.Ф. Дунаев, О.П. Леликов – М.: Высш. шк., 2001. – 447 с.

8. Колчин, А.И. Расчеты автомобильных и тракторных двигателей: Учеб. пособие для вузов/ А.И. Колчин, В.П. Демидов - 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. шк. 2002. – 496 с.

9. Левицкий, В.С. Машиностроительное черчение: Учеб. для студентов высших технических учебных заведений [Текст]/ В.С. Левицкий – М.: Высш. шк.,1988. – 351с.

10. Лукин, П. П. Конструирование и расчёт автомобиля, [Текст]/ П.П. Лукин и д.р./ - М.: Машиностроение, 1984. – 320 с.

11. Маталин, А.А. Технология машиностроения: Учебник для машиностроительных вузов по специальности «Технология машиностроения, металлорежущие станки и инструменты ». [Текст]/ – Л.: Машиностроение, Ленингр. отделение, 1985. – 496с.

12. Павлов, В.В. Проектировочные расчеты транспортных средств специального назначения: учебное пособие [Текст] / В.В. Павлов. – М. ; МАДИ, 2014. – 116 с.

13. Пантелеев, В.Ф. Расчеты деталей машин: Учеб. пособие. – 2-е изд., доп. [Текст] /– Пенза: Из-во Пенз. гос. ун-та, 2002. – 164с.

14. Редькин, М.Г. Плавающие колесные и гусеничные машины [Текст] : / М.Г. Редькин. – М. Воениздат, 1966. – 200 с.

15. Смерницкий, Е.К. «Экономические показатели промышленности». [Текст] 2–е издание, перераб. и доп. – М.: Экономика.1980. – 432с.

16. Старобиский, Р.Н. Борьба с шумом и вибрацией на автомобильном транспорте: Учебное пособие. [Текст]/ Старобиский Р.Н., Фесина М.И. -Куйбышев: КуАИ, 1987.-70с.

17. Степанов, А.П. Конструирование и расчет паваюших машин. [Текст] : / А.П. Степанов. – М. ; Машиностроение, 1983. – 200 с.

18. Тур, Е.Я. Устройство автомобиля [Текст] / Е.Я. Тур, К.Б. Серебряков – М. : Машиностроение, 1990. – 137 с.

19. Уханов, А.П. Теория автомобиля в упражнениях и задачах: Учебное пособие для вузов [Текст] /А.П. Уханов, И.И. Артемов, О.Ф. Пшеничный; под общ. ред. А.П. Уханова. - Пенза: Информационно-издательский цент Пенз. гос. ун-та, 2002. – 278 с.

20. Безопасность труда. Производственная безопасность: учеб. пособие [Текст]/ Л.Л. Никифоров, В.В. Персиянов. – М.: МГУПБ, 2011. – 257 с.

21. Детали машин: Атлас конструкций. Уч. пособие для машиностроительных вузов [Текст]/ В.Н. Беляев, И.С. Богатырев, А.В. Буланже и др.; Под ред. д-ра

техн. наук проф. Д.Н. Решетова. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1979. – 379с.

22. Допуски и посадки. Справочник в 2 ч.Ч1[Текст]/Под. Ред. В.Г. Мягкова. – 5-е изд., перера. и доп. – Л.: Машиностроение. Ленингр. отд – ие. 1978. – 544с.

23. Допуски и посадки. Справочник в 2 ч.Ч2[Текст]/Под. Ред. В.Г. Мягкова. – 5-е изд., перера. и доп. – Л.: Машиностроение. Ленингр. отд – ие. 1978. – 545-1032с.

24. Конструкция автомобиля. Шасси. [Текст]/Под общ. ред. А.Л. Карунина – М.: МАМИ, 2000. – 528с.

25. Механические конструкции колёсных и гусеничных машин – М.: Машиностроение, 1962. – 342с.

26. Многоцелевые гусеничные и колесные машины: Конструкция: Учеб. для вузов [Текст] / .И. Гладов, А.В. Вихров, В.В, Кувшинов, В.В, Павлов. – М : Транспорт, 2001. – 272с.

27. Обработка металлов резанием: Справочник технолога [Текст] / А.А. Панов, В.В. Аникин, Н.Г. Бойм и др.; Под общ. ред. А.А. Панова. – М.: Машиностроение. 1988. – 736с.

28. Основы организации охраны труда на предприятии [Текст]/ Под общ. ред. Ю.С. Рысина. - Нижний Новгород: Вента-2, 1998.- 86с.

29. Проектирование полноприводных колесных машин: в 2 Т. Учебник для вузов / Б.А. Афанасьев, Б.Н. Белоусов, Л.Ф. Жеглов и др. [Текст] / Под ред. А.А. Полунгяна. – М : Издательство МГТУ им Н.Э. Баумана, 2000 – 640с.

30. Сварные конструкции. Расчет и проектирование: Учебник для вузов[Текст]/ Г.А. Николаев, В.А. Винокуров-М.: Высш. шк., 1990. – 446 с.

31. Справочник технолога-машиностроителя. В 2 т. Т.1[Текст]/ Под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерекова. – 4-е изд., перераб. и доп. – М : Машиностроение, 1986 – 656с.

32. Технологическая документация на единичные процессы изготовления изделий в автоматизированном производстве: Учебное пособие [Текст]/ В.А.

Скрябин, А.Г. Схиртладзе, В.О. Соколов. – Пенза : Из-во Пенз. гос. ун-та, 1995. – 250с.

33. Технология и оборудование контактной сварки: Учебник для машиностроительных вузов/ Б.Д. Орлов, А. А. Чакалев, Ю.В.Дмитриев и др.- 2-е издание, перераб. и доп. [Текст] – М.: Машиностроение, 1986. - 352с.

34. Экономическое обоснование дипломных проектов (бизнес-планирование): методические указания к выполнению экономического раздела дипломного проекта для студентов технических специальностей / И.А. Сергеева, С.С. Солдатова, Ю.Ю. Частухина – Пенза : Из–во Пенз. гос. ун–та, 2011. – 63 с.

35. ГОСТ 15878-79 – Контактная сварка. Соединения сварные. Конструктивные элементы и размеры.- М.: Издатель-ство стандартов, 1984.- 9с.

36. Электронный ресурс [режим доступа *http://avtomotoklyb.ru*.

37. Электронный ресурс [режим доступа *http://carnote.info*.

38. Электронный ресурс [режим доступа *http://www.autoshcool.ru*.

39. Электронный ресурс [режим доступа]:http://www.weldcom.ru, свободный

Приложение А

(рекомендуемое)

Патенты

(19) BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

DEUTSCHES PATENTAMT

(12) **Offenlegungsschrift**

(11) **DE 3534999 A1**

(51) Int. Cl. 4:
B 60 K 17/20
F 16 H 1/455
F 16 D 35/00

(21) Aktenzeichen: P 35 34 999.9
(22) Anmeldetag: 1. 10. 85
(43) Offenlegungstag: 10. 4. 86

Behördeneigentum

DE 3534999 A1

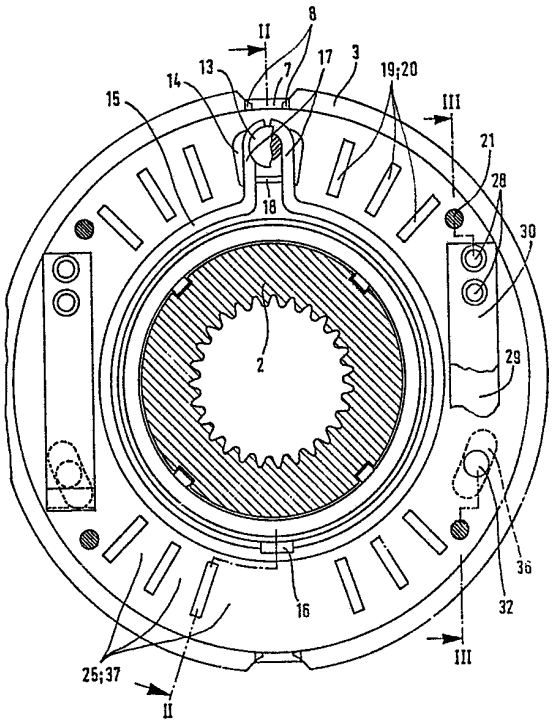
(30) Unionspriorität: (32) (33) (31)
04.10.84 LU PCT/EP 84/00303

(71) Anmelder:
Zahnradfabrik Friedrichshafen AG, 7990 Friedrichshafen, DE

(72) Erfinder:
Gazyakan, Ünal; Ehrlinger, Friedrich, 7990 Friedrichshafen, DE

(54) Viskosekupplung mit Füllungsregelung

Viskosekupplung als Sperrkupplung für Kraftfahrzeug-Differentialgetriebe, mit einer Arbeitskammer (4) und einer Vorratskammer (5). Eine Pumpe (6, 7, 8) fördert Flüssigkeit aus der Vorratskammer (5) in die Arbeitskammer (4). Beim Überschreiten einer vorgegebenen Relativdrehzahl schließt ein erstes Ventil (3, 12) eine erste Rücklaufleitung (19, 20), beim Überschreiten einer vorgegebenen Temperatur öffnet ein zweites Ventil (12, 31) eine zweite Rücklaufleitung (32, 36) von der Arbeitskammer (4) in die Vorratskammer (5). Das Drehmoment und die Verlustwärmeleistung der Viskosekupplung sind gering bei geringer Relativdrehzahl und/oder hoher Temperatur. Das Drehmoment ist sehr groß nur dann, wenn gleichzeitig eine vorbestimmte Relativdrehzahl überschritten und eine vorbestimmte Temperatur unterschritten sind.



DE 3534999 A1

ZAHNRADFABRIK FRIEDRICHSHAFEN
Aktiengesellschaft
Friedrichshafen

3534999
Akte 5946 V
TZS/sz-de
24.09.1984

Viskosekupplung mit Füllungsregelung

Ansprüche

1. Viskosekupplung als Sperrkupplung für Kraftfahrzeug-Differentialgetriebe, mit einer ersten Baugruppe mit mindestens einer ersten Arbeitsfläche, mit einer zweiten Baugruppe mit mindestens einer zweiten Arbeitsfläche, welche Baugruppen ein Gehäuse bilden mit einer Flüssigkeit, welche Flüssigkeit in einem engen Spalt zwischen den Arbeitsflächen bei einer Relativdrehzahl ein mit steigender Relativdrehzahl steigendes Drehmoment zwischen den Baugruppen erzeugt, dadurch gekennzeichnet, daß

- eine Zwischenwand (3) das Gehäuse (1, 2) in eine Arbeitskammer (4) mit den Arbeitsflächen und in eine Vorratskammer (5) teilt,
- eine im Gehäuse (1, 2) angeordnete Pumpe (6, 7, 8) bei einer Relativdrehzahl Flüssigkeit aus der Vorratskammer (5) in die Arbeitskammer (4) fördert.

2. Viskosekupplung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Pumpe (6, 7, 8) eine Staukörperpumpe (6, 7, 8) ist.

3. Viskosekupplung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß

- eine erste Rücklaufleitung (19, 20) die beiden Kammern (4, 5) radial außen miteinander verbindet,
- die Zwischenwand (3) mit der ersten Baugruppe (1) verbunden ist,
- eine Schleppscheibe (23) mit der zweiten Baugruppe (2) verbunden ist,

- axial zwischen der Zwischenwand (3) und der Schleppscheibe (23) ein zu der Zwischenwand (3) begrenzt drehbares erstes Schließglied (12) angeordnet ist,
- eine zwischen der Zwischenwand (3) und dem Schließglied (12) angeordnete Rückstellfeder (15) das Schließglied (12) in einer ersten Stellung hält, in der das Schließglied (12) die Rücklaufleitung (19, 20) offenläßt, die von der Pumpe (6, 7, 8) aus der Vorratskammer (5) in die Arbeitskammer (4) geförderte Flüssigkeit durch die Rücklaufleitung (19, 20) in die Vorratskammer (5) zurückfließt, die Arbeitskammer (4) nur eine geringe Flüssigkeitsmenge enthält und das Drehmoment der Viskosekupplung gering bleibt,
- eine Flüssigkeitsreibungskraft einer Flüssigkeit in einem engen Spalt (24) zwischen der Schleppscheibe (23) und dem Schließglied (12) beim Überschreiten einer vorgegebenen Relativdrehzahl entgegen einer Kraft der Rückstellfeder (15) das Schließglied (12) in eine zweite Stellung bewegt, in der das Schließglied (12) die Rücklaufleitung (19, 20) schließt, die Pumpe (6, 7, 8) die Arbeitskammer (4) bis zum Überlaufen durch eine radial innere Überlauföffnung (27) in der Zwischenwand (3) füllt und das Drehmoment der Viskosekupplung auf einen großen Wert ansteigt,
- das Schließglied (12) damit ein Element eines Relativdrehzahl-Sperrventils (3, 12) ist.

4. Viskosekupplung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß

- das Schließglied (12) eine zu der Zwischenwand (3) konzentrisch gelagerte Scheibe (12) ist,
- die Scheibe (12) und die Zwischenwand (3), in Achsrichtung gesehen, deckungsgleiche erste Durchbrüche (19, 20) aufweisen in Form von radial außen auf einer Umfangslinie verteilten radialen Schlitzen (19, 20), mit Stegen (25, 37) zwischen den Schlitzen (19, 20),

- in der ersten Stellung der Scheibe (12) die Schlitze (19, 20) ein System von parallel wirkenden Rücklaufleitungen (19, 20) mit insgesamt großem Strömungsquerschnitt bilden,
- in der zweiten Stellung der Scheibe (12) die Stege (25) der Scheibe (12) die Schlitze (19) der Zwischenwand (3) und/oder die Stege (37) der Zwischenwand (3) die Schlitze (20) der Scheibe (12) mit ebenen Dichtflächen (26) verschließen.

5. Viskosekupplung nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß

- eine zweite Rücklaufleitung (32, 36) die beiden Kammern (4, 5) radial außen miteinander verbindet,
- eine Temperatur in der Viskosekupplung über ein Wärmedehnglied (30) einen Thermo-Stellweg mit einer Thermo-Stellkraft erzeugt,
- die Thermo-Stellkraft entgegen der Kraft einer Rückstellfeder (29) ein zweites Schließglied (31) bewegt,
- das Schließglied (31) beim Unterschreiten einer vorgegebenen Temperatur die Rücklaufleitung (32, 36) schließt und beim Überschreiten einer vorgegebenen Temperatur öffnet,
- das Schließglied (31) damit ein Element (31) eines Thermo-Sperrventils (12, 31) ist.

6. Viskosekupplung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß

- die Scheibe (12) und die Zwischenwand (3) zweite Durchbrüche (32, 36) aufweisen, die so groß und einander so zugeordnet sind, daß sie in jeder Stellung der Scheibe (12) relativ zu der Zwischenwand (3) die zweite Rücklaufleitung (32, 36) bilden, die nur von dem zweiten Schließglied (31) geschlossen werden kann,
- ein an der Scheibe (12) befestigter Bimetall-Kragstab (30) das Wärmedehnglied (30) bildet,
- eine an der Scheibe (12) befestigte Kragstabfeder (29) mit einem freien Ende (31) das zweite Schließglied (31) bildet,

- in einer ersten Stellung des Thermo-Sperrventils (31, 32), beim Unterschreiten einer vorgegebenen Temperatur, das zweite Schließglied (31) mit einer geringen Vorspannkraft der Kragstabfeder (29) den zweiten Durchbruch (32) in der Scheibe (12) und damit die zweite Rücklaufleitung (32, 36) schließt,
- in einer zweiten Stellung des Thermo-Sperrventils (31, 32), beim Überschreiten einer vorgegebenen Temperatur, der Bimetall-Kragstab (30) gegen die Vorspannkraft der Kragstabfeder (29) mit seinem freien Ende (34) das zweite Schließglied (31), das freie Ende (31) der Kragstabfeder (29) von dem zweiten Durchbruch (32) in der Scheibe (12) abhebt und damit die zweite Rücklaufleitung (32, 36) öffnet.

7. Viskosekupplung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Kragstabfeder (29) an ihrem freien Ende (31) einen hakenförmig umgebogenen Fortsatz (33) aufweist, das freie Ende (34) des Bimetall-Kragstabes (30) in einen Zwischenraum (35) zwischen dem Fortsatz (33) und dem freien Ende (31) der Kragstabfeder (29) hineinragt, sich in dem Zwischenraum (35) frei bewegt und nur beim Überschreiten einer vorgegebenen Temperatur den Fortsatz (33) berührt, um das Thermo-Sperrventil (12, 31) zu öffnen.

8. Viskosekupplung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß der Bimetall-Kragstab (30) zusätzlich die Kragstabfeder (29) und damit auch das zweite Schließglied (31) bildet.

9. Viskosekupplung nach Anspruch 6, 7 oder 8, dadurch gekennzeichnet, daß das Schließglied (31) sich achsparallel bewegt.

10. Viskosekupplung nach Anspruch 6, 7 oder 8, dadurch gekennzeichnet, daß das Schließglied (31) sich in einer zur Drehachse senkrechten Ebene bewegt.

ZAHNRADFABRIK FRIEDRICHSHAFEN
Aktiengesellschaft
Friedrichshafen

x 5

3534999
Akte 5946 V
TZS/sz-de
24.09.1984

Viskosekupplung mit Füllungsregelung

Die Erfindung betrifft eine Viskosekupplung nach dem Oberbegriff des Hauptanspruchs.

Eine Viskosekupplung dieser Art ist bekannt (DE-PS 21 35 791).

Eine Viskosekupplung nach DE-PS 21 35 791 hat ein mit steigender Relativdrehzahl steigendes Drehmoment. Eine kleine solche Viskosekupplung gestattet bei Kurvenfahrt auf griffiger Fahrbahn noch einen fast freien Drehzahlausgleich. Eine große solche Viskosekupplung erzeugt, wenn ein Rad wegen mangelhaftem Reibkontakt zum Boden durchdrehen will, ein großes Sperrmoment und sichert damit dem Rad oder - bei mehr als zwei angetriebenen Rädern - den Rädern auf griffigem Boden auch im Extremfall noch das notwendige Antriebsmoment. Eine übliche mittelgroße solche Viskosekupplung behindert den Drehzahlausgleich bei Kurvenfahrt und erzeugt nur ein begrenztes Sperrmoment. Dadurch entstehen bei Kurvenfahrt auf griffiger Fahrbahn schon erhöhter Reifenverschleiß und erhöhte Lenkkräfte, Leistungsverluste und erhöhter Kraftstoffverbrauch. Dadurch reicht, wenn ein Rad durchdreht, das Antriebsmoment am noch greifenden Rad oder - bei mehr als zwei angetriebenen Rädern - an den noch greifenden Rädern in extremen Fahrzuständen nicht mehr aus, um den Antrieb des Fahrzeuges zu sichern.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Viskosekupplung nach dem Oberbegriff des Hauptanspruchs zu schaffen, die sowohl einen fast freien Drehzahlausgleich bei Kurvenfahrt auf griffiger Fahrbahn gestattet als auch, wenn ein Rad wegen mangelhaftem Reibkontakt zum Boden durchdrehen will, ein sehr großes Sperrmoment erzeugt.

Diese Aufgabe wird mit den kennzeichnenden Merkmalen des Hauptanspruchs erfüllt. Während bei geringen Relativdrehzahlen, wie sie bei Kurvenfahrt auf griffiger Fahrbahn auftreten, die Arbeitskammer der Viskosekupplung nur eine geringe Flüssigkeitsmenge enthält und daher nur ein geringes Sperrmoment entsteht, das den Drehzahlausgleich kaum behindert, bewirkt die Pumpe bei größeren Relativdrehzahlen, wie sie beim Durchdrehen eines Rades entstehen, daß die Arbeitskammer bis zum Überlaufen gefüllt wird und die Viskosekupplung damit ein sehr großes Sperrmoment erzeugt.

Anspruch 2 gibt eine besonders einfache Bauart einer Pumpe an. Eine Pumpe dieser Art ist an sich bekannt (DE-PS 12 84 186, DE-PS 30 09 665), jedoch nicht in Verbindung mit einer Viskosekupplung nach dem Hauptanspruch.

Anspruch 3 fügt den Vorteil hinzu, daß die Flüssigkeitsmenge in der Arbeitskammer und damit das Drehmoment der Viskosekupplung noch zuverlässiger unterhalb einer vorgegebenen Relativdrehzahl gering und oberhalb dieser Relativdrehzahl sehr groß sind. Der Übergang von einem geringen Drehmoment, das den Drehzahlausgleich bei Kurvenfahrt kaum behindert, zu einem großen Drehmoment, das den Drehzahlausgleich stark begrenzt und damit den Antrieb des Fahrzeuges sichert und umgekehrt, erfolgt bei einer Relativdrehzahl knapp oberhalb eines höchsten Wertes, der bei Kurvenfahrt noch auftreten kann, innerhalb eines geringen Relativdrehzahl-Bereichs.

Anspruch 4 fügt Merkmale hinzu, mit denen das Relativdrehzahl-Sperrventil nach Anspruch 3 mit besonders einfachen Bauteilen platzsparend ausgeführt werden kann.

Anspruch 5 fügt Merkmale hinzu, mit denen ein Überhitzen und damit Schädigen der Viskosekupplung verhindert wird. Thermo-Sperrventile zur Regelung der Flüssigkeitsmenge in einer Arbeits-

kammer und damit zur Regelung des Drehmoments einer Viskosekupplung sind an sich bekannt (DE-PS 12 84 186), jedoch nicht in Verbindung mit einer Viskosekupplung nach dem Hauptanspruch.

Anspruch 6 fügt Merkmale hinzu, mit denen das Thermo-Sperrventil mit nur wenigen, einfachen, zusätzlichen Bauteilen dargestellt werden kann.

Anspruch 7 fügt ein Merkmal hinzu, mit dem der Bimetall-Kragstab vor bleibender Verformung besonders sicher geschützt wird.

Anspruch 8 bringt den Vorteil, daß eine zusätzliche Kragstabfeder entfällt.

Anspruch 9 bringt den Vorteil, daß die Funktion des Thermo-Sperrventils nicht durch bei Relativdrehzahl auftretende Flüssigkeitsreibungskräfte beeinflußt wird.

Anspruch 10 bringt den Vorteil, daß die Funktion des Thermo-Sperrventils nicht durch das Druckgefälle zwischen den beiden Kammern gestört wird.

In der Zeichnung ist ein Ausführungsbeispiel einer Viskosekupplung nach der Erfindung dargestellt. Es zeigt

Fig. 1 einen Querschnitt,
Fig. 2 einen Längsschnitt,
Fig. 3 einen Längsschnitt.

Eine erste Baugruppe 1 und eine zweite Baugruppe 2 bilden ein teilweise mit einer Flüssigkeit gefülltes Gehäuse 1, 2. Eine Zwischenwand 3 ist fest mit der ersten Baugruppe 1 verbunden und teilt das Gehäuse 1, 2 in eine Arbeitskammer 4 und eine Vorratskammer 5. Ein Pumpenrotor 6 ist in der Vorratskammer 5 angeordnet und fest mit der zweiten Baugruppe 2 verbunden. Nahe ihrem äuße-

ren Rand trägt die Zwischenwand 3 Staukörper 7, die axial in die Vorratskammer 5 hineinragen. In Umfangsrichtung beidseits der Staukörper 7 weist die Zwischenwand 3 Abzugsöffnungen 8 auf. Bei einer Relativdrehzahl zwischen der Baugruppe 1 und der Baugruppe 2 wirken der Pumpenrotor 6, die Staukörper 7 und die Abzugsöffnungen 8 als Pumpe 6, 7, 8 zusammen und fördern Flüssigkeit aus der Vorratskammer 5 in die Arbeitskammer 4. Mit ihrem inneren Rand trägt die Zwischenwand 3 einen Lagerring 9 und auf diesem Lagerring 9 eine Lagerscheibe 10, eine Wellringfeder 11 und eine Scheibe 12. Die Wellringfeder 11 drückt die Scheibe 12 axial gegen die Zwischenwand 3. Die Scheibe 12 ist zu der Zwischenwand 3 drehbar, begrenzt durch einen Nietzapfen 13 an der Zwischenwand 3 in einem Fenster 14 der Scheibe 12. Eine Kreisring-Schenkelfeder 15, in einem mittleren Bereich geführt durch einen Haken 16 an der Scheibe 12, mit ihren nach radial außen weisenden Schenkeln 17 anliegend an dem Nietzapfen 13 und/oder einem axialen Steg 18 der Scheibe 12, wirkt als Rückstellfeder 15 und hält die Scheibe 12 relativ zu der Zwischenwand 3 in einer mittleren, ersten Stellung, in der erste Durchbrüche 19, 20 in der Form von radialen Schlitzen 19, 20 in der Zwischenwand 3 und in der Scheibe 12 eine offene Rücklaufleitung 19, 20 bilden, durch die Flüssigkeit aus der Arbeitskammer 4 in die Vorratskammer 5 zurückfließt.

Mit der Scheibe 12 ist über Stützniete 21 eine Deckscheibe 22 fest verbunden. Axial neben der Deckscheibe 22 angeordnet, ist eine Schleppscheibe 23 mit der zweiten Baugruppe 2 drehfest verbunden. Bei einer Relativdrehzahl zwischen der ersten Baugruppe 1 und der zweiten Baugruppe 2 erzeugt Flüssigkeit in einem engen Spalt 24 zwischen der Schleppscheibe 23 und der Deckscheibe 22 ein Schleppmoment auf die Deckscheibe 22 und über die Stützniete 21 auf die Scheibe 12. Wird dieses Schleppmoment mit steigender Relativdrehzahl größer als ein Haltemoment durch eine Vorspannkraft der Rückstellfeder 15, dreht sich die Scheibe 12 relativ zu der Zwischenwand 3 in eine zweite Stellung, in der Stege 37 zwischen den Schlitzen 19 der Zwischenwand 3 die

Schlitze 20 der Scheibe 12 und Stege 25 zwischen den Schlitzen 20 der Scheibe 12 die Schlitze 19 der Zwischenwand 3 mit ebenen Dichtflächen 26 verschließen, ein durch die Zwischenwand 3 und die Scheibe 12 gebildetes Relativdrehzahl-Sperrventil 3, 12 damit geschlossen ist und Flüssigkeit nur noch durch eine Überlauföffnung 27 radial innerhalb des Lagerringes 9 von der Arbeitskammer 4 in die Vorratskammer 5 zurückfließt.

Die Pumpe 6, 7, 8 und das Relativdrehzahl-Sperrventil 3, 12 zusammen bewirken, daß die Arbeitskammer 4 der Viskose-Kupplung bei geringen Relativdrehzahlen nur eine geringe Flüssigkeitsmenge enthält und die Viskosekupplung nur ein sehr geringes Drehmoment erzeugt, daß beim Überschreiten einer vorbestimmten Relativdrehzahl die Flüssigkeitsmenge in der Arbeitskammer 4 steigt und die Viskosekupplung damit ein sehr großes Drehmoment erreicht, und daß beim Unterschreiten dieser vorbestimmten Relativdrehzahl die Flüssigkeitsmenge in der Arbeitskammer 4 wieder abnimmt und das Drehmoment der Viskosekupplung wieder sehr gering wird.

An der Scheibe 12 sind mit Nieten 28 Kragstabfedern 29 und Bimetall-Kragstäbe 30 befestigt. Die Kragstabfedern 29 bilden mit ihrem freien Ende 31 Schließglieder 31, die, mit einer geringen Vorspannung der Kragstabfedern 29, in einer ersten Stellung zweite Durchbrüche 32 in der Scheibe 12 verschließen. Das freie Ende 31 der Kragstabfeder 29 trägt einen hakenförmig umgebogenen Fortsatz 33. Die Bimetall-Kragstäbe 30 ragen mit ihrem freien Ende 34 in einen Zwischenraum 35 zwischen dem Fortsatz 33 und dem freien Ende 31 der Kragstabfeder 29.

Beim Überschreiten einer vorgegebenen Temperatur biegt sich der Bimetall-Kragstab 30 als Wärmedehnglied 30, ergreift sein freies Ende 34 den Fortsatz 33, hebt damit das freie Ende 31 der Kragstabfeder 29 als Schließglied 31 von dem Durchbruch 32 in der Scheibe 12 ab, bilden die zweiten Durchbrüche 32 in der

Scheibe 12 zusammen mit zweiten Durchbrüchen 36 in der Zwischenwand 3 offene Rücklaufleitungen 32, 36, durch die Flüssigkeit von der Arbeitskammer 4 in die Vorratskammer 5 zurückfließt.

Beim Unterschreiten dieser vorgegebenen Temperatur streckt sich der Bimetall-Kragstab 30 wieder, gibt sein freies Ende 34 den Fortsatz 33 wieder frei, schließt das freie Ende 31 der Kragstabfeder 29 wieder den Durchbruch 32 und damit die zweite Rücklaufleitung 32, 36, kann die Flüssigkeitsmenge in der Arbeitskammer 4 und damit das Drehmoment der Viskosekupplung wieder steigen.

Das freie Ende 31 der Kragstabfeder 29 und die Scheibe 12 bilden damit ein Thermo-Sperrventil 12, 31.

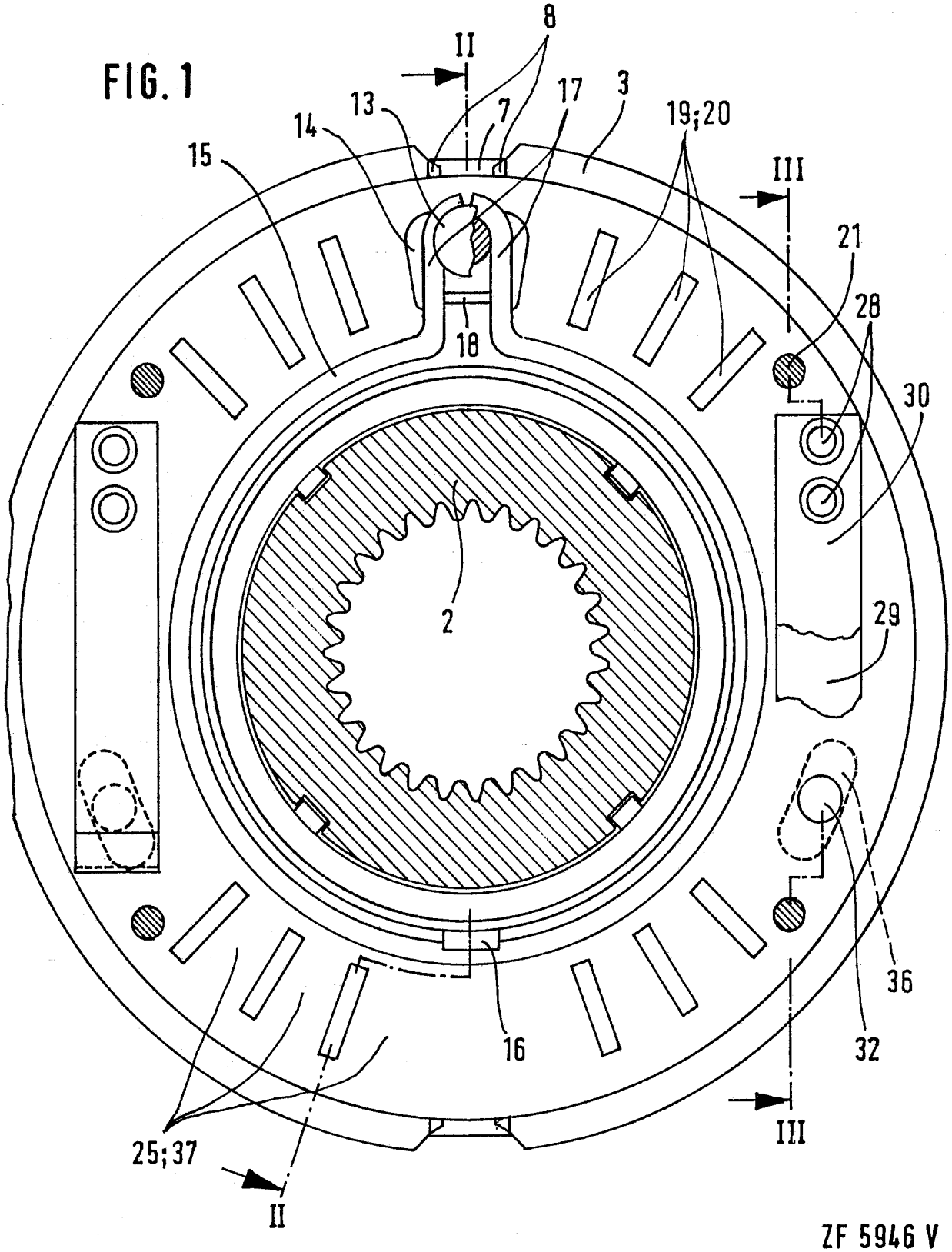
Das Relativdrehzahl-Sperrventil 3, 12 mit ersten Rücklaufleitungen 19, 20 und das Thermo-Sperrventil 12, 31 mit zweiten Rücklaufleitungen 32, 36 öffnen und schließen unabhängig voneinander. Nur dann, wenn sowohl das Relativdrehzahl-Sperrventil 3, 12 als auch das Thermo-Sperrventil 12, 31 geschlossen ist, nur dann, wenn gleichzeitig eine vorbestimmte Relativdrehzahl überschritten und eine vorbestimmte Temperatur unterschritten sind, steigt die Flüssigkeitsmenge in der Arbeitskammer 4 bis zum Überlaufen durch die Überlauföffnung 27, erzeugt die Viskosekupplung ein großes Sperrmoment. Wenn auch nur eines der beiden Ventile 3, 12 oder 12, 31 offen ist, bleibt die Flüssigkeitsmenge in der Arbeitskammer 4 und damit das Drehmoment der Viskosekupplung gering.

Bezugszeichen

1 erste Baugruppe
2 zweite Baugruppe
3 Zwischenwand
4 Arbeitskammer, Kammer
5 Vorratskammer, Kammer
6 Pumpenrotor
7 Staukörper
8 Abzugsöffnung
9 Lagerring
10 Lagerscheibe
11 Wellringfeder
12 (erstes) Schließglied, Scheibe
13 Nietzapfen
14 Fenster
15 Rückstellfeder, Kreisring-Schenkelfeder
16 Haken
17 Schenkel
18 Steg
19 erster Durchbruch, Schlitz, erste Rücklaufleitung
20 erster Durchbruch, Schlitz, erste Rücklaufleitung
21 Stützniet
22 Deckscheibe
23 Schleppscheibe
24 Spalt
25 Steg
26 Dichtfläche
27 Überlauföffnung
28 Niet
29 Kragstabfeder, Rückstellfeder
30 Bimetall-Kragstab
31 zweites Schließglied, freies Ende
32 zweiter Durchbruch, zweite Rücklaufleitung
33 Fortsatz
34 freies Ende
35 Zwischenraum
36 zweiter Durchbruch, zweite Rücklaufleitung
37 Steg

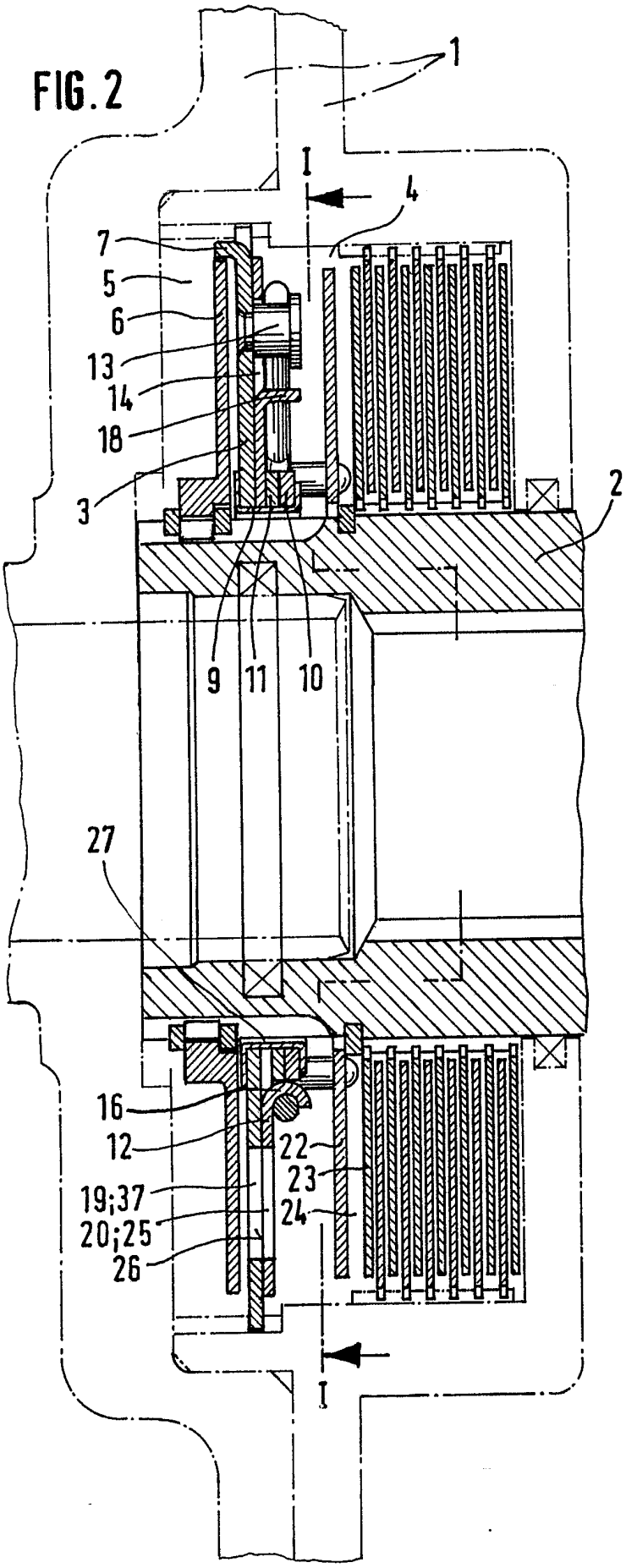
Nummer: 35 34 999
Int. Cl.⁴: B 60 K 17/20
Anmeldetag: 1. Oktober 1985
Offenlegungstag: 10. April 1986

FIG. 1



ZF 5946 V

FIG. 2


1
I
4
7
5
6
13
14
18
3
2
9
11
10
27
16
12
22
23
19;37
24
20;25
26
I

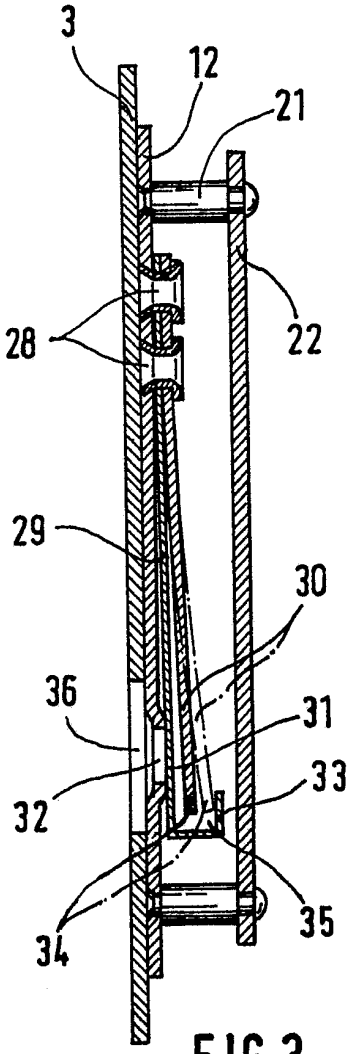
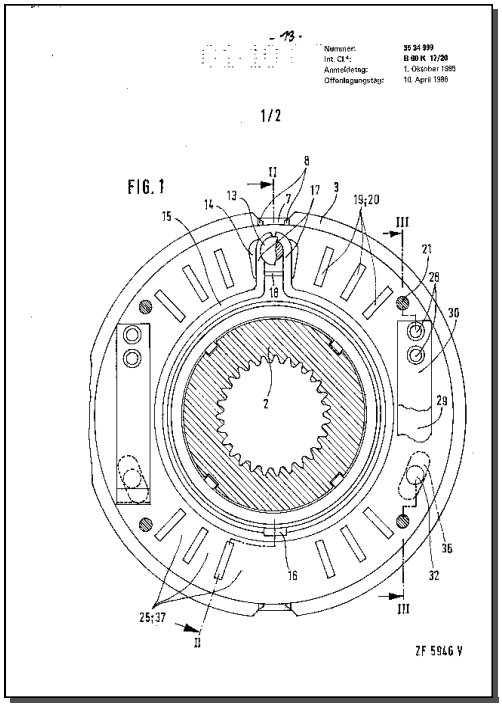
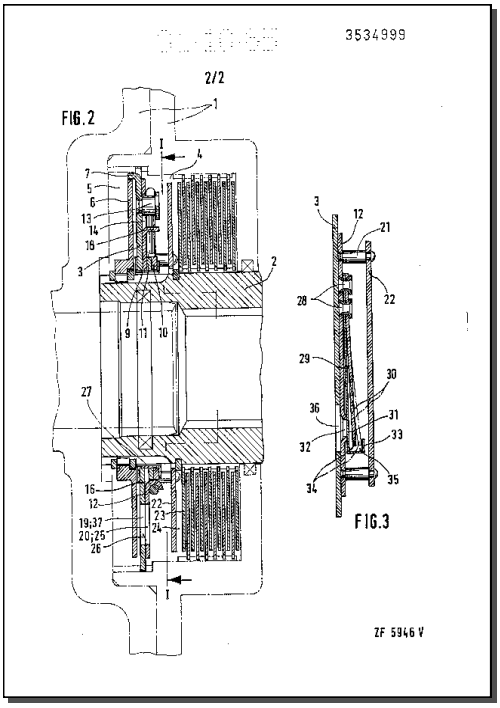

3
12
21
28
22
29
30
36
31
32
33
34
35

FIG. 3





Drawing pages of DE3534999 A1

(19) BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

DEUTSCHES PATENTAMT

(12) **Offenlegungsschrift**

(11) **DE 3537994 A1**

(51) Int. Cl. 4:
B 60 K 17/02
F 16 H 1/445

(21) Aktenzeichen: P 35 37 994.4
(22) Anmeldetag: 25. 10. 85
(43) Offenlegungstag: 7. 5. 86

Behördeneigentum

DE 3537994 A1

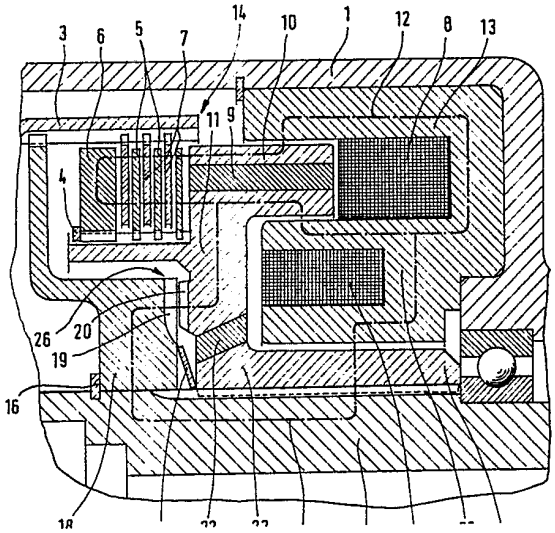
(30) Unionspriorität: (32) (33) (31)
06.11.84 WO PCT/EP84/00352

(71) Anmelder:
Zahnradfabrik Friedrichshafen AG, 7990 Friedrichshafen, DE

(72) Erfinder:
Schreiner, Friedrich, 7996 Meckenbeuren, DE;
Grießer, Walter, 7990 Friedrichshafen, DE

(54) Elektromagnetisch betätigte Sperrkupplung für Kraftfahrzeug-Differentialgetriebe

Elektromagnetisch betätigte Sperrkupplung für Kraftfahrzeug-Differentialgetriebe mit zwei konzentrisch angeordneten gehäusefesten Ringspulen (8, 21) für je eine kraftschlüssige Lamellenkupplung (14) und eine dazu konzentrisch angeordnete formschlüssige Klauenkupplung (26). Die beiden Kupplungen (14, 26) verbinden eine Nabe (2) und eine Glocke (3). Die Nabe (2) und die Glocke (3) sind mit je einem Anschlußglied des Differentialgetriebes drehfest verbunden. Die Lamellenkupplung (14) wird durch eine selbsttätige Einrichtung geschlossen, wenn ein Grenzwert für eine Relativdrehzahl überschritten wird. Die Klauenkupplung (26) wird willkürlich geschlossen und selbsttätig geöffnet, wenn ein Grenzwert für eine Betätigungszeit überschritten wird (Fig. 1).



DE 3537994 A1

ZAHNRADFABRIK FRIEDRICHSHAFEN
Aktiengesellschaft
Friedrichshafen

Akte 5954 F
TZS/sz-de
12.10.1984

Elektromagnetisch betätigte Sperrkupplung für Kraftfahrzeug-Differentialgetriebe

Ansprüche

1. Elektromagnetisch betätigte Sperrkupplung für Kraftfahrzeug-Differentialgetriebe, mit Reibgliedern, die eine kraftschlüssige Reibkupplung bilden zum Verbinden von zwei drehmomentübertragenden Anschlußgliedern, und mit einer gehäusefesten Ringspule zum Erzeugen eines Magnetflusses zum axialen Bewegen eines Betätigungsgliedes entgegen einer Rückstellkraft einer Feder, dadurch gekennzeichnet, daß das Betätigungsglied (6) einen Magnetanker (6) bildet und auch die Reibglieder (5, 7) von dem Magnetfluß (12) durchflutet werden.

2. Sperrkupplung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Reibkupplung (14) eine Lamellenkupplung (14) ist mit Lamellenträgern (2, 3), die jeder mit einem der beiden Anschlußglieder drehfest verbunden sind, und eine Endlamelle (6) der Lamellenkupplung (14) den Magnetanker (6) bildet.

3. Sperrkupplung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß Lamellen (7) der Lamellenkupplung (14) als Wellscheibenfedern (7) ausgebildet sind und die Feder (7) bilden.

4. Sperrkupplung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß

- eine Einrichtung eine Relativdrehzahl zwischen den Anschlußgliedern ermittelt,
- die Einrichtung die Relativdrehzahl mit einem vorgebbaren Grenzwert vergleicht und beim Überschreiten des Grenzwertes die Ringspule (8) mit einem vorgebbaren elektrischen Strom versorgt.

ZAHNRADFABRIK FRIEDRICHSHAFEN
Aktiengesellschaft
Friedrichshafen

5. Sperrkupplung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Einrichtung einen Mikroprozessor enthält.

6. Sperrkupplung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die beiden Anschlußglieder drehfest mit Mitnahmeprofilen (19, 20) verbunden sind, die eine formschlüssige Klauenkupplung (26) bilden mit einer zweiten gehäusefesten Ringspule (21) zum Erzeugen eines zweiten Magnetflusses (24) zum axialen Bewegen eines zweiten Betätigungsgliedes (18) entgegen einer Rückstellkraft einer zweiten Feder (17).

7. Sperrkupplung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß

- das Betätigungsglied (18) drehfest mit einem der beiden Anschlußglieder verbunden ist und das erste der beiden Mitnahmeprofile (19) der Klauenkupplung (26) aufweist,
- ein Lamellenträger (2) der Lamellenkupplung (14) das zweite der beiden Mitnahmeprofile (20) der Klauenkupplung (26) aufweist,
- das Betätigungsglied (18) einen Magnetanker (18) bildet und von dem Magnetfluß (24) unmittelbar durchflutet wird.

8. Sperrkupplung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß eine Einrichtung nach Ablauf einer vorgebbaren Zeit nach dem Schließen der Klauenkupplung (26) ein Alarmsignal abgibt.

9. Sperrkupplung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß eine Einrichtung ein Schließen der Klauenkupplung (26) verhindert, wenn die Relativdrehzahl einen vorgebbaren Grenzwert überschreitet.

ZAHNRADFABRIK FRIEDRICHSHAFEN
Aktiengesellschaft
Friedrichshafen

3537994
Akte 5954 F
TZS/sz-de
12.10.1984

Elektromagnetisch betätigte Sperrkupplung für Kraftfahrzeug-Differentialgetriebe

Die Erfindung betrifft eine Sperrkupplung nach dem Oberbegriff des Hauptanspruchs.

Eine Sperrkupplung dieser Art ist bekannt (DE-PS 29 20 107). Eine Sperrkupplung nach DE-PS 29 20 107 benutzt zur Übertragung der Schaltkraft von dem den Magnetanker des Elektromagneten bildenden Ringkörper auf die beiden Reibkupplungen eine Reihe von hydraulischen Zwischengliedern in der Form von Druckbolzen und Betätigungskolben, die in Führungsbohrungen und weiteren Zylinderbohrungen im Differentialkorb geführt und abgedichtet und durch Hydraulikkanäle im Differentialkorb miteinander verbunden sind. Die Abdichtung der Druckbolzen und Betätigungskolben und die Wärmedehnung des Öls in den Hydraulikkanälen bereiten große Probleme.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Sperrkupplung nach dem Oberbegriff des Hauptanspruchs wesentlich einfacher und funktionssicherer zu gestalten.

Diese Aufgabe wird mit den kennzeichnenden Merkmalen des Hauptanspruchs gelöst. Das Betätigungsglied der Reibkupplung und der Magnetanker des Elektromagneten sind durch ein einziges Bauteil dargestellt. Aufwendige und störanfällige besondere Zwischenglieder zur Übertragung der Schaltkraft entfallen. Die Erfindung ist anwendbar auf alle Kraftfahrzeug-Differentialgetriebe, nicht nur Achsdifferentiale zwischen Rädern einer Achse, sondern auch Zwischenachsdifferentiale zwischen Achsen eines Kraftfahrzeugs.

Anspruch 2 gibt an, wie ein besonderer Magnetanker entfallen kann, weil die Endlamelle dessen Aufgabe zusätzlich übernimmt.

Anspruch 3 gibt an, wie eine besondere Feder entfallen kann, weil Lamellen deren Aufgabe zusätzlich übernehmen.

Anspruch 4 gibt an, wie mit einfachen, üblichen Mitteln die Relativdrehzahl begrenzt, ein Durchdrehen beim Antreiben und ein Blockieren beim Bremsen eingeschränkt und die Fahrsicherheit damit erhöht werden kann.

Anspruch 5 gibt ein besonders geeignetes Bauelement zur Steuerung und Regelung der Sperrkupplung an.

Anspruch 6 fügt der kraftschlüssigen Reibkupplung eine parallel wirkende formschlüssige Klauenkupplung hinzu. Dadurch kann jederzeit die besser geeignete von beiden Kupplungen gewählt werden, um die Schwierigkeiten der jeweiligen Fahrsituation zu überwinden. Beim Anfahren am Berg mit mangelhaftem Reibkontakt zwischen Rad und Boden bei einem oder mehreren angetriebenen Rädern hilft am besten die Klauenkupplung, weil sie die gesamte Antriebskraft notfalls auch noch am einzigen noch greifenden Rad verfügbar macht. Bei Hochgeschwindigkeitsfahrt auf unebener und/oder kurviger Fahrstrecke, wenn der Reibkontakt zwischen Rad und Boden immer wieder durch zu geringe oder gar fehlende Radlast (Radspringen, Abheben eines kurveninneren Rades) kurzzeitig mangelhaft und dann wieder sehr gut wird, hilft besser eine Reibkupplung mit Begrenzung des Drehmoments und der Relativdrehzahl, mit der Möglichkeit des Drehzahlausgleichs bei Kurvenfahrt mit gutem Reibkontakt zwischen Rad und Boden.

Anspruch 7 gibt an, wie besondere Zwischenglieder entfallen können, weil vorhandene Bauteile, das Betätigungsglied und der Lamellenträger, deren Aufgaben zusätzlich übernehmen.

ZAHNRADFABRIK FRIEDRICHSHAFEN
Aktiengesellschaft
Friedrichshafen

Anspruch 8 gibt an, wie mit einfachen, üblichen Mitteln eine Überlastung von Antriebsgliedern, insbesondere Gelenkwellen, vermieden werden kann, weil das Alarmsignal entweder den Fahrer daran erinnert, daß die Klauenkupplung eingeschaltet ist, oder eine Einrichtung zum selbsttätigen Öffnen der Klauenkupplung veranlaßt.

Anspruch 9 gibt an, wie eine Überlastung durch zu heftige Einschaltstöße verhindert werden kann. Dabei werden ebenso einfache, übliche Mittel benutzt wie nach Anspruch 4.

In der Zeichnung ist als Ausführungsbeispiel nach der Erfindung eine Sperrkupplung dargestellt, bei der zwei Anschlußglieder eines Kraftfahrzeug-Differentialgetriebes sowohl durch eine kraftschlüssige Reibkupplung, eine Lamellenkupplung, als auch, parallel dazu wirkend, eine formschlüssige Klauenkupplung verbunden sind. Es zeigt

Fig. 1 einen Ausschnitt aus einem Längsschnitt.

In einem Gehäuse 1 sind zwei nicht dargestellte Zentralräder als zwei Anschlußglieder eines nicht dargestellten Differentialgetriebes gelagert. Mit dem ersten Anschlußglied ist eine Nabe 2 als ein erster Lamellenträger 2, mit dem zweiten Anschlußglied ist eine Glocke 3 als zweiter Lamellenträger 3 fest verbunden. Die Nabe 2 trägt, drehfest und axial beweglich, begrenzt durch einen Sicherungsring 4, Innenlamellen 5 und eine Endlamelle 6. Die Glocke 3 trägt, drehfest und axial beweglich, begrenzt durch die Endlamelle 6, Außenlamellen 7. Die Außenlamellen 7 sind als Wellscheibenfedern 7 ausgebildet.

In dem Gehäuse 1 ist eine Ringspule 8 befestigt. Ein Isolierring 9 trennt einen magnetisch leitenden radial äußeren Bereich 10 von einem magnetisch leitenden radial mittleren Bereich 11 der Nabe 2. Ein elektrischer Strom in der Ringspule 8 erzeugt einen Magnetfluß 12 in einem magnetisch leitenden Be-

reich 13 um die Ringspule 8, durch die beiden Bereiche 10, 11 der Nabe 2, durch die magnetisch leitenden Lamellen 5, 7 und die Endlamelle 6. Die Endlamelle 6 bildet damit gleichzeitig einen Magnetanker 6 eines Elektromagneten und ein Betätigungsglied 6 einer Reibkupplung 14, einer Lamellenkupplung 14.

Die Nabe 2 ist auf einer Welle 15 befestigt. Die Welle 15 trägt drehbar und axial beweglich, begrenzt durch einen Sicherungsring 16, eine Tellerfeder 17 und ein Kuppelglied 18. Das Kuppelglied 18 ist drehfest und axial beweglich mit der Glocke 3 verbunden. Das Kuppelglied 18 weist ein axiales Mitnahmeprofil 19 auf. Die Nabe 2 weist in dem Bereich 11 ein dazu passendes Mitnahmeprofil 20 auf.

In dem Gehäuse 1 ist, radial innerhalb der Ringspule 8, eine zweite Ringspule 21 befestigt. Ein zweiter Isolierring 22 trennt den Bereich 11 von einem magnetisch leitenden radial inneren Bereich 23 der Nabe 2.

Ein elektrischer Strom in der Ringspule 21 erzeugt einen Magnetfluß 24 in einem magnetisch leitenden Bereich 25 um die Ringspule 21, durch die beiden Bereiche 11, 23 der Nabe 2, durch die Welle 15 und das Kuppelglied 18. Der Magnetfluß 24 durchflutet dabei auch die Mitnahmeprofile 19, 20 des Kuppelgliedes 18 und der Nabe 2. Das Kuppelglied 18 bildet damit gleichzeitig einen Magnetanker 18 eines Elektromagneten und ein Betätigungsglied 18 einer Klauenkupplung 26.

Eine Rückstellkraft einer Feder 7, dargestellt durch die Außenlamellen 7, die als Wellscheibenfedern 7 ausgebildet sind, öffnet, ein elektrischer Strom in einer Ringspule 8 schließt eine kraftschlüssige Reibkupplung 14, eine Lamellenkupplung 14.

Eine Rückstellkraft einer Feder 17, dargestellt durch die Tellerfeder 17, öffnet, ein elektrischer Strom in einer Ringspule 21 schließt eine formschlüssige Klauenkupplung 26.

ZAHNRADFABRIK FRIEDRICHSHAFEN
Aktiengesellschaft
Friedrichshafen

5
-7-

Nicht dargestellt, weil bekannt und üblich, sind Einrichtungen zur willkürlichen Betätigung und zur Steuerung und Regelung der beiden Kupplungen 14, 26. Dazu gehören Drehzahlfühler für die Drehzahlen der beiden Anschlußglieder, Eingabeglieder und Datenspeicher zur willkürlichen Eingabe und Speicherung von Grenzwerten für eine Relativdrehzahl und eine Betätigungszeit, ein Zeittaktgeber, ein Mikroprozessor mit einem Differenzbilder zur Ermittlung einer Relativdrehzahl aus den beiden Drehzahlen, mit einem Vergleicher zum Vergleich der Relativdrehzahl mit einem Grenzwert und zur Bildung eines Alarmsignals zum Steuern eines elektrischen Stromes zum Schließen der Reibkupplung 14, mit einem Taktzähler zur Bildung einer Betätigungszeit der Klauenkupplung 26, mit einem Vergleicher zum Vergleich der Betätigungszeit mit einem Grenzwert und zur Bildung eines Alarmsignals zur Warnung des Fahrers und/oder zum Abschalten eines elektrischen Stromes und damit zum Öffnen der Klauenkupplung 26.

ORIGINAL INSPECTED

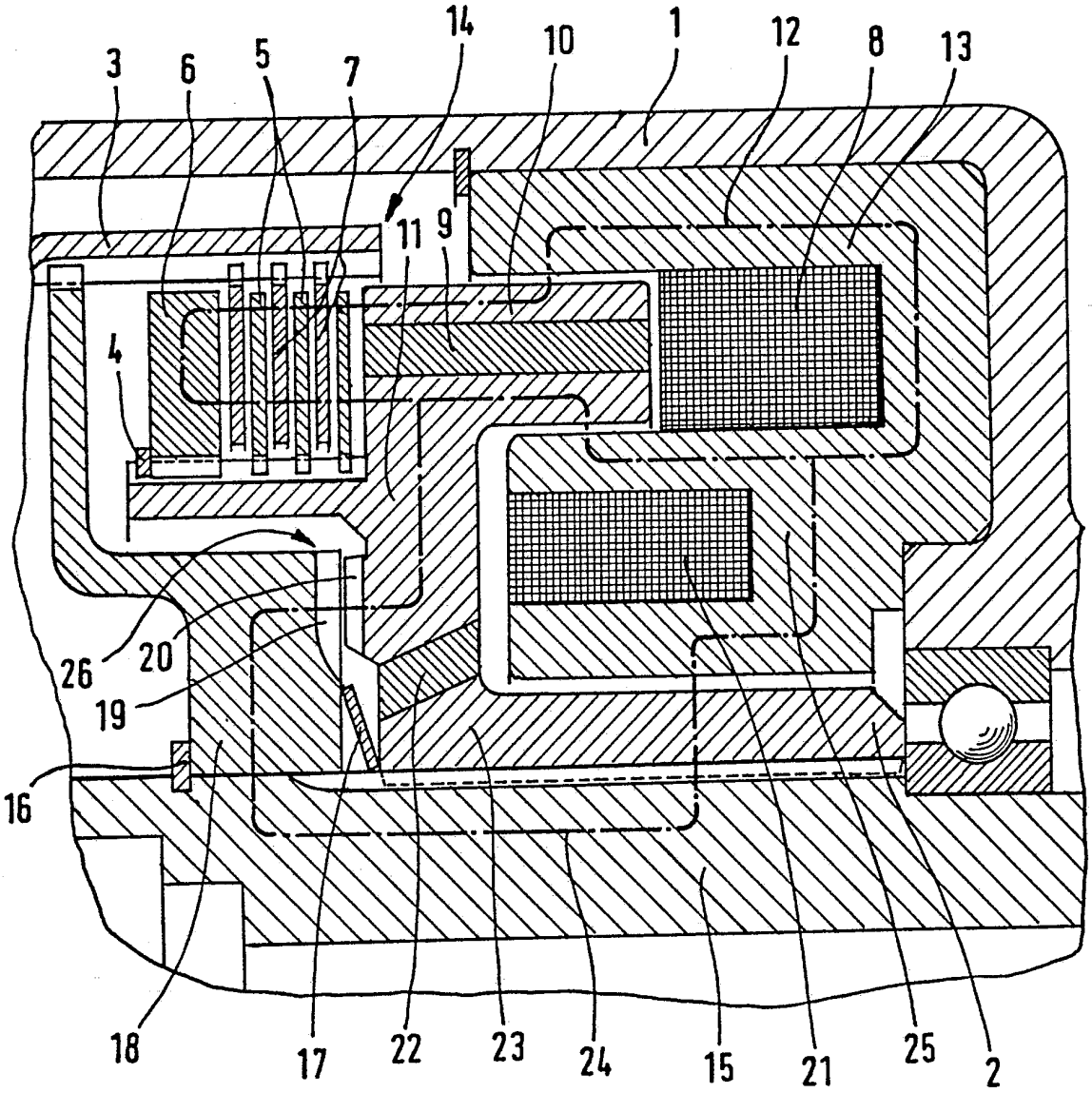
ZAHNRADFABRIK FRIEDRICHSHAFEN
Aktiengesellschaft
Friedrichshafen

Bezugszeichen

1 Gehäuse
2 Nabe, Lamellenträger
3 Glocke, Lamellenträger
4 Sicherungsring
5 Innenlamelle, Lamelle
6 Endlamelle, Betätigungsglied, Magnetanker
7 Außenlamelle, Lamelle, Wellscheibenfeder, Feder
8 Ringspule
9 Isolierring
10 Bereich
11 Bereich
12 Magnetfluß
13 Bereich
14 Reibkupplung, Lamellenkupplung, Kupplung
15 Welle
16 Sicherungsring
17 Tellerfeder, Feder
18 Kuppelglied, Betätigungsglied, Magnetanker
19 Mitnahmeprofil
20 Mitnahmeprofil
21 Ringspule
22 Isolierring
23 Bereich
24 Magnetfluß
25 Bereich
26 Klauenkupplung, Kupplung

3537994

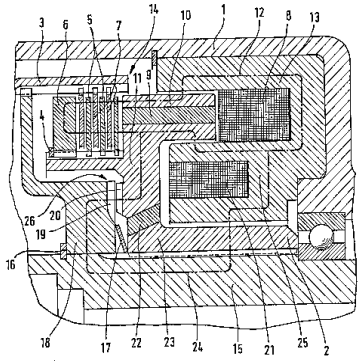
Nummer: 35 37 994
Int. Cl.[4]: B 60 K 17/02
Anmeldetag: 25. Oktober 1985
Offenlegungstag: 7. Mai 1986



ZF 5954 F

3537994

Nummer: 3537994
Int. Cl.⁴: H 60 K 17/02
Anmeldetag: 25. Oktober 1985
Offenlegungstag: 7. Mai 1986



ZF 5954 F

Drawing pages of DE3537994 A1

(19) BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

DEUTSCHES PATENTAMT

(12) **Offenlegungsschrift**

(11) **DE 36 12 189 A1**

(51) Int. Cl. 4:
F 16 D 35/00
B 60 K 17/34
B 60 K 23/08
B 60 K 41/28

(21) Aktenzeichen: P 36 12 189.4
(22) Anmeldetag: 11. 4. 86
(43) Offenlegungstag: 15. 10. 87

DE 36 12 189 A1

(71) Anmelder:
Adam Opel AG, 6090 Rüsselsheim, DE

(72) Erfinder:
Hemmer, Hans-Peter, Dipl.-Ing., 5205 St Augustin, DE; Bausch, Paul, 6229 Hattenheim, DE

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

(54) Schaltbare und in ihrer Kennlinie variable Flüssigkeitsreibungskupplung

DE 36 12 189 A1

Patentansprüche

1. Flüssigkeitsreibungskupplung mit an zu kuppelnden Wellen angebrachten, ineinandergreifenden Kupplungsscheibensätzen, die innerhalb eines abgeschlossenen, mit viskoser Arbeitsflüssigkeit gefüllten Gehäuses angeordnet sind, **dadurch gekennzeichnet,** daß eine Einrichtung zur gesteuerten Erzeugung eines am Ort der Arbeitsflüssigkeit wirkenden elektromagnetischen Felds vorgesehen ist, und daß die Viskosität der Arbeitsflüssigkeit durch das Feld beeinflußbar ist.

2. Flüssigkeitsreibungskupplung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Arbeitsflüssigkeit Schwebstoffe enthält, die in einem elektromagnetischen Feld eine Polarisierung bzw. Ausrichtung erfahren.

3. Flüssigkeitsreibungskupplung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Trägerflüssigkeit der Schwebstoffe sehr niedrige Viskosität hat.

4. Flüssigkeitsreibungskupplung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die felderzeugende Einrichtung eine Magnetspule **(30)** ist, die vorzugsweise das Gehäuse der Flüssigkeitsreibungskupplung in koaxialer Anordnung gibt.

5. Flüssigkeitsreibungskupplung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß sie als schaltbare Kupplung im Antriebsstrang zwischen einer ständig angetriebenen und einer bei Bedarf antreibbaren Achse eines Kraftfahrzeugs liegt.

6. Flüssigkeitsreibungskupplung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß die felderzeugende Einrichtung im normalen Fahrbetrieb aktiviert, und dementsprechend der über die Flüssigkeitsreibungskupplung laufende Vierradantrieb wirksam ist.

7. Flüssigkeitsreibungskupplung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß ihrer felderzeugenden Einrichtung eine Steuereinheit **(76)** zugeordnet ist, die auf niedrige Feldstärke schaltet, und dementsprechend die Achsen antriebsmäßig entkoppelt

a) bei Betätigung der Betriebsbremse **(78)** sowie gegebenenfalls einem daraus resultierenden Ansprechen eines Antiblockiersystems und/oder
b) im Schubbetrieb und/oder
c) beim Abschleppen des Fahrzeugs und/oder
d) im Fall niedriger Umgebungstemperaturen beim Rangieren und/oder
e) bei Wartungsarbeiten, beispielsweise Rollenprüfstandsmessungen, oder beim dynamischen Auswuchten der Räder.

8. Flüssigkeitsreibungskupplung nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Steuereinheit **(76)** als Eingangsgrößen ein die Stellung von Bremspedal **(78)** und Fahrpedal **(80)** sowie den Einschaltzustand der Zündung **(80)** charakterisierendes Signal erhält und ein die felderzeugende Einrichtung aktivierendes Signal abgibt.

9. Flüssigkeitsreibungskupplung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Steuereinheit **(76)** als weitere Eingangsgrößen ein die Stellung des Standlichtschalters und/oder Warnblinklichtschalters charakterisierendes Signal erhält.

10. Flüssigkeitsreibungskupplung nach Anspruch 8 oder 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Steuereinheit **(76)** als weitere Eingangsgrößen das Signal eines Lenkwinkelgebers und das Signal eines Temperaturfühlers an der Flüssigkeitsreibungskupplung und gegebenenfalls ein die Motordrehzahl charakterisierendes Signal und/oder das Signal eines Zeitgebers erhält.

11. Flüssigkeitsreibungskupplung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß die felderzeugende Einrichtung im normalen Fahrbetrieb nicht aktiviert, und dementsprechend der über die Flüssigkeitsreibungskupplung laufende Allradantrieb unwirksam ist.

12. Flüssigkeitsreibungskupplung nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß die felderzeugende Einrichtung durch einen Bedienungseingriff und/oder bei Überschreiten einer vorgegebenen Drehzahldifferenz zwischen den Achsen automatisch aktivierbar ist.

13. Flüssigkeitsreibungskupplung nach einem der Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, daß sie in einem Antriebsstrang zur Hinterachse des Fahrzeugs liegt, dessen Hauptantriebsachse die Vorderachse ist und das einen vorzugsweise quer eingebauten Frontmotor haben kann.

14. Flüssigkeitsreibungskupplung nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß sie einem Planetengetriebe **(66, 68, 70, 72)** unmittelbar nachgeordnet ist, wobei letzteres über einen Kegeltrieb **(64, 66)** mit dem Differentialgehäuse **(56)** des Vorderachsdifferentials drehmomentenmäßig verbunden sein kann.

15. Flüssigkeitsreibungskupplung nach Anspruch 13 oder 14, dadurch gekennzeichnet, daß sie in doppelter Anordnung oder kombinierter Einfachanordnung an der Stelle eines Hinterachsdifferential eingebaut ist.

16. Flüssigkeitsreibungskupplung nach einem der Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, daß sie in einem Antriebsstrang zur Vorderachse des Fahrzeugs liegt, dessen Hauptantriebsachse die Hinterachse ist und das einen Standardantrieb haben kann.

17. Flüssigkeitsreibungskupplung nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, daß sie in doppelter Anordnung oder in kombinierter Einfachanordnung an der Stelle eines Vorderachsdifferentials eingebaut ist.

18. Flüssigkeitsreibungskupplung nach einem der Ansprüche 1 bis 17, dadurch gekennzeichnet, daß sie Teil eines Sperrgetriebes, insbesondere Sperrdifferentialgetriebes, mit anhand der felderzeugenden einrichtung steuerbarem Sperrwert ist.

19. Flüssigkeitsreibungskupplung nach einem der Ansprüche 1 bis 18, dadurch gekennzeichnet, daß sie zur elektronisch regelbaren Drehmomentverteilung zwischen allen vier Rädern an der Stelle eines Vorderachsdifferentials **(88)**, Mittendifferentials **(90)** und Hinterachsdifferentials **(92)** vorgesehen ist.

20. Flüssigkeitsreibungskupplung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß sie im Hinterachsdifferential und/oder im Vorderachsdifferential angegeordnet ist.

Beschreibung

Die Erfindung betrifft eine Flüssigkeitsreibungs- oder

Viskosekupplung mit an zu kuppelnden Wellen angebrachten, ineinandergreifenden Kupplungsscheibensätzen, die innerhalb eines abgeschlossenen, mit viskoser Arbeitsflüssigkeit gefüllten Gehäuses angeordnet sind.

Derartige Viskosekupplungen dienen unter anderem dazu, einen permanent in Bereitschaftsstellung befindlichen Allradantrieb für ein Kraftfahrzeug zu realisieren. Sie übertragen bei geringen Drehzahldifferenzen der gekuppelten Wellen nur sehr kleine Drehmomente, und bei größeren Drehzahldifferenzen hohe Drehmomente. Je nach Einbauort im Antriebsstrang eines Kraftfahrzeugs kann die Viskosekupplung daher als in Abhängigkeit von den Fahrbedingungen selbsttätig sperrendes Mittendifferential oder kombiniertes Mittendifferential und Achsdifferential arbeiten. Im normalen Fahrbetrieb des Kraftfahrzeugs treten nur geringe Drehzahldifferenzen zwischen den Rädern der beiden Achsen auf. Die Flüssigkeitsreibungskupplung überträgt ein entsprechend geringes Antriebsdrehmoment, und man erzeugt ein Fahrverhalten, das im wesentlichen dem eines Kraftfahrzeugs mit nur einer angetriebenen Achse entspricht. Ergeben sich aber beispielsweise bei geringen Reibwerten, wie sie auf nassen, eis- oder schneeglatten oder sandigen Straßen vorzufinden sind, größere Drehzahldifferenzen zwischen den Rädern, so "sperrt" die Flüssigkeitsreibungskupplung, und man hat ihrer Einbauart entsprechend das Fahrverhalten eines allradgetriebenen Fahrzeugs mit gesperrtem Mittendifferential bzw. gesperrtem Mittendifferential und gesperrtem Achsdifferential.

Die Drehmomentkennlinie, die das übertragene Drehmoment in Abhängigkeit von der Drehzahldifferenz der gekuppelten Wellen wiedergibt, ist bei bekannten Flüssigkeitsreibungskupplungen konstruktiv fest vorgegeben. Nach der DE-PS 21 35 791 kann sie beispielsweise durch die Geometrie der Kupplungsscheiben und den Füllstand des Gehäuses der Flüssigkeitsreibungskupplung mit viskoser Flüssigkeit beeinflußt werden.

Die mit einer Flüssigkeitsreibungskupplung bewirkte drehzahldifferenzabhängige Kopplung zwischen den Achsen eines Kraftfahrzeugs ist nur nicht immer erwünscht. Blockieren beispielsweise bei einer Betätigung der Betriebsbremse die Vorderräder, so werden über die Flüssigkeitsreibungskupplung zwangsweise auch die Hinterräder überbremst, was zu einem Verlust der Fahrstabilität führt. Ein etwa vorhandenes Antiblockiersystem muß den Besonderheiten des Allradantriebs mit Flüssigkeitsreibungskupplung Rechnung tragen, was einen hohen konstruktiven Aufwand mit sich bringt. Im Schubbetrieb des Motors bei Geradeausfahrt treibt die Hinterachse über die Flüssigkeitsreibungskupplung den Motor an. Dabei verlieren die Hinterräder auf glattem Untergrund an Seitenführungskraft, und das Fahrzeug verliert seine Fahrstabilität. Im Schubbetrieb bei enger Kurvenfahrt treibt umgekehrt die Vorderachse über die Flüssigkeitsreibungskupplung die Hinterachse an. Daraus resultiert ein Verlust an Seitenführungskraft, aufgrund dessen das Fahrzeug nach außen schiebt. Ein allradgetriebenes Fahrzeug mit Flüssigkeitsreibungskupplung läßt sich nicht wie üblich mit angehobener Vorderachse auf einer Abschleppbrille abschleppen, da dies Drehzahldifferenzen in der Flüssigkeitsreibungskupplung zur Folge hat, die zum Hump und zur Zerstörung führen. Beim Rangieren des Fahrzeugs insbesondere zum Ein- und Ausparken kann es bei winterlichen Temperaturen zu einem Haftschluß in der Flüssigkeitsreibungskupplung kommen. Daraus resultiert ein erheblich vergrößerter Lenkkraftaufwand, der die Bedienung des Fahrzeugs höchst unbequem macht. Bei Rollenprüfstandsmessungen beispielsweise für Leistungs- und Emissionstests braucht man für allradgetriebene Fahrzeuge mit Flüssigkeitsreibungskupplung einen Zweiachs-Rollenprüfstand, der viel aufwendiger ist als ein Einachs-Rollenprüfstand und in den Werkstätten vielfach noch nicht zur Verfügung steht. Ebenso muß bei einem dynamischen Auswuchten der Räder das ganze Fahrzeug vom Boden abgehoben werden, und nicht nur die Räder an jeweils einer auszuwuchtenden Achse, was einen erheblichen Mehraufwand bedingt. Nach alledem gibt es sowohl im Fahrbetrieb, als auch bei der Wartung eines allradgetriebenen Fahrzeugs mit Flüssigkeitsreibungskupplung genug Situationen, in denen man auf die drehmomentenmäßige Kopplung der Achsen über die Flüssigkeitsreibungskupplung lieber verzichten würde.

In der DE-OS 33 17 247 wurde bereits vorgeschlagen, zusammen mit der Flüssigkeitsreibungskupplung eine steuerbare Zusatzkupplung in den Antriebsstrang eines Kraftfahrzeugs zu legen, um eine drehmomentenmäßige Kopplung und Entkopplung des Antriebs zu ermöglichen. Die bekannte Zusatzkupplung ist als drehmomentenmäßig selbsttätig koppel- und entkoppelbarer Klemmrollenfreilauf oder als hydraulisch oder elektromagnetisch betätigte schaltbare Trennkupplung ausgebildet. Sie sorgt dafür, daß bei Betätigung der Betriebsbremse kein Drehmoment über den Antriebsstrang zwischen den Achsen des Fahrzeugs übertragen wird, so daß bei einem Überbremsen der Vorderräder die Hinterräder nicht mit blockieren.

Eine solche Zusatzkupplung ist aber konstruktiv aufwendig, sperrig und nicht leicht in den Antriebsstrang eines Kraftfahrzeugs zu integrieren, und ihre Ansteuerung gewährleistet nicht, daß die drehmomentenmäßige Kopplung der Fahrzeugachsen in allen Situationen unterbrochen ist, in denen dies wünschenswert erscheint.

Aufgabe der Erfindung ist es, eine schaltbare und in ihrer Kennlinie steuerbar variable Flüssigkeitsreibungskupplung zu schaffen, die sich bei unaufwendigem, kompaktem Aufbau einfach in den Antriebsstrang eines Kraftfahrzeugs integrieren läßt, eine besondere Zusatzkupplung überflüssig macht und eine allen Fahr-, Wartungs- und Testsituation optimal Rechnung tragende Ansteuerung gestattet.

Diese Aufgabe wird durch eine Flüssigkeitsreibungskupplung der eingangs genannten Art gelöst, bei der eine Einrichtung zur gesteuerten Erzeugung eines am Ort der Arbeitsflüssigkeit wirkenden elektromagnetischen Felds vorgesehen ist, und bei der sich die Viskosität der Arbeitsflüssigkeit durch das elektromagnetische Feld beeinflussen läßt.

Die Arbeitsflüssigkeit in der erfindungsgemäßen Flüssigkeitsreibungskupplung kann insbesondere bei niedriger Feldstärke eine geringe, und bei hoher Feldstärke eine hohe Viskosität haben. Bei ausgeschaltetem elektromagnetischem Feld sind dann die die Kupplungsscheibensätze tragenden Wellen drehmomentenmäßig im wesentlichen entkoppelt, und die Kupplung ist praktisch außer Funktion. Bei hohem elektromagnetischem Feld hat man dagegen das übliche drehzahldifferenzabhängige Kupplungsverhalten, wobei man überdies anhand der wirkenden Feldstärke die Drehmomentkennlinie der Flüssigkeitsreibungskupplung beeinflussen kann. Damit ergeben sich vielfältige Steuermöglichkeiten.

Die Arbeitsflüssigkeit der Flüssigkeitsreibungskupplung kann Schwebstoffe enthalten, die in einem elektro-

magnetischen Feld eine Polarisierung oder Ausrichtung erfahren. Die Trägerflüssigkeit der Schwebstoffe hat dabei vorzugsweise sehr niedrige Viskosität, wodurch man erreicht, daß die Drehmomentübertragung bei nicht aktiviertem elektromagnetischem Feld nahe Null beträgt. Man verwirklicht so in guter Näherung eine schaltbare Kupplung.

Felderzeugende Einrichtung der erfindungsgemäßen Flüssigkeitsreibungskupplung kann eine Magnetspule sein, die das Gehäuse der Flüssigkeitsreibungskupplung in vorzugsweise koaxialer Anordnung umgibt. Eine solche Magnetspule ist bei einfachem Aufbau geeignet, ein starkes homogenes Magnetfeld am Ort der Arbeitsflüssigkeit zu erzeugen und deren Viskosität durch entsprechend starke Magnetisierung zu beeinflussen. Es versteht sich, daß eine mögliche Abschirmung des Magnetfelds durch das Gehäuse der Flüssigkeitsreibungskupplung zu vermeiden ist.

Die erfindungsgemäße Flüssigkeitsreibungskupplung kann als schaltbare Kupplung im Antriebsstrang zwischen einer ständig angetriebenen und einer bei Bedarf antreibbaren Achse eines Kraftfahrzeugs liegen. In einer ersten Bauform ist dabei die felderzeugende Einheit im normalen Fahrbetrieb aktiviert, und dementsprechend der über die Flüssigkeitsreibungskupplung arbeitende Vierradantrieb in ständiger Bereitschaftsstellung. Mittels einer geeigneten Steuereinheit wird hingegen die felderzeugende Einrichtung ausgeschaltet oder auf niedrige Feldstärke geschaltet, und die drehmomentenmäßige Kopplung der Achsen aufgehoben, wenn bestimmte Fahr- oder Testbedingungen vorliegen. Dazu gehört jede Betätigung der Betriebsbremse, damit nicht bei einem Überbremsen der Räder an der Vorderachse, die üblicherweise stärker zur Haftwertausnutzung beim Bremsen herangezogen werden, zwangsweise auch die Räder der Hinterachse blockieren. Die Entkopplung der Achsen beim Bremsen hat außerdem den Vorteil, daß das Fahrzeug mit einem Antiblockiersystem ausgerüstet werden kann, wie es für einachsig angetriebene Fahrzeuge üblich ist. Es entfällt also der Bauaufwand für ein besonderes, mit einem Vierradantrieb kompatibles Antiblockiersystem. Die Steuereinheit sollte auch im Schubbetrieb des Motors ansprechen und die felderzeugende Einrichtung abschalten, um so die Fahrstabilität zu verbessern. Beim Abschleppen des Fahrzeugs ist ebenfalls ein möglichst automatisches Entkuppeln erwünscht, damit schädliche Drehzahldifferenzen in der Flüssigkeitsreibungskupplung vermieden werden. Genauso sollte die Steuereinheit im Fall niedriger Umgebungstemperaturen beim Rangieren ansprechen, um im Fall eines möglicherweise vorliegenden Haftschlusses in der Flüssigkeitsreibungskupplung den Lenkkraftaufwand gering zu halten. Und schließlich sollte für Wartungsarbeiten zumindest eine Werkstatt die Möglichkeit haben, die Steuereinheit zu aktivieren und die Flüssigkeitsreibungskupplung zu entkuppeln, damit das Fahrzeug beispielsweise für Leistungs- und Emissionsmessungen auf einem Einachs-Rollenprüfstand getestet werden kann und beim dynamischen Auswuchten der Räder nur im Bereich einer Achse angehoben werden muß.

Die Steuereinheit kann als Eingangsgrößen insbesondere ein die Stellung von Bremspedal und Fahrpedal sowie ein den Einschaltzustand der Zündung charakterisierendes Signal erhalten. Weitere mögliche Eingangsgrößen für die Steuereinheit sind ein Signal, das die Stellung des Standlichtschalters und/oder Warnblinklichtschalters charakterisiert, das Signal eines Lenkwinkelgebers und das Signal eines Temperaturfühlers an der Flüssigkeitsreibungskupplung sowie gegebenenfalls ein die Motordrehzahl charakterisierendes Signal und/oder das Signal eines Zeitgebers. Die Steuereinheit ermittelt aus diesen Eingangsgrößen ein die felderzeugende Einrichtung aktivierendes und gegebenenfalls auf eine bestimmte Feldstärke regelndes bzw. abschaltendes, d. h. auf Feldstärke Null oder eine wirkungslose Feldstärke herunterregelndes Ausgangssignal.

In einer alternativen Betriebsform der Erfindung ist die felderzeugende Einrichtung im normalen Fahrbetrieb nicht aktiviert, und dementsprechend der über die Flüssigkeitsreibungskupplung laufende Allradantrieb unwirksam, d. h. per se nicht in der sonst durch die Flüssigkeitsreibungskupplung gewährleisteten ständigen Bereitschaftsstellung. Damit geht der Vorteil einer geringen Getriebeverlustleistung einher, während im übrigen alle Nutzungsmöglichkeiten einer Flüssigkeitsreibungskupplung weiter bestehen; insbesondere bildet letztere ein konstruktiv vergleichsweise unaufwendiges Mittendifferential bzw. kombiniertes Mittendifferential und Achsdifferential. Die felderzeugende Einrichtung wird durch einen Bedienungseingriff und/oder bei Überschreiten einer vorgegebenen Drehzahldifferenz zwischen den Achsen automatisch aktiviert, und so der Vierradantrieb in Bereitschaftsstellung versetzt. In letzterer Variante erfaßt man vorzugsweise die Drehzahl von Vorderachse und Hinterachse und aktiviert die felderzeugende Einrichtung bei Überschreiten einer bestimmten Drehzahldifferenz. Zur Drehzahlerfassung können beispielsweise die entsprechenden Sensoren eines Antiblockiersystems dienen. Im prompten Einsetzen des Vierradantriebs steht die beschriebene Anordnung der einer Flüssigkeitsreibungskupplung allein nicht merklich nach.

Die Flüssigkeitsreibungskupplung kann in einem Antriebsstrang zur Hinterachse eines Fahrzeugs liegen, dessen Hauptantriebsachse die Vorderachse ist und das einen beispielsweise quer eingebauten Frontmotor hat. Die Flüssigkeitsreibungskupplung kann dabei einem Planetengetriebe unmittelbar nachgeordnet sein, wobei letzteres über einen Kegeltrieb mit dem Differentialgehäuse des Vorderachsdifferentials drehmomentenmäßig verbunden sein kann. Doch können eine einzige kombinierte, an die Achswellen beider Hinterräder gekoppelte Flüssigkeitsreibungskupplung, oder auch zwei einzelne, je einer Achswelle der Hinterräder zugeordnete Flüssigkeitsreibungskupplungen der Erfindung auch an der Stelle eines Hinterachsdifferentials des Fahrzeugs eingebaut sein.

Die erfindungsgemäße Flüssigkeitsreibungskupplung kann aber auch in einem Antriebsstrang zur Vorderachse eines Fahrzeugs liegen, dessen Hauptantriebsachse die Hinterachse ist und das beispielsweise einen Standardantrieb hat. Auch in dieser Ausführungsform besteht die Möglichkeit, eine einzige kombinierte, an beide Achswellen der Vorderräder gekoppelte Flüssigkeitsreibungskupplung, oder zwei einzelne, je einer Achswelle der Vorderräder zugeordnete Flüssigkeitsreibungskupplungen an der Stelle eines Vorderachsdifferentials des Fahrzeugs einzubauen.

In einer alternativen Anwendung ist die erfindungsgemäße Flüssigkeitsreibungskupplung Teil eines Sperrgetriebes, und insbesondere eines Sperrdifferentialgetriebes, dessen Sperrwert anhand der felderzeugenden Einheit steuerbar ist.

Schließlich kann die erfindungsgemäße Flüssigkeitsreibungskupplung auch zu einer elektronisch regelba-

ren Drehmomentverteilung zwischen allen vier Rädern eines Fahrzeugs dienen, wozu man sie als Vorderachsdifferential, Hinterachsdifferential und Mittendifferential einbaut.

In einer alternativen Anordnung kann die elektromagnetisch steuerbare Viskosekupplung ein herkömmliches Achssperrdifferential ersetzen, so daß sie als Kupplung für die betreffende Achse und als Sperre für die beiden Abtriebswellen dient.

Die Erfindung wird im folgenden anhand von in den Zeichnungen dargestellten Ausführungsbeispielen näher erläutert. Teilweise schematisch zeigen:

Fig. 1 eine elektromagnetisch steuerbare, insbesondere schaltbare und in ihrer Kennlinie variable Flüssigkeitsreibungskupplung, halbseitig im Längsschnitt;

Fig. 2 ein Kennliniendiagramm der Flüssigkeitsreibungskupplung, das das übertragene Drehmoment in Abhängigkeit von der Drehzahldifferenz zwischen den gekuppelten Wellen ausweist, wobei ein durch Änderung der elektromagnetischen Feldstärke erfaßbarer Regelbereich schraffiert dargestellt ist;

Fig. 3 ein Kraftfahrzeug mit Standardantrieb und einem von dem Hauptantriebsstrang zu Vorderachse abgezweigten Antriebsstrang, wobei Ziff. **1** bis **4** mögliche Einbaupositionen einer erfindungsgemäßen Flüssigkeitsreibungskupplung illustrieren;

Fig. 4 eine Variante zu dem Kraftfahrzeug der **Fig.** 3, bei dem eine erfindungsgemäße Flüssigkeitsreibungskupplung als Vorderachsdifferential dient;

Fig. 5 eine Steuereinheit, die eine felderzeugende Einrichtung der erfindungsgemäßen Flüssigkeitsreibungskupplung ansteuert;

Fig. 6 die im Bereich des Vorderachsdifferentials liegenden Getriebeteile eines allradgetriebenen Kraftfahrzeugs mit Frontmotor und einer die Hauptantriebsachse bildenden Vorderachse, wobei in einem zur Hinterachse abgehenden Antriebsstrang ein als Planetengetriebe ausgelegtes Verteilergetriebe und eine Flüssigkeitsreibungskupplung gemäß der Erfindung liegen;

Fig. 7 Fahrwerk und Antriebsstrang eines Kraftfahrzeugs mit einer Flüssigkeitsreibungskupplung, die nur bei Auftreten einer hinreichend großen Drehzahldifferenz zwischen den Achsen aktiviert ist;

Fig. 8 ein elektromagnetisch steuerbares Viskose-Sperrdifferential;

Fig. 9 den Getriebeplan eines Kraftfahrzeugs mit elektronisch geregelter Drehmomentverteilung zwischen allen vier Rädern auf der Grundlage eines Standardantriebs.

Fig. 1 zeigt eine elektromagnetisch steuerbare Flüssigkeitsreibungskupplung mit einer inneren Welle **10**, die einen radial nach außen abstehenden Satz von Kupplungsscheiben **12** trägt. Letztere stehen in Eingriff mit radial nach innen abstehenden Kupplungsscheiben **14** an einer Hülse **16**, die drehfest zwischen zwei axiale Halbteile **18, 20** einer äußeren Welle zwischengespannt ist. Die Wellen **10** und **18, 20** sind in einem karosseriefesten Gehäuse **22** aufgenommen. Sie umgeben einander koaxial und sind mittels eines Wälzlagers **24** reibungsarm aneinander gelagert. Dichtringe **26, 28**, die in umlaufenden Nuten auf dem Innenring der äußeren Welle **18, 20** einsitzen bzw. zwischen die äußere Welle **18, 20** und die Hülse **16** eingespannt sind, dichten den Arbeitsbereich der Kupplungsscheiben **12, 14** ab. Letzterer ist zum Großteil mit einer viskosen Flüssigkeit gefüllt. Eine Magnetspule **30** liegt in koaxialer Anordnung radial außen um den Arbeitsbereich herum. Sie ist gehäusefest angeordnet und hat eine axiale Länge, die etwas größer ist als die des Arbeitsbereichs. Wie dargestellt, kann die Magnetspule **30** in demselben vorzugsweise abgestuften Ringraum zwischen den Halbteilen **18, 20** der äußeren Welle platzfinden, der auch die Hülse **16** aufnimmt.

Die Viskosität der Arbeitsflüssigkeit im Raum zwischen den Kupplungsscheiben **12, 14** ändert sich in Abhängigkeit von dem Magnetfeld der Magnetspule **30**. Zu diesem Zweck enthält die Arbeitsflüssigkeit insbesondere Schwebestoffe, die in dem magnetischen Feld eine Polarisierung oder Ausrichtung erfahren. Als Trägerflüssigkeit der Schwebestoffe wählt man vorzugsweise eine Flüssigkeit, wie sie in herkömmlichen Viskose-Kupplungen Verwendung findet, insbesondere eine Silikon-Flüssigkeit, die von Haus aus eine niedrige Viskosität haben sollte. Diese ist dann bei ausgeschaltetem Magnetfeld im wesentlichen unverändert gegeben, während sie sich durch Einschalten und Hochregeln des Magnetfelds erhöhen läßt.

Bei Gleichlauf von innerer Welle **10** und äußerer Welle **18, 20** ist die Energiedissipation im Arbeitsbereich der Kupplungsscheiben **12, 14** gering. Die Viskoseflüssigkeit erwärmt sich entsprechend nur mäßig, und es kommt zu keinem nennenswerten Druckaufbau in der Flüssigkeitsreibungskupplung, so daß kein oder nur ein geringes Drehmoment zwischen den Wellen übertragen wird. Treten nun aber größere Drehzahldifferenzen zwischen den Wellen auf, so steigt auch die Energiedissipation in der Flüssigkeitsreibungskupplung an, und zwar in Abhängigkeit von der Viskosität der Flüssigkeit, die sich ihrerseits anhand des Magnetfelds steuern läßt. Die Temperaturerhöhung der viskosen Flüssigkeit hat einen Druckaufbau zur Folge, aufgrund dessen die Kupplungsscheibensätze **12, 14** drehmomentmäßig miteinander gekoppelt werden. Wie bei einer herkömmlichen Viskose-Kupplung wird also bei hinreichend großen Drehzahldifferenzen zwischen den gekoppelten Wellen ein großes Drehmoment übertragen, wobei sich die Momentenkennlinie über das wirkende Magnetfeld einstellen läßt.

Fig. 2 zeigt diagrammatisch das übertragene Drehmoment M in Abhängigkeit von der Drehzahldifferenz Δn, wobei ein durch Variieren des Magnetfelds erreichbarer Regelbereich schraffiert eingezeichnet ist. Die untere Begrenzung des Regelbereichs entspricht einer Momentenkennlinie **32** bei Magnetfeld Null. Man erkennt, daß dann in jedem Fall nur ein geringes Drehmoment übertragen wird, das bei steigender Drehzahldifferenz zwischen den Wellen sogar abfällt. Bis auf geringe Energieverluste kann man die Wellen daher als entkuppelt ansehen. Die obere Begrenzung des Regelbereichs entspricht einer Kennlinie **34** bei maximalem Magnetfeld. Das zwischen den Wellen übertragene Drehmoment steigt hier mit der Drehzahldifferenz steil an, erreicht ein Maximun und fällt bei weiter steigender Drehzahldifferenz wieder ab. Man hat also eine Kennlinie, die im wesentlichen der einer herkömmlichen Viskose-Kupplung entspricht. Mittlere Magnetfeldstärken führen zu einem zwischen den Extremen **32, 34** liegenden Kennlienenverlauf innerhalb des ausgewiesenen Regelbereichs. Man kann so anhand des Magnetfelds die erfindungsgemäße Flüssigkeitsreibungskupplung sowohl schalten, als auch in ihrem Kennlinienverlauf variieren.

Fig. 3 zeigt mögliche Einbaupositionen der erfindungsgemäßen, elektromagnetisch steuerbaren Flüssigkeitsreibungskupplung in einem Kraftfahrzeug auf der Basis eines Standardantriebs. Das Fahrzeug hat einen Frontmotor **36** und eine die Hauptantriebsachse bildende Hinterachse **38**, zu der ein Hauptantriebsstrang **40**

führt. Von diesem ist ein Hilfsantriebsstrang **42** zum Vorderachsdifferential **44** geführt. Die erfindungsgemäße Flüssigkeitsreibungskupplung kann bei **1** in diesem zur Vorderachse führenden Antriebsstrang **42** liegen. Andere mögliche Einbaupositionen sind bei **2** nach dem Verteilergetriebe, das die Drehmomentverteilung zwischen Vorderachse und Hinterachse besorgt, bei **3** im Bereich eines Mittellagers im Hauptantriebsstrang **40**, und bei **4** vor dem Hinterachsdifferential.

In der Variante der **Fig.** 4 ist bei einem Fahrzeug mit Standardantrieb und im Bedarfsfall zusätzlich angetriebener Vorderachse das Vorderachsdifferential durch zwei steuerbare Flüssigkeitsreibungskupplungen **46** gemäß der Erfindung ersetzt. Die antriebsseitige Welle der Kupplungen **46** ist mit dem Großrad **48** eines Kegeltriebs verbunden, dessen Ritzel **50** an der vom Hauptantriebsstrang **40** abgezweigten Hilfsantriebswelle **42** sitzt. Abtriebsseitig sind die Flüssigkeitsreibungskupplungen **46** mit je einer Achswelle **52** der Vorderachse verbunden. Statt zweier separater Flüssigkeitsreibungskupplungen **46** kann auch eine kombinierte einzige Flüssigkeitsreibungskupplung eingebaut sein (nicht dargestellt). Die Steuerung der Kupplungen **46** erfolgt jeweils anhand einer Schlupferkennung an der Hinterachse, wie sie noch nachstehend erläutert wird.

Fig. 5 zeigt als alternativen Anwendungsfall der erfindungsgemäßen Flüssigkeitsreibungskupplung die im Bereich des Vorderachsdifferentials liegende Getriebeanordnung eines Kraftfahrzeugs mit quer eingebautem Frontmotor, dessen Hauptantriebsachse die Vorderachse ist. Das Antriebsdrehmoment des Motors wird über ein übliches Schaltgetriebe übertragen, dessen Ausgangsrad **54** mit einem starr an dem Differentialgehäuse **56** des Vorderachsdifferentials angeordneten Zahnrad **58** kämmt. Ein Teil des Antriebsdrehmoments wird so über das Vorderachsdifferential auf die Vorderachswellen **60** und die daran sitzenden Vorderräder des Kraftfahrzeugs übertragen. Das Differentialgehäuse **56** ist drehfest mit einer Hohlwelle **62** verbunden, auf der in starrer Anordnung ein Tellerrad **64** sitzt. Letzteres steht mit einem Kegelrad **66** im Eingriff, das einen Planetenradträger bildet. Eines der Planetenräder ist bei **68** dargestellt. Die Planetenräder **68** stehen radial außen mit einem karosseriefesten Hohlrad **70** und radial innen mit einem Sonnenrad **72** im Eingriff. Mit dem Sonnenrad **72** ist in starrer Anordnung die eine Welle **10** einer erfindungsgemäßen Flüssigkeitsreibungskupplung verbunden, deren andere Welle in starrer Verbindung mit einer zur Hinterachse führenden Gelenkwelle **74** steht. Eine das Gehäuse der Flüssigkeitsreibungskupplung koaxial umgebende Magnetspule **30** hat bei diesem Ausführungsbeispiel geringere axiale Erstreckung, als der Arbeitsbereich der Kupplungsscheiben **12, 14**.

Bei Magnetfeld Null wird der Allradantrieb praktisch außer Funktion gesetzt, und man erhält das Betriebsverhalten eines Fahrzeugs mit reinem Vorderradantrieb. Bei eingeschaltetem Magnetfeld hat man dagegen ein Fahrzeug mit ständig in Bereitschaftsstellung befindlichem Allradantrieb, dessen Viskose-Kupplung je nach herrschender Magnetfeldstärke bei mehr oder weniger großen Drehzahldifferenzen zwischen den Achsen "sperrt".

Die Magnetspule **30** kann mittels einer Steuereinheit **76** aktiviert werden, wie sie schematisch in **Fig.** 6 dargestellt ist.

Man geht hier von einem normalen Fahrbetrieb aus, bei dem das Magnetfeld eingeschaltet, und der über die Flüssigkeitsreibungskupplung laufende Vierradantrieb in Bereitschaftsstellung ist. Unter bestimmten Betriebsbedingungen wird aber von der Steuereinheit **76** die Stromversorgung der Magnetspule **30** unterbrochen und so die drehmomentenmäßige Kopplung von Vorderachse und Hinterachse aufgehoben.

Die Steuereinheit **76** erhält Eingangsgrößen, die die Stellung eines Bremspedals **78**, eines Fahrpedals **80** sowie den Einschaltzustand der Zündung **82** kennzeichnen. Weitere Eingangsgrößen können der Stellung eines Standlichtschalters und/oder Warnblinklichtschalters zugeordnet sein, um einen Abschleppbetrieb des Fahrzeugs zu erfassen, und von einem Temperaturfühler an der Flüssigkeitsreibungskupplung und von einem Lenkwinkelgeber kommen, um einen Rangierbetrieb des Fahrzeugs zu identifizieren. Hierzu kann zusätzlich ein die Motordrehzahl charakterisierendes Signal und das Signal eines Zeitgebers herangezogen werden, der beispielsweise ein Zeitintervall nach dem Einschalten der Zündung **82** mißt. Aus diesen Eingangsgrößen wird in der Steuereinheit **76** ein die Magnetspule **30** ansteuerndes Ausgangssignal ermittelt.

Das Magnetfeld wird insbesondere dann abgeschaltet, wenn die Betriebsbremse des Fahrzeugs betätigt wird. Dieser Betriebszustand wird anhand der Eingangsgrößen der Steuereinheit **76** dadurch identifiziert, daß das Bremspedal **78** getreten, das Fahrpedal **80** in seiner Null-Stellung und die Zündung **82** eingeschaltet ist.

Weiter wird das Magnetfeld im Schubbetrieb des Fahrzeugs ausgeschaltet. Hierzu müssen Fahrpedal **80** und Bremspedal **78** in ihrer Null-Stellung und die Zündung **82** eingeschaltet sein. Das Magnetfeld wird auch abgeschaltet, wenn das Fahrzeug abgeschleppt wird. Dies erfolgt üblicherweise bei eingeschalteter Zündung **82** und bei eingeschaltetem Standlicht und/oder Warnblinklicht, was der Steuereinheit **76** durch Geber an den entsprechenden Schaltern signalisiert wird.

Bei niedrigen Umgebungstemperaturen wird das Magnetfeld beim Rangieren insbesondere zum Parken des Fahrzeugs abgeschaltet. Hierzu muß die von dem Temperaturfühler an der Flüssigkeitsreibungskupplung gemessene Temperatur unterhalb einer bestimmten Temperaturschwelle, beispielsweise −5°C, liegen, was durch ein entsprechendes Signal des Temperaturfühlers angezeigt wird. Weiter muß der Rangierbetrieb des Fahrzeugs anhand eines entsprechenden Signals des Lenkwinkelgebers und/oder eines die niedrige Motordrehzahl charakterisierenden Signals identifiziert sein. Der Lenkwinkelgeber kann beispielsweise bei mehr als einer Lenkradumdrehung ansprechen. Alternativ oder zusätzlich kann der regelmäßig erforderliche Rangierbetrieb kurz nach Einschalten der Zündung **82** des Fahrzeugs durch ein entsprechendes Signal eines Zeitgebers identifiziert werden.

Schließlich sollte das Fachpersonal einer Werkstatt, eventuell aber auch der Fahrer des Kraftfahrzeugs durch einen geeigneten Schalteingriff in der Lage sein, die Steuereinheit **76** zu aktivieren, um das Magnetfeld abzuschalten. Damit können insbesondere bei Rollenprüfstandsmessungen und bei einem dynamischen Auswuchten der Räder die Achsen des Fahrzeugs drehmomentenmäßig entkoppelt werden. Dasselbe kann natürlich auch vor Beginn eines Abscheppbetriebs geschehen.

Während bei dem Steuerschema der **Fig.** 6 von einer dauernden Aktivierung des Magnetfelds im normalen Fahrbetrieb ausgegangen ist, um eine ständige Bereitschaftsstellung des Allradantriebs zu realisieren, ist ge-

mäß **Fig.** 7 vorgesehen, das Magnetfeld normalerweise auszuschalten. Es bedarf daher eines besonderen Steuervorgangs, um das Magnetfeld aufzubauen und den über die Viskosekupplung laufenden Allradantrieb in Bereitschaftsstellung zu versetzen. Dies kann beispielsweise durch einen Bedienungseingriff des Fahrers geschehen, der so das Zuschalten des Allradantriebs in der Hand hat. Der Steuervorgang kann aber auch automatisch ablaufen. Gemäß **Fig.** 7 werden hierzu die Drehzahlen an der Getriebeabtriebswelle im Bereich der Vorderachse und des Eingangs zum Hinterachsdifferential mit Sensoren **84** erfaßt, wozu insbesondere die entsprechenden Sensoren eines Antiblockiersystems dienen können. Die Drehzahlen werden in einer Steuereinheit **86** verglichen. Überschreitet das Differenzsignal eine vorgebbare Schwelle, so wird die Stromversorgung der Magnetspule **30** eingeschaltet und praktisch verzögerungsfrei ein Magnetfeld im Bereich der Flüssigkeitsreibungskupplung aufgebaut, durch das der Allradantrieb in Bereitschaftsstellung versetzt wird. Dies gilt allerdings nur, wenn nicht eine oder mehrere der vorerwähnten Situationen vorliegt, in denen das Zuschalten des Allradantriebs inhibiert werden soll. Das ist insbesondere bei einer Betätigung des Bremspedals, im Schubbetrieb des Motors, im Abschleppbetrieb sowie bei Meß- und Wartungsarbeiten der Fall. Eine besondere Erfassung des Rangierbetriebs kann hingegen entfallen, da im Normalfall eben keine drehmomentenmäßige Kopplung der Achsen über die Flüssigkeitsreibungskupplung erfolgt.

Im Steuerschema der **Fig.** 7 wird das Magnetfeld wieder ausgeschaltet, wenn im normalen Fahrbetrieb die erfaßte Drehzahldifferenz so gering ist, daß die Flüssigkeitsreibungskupplung keine Wirkung mehr hat. Eine Sicherheitsschaltung kann die Sensoren **84** überwachen und dafür sorgen, daß bei einem Defekt in jedem Fall das Magnetfeld ausgeschaltet bleibt.

Fig. 8 zeigt als weiteres Beispiels der erfindungsgemäßen Flüssigkeitsreibungskupplung ein elektromagnetisch steuerbares Viskose-Sperrdifferential, dessen Sperrwert anhand des am Ort der viskosen Flüssigkeit herrschenden Magnetfelds eingestellt werden kann.

Fig. 9 illustriert, wie mit der erfindungsgemässen Flüssigkeitsreibungskupplung eine regelbare Drehmomentverteilung zwischen allen vier Rädern eines allradgetriebenen Kraftfahrzeugs hergestellt werden kann. Die Darstellung geht dabei von einem Kraftfahrzeug mit Standardantrieb und bei Bedarf zusätzlich angetriebener Vorderachse aus, doch kann eine entsprechende Anordnung auch bei einem Fahrzeug zum Einsatz kommen, dessen Hauptantriebsachse die Vorderachse ist, und bei dem ein zusätzlicher Antriebsstrang zu Hinterachse führt. Gemäß **Fig.** 9 sind elektromagnetisch steuerbare Flüssigkeitsreibungskupplungen sowohl als Vorderachsdifferential **88**, Mittendifferential **90** und Hinterachsdifferential **92** eingesetzt. Eine Steuereinheit **94** dient zur Ansteuerung aller drei Flüssigkeitsreibungskupplungen. Die Steuereinheit **94** erhält Eingangssignale, die die Geschwindigkeitsdifferenz zwischen linken und rechten Rädern, die Betätigung der Betriebsbremse, die Fahrzeuggeschwindigkeit, den Steuerwinkel, die beispielsweise anhand der Stellung des Fahrpedals erfaßte Beschleunigung sowie die Stellung der Drosselklappe im Vergaser charakterisieren können. Aus diesen Signalen ermittelt die Steuereinheit **94** Ausgangssignale zur Aktivierung der elektromagnetischen Felder in der Nachbarschaft der Flüssigkeitsreibungskupplungen **88, 90, 92**, wodurch diese den Fahrbedingungen entsprechend in Bereitschaftsstellung versetzt und auf eine optimale Momentenkennlinie eingestellt werden.

Liste der Bezugszeichen

10 innere Welle
12, 14 Kupplungsscheibe
16 Hülse
18, 20 Halbteil der äußeren Welle
22 Gehäuse
24 Wälzlager
26, 28 Dichtung
30 Magnetspule
32, 34 Kennlinie
36 Frontmotor
38 Hinterachse
40 Hauptantriebsstrang
42 Hilfsantriebsstrang
44 Vorderachsdifferential
46 Viskosekupplung
48 Großrad
50 Ritzel
52 Achswelle
54 Ausgangsrad
56 Differentialgehäuse
58 Zahnrad
60 Vorderachswelle
62 Hohlrad
64 Tellerrad
66 Kegelrad
68 Planetenrad
70 Hohlrad
72 Sonnenrad
74 Gelenkwelle
76 Steuereinheit
78 Bremspedal
80 Fahrpedal
82 Zündung
84 Sensor
86 Steuereinheit
88, 90, 92 Flüssigkeitsreibungskupplung
94 Steuereinheit

Zusammenfassung

Die Flüssigkeitsreibungskupplung enthält eine Arbeitsflüssigkeit, die durch ein steuerbares elektromagnetisches Feld in ihrer Viskosität beeinflußbar ist. Durch Veränderung der Feldstärke kann die Kupplung geschaltet und in ihrer Momentenkennlinie beeinflußt werden. Über die Flüssigkeitsreibungskupplung kann ein Allradantrieb eines Kraftfahrzeugs mit einer ständig angetriebenen Vorder- oder Hinterachse und einer bei Bedarf zusätzlich antreibbaren Hinter- oder Vorderachse laufen. Weitere Anwendungsmöglichkeiten sind ein Sperrdifferential mit regelbarem Sperrwert und eine elektronisch geregelte Drehmomentverteilung zwischen allen vier Rädern eines Kraftfahrzeugs.

Nummer: 36 12 189
Int. Cl.⁴: F 16 D 35/00
Anmeldetag: 11. April 1986
Offenlegungstag: 15. Oktober 1987

3612189

FIG. 1

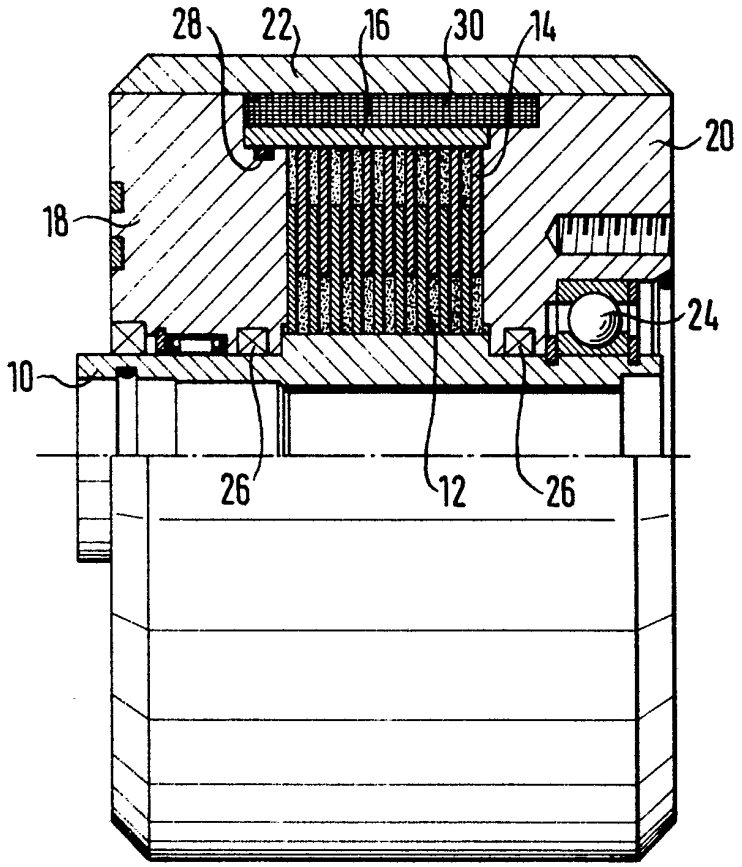
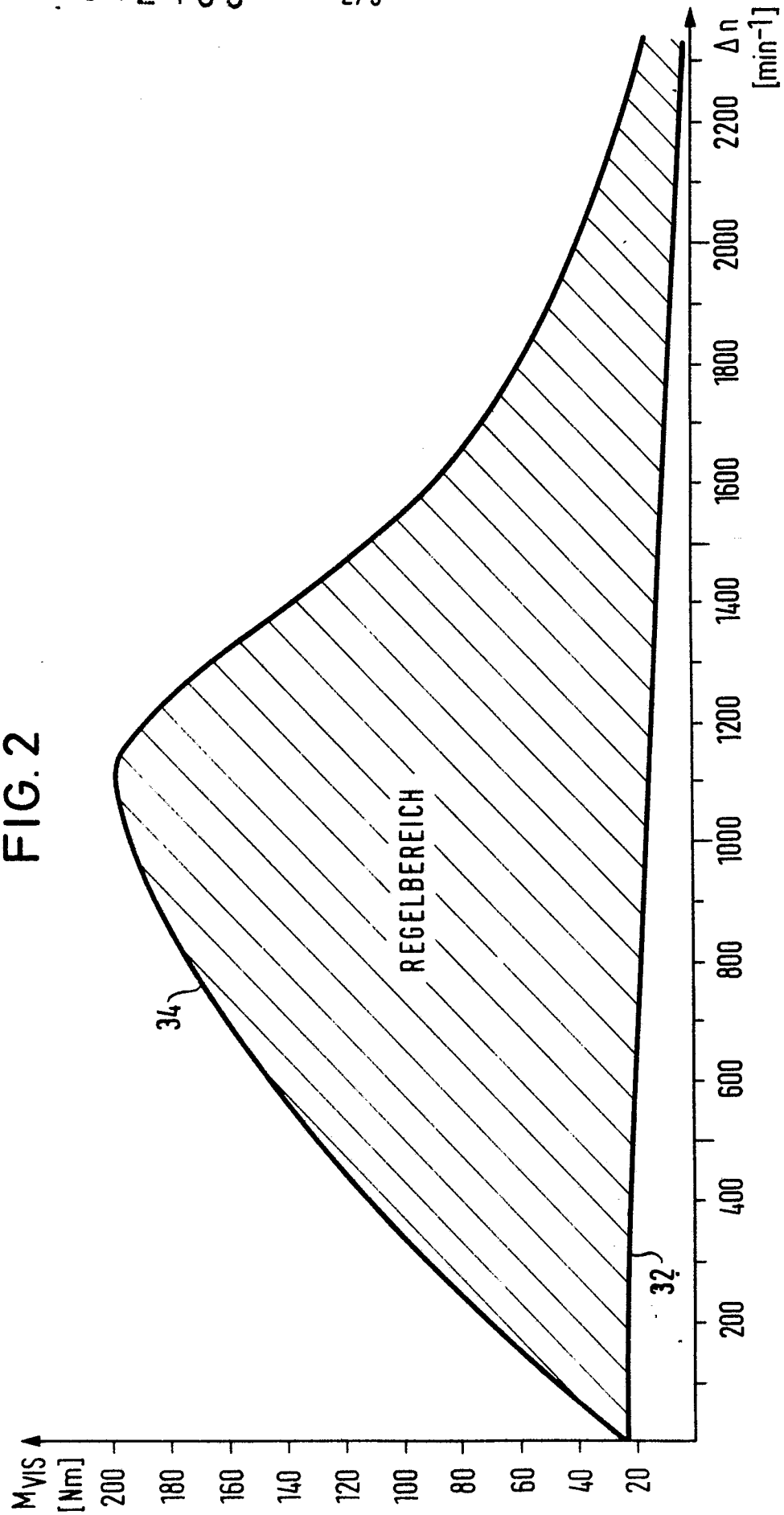


FIG. 2


M_{VIS} [Nm]
200
180
160
140
120
100
80
60
40
20
200
400
600
800
1000
1200
1400
1600
1800
2000
2200
Δn [min^{-1}]
REGELBEREICH
34
32

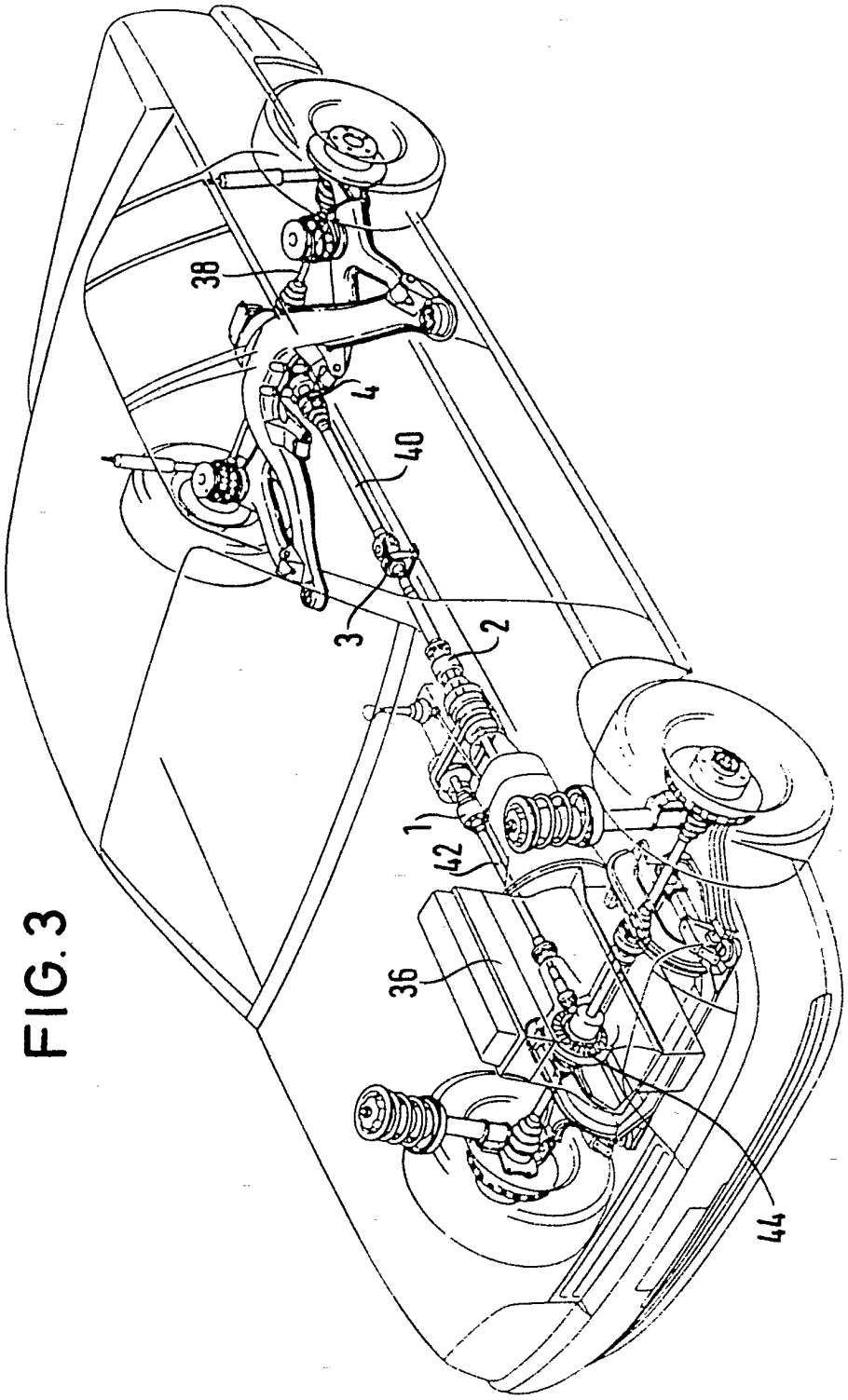
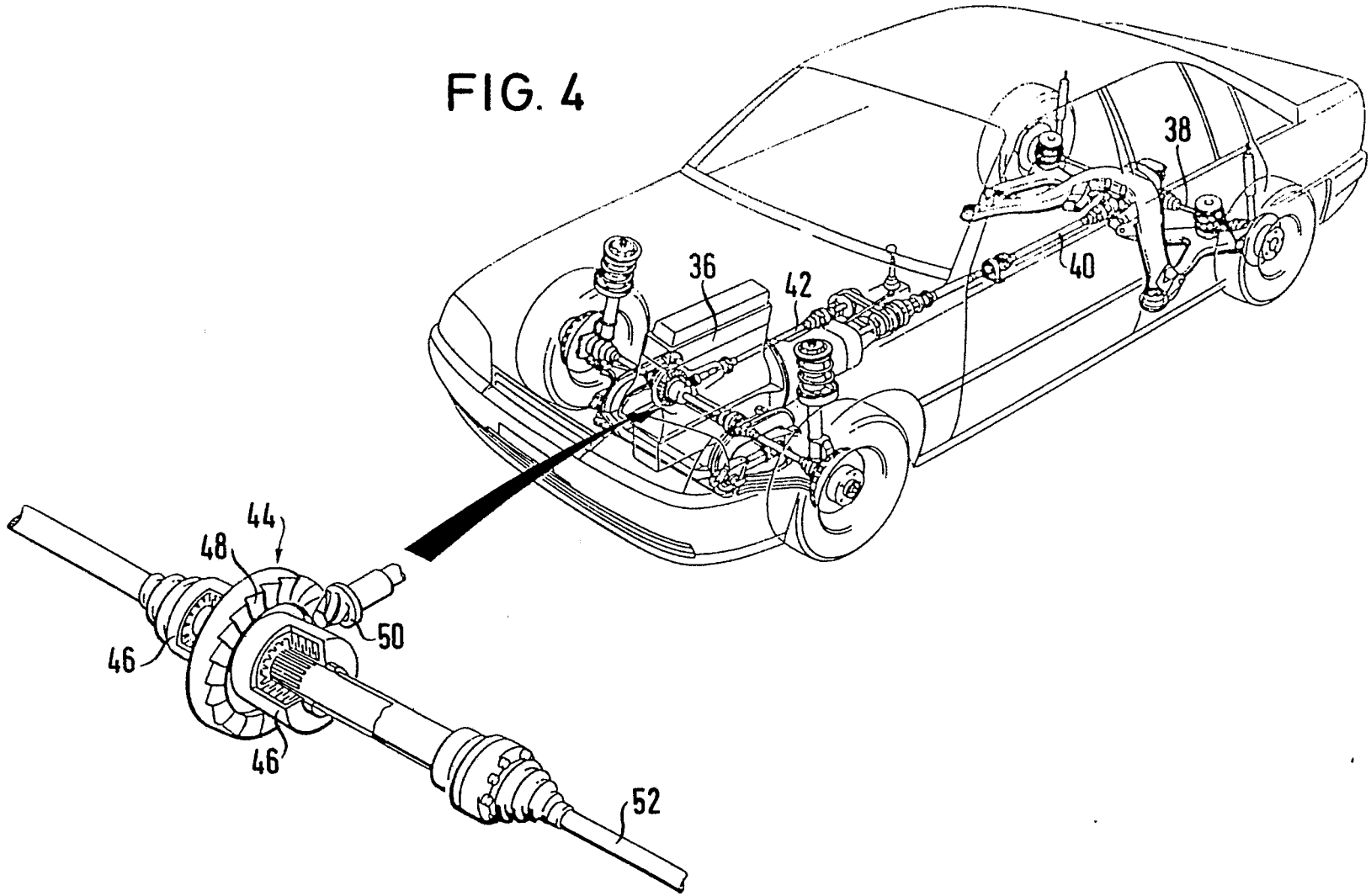


FIG. 3

FIG. 4



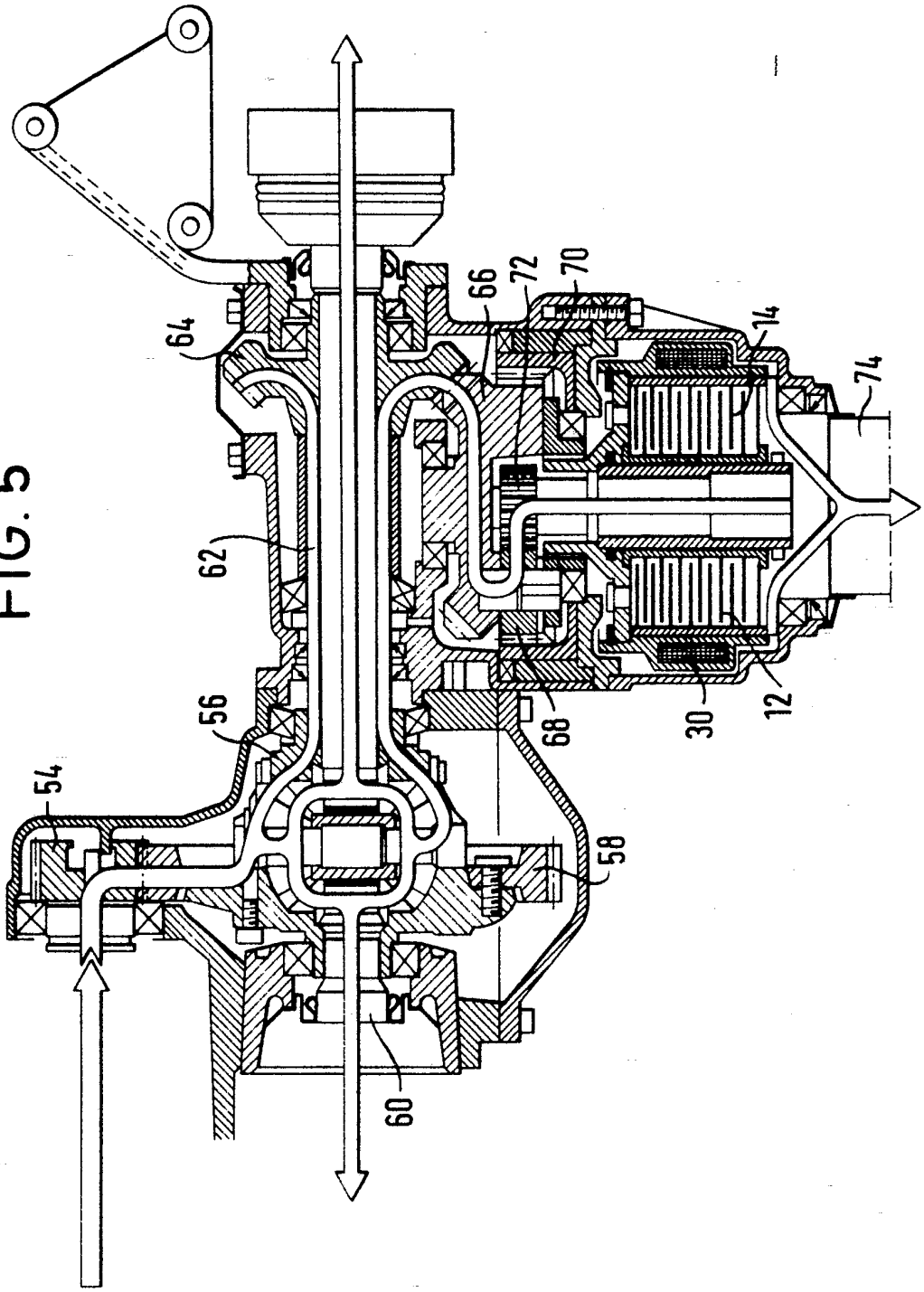


FIG. 5

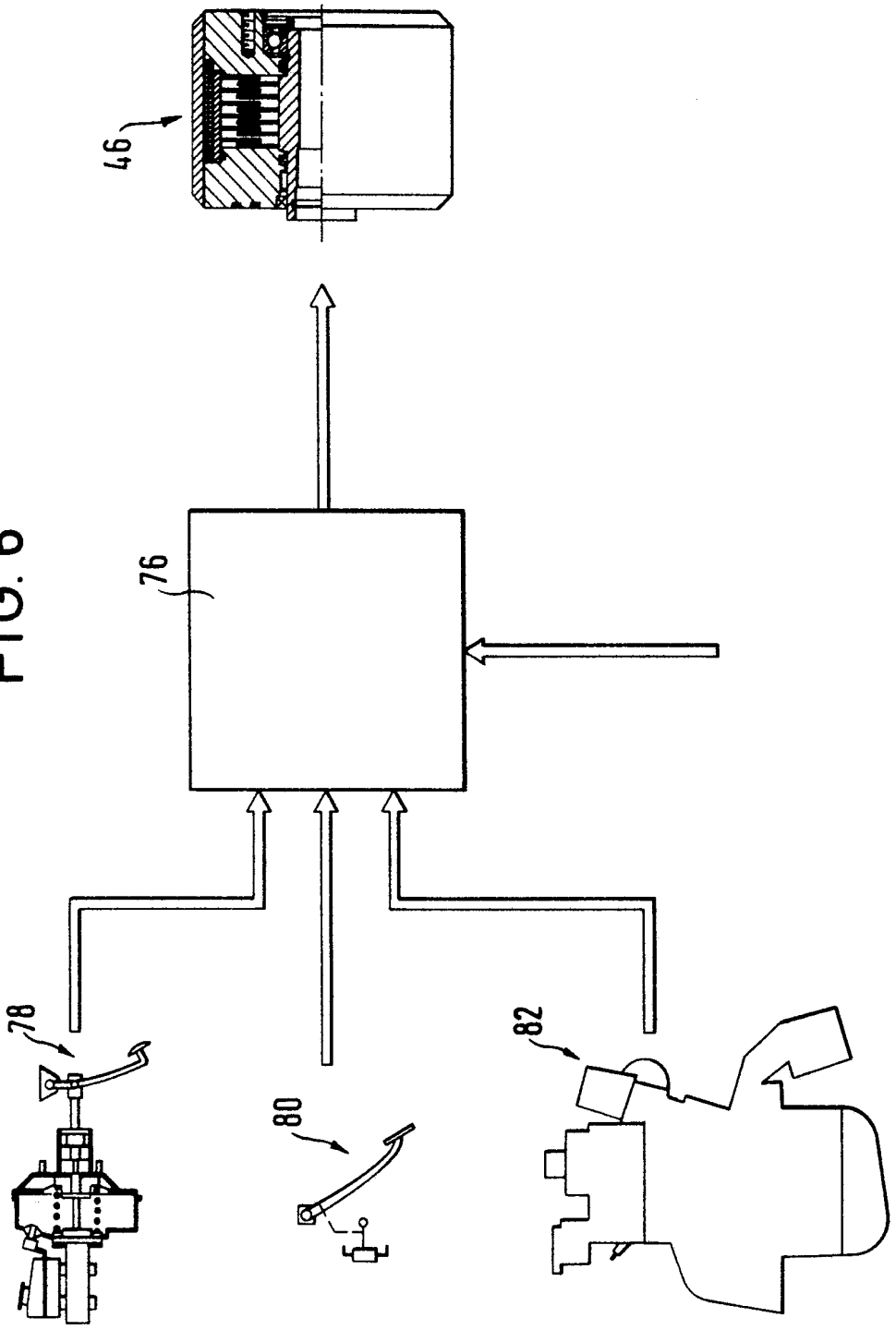


FIG. 6

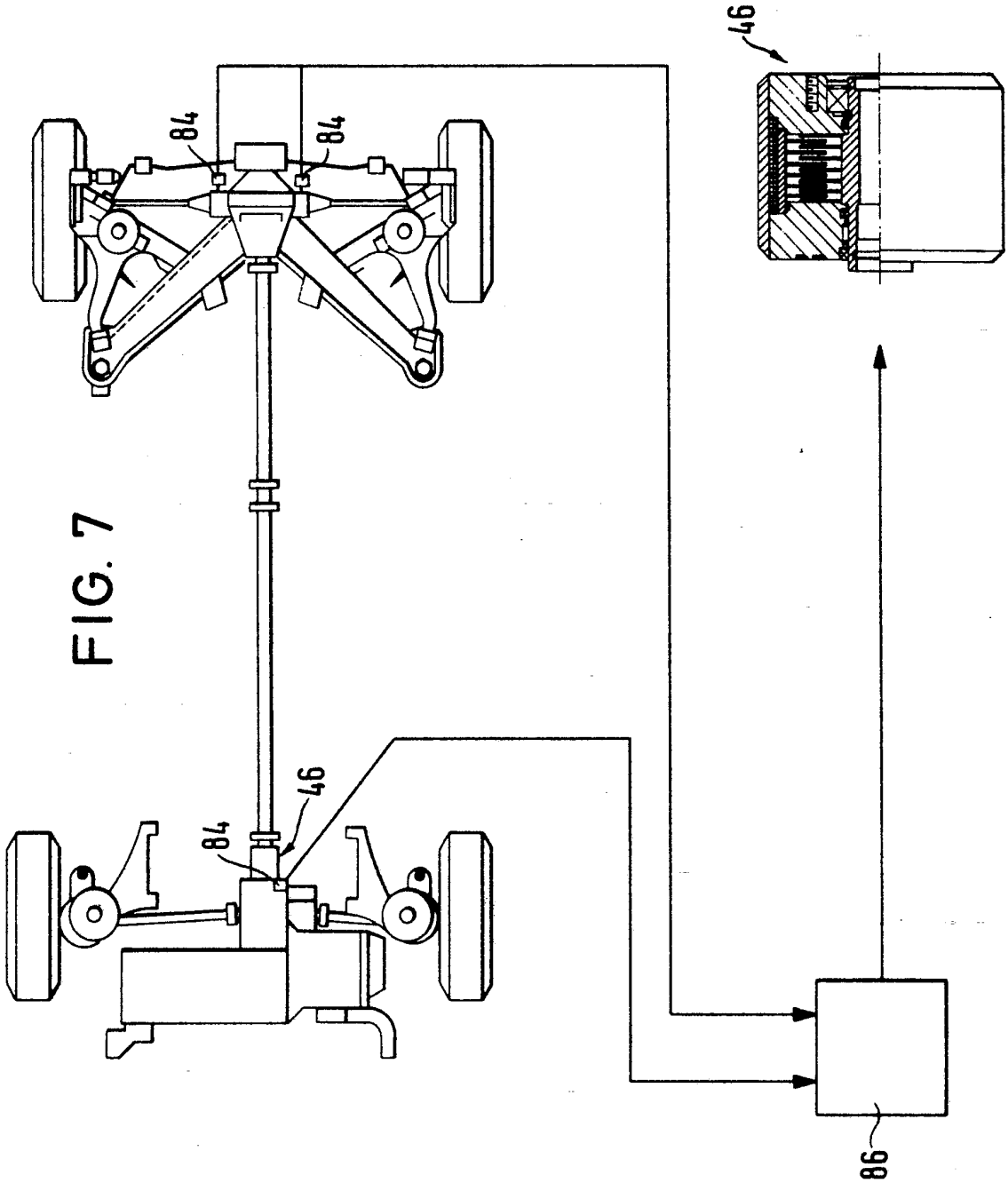
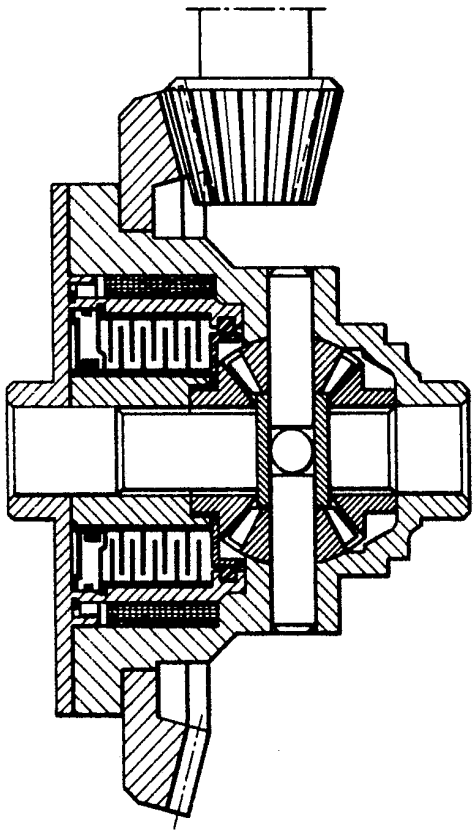


FIG. 7

3612189

FIG. 8



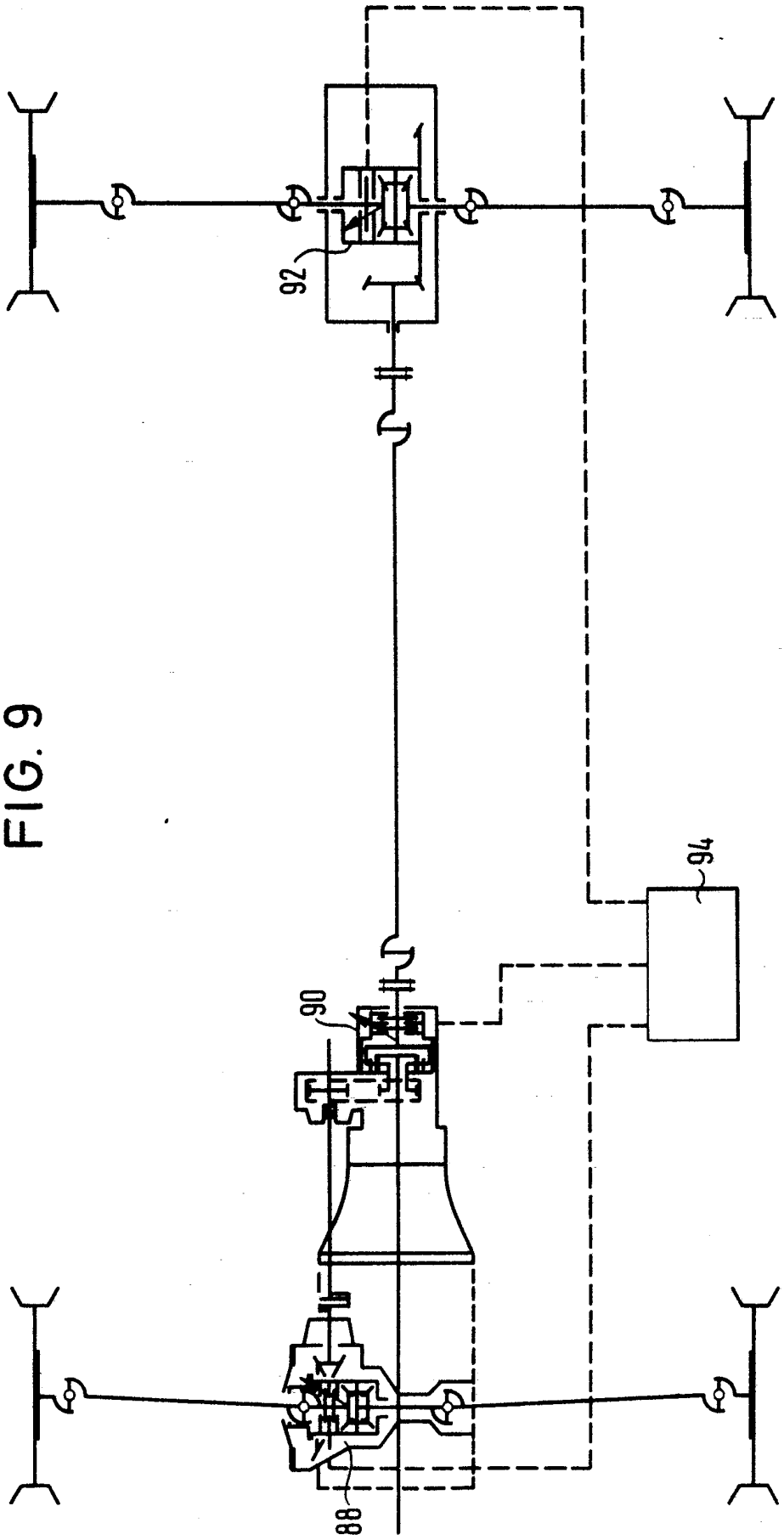


FIG. 9

Nummer: 3612189
Int. Cl.4: F 16 D 35/00
Anmeldetag: 11. April 1986
Offenlegungstag: 15. Oktober 1987

3612189

FIG. 1

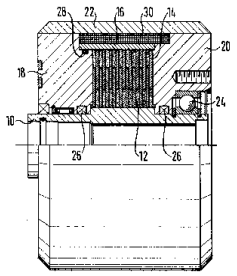


FIG. 2

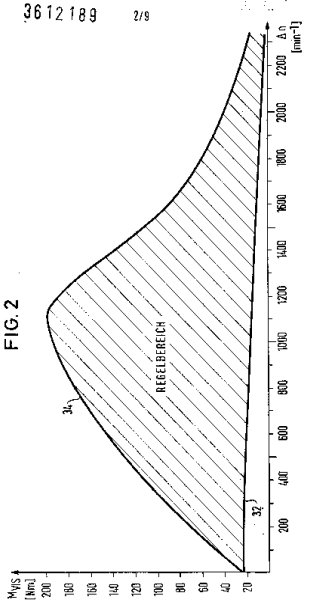
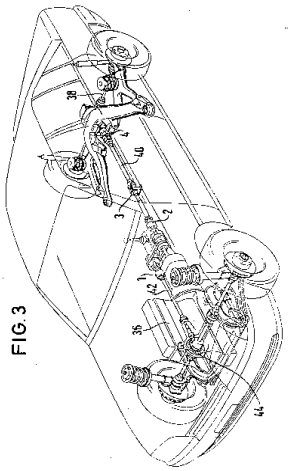


FIG. 3



Drawing pages of DE3612189 A1

FIG. 4

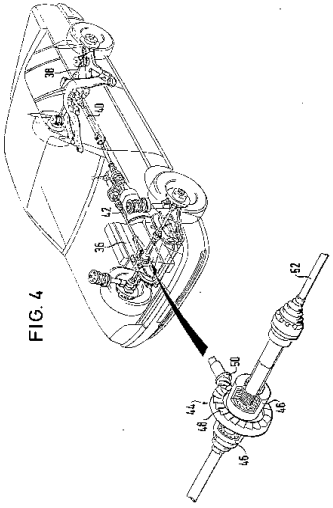


FIG. 5

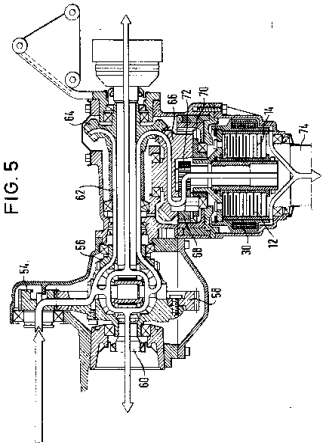
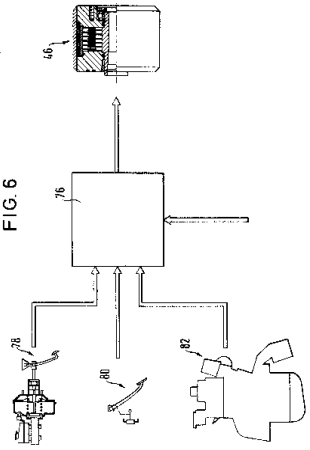


FIG. 6



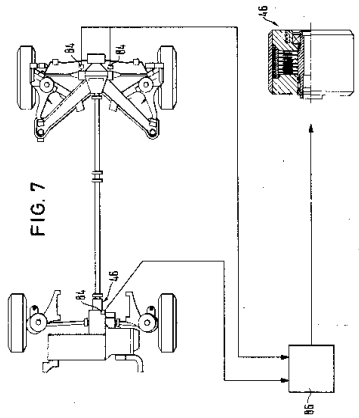
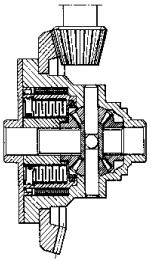


FIG. 7

FIG. 8



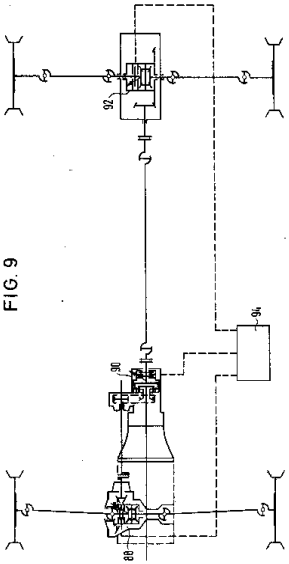


FIG. 9

Drawing pages of DE3612189 A1

Приложение Б

(обязательное)

Спецификации

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
				Документация		
			ПГУ 1.1-10.23.05.01.006.002	Сборочный чертеж		
				Детали		
		1	ПГУ 1.1-10.23.05.01.006.002-01	Вал-шестерня	1	
		2	ПГУ 1.1-10.23.05.01.006.002-02	Вал-шестерня	1	
		3	ПГУ 1.1-10.23.05.01.006.002-03	Винт	6	
		4	ПГУ 1.1-10.23.05.01.006.002-04	Диск	10	
		5	ПГУ 1.1-10.23.05.01.006.002-05	Корпус	1	
		6	ПГУ 1.1-10.23.05.01.006.002-06	Крышка	1	
		7	ПГУ 1.1-10.23.05.01.006.002-07	Ось	1	
		8	ПГУ 1.1-10.23.05.01.006.002-08	Пробка	2	
		9	ПГУ 1.1-10.23.05.01.006.002-09	Сателлит	2	
		10	ПГУ 1.1-10.23.05.01.006.002-10	Фрикцион	10	
		11	ПГУ 1.1-10.23.05.01.006.002-11	Шестерня	1	
				Стандартные изделия		
		12		Винт М3х12	6	
				ГОСТ ИСО 4762		
		13		Кольцо В15.50	2	
				ГОСТ 13943-86		
		14		Подшипник 71904	1	
		15		Подшипник 20671	2	

Перв. примен.

Справ. №

Подп. и дата

Инв. № дубл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.		Зуев		
Пров.		Войнов		
Н.контр.		Жук		
Утв.		Салмин		

ПГУ 1.1-10.23.05.01.006.002 СП

Дифференциал

Лит.	Лист	Листов
Д П		1

Кафедра "ТМ" гр. 15МН1

Копировал

Формат А4

Приложение В

(Обязательное)

Маршрутные и операционные карты

ГОСТ 3.1105-86 форма 2

Дубл.															
Взамен.															
Подл.											Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
															1

ПГУ	1.1-10.23.05.01.006.001		
Диск			

Министерство образования РФ
Кафедра «Транспортные машины»

Утверждаю:
Зав. каф. "ТМ"
д.т.н., профессор
«___»_____В.В. Салмин

КОМПЛЕКТ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ

На технологический процесс
механической обработки детали «Диск»

Руководитель: Войнов

Разработчик: Зуев

ТЛ		1

ГОСТ 3.1118-82 форма 1

Дубл.			
Взам.			
Подл.			

																		3	1

Разраб.	Зуев				ПГУ	ТМ 715214.001	581104.3241443				
Проверил	Войнов										
Утвердил	Салмин										
Нормировал											
Н.контроль	Жук					Диск				ВКР	

М01	Сталь 45 ГОСТ 1050-2013										
М02	Код	ЕВ	МД	ЕН	Н.расх.	КИМ	Код загот.	Профиль и размеры	КД	МЗ	
	087030	кг	14,5г	1			41 2100(5)	Прокат Ф3000х1500х1,5	1	47	

А	Цех	Уч.	РМ	Опер.	Код,наименование операции	Обозначение документа										
Б	Код,наименование,оборудования					СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт.	Тпз	Тшт.
А03	1	1	1	010	2160 Заготовительная	ИОТ №1 от 19.03.76										
04	Установка лазерного раскроя IRONMAC					2	13229	1	1	1	1	1	1	1		
05																
06	1	1	8	015	5000 Термическая	ИОТ №197 от 05.11.83										
07	34 4200 Оборудование для термообработки					2	19100	1	1	1	1	1	1	1		
08																
09	1	1	3	020	4220 Алмазно-расточная	ИОТ №145-90										
10	38 356 Алмазно-расточной станок ОС 2706					2	19150	1	1	1	1	1	1		24	4,11
11																
12	1	1	3	025	4233 Токарная с ЧПУ	60142.15050; 20142.15050 ИОТ №2 от 17.10.83										
13	38 1021 Токарно-винторезный станок 16К20ФЗС32					2	19149	1	1	1	1	1	1		45,8	3,2
14																
15	1	1	5	030	4212 Горизонтально-фрезерная	ИОТ №2 от 17.10.83										

МК	Маршрутная карта	2

Дубл.
Взам.
Подл.

2

ТМ 715214.001

А	Цех	Уч.	РМ	Операция	Наименование операции	Обозначение документа	СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт.	Тпз	Тшт.
Б	Наименование оборудования												ОПП	ЕВ	ЕН	КИ	Н.расх.
М	Материал, сб.единицы или материала					Обозначение, код											
01	38	1209			Радиально-сверлильный 2М57□		2	18355	1	1	1	1	1	1	1	45,8	3,56
02																	
03	1	1	11	035	4131 Плоскошлифовальная						ИОТ №4 от 12.04.88						
04	38	1311			Плоскошлифовальный VISPROM PBP-350A		2	19630	1	1	1	1	1	1	1	26	1,46
05																	
06	1	1	14	040	8864 Слесарная						ИОТ №45 от 17.10.83						
07							2	11945	1	1	1	1	1	1	1		
08																	
09	1	1	15	045	0125 Моечная						ИОТ №45 от 17.10.83						
10							2	11945	1	1	1	1	1	1	1		
11																	
12	1	1	16	050	0200 Контрольная						ИОТ №105 от 22.07.84						
13							2	12959	1	1	1	1	1	1	1		
14																	
15																	
16																	

ГОСТ 3.1404-86 форма 3

Дубл.															
Взам.															
Подл.															
												02069043.01101.00009	1	1
Разраб.				ПГУ	ТМС. 715214.001			581104.3241443				02069043. 10101.00009		
Проверил															
Н.контр.				Диск								1	1	2	015

Наименование операции	Материал	Твердость	ЕВ	МД	Профиль и размеры	МЗ	КОИД
Заготовительная	Сталь 45 ГОСТ 1050-2013	20...25 HRC	кг	14,5 г	Прокат Ф3000х1500х1,5	47	1

Оборудование, устройство ЧПУ	Обозначение программы	То	Тв	Тпз.	Тшт.	СОЖ
Установка лазерного раскроя IRONMAC		1,835	0,89		2,38	

Р		ПИ	D или B	L	t	i	S	n	V
O01			мм	мм	мм		мм/об	об/мин	м/мин
T02	1. Установить заготовку на столе, закрепить.								
T03									
04									
05									
A06	2. Вырезать заготовки по программе								1,835
T07									
T08									
T09									
T10									
11									
12									
13									

ОК		5

ГОСТ 3.1404-86 форма 3

Дубл.															
Взам.															
Подл.															
												02069043.01101.00009	3	1	
Разраб.				ПГУ	ТМС. 715214.001			581104.3241443			02069043. 10101.00009				
Проверил															
Н.контр.				Диск								1	1	2	020

Наименование операции	Материал	Твердость	ЕВ	МД	Профиль и размеры	МЗ	КОИД
Алмазно-расточная	Сталь 45 ГОСТ 1050-2013	20...25 HRC	кг	14,5 г	Прокат Ф3000х1500х1,5	47	1

Оборудование, устройство ЧПУ	Обозначение программы	То	Тв	Тпз.	Тшт.	СОЖ
Алмазно-расточной станок мод. ОС 2706		0,47	0,89		4,11	

Р		ПИ	D или В	L	t	i	S	n	V
О01			мм	мм	мм		мм/об	об/мин	м/мин
Т02	1. Установить заготовку в патроне, закрепить.								
	Патрон токарный механизированный 3-х кулачковый BISON-BIAL тип 2404-м								
Т06	2. Точить поверхность по программе выдерживая размеры 1, 2 предварительно								0,47
Т07	39 1850 4 Резец специальный								
08	39 3310 3 (1) – Штангенциркуль ШЦ II-250-0,05 ГОСТ 166-89								
Р09									
10			70,5	29	2	1	0,23	400	85,2
11									
О12									
13									

ОК

ГОСТ 3.1404-86 форма 3

Дубл.			
Взам.			
Подл.			

02069043.01101.00009	3	1	

Разраб.	Зуев	ПГУ	ТМ 715214.001	581104.3241443	02069043.10101.00009		
Проверил	Войнов						
Н.контр.	Жук	Поршень			1	1	2	025

Наименование операции	Материал	Твердость	ЕВ	МД	Профиль и размеры	МЗ	КОИД
Программная с ЧПУ	Сталь 45 ГОСТ 1050-2013	20...25 HRC	кг	14,5 г	Прокат Ф3000х1500х1,5	47	1

Оборудование, устройство ЧПУ	Обозначение программы	То	Тв	Тпз.	Тшт.	СОЖ
Токарно-винторезный станок 16К20Ф3С32		0,41	0,89		3,2	

Р		ПИ	D или В	L	t	i	S	n	V
О01			мм	мм	мм		мм/об	об/мин	м/мин
Т02	1. Установить заготовку в патроне, закрепить.								
Т03	Патрон токарный механизированный 3-х кулачковый BISON-BIAL тип 2404-м								
Т04									
Т05									
Т06	2. Точить поверхность по программе выдерживая размеры 3, 4 окончательно								0,41
Т07	39 1850 4 Резцовая головка С4-DCLNR- 27050-12 Пластина CNMM 120412-PR GC4025								
08	39 3310 3 (1) — Штангенциркуль ШЦ II-250-0,05 ГОСТ 166-89								
Р09									
10			60,2	165	0,5	1	0,15	1250	282
11									
О12									
13									

ОК		20

ГОСТ 3.1404-86 форма 3

Дубл.															
Взам.															
Подл.															
												02069043.01101.00119		1	
Разраб.				ПГУ	ТМ 715214.001			581104.3241443			02069043. 10101.00119				
Проверил															
Н.контр.				Диск							1	1	10	030	

Наименование операции	Материал	Твердость	ЕВ	МД	Профиль и размеры	МЗ	КОИД
Горизонтально-фрезерная	Сталь 45 ГОСТ 1050-2013	20...25 HRC	кг	14,5 г	Прокат Ф3000х1500х1,5	47	1

Оборудование, устройство ЧПУ	Обозначение программы	То	Тв	Тпз.	Тшт.	СОЖ
станок КН40G		2,77				

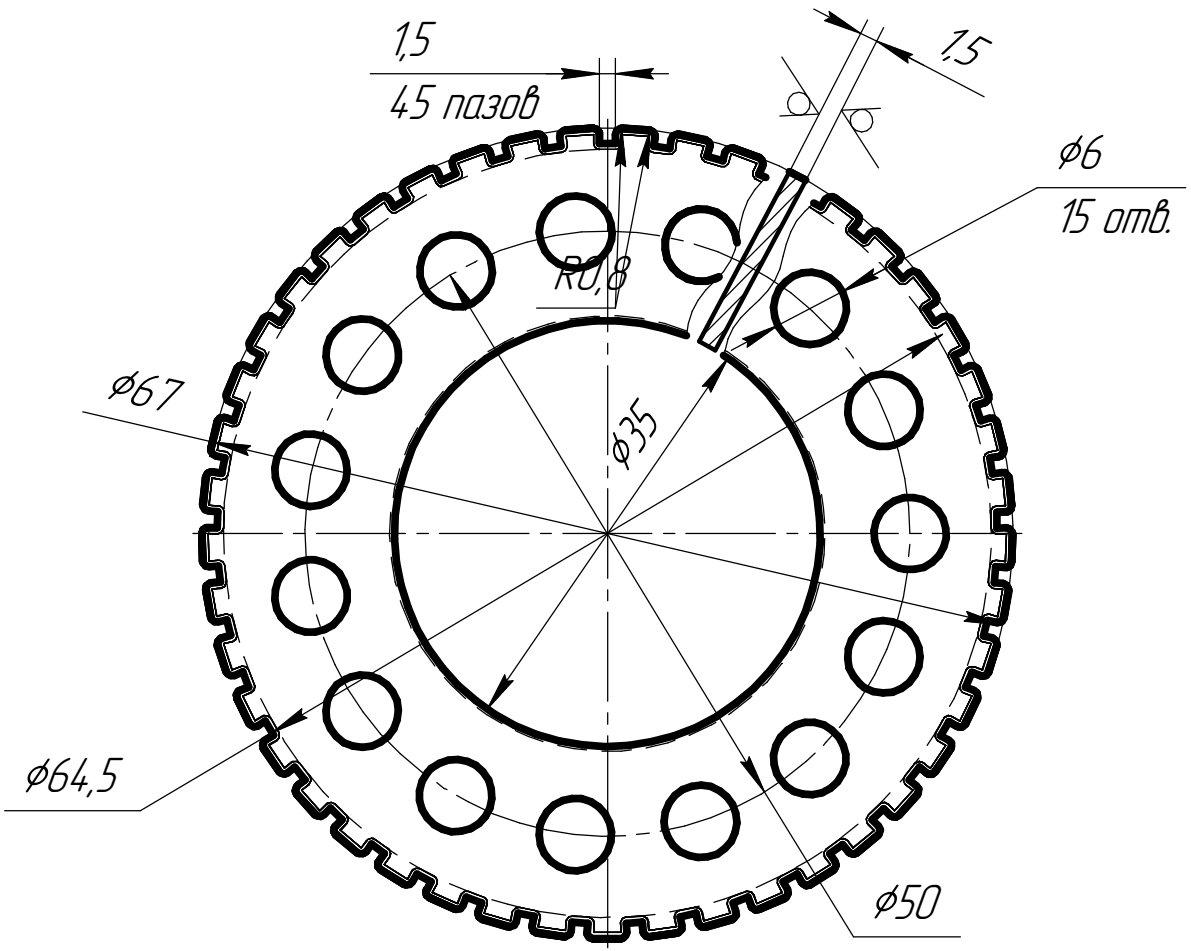
Р		ПИ	D или В	L	t	i	S	n	V
О01			мм	мм	мм		мм/зуб	об/мин	м/мин
Т02	А.Установить заготовку в приспособление, закрепить, снять.								
	39 6102 4 (1)-Приспособление специальное								
	39 2840 2 (1)-Центр 7032-0035 ГОСТ 8742-75								
Т06	2. Фрезеровать зубья								2,77
Т07	39 1880 8 (1)-Фреза 2510-4014 ГОСТ 9324-80								
08									
Р09			50	15	4,5	23	0,12	200	56,5
10									
11									
О12									
13									

ОК		23

ГОСТ3.1105-84 Форма 7

Дубл.			
Взам.			
Подл.			

2069043.01101.00009									1	1	
Разраб.	Зуев			ПГУ	ТМ 715214.001	58.1104.3241443	2069043 60140.00009				
Проверил	Войнов										
Н.контр.	Жук			Диск			1	1	2	010	



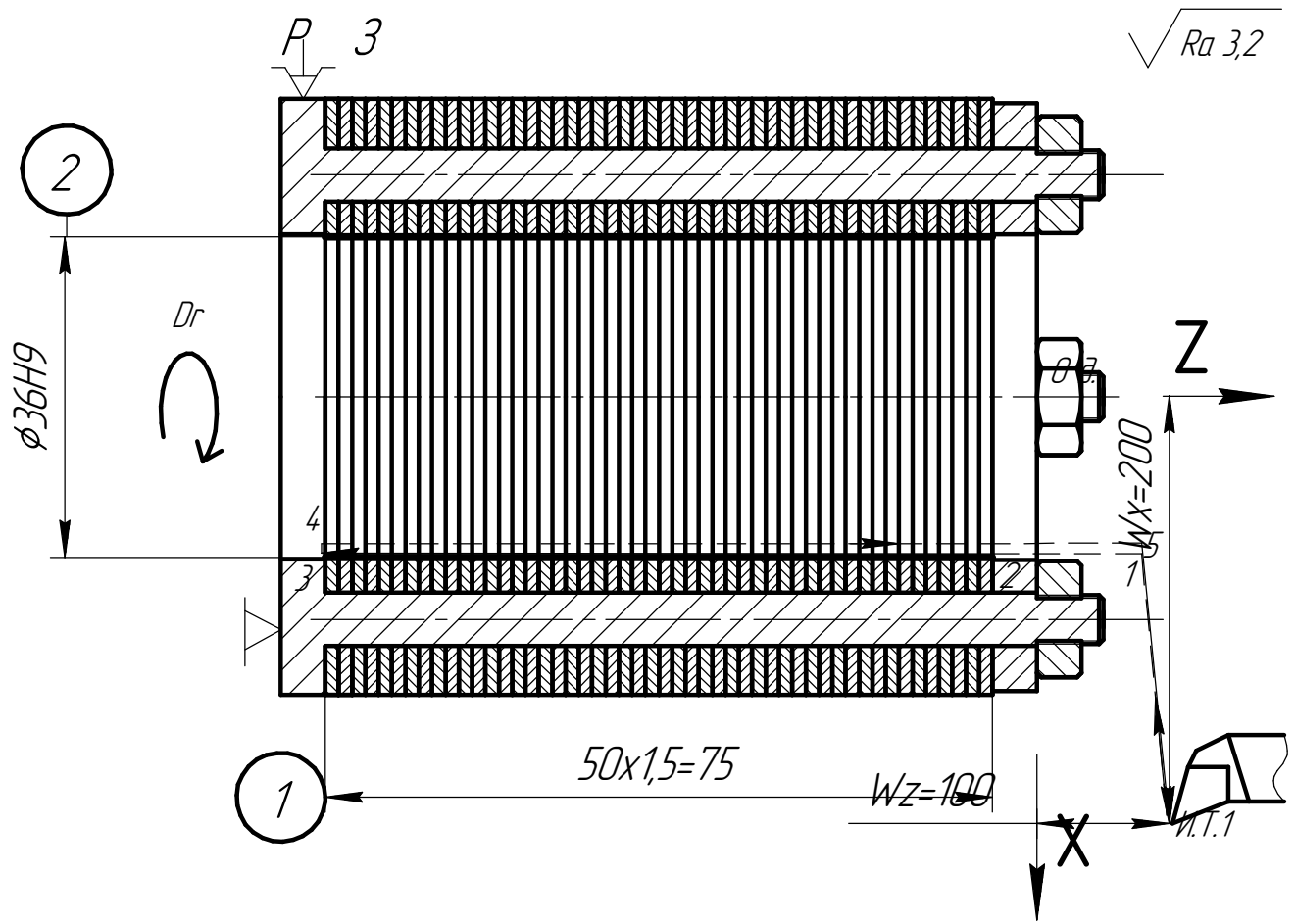
КЭ		4

ГОСТ3.1105-84 Форма 7

Дубл.			
Взам.			
Подл.			

2069043.01101.00009	1	1	

Разраб.	Зуев	ПГУ	ТМ 715214.001	58.1104.3241443	2069043 60140.00009					
Проверил	Войнов									
Н.контр.	Жук	Диск			1	1	2	015		

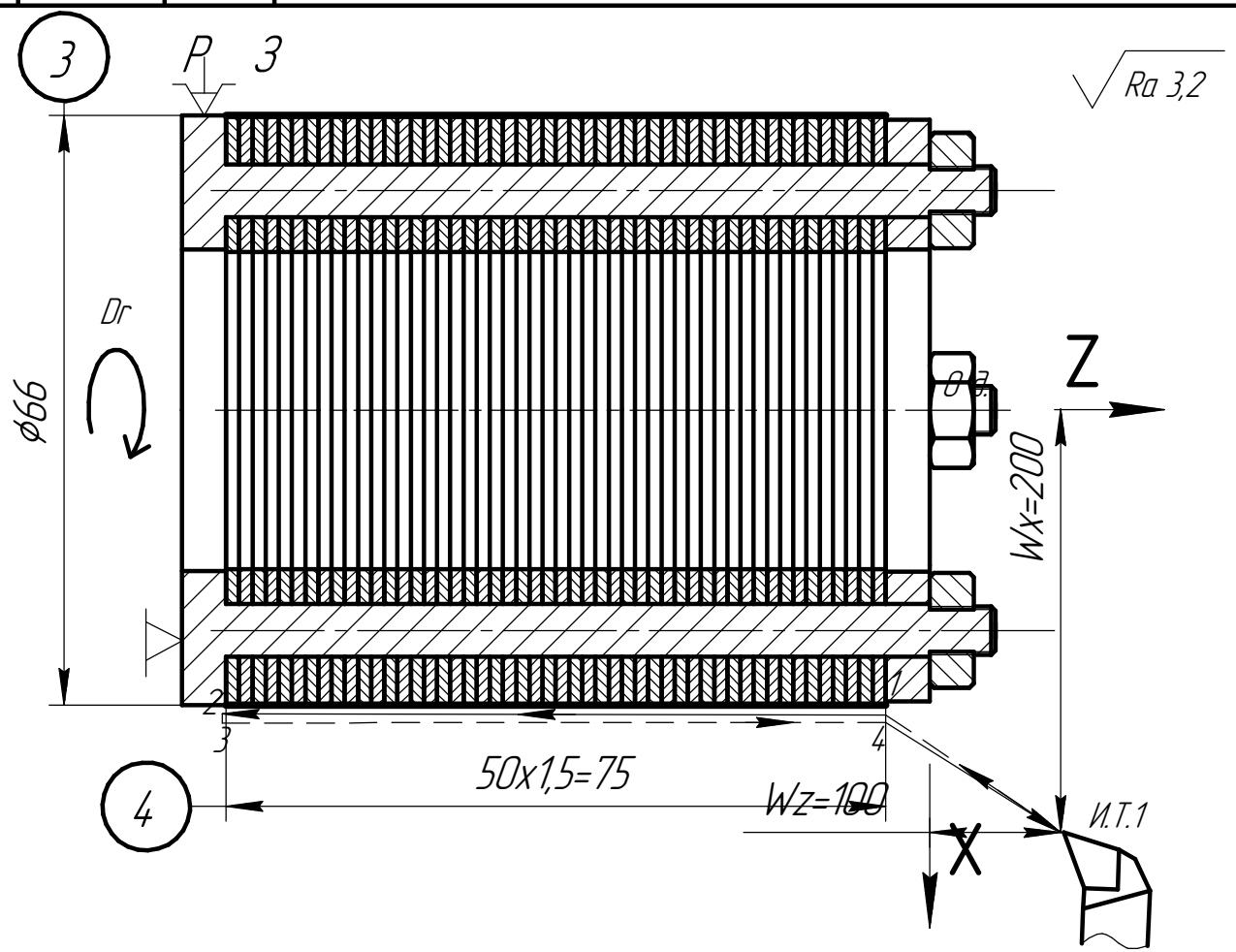


КЭ		4

ГОСТ3.1105-84 Форма 7

Дубл.			
Взам.			
Подл.			

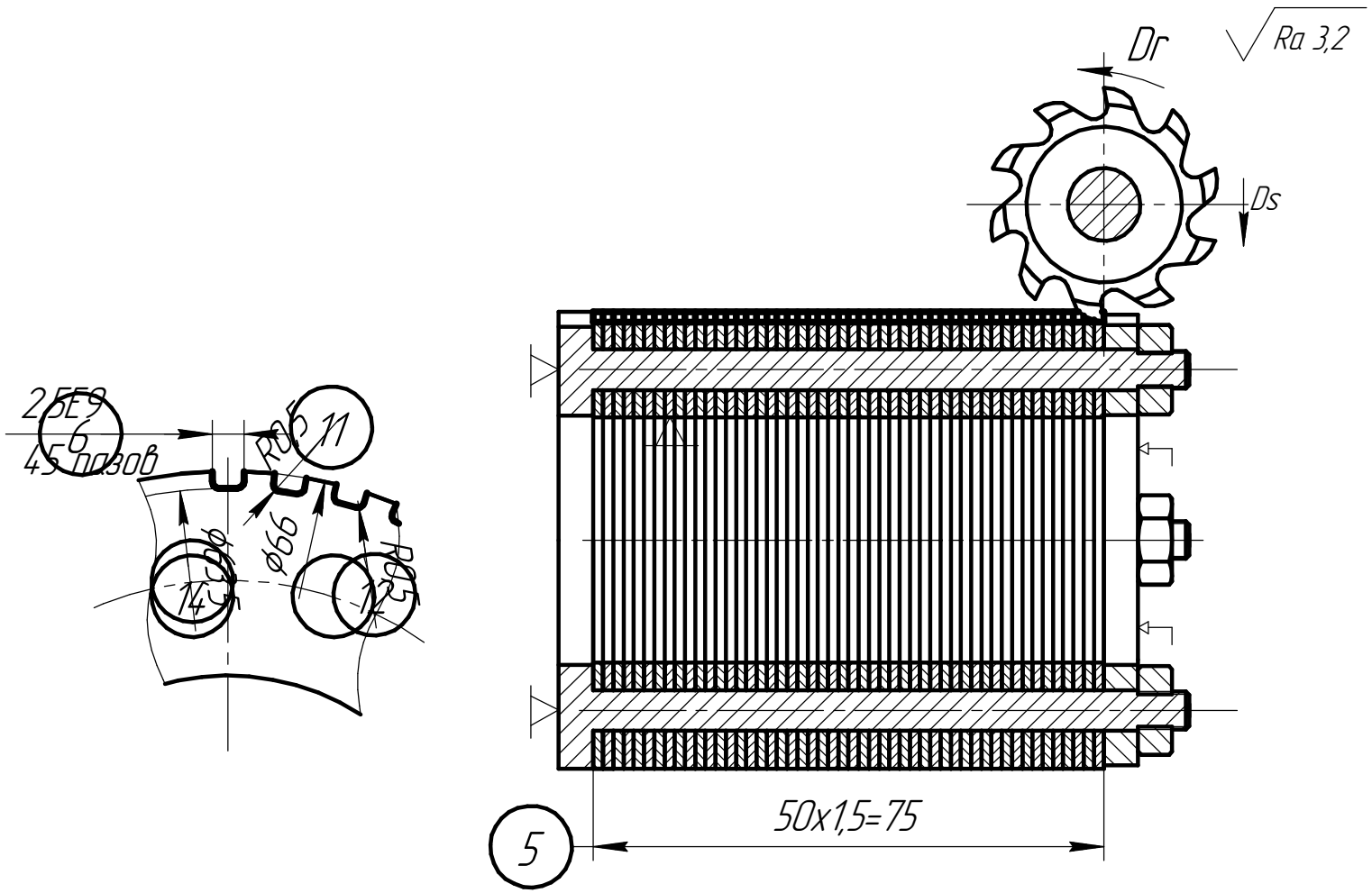
								2069043.01101.00009			1	1
Разраб.	Зуев			ПГУ	ТМ 715214.001		58.1104.3241443	2069043 60140.00009				
Проверил	Войнов											
Н.контр.	Жук			Диск				1	1	2	020	



КЭ		4

Дубл.			
Взам.			
Подл.			

								2069043.01101.00009		1	1
Разраб.	Зуев			ПГУ	ТМ 715214.001	58.1104.3241443	2069043 60140.00009				
Проверил	Войнов										
Н.контр.	Жук			Диск			1	1	2	025	



Приложение Г

(Обязательное)

Графическая часть дипломного проекта

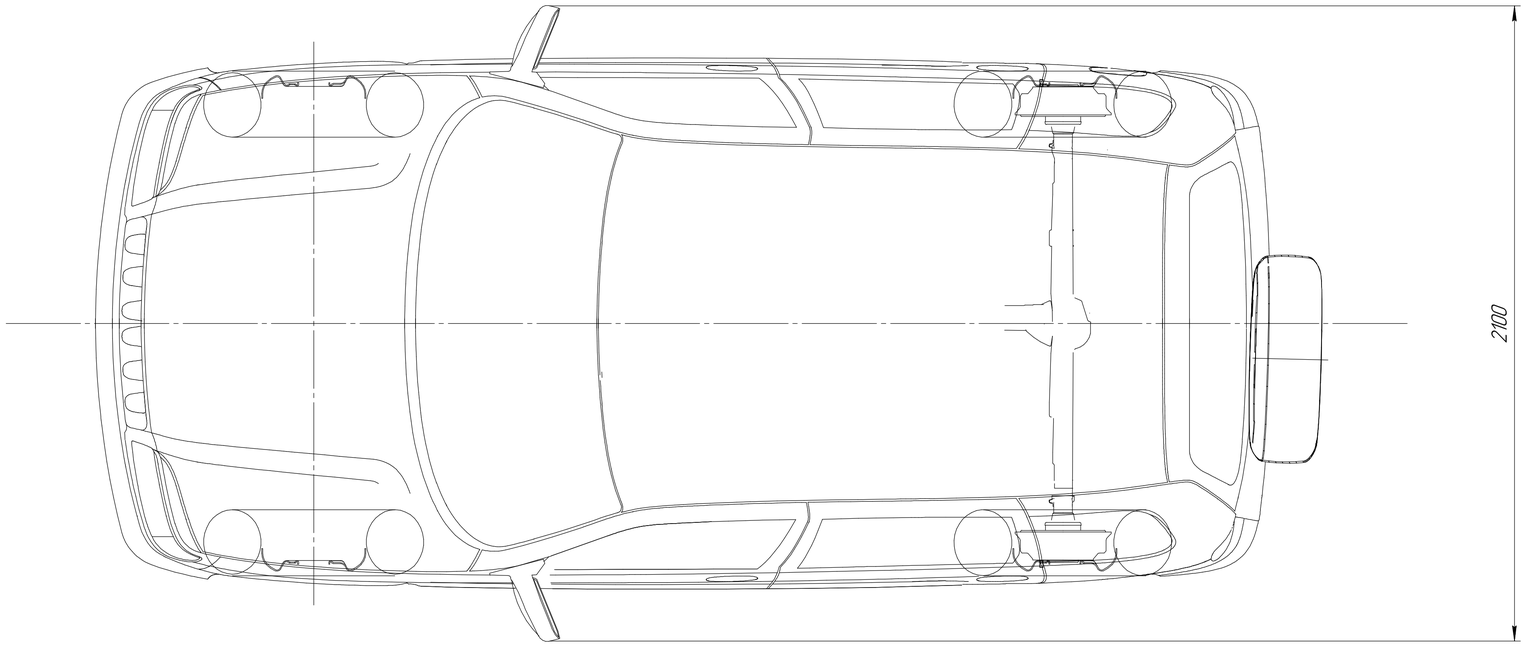
Структура дипломного проекта

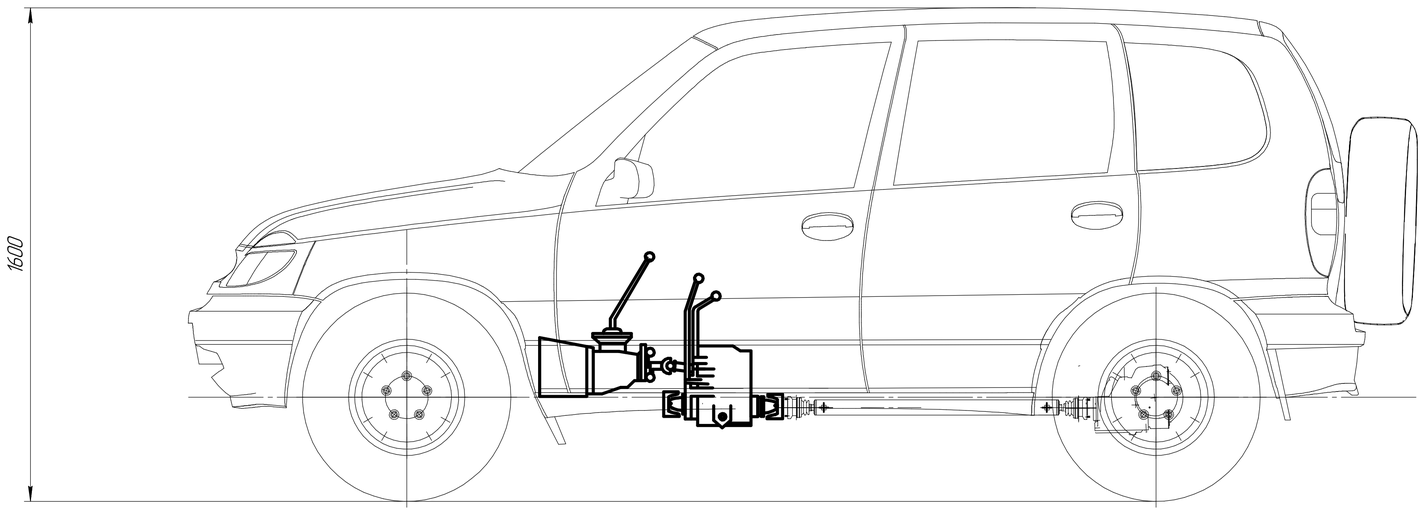
Тема: Повышение проходимости автомобиля Шевроле Нива путем разработки межосевой вискомуфты

- Патентно-информационный поиск
  - Конструкция вискомуфт
  - Конструкция раздаточных коробок
- Конструкторская часть
  - Выбор конструкции, разработка компоновочной схемы
  - Кинематический расчет редуктора
  - Расчет деталей трансмиссии
- Технологическая часть
  - Анализ технологичности конструкции детали
  - Выбор заготовки и метода ее получения
  - Разработка технологического процесса
  - Расчет припусков, режимов резания и техническое нормирование
- Безопасность жизнедеятельности
  - Анализ условий труда при сборке трансмиссий
  - Вредные и опасные факторы на рабочем месте
  - Разработка методов обеспечения безопасности разработки
- Практический раздел
  - Разработка инструкции по эксплуатации разработки
- Экономический раздел
  - Расчет себестоимости изделия
  - Расчет точки окупаемости проекта

Разработал	Зуев	Каф. "ТМ" гр. 15МН1
Руководитель	Войнов	

ПГУ 1.1-10.23.05.01.006.001 ВО





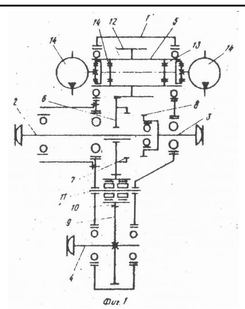
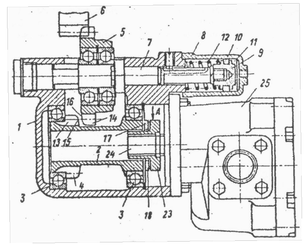
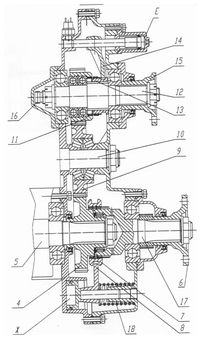
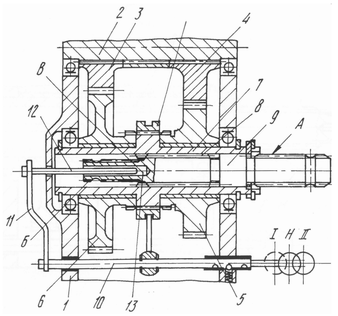
Технические характеристики автомобиля

Тип кузова – джип
Количество мест – 5
Количество дверей – 5
Объем багажника, (см^3)
Масса снаряженного автомобиля, (кг) – 1310
Полезная нагрузка, (кг) – 450
Колея передних колес, (мм) – 1430
Колея задних колес, (мм) 1400
База, (мм) – 2450
Модель двигателя – ВАЗ-2123
Объем двигателя, (мм^2) – 1690
Максимальная скорость, (км/ч) – 144

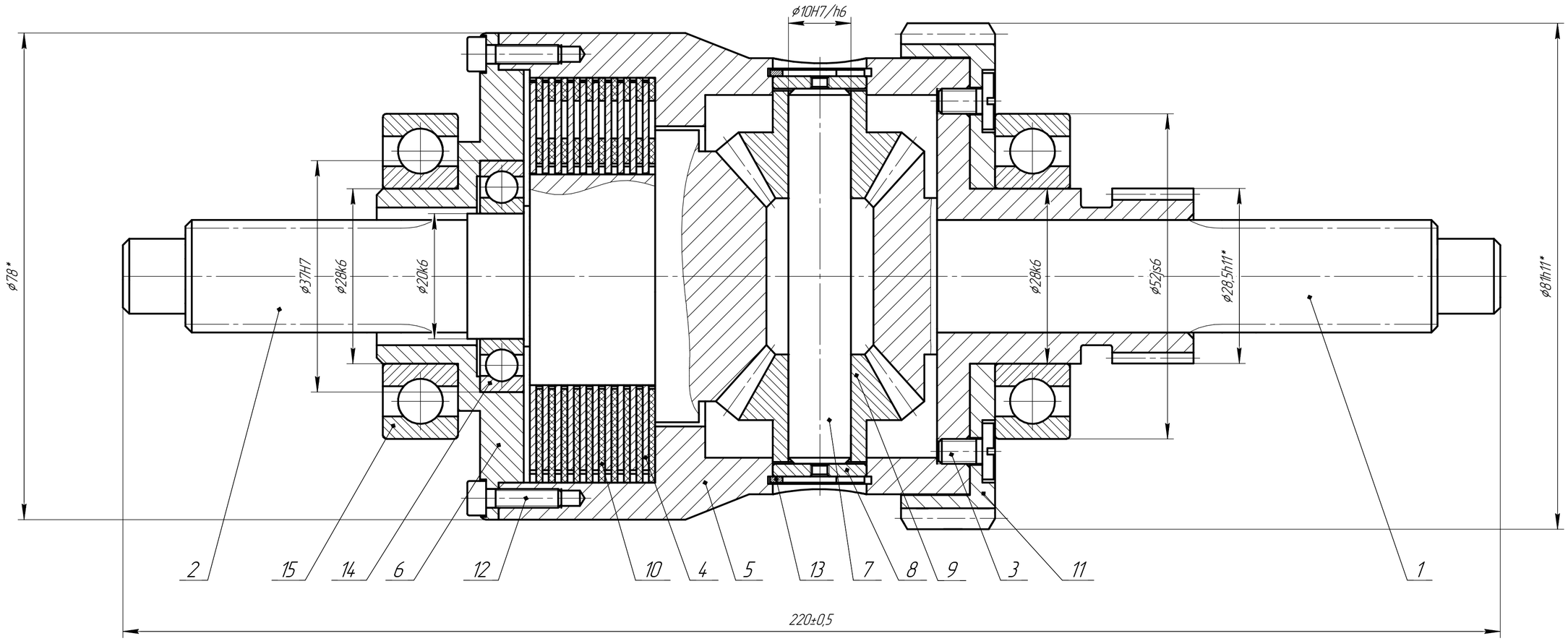
					ПГУ 1.1-10.23.05.01.006.001 ВО				
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Автомобиль Нива Шевроле Чертеж общего вида	Лит.	Масса	Масштаб	
Разраб.		Зуев				Д П	1310	1:10	
Пров.		Войнов				Лист 1	Листов 1		
Т.контр.						Кафедра "ТМ" гр. 15МН1			
Рецензн.									
Н.контр.		Жук							
Утв.		Салмин							

Копировал Формат А1

Перв. примен. | Справ. № | Подп. и дата | Инв. № дубл. | Взам. инв. № | Подп. и дата | Инв. № подл.

№	Название патента	Описание	Схема	Преимущества	Недостатки
1	SU(11)1052432 A B 60 K 17/28 И.А.Кунцман, Э.Б.Реброва и А.А.Первяненок.	Содержащая корпус, установленный в нем приводной вал с ведущей шестерней, выходные валы, один из которых установлен соосно приводному валу и соединяется с ним посредством зубчатое муфты, а другие с размещенными на них ведомыми шестернями установлены параллельно приводному валу,отличающаяся тем, что, с целью расширения функциональных возможностей путем выборочного отбора мощности для одних потребителей при постоянном отборе мощности для других потребителей и упрощения конструкции, ведущая шестерня установлена с возможностью осевого перемещения относительно приводного вала, а ведомые шестерни жестко закреплены на выходных валах, при этом ведущая шестерня связана с ведомой шестернёй одного из выходных валов при помощи зацепления, обеспечивающего постоянство передачи крутящего момента.	 Фиг.1	Повышение надежности конструкции за счет использования зацепления, обеспечивающего постоянство крутящего момента.	Невозможность принудительного блокирования на скорости выше 25 км/ч.
2	SU(11)1169846 A B 60 K 17/28, 25/00 Р.А. Азаматов, В.Н. Барун, В.В. Васин и В.В. Соколов	Преимущественно для привода насоса, содержащая корпус с расположенной в нем промежуточной шестерней для взаимодействия с шестерней коробки пере дач транспортного средства, ведомой шестерней, установленной на валу и связанной посредством компенсационного и, соединительного элементов с приводом насоса, отличающаяся тем, что, с целью упрощения конструкции, повышения надежности и долговечности, промежуточная шестерня установлена с возможностью осевого перемещения для взаимодействия с ведомой шестерней, установленной неподвижно в осевом направлении и имеющей на торцовой поверхности выступы, а компенсационное устройство выполнено в виде кольца, на торцовых поверхностях которого выполнены пазы, в которых с одной стороны размещены указанные выступы ведомой шестерни, а с другой – выступы соединительного элемента.		Повышение надежности и упрощение конструкции. Достигается за счет использования механизма переключения потоков мощности новой конструкции.	Сложность механизма переключения.
3	(11) 2137620 (13) C1 (51) 6 B 60 K 17/28 Маньковский В.В., Тумреев Ю.И.	Содержащая корпус, ведущую шестерню, размещенные в подшипниковых опорах выходные валы, из которых один выходной вал кинематически связан с ведущей шестерней через промежуточную шестерню, установленную на оси в корпусе коробки отбора мощности, средства включения и разъединения зубчатых зацеплений, размещенные на концах выходных валов элементы для соединения с дополнительными механизмами, отличающаяся тем, что корпус коробки отбора мощности закреплен на заднем торце коробки передач с образованием общего замкнутого рабочего объема, ведущая шестерня является первичным звеном кинематической цепи коробки отбора мощности и соединена с вторичным залом, являющимся конечным звеном кинематической цепи коробки передач, элемент для соединения коробки передач с транс миссией автомобиля установлен соосно с вторичным палом и кинематически связан с ним через ведущую шестерню коробки отбора мощности. 2. Коробка отбора мощности по п. 1, отличающаяся тем, что второй выходной вал также кинематически связан через промежуточную шестерню с ведущей шестерней, а элементы для соединения с дополнительными механизмами выполнены на обоих концах выходных валов.		Позволяет повышать надежность за счет использования одного общего контура.	Сложность ТО и ремонта.
4	2123439(13)C1 6B60K17/28 Заявитель Поливаев О.И., Гребенев В.П., Беляев А.Н., Подгорный И.Е.	Механизм привода вала отбора мощности мобильного энергетического средства, содержащий трубчатые элементы,расположенные один в другом и выполненные с диаметрально расположенными сквозными отверстиями, и упругодемпфирующие элементы, размещенные в указанных отверстиях, между трубчатыми элементами, отличающиеся тем, что внутренний трубчатый элемент выполнен в виде ведущей ведомой частей, жестко закрепленных на ступице. Связанных соответственно с ведущим и выходным валом отбора мощности.		Отлаженный механизм кинематчиеского согласования.	Недостаток надежности из за сложности конструкции.

ПГУ 1.1-10.23.05.01.006.002 ВО



1 *Размеры для справок
2 На рабочих поверхностях валов, сателлитов и шестерни забои, сколы и другие дефекты не допускаются
3 Перед сборкой посадочные поверхности смазать маслом М10Г2 ГОСТ 8581-78
4 Работу дифференциала проверить в следующей последовательности:
а) закрепить корпус и одновременно вращать валы;
б) закрепить корпус и вращать сначала один вал, затем другой;
вращение деталей дифференциала должно быть без заеданий и заклиниваний, посторонних звуков и стуков не допускается.
5 При транспортировании и хранении дифференциал и подшипники предохранить от попадания грязи.

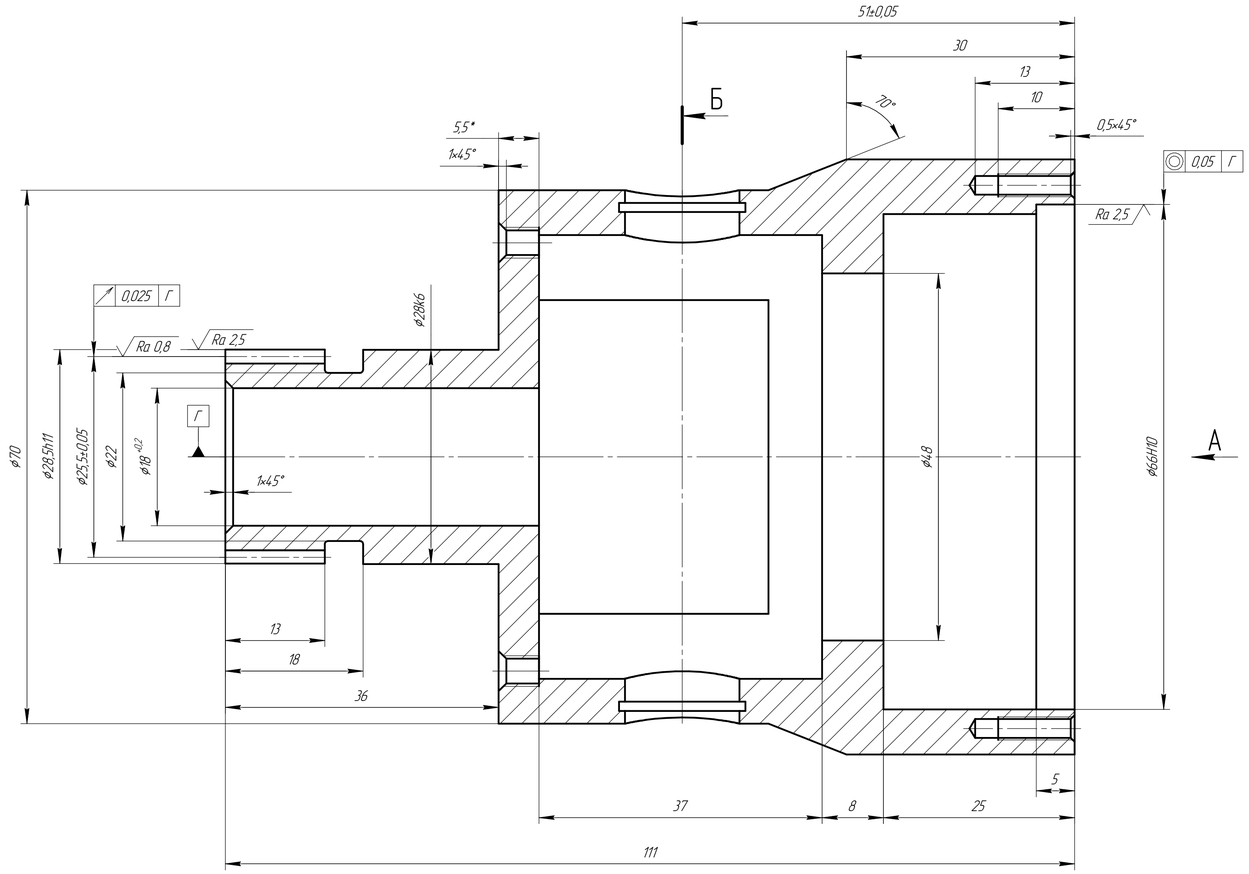
					ПГУ 1.1-10.23.05.01.006.002 ВО			
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Дифференциал Чертеж общего вида	Лит.	Масса	Масштаб
Разраб.		Зуев				Д П	2,61	2:1
Пров.		Воинов				Лист	Листов 1	
Т.контр.						Кафедра "ТМ" гр. 15МН1		
Н.контр.		Жук						
Утв.		Салмин						

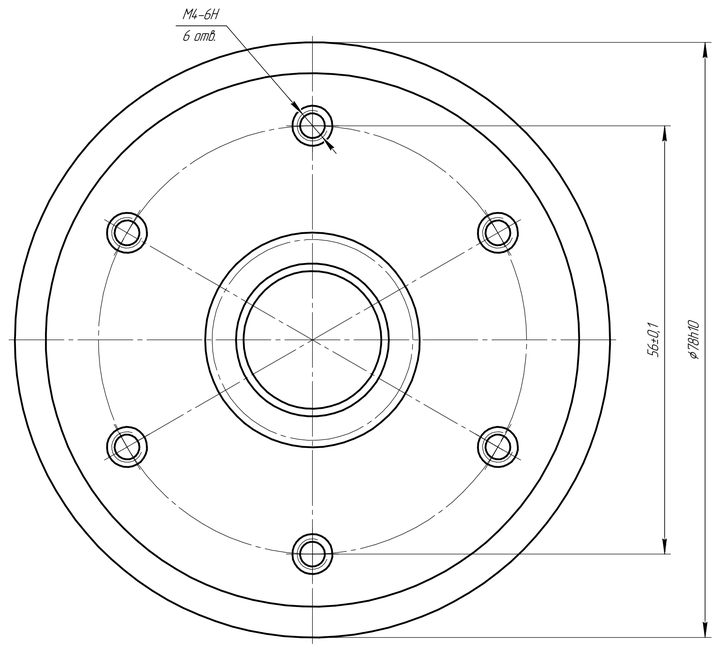
Копировал Формат А2

Перв. примен. | Справ. № | Подп. и дата | Инв. № дубл. | Взам. инв. № | Подп. и дата | Инв. № подл.

ПГУ 1.1-10.23.05.01.006.002-05

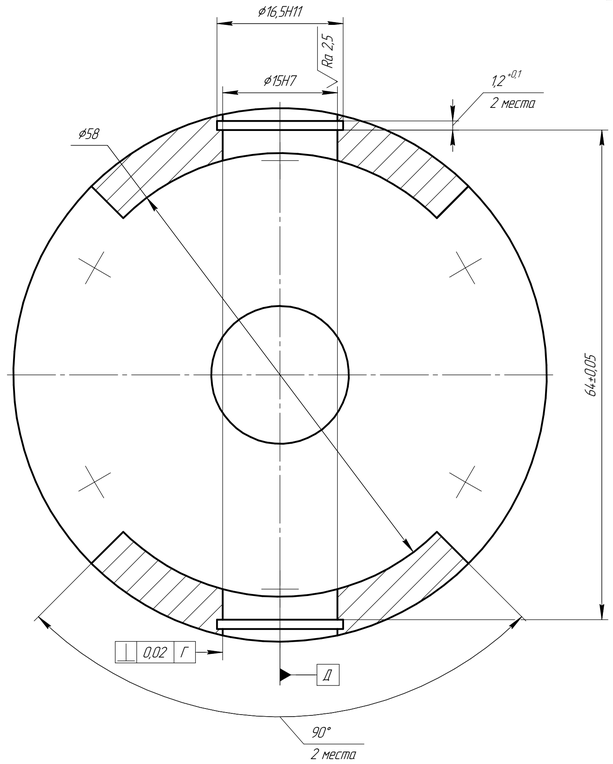
Rz 25 (√)

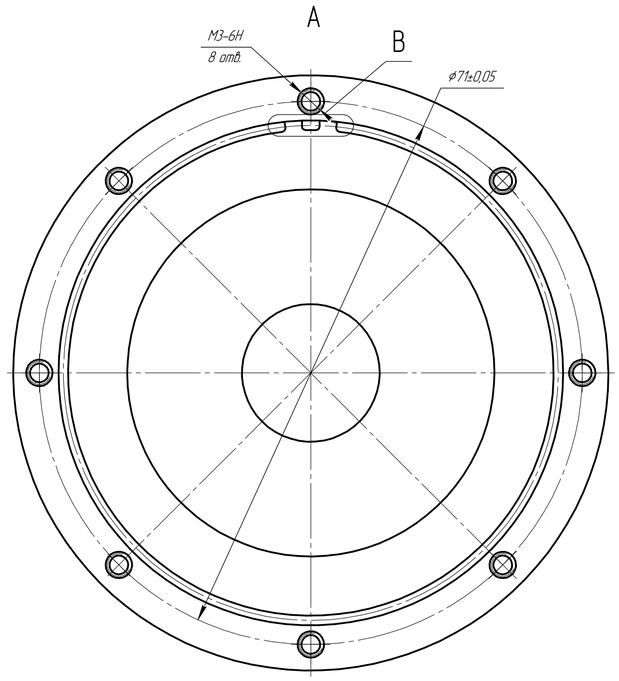




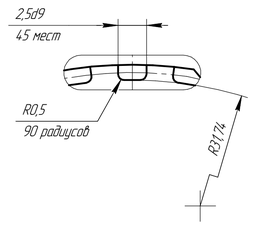
Число зубьев	z	17
Модуль нормальный	m	1,5
Угол профиля зуба	β	20°
Диаметр делительной окружности	d	22,5
Диаметр вершин зубьев	d_a	28,5
Диаметр впадин зубьев	d_f	21,75
Степень точности		8-В

Б-Б





B(4:1)



1. Зубья ТВЧ: HRC 45...50, h=0,3...0,5
2. *Размеры для справок
3. Острые кромки притупить
4. Общие допуски по ГОСТ 30893.1

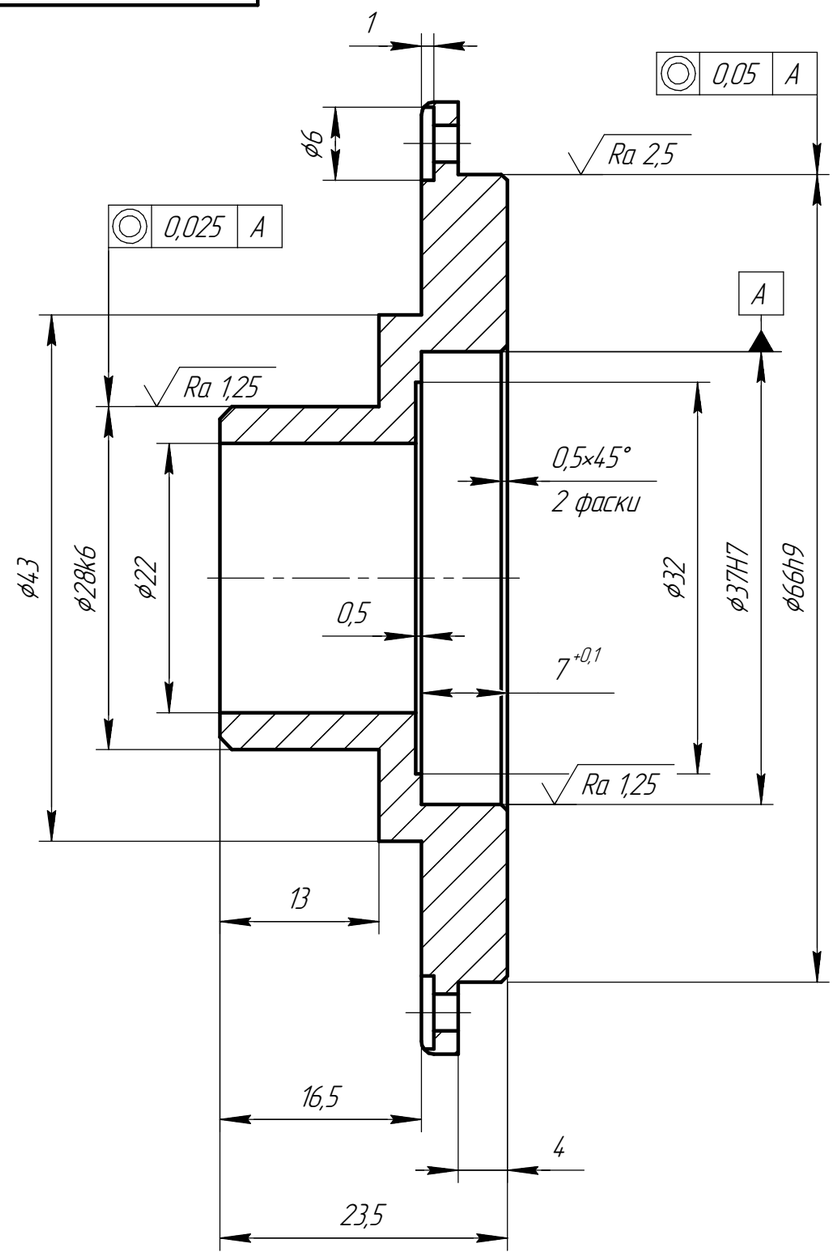
					ПГУ 1.1-10.23.05.01.006.002-05			
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Корпус	Лит.	Масса	Масштаб
Разраб.		Зуев				Д П	0,89	2,5:1
Пров.		Войнов				Лист	Листов 1	
Т.контр.								
Н.контр.		Жук			Сталь 45 ГОСТ 1050-2013	Кафедра "ТМ" гр. 151МН1		
Утв.		Селмин						

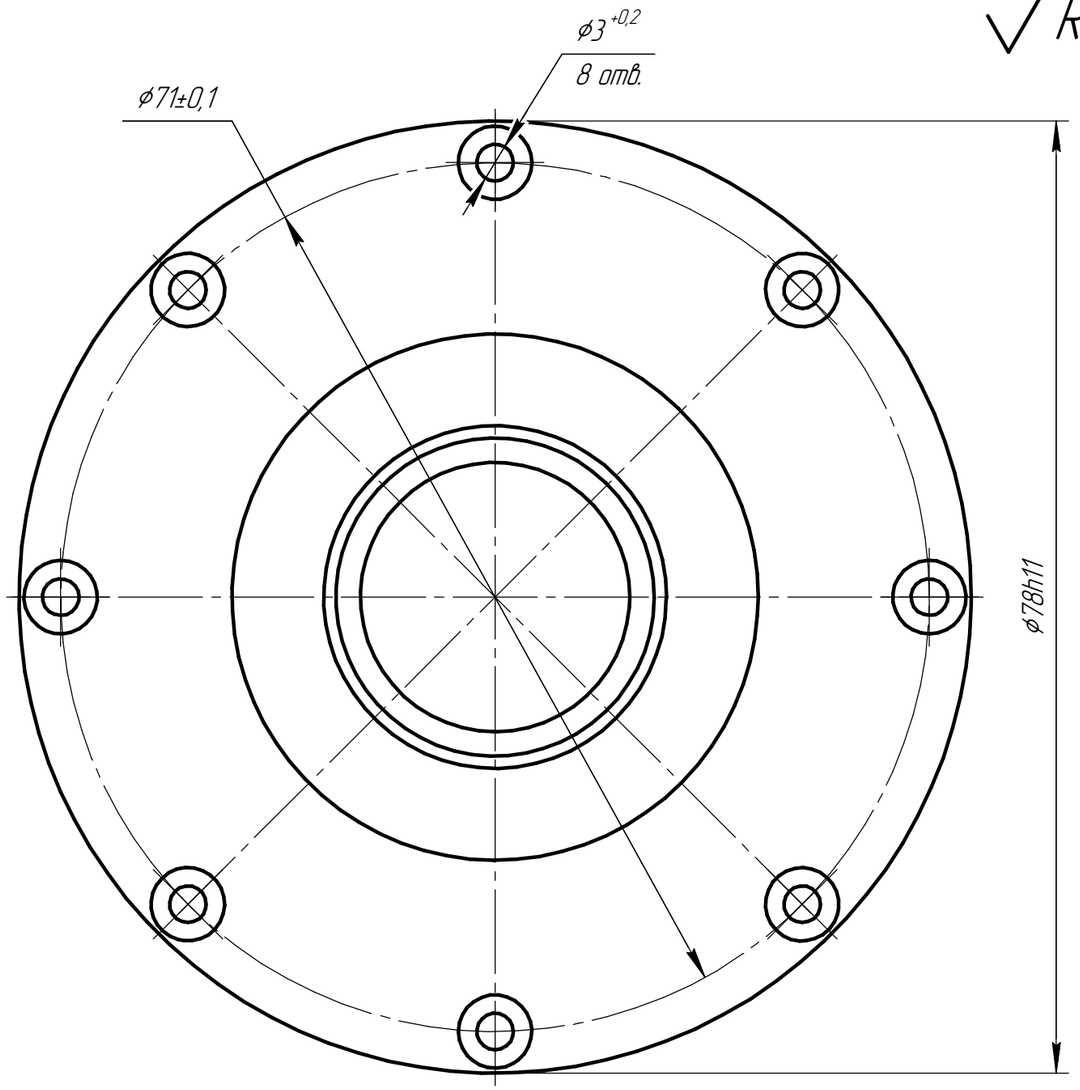
Копировал

Формат А1

Перв. примен. | Справ. № | Подп. и дата | Инв. № дубл. | Взам. инв. № | Подп. и дата | Инв. № подл.

ПГУ 1.1-10.23.05.01.006.002-06





Rz 25 (√)

1 HRC 30...35
2 *Размеры для справок
3 Острые кромки притупить
4 Общие допуски по ГОСТ 30893.1

					ПГУ 1.1-10.23.05.01.006.002-06			
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Крышка	Лит.	Масса	Масштаб
Разраб.		Зуев				Д П	0,21	2:1
Пров.		Войнов				Лист	Листов 1	
Т.контр.								
					Сталь 45 ГОСТ 1050-2013	Кафедра "ТМ" гр. 15МН1		
Н.контр.		Жук						
Утв.		Салмин						

Перв. примен. | Справ. № | Подп. и дата | Инв. № дубл. | Взам. инв. № | Подп. и дата | Инв. № подл.

Копировал | Формат А3

ПГУ 1.1-10.23.05.01006.002-11

Перв. примен.

Справ. №

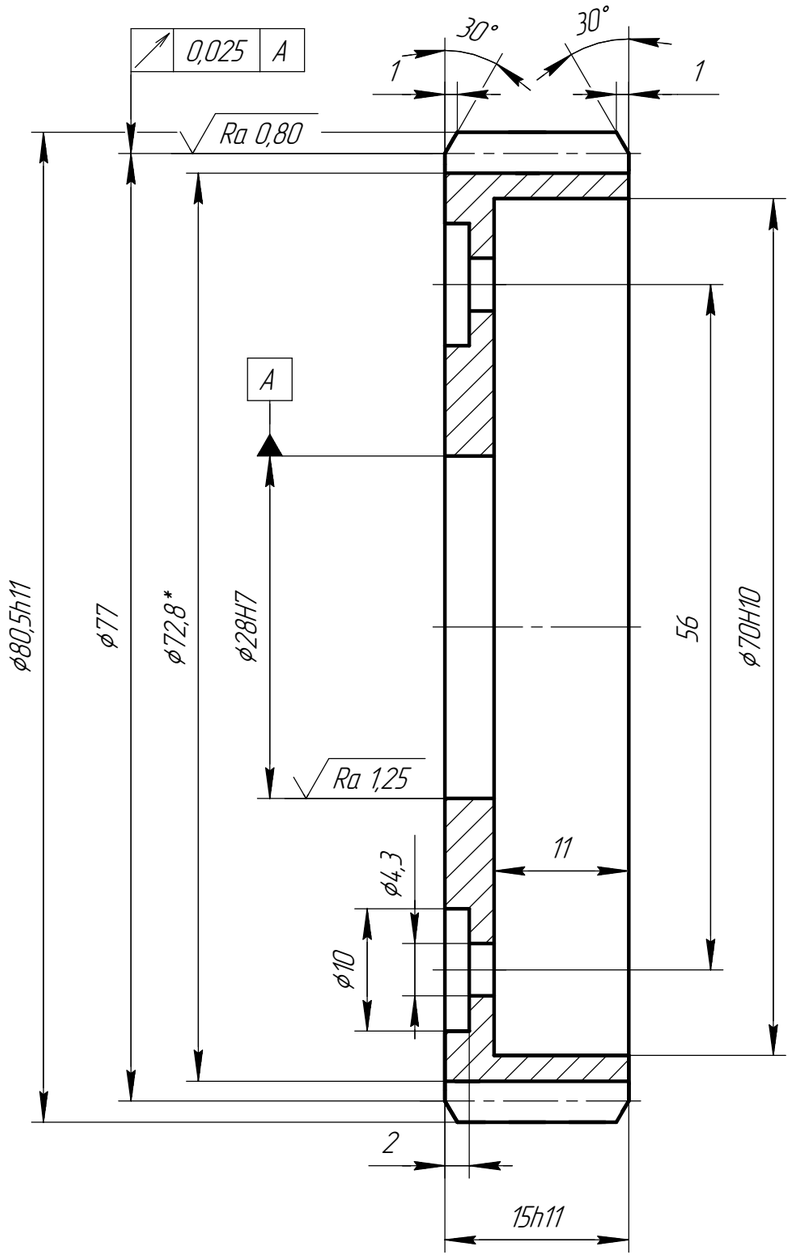
Подп. и дата

Инв. № дубл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.



Rz 25 (√)

Число зубьев	z	44
Модуль нормальный	m	1,75
Угол наклона	β	12°71"
Диаметр делительной окружности	d	77
Диаметр вершин зубьев	d_a	80,5
Диаметр впадин зубьев	d_f	72,8
Степень точности		8-В
Направление спирали		Правое

1 Зубья ТВЧ: HRC 45...50, h=0,3...0,5
2 *Размеры для справок
3 Острые кромки притупить
4 Общие допуски по ГОСТ 30893.1

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.		Зуев		
Пров.		Войнов		
Т.контр.				
Н.контр.		Жук		
Утв.		Салмин		

ПГУ 1.1-10.23.05.01.006.002-11

Шестерня

Лит.	Масса	Масштаб
Д П	0,2	2:1

Лист | Листов 1

Сталь 40Х ГОСТ 4543-2018

Кафедра "ТМ" гр. 15МН1

Копировал | Формат А3

ПГУ 1.1-10.23.05.01006.002-01

Перв. примен.

Справ. №

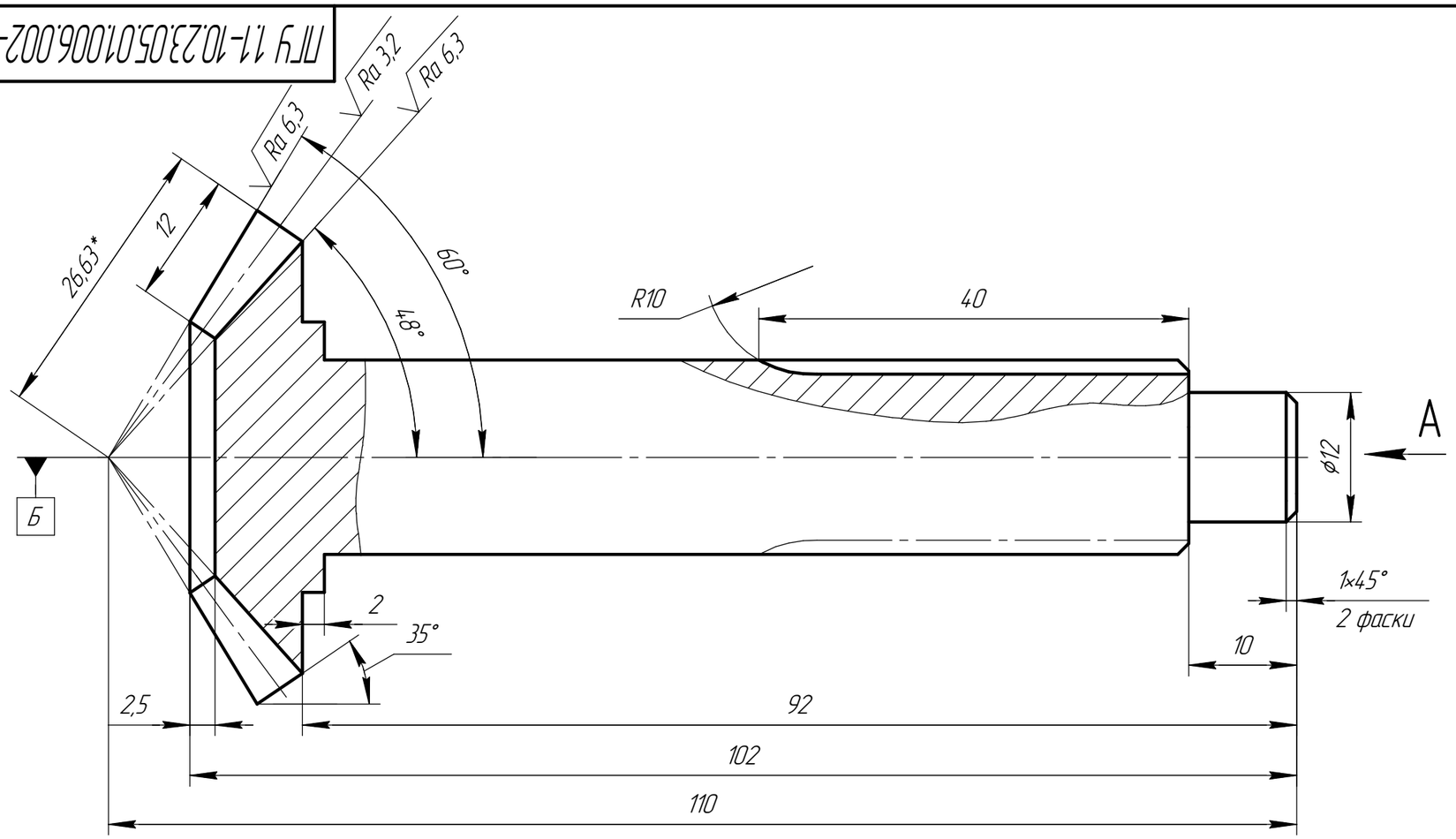
Подп. и дата

Инв. № дубл.

Взам. инв. №

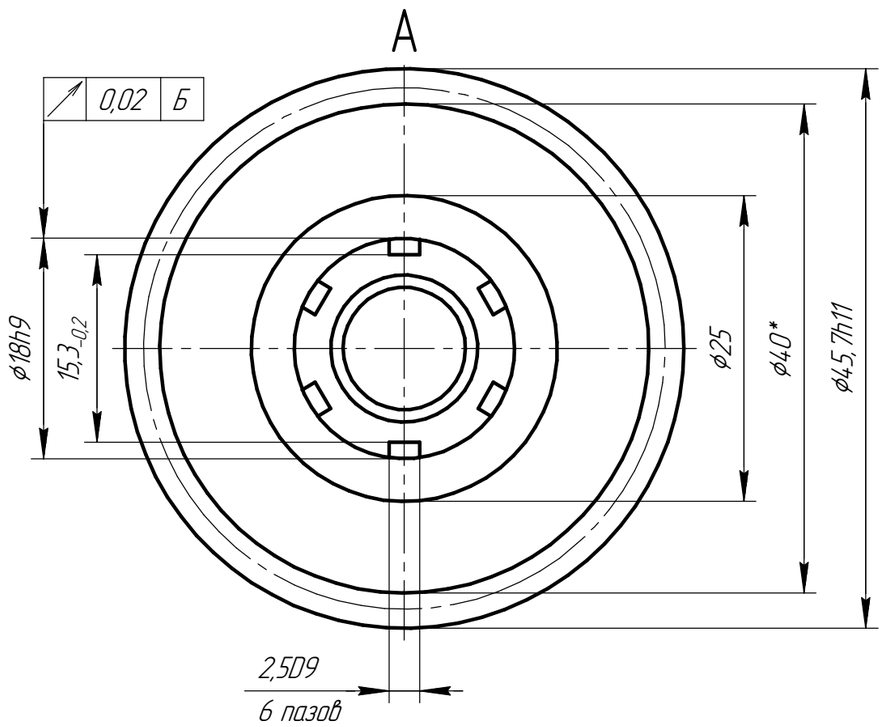
Подп. и дата

Инв. № подл.



$\sqrt{Rz\ 25\ (\sqrt{})}$

Число зубьев	z	22
Модуль нормальный	m	1,75
Угол наклона зубьев	β	35°
Коэффициент изменения расчетной толщины зуба	x	0
Межосевой угол		90°
Исходный контур		ГОСТ 14.202-81
Степень точности		8-В
Направление спирали		Правое



1 HRC 35...40
2 Зубья цементировать: h=1,0...1,5 мм, HRC 55...60
3 *Размеры для справок
4 Общие допуски по ГОСТ 30893.1
5 Предельное отклонение шага зуба: ±0,022 мм.
6 Пятно контакта в передаче:
- по высоте зуба не менее 60%,
- по длине зуба не менее 55%.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	ПГУ 1.1-10.23.05.01.006.002-01			
Разраб.		Зуев			Вал-шестерня	Лит. Д П	Масса 0,24	Масштаб 2:1
Пров.		Войнов				Лист	Листов 1	
Т.контр.								
Н.контр.		Жук			Сталь 40Х ГОСТ 4543-2018	Кафедра "ТМ" гр. 15МН1		
Утв.		Салмин						

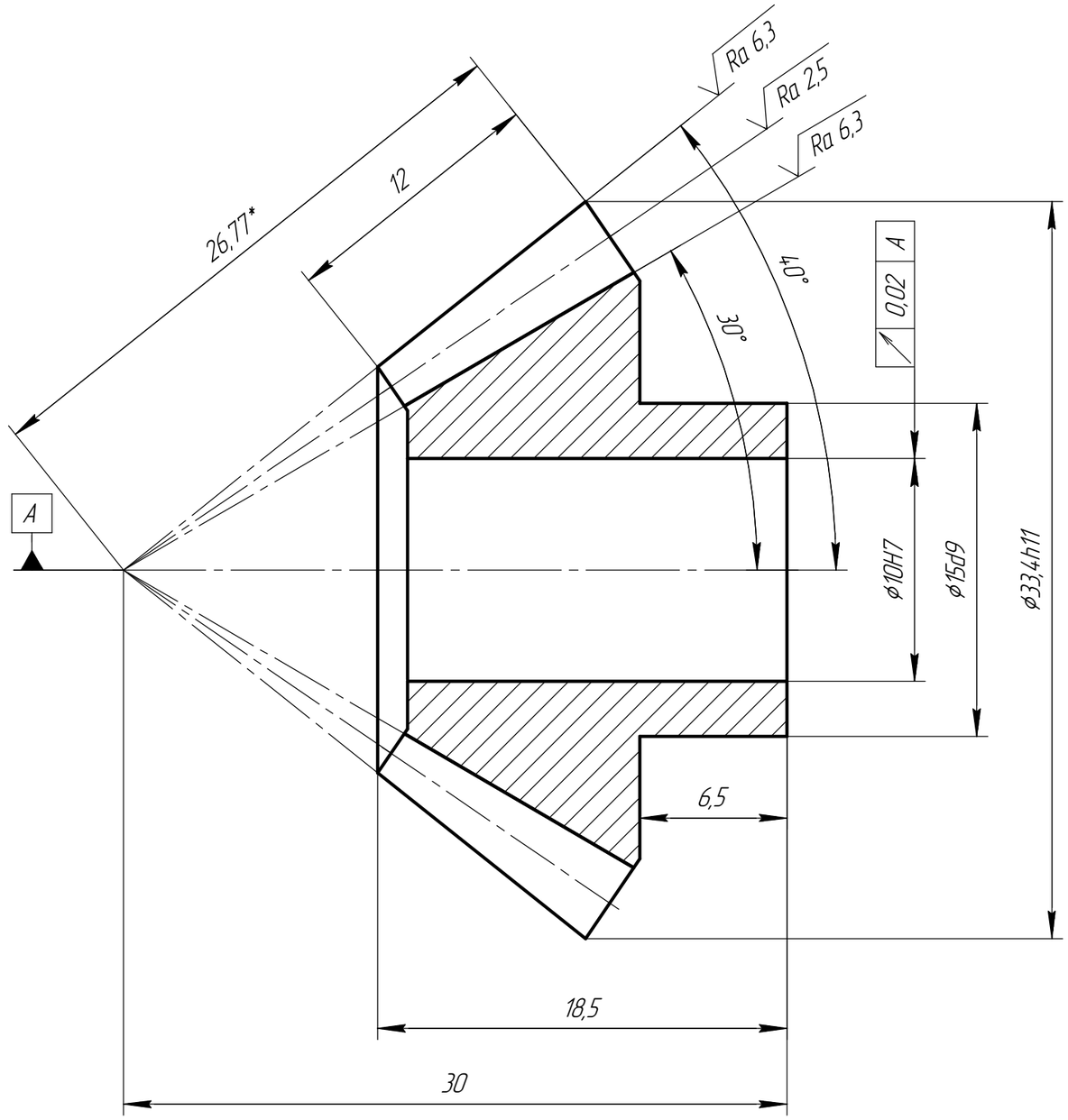
Копировал

Формат А3

ПГУ 1.1-10.23.05.01.006.002-09

Перв. примен.

Справ. №



Rz 25 (√)

Число зубьев	z	15
Модуль нормальный	m	1,75
Угол наклона зубьев	β	35°
Коэффициент изменения расчетной толщины зуба	x	0
Межосевой угол		90°
Исходный контур		ГОСТ 14.202-81
Степень точности		8-В
Направление спирали		Правое

1 HRC 35...40
2 Зубья цементировать: h=1,0...1,5 мм, HRC 55...60
3 *Размеры для справок
4 Общие допуски по ГОСТ 30893.1
5 Предельное отклонение шага зуба: ±0,022 мм.
6 Пятно контакта в передаче:
- по высоте зуба не менее 60%,
- по длине зуба не менее 55%.

Подп. и дата

Инв. № дубл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.		Зуев		
Пров.		Войнов		
Т.контр.				
Н.контр.		Жук		
Утв.		Салмин		

ПГУ 1.1-10.23.05.01.006.002-09

Саттелит

Лит.	Масса	Масштаб
Д П	0,037	4:1
Лист	Листов 1	

Сталь 40Х ГОСТ 4543-2018

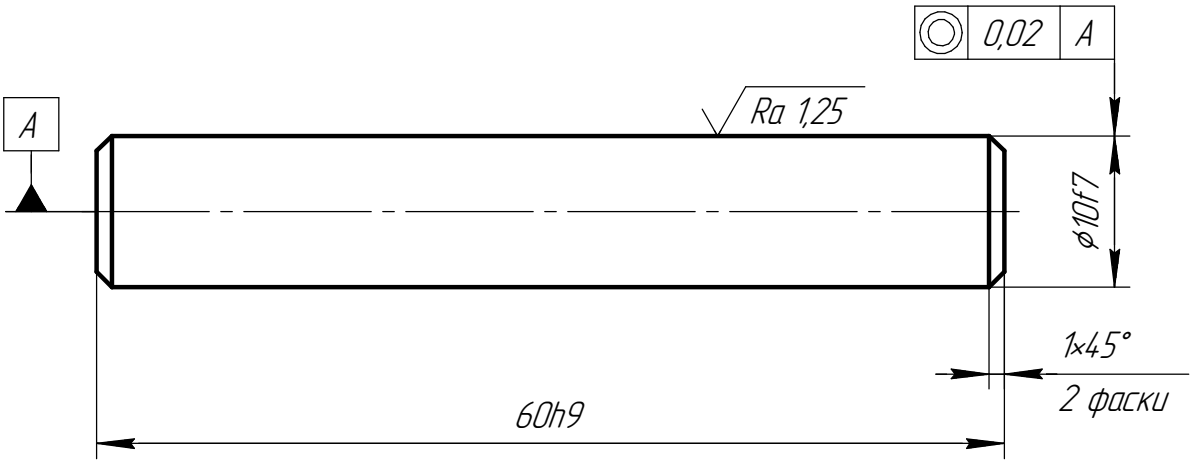
Кафедра "ТМ" гр. 15МН1

Копировал

Формат А3

ПГУ 1.1-10.23.05.01.006.002-07

Rz 25 (√)



1 HRC 30...35
2 Общие допуски по ГОСТ 30893.1

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.		Зуев		
Пров.		Войнов		
Т.контр.				
Н.контр.		Жук		
Утв.		Салмин		

ПГУ 1.1-10.23.05.01.006.002-07

Ось

Лит.	Масса	Масштаб
Д П	0,0365	2:1

Лист | Листов 1

Сталь 45 ГОСТ 1050-2013

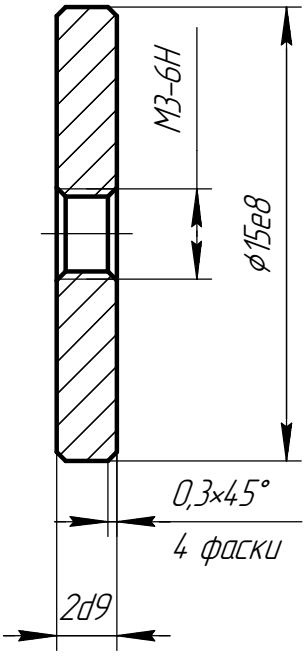
Кафедра "ТМ" гр. 15МН1

Перв. примен. | Справ. № | Подп. и дата | Инв. № дубл. | Взам. инв. № | Подп. и дата | Инв. № подл.

Копировал | Формат А4

ПГУ 1.1-10.23.05.01.006.002-08

Ra 3,2



1 HRC 30...35
2 Общие допуски по ГОСТ 30893.1

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.		Зуев		
Пров.		Войнов		
Т.контр.				
Н.контр.		Жук		
Утв.		Салмин		

ПГУ 1.1-10.23.05.01.006.002-08

Пробка

Лит.	Масса	Масштаб
Д П	0,0026	4:1
Лист	Листов 1	

Сталь 45 ГОСТ 1050-2013

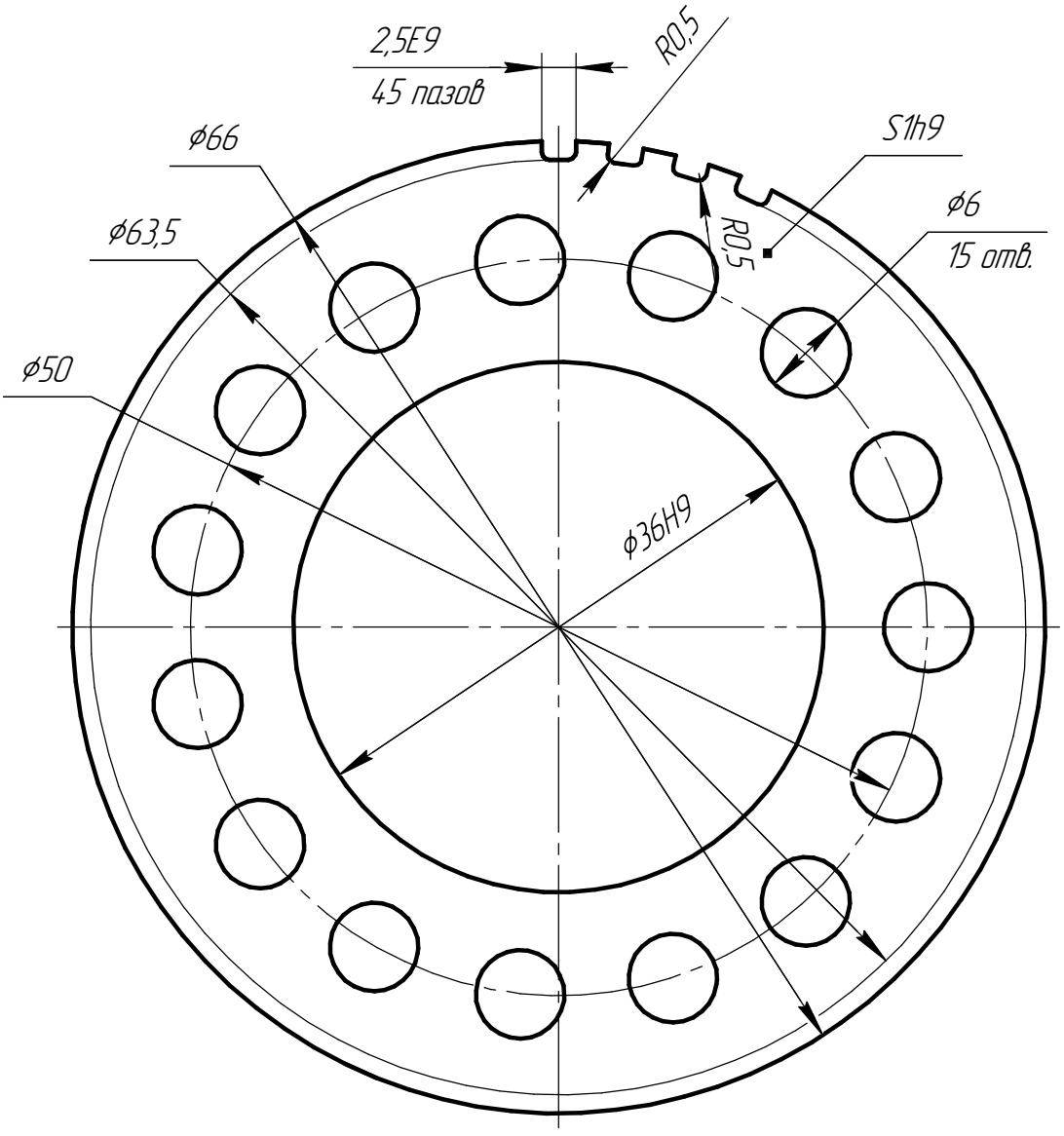
Кафедра "ТМ" гр. 15МН1

Перв. примен. | Справ. № | Подп. и дата | Инв. № дубл. | Взам. инв. № | Подп. и дата | Инв. № подл.

Копировал | Формат А4

ПГУ 1.1-10.23.05.01.006.002-04

Rz 25



1 HRC 35...40
2 Острые кромки притупить
3 Общие допуски по ГОСТ 30893.1

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.		Зуев		
Пров.		Войнов		
Т.контр.				
Н.контр.		Жук		
Утв.		Салмин		

ПГУ 1.1-10.23.05.01.006.002-04

Диск

Лит.	Масса	Масштаб
Д П	0,0145	2:1

Лист | Листов 1

Сталь 45 ГОСТ 1050-2013

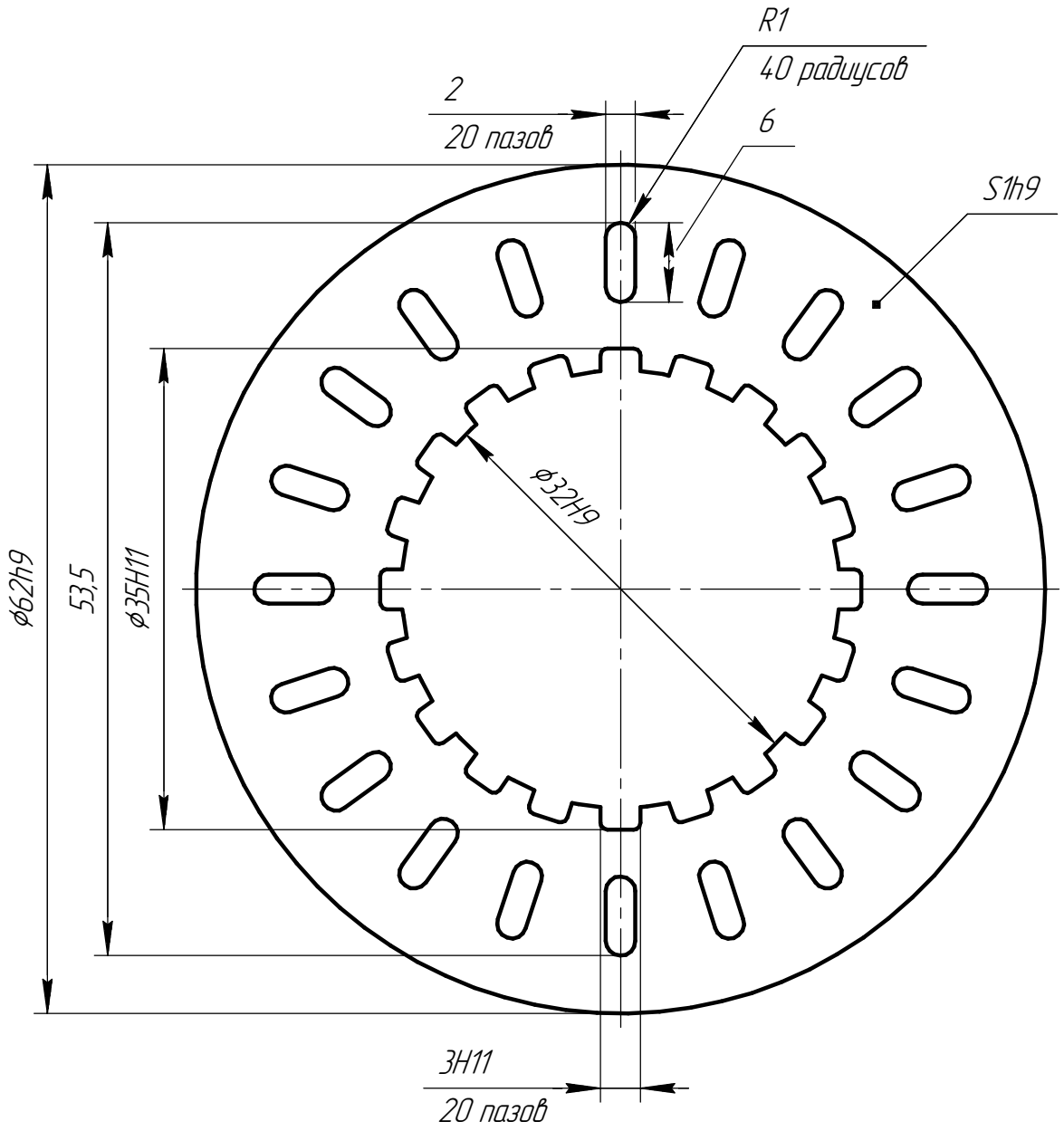
Кафедра "ТМ" гр. 15МН1

Перв. примен. | Справ. № | Подп. и дата | Инв. № дубл. | Взам. инв. № | Подп. и дата | Инв. № подл.

Копировал | Формат А4

ПГУ 1.1-10.23.05.01.006.002-10

Ra 6,3



1 HRC 35...40
2 Острые кромки притупить
3 Общие допуски по ГОСТ 30893.1

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.		Зуев		
Пров.		Войнов		
Т.контр.				
Н.контр.		Жук		
Утв.		Салмин		

ПГУ 1.1-10.23.05.01.006.002-10

Фрикцион

Лит.	Масса	Масштаб
Д П	0,015	2:1

Лист | Листов 1

Сталь 45 ГОСТ 1050-2013

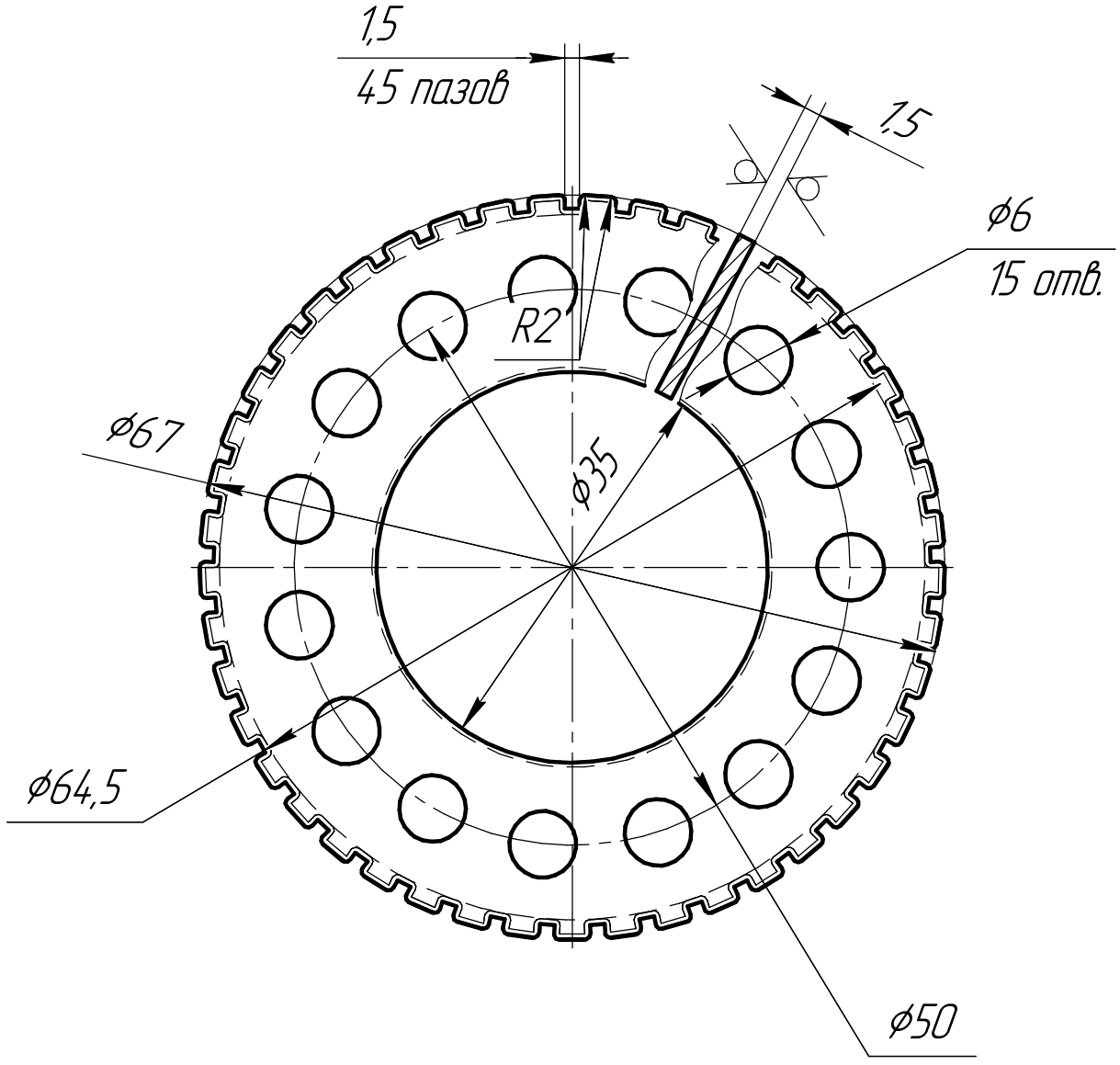
Кафедра "ТМ" гр. 15МН1

Перв. примен. | Справ. № | Подп. и дата | Инв. № дубл. | Взам. инв. № | Подп. и дата | Инв. № подл.

Копировал | Формат А4

ПГУ 1.1-10.23.05.01.006.010

Ra 32 (√)



Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.		Зуев		
Пров.		Войнов		
Т.контр.				
Н.контр.		Жук		
Утв.		Салмин		

ПГУ 1.1-10.23.05.01.006.010

Заготовка

Лит.	Масса	Масштаб
Д П	20,1 г	4:1

Лист | Листов 1

Лист 1,5 ГОСТ 19903-2015 / 45 ГОСТ 1577-93

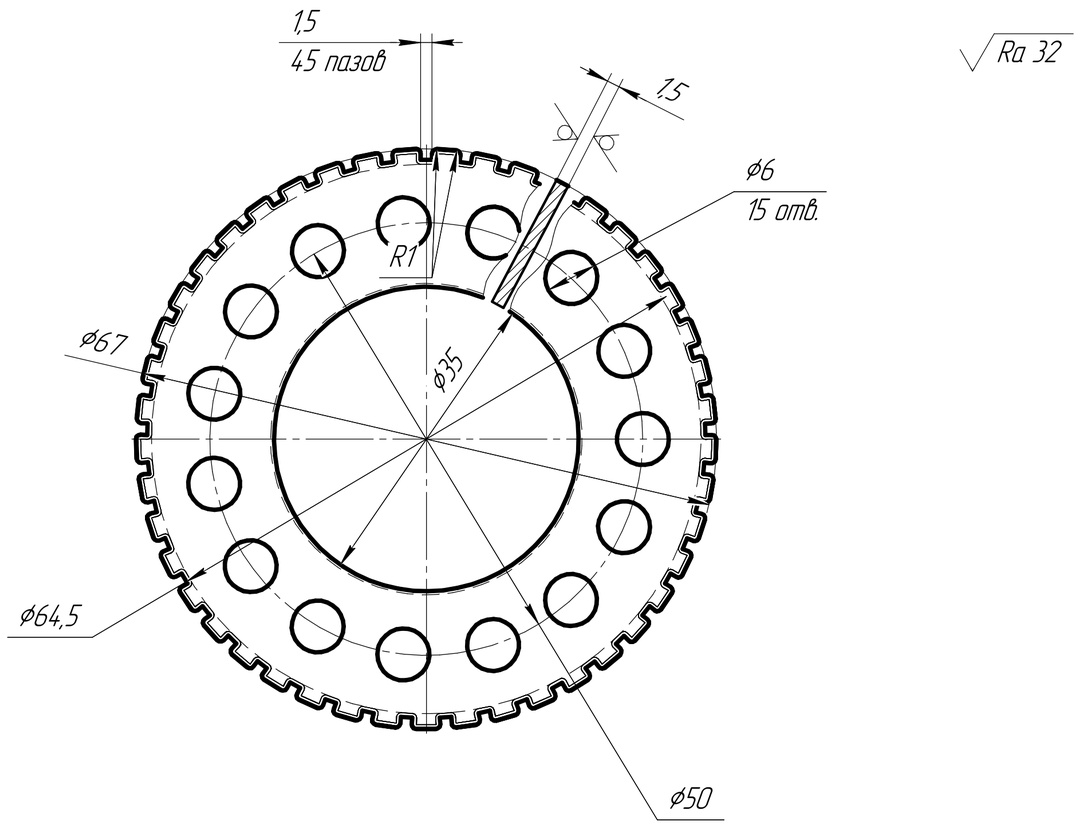
Кафедра "ТМ" гр. 15МН1

Перв. примен. | Справ. № | Подп. и дата | Инв. № дубл. | Взам. инв. № | Подп. и дата | Инв. № подл.

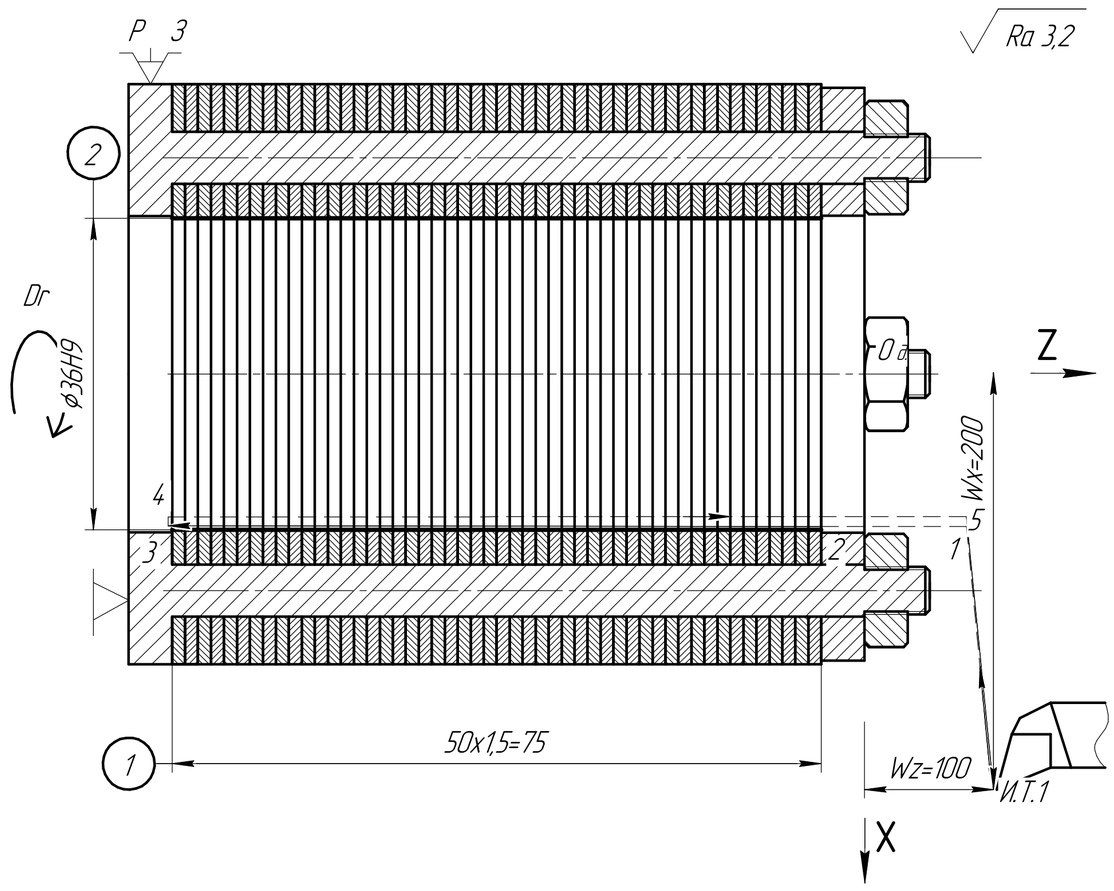
Копировал | Формат А4

ПГУ 1.1-10.23.05.01.006.011 НТ

Операция 010 Заготовительная
Оборудование: Оптоволоконная установка лазерного раскроя IRONMAC. Модель B

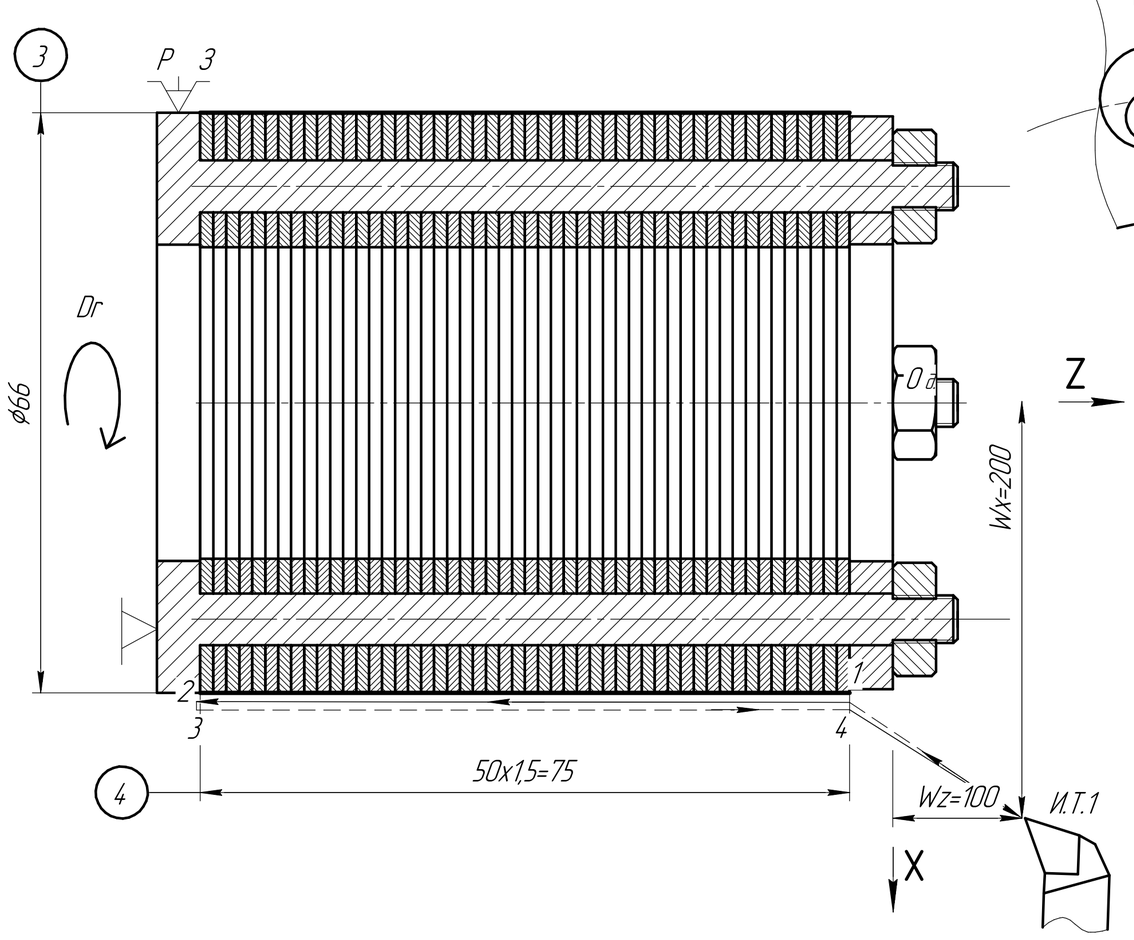


Операция 020 Алмазно-расточная
Оборудование: Алмазно-расточной станок мод. ОС 2706



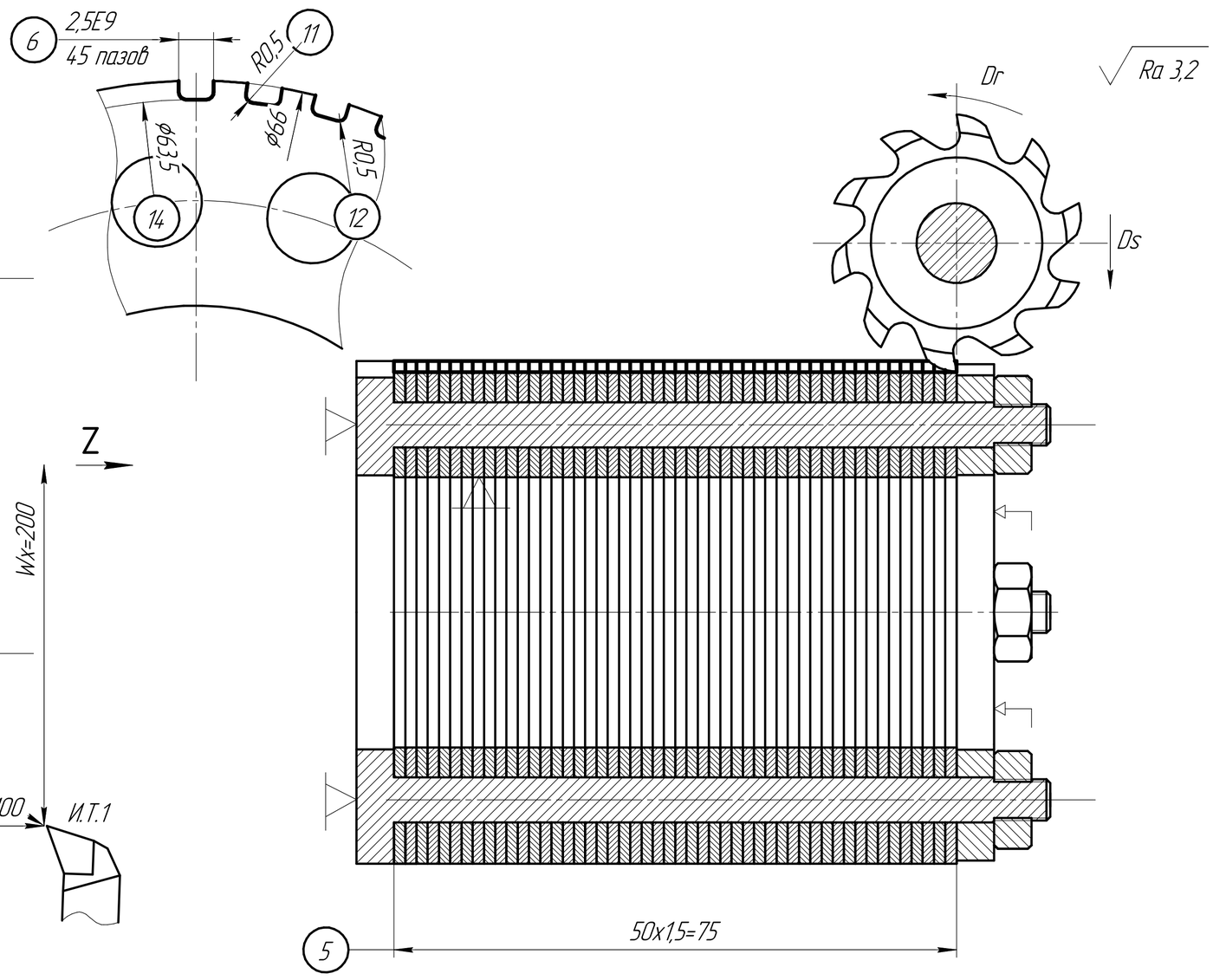
№ операции	Содержание технологического перехода	№ и краткое обозначение инструмента	Режимы резания					Время		
			t,мм	S,мм/об	V,м/мин	n,мин⁻¹	i	To,мин	Tпз,мин	Tшт,мин
020	Точить поверхность выдерживая размеры 1, 2	Расточной 2141-0028 Т15К6 ГОСТ 18883-73	2	0,2	172,7	2000	1	0.47	24	4.11

Операция 025 Токарная с ЧПУ
Обрудование: Токарно-винторезный станок 16К20Ф3С32



№ операции	Содержание технологического перехода	№ и краткое обозначение инструмента	Режимы резания					Время		
			t,мм	S,мм/об	V,м/мин	n,мин⁻¹	i	To,мин	Tпз,мин	Tшт,мин
025	Точить поверхность выдерживая размеры 3, 4	Подрезной резец 2112-0031 ГОСТ 18871-73	2	0,2	75	150	1	0,41	25	3.2

Операция 030 Горизонтально-фрезерная
Обрудование: Горизонтально-фрезерный станок КН40G



№ опер.	№ пер.	Содержание технологического перехода	Краткое обозначение инструмента	Режимы резания						Время
				t мм	i	S мм/об	Sz мм/зуб	n мин⁻¹	V м/мин	T_o мин
030	1	Фрезеровать зубья	Фреза специальная Р6М5	2,5	45	–	0,12	200	56,5	2,77

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	ПГУ 1.1-10.23.05.01.006.011 НТ			
Разраб.		Зуев			Наладки технологические	Лит. Д П	Масса	Масштаб
Пров.		Войнов				Лист	Листов 1	
Т.контр.						Кафедра "ТМ" гр. 15МН1		
Н.контр.		Жук						
Утв.		Салмин						

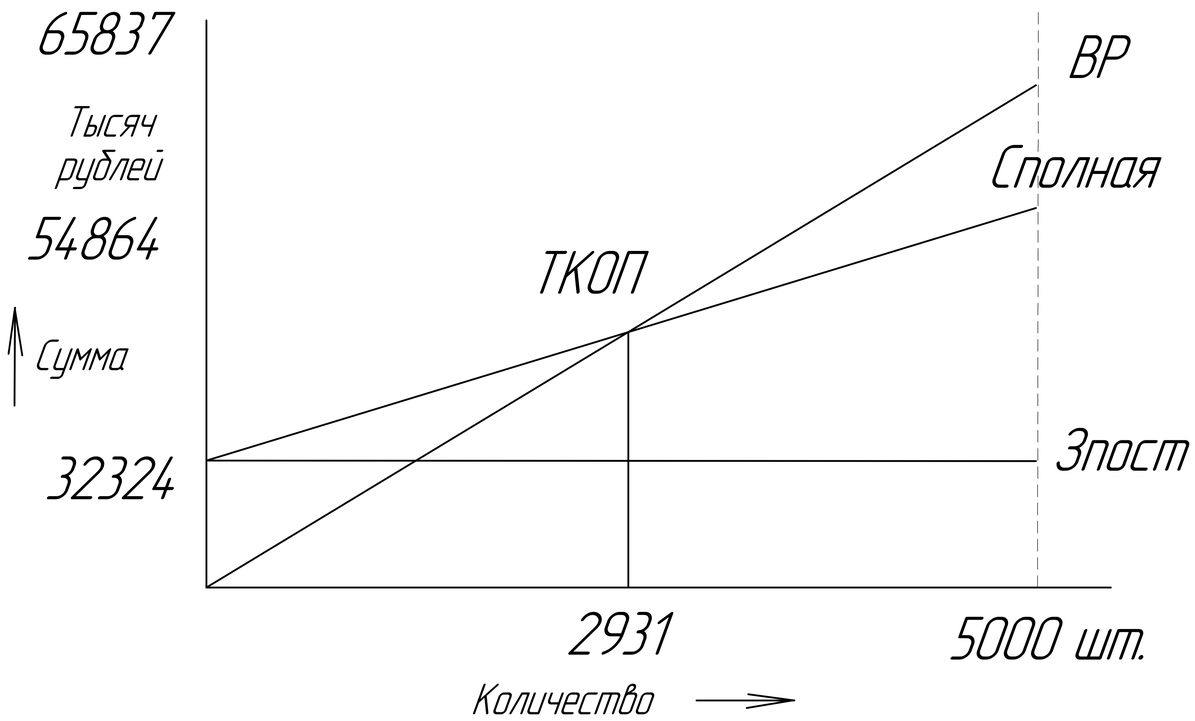
Перв. примен. | Справ. № | Подп. и дата | Инв. № дубл. | Взам. инв. № | Подп. и дата | Инв. № подл.

Копировал | Формат А1

Сводные экономические показатели проекта

Наименование статей калькуляции	Сумма, руб.	Удельный вес
Сырье и материалы, руб.	2205,51	20,51
Покупные комплектующие, руб.	851,73	7,92
Основная заработная плата, руб.	810,45	7,54
Дополнительная заработная плата, руб.	162,09	3,01
Вознаграждения за выслугу лет, руб.	81,05	0,68
Отчисления на социальные нужды (суммарно), руб.	316,08	2,92
Расходы на инструмент и оснастку, руб.	81,05	4,3
Общепроизводственные расходы, руб.	2026,15	16,95
Общехозяйственные расходы, руб.	1539,87	9,27
Производственная себестоимость, руб.	8073,89	77,96
Условные затраты на проектирование изделия, руб.	72,97	1,32
Расходы на подготовку и освоение производства, руб.	2422,19	23,39
Затраты на содержание оборудования	2107,17	18,38
Коммерческие расходы, руб.	403,7	3,89
Полная себестоимость, руб.	10972,84	100

Графический метод нахождения точки критического объема производства



Разработал	Зуев	Каф. "ТМ" гр. 15МН1
Руководитель	Войнов	