

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»

ИНСТИТУТ МАШИНОСТРОЕНИЯ

Кафедра «Проектирование и эксплуатация автомобилей»

УТВЕРЖДАЮ

Зав. кафедрой «Проектирование и
эксплуатация автомобилей»

_____ А.В. Бобровский
«10» декабря 2015 г.

ЗАДАНИЕ

на выполнение бакалаврской работы

Студент *Михалев Илья Сергеевич*

1 Тема Полноприводный легковой автомобиль 2 класса. Модернизация карданной передачи

2 Срок сдачи студентом законченного проекта «01» июня 2016 г.

3 Исходные данные: автомобиль 4x4, $m_0 = 1210$ кг; $V_{max} = 140$ (38,89) км/ч (м/с); $\omega_e^{max} = 586$ (5600) рад/с (мин⁻¹); $\omega_e^{min} = 83,7$ (800) рад/с (мин⁻¹); $N_e^{max} = 59,5$ (5000) кВт (при мин⁻¹); $M_e^{max} = 127,5$ (3000) Н·м (при мин⁻¹); $f_0 = 0,012$; передаточные числа: $U_1=3,67$, $U_2=2,10$, $U_3=1,36$, $U_4=1,00$, $U_5=0,82$, $U_0=3,9$, $U_{PK1}=2,1$, $U_{PK2}=1,2$.

Цель проекта: замена шарниров неравных угловых скоростей на шарниры равных угловых скоростей.

4 Содержание (перечень подлежащих разработке вопросов):

Аннотация

Введение

1 Состояние вопроса

1.1 Назначение агрегата или системы

1.2 Требования, предъявляемые к конструкции агрегата или системы.

1.3 Классификация конструкций агрегата или системы

1.4 Обзор и тенденции развития конструкции агрегата или системы.

1.5 Выбор и обоснование принятого варианта конструкции (предварительное).

2 Защита интеллектуальной собственности

(предусмотрено/не предусмотрено) Руководитель _____

3 Конструкторская часть

3.1 Тягово-динамический расчет автомобиля

3.2 Выбор компоновочной схемы объекта.

3.3 Кинематические, динамические и др. расчеты.

3.4 Выбор деталей, подлежащих расчету, определение нагрузочных режимов.

3.5 Расчет деталей (на прочность, износостойкость, нагрев и т.п.) и выбор материалов деталей.

3.6 Разработка вспомогательных механизмов (для охлаждения, обогрева, смазки, защиты от загрязнений, сигнализации предельного значения параметра и т.д.).

4 Технологическая /Исследовательская часть

Разработать технологическую схему сборки заднего карданного вала и технологический процесс сборки

5 Анализ экономической эффективности объекта

Определить точку безубыточности продаж модернизированной конструкции и экономическую эффективность проекта

6 Безопасность и экологичность объекта

Разработаны мероприятия по обеспечению безопасных условий труда на участке сборки карданной передачи

Заключение

Список литературы

Приложения: - **Графики тягово-динамического расчета**
- **Спецификации**

5 Ориентировочный перечень графического и иллюстративного материала:

Автомобиль. Общий вид. 1 лист ф. А1

Графики тягово-динамического расчета 1 лист ф.А1

Сборочные чертежи 2,5 листа формата А1

Детализовка 0,5 листа формата А1

Технологическая схема сборки разрабатываемого узла 1 лист ф. А1

Показатели экономической эффективности объекта 1 лист ф. А1

6 Консультанты по разделам

Технологическая /Исследовательская часть _____/Д. Ю. Воронов/

Анализ экономической эффективности объекта _____/Л.Л.Чумаков/

Безопасность и экологичность объекта _____/А.Н.Москалюк/

7 Дата выдачи задания «10» декабря 2015 г.

Руководитель выпускной
квалификационной работы

И.В.Еремина

Задание принял к исполнению

И.С.Михалев

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»

ИНСТИТУТ МАШИНОСТРОЕНИЯ
Кафедра «Проектирование и эксплуатация автомобилей»

УТВЕРЖДАЮ

Зав. кафедрой «Проектирование
и эксплуатация автомобилей»

А.В. Бобровский

(подпись)

(И.О. Фамилия)

«10» декабря 2015г.

КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН **выполнения бакалаврской работы**

Студента Михалева Ильи Сергеевича

по теме «Полноприводный легковой автомобиль 2 класса. Модернизация карданной передачи»

Наименование раздела работы	Плановый срок выполнения раздела	Фактический срок выполнения раздела	Отметка о выполнении	Подпись руководителя
1. Состояние вопроса	14.04.2016			
2. Тяговый расчет	14.04.2016			
3. Патентное исследование	20.04.2016			
4. Расчет проектируемого механизма	25.04.2016			
5. Чертежи деталей механизмов и узлов	25.04.2016			
6. Технологическая часть	25.04.2016			
7. Экономическая часть	30.04.2016			
8. Безопасность и экологичность объекта	30.04.2016			
9. Сдача готовых ВКР на предварительную проверку	04.05.2016			
10. Предварительная защита	01.06.2016			

Руководитель выпускной
квалификационной работы

(подпись)

И.В.Еремина

(И.О. Фамилия)

Задание принял к исполнению

(подпись)

И.С.Михалев

(И.О. Фамилия)

Аннотация

Выполнена модернизация карданной передачи полноприводного легкового автомобиля второго класса ВАЗ-21213. Суть модернизации заключается в замене шарниров неравных угловых скоростей на шарниры равных угловых скоростей.

Осуществлен обзор существующих конструктивных решений по данной тематике и обосновано применение выбранного варианта.

Выполнен тяговый расчет автомобиля, а также необходимые расчеты модернизированной карданной передачи.

Разработана технологическая схема сборки заднего карданного вала и технологический процесс сборки.

Разработаны мероприятия по обеспечению безопасных условий труда на участке сборки карданной передачи.

Определена точка безубыточности продаж модернизированной конструкции и экономическая эффективность проекта.

Работа состоит из пояснительной записки объемом 105 страница, включая 15 таблиц и 29 рисунков, а также графической части объемом 6 листов формата А1.

Содержание

Введение	9
1 Состояние вопроса	10
1.1 Назначение и классификация карданных передач	10
1.2 Требования к конструкции	10
1.3 Обзор конструкций карданных передач	12
1.4 Тенденции и современный уровень развития.....	19
1.5 Выбор и обоснование конструкции карданной передачи	20
2 Защита интеллектуальной собственности.....	23
3 Конструкторская часть.....	23
3.1 Тягово-динамический расчет автомобиля.....	23
3.1.1 Исходные данные.....	23
3.1.2 Подготовка исходных данных для тягового расчёта	24
3.1.3 Расчёт внешней скоростной характеристики (ВСХ) двигателя.....	25
3.1.4 Определение передаточного числа главной передачи	26
3.1.5 Определение передаточных чисел коробки передач и раздаточной коробки	27
3.1.6 Силовой баланс автомобиля	29
3.1.7 Динамическая характеристика автомобиля	30
3.1.8 Разгон автомобиля	31
3.1.9 Время и путь разгона.....	33
3.1.10 Мощностной баланс автомобиля.....	36
3.2 Расчёт топливно-экономической характеристики автомобиля.....	38
3.3 Расчет основных параметров модернизированной конструкции карданной передачи.....	40
3.3.1 Кинематический расчет	40
3.3.2 Расчет карданного вала на прочность и жесткость	44
3.3.3 Расчет шлицевого соединения.....	45
3.3.4 Расчет шарниров равных угловых скоростей	46
4 Разработка Технологии сборки	48
4.1 Общие сведения	48
4.2 Анализ изменений конструкции, приводящих к изменению технологии сборки	51
4.3 Разработка технологического процесса сборки карданной передачи. Составление перечня сборочных работ	51
4.4 Определение трудоемкости сборки	54
4.5 Определение типа производства и организационной формы сборки	54
4.6 Составление маршрутной технологии	55
4.7 Проектирование сборочных операций	56
4.8 Синхронизация сборочных операций	56
4.9 Выводы по разделу	58
5 Безопасность и экологичность объекта	59

5.1	Описание участка	59
5.2	Опасные и вредные производственные факторы (ОВПФ).....	60
5.3	Мероприятия по снижению и предотвращению влияния опасных и вредных производственных факторов.....	62
5.3.1	Обеспечение безопасности от движущихся машин, механизмов, подвижных частей оборудования	62
5.3.2	Обеспечение безопасности при работе с охлаждающими и смазочными материалами.....	62
5.3.3	Обеспечение электробезопасности на сборочном участке	62
5.3.4	Обеспечение защиты от повышенного уровня шума и вибрации, запыленности.....	64
5.3.5	Обеспечение освещенности рабочего места.....	65
5.3.6	Методы борьбы с утомляемостью и воздействием статических нагрузок.....	66
5.3.7	Обеспечение пожаробезопасности	67
5.4	Экологическая экспертиза разрабатываемого объекта	68
5.5	Безопасность объекта при аварийных и чрезвычайных ситуациях ...	69
5.6	Выводы по разделу	72
6	Эффективность проекта	73
6.1	Введение	73
6.2	Расчет себестоимости проектируемого узла	74
6.2.1	Исходные данные.....	74
6.2.2	Расчет статьи затрат «Сырье и материалы»	75
6.2.3	Расчет статьи затрат «Покупные изделия и полуфабрикаты»..	76
6.2.4	Расчет статьи затрат «Основная заработная плата производственных рабочих»	76
6.2.5	Расчет статьи затрат «Дополнительная заработная плата производственных рабочих»	77
6.2.6	Расчет статьи затрат «Отчисления в единый социальный налог»	77
6.2.7	Расчет статьи затрат «Расходы на содержание и эксплуатацию оборудования»	78
6.2.8	Расчет статьи затрат «Цеховые расходы».....	78
6.2.9	Расчет статьи затрат «Расходы на инструмент и оснастку».....	78
6.2.10	Расчет цеховой себестоимости	78
6.2.11	Расчет статьи затрат «Общезаводские расходы»	78
6.2.12	Расчет общезаводской себестоимости	79
6.2.13	Расчет статьи затрат «Коммерческие расходы»	79
6.2.14	Расчет полной себестоимости.....	79
6.2.15	Расчет отпускной цены для базового и проектируемого изделия	79
6.3	Расчет точки безубыточности проекта	80
6.3.1	Определение переменных затрат на единицу изделия	81
6.3.2	Определение постоянных затрат.....	81

6.3.3	Полная себестоимость годовой программы выпуска изделия	82
6.3.4	Годовая выручка от реализации изделия	82
6.3.5	Расчет маржинального дохода	82
6.3.6	Расчет критического объема продаж	82
6.4	Расчет коммерческой эффективности проекта	83
6.4.1	Увеличение нарастающего итога	83
6.4.2	Выручка по годам	83
6.4.3	Переменные затраты по годам	84
6.4.4	Амортизация	85
6.4.5	Полная себестоимость по годам	85
6.4.6	Налогооблагаемая прибыль по годам	85
6.4.7	Налог на прибыль по годам	86
6.4.8	Прибыль чистая по годам	86
6.4.9	Расчет экономии от повышения долговечности карданной передачи	87
6.4.10	Текущий чистый доход (накопленное сальдо)	88
6.4.11	Выбор величины ставки дисконтирования	88
6.4.12	Текущий чистый дисконтированный доход	89
6.4.13	Суммарный чистый дисконтированный доход за расчетный период	89
6.4.14	Расчет потребности в капиталобразующих инвестициях	89
6.4.15	Определение чистого дисконтированного дохода	89
6.4.16	Определение индекса доходности	89
6.4.17	Определение срока окупаемости	89
6.5	Выводы	92
Заключение		93
Список литературы		95
Приложения		97

ВВЕДЕНИЕ

Перед автомобильной промышленностью и автомобильным транспортом нашей страны, особенно, в условиях сложившегося в последнее время мирового кризисного положения, стоит целый ряд задач: совершенствование конструкции транспортных средств, повышение их производительности и потребительских свойств, снижение эксплуатационных затрат, повышение активной и пассивной безопасности и ряд других.

Важнейшими направлениями дальнейшего повышения технического уровня автомобильной техники является уменьшение расхода топлива и масла, снижение трудоемкости технического обслуживания, расхода материалов на изготовление автомобилей, снижение уровня шума и вибраций, токсичности отработавших газов и повышение безопасности конструкции.

Масса автомобиля может быть уменьшена за счет использования легких сплавов, пластмасс, композитных материалов, высокопрочных сталей, а также рациональной формы и конструкции деталей и узлов.

При проектировании трансмиссии автомобиля приходится решать задачи, связанные с повышением КПД, снижением металлоемкости при достаточной прочности конструкции, минимизацией затрат на техническое обслуживание и ремонт при заданной долговечности, а также сведением к минимуму трудоемкости изготовления.

Полноприводные автомобили семейства ВАЗ-21213 «4x4» являются надежными и хорошо зарекомендовавшими себя внедорожными автомобилями. Однако имеется ряд недостатков, присущих, в частности, карданной передаче, работа которой сопровождается достаточно высоким шумом и вибрациями. Вибрации вызываются неравномерностью вращения карданной передачи.

Данный недостаток можно устранить используя вместо обычных карданных шарниров шарниры равных угловых скоростей (ШРУС).

1 СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА

Опыт развития отечественного автомобилестроения, работы ведущих зарубежных фирм — изготовителей карданных передач ОШВ (Германия), Дана (США), Харди Спайсер (Англия), Глейзер Спайсер (Франция) и др. свидетельствуют о том, что в настоящее время сформировалась принципиальная схема конструкции карданной передачи, состоящей из карданных шарниров неравной угловой скорости, соединенных трубой и имеющих подвижное шлицевое соединение.

1.1 Назначение и классификация карданных передач

Карданные передачи применяются в трансмиссиях автомобилей для силовой связи механизмов, валы которых несоосны или расположены под некоторым углом, причем взаимное положение их может меняться в процессе движения. Карданные передачи могут иметь один или несколько карданных шарниров, соединенных карданными валами, и промежуточной опоры. Карданные передачи применяются также для привода вспомогательных механизмов.

1.2 Требования к конструкции

Требования к карданным передачам зависят от их назначения. Общими требованиями для всех передач являются следующие:

- осуществление надежной передачи крутящего момента и создание условий для равномерного вращения вала механизма, приводимого в движение карданной передачей;
- обеспечение отсутствия резонансных явлений в зоне эксплуатационных скоростей;
- вибрационные нагрузки и уровень шума при работе карданной передачи должны быть минимальными;
- обеспечение высокого КПД малым трением во всех соединениях (в том числе и шлицевых);

- создание условий для надежной работы передачи с большим периодом технического обслуживания.

Разрушение карданных шарниров происходит в результате разрушения (бринеллирования) и выкрашивания шипов крестовины, рабочих поверхностей стаканов игольчатых подшипников, а также износа рабочих поверхностей из-за недостаточного слоя смазочного материала. Выкрашивание рабочих поверхностей шипов крестовины и стаканов подшипников является следствием усталостного разрушения, вызванного возникновением значительных контактных напряжений при неравномерном распределении нагрузки по длине рабочих игл.

Бринеллирование шипов крестовины также является результатом неравномерного распределения нагрузки по длине игл при их сдвиге относительно оси рабочих поверхностей шипов крестовин и стаканов подшипника. Бринеллирование возникает обычно в карданных шарнирах, имеющих малую жесткость вилок, или при недостаточной твердости рабочей поверхности шипа, а также при больших суммарных круговых зазорах. Следует отметить, что применение подшипника с иглами, имеющими сферические или плоские конусы, по сравнению с коническими увеличивает нагрузочную способность подшипника и уменьшает силы трения на торцах игл, а следовательно, снижается возможность их перекоса.

Конструкция карданного шарнира должна свести к минимуму появление меняющегося дисбаланса карданной передачи вследствие самопроизвольного устранения осевых зазоров в карданных шарнирах под действием центробежных сил. Поэтому к осевым зазорам в шарнирах и к точности фиксации центра крестовины относительно продольной оси карданного вала предъявляются особые требования.

1.3 Обзор конструкций карданных передач

Элементами карданной передачи являются карданный вал (валы) карданный шарнир, промежуточная опора и упругие муфты. Из этих элементов карданные шарниры, отличаются большим разнообразием конструкций и в наибольшей степени влияют на характеристику карданной передачи.

Тип карданной передачи определяется, как её расположением относительно автомобиля, так и типом карданов и наличием или отсутствием компенсирующего устройства.

Закрытая карданная передача (рисунок 1.1) применяется для легковых и грузовых автомобилей, в которых реактивный момент в заднем мосту воспринимается трубой, карданная передача размещается внутри трубы.



Рис.1 - Закрытая карданная передача

Открытые карданные передачи (рис. 1.2) применяются для автомобилей в которых реактивный момент воспринимается рессорами или реактивными тягами.

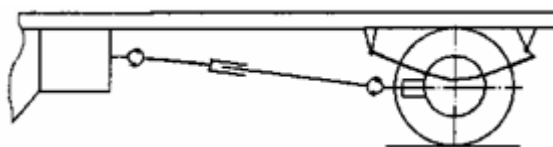


Рис. 2 - Открытая карданная передача

тягами.

Короткий вал обладает более высокой критической скоростью.

Основным элементом карданной передачи является карданный шарнир. Тип шарнира (см. рис. 1.3) определяет кинематическую схему карданной передачи и максимально допустимые углы наклона валов.

Карданные шарниры подразделяются на шарниры неравных и равных угловых скоростей. Шарниры неравных угловых скоростей (асинхронные) при наличии угла между валами характеризуются периодическим неравенством угловых скоростей ведущего и ведомого валов. При установке шарниров равных угловых скоростей (синхронных) угловые скорости соединяемых ими валов равны при любом их угловом перемещении. Они применяются главным образом в приводах ведущих управляемых колес.

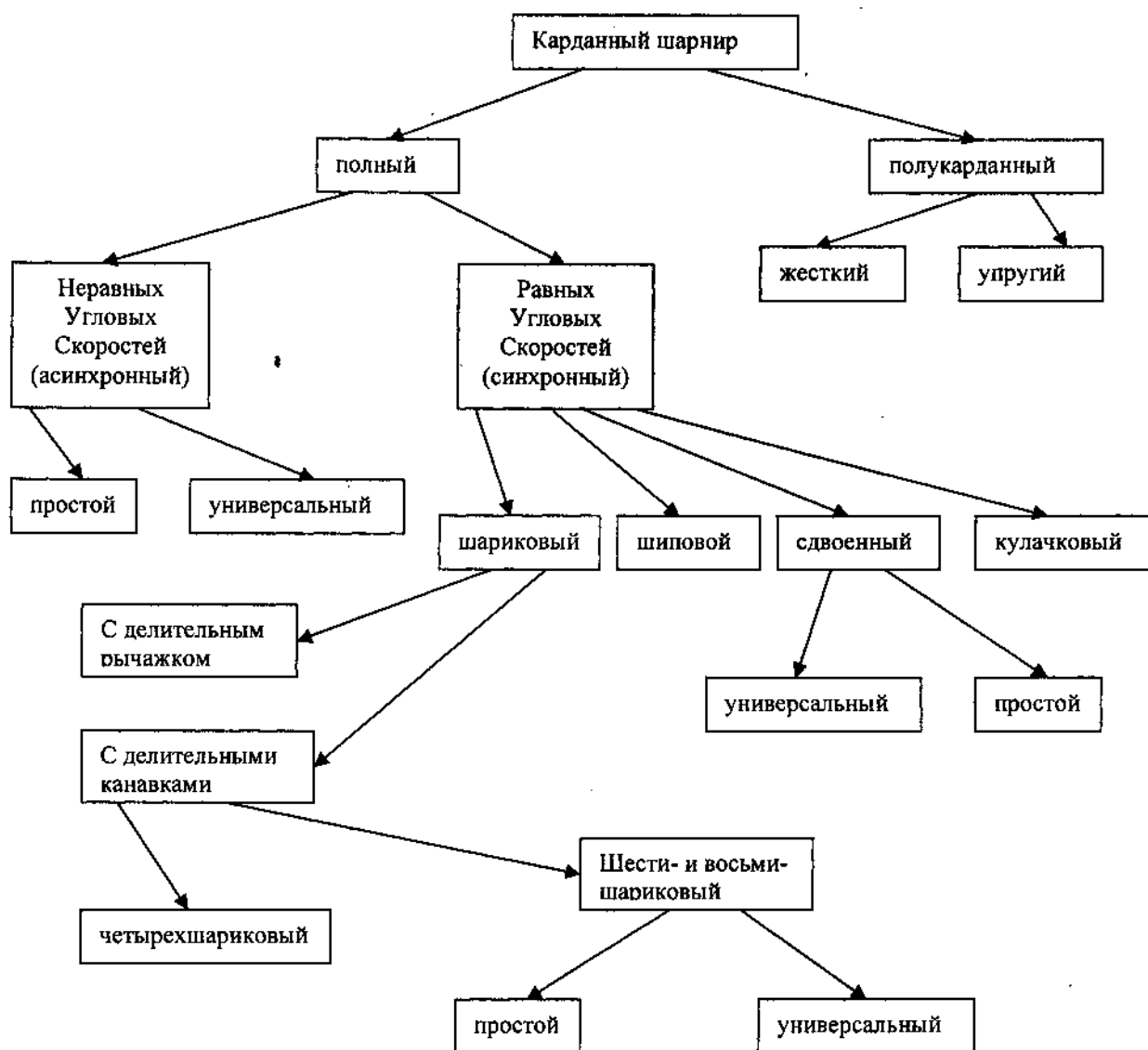


Рис. 3 - Классификация шарниров

Карданные передачи равных угловых скоростей (синхронные), применяют в приводе ведущих и одновременно управляемых колес, угол наклона ведомого вала в зависимости от конструкции шарнира может достигать 45°. Некоторые конструкции синхронных шарниров выполняются с компенсирующим устройством внутри механизма, т.е. универсальными. Простые шарниры отличаются от универсальных тем, что компенсация осевого перемещения осуществляется не в них, а в шлицевом соединении.

В основе всех конструкций карданных шарниров равных угловых скоростей (далее ШРУС) лежит единый принцип: точки контакта, через которые передаются окружные силы, находятся в биссекторной плоскости валов.

Конструкции подобных ШРУСов разнообразны. Рассмотрим наиболее применяемые.

Четырехшариковый карданный шарнир с делительными канавками (типа «Вейс») (рис. 1.4).

Достоинства:

- малая трудоемкость изготовления (наименьшая по сравнению с ШРУСами других типов);
- простота конструкции;
- высокий КПД, т.к. в нем преобладает трение качения.

Недостатки:

- передача усилия только двумя шариками при теоретически точечном контакте приводит к возникновению больших контактных напряжений (устанавливается на машины с нагрузкой на ось не выше 25-30 кН);
- при работе возникают распорные нагрузки, особенно если центр шарнира не лежит на оси шкворня;
- долговечность в эксплуатации обычно не превышает 25-30 тыс. км.

Шестишариковый ШРУС с делительным рычажком (типа «Рцепп») (рис. 1.5).

Достоинства:

- так как усилия в этом шарнире передаются шестью шариками, он обеспечивает передачу большого крутящего момента при малых размерах;
- распорные нагрузки отсутствуют в шарнире, если центр последнего совпадает с осью шкворня;
- шарнир обладает большой надежностью;
- высокий КПД.

Недостатки:

- технологически сложен в изготовлении;
- все детали его подвергаются токарной и фрезерной обработке с соблюдением строгих допусков, обеспечивающих передачу усилий всеми шариками;
- высокая стоимость.

Шестишариковый карданный шарнир с делительным канавками (типа «Бирфильд») (рис. 1.6).

Достоинства:

- отсутствие делительного рычажка позволяет этому шарниру работать при угле $\gamma=47^\circ$;
- КПД при малых углах выше 0,99;
- ресурс примерно, 150 тыс. км (при условии герметичности резинового защитного чехла).

Недостатки:

- КПД при $\gamma=30^\circ$ — 0,97;
- сравнительно большие потери объясняются тем, что наряду с трением качения для него характерно трение скольжения;
- шарнир простой, поэтому требуется компенсирующее устройство.

Универсальный шестишариковый карданный шарнир (типа ГНК) (рис. 1.7) .

Недостатки:

- при осевых перемещения шарики не перекрываются, а скользят, что снижает КПД шарнира;
- Угол γ до 20° .

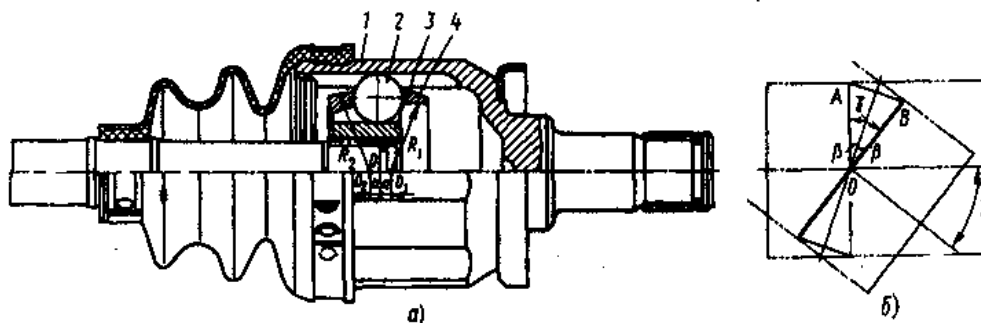


Рис. 4 - Шарнир типа «ГНК»

Универсальный шестишариковый карданный шарнир с делительными канавками (типа «Лебро») (рис. 1.8).

Достоинства:

- имеет наименьшие размеры, чем шарниров других типов;
- сепаратор не выполняет функции деления угла между валами, он менее нагружен, поэтому требования к точности изготовления меньше;
- шарнир имеет высокий КПД (0,99 при $\gamma = 10^\circ$).

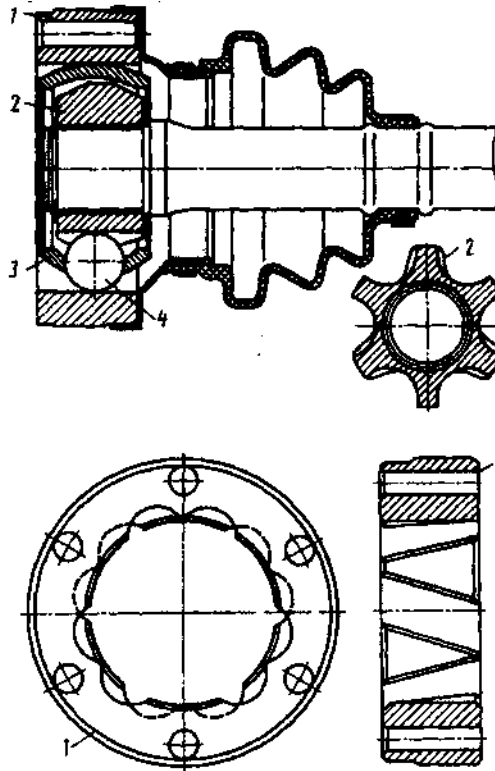


Рис. 5 - Шарнир типа «Лебро»

Трехшиповой карданный шарнир (типа «Трипод»).

Конструктивно эти шарниры имеют два исполнения: шарниры позволяющие передавать момент при углах γ до 43° , но не допускающие осевых перемещений (рис. 1.9), и универсальные шарниры, но работающие при сравнительно небольших углах между валами (рис. 1.10). В этом шарнире равенство угловых скоростей валов достигается благодаря изменению положения центра конца вала.

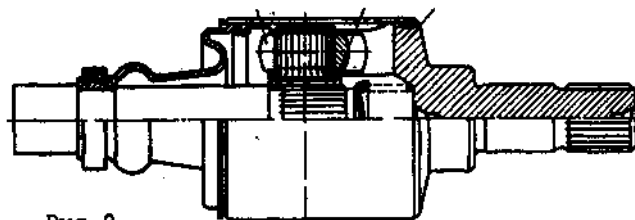


Рис. 9
Рис. 6 - Шарнир типа «Трипод» (вариант 1)

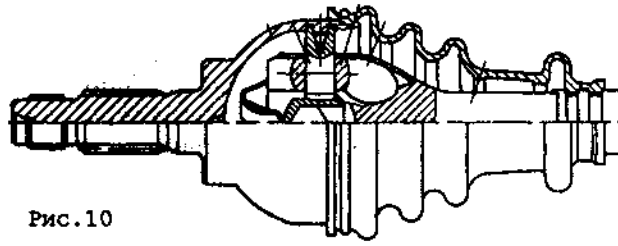


Рис. 10

Рис. 7 - Шарнир типа «Трипод»
(вариант2)

Преимущества:

- малые потери при осевом перемещении, так как это обеспечивается практически только качением, что определяет высокий КПД.

Кулачковый карданный шарнир (рис. 1.12 и рис. 1.11).

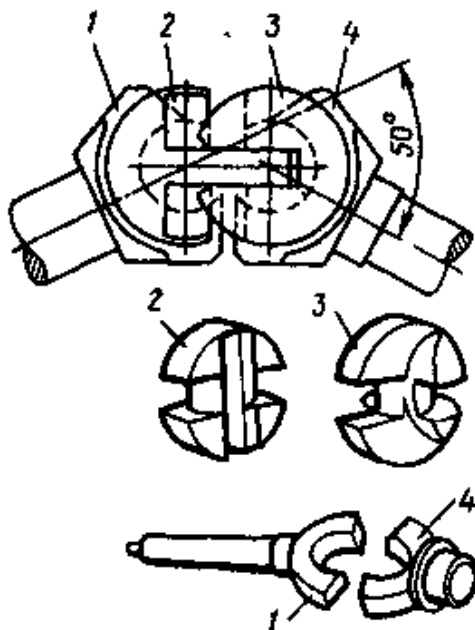


Рис. 9 - Шарнир «Трактал»

Кулачковые шарниры применяются на автомобилях большой грузоподъемности в приводе к ведущим управляемым колесам. Если разделить по оси симметрии кулачковый карданный шарнир неравных угловых скоростей с фиксированными осями качания (так же как у сдвоенного карданного шарнира). Благодаря наличию развитых

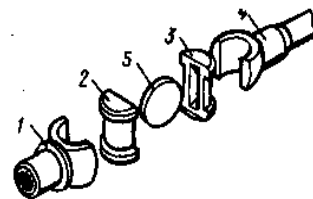


Рис. 8 -
Дисковый кулачковый
карданный шарнир

поверхностей взаимодействующих деталей шарнир способен передавать значительный по величине крутящий момент при обеспечении угла между

валами 45 — 50°.

Упругие полукарданные шарниры (рис. 1.14)

Достоинства:

- снижение динамических нагрузок при резких изменениях частоты вращения (например, при резком включении сцепления);
- отсутствие необходимости обслуживания в процессе эксплуатации;
- благодаря эластичности такой шарнир допускает небольшое осевое

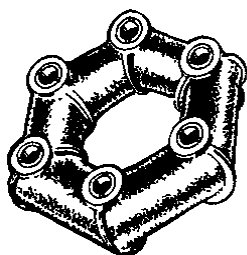


Рис. 10 - Упругое звено

перемещение карданного вала.

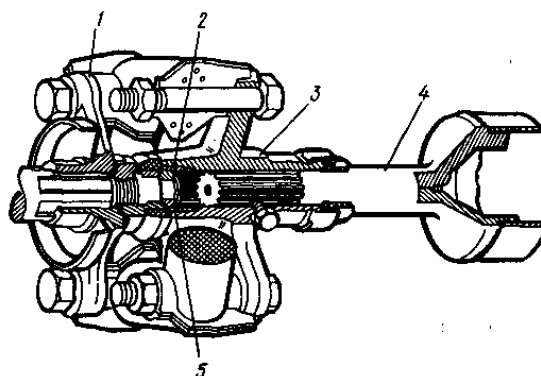


Рис. 11 - Упругий полукарданный шарнир

Недостатки:

- упругий полукарданный шарнир должен центрироваться, иначе нарушится балансировка карданного вала.

1.4 Тенденции и современный уровень развития

Конструкторские и исследовательские работы по карданным передачам в настоящее время направлены на совершенствование отдельных их элементов (карданных шарниров, игольчатых подшипников, подвижных соединений) и повышение качества их изготовления.

Большое значение для повышения контактной прочности карданных шарниров имеет повышение жесткости карданных вилок, и выбор марки стали крестовины. Жесткость вилок повышают путем допустимого смещения оси

подшипника в сторону фланца и путем допустимого увеличения расстояния между подшипниками. Несмотря на увеличение диаметра, такие вилки легче и могут быть оснащены подшипниками меньшего диаметра.

Следует отметить, что в некоторых современных конструкциях карданных передач используют шарниры равных угловых скоростей. Не смотря на кажущуюся дороговизну этих шарниров, во многом, их применение обусловлено стремлением снизить уровни вибрации в трансмиссии, улучшить условия работы самой трансмиссии и, даже, позволяет отказаться от осевой компенсации. Это позволяет упростить конструкцию самой карданной передачи.

1.5 Выбор и обоснование конструкции карданной передачи

Базовый вариант карданной передачи полноприводного легкового автомобиля ВАЗ-21213 состоит из (рис. 1.15):

- переднего карданного вала;
- промежуточного карданного вала с упругим полукарданным шарниром;
- заднего карданного вала.

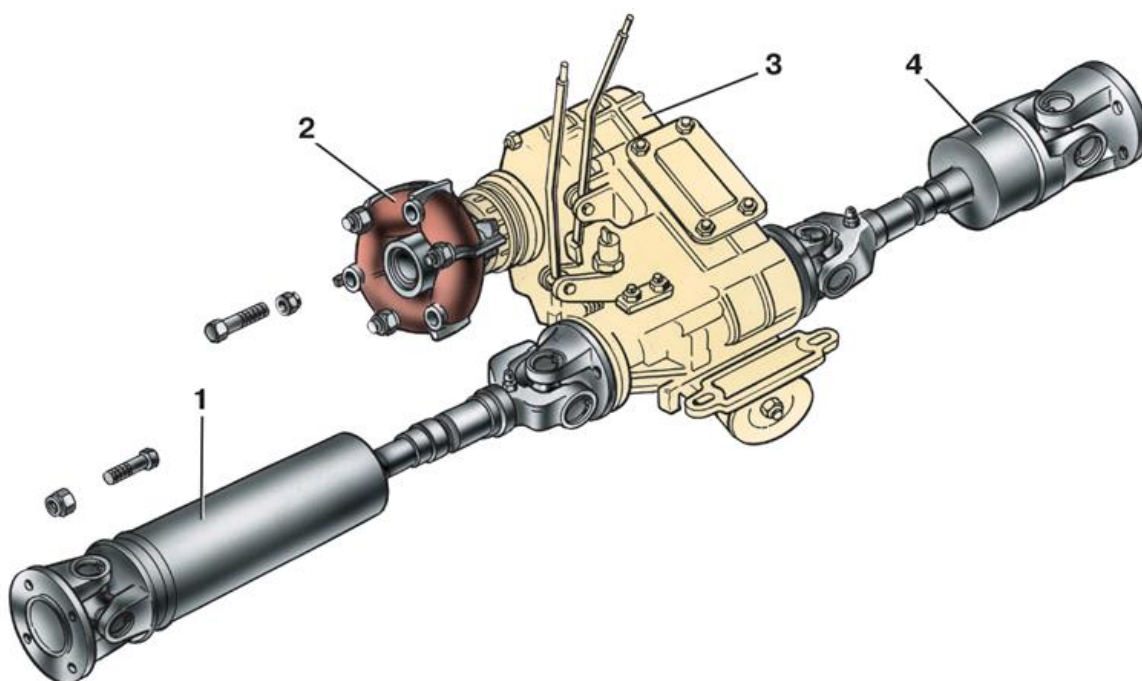


Рис. 12 - Карданная передача автомобиля ВАЗ-21213: 1 - передний карданный вал; 2 - промежуточный карданный вал; 3 - раздаточная коробка; 4 - задний карданный вал

Учитывая, особенности конструкции базового варианта карданной передачи целесообразно заменить шарниры неравных угловых скоростей в заднем и переднем карданных валах шарнирами равных угловых скоростей (ШРУСами).

Совершенствования конструкции карданной передачи автомобиля ВАЗ-21213 производится с целью повышения комфортности движения, снижения эксплуатационных затрат, повышения плавности хода, более равномерного вращения карданных валов и снижения шумов. Исходя из этих целей, были приняты следующие технические решения:

1. Скорость вращения карданного вала на прямой передаче соответствует частоте вращения двигателя. Для обеспечения равномерного вращения ведущего и ведомого элементов карданной передачи необходимо использовать шарниры равных угловых скоростей типа «Трипод» (вариант 2) имеющие возможность осевой компенсации. Это позволит повысить плавность передачи, снизить материалоемкость, и следовательно, сэкономить материалы и затраты.

2. При введении в конструкцию карданной передачи шарниров равных

угловых скоростей отпадает надобность в жестком требовании к соосному расположению осей шарниров. Это позволит устранить возможность возникновения мгновенных колебаний угловой скорости и, следовательно, повышенных пиков крутящего момента.

3. Повышение ресурса шлицевых соединений переднего карданного вала, т.к. конструкция ШРУСов подразумевает возможность осевой компенсации в достаточных пределах.

Наиболее подходящими шарнирами для решения поставленной задачи являются внутренние шарниры привода колес переднеприводного легкового автомобиля второго класса ВАЗ-2110. Эти шарниры имеют максимальный угол поворота шарнира $\alpha = 18^\circ$ и могут перемещаться в осевом направлении на величину порядка 10 мм.

Применение такой конструкции позволит получить максимальную унификацию с уже выпускающимися колесными приводами и минимизировать число вновь разрабатываемых деталей.

2 ЗАЩИТА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

Не предусмотрено

3 КОНСТРУКТОРСКАЯ ЧАСТЬ

3.1 Тягово-динамический расчет автомобиля

3.1.1 Исходные данные

Исходные данные для проведения тягово-динамического расчета полноприводного легкового автомобиля ВАЗ-21213 приведены в таблице 3.1.

Таблица 1

Параметр	Значение
Колесная формула	4x4
Количество мест n	5
Снаряжённая масса m_0 , кг	1210
Максимальная скорость V_{max} , км/ч (м/с)	140 (38,89)
Максимальная частота вращения коленчатого вала \square_e^{max} , рад/с (мин ⁻¹)	586 (5600)
Минимальная частота вращения коленчатого вала \square_e^{min} , рад/с (мин ⁻¹)	83,7 (800)
Максимальная мощность двигателя N_e^{max} , кВт (при мин ⁻¹)	59,5 (5000)
Максимальный крутящий момент двигателя M_e^{max} , Н·м (при мин ⁻¹)	127,5 (3000)
Тип и размерность колеса	185/75R16
Коэффициент аэродинамического сопротивления C_x	0,56
Величина максимально преодолеваемого уклона i	0,3
КПД трансмиссии η_{mp}	0,92
Коэффициент сопротивления качению f_0	0,012
Передаточные числа:	
- первой передачи коробки передач U_1	3,67
- второй передачи коробки передач U_2	2,10
- третьей передачи коробки передач U_3	1,36
- четвертой передачи коробки передач U_4	1,00
- пятой передачи коробки передач U_5	0,82
- главной передачи U_0	3,9
- понижающей передачи раздаточной коробки U_{PK1}	2,1
- повышающей передачи раздаточной коробки U_{PK2}	1,2

3.1.2 Подготовка исходных данных для тягового расчёта

Полная масса автомобиля

$$m_a = m_0 + m_q \cdot n + m_b \cdot n, \quad (1)$$

где m_0 – снаряжённая масса автомобиля, кг;

$m_q = 75$ кг – масса человека;

n – число пассажиров;

m_b – вес багажа (по 10 кг на 1 пассажира).

$$m_a = 1210 + 75 \cdot 5 + 10 \cdot 5 = 1635 \text{ кг.}$$

Полный вес автомобиля

$$G_a = m_a \cdot g, \quad (2)$$

где g – ускорение свободного падения, м/с^2 .

$$G_a = 1635 \cdot 9,81 = 16039 \text{ Н.}$$

Автомобиль имеет полноприводную компоновку, принимаем распределение веса по осям в соотношении: 48% на передние колеса и 52% - на задние.

Вес, приходящийся на ведущие колеса:

$$G_1 = 0,48 \cdot G_a = 0,48 \cdot 16039 = 7699 \text{ Н;}$$

$$G_2 = 0,52 \cdot G_a = 0,52 \cdot 16039 = 8340 \text{ Н.}$$

Параметры обтекаемости автомобиля.

$$\text{Коэффициент обтекаемости } k = \frac{C_x \cdot \rho}{2},$$

где $\rho = 1,293$ – плотность воздуха в нормальных условиях, кг/м^3 .

$$k = \frac{0,56 \cdot 1,293}{2} = 0,362.$$

Лобовая площадь автомобиля

$$F = 0,8B \cdot H, \quad (3)$$

где B – габаритная ширина автомобиля, м;

H – габаритная высота автомобиля, м.

$$F = 0,81,680 \cdot 1,640 = 2,204 \text{ м}^2.$$

Согласно выбранной шине 185/75R16, радиус качения данной шины рассчитывается по формуле:

$$r_k = 0,5d + \lambda_z \cdot H, \quad (4)$$

где d – посадочный диаметр шины, дюйм;

$\lambda_z = 0,8$ - коэффициент вертикальной деформации;

H – высота профиля шины, м.

$$r_k = 0,5 \cdot 16 \cdot 0,0254 + 0,8 \cdot 0,75 \cdot 0,185 = 0,314 \text{ м.}$$

3.1.3 Расчёт внешней скоростной характеристики (ВСХ) двигателя

Мощность двигателя при максимальной скорости движения:

$$N_v = N_{max} \cdot (a\lambda + b\lambda^2 - c\lambda^3), \quad (5)$$

где a, b, c – эмпирические коэффициенты ($a = b = c = 1$ для карбюраторного двигателя), $\lambda = \omega_{max}/\omega_N = 1,05$.

$$N_v = 59500 \cdot (1,05 + 1,05^2 - 1,05^3) = 59195 \text{ Вт.}$$

Рассчитываем ВСХ двигателя по формуле:

$$N_e = N_{max} \left[\frac{\omega_e}{\omega_N} + \left(\frac{\omega_e}{\omega_N} \right)^2 - \left(\frac{\omega_e}{\omega_N} \right)^3 \right], \quad (6)$$

где ω_e – текущее значение угловой скорости коленвала, рад/с;

ω_N – угловая скорость коленвала при максимальной мощности, рад/с (558,5 рад/с);

N_e – текущее значение эффективной мощности двигателя, Вт.

Для построения кривой эффективного момента M_e (Н·м) применяем формулу:

$$M_e = \frac{N_e}{\omega_e}, \quad (7)$$

Рассчитываем зависимости $N_e(\omega_e)$ и $M_e(\omega_e)$. Результаты расчетов сводим в таблицу (см. табл. 3.2) и представляем в виде графика (см. Приложение 1).

Таблица 2

n_e , об/мин	ω_e , рад/с	N_e , Вт	M_e , Н·м
800	83,78	10062,94	120,12
1200	125,66	15721,95	125,11
1600	167,55	21598,5	128,91
2000	209,44	27541,99	131,50
2400	251,33	33401,81	132,90
2800	293,22	39027,35	133,10
3200	335,1	44268	132,10
3600	376,99	48973,15	129,91
4000	418,88	52992,19	126,51
4400	460,77	56174,51	121,92
4800	502,65	58369,5	116,12
5200	544,54	59426,55	109,13
5600	586,43	59195,06	100,94

3.1.4 Определение передаточного числа главной передачи

Передаточное число главной передачи U_0 определяется, исходя из заданного значения максимальной скорости автомобиля V_{max} :

$$U_0 = \frac{r_k \cdot \omega_{max}}{U_k \cdot U_{PK2} \cdot V_{max}}, \quad (8)$$

где $U_k = 1,000$ - передаточное число высшей передачи в коробке передач автомобиля, на которой обеспечивается максимальная скорость;

$U_{PK2} = 1,2$ - передаточное число повышающей передачи в раздаточной коробке.

$$U_0 = \frac{0,264 \cdot 586,4}{1,000 \cdot 1,2 \cdot 40,27} = 3,948.$$

Для дальнейших расчетов принимаем значение главной передачи принятой в задании на курсовой проект $U_0 = 3,9$.

Дальнейшие расчеты проводим по повышенному ряду передаточных чисел (повышенная передача в раздаточной коробке).

3.1.5 Определение передаточных чисел коробки передач и раздаточной коробки

Определим передаточное число первой передачи U_1 , исходя из условий: преодоления дорожного сопротивления (движение автомобиля на подъеме)

$$U_1 \geq \frac{G_a \cdot \psi_{max} \cdot r_k}{M_e^{max} \cdot \eta_{mp} \cdot U_0 \cdot U_{PK2}}, \quad (9)$$

где ψ_{max} - максимальный коэффициент дорожного сопротивления.

$$\psi_{max} = f_0 + i = 0,012 + 0,30 = 0,312,$$

где i - величина максимально преодолеваемого подъема из исходных данных.

$$U_1 \geq \frac{16039 \cdot 0,312 \cdot 0,314}{133,1 \cdot 0,92 \cdot 3,9 \cdot 1,2} = 2,74.$$

недопущения пробуксовки ведущих колес автомобиля

$$U_1 \leq \frac{G_{сц} \cdot \varphi \cdot r_k}{M_e^{max} \cdot \eta_{mp} \cdot U_0 \cdot U_{PK2}}, \quad (10)$$

где $G_{сц} = G_a = 16039$ Н - сцепной вес, равный весу автомобиля (т.к. компоновка полноприводная);

$\varphi = 0,8$ - коэффициент сцепления ведущих колес с дорогой.

$$U_1 \leq \frac{16039 \cdot 0,8 \cdot 0,314}{133,1 \cdot 0,92 \cdot 3,9 \cdot 1,2} = 7,03.$$

Принимаем $U_1 = 3,400$ и определяем передаточные числа остальных передач в соответствии с методикой указанной в [1] для пятиступенчатой коробки передач:

$$U_2 = \sqrt[4]{(U_1)^3} = \sqrt[4]{(3,400)^3} = 2,504 \quad (11)$$

$$U_3 = \sqrt[4]{(U_1)^2} = \sqrt[4]{(3,400)^2} = 1,844 \quad (12)$$

$$U_4 = \sqrt[4]{(U_1)^1} = \sqrt[4]{(3,400)^1} = 1,358 \quad (13)$$

$$U_5 = 1,000.$$

При проведении дальнейших расчетов принимаем передаточные числа коробки передач в соответствии с заданием на курсовой проект:

$$U_1 = 3,67; U_2 = 2,10; U_3 = 1,36; U_4 = 1,00; U_5 = 0,82.$$

Передаточное число пониженной передачи раздаточной коробки производим на основании отсутствия буксования ведущих колес:

$$U_{PK1} = \frac{G_{сш} \cdot \varphi \cdot r_k}{M_e^{max} \cdot \eta_{mp} \cdot U_0 \cdot U_1} = \frac{16039 \cdot 0,8 \cdot 0,314}{133,1 \cdot 0,92 \cdot 3,9 \cdot 3,67} = 2,301. \quad (14)$$

При проведении дальнейших расчетов принимаем передаточные числа раздаточной коробки в соответствии с заданием на курсовой проект:

$$U_{PK1} = 2,1; U_{PK2} = 1,2.$$

В соответствии с принятыми передаточными числами произведем расчет скорости автомобиля на разных передачах по формуле:

$$V_i = \frac{r_k \cdot \omega_e}{U_{ki} \cdot U_{PK2} \cdot U_0}, \quad (15)$$

Результаты сведем в таблицу 3.3.

Таблица 3

ω_e , рад/с	Скорость автомобиля на выбранной передаче, м/с				
	I	II	III	IV	V
83,78	1,53	2,68	4,14	5,62	6,86
125,66	2,30	4,02	6,20	8,44	10,29
167,55	3,07	5,36	8,27	11,25	13,72
209,44	3,83	6,70	10,34	14,06	17,15
251,33	4,60	8,03	12,41	16,87	20,58
293,22	5,36	9,37	14,47	19,69	24,01
335,10	6,13	10,71	16,54	22,50	27,44
376,99	6,90	12,05	18,61	25,31	30,87
418,88	7,66	13,39	20,68	28,12	34,30
460,77	8,43	14,73	22,75	30,93	37,72
502,65	9,20	16,07	24,81	33,75	41,15
544,54	9,96	17,41	26,88	36,56	44,58
586,43	10,73	18,75	28,95	39,37	48,01

3.1.6 Силовой баланс автомобиля

Уравнение силового баланса:

$$P_m = P_\delta + P_\epsilon + P_u, \quad (16)$$

где P_m – сила тяги ведущих колёс, Н;

P_δ – сила дорожного сопротивления, Н;

P_ϵ – сила сопротивления воздуха, Н;

P_u – сила сопротивления разгону автомобиля, Н (не учитываем).

Силу тяги на разных передачах рассчитывают по формуле:

$$P_{mi} = \frac{U_{ki} \cdot U_{PK2} \cdot U_0 \cdot M_e \cdot \eta_{TP}}{r_k}. \quad (17)$$

Сила аэродинамического сопротивления воздуха:

$$P_\epsilon = \frac{k \cdot F \cdot V_a^2}{2}. \quad (18)$$

Сила дорожного сопротивления автомобиля (без учета сопротивления подъему):

$$P_\delta = G_a \cdot f. \quad (19)$$

Пользуемся выбранными при расчёте ВСХ значениями ω_e , приводя в соответствие с ними скорости автомобиля на разных передачах.

Суммарная сила сопротивления движению автомобиля рассчитывается:

$$P_\Sigma = P_\epsilon + P_\delta. \quad (20)$$

Результаты расчётов занесём в таблицу 3.4.

Таблица 4

ω_e , рад/с	Тяговая сила на ведущих колесах, Н					Силы сопротивления, Н		
	I	II	III	IV	V	P_ϵ	P_δ	P_\square
83,78	6041	3457	2239	1646	1350	0	192	192
125,66	6292	3600	2332	1714	1406	8	193	202
167,55	6483	3710	2402	1766	1448	34	197	230
209,44	6613	3784	2451	1802	1478	75	202	277
251,33	6684	3825	2477	1821	1493	134	209	343
293,22	6694	3830	2481	1824	1496	210	218	427
335,10	6644	3802	2462	1810	1484	302	229	531

ω_e , рад/с	Тяговая сила на ведущих колесах, Н					Силы сопротивления, Н		
	I	II	III	IV	V	P_e	P_d	P_{\square}
376,99	6533	3738	2421	1780	1460	411	242	653
418,88	6362	3641	2358	1734	1422	536	257	794
460,77	6131	3508	2272	1671	1370	679	274	953
502,65	5840	3342	2164	1591	1305	838	294	1132
544,54	5488	3140	2034	1495	1226	1014	315	1329
586,43	5076	2905	1881	1383	1134	1207	338	1545

3.1.7 Динамическая характеристика автомобиля

$$D = \frac{P_m - P_e}{G_a} \quad (21)$$

По этой формуле и данным силового баланса рассчитываем и строим динамическую характеристику автомобиля, которая является графическим изображением зависимости динамического фактора D от скорости движения при различных передачах в коробке передач и при полной загрузке автомобиля.

Данные расчёта заносим в таблицу 3.5 и представляем графически (см. Приложение 3).

Чтобы учесть влияние буксования ведущих колёс, определяем динамический фактор по сцеплению:

$$D_{сц} \approx \frac{G_{сц} \cdot \varphi}{G_a} = \frac{16039 \cdot 0,8}{16039} = 0,8.$$

Таблица 5

ω_e , рад/с	Динамический фактор D				
	I	II	III	IV	V
83,78	0,38	0,22	0,14	0,10	0,08
125,66	0,39	0,22	0,14	0,10	0,08
167,55	0,40	0,23	0,15	0,10	0,08
209,44	0,41	0,23	0,15	0,10	0,08
251,33	0,42	0,24	0,15	0,10	0,07
293,22	0,42	0,23	0,14	0,09	0,06
335,10	0,41	0,23	0,14	0,09	0,06
376,99	0,40	0,23	0,13	0,08	0,04
418,88	0,39	0,22	0,13	0,07	0,03
460,77	0,38	0,21	0,12	0,06	0,01
502,65	0,36	0,20	0,10	0,04	-0,00
544,54	0,34	0,18	0,09	0,03	-
586,43	0,31	0,16	0,08	0,01	-

3.1.8 Разгон автомобиля

Ускорение при разгоне. Ускорение во время разгона определяем для случая движения автомобиля по горизонтальной дороге с твёрдым покрытием хорошего качества при максимальном использовании мощности двигателя и отсутствии буксования ведущих колёс. Ускорение находим из выражения

$$j = \frac{(D - f) \cdot g}{\delta_{ep}} \quad (22)$$

где $\delta_{ep} = 1 + (\delta_1 + \delta_2 \cdot U_k^2)$ - коэффициент учета вращающихся масс двигателя, который определяем для каждой передачи в отдельности по формулам:

$$\delta_{ep1} = 1 + (\delta_1 + \delta_2 \cdot U_1^2) = 1 + (0,03 + 0,03 \cdot 3,67^2) = 1,434$$

$$\delta_{ep2} = 1 + (\delta_1 + \delta_2 \cdot U_2^2) = 1 + (0,03 + 0,03 \cdot 2,10^2) = 1,162$$

$$\delta_{ep3} = 1 + (\delta_1 + \delta_2 \cdot U_3^2) = 1 + (0,03 + 0,03 \cdot 1,36^2) = 1,085$$

$$\delta_{ep4} = 1 + (\delta_1 + \delta_2 \cdot U_4^2) = 1 + (0,03 + 0,03 \cdot 1,00^2) = 1,060$$

$$\delta_{ep5} = 1 + (\delta_1 + \delta_2 \cdot U_5^2) = 1 + (0,03 + 0,03 \cdot 0,82^2) = 1,050.$$

Определяем ускорение разгона, вносим результаты в таблицу 3.6 и строим график зависимости $j = f(V)$ (см. Приложение 4).

Таблица 6

ω_e , рад/с	Ускорение j , м/с ²				
	I	II	III	IV	V
83,78	2,49	1,71	1,14	0,82	0,65
125,66	2,60	1,79	1,19	0,84	0,65
167,55	2,68	1,84	1,21	0,84	0,63
209,44	2,73	1,87	1,22	0,83	0,60
251,33	2,76	1,88	1,21	0,79	0,54
293,22	2,76	1,87	1,18	0,74	0,46
335,10	2,74	1,85	1,14	0,67	0,36
376,99	2,69	1,80	1,08	0,59	0,24
418,88	2,61	1,73	1,00	0,48	0,10
460,77	2,51	1,64	0,91	0,36	0
502,65	2,38	1,54	0,80	0,22	0
544,54	2,22	1,41	0,67	0,06	0
586,43	2,04	1,26	0,53	0	0

Затем определяем значения обратных ускорений ($1/j$) и заносим их в таблицу 3.7. Поскольку при скоростях V , близких к максимальной, ускорение стремится к нулю, то для расчёта обратных ускорений ограничиваются скоростью $V=(0,8\dots 0,9)V_{\max}$.

Таблица 7

\square_e , рад/с	Величина, обратная ускорению $1/j$, с ² /м				
	I	II	III	IV	V
83,78	0,40	0,58	0,87	1,22	1,54
125,66	0,38	0,56	0,84	1,19	1,53
167,55	0,37	0,54	0,83	1,19	1,58
209,44	0,37	0,54	0,82	1,21	1,68
251,33	0,36	0,53	0,83	1,26	1,86
293,22	0,36	0,53	0,84	1,35	2,18
335,10	0,37	0,54	0,88	1,49	2,77
376,99	0,37	0,56	0,92	1,71	4,13
418,88	0,38	0,58	1,00	2,08	9,68
460,77	0,40	0,61	1,10	2,78	-
502,65	0,42	0,65	1,25	4,56	-
544,54	0,45	0,71	1,48	16,08	-
586,43	0,49	0,79	1,89	-	-

3.1.9 Время и путь разгона

Время и путь разгона автомобиля определяем графоаналитическим способом. Смысл этого способа в замене интегрирования суммой конечных величин:

$$\Delta t = \int_{V_i}^{V_{i+1}} \frac{1}{j} dV \approx \left(\frac{1}{j_{CP}} \right)_{i+1} \cdot (V_{i+1} - V_i). \quad (23)$$

Для этого кривую обратных ускорений разбивают на интервалы и считают, что в каждом интервале автомобиль разгоняется с постоянным ускорением $j=const$, которому соответствуют значения $(1/j)=const$. Эти величины можно определить следующим образом:

$$\left(\frac{1}{j_{CP}} \right)_k = \frac{(1/j)_{k-1} + (1/j)_k}{2}. \quad (24)$$

где k - порядковый номер интервала.

Заменяя точное значение площади под кривой $(1/j)$ в интервале ΔV_k на

значение площади прямоугольника со сторонами ΔV_k и $(1/j_{CP})_k$, переходим к приближённому интегрированию:

$$\Delta t = \left(\frac{1}{j_{CP}} \right)_k \cdot (V_k - V_{k-1}), \quad (25)$$

$$t_1 = \Delta t_1, \quad t_2 = \Delta t_1 + \Delta t_2, \quad t_n = \sum_{k=1}^n \Delta t_k.$$

где t_1 - время разгона от скорости V_0 до скорости V_1 ,

t_2 - время разгона до скорости V_2 .

Результаты расчёта сводим в таблицу 3.8 и представляем в виде графика (см. Приложение 6).

Таблица 8

V_a , м/с	t , с
0	0
3,24	0,62
6,48	1,85
9,72	3,05
12,96	4,23
16,20	5,68
19,44	7,43
22,69	9,82
25,93	12,94
29,17	16,35
32,41	25,03
35,65	52,66
38,89	56,73

Аналогичным образом проводится графическое интегрирование зависимости $t = f(V)$ для получения зависимости пути разгона S от скорости автомобиля.

В данном случае кривая $t = f(V)$ разбивается на интервалы по времени, для каждого из которых находятся соответствующие значения V_{CPk} .

Площадь элементарного прямоугольника в интервале Δt_k есть путь, который проходит автомобиль от отметки t_{k-1} до отметки t_k , двигаясь с постоянной скоростью V_{cpk} .

Величина площади элементарного прямоугольника определяется следующим образом :

$$\Delta S = V_{CPk} \cdot (t_k - t_{k-1}) = V_{CPk} \cdot \Delta t_k \cdot \quad (26)$$

где $k = 1 \dots m$ - порядковый номер интервала, m выбирается произвольно ($m = n$).

Путь разгона от скорости V_0 до скорости V_1 : $S_1 = \Delta S_1$, до скорости V_2 : $S_2 = \Delta S_1 + \Delta S_2$, до скорости V_n : $S_n = \sum_{k=1}^m \Delta S_k$.

Все результаты расчёта заносим в таблицу 3.9 и представляем в виде графиков (см. Приложение 7).

Таблица 9

V_a , м/с	S , м
0	0
3,24	1,01
6,48	6,98
9,72	16,69
12,96	30,08
16,20	51,29
19,44	82,46
22,69	132,66
25,93	208,53
29,17	302,62
32,41	569,72
35,65	1509,79
38,89	1661,79

3.1.10 Мощностной баланс автомобиля

Уравнение мощностного баланса:

$$N_m = N_e - N_{mp} = N_f + N_n + N_e + N_u . \quad (27)$$

где N_m – тяговая мощность, подводимая к ведущим колёсам, Вт;

$$N_m = N_e \cdot \eta_{TP} = N_e \cdot 0,9 . \quad (28)$$

N_{mp} – мощность, теряемая в агрегатах трансмиссии, Вт;

$N_f = P_f \cdot V$ – мощность, затраченная на преодоление сил сопротивления качению колёс, Вт;

$N_n = P_n \cdot V$ – мощность, затраченная на преодоление сил сопротивления подъёму ($N_n = 0$), Вт;

$N_e = P_e \cdot V$ – мощность, затраченная на преодоление сил сопротивления воздуха, Вт;

$N_u = P_u \cdot V$ – мощность, затраченная на преодоление силы инерции автомобиля ($N_u = 0$), Вт.

Для выбранных ранее интервалов по угловой скорости коленвала двигателя и скорости автомобиля рассчитываем значения мощностного баланса, заполняем таблицу 3.10 и строим графики (см. Приложение 8).

Вверх от кривой N_f откладываем значения мощности сопротивления воздуха N_e .

Таблица 10

ω_e , рад/с	Мощность, подводимая к ведущим колесам N_m , Вт					Мощности сопротивления, Вт		
	I	II	III	IV	V	N_ϵ	N_δ	N_\square
83,78	9258	9258	9258	9258	9258	0	0	0
125,66	14464	14464	14464	14464	14464	27	627	654
167,55	19871	19871	19871	19871	19871	217	1274	1491
209,44	25339	25339	25339	25339	25339	733	1960	2693
251,33	30730	30730	30730	30730	30730	1738	2705	4443
293,22	35905	35905	35905	35905	35905	3395	3528	6923
335,10	40727	40727	40727	40727	40727	5867	4450	10317
376,99	45055	45055	45055	45055	45055	9316	5490	14806
418,88	48753	48753	48753	48753	48753	13906	6667	20573
460,77	51681	51681	51681	51681	51681	19800	8002	27801
502,65	53700	53700	53700	53700	53700	27160	9513	36673
544,54	54672	54672	54672	54672	54672	36150	11221	47371
586,43	54459	54459	54459	54459	54459	46933	13145	60078

3.2 Расчёт топливно-экономической характеристики автомобиля

Для получения топливно-экономической характеристики следует рассчитать расход топлива при движении автомобиля на высшей передаче по горизонтальной дороге с заданными постоянными скоростями от минимально устойчивой до максимальной. Расход топлива определяется по формуле:

$$Q_s = \frac{1,1 \cdot g_{emin} \cdot K_I \cdot K_E \cdot (N_f + N_e)}{36000 \cdot V_a \cdot \rho_T \cdot \eta_{TP}} \quad (29)$$

где $g_{emin}=240$ г/(кВт·ч) – минимальный удельный эффективный расход топлива,

$\rho_T=0,72$ кг/л – плотность топлива,

$K_I = 1,152 \cdot I^2 - 1,728 \cdot I + 1,523$ – коэффициент, учитывающий изменения величины удельного эффективного расхода топлива в зависимости от степени

использования мощности $I = \frac{N_f + N_B}{N_T}$,

$K_E = 0,53 \cdot E^2 - 0,753 \cdot E + 1,227$ – коэффициент, учитывающий изменения величины удельного эффективного расхода топлива в зависимости от ω_e ,

$$E = \frac{\omega_e}{\omega_{eN}}$$

Результаты расчётов сводим в таблицу 3.11 и строим график.

Таблица 11

ω_e , рад/с	V_a , м/с	Q_s , л/100 км
83,78	6,86	3,73
125,66	10,29	4,27
167,55	13,72	4,97
209,44	17,15	5,78
251,33	20,58	6,66
293,22	24,01	7,58
335,10	27,44	8,59
376,99	30,87	9,82
418,88	34,30	11,62

ω_e , рад/с	V_a , м/с	Q_s , л/100 км
460,77	37,72	14,71
502,65	41,15	20,56
544,54	44,58	32,29
586,43	48,01	56,39

3.3 Расчет основных параметров модернизированной конструкции карданной передачи

3.3.1 Кинематический расчет

Кинематический расчет карданной передачи предусматривает определение углов установки карданных валов.

Для определения углов установки карданных валов необходимо рассмотреть расчетную схему проектируемой карданной передачи.

В качестве прототипа выбирается двухшарнирная карданная передача с шарнирами равных угловых скоростей и одним карданным валом. Компенсирующий элемент – конструктивная особенность внутренних шарниров равных угловых скоростей.

Передний карданный вал карданной передачи остался без изменений. На заднем карданном валу установлены два адаптированных внутренних шарнира привода колес переднеприводного легкового автомобиля ВАЗ-2110. Рассмотрим кинематическую схему заднего карданного вала (рисунок 3.1).

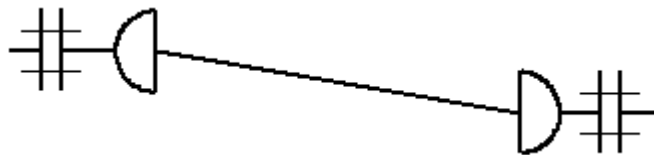


Рисунок 13 - Расчетная схема заднего карданного вала

Проверочный расчет карданной передачи производится в следующей последовательности:

- 1) устанавливается нагрузочный режим;
- 2) определяется максимальное напряжение кручения и угол закручивания карданного вала;
- 3) определяется осевая сила, действующая на карданный вал;
- 4) проводится оценка неравномерности вращения карданного вала и инерционного момента, возникающего от неравномерности вращения;
- 5) рассчитываются шарниры равных угловых скоростей;

б) определяется критическое число оборотов карданного вала.

Для выбора углов установки карданных валов необходимо проанализировать расчетную схему: карданная передача имеет двухшарнирную конструкцию с использованием внутренних шарниров равных угловых скоростей.

Особенность проектируемой передачи заключается в том, что передний карданный вал расположен в горизонтальной плоскости.

Рассмотрим известные геометрические соотношения:

$$\operatorname{tg}\alpha_1 = \operatorname{tg}\alpha_2 ; \operatorname{tg}\alpha_2 = \operatorname{tg}\alpha \cdot \operatorname{tg}\gamma ; \operatorname{tg}\alpha_4 = \operatorname{tg}\alpha_3 \operatorname{tg}\gamma_3 ,$$

где α_i - угол поворота вала при вращении

γ - угол наклона вала (или угол передачи крутящего момента, угол установки карданного вала).

Проведем простые преобразования. Поскольку при передаче крутящего момента угловая скорость не должна измениться, то можно записать:

$$\frac{\omega_4}{\omega_1} = \frac{\operatorname{tg}\alpha_4}{\operatorname{tg}\alpha_1} = \frac{\cos\gamma_3}{\cos\gamma_2} = 1 . \quad (30)$$

Вследствие использования шарниров равных угловых скоростей, угловая скорость ведущего вала главной передачи будет равна угловой скорости вала привода заднего моста раздаточной коробки при условии:

$$\cos\gamma_3 = \cos\gamma_2 . \quad (31)$$

Учитывая, что с увеличением угла наклона карданного вала снижается КПД передачи (при значениях угла более 18°) и увеличивается нагрев и изнашивание деталей карданного шарнира, принимаем угол установки заднего карданного вала $3-5^\circ$.

Определение критического числа оборотов карданного вала

Расчет допустимой длины заднего карданного вала.

Расчетный крутящий момент на карданном валу на низшей передаче в коробке передач

$$M_p = M_e^{max} \cdot U_1 \cdot U_{PK1}, \quad (32)$$

где $M_e^{max} = 127,5 \text{ Н}\cdot\text{м}$ - максимальный крутящий момент на первичном валу коробки передач;

$U_1 = 3,67$ - передаточное число низшей передачи коробки передач;

$U_{PK1} = 2,1$ - передаточное число низшей передачи раздаточной коробки.

$$M_p = 127,5 \cdot 3,67 \cdot 2,1 = 982,6 \text{ Н}\cdot\text{м}.$$

Определяем максимальную частоту вращения карданного вала согласно

задания $n_k^{max} = \frac{n_e^{max}}{U_5 \cdot U_{PK2}} = \frac{5600}{0,82 \cdot 1,2} = 5691 \text{ мин}^{-1}$.

Диаметр трубы карданного вала.

Выбираем диаметр трубы карданного вала из ряда стандартных сечений труб по ГОСТ 5005 - 65 в зависимости от передаваемого крутящего момента соответствующего статическим уровням напряжений кручения в карданных валах легковых автомобилей $\sigma_k = 25,55 \text{ МПа}$ (а так же с учетом конструкции карданного вала аналога):

$D = 70 \text{ мм}$ - наружный диаметр;

$d = 66 \text{ мм}$ - внутренний диаметр.

Допустимая длина карданного вала

$$L_{max} = \sqrt{0,83 \cdot 10^7 \frac{\sqrt{D^2 + d^2}}{n_{max}}} = \sqrt{0,83 \cdot 10^7 \frac{\sqrt{7,0^2 + 6,6^2}}{5691}} = 118 \text{ см} = 1,18 \text{ м}$$

Определение критического числа оборотов переднего карданного вала

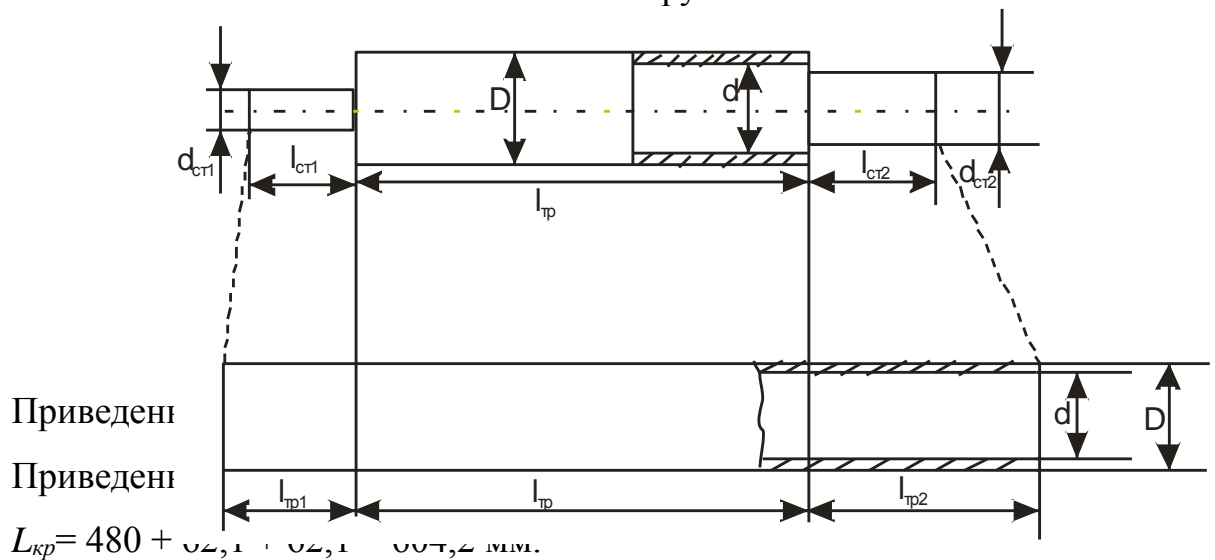
Так как карданный вал имеет трубчатую часть и стержни (шлицы), то необходимо определить приведенную длину вала.

Основные конструктивные размеры карданного вала соответствуют размерам карданного вала автомобиля аналога ВАЗ-21213 ($l_{CT1} = 98$ мм; $l_{CT2} = 98$ мм; $l_{TP} = 480$ мм; $d_{CT1} = 23$ мм; $d_{CT2} = 23$ мм; $D = 70$ мм; $d = 66$ мм).

Определяем длины труб, заменяющих стержни:

$$l_{mp1,2} = l_{CT1} \sqrt{\frac{D^2 + d^2}{d_{CT1}}} = l_{CT1} \sqrt{\frac{70^2 + 66^2}{23}} = 62,1 \text{ мм.}$$

Рисунок 14 - Схема к расчету критической частоты вращения карданного вала: l_a – условная длина стержня; d_{CT} – условный диаметр стержня; l_{TP} – длина трубчатой части вала; l_{TP1} , l_{TP2} – длина трубы, заменяющей стержень; D и d – наружный и внутренний диаметр трубы



Масса вала трубчатого сечения

Масса вала трубчатого сечения определяется по формуле:

$$m = \pi \frac{(D^2 - d^2)}{4} L_{mp} \cdot \rho_h = 3,14 \frac{(0,070^2 - 0,066^2)}{4} 0,510 \cdot 7800 = 1,69 \text{ кг}$$

Момент инерции сечения

Момент инерции сечения вала определяется по формуле:

$$J = \pi \frac{(D^4 - d^4)}{64} = 3,14 \frac{(0,070^4 - 0,066^4)}{64} = 0,25 \cdot 10^{-6} \text{ м}^4$$

Критическое число оборотов:

$$n_{кр} = \frac{1,185 \cdot 10^7 \cdot \sqrt{D^2 - d^2}}{L_{кр}^2}, \quad (33)$$

подставляя полученные ранее данные, получаем

$$n_{кр} = \frac{1,185 \cdot 10^7 \cdot \sqrt{7^2 - 6,6^2}}{60,4^2} = 8105 \text{ мин}^{-1}.$$

В соответствии с ОСТ 37.001.053-74 максимальная частота вращения карданного вала, соответствующая максимальной скорости движения автомобиля не должна превышать 70% расчетной критической частоты вращения вала, т.е.

$$\frac{n_{max}}{n_{кр}} = \frac{5691}{8105} = 0,7 \leq 0,7 - \text{следовательно, условие выполнено.}$$

3.3.2 Расчет карданного вала на прочность и жесткость

Расчет трубы на прочность предполагает определение напряжения кручения под действием расчетного момента и максимального динамического момента.

Напряжение кручения под действием расчетного момента:

$$\tau = \frac{M_{кр}}{W_{кр}} \leq [\tau_{кр}], \quad (34)$$

где $M_{кр} = M_p = 982,6$ - расчетный крутящий момент, Н·м;

$W_{кр}$ - момент сопротивления кручения (определяется по таблице для стандартной трубы — $W_{кр} = 14,12 \text{ см}^4$);

$[\tau_{кр}]$ - допускаемое напряжение кручения (по справочнику для данной конструкции);

$$[\tau_{кр}] = 200 \text{ МПа};$$

$$\tau = \frac{982,6}{14,12} = 69,5 \leq [\tau_{кр}] - \text{условие удовлетворяется.}$$

Напряжение кручения под действием максимального динамического момента ($2M_{кр}$):

$$\tau_{дин} = 140 \text{ МПа} < 200 \text{ МПа} — \text{условие выполняется.}$$

Расчет трубы на жесткость предполагает определение критической угловой скорости вала, критического числа оборотов и угла закручивания вала.

Критическая угловая скорость вращения определена ранее. Критическое число оборотов карданного вала определено ранее: $n_{кр} = 8105 \text{ мин}^{-1}$.

Угол закручивания трубы карданного вала под действием расчетного момента:

$$\Theta = 160M_{кр} \frac{L_{кр}}{J_{\tau} G \pi}, \quad (35)$$

где J_{\square} - полярный момент инерции сечения, м^4 ($49,43 \cdot 10^8 \text{ м}^4$);

G - модуль упругости при кручении ($G = 8,5 \cdot 10^4 \text{ МПа}$).

$$\Theta = \frac{160 \cdot 982,6 \cdot 604,2}{49,43 \cdot 10^8 \cdot 8,5 \cdot 10^4 \cdot 3,14} = 4,5 \text{ на } 1 \text{ м длины вала.}$$

Условие жесткости вала при кручении для стали: $3^{\circ} \dots 9^{\circ}$ на 1 м длины вала
- условие соблюдается.

3.3.3 Расчет шлицевого соединения

При расчете шлицевого соединения определяют номинальное напряжение сжатия боковых поверхностей шлицев.

Шлицевое соединение заднего карданного вала с шарниром.

На основании анализа конструкции карданного вала автомобиля ВАЗ-21213, устанавливаем тип шлицевого соединения: эвольвентное соединение.

Параметры шлицевого соединения:

$z = 24$ - число шлицев (зубьев);

$d = 23$ мм - диаметр вала

$D = 25,4$ мм - наружный диаметр шлицев

$m = 1,0583$ - модуль

$l = 24$ мм - рабочая длина шлицевого соединения.

Напряжение смятия определяется по формуле:

$$\delta_{см} = 2 \frac{M_{кр}}{z h d l}, \quad (36)$$

где $M_{кр}$ - расчетный крутящий момент, Н·м;

$h = 0,5 (D - d) - 2f = 0,8$ мм;

$f = 0,2$ мм - определяются по таблице для выбранного типа соединения.

$$\delta_{см} = \frac{2 \cdot 982,6 \cdot 10^3}{24 \cdot 0,8 \cdot 23 \cdot 24} = 185 \text{ МПа}.$$

$[\delta_{см}] = 200$ МПа - допустимое напряжение смятия.

Проведенный расчет показал, что выбранное шлицевое соединение удовлетворяет условиям прочности.

3.3.4 Расчет шарниров равных угловых скоростей

Расчет нагрузок в пятне контакта шариков ведем по максимальному передаваемому моменту.

Нагрузка действует в пятне контакта под воздействием крутящего момента через плечо $D_{дел}/2$.

Примем условно, что усилия N на всех шести дорожках равны, тогда:

$$N = \frac{M_{кр}}{n \cdot \sin(45,09) \cdot \frac{D_{дел}}{2}}, \quad (37)$$

где n — число шариков ($n = 6$);

$D_{дел}$ — диаметр делительной окружности сепаратора, м.

$$N = \frac{982,6}{6 \cdot \sin(45,09) \cdot \frac{0,066}{2}} = 5546H(565кг).$$

Максимальные контактные нагрузки определяются по теории Герца:

$$D_{max} = \frac{186,6 \cdot (N \cdot \Sigma\rho)^{\frac{1}{3}}}{\mu\nu}, \quad (38)$$

где $\Sigma\rho$ - обратная кривизна поверхности ($\Sigma\rho = 0,1311 \text{ мм}^{-1}$);

μ и ν – эмпирические коэффициенты формы контактирующих поверхностей.

По таблице [2] определяем интерполированием коэффициенты μ и ν :
 $\mu=3,855$; $\nu=0,4105$.

По таблице [2] определяем интерполированием коэффициенты μ и ν :
 $\mu=3,855$; $\nu=0,4105$.

$$D_{max} = \frac{186,6 \cdot (2658 \cdot 0,1311)^{\frac{1}{3}}}{3,855 \cdot 0,4105} = 829,77кг / мм^2.$$

4 РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ СБОРКИ

4.1 Общие сведения

Технологический процесс сборки — процесс, содержащий действия по установке и образованию соединений составных частей изделия (ГОСТ 23887-79).

Сборочная операция — технологическая операция установки и образования соединений составных частей заготовки или изделия.

Технологический переход — законченная часть технологической операции, выполняемая одними и теми же средствами технологического оснащения при постоянных технологических режимах и установке.

При технологическом процессе сборки выделяют следующие виды работ: подготовительные (расконсервация, мойка, сортировка и др.);

- 1) слесарно-пригоночные;
- 2) собственно сборочные (соединение деталей в сборочные единицы и изделия свинчиванием, запрессовкой, клепкой, сваркой, пайкой и т.п.);
- 3) регулировочные;
- 4) контрольные;
- 5) демонтажные (частичная разборка изделия с целью подготовки его к упаковке и транспортированию).

Последовательность сборки зависит от конструкции собираемого изделия и степени дифференциации сборочных работ. Наиболее полное и наглядное представление о сборочных свойствах изделия, о его технологичности и возможностях организации процесса сборки дают схемы сборки изделия и установки при сборке. При этом изделие делят на группы, подгруппы и детали.

Сборочная единица, непосредственно входящая в состав изделия, называется группой. Сборочная единица, входящие в изделие в составе группы, называется подгруппой. Если сборочная единица непосредственно входит в состав группы, то она называется подгруппой первого порядка. Сборочная

единица, входящая непосредственно в подгруппу первого порядка, называется подгруппой второго порядка и т.п.

Составные части изделия на схеме обозначают прямоугольником, разделенным на три части: 1) в верхней части вписывают наименование составной части; 2) в нижней левой части — номер составной части; 3) в нижней правой части — число составных частей.

Графическое изображение в виде условных обозначений последовательности сборки изделия или его составных частей называют **схемой сборки изделия**.

При проектировании сборочных операций определяют последовательность и возможность совмещения во времени технологических переходов, выбирают оборудование, приспособления и инструмент, составляют схемы наладки оборудования, устанавливают режимы работы, определяют нормы времени на технологические операции и соответствующие разряды сборщиков.

Сборочные операции строят по принципу дифференциации и концентрации. Дифференциация операций позволяет параллельно выполнять узловую и общую сборку и применять высокопроизводительное сборочное оборудование. Это сокращает длительность цикла сборки и, следовательно, повышает производительность труда. Дифференциацию операций используют при поточной сборке, концентрацию — во всех остальных случаях. При концентрации операций технологические переходы выполняют последовательно, параллельно или параллельно-последовательно.

Последовательность сборочных операций определяют на основе схем сборки изделий и установки при сборке, соблюдая следующие требования: 1) предшествующие операции не должны затруднять выполнение последующих; 2) для поточной сборки разбивка процесса на операции должна осуществляться с учетом такта сборки; 3) после операций, содержащих регулирование или пригонку, а также после операций, при выполнении которых может появиться

брак, необходимо предусмотреть контрольные операции.

По виду перемещения собираемого изделия различают стационарную и подвижную сборку, а по организации производства сборка делится на поточную и групповую. Поточная сборка осуществляется в условиях поточной организации производства; групповая — в условиях групповой организации производства. В автомобильной промышленности узловая и общая сборка осуществляется поточным методом с перемещением собираемого объекта (сборка на конвейере). Собираемый объект при поточной сборке передается от одного сборочного места к другому при помощи транспортирующих устройств, которые предназначены только для межоперационного перемещения объекта. В некоторых случаях при узловой сборке передача объекта от одного сборочного места к другому осуществляется посредством рольганга.

Поточную сборку характеризует действительный темп сборки, который определяет период времени равномерного выпуска собранных изделий.

По механизации и автоматизации процесса сборка делится на ручную, механизированную, автоматизированную и автоматическую.

Механизация сборочных работ (использование пневматических, гидравлических и электрических гайковертов, самораскрывающихся головок для механизированного завинчивания шпилек, электрических и пневматических сверлильных и шлифовальных машин и др.) сокращает основное и вспомогательное время сборки. Удельный вес пригоночных работ, которые являются нежелательными, можно уменьшить, применяя метод взаимозаменяемости, который позволяет использовать высокопроизводительные способы поточной сборки и сократить цикл сборки.

Под качеством технологического процесса сборки понимают совокупность свойств технологического процесса, обуславливающих его пригодность обеспечить требуемое качество изделий и выполнение программы выпуска без превышения установленных затрат.

Абсолютными показателями технологического процесса сборки являются

себестоимость и трудоемкость выполнения процесса сборки машины.

Эффективным средством уменьшения трудоемкости сборочных процессов является их механизация и автоматизация.

Значительное снижение трудоемкости сборки достигается применением в автоматизированных сборочных линиях различных транспортирующих устройств: бункеров, магазинов, разделителей потоков, вибротранспортеров и др.

4.2 Анализ изменений конструкции, приводящих к изменению технологии сборки

В данной работе модернизируется карданная передача полноприводного легкового автомобиля второго класса. Так как за аналог принят автомобиль ВАЗ-21213, постараемся достичь как можно большей степени унификации.

Технологический процесс сборки предлагаемой карданной передачи аналогичен технологическому процессу сборки карданных передач, которые устанавливаются на полноприводные легковые автомобили ОАО «АВТОВАЗ», однако в связи с внесенными в конструкцию изменениями, связанными с применением шарниров равных угловых скоростей, необходимо его скорректировать и внести ряд новых сборочных операций. При этом будем стремиться достичь возможности достижения требуемой собираемости изделия и технологичности процесса.

4.3 Разработка технологического процесса сборки карданной передачи. Составление перечня сборочных работ

Передний и задний карданный валы идентичны по конструкции и отличаются только длиной. Рассмотрим процесс сборки заднего карданного вала.

Сборка карданного вала производится в семь операций. Данные по нормированию всех видов работ основаны на операционных картах сборки, которые используют на ОАО «АВТОВАЗ».

Сгруппируем все основные и вспомогательные переходы в таблицу 4.1.

Таблица 12

№	Содержание основных и вспомогательных переходов	Время <i>top</i> , мин
1. Узловая сборка сепаратора		
1	Достать из контейнера сепаратор 2108-2215078 и установить в сборочное приспособление	0,05
2	Достать из контейнера шесть шариков 2121-2215026 и установить в сепаратор 2108-2215078 при помощи оправки	0,12
3	Достать из контейнера обойму 2108-2215080 и установить в сепаратор 2108-2215078	0,08
	ИТОГО:	0,25
2. Узловая сборка сепаратора		
4	Достать из контейнера сепаратор 2108-2215078 и установить в сборочное приспособление	0,05
5	Достать из контейнера шесть шариков 2121-2215026 и установить в сепаратор 2108-2215078 при помощи оправки	0,12
6	Достать из контейнера обойму 2108-2215080 и установить в сепаратор 2108-2215078	0,08
	ИТОГО:	0,25
3. Узловая сборка шарнира		
7	Достать из контейнера корпус шарнира ДП2110-2215063 и установить в сборочном приспособлении	0,06
8	Достать из контейнера фиксатор 2108-2215086 и установить в корпус шарнира ДП2110-2215063	0,08
9	Наполнить смазкой ШРУС-4 полость подсобранного шарнира	0,08
	ИТОГО:	0,22
4. Узловая сборка шарнира		
10	Достать из контейнера корпус шарнира ДП2110-2215063 и установить в сборочном приспособлении	0,06
11	Достать из контейнера фиксатор 2108-2215086 и установить в корпус шарнира ДП2110-2215063	0,08
12	Наполнить смазкой ШРУС-4 полость подсобранного шарнира	0,08
	ИТОГО:	0,22
5. Узловая сборка заднего карданного вала		

№	Содержание основных и вспомогательных переходов	Время <i>топ</i> , мин
13	Взять со стеллажа вал карданный задний ДП2110-2215015-01 и установить в сборочное приспособление	0,08
14	Достать из контейнера два чехла 2110-2215030-01 и установить на вал карданный задний ДП2110-2215015-01	0,12
15	Достать из контейнера два хомута малых 2108-2215034 и установить на вал карданный задний ДП2110-2215015-01	0,1
16	Затянуть два хомута малых 2108-2215034	0,12
17	Достать из контейнера два кольца упорных 2121-2215082 и установить на вал карданный задний ДП2110-2215015-01	0,1
18	Достать из контейнера два кольца стопорных 2121-2215084 и установить на вал карданный задний ДП2110-2215015-01	0,12
19	Достать из контейнера два упора 2108-2215034 и установить на вал карданный задний ДП2109-2215015-01	0,08
	ИТОГО:	0,72
	6. Общая сборка карданного вала	
20	Взять и установить шарнир ДП2110-2215011 на подсобранный вал карданный задний ДП2110-2202004	0,18
21	Установить чехол на корпус шарнира ДП2110-2215011	0,05
22	Достать из контейнера хомут большой 2108-2215036 и установить на чехол подсобранного изделия	0,06
23	Затянуть хомут большой 2108-2215036	0,06
24	Взять и установить шарнир ДП2110-2215011 на подсобранный вал карданный задний ДП2110-2202004	0,18
25	Установить чехол на корпус шарнира ДП2110-2215011	0,05
26	Достать из контейнера хомут большой 2108-2215036 и установить на чехол подсобранного изделия	0,06
27	Затянуть хомут большой 2108-2215036	0,06
28	Вынуть собранный карданный вал ДП2110-2202012 из сборочного приспособления	0,08
	ИТОГО:	0,78
	7. Контроль качества сборки	
29	Контролировать качество сборки карданного вала ДП2110-2202012	0,25

№	Содержание основных и вспомогательных переходов	Время $t_{оп}$, мин
	ИТОГО:	0,25
	Всего $\Sigma t_{оп}$	2,69

4.4 Определение трудоемкости сборки

В соответствии с перечнем работ (таблица 3.1) определим суммарную трудоемкость сборки заднего карданного вала как суммарное штучное время $t_{шт}$:

$$t_{шт}^{общ} = t_{оп}^{общ} \cdot \left(1 + \frac{\alpha + \beta}{100} \right), \quad (39)$$

где α — коэффициент учитывающий потери прием равным 3 %;

β — коэффициент учитывающий затраты на отдых прием равным 5 %;

$t_{оп}^{общ}$ — общее оперативное время.

$$t_{оп}^{общ} = \sum t_{оп} \cdot$$

$$t_{шт}^{общ} = 2,69 \cdot \left(1 + \frac{3+5}{100} \right) = 2,91 \text{ мин.}$$

Следовательно для сборки двух карданных валов: переднего и заднего, необходимых для установки на один автомобиль потребуется 5,82 мин.

4.5 Определение типа производства и организационной формы сборки

Годовую программу выпуска изделий прием равной 40 000 штук в год. Примерно такое количество карданных валов требуется для автомобиля ВАЗ-21213 «4x4» с учетом требований рынка запасных частей.

При таком годовом объеме выпуска производство попадает в разряд массовых — при трудоемкости от 2,5 до 25 мин на изделие и объеме выпуска более 36 000 шт. в год.

При поточной сборке в результате дифференциации процесса достигается лучшая специализация рабочих, повышается производительность труда вследствие механизации сборочных операций, сокращается длительность процесса, снижается себестоимость сборочных работ. Основные факторы, характеризующие поточную сборку:

- закрепление за каждым рабочим местом определенной сборочной операции;
- передача собираемого объекта для выполнения следующей операции немедленно после окончания предыдущей;
- ритмичная синхронная работа на всех собираемых объектах сборочной линии;
- слаженная и четкая работа всех смежных участков и обслуживающих поток участников производства;
- возможность широкого внедрения средств механизации.

Выбираем подвижную поточную сборку путем последовательной передачи собираемых объектов по операциям с помощью механических устройств.

При организации поточной подвижной сборки требуется четкая и слаженная работа всех смежных и обслуживающих поточную линию участков (снабжение заготовками, инструментом, техническое обслуживание оборудования и т.д.).

4.6 Составление маршрутной технологии

Сформируем содержание операций сборки карданного вала (заднего или переднего, так как они идентичны по конструкции и отличаются только длиной) с учетом однородности работы и ее законченности. Признаком законченности является целостность соединений при изменении положения и при транспортировке объекта сборки.

Оформим технологический маршрут процесса сборки в виде таблицы 4.2.

4.7 Проектирование сборочных операций

Длительность операций должна быть равна или кратна такту выпуска изделий T_B .

$$T_B = \frac{\Phi \cdot 60}{N_{год}}, \quad (40)$$

где $N_{год}$ — годовая программа выпуска;

Φ — годовой фонд рабочего времени, ч.

Вычислим годовой фонд рабочего времени Φ :

$$\Phi = D_p \cdot c \cdot T_{CM} \cdot \eta_p, \quad (41)$$

где D_p — число рабочих дней в году;

c — число рабочих смен за день. На ОАО «АВТОВАЗ» принята двухсменная сборка полноприводных легковых автомобилей;

T_{CM} — длительность рабочей смены, ч;

η_p — коэффициент, учитывающий потери времени на ремонт оборудования ($\eta_p = 0,98$ при односменной работе и $\eta_p = 0,97$ — при двухсменной).

$$\Phi = 250 \cdot 2 \cdot 8 \cdot 0,97 = 3880 \text{ ч.}$$

Определим такт выпуска изделий T_B :

$$T_B = \frac{3880 \cdot 60}{40000} = 5,82 \text{ мин.}$$

Ритм линии R :

$$R = 1/T_B. \quad (42)$$

$$R = 1/5,82 = 0,17 \text{ шт./мин.}$$

4.8 Синхронизация сборочных операций

Проанализируем выполнение условия кратности между $t_{шт}$ и T_B :

$$t_{шт} = k \cdot T_B. \quad (43)$$

Отсюда:

$$k = \frac{t_{шт}}{T_B}.$$

Подсчитаем k для каждой из операций, учитывая, что для комплектации одного автомобиля необходимо собрать передний и задний карданные валы:

$$k_{005} = \frac{0,25 \cdot 2}{5,82} = 0,09 ;$$

$$k_{010} = \frac{0,25 \cdot 2}{5,82} = 0,09 ;$$

$$k_{015} = \frac{0,22 \cdot 2}{5,82} = 0,08 ;$$

$$k_{020} = \frac{0,22 \cdot 2}{5,82} = 0,08 ;$$

$$k_{025} = \frac{0,72 \cdot 2}{5,82} = 0,25 ;$$

$$k_{030} = \frac{0,78 \cdot 2}{5,82} = 0,27 ;$$

$$k_{035} = \frac{0,25 \cdot 2}{5,82} = 0,09 .$$

Анализ показывает, что выполнение операций 005, 010, 015 и 020 следует доверить одному рабочему, а выполнение операций 025 и 030 — другому.

Таким образом, штучное время $t_{шт}$ каждой из операций не превышает такта выпуска T_B . Следовательно — массовая сборка узла возможна.

4.9 Выводы по разделу

В данном разделе разработаны характеристики и содержание технологического процесса сборки карданной передачи. На основании полученных данных разработана технологическая карта сборки карданной передачи. Разработаны семь операций, которые выполняются двумя работниками. Анализ временных затрат на сборку узла показал его пригодность для сборки при двухсменном режиме работы в количестве 40 000 комплектов в год.

5 БЕЗОПАСНОСТЬ И ЭКОЛОГИЧНОСТЬ ОБЪЕКТА

5.1 Описание участка

Карданная передача собирается на сборочном участке в цехе на ОАО «АВТОВАЗ» (см. рис. 5.1). Не смотря на то, что при сборке карданной передачи, различные сборочные операции производятся на различных рабочих местах, имеет смысл рассмотреть весь сборочный участок в целом. Обусловлено это тем, что работающие на участке люди находятся в непосредственной близости друг от друга.

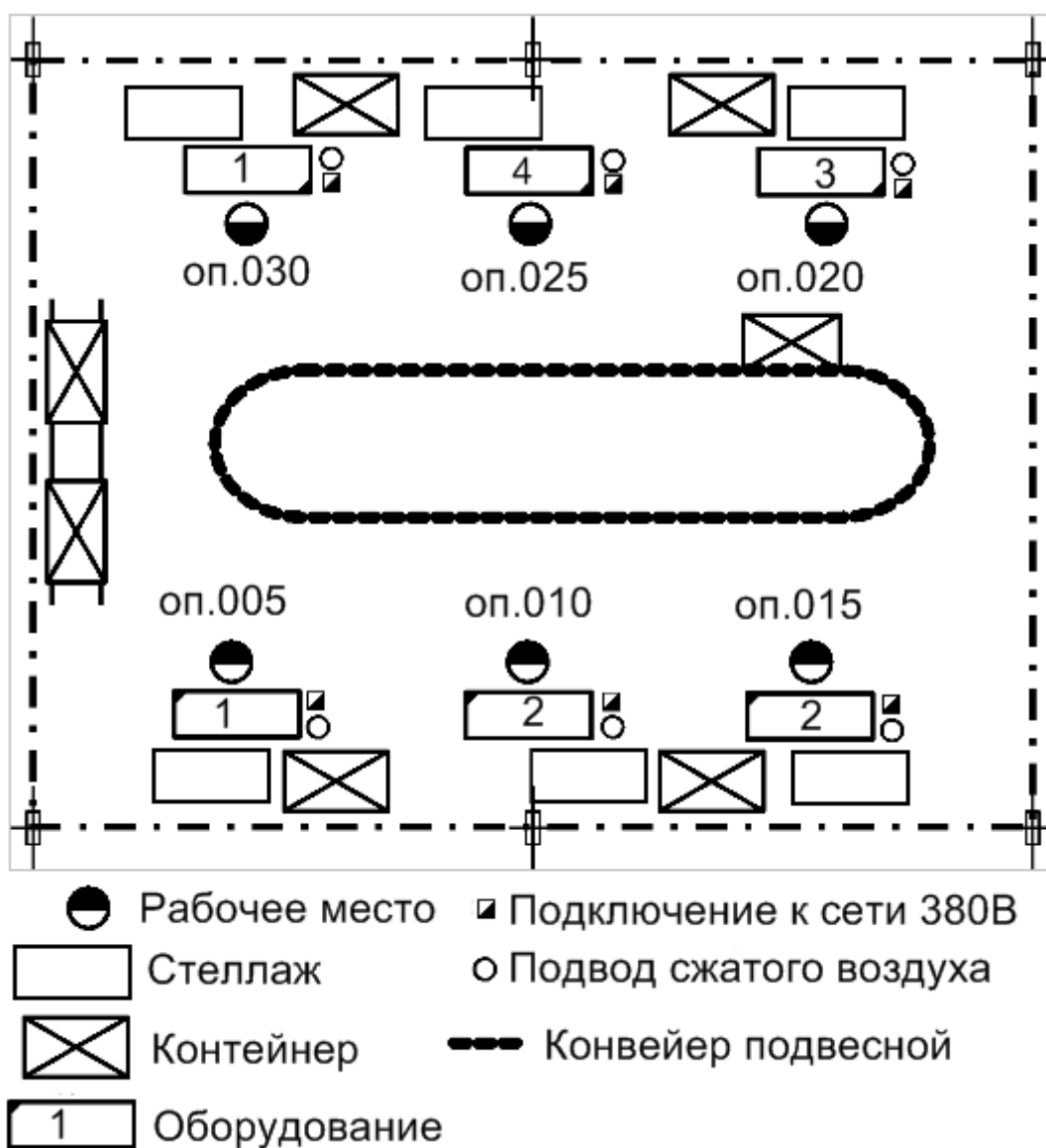


Рис. 15 Схема участка сборки карданной передачи

При сборке карданной передачи основным видом работ являются механо-сборочные. В операциях задействовано как ручное, так и полуавтоматическое оборудование — сборочные и балансировочные станды, а также контрольные столы.

Для транспортировки предусмотрен специальный подвесной конвейер (для транспортировки изделий между операциями) и механизированная транспортная лента для транспортировки собранного изделия на сборочный конвейер. Она, также, позволяет доставлять детали и подсобранные части на рабочие места сборщиков.

Оборудование, применяемое на участке сборки карданной передачи занесено в табл. 5.1 (позиции оборудования соответствуют рис. 5.1).

Таблица 13

Оборудование, применяемое на участке сборки карданной передачи

№ позиции на эскизе участка, рабочего места	Наименование оборудования и инструмента	Работы, операции, выполняемые на этом оборудовании или этим инструментами
1	Стол контрольный, измерительный инструмент	Сборка сепаратора, комплектация шарниров равных угловых скоростей, контроль качества сборки
2	Сборочный стенд с двуручным управлением «Помиа Гракко», плоскогубцы	Подборка сепаратора с оправкой, комплектация подсобранного узла, установка чехлов на корпуса шарниров
3	Установка для балансировки карданного вала	Балансировка карданного вала карданной передачи

5.2 Опасные и вредные производственные факторы (ОВПФ)

Проанализировав технологический процесс сборки карданной передачи, обстановку на сборочном участке и наличие на нем различного оборудования, можно выделить следующие ОВПФ (табл. 5.2).

Опасные и вредные производственные факторы

№ п.п.	Наименование опасного и вредного производственного фактора (ОВПФ)	Виды работ, оборудование, технологические операции при которых встречается данный производственный фактор
1	Физические ОВПФ (движущиеся машины и механизмы, подвесной конвейер, подвижные части оборудования). Острые кромки и заусенцы	При сборке изделия, доставке комплектующих на участок сборки и перемещению их внутри сборочного участка. Контейнеры, заготовки
2	Химические ОВПФ (работа с охлаждающими и смазочными средствами)	При выполнении смазочных работ шарниров равных угловых скоростей (смазка ШРУС-4)
3	Повышенное значение напряжения электрической сети (380 В)	При работе на всем сборочным оборудовании, имеющем подключение к сети напряжением 380В
4	Повышенный уровень шума и вибрации, запыленность	Работа механизмов транспортирования (механизированный подвесной конвейер), а также выполнение некоторых сборочных операций (запрессовка буфера на вал), балансировка карданного вала
5	Недостаточное естественное освещение. Недостаточная освещенность рабочей зоны	При всех видах работ
6	Статические перегрузки, утомляемость	При выполнении сборочных операций и монотонных процессов управления сборочным оборудованием
7	Повышенная пожароопасность	При работе с ветошью

5.3 Мероприятия по снижению и предотвращению влияния опасных и вредных производственных факторов

5.3.1 Обеспечение безопасности от движущихся машин, механизмов, подвижных частей оборудования

Для повышения безопасности от движущихся машин и механизмов, подвижных частей оборудования возможно применение специальных защитных ограждений, бордюров, окрашенных в желтый цвет или в черно-желтую «зебру».

Кромки и острые края оборудования должны быть притуплены и по возможности иметь прорезиненные вставки.

5.3.2 Обеспечение безопасности при работе с охлаждающими и смазочными материалами

Для предотвращения воздействия химических веществ следует применять тонкие трикотажные перчатки – они не сковывают движения кистей, но позволяют защитить кожу от воздействия. При попадании смазки на кожу для устранения ее загрязнения и раздражения следует применять моющие средства и воду.

5.3.3 Обеспечение электробезопасности на сборочном участке

По опасности поражения электрическим током производственные помещения классифицируются на:

1. Помещения без повышенной опасности:

- а) сухие;
- б) беспыльные;
- в) имеющие нормальную температуру воздуха;
- г) выложенные изолирующими полами.

2. Помещения с повышенной опасностью:

- а) сырость, относительная влажность близка к 75%;
- б) температура более 35°C;

- в) наличие токопроводящей пыли;
- г) наличие токопроводящих полов;
- д) возможность прикосновения к металлическим конструкциям, имеющим соединение с землей.

3. Особо опасные помещения:

- а) особая сырость, влажность близка к 100%;
- б) химически активная среда;
- в) наличие двух и более условий, свойственных помещениям второго класса.

Корпус, где находится участок по сборке карданной передачи, по своим микроклиматическим параметрам и особенностям конструкции относится к помещениям второго класса – с повышенной опасностью.

С целью защиты от поражения током используются следующие меры :

- надзор во время работы;
- производство отключений (электропитание отключается на время обеденного перерыва и пересменок);
- вывешивание предупредительных плакатов – « Не включай! », « Высокое напряжение! » и т.д.;
- соответствующим устройством электроустановок, при котором токоведущие части не доступны для случайного прикосновения благодаря наличию изоляции, ограждению, расположению на недоступной высоте, блокировкам и т.д.;
- устройством защитного заземления или автоматического отключения;
- устройством изолирующих полов.

Для рабочих и наладчиков предусматриваются следующие меры безопасности от поражения электрическим током:

- при обнаружении повреждения изоляции, замыкания, обрыва электропроводов и других неисправностей электроинструмента работу немедленно прекратить и сообщить об этом мастеру;
- не подключать электроинструмент в штепсельную розетку без указателя на ней требуемого напряжения;
- не переносить включенные в электросеть нагревательные приборы и инструменты;
- не передавать инструменты другим лицам даже на некоторое время;
- запрещается открывать электрошкафы, ремонтировать электроинструменты, заменять сгоревшие лампы, предохранители и т.д.

5.3.4 Обеспечение защиты от повышенного уровня шума и вибрации, запыленности

Защита работающих от шума и вибрации может осуществляться как с коллективными средствами и методами, так и индивидуальными средствами.

Снижения шума машин и механизмов, работающих на участке можно добиться с помощью средств демпфирования, покрывая ими излучающую шум поверхность. Наиболее распространены жесткие покрытия из упруго вязких материалов (мастики, линолеума, войлока), наносимых на поверхность наклеиванием или напылением. С помощью звукоизолирующих преград можно снизить уровень шума на 30–40дБ. Поэтому источник шума необходимо звукоизолировать, обеспечивая их ограждение эффективными звуко- и виброизолирующими материалами (металлы, бетон, дерево, плотные пластмассы, резина).

Снижения шума можно добиться с помощью звукопоглощения. Для этого проводят акустическую обработку помещения, нанося звукопоглощающие материалы на внутренние поверхности, а также размещая в нем штучные звукопоглотители.

Средства индивидуальной защиты позволяют снизить уровень воспринимаемого шума на 10 – 45 дБ. Из средств индивидуальной защиты

применяются противошумные наушники, противошумные вкладыши и специальные ушные тампоны из мягкой капиллярной бумаги или плотной ваты – эта мера позволит значительно снизить уровень звукового давления на органы слуха, но не будет препятствовать правильному восприятию человеческой речи.

Для снижения вредного воздействия вибрации необходимо применять виброизоляцию и вибродемпфирование источников вибрации, а также использовать средства индивидуальной защиты (специальную обувь, спецодежду, перчатки).

Для обеспечения нормального микроклимата на участке сборки карданной передачи предусмотрена система вентиляции. Санитарными нормами предусмотрен такой технологический процесс и производственное оборудование, которые обеспечивают минимальные выбросы в окружающую среду вредных и неприятно пахнущих веществ, тепла, влаги, пыли. Одним из основных мероприятий по стабилизации параметров микроклимата и состава воздуха в производственном помещении является обеспечение надлежащего воздухообмена. Общеобменная вентиляция должна обеспечить норму в 2000 м³/ч удаляемого и поступающего в помещение участка воздуха. В местах концентрации вредных выбросов, пыли, тепла используется местная вентиляция.

5.3.5 Обеспечение освещенности рабочего места

В качестве источников искусственного света применяются лампы накаливания и газоразрядные лампы. В настоящее время все большее применение в промышленности находят газоразрядные лампы, которые бывают низкого и высокого давления. Газоразрядные лампы низкого давления, называются люминесцентными, а к лампам высокого давления относят дуговые ртутные люминесцентные лампы (ДРЛ). Основным преимуществом газоразрядных ламп является их экономичность. Световая отдача этих ламп колеблется в пределах 30-80 лм/Вт, что в 3-4 раза превышает световую отдачу ламп накаливания. Люминесцентные лампы обладают также многими

гигиеническими преимуществами.

В соответствии со Строительными нормами и правилами норма освещения рабочей зоны участка должна быть равна 300лк. Учитывая это, а также место использования ламп наиболее предпочтительными являются люминесцентные лампы ЛД-40 мощностью 40 Вт каждая.

Определим необходимое число светильников в ряду по формуле:

$$N_c = \frac{E \cdot K_z \cdot S \cdot z}{\eta \cdot \Phi_l} \quad (44)$$

где E – нормированная освещенность (лк),

$K_z = 1,5$ – коэффициент запаса для светильников,

$S = 18 \cdot 12 = 216 \text{ м}^2$ – площадь участка сборки,

$z = 1,2$ – коэффициент неравномерности освещенности,

$\eta = 0,68$ – коэффициент использования светового потока.

$\Phi_l = 4250 \cdot 2 = 8500 \text{ лм}$ – световой поток одного светильника, при 4-х лампах в одном светильнике.

$$N_c = \frac{300 \cdot 1,5 \cdot 216 \cdot 1,2}{0,68 \cdot 8500} = 20,2 \text{ шт} .$$

Принимаем 21 светильник.

Индекс помещения :

$$l = \frac{A \cdot B}{h \cdot \sqrt{A \cdot B}} = \frac{18 \cdot 12}{5 \cdot \sqrt{18 \cdot 12}} = 1,44 \quad (45)$$

где A – длина помещения;

B – ширина помещения ;

$h = 5 \text{ (м)}$ – высота светильников над рабочей поверхностью.

5.3.6 Методы борьбы с утомляемостью и воздействием статических нагрузок

Борьба с утомляемостью обеспечивается в основном за счет внедрения научной организации труда. Это дает рациональную организацию рабочих мест, использование непродолжительных перерывов, а также предусматривается

создание комнат эмоциональной разгрузки для рабочего персонала. На уровень утомляемости также влияет и совокупность других производственных факторов, поэтому воздействуя на такие вредные производственные факторы, как шум и вибрация, можно добиться снижения утомляемости.

Для снятия нагрузки с органов зрения следует обеспечить равномерное освещение на всех рабочих местах.

5.3.7 Обеспечение пожаробезопасности

Для повышения пожарной безопасности используются материалы с высокой огнестойкостью и высокой теплопроводностью, краски типа ВПМ для окраски механических конструкций. На территории участка не должно быть мусора, отработанных деталей, узлов, различного рода топлива и масел, входы и выходы всегда должны быть свободны. Противопожарные средства должны быть в доступной зоне, в достаточном количестве и не чем не загорожены. Легкие огнетушители должны быть рядом при проведении сварочных работ.

К пожароопасным работам относятся: применение клеев, лаков, масел, работы с нагревательными приборами.

К проведению пожароопасных работ допускаются лица, ознакомленные с правилами противопожарной безопасности с выдачей специального талона по установленной форме.

При работе с электронагревательными приборами следует соблюдать требования техники безопасности, чтобы предотвратить ожоги.

Рассматриваемый участок сборки карданной передачи, в силу своей индустриальной предназначенности и характеру опасных причин относится к категории «В» пожароопасности (т.е. – «пожароопасные объекты»).

Для предупреждения и тушения пожаров на территории участка и цеха должны находиться:

1. Пожарные краны
2. Сухой песок
3. Асбестовые одеяла

4. Огнетушители
5. Автоматические системы сигнализации
6. Автоматические системы тушения пожаров

Для вызова пожарной команды (в случае сильных возгораний), обязательно наличие телефонного аппарата в пределах досягаемости.

Для экстренной эвакуации персонала должны быть разработаны планы эвакуации с территории участка.

Для повышения бдительности персонала используют средства агитации (предупреждающие плакаты) и предупреждающие знаки.

Курение на участке сборки запрещено!

5.4 Экологическая экспертиза разрабатываемого объекта

Разрабатываемый объект входит в общезаводскую структуру, поэтому возможно использование заводских очистных сооружений для воды.

Вредные выбросы в атмосферу отсутствуют, т.к. нет ни каких продуктов горения и токсических веществ.

Утилизация отработанных веществ осуществляется в общезаводских масштабах с максимальным использованием отходов во вторсырье.

Тепловое и электромагнитное излучение является не значительным, а шум не распространяется за пределы производственного помещения.

При сборке приводов можно выделить три основных возможных пути загрязнения окружающей среды:

1. Пыль (в результате работы станков и прочей механики)
2. Шум (в результате работы механических устройств и системы вентиляции)
3. Химические отходы (смазка, охлаждающие и технологические жидкости, как отходы технологического процесса и работы и обслуживания механики).

Для циркуляции воздуха существует компрессорная установка, которая снабжает свежим воздухом помещения цеха и забирает пыль с рабочих столов и

из помещений. Далее воздух пропускается через многослойный фильтр, где задерживаются частицы различных размеров. Очень значителен момент выгрузки фильтрующего элемента из бункера. Процесс должен производиться очень аккуратно, чтоб не допустить утечки сора из фильтра. Утилизация фильтрующего элемента может быть произведена только в предназначенных для этого местах.

Химические отходы на участке – смазки, промывки, охлаждающие жидкости. Требуют бережного и осторожного хранения, так как представляют серьезную пожарную опасность. Недопустимо попадание этих материалов в канализацию. Отходы должны быть помещены в контейнеры (бочки, баки) и отправлены на химическую переработку или в специальные пункты утилизации химических отходов.

Шум на участке производится транспортной лентой, сборочными стендами и системой вентиляции.

Для снижения шума машин необходимо следить за их технической исправностью и целостностью систем глушения шума. Необходимо смазывать контактирующие металлические детали механизмов. Сегменты системы вентиляции необходимо обклеить вибро- и шумоизоляционными материалами.

Для снижения внешнего шума следует организовать зеленые насаждения, призванные поглощать часть звуковой энергии.

5.5 Безопасность объекта при аварийных и чрезвычайных ситуациях

Главные усилия человека в борьбе с авариями и катастрофами направлены на их предотвращение. Как ни сложны современные производственные условия, фатальной неизбежности аварий и катастроф не существует. Вовремя принятые меры полностью их исключают. В основе таких мер лежит обеспечение надежности функционирования с учетом многообразия специфики и характера отраслей и видов производства. В ГОСТ 13377 – 75 надежность определяется как свойство объекта выполнять заданные функции, сохраняя во времени значения установленных эксплуатационных показателей в

заданных пределах, соответствующих заданным режимам и условиям использования, технического обслуживания, ремонтов, хранения и транспортировки.

Надежность достигается выполнением большого и сложного комплекса различных мероприятий. Основными из них являются:

- строгое соответствие проекта производственного объекта и хода выполнения строительных работ требованиям государственных стандартов и строительных норм и правил, максимально исключающих всякую возможность возникновения катастроф и аварий;
- жесткая производственная дисциплина, точное выполнение технологических процессов, использование агрегатов и механизмов строго в соответствии с их техническим назначением и возможностями;
- дублирование и увеличение запаса прочности важнейших элементов производства, создание страховочных систем и устройств;
- четкая организация службы инспекции, контроля и безопасности;
- тщательный подбор кадров в соответствии с требованиями производства, постоянное обновление и повышение их практических знаний в объеме выполняемой работы;
- оценка условий производства с точки зрения возможности возникновения аварии (катастрофы).

Важным мероприятием является подготовка объекта к переводу на режим работы в условиях крупной аварии. Оно предусматривает защиту рабочих и служащих, их перевод на аварийный режим работы, безаварийную остановку отдельных участков производства, обеспечение электроэнергией, водой, топливом, сырьем, защиту оборудования и документации, ограничение воздействия вторичных факторов и другие мероприятия.

В целях обеспечения быстрого проведения восстановительных работ на объекте заранее комплектуют, оснащают и обучают ремонтно-восстановительные бригады, создают необходимый запас восстановительных

материалов и конструкций и разрабатывают план первоочередных восстановительных работ. Особое значение имеют систематические тренировки и учения на объекте по ликвидации типовой аварии (катастрофы) и работе в различных вариантах аварийной обстановки.

При крупных авариях и катастрофах организация работ по ликвидации последствий проводится с учетом обстановки, сложившейся после аварии или катастрофы, степени разрушения и повреждения зданий и сооружений, технологического оборудования, агрегатов, характера аварий на коммунально-энергетических сетях и пожаров, особенностей застройки территории объекта и других условий.

Работы по организации ликвидации последствий аварий и катастроф проводятся в сжатые сроки: необходимо быстро спасти людей, находящихся под обломками зданий, в заваленных подвалах, и оказать им экстренную медицинскую помощь, а также предотвратить другие катастрофические последствия, связанные с гибелью людей и потерей большого количества материальных ценностей.

С возникновением аварии или катастрофы начальник гражданской обороны на основании данных разведки и личного наблюдения принимает решение на ликвидацию и ставит задачи формированиям.

Начальники участков руководят спасательными и неотложными аварийно-восстановительными работами. Они указывают командирам формирований наиболее целесообразные приемы и способы выполнения работ, определяют материально-техническое обеспечение, сроки окончания работ и представляют донесения об объеме выполненных работ, организуют питание, смену и отдых личного состава формирований.

Ликвидация чрезвычайной ситуации осуществляется силами и средствами предприятий, учреждений и организаций независимо от их организационно-правовой формы, органов местного самоуправления, органов исполнительной власти субъектов РФ, на территории которых сложилась

чрезвычайная ситуация, под руководством соответствующих комиссий по чрезвычайным ситуациям.

К ликвидации чрезвычайных ситуаций могут привлекаться Вооруженные силы РФ, Войска гражданской обороны РФ, другие войска и воинские формирования в соответствии с законодательством Российской Федерации.

Ликвидация чрезвычайной ситуации считается завершенной по окончании проведения аварийно-спасательных и других неотложных работ.

5.6 Выводы по разделу

В данном разделе был проведен анализ условий труда на сборочном участке карданной передачи с точки зрения безопасности труда. Выявлены опасные и вредные производственные факторы, вредные воздействия на окружающую среду, определены вероятные причины несчастных случаев и разработан перечень мер, необходимых для снижения ОВПФ и риска травматизма на рабочем месте. Указаны источники пожарной опасности на территории участка и меры, необходимые и достаточные для обеспечения пожарной безопасности. Даны рекомендации по действиям во время чрезвычайных ситуаций. Произведен расчет освещенности участка сборки карданной передачи.

6 ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРОЕКТА

6.1 Введение

В качестве базового узла рассматривается карданная передача полноприводного легкового автомобиля ВАЗ-21213. В качестве проектного варианта рассматривается та же карданная передача, но отличающаяся от базового варианта заменой крестовин в карданных шарнирах на шарниры равных угловых скоростей. Такая модернизация позволила получить следующие положительные качества:

- 1) значительно увеличен ресурс шарниров равных угловых скоростей (почти в четыре раза) вследствие снижения передаваемого ими крутящего момента (на величину передаточного числа главной передачи заднего моста);
- 2) повышена надежность карданной передачи в целом;
- 3) шарниры равных угловых скоростей обладают меньшим значением усилий, возникающих в осевом компенсационном устройстве и достаточно большим КПД при малых углах наклона карданных валов друг относительно друга;
- 4) снижение вибрации и шума, вызываемого работой карданной передачи, вследствие применения шарниров равных угловых скоростей.

Цель модернизации карданной передачи — повысить надежность и ресурс карданной передачи, а также снизить вибрацию и шум, возникающие в передаче при ее работе. Поставленная задача была выполнена. В среднем — ресурс шарниров карданной передачи увеличен почти в 4 раза, а всей карданной передачи — почти в 1,5 раза. Уровень вибрации снижен ориентировочно на 10-15%.

Улучшение показателей автомобиля по шуму и вибрации благоприятно отражается на самочувствии и здоровье водителя и пассажиров. Кроме этого, снижается утомляемость водителя, а это, в свою очередь повышает

безопасность движения.

Низкий уровень шума и вибраций автомобиля является серьезным конкурентным преимуществом на современном автомобильном рынке, когда автомобильные компании стремятся улучшить потребительские свойства автомобиля и привлечь покупателя, что немаловажно в условиях «мирового кризиса».

Следует также отметить, что данное направление перспективно ввиду постоянно ужесточаемых законодательных требований по шуму и вибрации.

6.2 Расчет себестоимости проектируемого узла

6.2.1 Исходные данные

Исходные данные для расчета себестоимости проектируемых элементов карданной передачи сведены в таблицу 6.1. Указанные данные получены из бюро расчета себестоимости автомобиля дирекции по техническому развитию ОАО «АВТОВАЗ» в апреле 2010г.

Таблица 15

№ п/п	Наименование показателя	Обозн.	Ед. изм.	Знач.
1	2	3	4	5
1	Годовая программа выпуска изделия	$V_{ГОД}$	шт.	40000
2	Коэффициент отчислений в единый социальный налог	$E_{СОЦ}$	%	26
3	Коэффициент общезаводских расходов	$E_{ОБ.ЗАВОД}$	%	215
4	Коэффициент коммерческих (внепроизводственных) расходов	$E_{КОМ}$	%	5
5	Коэффициент расходов на содержание и эксплуатацию оборудования	$E_{ОБОР}$	%	194
6	Коэффициент транспортно-заготовительных расходов	$K_{ТЗР}$	%	1,45
7	Коэффициент цеховых расходов	$E_{ЦЕХ}$	%	183
8	Коэффициент расходов на инструмент и оснастку	$E_{ИНСТР}$	%	3
9	Коэффициент рентабельности и плановых накоплений	$K_{РЕНТ}$	%	30

1	2	3	4	5
10	Коэффициент доплат и выплат, не связанных с работой на производстве	$K_{ВЫП}$	%	8
11	Коэффициент премий и доплат за работу на производстве	$K_{ПРЕМ}$	%	20
12	Коэффициент возвратных отходов	$K_{ВОТ}$	%	1
13	Часовая тарифная ставка i -го разряда: 3 разряд 4 разряд 5 разряд	C_{pi}	руб/ч	48,41 51,7 57,38
14	Коэффициент капиталобразующих инвестиций	$K_{ИНВ}$	%	4,5

6.2.2 Расчет статьи затрат «Сырье и материалы»

$$M = C_M \cdot Q_M \cdot \left(1 + \frac{K_{ТЗР} - K_{ВОТ}}{100} \right), \quad (46)$$

где C_M — оптовая цена материала i -го вида, руб.;

Q_M — норма расхода материала i -го вида;

$K_{ТЗР}$ — коэффициент транспортно-заготовительных расходов, %;

$K_{ВОТ}$ — коэффициент возвратных отходов, %.

Проведем расчет по каждому из материалов, а данные внесем в таблицу 6.2.

Таблица 16

№ п/п	Наименование материала	Норма расхода, кг	Средняя цена за ед. изм., руб.	Сумма, руб.
1	2	3	4	5
1	Сталь 20ХГНМ	0,4	280	112
2	Сталь 19ХГН	3,6	320	1152
3	Сталь А15Х	0,35	210	73,5
4	Сталь ШХ15	0,32	155	49,6
5	Сталь 20Х	6,6	125	825
6	Сталь 15	0,25	55	13,75
7	Резиновая смесь 1050	1,3	150	195

№ п/п	Наименование материала	Норма расхода, кг	Средняя цена за ед. изм., руб.	Сумма, руб.
ИТОГО:				2420,85
Транспортно-заготовительные расходы (1,45 %)				35,10
Возвратные отходы (1 %)				24,21
ВСЕГО:				2431,74

6.2.3 Расчет статьи затрат «Покупные изделия и полуфабрикаты»

$$P_{II} = C_i \cdot n_i \cdot \left(1 + \frac{K_{ТЗР}}{100}\right), \quad (47)$$

где C_i — оптовая цена покупных изделий и полуфабрикатов i -го вида, руб.;

n_i — количество покупных изделий и полуфабрикатов i -го вида, шт.

Проведем расчет по каждому из материалов, а данные внесем в таблицу 6.3.

Таблица 17

№ п/п	Наименование материала	Количество	Средняя цена за ед. изм., руб.	Сумма, руб.
1	2	3	4	5
1	Хомут большой	4	2,50	10,00
2	Хомут малый	4	1,50	6,00
ИТОГО:				16,00
Транспортно-заготовительные расходы (1,45 %)				0,23
ВСЕГО:				16,23

6.2.4 Расчет статьи затрат «Основная заработная плата производственных рабочих»

$$Z_o = Z_T \cdot \left(1 + \frac{K_{ПРЕМ}}{100}\right), \quad (48)$$

где Z_T — тарифная заработная плата, руб.

$$Z_T = C_{Pi} \cdot T_i, \quad (49)$$

где C_{Pi} — часовая тарифная ставка, руб.;

T_i — трудоемкость выполнения операции, час.

Как показывает технологический анализ конструкции, структура и содержание сборочных операций изменились после модернизации узла. Проведем расчет по каждой из операций, а данные внесем в таблицу 6.4. Данные по базовому варианту занесены в таблицу 6.5.

Таблица 18

№ п/п	Вид операции	Разряд работы	Трудоемкость, чел-час	Часовая тарифная ставка, руб/час	Тарифная зарплата, руб.
1	2	3	4	5	6
1	Заготовительная	3	0,6	48,41	29,05
2	Токарная	4	0,6	51,7	31,02
3	Фрезерная	3	0,4	48,41	19,36
4	Сварочная	4	0,2	51,7	10,34
5	Термообработка	5	0,2	57,38	11,48
6	Шлифовальная	3	0,4	48,41	19,36
7	Сборочная	5	0,6	57,38	34,43
ИТОГО:					155,04
Премииальные доплаты					31,01
ВСЕГО:					186,05

6.2.5 Расчет статьи затрат «Дополнительная заработная плата производственных рабочих»

$$Z_{\text{доп}} = Z_o \cdot K_{\text{вып}}, \quad (50)$$

где $K_{\text{вып}}$ — коэффициент доплат или выплат не связанных с работой на производстве (8 %).

$$Z_{\text{доп}}^{\text{п}} = 186,05 \cdot 0,08 = 37,21 \text{ руб.}$$

6.2.6 Расчет статьи затрат «Отчисления в единый социальный налог»

$$C_{\text{соц}} = \frac{|Z_o + Z_{\text{доп}}| \cdot E_{\text{соц}}}{100}, \quad (51)$$

где $E_{\text{СОЦ}}$ — единый социальный налог (26 %).

$$C_{\text{СОЦ}}^{\Pi} = (186,05 + 37,21) \cdot 0,26 = 58,05 \text{ руб}$$

6.2.7 Расчет статьи затрат «Расходы на содержание и эксплуатацию оборудования»

$$C_{\text{СОДОБОР}} = Z_o \cdot \frac{E_{\text{ОБОР}}}{100}, \quad (52)$$

где $E_{\text{ОБОР}}$ — коэффициент расходов на содержание и эксплуатацию оборудования (194 %).

$$C_{\text{СОДОБОР}}^{\Pi} = 186,05 \cdot 1,94 = 360,93 \text{ руб} .$$

6.2.8 Расчет статьи затрат «Цеховые расходы»

$$C_{\text{ЦЕХ}} = Z_o \cdot \frac{E_{\text{ЦЕХ}}}{100}, \quad (53)$$

где $E_{\text{ЦЕХ}}$ — коэффициент цеховых расходов (183 %).

$$C_{\text{ЦЕХ}}^{\Pi} = 186,05 \cdot 1,83 = 340,47 \text{ руб} .$$

6.2.9 Расчет статьи затрат «Расходы на инструмент и оснастку»

$$C_{\text{ИНСТР}} = Z_o \cdot \frac{E_{\text{ИНСТР}}}{100}, \quad (54)$$

где $E_{\text{ИНСТР}}$ — коэффициент расходов на инструмент и оснастку (3 %).

$$C_{\text{ИНСТР}}^{\Pi} = 186,05 \cdot 0,03 = 5,58 \text{ руб} .$$

6.2.10 Расчет цеховой себестоимости

$$C_{\text{ЦЕХ С/С}} = M + \Pi_{\text{И}} + Z_o + Z_{\text{ДОП}} + C_{\text{СОЦ}} + C_{\text{СОДОБОР}} + C_{\text{ЦЕХ}} + C_{\text{ИНСТР}} . \quad (55)$$

$$C_{\text{ЦЕХ С/С}}^{\Pi} = 2431,74 + 16,23 + 186,05 + 37,21 + 58,05 + 360,93 + 340,47 + 5,58 = \\ = 3436,26 \text{ руб}$$

6.2.11 Расчет статьи затрат «Общезаводские расходы»

$$C_{\text{ОБ.ЗАВОД}} = Z_o \cdot \frac{E_{\text{ОБ.ЗАВОД}}}{100}, \quad (56)$$

где $E_{\text{ОБ.ЗАВОД}}$ — коэффициент общезаводских расходов (215 %).

$$C_{ОБ.ЗАВОД}^{П} = 186,05 \cdot \frac{215}{100} = 400 \text{ руб.}$$

6.2.12 Расчет общезаводской себестоимости

$$C_{ОБ.ЗАВОД С/С} = C_{ОБ.ЗАВОД} + C_{ЦЕХ С/С} \quad (57)$$

$$C_{ОБ.ЗАВОДС/С}^{П} = 400 + 3436,26 = 3836,27 \text{ руб.}$$

6.2.13 Расчет статьи затрат «Коммерческие расходы»

$$C_{КОМ} = C_{ОБ.ЗАВОД С/С} \cdot \frac{E_{КОМ}}{100}, \quad (58)$$

где $E_{КОМ}$ — коэффициент коммерческих расходов (5 %).

$$C_{КОМ}^{П} = 3836,27 \cdot 0,05 = 191,81 \text{ руб.}$$

6.2.14 Расчет полной себестоимости

$$C_{ПОЛ} = C_{ОБ.ЗАВОД С/С} + C_{КОМ} \quad (59)$$

$$C_{ПОЛ}^{П} = 3836,27 + 191,81 = 4028,08 \text{ руб.}$$

6.2.15 Расчет отпускной цены для базового и проектируемого изделия

$$Ц_{ОТП} = C_{ПОЛ}^{Б} \cdot \left(1 + \frac{K_{РЕНТ}}{100}\right), \quad (60)$$

где $K_{РЕНТ}$ — коэффициент рентабельности и плановых накоплений (30 %).

$$Ц_{ОТП}^{П,Б} = 3737,56 \cdot (1 + 0,3) = 4858,83 \text{ руб.}$$

Затраты на производство базового и проектируемого изделия сведем в таблицу 6.5.

Таблица 19

№ п/п	Наименование показателей	Обознач.	Затраты на единицу изделия, руб.	
			База	Проект
1	2	3	4	5
1	Стоимость основных материалов	<i>М</i>	1772,04	2431,74
2	Стоимость комплектующих изделий	<i>Пи</i>	576,64	16,23

№ п/п	Наименование показателей	Обознач.	Затраты на единицу изделия, руб.	
			База	Проект
3	Основная зарплата производственных рабочих	Z_o	162,28	186,05
4	Дополнительная зарплата производственных рабочих	$Z_{доп}$	32,46	37,21
5	Отчисления на социальные нужды	$C_{соц}$	50,63	58,05
6	Расходы на содержание и эксплуатацию оборудования	$C_{СОД.ОБОР}$	314,82	360,93
7	Цеховые расходы	$C_{ЦЕХ}$	296,97	340,47
8	Расходы на инструмент и оснастку	$C_{ИНСТР}$	4,87	5,58
9	Цеховая себестоимость	$C_{ЦЕХ С/С}$	3210,69	3436,26
10	Общезаводские расходы	$C_{ОБ.ЗАВОД}$	348,89	400,00
11	Общезаводская себестоимость	$C_{ОБ.ЗАВОД С/С}$	3559,59	3836,27
12	Коммерческие расходы	$C_{КОМ}$	177,98	191,81
13	Полная себестоимость	$C_{ПОЛ}$	3737,56	4028,08
14	Отпускная цена	$C_{ОТП}$	4858,83	4858,83

6.3 Расчет точки безубыточности проекта

В качестве исходных данных для определения порога прибыли (точка безубыточности) используем таблицу 6.5.

Математическая формула безубыточности:

$$C_{отп} \cdot V_{год} = Z_{пост} + Z_{пер.уд} \cdot V_{год}, \quad (61)$$

где $C_{отп}$ — отпускная цена продукции, руб.;

$Z_{пост}$ — постоянные издержки, руб;

$Z_{пер.уд}$ — переменные удельные издержки, руб;

$V_{год}$ — годовой объем производства, шт.

6.3.1 Определение переменных затрат на единицу изделия

$$Z_{\text{ПЕР.УД}} = M + \Pi_{\text{И}} + Z_{\text{О}} + Z_{\text{ДОП}} + C_{\text{СОЦ}} \cdot (62)$$
$$Z_{\text{ПЕР.УД}}^{\text{Б}} = 1772,04 + 576,64 + 162,28 + 32,46 + 50,63 = 2594,05 \text{ руб} ;$$
$$Z_{\text{ПЕР.УД}}^{\text{П}} = 2431,74 + 16,23 + 186,05 + 37,21 + 58,05 = 2729,28 \text{ руб} .$$

Переменные затраты на годовую норму выпуска изделий:

$$Z_{\text{ПЕР}} = Z_{\text{ПЕР.УД}} \cdot V_{\text{ГОД}} \cdot (63)$$
$$Z_{\text{ПЕР}}^{\text{Б}} = 2594,05 \cdot 40000 = 103762000,00 \text{ руб} ;$$
$$Z_{\text{ПЕР}}^{\text{П}} = 2729,28 \cdot 40000 = 109171216,04 \text{ руб} .$$

6.3.2 Определение постоянных затрат

$$Z_{\text{ПОСТ.УД}} = (C_{\text{СОД.ОБОР}} + C_{\text{ИНСТР}}) \cdot 0,87 + C_{\text{ЦЕХ}} + C_{\text{ОБ.ЗАВОД}} + C_{\text{КОМ}} + A_{\text{М.УД}} \cdot (64)$$

где $A_{\text{М.УД}}$ — амортизационные отчисления, руб.

$$A_{\text{М.УД}} = (C_{\text{СОД.ОБОР}} + C_{\text{ИНСТР}}) \cdot H_{\text{А}} \cdot (65)$$

где $H_{\text{А}}$ — норма амортизационных отчислений, равная 13%.

$$A_{\text{М.УД}}^{\text{Б}} = (314,82 + 4,87) \cdot 0,13 = 41,56 \text{ руб} ;$$
$$A_{\text{М.УД}}^{\text{П}} = (360,93 + 5,58) \cdot 0,13 = 47,65 \text{ руб}$$

$$Z_{\text{ПОСТ.УД}}^{\text{Б}} = (314,82 + 4,87) \cdot 0,87 + 296,97 + 348,89 + 177,98 + 41,56 = 1143,53 \text{ руб} ;$$

$$Z_{\text{ПОСТ.УД}}^{\text{П}} = (360,93 + 5,58) \cdot 0,87 + 340,47 + 400 + 191,81 + 47,65 = 1298,8 \text{ руб} .$$

Постоянные затраты на годовую норму выпуска изделий:

$$Z_{\text{ПОСТ}} = Z_{\text{ПОСТ.УД}} \cdot V_{\text{ГОД}} \cdot (66)$$
$$Z_{\text{ПОСТ}}^{\text{Б}} = 1143,53 \cdot 40000 = 45741200,00 \text{ руб} ;$$
$$Z_{\text{ПОСТ}}^{\text{П}} = 1298,8 \cdot 40000 = 51952000,00 \text{ руб} .$$

6.3.3 Полная себестоимость годовой программы выпуска изделия

$$C_{\text{ПОЛ.Г}} = C_{\text{ПОЛ.УД}} \cdot V_{\text{ГОД}} = (C_{\text{ПЕР.УД}} + C_{\text{ПОСТ.УД}}) \cdot V_{\text{ГОД}} \cdot \quad (67)$$

$$C_{\text{ПОЛ.Г}}^{\Pi} = (2729,28 + 1298,8) \cdot 40000 = 161123172,04 \text{ руб.}$$

6.3.4 Годовая выручка от реализации изделия

$$\text{Выр} = Ц_{\text{ОТП}} \cdot V_{\text{ГОД}} \cdot \quad (68)$$

$$\text{Выр}^{\Pi} = 4336,01 \cdot 40000 = 173440294,81 \text{ руб.}$$

6.3.5 Расчет маржинального дохода

$$Д_{\text{МАРЖ}} = \text{Выр} - З_{\text{ПЕР}} \cdot \quad (69)$$

$$Д_{\text{МАРЖ}}^{\Pi} = 173440294,81 - 109171216,04 = 64269078,77 \text{ руб.}$$

6.3.6 Расчет критического объема продаж

$$A_{\text{КРИТ}} = \frac{З_{\text{ПОСТ}}}{Ц_{\text{ОТП}} - З_{\text{ПЕР.УД}}} \cdot \quad (70)$$

$$A_{\text{КРИТ}}^{\Pi} = \frac{51951956,00}{4336,01 - 2729,82} = 32334,03 \approx 32335 \text{ шт}$$

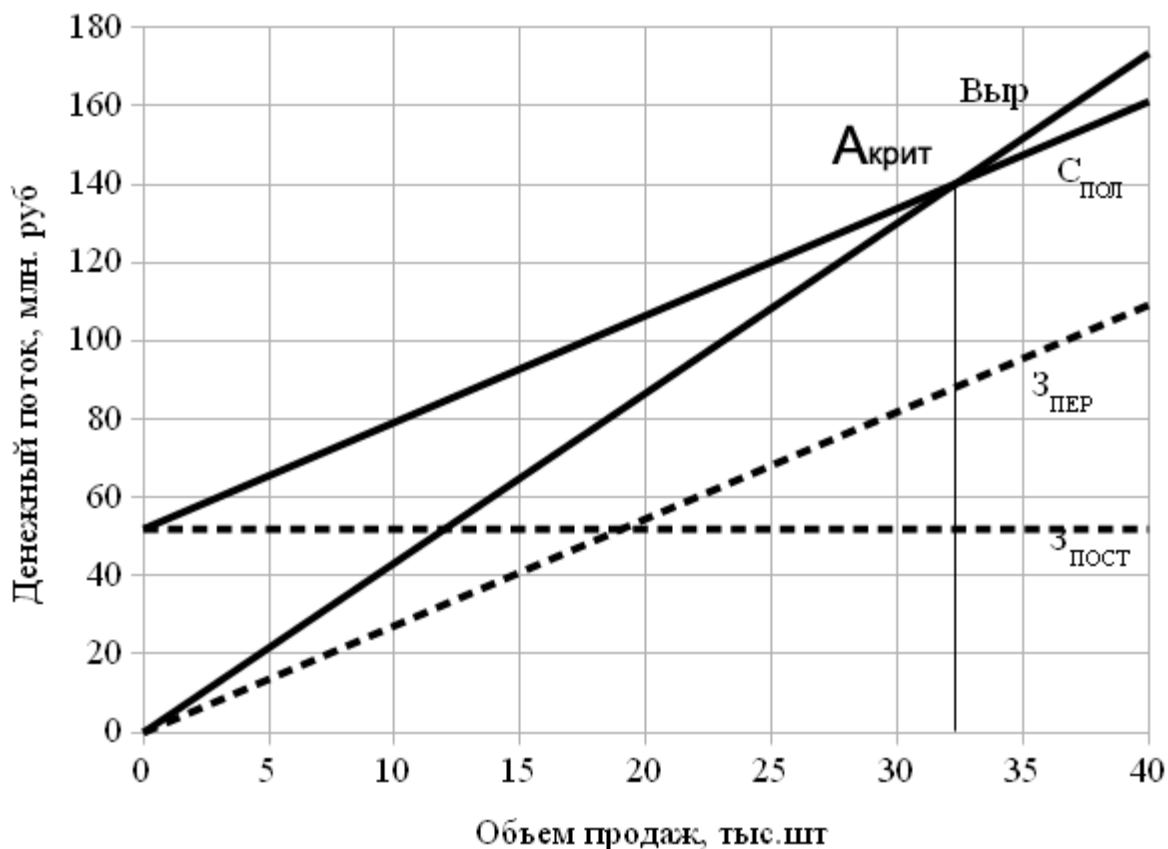


Рис. 16 Определение точки безубыточности графическим методом

6.4 Расчет коммерческой эффективности проекта

6.4.1 Увеличение нарастающего итога

$$\Delta = \frac{V_{\text{МАК}} - A_{\text{КРИТ}}}{n - 1}, \quad (71)$$

где $V_{\text{МАК}} = V_{\text{ГОД}}$ — максимальный объем продукции, шт.;

$V_{\text{МАК}} = V_{\text{ГОД}}$ — критический объем продаж проектируемого изделия, шт.;

n — количество лет с учетом предпроизводственной подготовки.

$$\Delta^{\text{II}} = \frac{40000 - 32335}{6 - 1} = 1533 \text{ шт.}$$

6.4.2 Выручка по годам

$$V_{\text{ПРОД}_i} = C_{\text{ОТП}} \cdot V_{\text{ПРОД}}, \quad (72)$$

где $V_{\text{ПРОД}_i} = A_{\text{КРИТ}} + \Delta$ — объем продаж в i -ом году, шт.;

$$V_{\text{ПРОД}}^{\text{II}} = 32335 + 1533 = 33868 \text{ шт.};$$

$$V_{\text{ПРОД2}}^{\text{II}} = 33868 + 1533 = 35401 \text{ шт} ;$$

$$V_{\text{ПРОД3}}^{\text{II}} = 35401 + 1533 = 36934 \text{ шт} ;$$

$$V_{\text{ПРОД4}}^{\text{II}} = 36934 + 1533 = 38467 \text{ шт} ;$$

$$V_{\text{ПРОД5}}^{\text{II}} = 38467 + 1533 = 40000 \text{ шт} .$$

$$\text{Выр}_1^{\text{II}} = 4858,83 \cdot 33868 = 164553995,61 \text{ руб} ;$$

$$\text{Выр}_2^{\text{II}} = 4858,83 \cdot 35401 = 172002582,00 \text{ руб} ;$$

$$\text{Выр}_3^{\text{II}} = 4858,83 \cdot 36934 = 179451168,39 \text{ руб} ;$$

$$\text{Выр}_4^{\text{II}} = 4858,83 \cdot 38467 = 186899754,78 \text{ руб} ;$$

$$\text{Выр}_5^{\text{II}} = 4858,83 \cdot 40000 = 194353200,00 \text{ руб} .$$

6.4.3 Переменные затраты по годам

$$З_{\text{ПЕР}i} = З_{\text{ПЕР.УД}} \cdot V_{\text{ПРОД}} \cdot \quad (73)$$

$$З_{\text{ПЕР1}}^{\text{Б}} = 2594,05 \cdot 33868 = 87852691,35 \text{ руб} ;$$

$$З_{\text{ПЕР2}}^{\text{Б}} = 2594,05 \cdot 35401 = 91829370,00 \text{ руб} ;$$

$$З_{\text{ПЕР3}}^{\text{Б}} = 2594,05 \cdot 36934 = 95806048,65 \text{ руб} ;$$

$$З_{\text{ПЕР4}}^{\text{Б}} = 2594,05 \cdot 38467 = 99782727,30 \text{ руб} ;$$

$$З_{\text{ПЕР5}}^{\text{Б}} = 2594,05 \cdot 40000 = 103762000,00 \text{ руб} .$$

$$З_{\text{ПЕР1}}^{\text{II}} = 2729,28 \cdot 33868 = 92432525,76 \text{ руб} ;$$

$$З_{\text{ПЕР2}}^{\text{II}} = 2729,28 \cdot 35401 = 96616512,00 \text{ руб} ;$$

$$З_{\text{ПЕР3}}^{\text{II}} = 2729,28 \cdot 36934 = 100800498,24 \text{ руб} ;$$

$$З_{\text{ПЕР4}}^{\text{II}} = 2729,28 \cdot 38467 = 104984484,48 \text{ руб} ;$$

$$З_{\text{ПЕР5}}^{\text{II}} = 2729,28 \cdot 40000 = 109171200,00 \text{ руб} .$$

6.4.4 Амортизация

$$A_M = A_{M.уд} \cdot V_{ПРОД} \cdot \quad (74)$$

$$A_M = 47,65 \cdot 40000 = 1906000,00 \text{ руб}$$

6.4.5 Полная себестоимость по годам

$$C_{ПОЛ.i} = Z_{ПЕР.i} + Z_{ПОСТ} \cdot \quad (75)$$

$$C_{ПОЛ1}^B = 87852691,35 + 45741200,00 = 133593891,35 \text{ руб};$$

$$C_{ПОЛ2}^B = 91829370,00 + 45741200,00 = 137570570,00 \text{ руб};$$

$$C_{ПОЛ3}^B = 95806048,65 + 45741200,00 = 141547248,65 \text{ руб};$$

$$C_{ПОЛ4}^B = 99782727,30 + 45741200,00 = 145523927,30 \text{ руб};$$

$$C_{ПОЛ5}^B = 103762000,00 + 45741200,00 = 149503200,00 \text{ руб}.$$

$$C_{ПОЛ1}^П = 92432525,76 + 51952000,00 = 144384525,76 \text{ руб};$$

$$C_{ПОЛ2}^П = 96616512,00 + 51952000,00 = 148568512,00 \text{ руб};$$

$$C_{ПОЛ3}^П = 100800498,24 + 51952000,00 = 152752498,24 \text{ руб};$$

$$C_{ПОЛ4}^П = 104984484,48 + 51952000,00 = 156936484,48 \text{ руб};$$

$$C_{ПОЛ5}^П = 109171200,00 + 51952000,00 = 161123200,00 \text{ руб}.$$

6.4.6 Налогооблагаемая прибыль по годам

$$Пр_{обл.i} = Выр_{.i} - C_{ПОЛ.i} \cdot \quad (76)$$

$$Пр_{обл1}^B = 164553995,61 - 133593891,35 = 30960104,26 \text{ руб};$$

$$Пр_{обл2}^B = 172002582,00 - 137570570,00 = 34432012,00 \text{ руб};$$

$$Пр_{обл3}^B = 179451168,39 - 141547248,65 = 37903919,74 \text{ руб};$$

$$Пр_{обл4}^B = 186899754,78 - 145523927,30 = 41375827,48 \text{ руб};$$

$$Пр_{обл5}^B = 194353200,00 - 149503200,00 = 44850000,00 \text{ руб}.$$

$$Пр_{обл1}^П = 164553995,61 - 144384525,76 = 20169469,85 \text{ руб};$$

$$Pr_{об.и2}^{\Pi} = 172002582,00 - 148568512,00 = 23434070,00 \text{ руб.};$$

$$Pr_{об.и3}^{\Pi} = 179451168,39 - 152752498,24 = 26698670,15 \text{ руб.};$$

$$Pr_{об.и4}^{\Pi} = 186899754,78 - 156936484,48 = 29963270,30 \text{ руб.};$$

$$Pr_{об.и5}^{\Pi} = 194353200,00 - 161123200,00 = 33230000,00 \text{ руб.}.$$

6.4.7 Налог на прибыль по годам

$$H_{\Pi P.i} = Pr_{об.и.i} \cdot 0,20. \quad (77)$$

$$H_{\Pi P1}^B = 30960104,26 \cdot 0,20 = 6192020,85 \text{ руб.};$$

$$H_{\Pi P2}^B = 34432012,00 \cdot 0,20 = 6886402,40 \text{ руб.};$$

$$H_{\Pi P3}^B = 37903919,74 \cdot 0,20 = 7580783,95 \text{ руб.};$$

$$H_{\Pi P4}^B = 41375827,48 \cdot 0,20 = 8275165,50 \text{ руб.};$$

$$H_{\Pi P5}^B = 44850000,00 \cdot 0,20 = 8970000,00 \text{ руб.}.$$

$$H_{\Pi P1}^{\Pi} = 20169469,85 \cdot 0,20 = 4033893,97 \text{ руб.};$$

$$H_{\Pi P2}^{\Pi} = 23434070,00 \cdot 0,20 = 4686814,00 \text{ руб.};$$

$$H_{\Pi P3}^{\Pi} = 26698670,15 \cdot 0,20 = 5339734,03 \text{ руб.};$$

$$H_{\Pi P4}^{\Pi} = 29963270,30 \cdot 0,20 = 5992654,06 \text{ руб.};$$

$$H_{\Pi P5}^{\Pi} = 33230000,00 \cdot 0,20 = 6646000,00 \text{ руб.}.$$

6.4.8 Прибыль чистая по годам

$$Pr_{ч.и} = Pr_{об.и.i} - H_{\Pi P.i}. \quad (78)$$

$$Pr_{ч.и1}^B = 30960104,26 - 6192020,85 = 24768083,41 \text{ руб.};$$

$$Pr_{ч.и2}^B = 34432012,00 - 6886402,40 = 27545609,60 \text{ руб.};$$

$$Pr_{ч.и3}^B = 37903919,74 - 7580783,95 = 30323135,79 \text{ руб.};$$

$$Pr_{ч.и4}^B = 41375827,48 - 8275165,50 = 33100661,98 \text{ руб.};$$

$$Pr_{ч5}^B = 44850000,00 - 8970000,00 = 35880000,00 \text{ руб.}$$

$$Pr_{ч1}^П = 20169469,85 - 4033893,97 = 16135575,88 \text{ руб.};$$

$$Pr_{ч2}^П = 23434070,00 - 4686814,00 = 18747256,00 \text{ руб.};$$

$$Pr_{ч3}^П = 26698670,15 - 5339734,03 = 21358936,12 \text{ руб.};$$

$$Pr_{ч4}^П = 29963270,30 - 5992654,06 = 23970616,24 \text{ руб.};$$

$$Pr_{ч5}^П = 33230000,00 - 6646000,00 = 26584000,00 \text{ руб.}$$

6.4.9 Расчет экономии от повышения долговечности карданной передачи

По предварительной оценке, надежность карданной передачи повысится теоретически почти в два раза. Это объясняется тем, что вследствие наличия главной передачи снизилось значение передаваемого карданной передачей крутящего момента. Следовательно, снизились и контактные напряжения в шарнирах равных угловых скоростей и увеличился ресурс передачи. Однако, учитывая возросшую угловую частоту вращения (почти в 4 раза), а также вероятность повреждения чехла шарнира равных угловых скоростей, ориентировочно принимаем повышение надежности на 14%.

$$Pr_{\text{ожд}i} = \left(C_{\text{отп}}^B \cdot \frac{D_{\text{п}}}{D_{\text{б}}} - C_{\text{отп}}^П \right) \cdot V_{\text{год}i}, \quad (79)$$

где $\frac{D_{\text{п}}}{D_{\text{б}}} = 1,14$ — отношение долговечности модернизированного узла к

долговечности базового.

$$Pr_{\text{ожд}1} = (4858,83 \cdot 1,14 - 4858,83) \cdot 33868 = 23037559,39 \text{ руб.};$$

$$Pr_{\text{ожд}2} = (4858,83 \cdot 1,14 - 4858,83) \cdot 35401 = 24080361,48 \text{ руб.};$$

$$Pr_{\text{ожд}3} = (4858,83 \cdot 1,14 - 4858,83) \cdot 36934 = 25123163,57 \text{ руб.};$$

$$Pr_{\text{ожд}4} = (4858,83 \cdot 1,14 - 4858,83) \cdot 38467 = 26165965,67 \text{ руб.};$$

$$Pr_{ожд5} = (4858,83 \cdot 1,14 - 4858,83) \cdot 40000 = 27209448,00 \text{ руб.}$$

6.4.10 Текущий чистый доход (накопленное сальдо)

$$ЧД_i = Pr_{ч,i}^П - Pr_{ч,i}^Б + A_M + Pr_{ожд,i} \quad (80)$$

$$ЧД_1 = 16135575,88 - 24768083,41 + 1906000,00 + 23037559,39 = 16311051,86 \text{ руб}$$

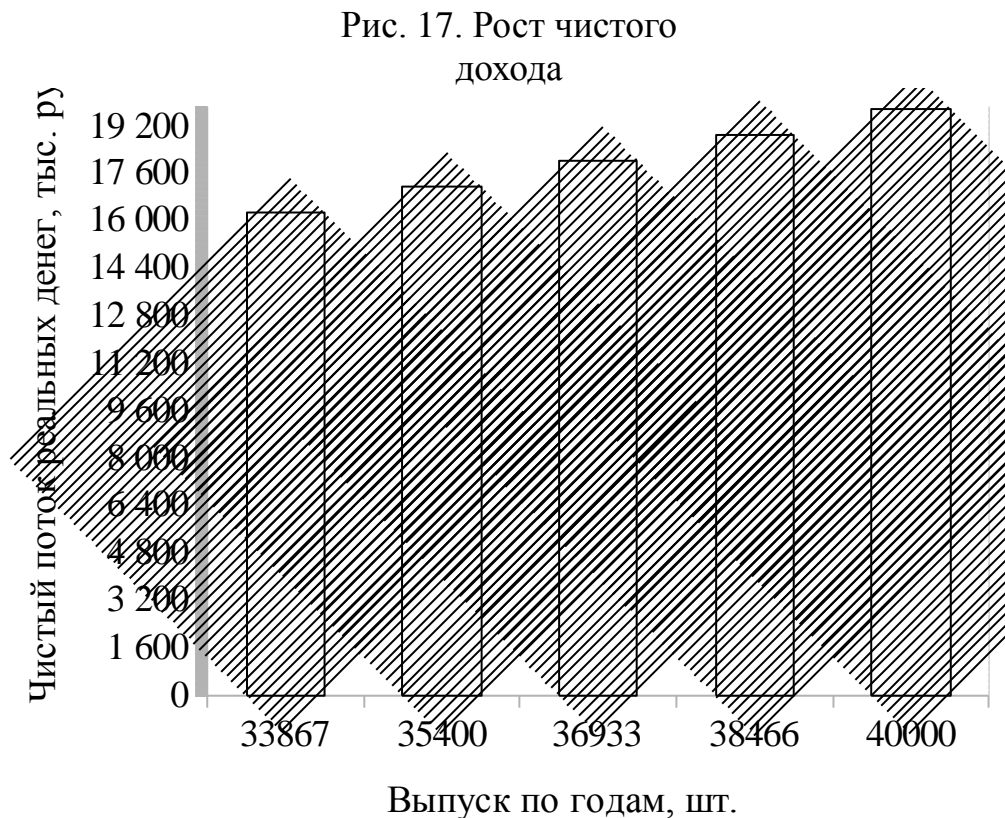
$$ЧД_2 = 18747256,00 - 27545609,60 + 1906000,00 + 24080361,48 = 17188007,88 \text{ руб}$$

$$ЧД_3 = 21358936,12 - 30323135,79 + 1906000,00 + 25123163,57 = 18064963,90 \text{ руб}$$

$$ЧД_4 = 23970616,24 - 33100661,98 + 1906000,00 + 26165965,67 = 18941919,93 \text{ руб}$$

$$ЧД_5 = 26584000,00 - 35880000,00 + 1906000,00 + 27209448,00 = 19819448,00 \text{ руб}$$

Представим рост чистого дохода в виде диаграммы (рис. 6.2).



6.4.11 Выбор величины ставки дисконтирования

Отнесем наш проект к проектам со средним уровнем риска с нормой дисконта E равной 10%. Подберем соответствующие коэффициенты дисконтирования α по годам [9]:

$$\alpha_1 = 0,909; \alpha_2 = 0,826; \alpha_3 = 0,751; \alpha_4 = 0,683; \alpha_5 = 0,621.$$

6.4.12 Текущий чистый дисконтированный доход

$$ЧПД_i = ЧД_i \cdot \alpha_i. \quad (81)$$

$$ЧПД_1 = 16311051,86 \cdot 0,909 = 14826746,14 \text{ руб};$$

$$ЧПД_2 = 17188007,88 \cdot 0,826 = 14197294,51 \text{ руб};$$

$$ЧПД_3 = 18064963,90 \cdot 0,751 = 13566787,89 \text{ руб};$$

$$ЧПД_4 = 18941919,93 \cdot 0,683 = 12937331,31 \text{ руб};$$

$$ЧПД_5 = 19819448,00 \cdot 0,621 = 12307877,21 \text{ руб}.$$

6.4.13 Суммарный чистый дисконтированный доход за расчетный период

$$\begin{aligned} \sum ЧПД_i &= 14826746,14 + 14197294,51 + 13566787,89 + \\ &+ 12937331,31 + 12307877,21 = 68936037,06 \text{ руб}. \end{aligned}$$

6.4.14 Расчет потребности в капиталообразующих инвестициях

$$J_0 = K_{ИНВ} \cdot \sum C_{ПОЛ.i}^H. \quad (82)$$

$$\begin{aligned} J_0 &= (144384525,76 + 148568512,00 + 152752498,24 + 156936484,48 + 161123200,00) \times \\ &\times 0,042 = 32078138,40 \text{ руб}. \end{aligned}$$

6.4.15 Определение чистого дисконтированного дохода

$$ЧДД = \sum_{i=0}^{i=T} ЧПД_i - J_0. \quad (83)$$

$$ЧДД = 68936037,06 - 32078138,40 = 36857898,66 \text{ руб}.$$

6.4.16 Определение индекса доходности

$$JD = \frac{ЧДД}{J_0}. \quad (84)$$

$$JD = \frac{36857898,66}{32078138,40} = 1,15.$$

6.4.17 Определение срока окупаемости

$$T_{ОКУП} = \frac{J_0}{ЧДД}. \quad (85)$$

$$T_{\text{оквп}} = \frac{32078138,40}{36857898,66} = 0,87 \text{ года.}$$

Результаты расчета коммерческой эффективности проектируемого изделия сведены в таблице 6.6.

Таблица 20

№ п/п	Наименование показателей	годы						
		0	1	2	3	4	5	
1	Объем продаж $V_{\text{прод}}$, шт	—	33868	35401	36934	38467	40000	
2	Отпускная цена за единицу продукции $C_{\text{отп}}$, руб	—	4858,83					
3	Выручка, млн. руб	—	164,55	172,01	179,45	186,91	194,35	
4	Переменные затраты $Z_{\text{перем}}$, млн. руб	Б	—	87,85	91,82	95,81	99,78	103,76
		П	—	92,43	96,61	100,8	104,98	109,17
5	Амортизация $A_{\text{м}}$, млн. руб	—	1,91					
6	Постоянные затраты $Z_{\text{пост}}$, млн. руб	Б	—	45,74				
		П	—	51,95				
7	Полная себестоимость $C_{\text{пол}}$, млн. руб	Б	—	133,59	137,57	141,55	145,52	149,5
		П	—	144,38	148,57	152,75	156,94	161,12
8	Налогооблагаемая прибыль, млн. руб	—	20,17	23,43	26,69	29,96	33,23	
9	Налог на прибыль, млн. руб	—	4,03	4,68	5,34	5,99	6,65	
10	Прибыль чистая, млн. руб	—	16,13	18,75	21,36	23,97	26,58	
11	Чистый поток реальных денег $ЧД$, млн. руб	—	16,31	17,19	18,06	18,94	19,82	
12	Коэффициент дисконтирования α при $E=10\%$	—	0,909	0,826	0,751	0,683	0,621	
13	Чистый дисконтированный поток реальных денег $ЧПД$, млн. руб	—	14,83	14,19	14,56	12,93	12,31	
14	Капиталообразующие инвестиции J_0 , млн. руб	32,08	—	—	—	—	—	
15	Суммарный чистый дисконтированный поток реальных денег $\sum ЧПД_i$, млн. руб	—	68,93					
16	Индекс доходности JD	—	1,15					
17	Срок окупаемости проекта $T_{\text{окуп}}$, год	—	0,87					
18	Чистый дисконтированный доход $ЧДД$, млн. руб	—	36,86					

6.5 Выводы

На основе полученных показателей эффективности внедрения модернизированной карданной передачи можно сделать выводы по следующим пунктам:

1. Себестоимость модернизированного варианта выше себестоимости базового варианта, однако за счёт общественной значимости (повышение долговечности) проекта экономический эффект от его внедрения положителен.
2. Критический объем производства модернизированной карданной передачи составит 32335 шт.
3. Чистый дисконтированный доход (**ЧДД**) проекта равен 36857898,66 рублей. Тот факт, что ЧДД является положительной величиной говорит о том, что проект является эффективным, и далее можно рассматривать вопрос о его принятии.
4. Полученный индекс доходности **JD** = 1,15 и превышает единицу. Следовательно, — проект является эффективным.
5. Срок окупаемости проекта составляет 0,87 года. Следовательно — проект не относится к проектам с высоким риском.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Выполнена модернизация и усовершенствование карданной передачи полноприводного легкового автомобиля второго класса ВАЗ-21213. Суть модернизации заключается в замене карданных шарниров неравных угловых скоростей, более прогрессивными шарнирами равных угловых скоростей (ШРУС).

В качестве шарниров, устанавливаемых на задний и передний карданные валы использованы доработанные внутренние шарниры колесного привода переднеприводного автомобиля ВАЗ-2110, имеющие возможность осевой компенсации. Максимальный рабочий угол данных шарниров составляет 18° . Такое решение позволит снизить усилия осевой компенсации в шлицевых наконечниках переднего карданного вала, а также снизить уровень вибраций и шума, имеющих место в базовом варианте. Кроме этого, применение ШРУСов позволит повысить надежность и ресурс карданной передачи, вследствие гораздо меньших передаваемых крутящих моментов (по сравнению с переднеприводной схемой компоновки), обусловленных наличием главной передачи, расположенной в заднем ведущем мосту.

В разделе, посвященном защите интеллектуальной собственности выполнен поиск существующих технических решений и проверка проектируемой конструкции на патентную чистоту. Предлагаемая конструкция обладает патентной чистотой и может быть использована на территории России и ведущих зарубежных стран в области автомобилестроения.

В конструкторском разделе выполнен тяговый расчет автомобиля ВАЗ-21213, а также необходимые кинематические и прочностные расчеты элементов карданной передачи.

В технологическом разделе разработана технология сборки заднего карданного вала для программы выпуска в 40000 штук в год, а также его технологическая схема сборки.

В разделе по охране труда и безопасности жизнедеятельности разработаны мероприятия по обеспечению безопасных условий труда на участке сборки карданной передачи. Выполнен расчет освещенности рабочих мест на участке сборки.

В разделе «Экономическая эффективность проекта» выполнен анализ общественной и экономической эффективности предлагаемого варианта карданной передачи, определена точка безубыточности продаж и срок окупаемости.

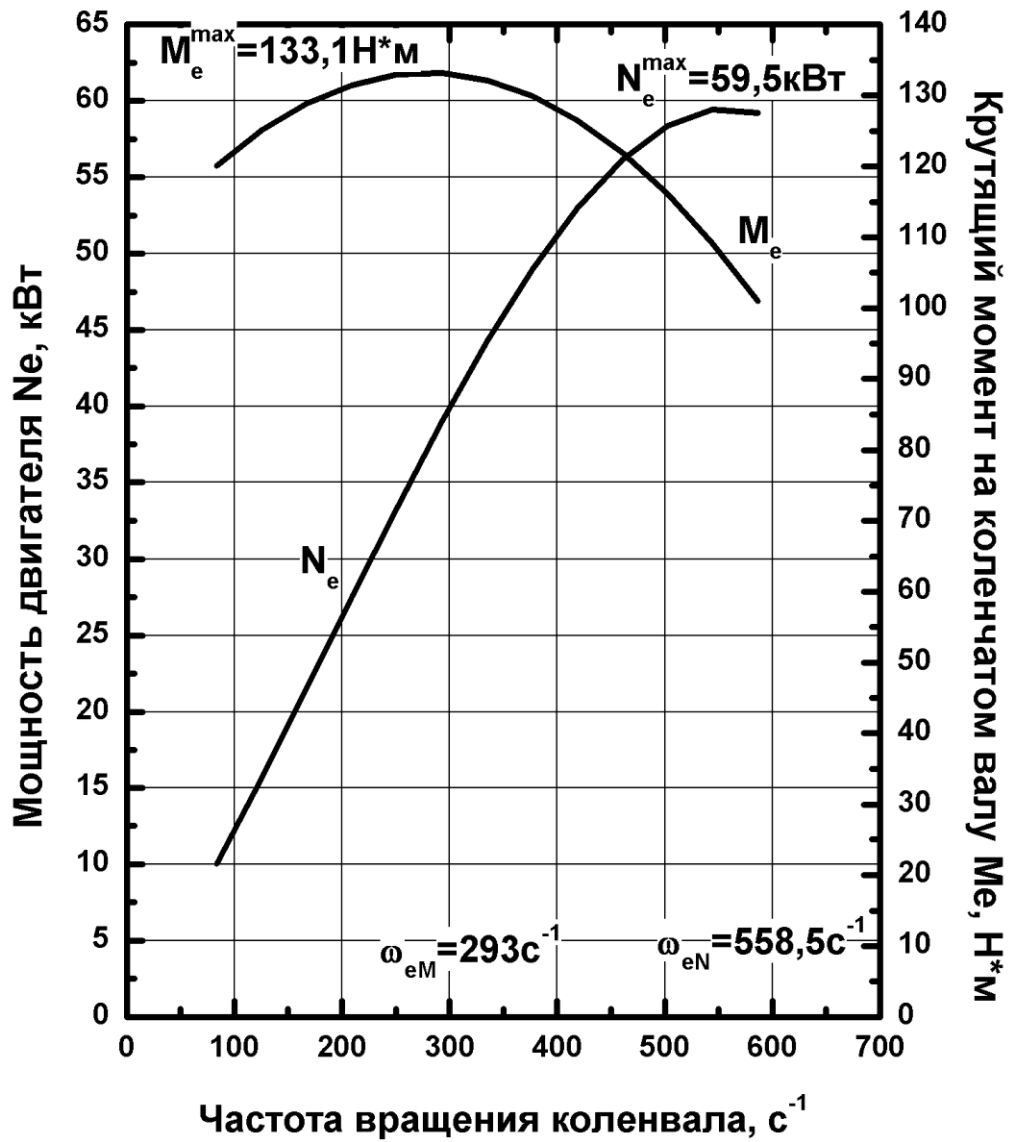
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Расчет тяговой динамики и топливной экономичности автомобиля: Учеб. пособие / Сост. Л.А. Черепанов. - Тольятти: ТолПИИ, 2001. - 40 с.
2. Проектирование трансмиссий автомобилей: Справочник / Под общ. Ред. А.И. Гришкевича. - М.: Машиностроение, 1984. - 272 с.
3. Лукин П.П., Гаспарянц Г.А., Родионов В.Ф.: «Конструирование и расчет автомобиля»; М.: «Машиностроение», 1984г.
4. «Автомобили: Конструкция, конструирование и расчет. Системы управления и ходовая часть»; под ред. Гришкевича А.И.; Мн.: «Вышэйшая школа», 1987г.
5. Вахламов В.К., Шатров М.Г., Юрчевский А.А.: «Автомобили: Теория и конструкция автомобиля и двигателя»; М.: ИЦ «Академия», 2003г.
6. Тур Е.Я., Серебряков К.Б., Жолобов Л.А.: «Устройство автомобиля»; М.: «Машиностроение», 1991г.
7. «Конструкция автомобиля. Шасси»; под общ. ред. Карунина А.Л.; М: МАМИ, 2000г.
8. Передерий В.П.: «Устройство автомобиля»; М. : ИД «ФОРУМ»: «ИНФРА-М», 2008г.
9. Богатырев А.В., Есеновский-Лашков Ю.К., Насоновский М.Л., Чернышев В.А.: «Автомобили»; М. : «КолосС», 2004г.
10. Вахламов В.К.: «Автомобили: Эксплуатационные свойства»; М. : ИЦ «Академия», 2006г.
11. Вахламов В.К.: «Автомобили: Основы конструкции»; М. : ИЦ «Академия», 2008г.
12. Вахламов В.К.: «Автомобили: Конструкция и элементы расчета»; М.: ИЦ «Академия», 2006г.
13. Боровских Ю.И., Кленников М.В., Сабинин А.А.: «Устройство автомобиля»; М. : «Высшая школа», 1983г.
14. Иванов А.М., Солнцев А.Н.; Гаевский В.В.: «Основы конструкции автомобиля»; М. : ООО «Книжное издательство «За рулем», 2005г.

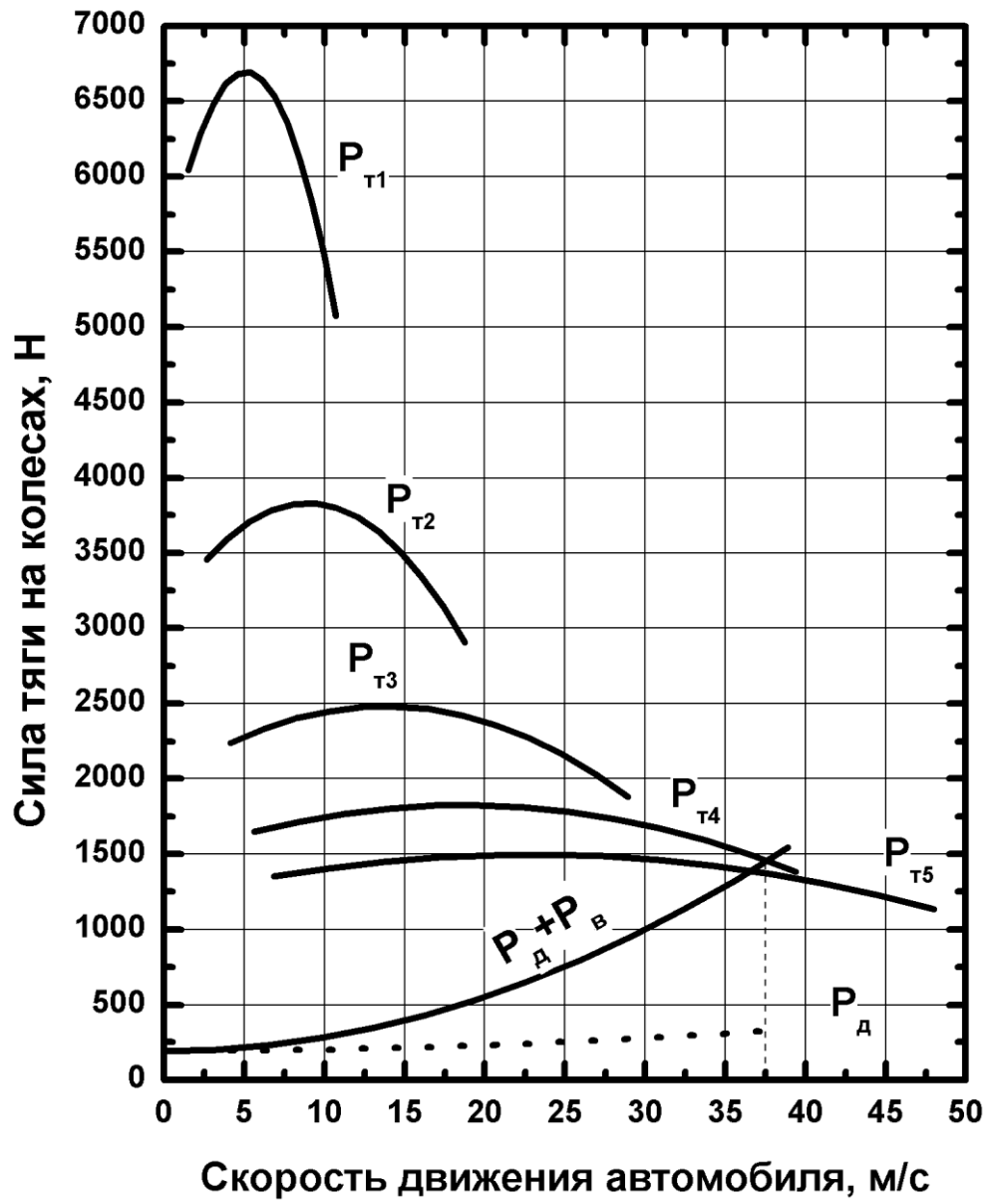
- 15.«Конструкция автомобиля. Шасси»; под общ. ред. Карунина А.Л.; М : МАМИ, 2000г.
- 16.Вишняков Н.Н., Вахламов В.К., Нарбут А.Н., Шлиппе И.С., Островцев А.Н.: «Автомобиль. Основы конструкции»; М. : «Машиностроение», 1986г.
- 17.Дэниэлс Дж.: «Современные автомобильные технологии»; М. : ООО «Издательство АСТ»: ООО «Издательство Астрель», 2003г.
- 18.«BOSCH. Автомобильный справочник»; М. : ЗАО «КЖИ «За рулем», 2004г.
- 19.Тур Е.Я., Серебряков К.Б., Жолобов Л.А.: «Устройство автомобиля»; М.: «Машиностроение», 1991г.
- 20.Осепчугов В.В., Фрумкин А.К.: «Автомобиль. Анализ конструкций, элементы расчета»; М. : «Машиностроение», 1989г.
- 21.Черемисин А.С.: «Разработка технологических процессов сборки в автостроении. Методические указания к технологической части дипломного проекта для студентов спец. «Автомобиле- и тракторостроение»; Тольятти: ТГУ, 2005г.
- 22.Горина Л.Н.: «Обеспечение безопасных условий труда на производстве. Учеб. пособие.»; Тольятти: Толпи, 2000г.
- 23.Капрова В.Г.: «Технико-экономическое обоснование дипломного проекта конструкторского и исследовательского направлений для студентов спец. «Автомобиле- и тракторостроение»; Тольятти: ТГУ, 2005г.
- 24.Соломатин Н.С. и др. Итоговая государственная аттестация (государственный экзамен, дипломное проектирование)/(Учебное пособие для студентов специальности 190201 "Автомобиле и тракторостроение"). Тольятти, ТГУ 2005.

ПРИЛОЖЕНИЯ

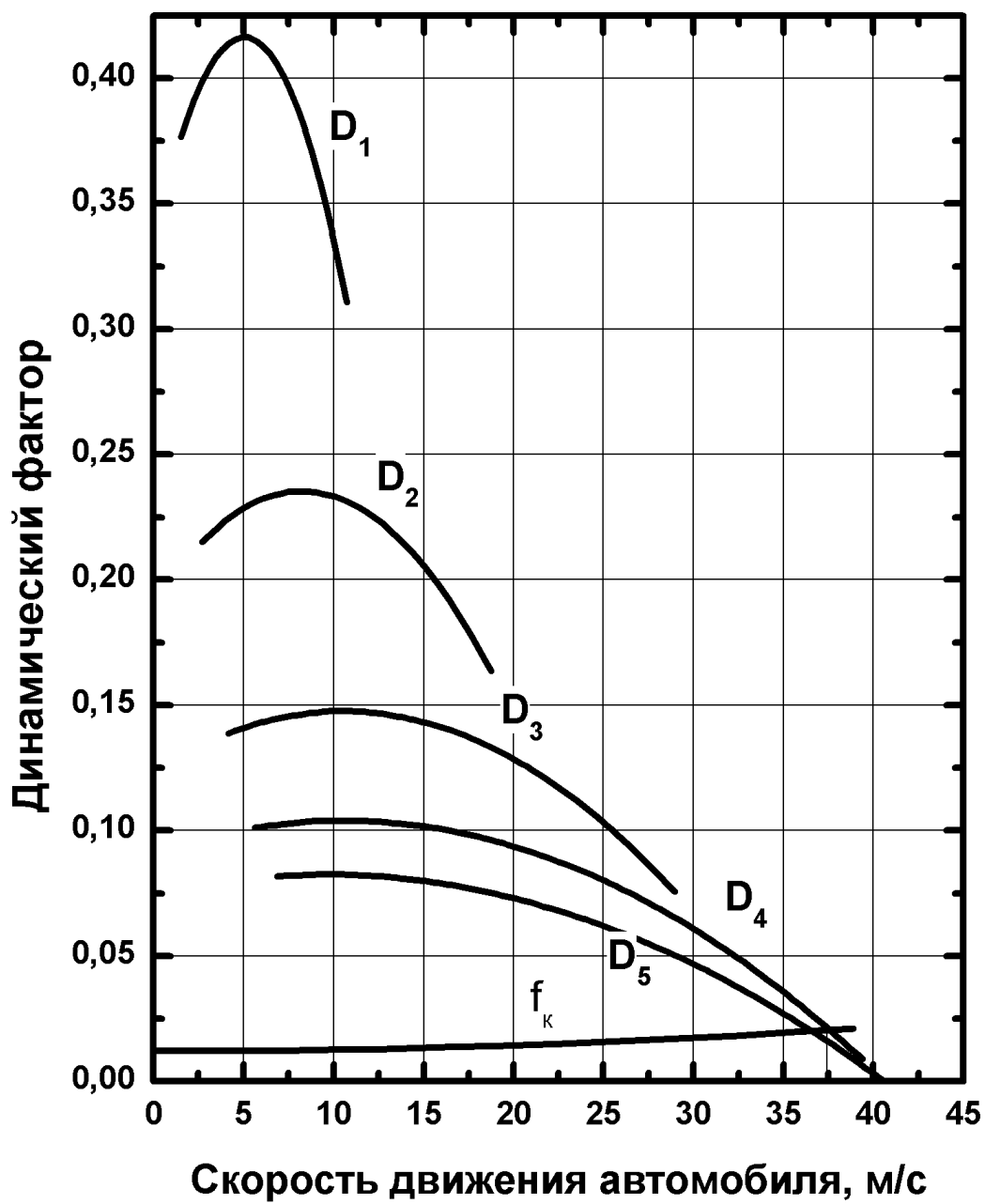
Внешняя скоростная характеристика (ВСХ)



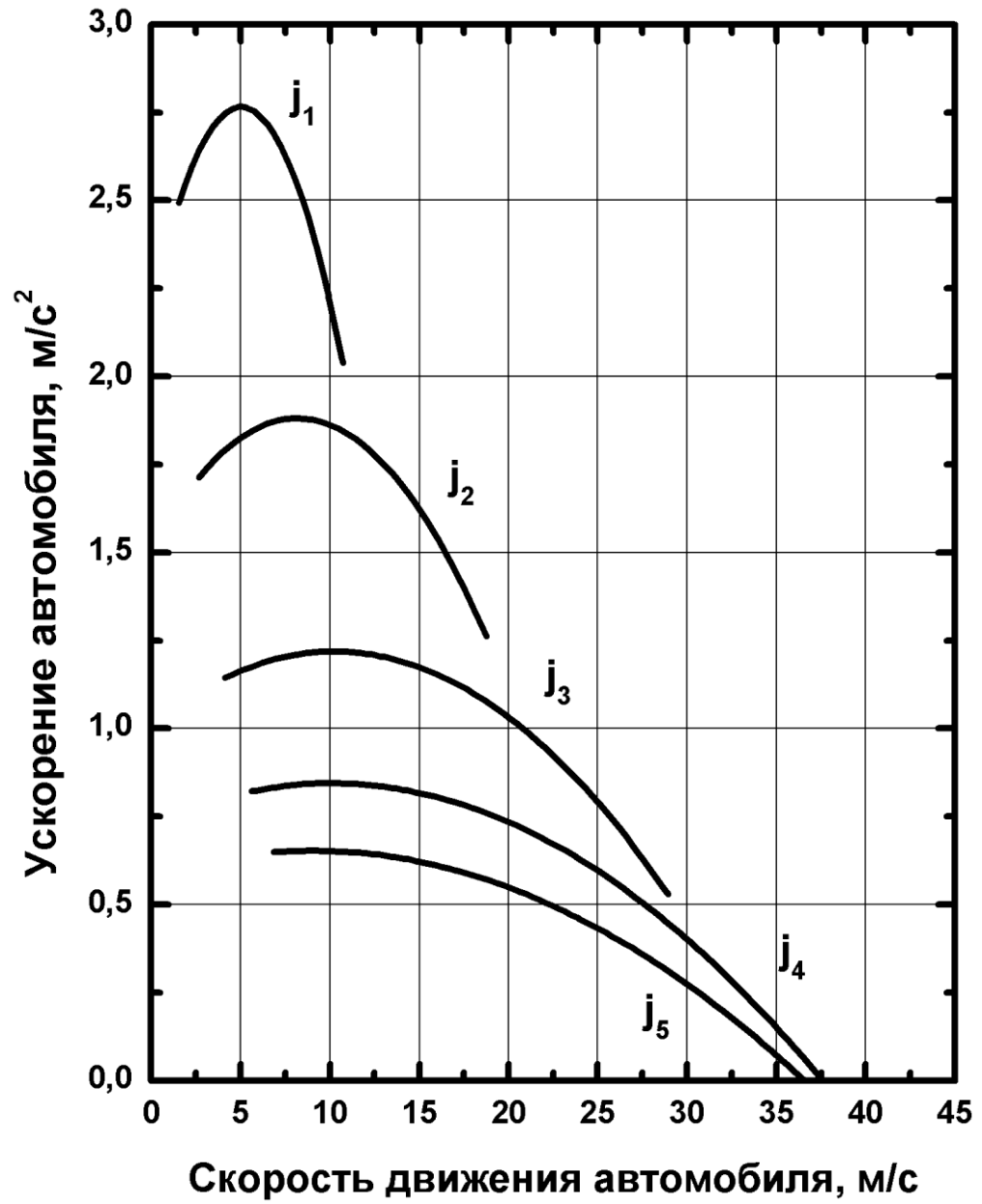
Тяговый баланс



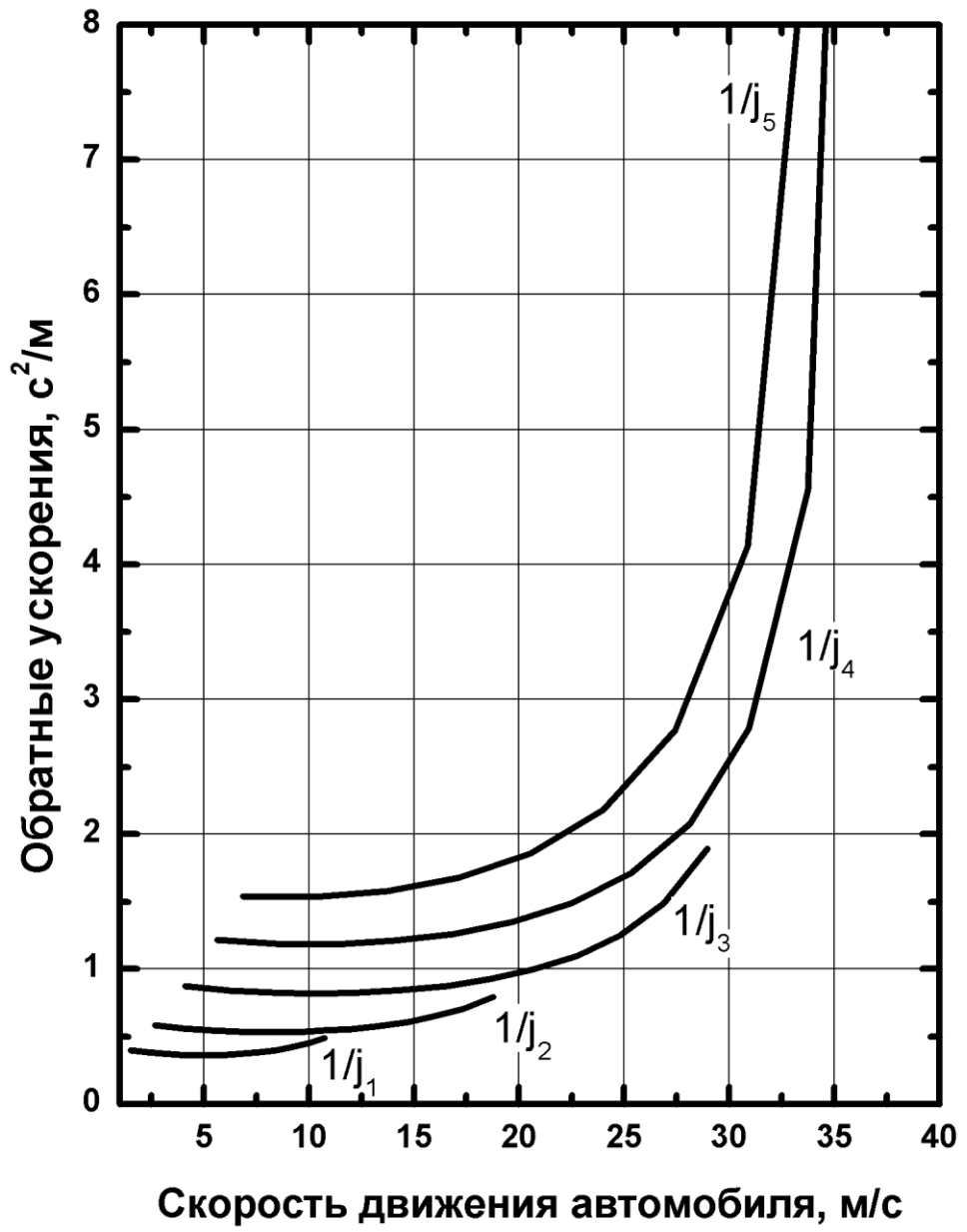
Динамическая характеристика



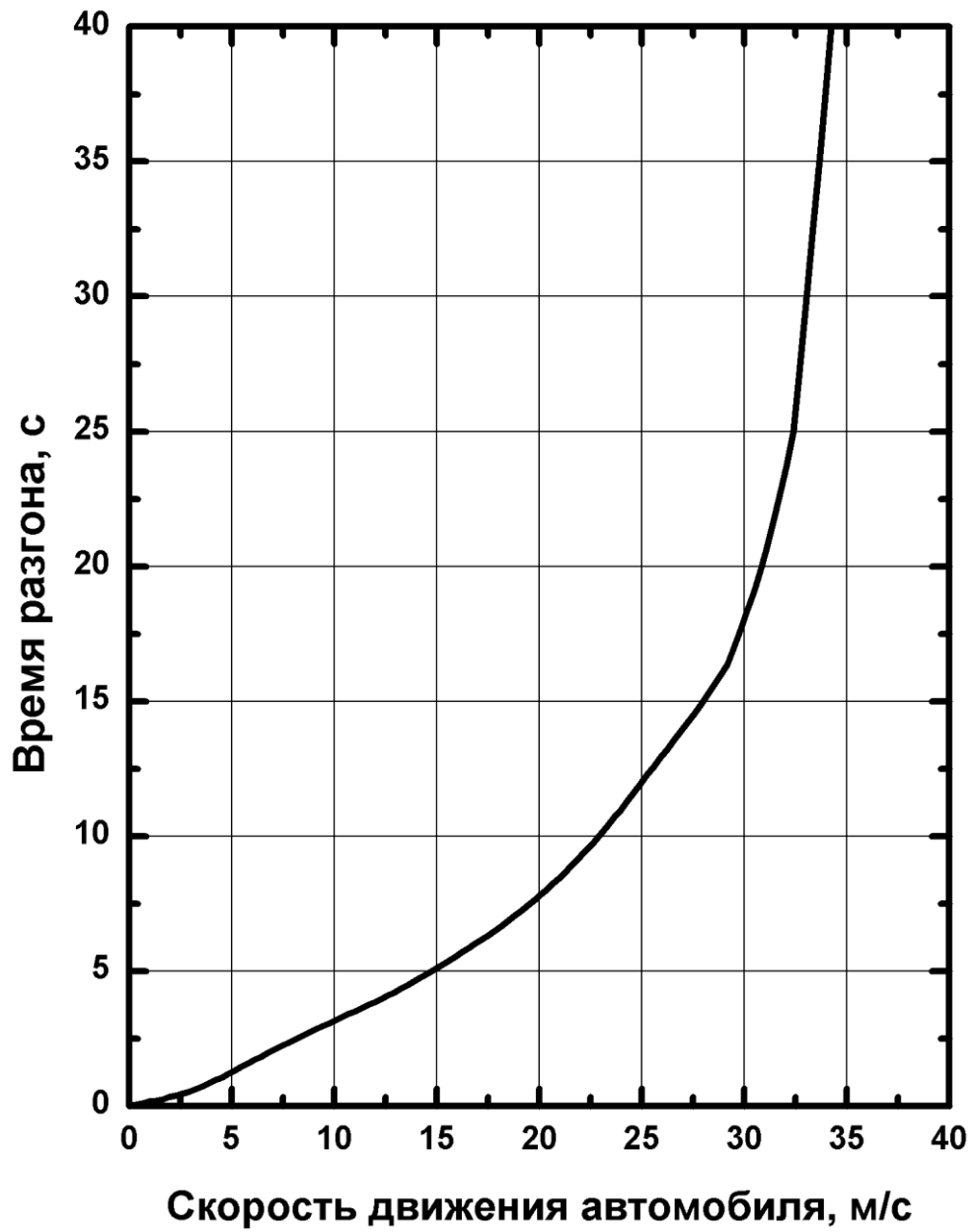
Ускорения



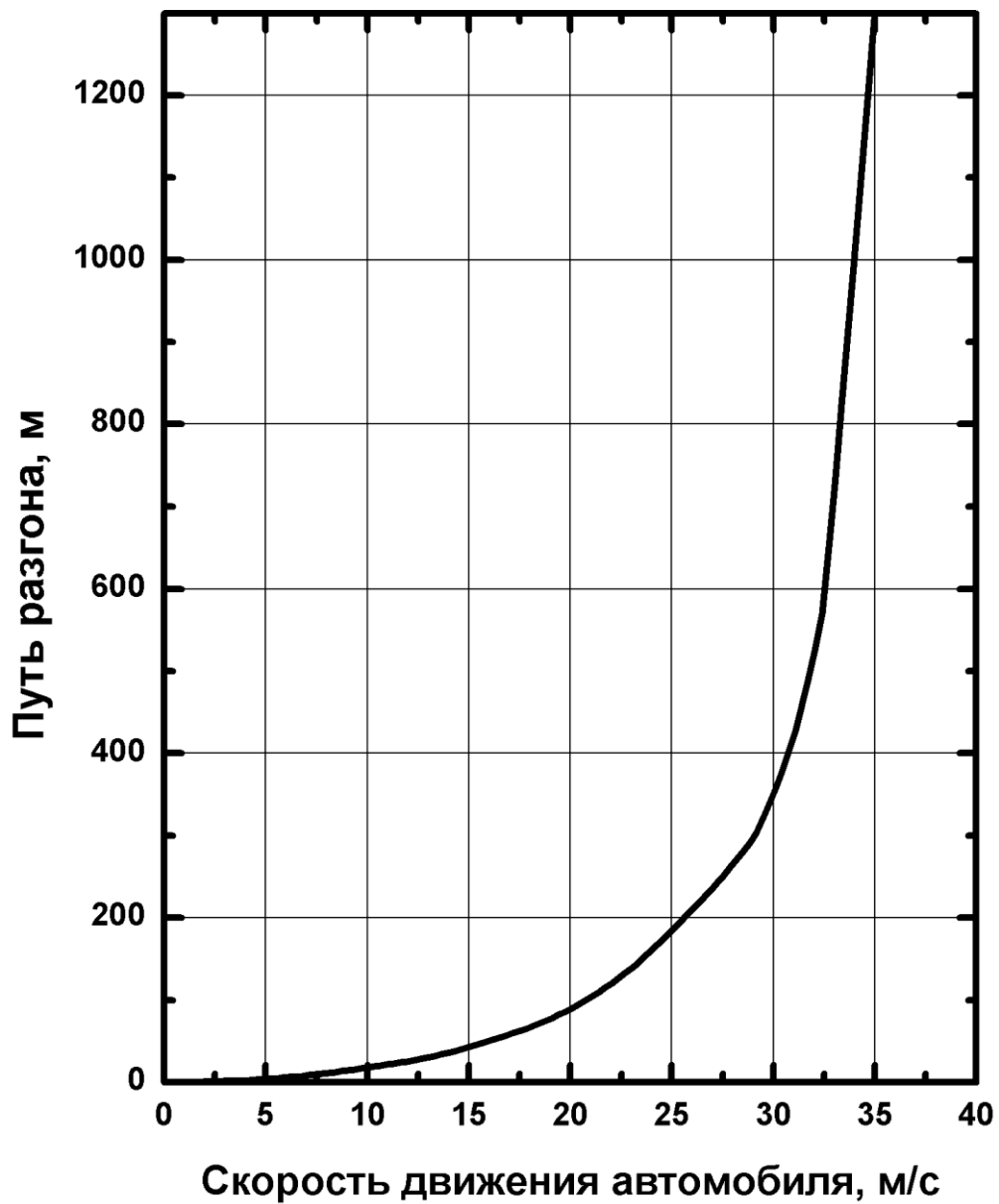
Обратные ускорения



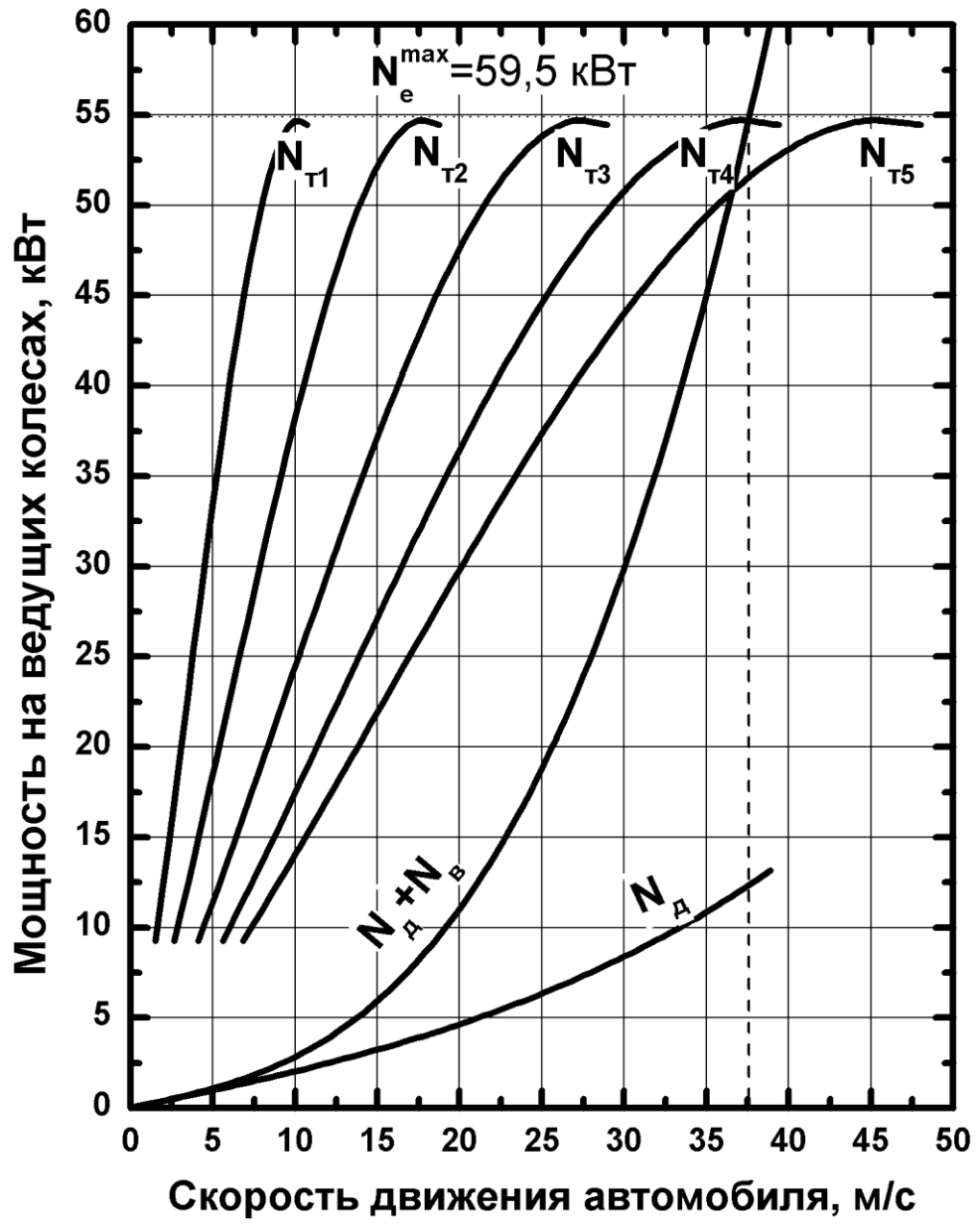
Время разгона



Путь разгона



Мощностной баланс



Расход топлива

