

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

Институт машиностроения

(наименование института полностью)

Кафедра Проектирование и эксплуатация автомобилей

(наименование)

23.05.01 «Наземные транспортно-технологические средства»

(код и наименование направления подготовки, специальности)

Автомобили и тракторы

(направленность (профиль)/специализация)

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА (ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ)

на тему Разработка стенда ресурсных испытаний переднеприводных
коробок передач

Студент

А.М. Марозян

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

канд. экон. наук, доцент Л.Л.Чумаков

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

Консультанты

канд. техн. наук, доцент А.Н. Москалюк

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

канд. экон. наук, доцент О.М. Сярдова

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

Тольятти 2021

Аннотация

Выпускная квалификационная работа на тему «Разработка стенда ресурсных испытаний переднеприводных коробок передач» включает в себя разработку испытательного стенда, который может найти свое применение в исследовательских и испытательных лабораториях, относящихся к автомобильной промышленности. Проведение испытаний на разработанном стенде, выполненном в соответствии с техническими условиями, также может являться методической основой лабораторных практических работ для студентов, проходящих обучение на специальности «Наземные транспортно-технологические средства».

Была изучена нормативно-техническая база проведения испытаний коробок передач переднеприводных автомобилей различных конструкций. Был произведен технический расчет стенда, предназначенного для проведения испытаний различных видов коробок передач переднеприводных автомобилей, отличающихся по своей конструкции и ряду других параметров.

Проведен анализ безопасности жизнедеятельности при проведении испытаний автомобильных агрегатов.

В экономической части произведен расчет затрат на выполнение НИОКР и обоснована целесообразность данного проекта.

Abstract

The final qualification work on the topic "Development of a life test bench for front-wheel drive transmissions" includes the development of a test bench that can be used in research and testing laboratories related to the automotive industry. Carrying out tests on the developed stand, performed in accordance with the technical conditions, can also be a methodological basis for laboratory practical work for students enrolled in the specialty "Land transport and technological means".

The regulatory and technical base for testing gearboxes of front-wheel drive vehicles of various designs was studied. The technical calculation of the stand was made, intended for testing various types of gearboxes of front-wheel drive vehicles, differing in their design and a number of other parameters has been developed.

The analysis of the safety and labor protection in vehicle testing has been done.

In the economic part, the calculation of R&D costs was made and the feasibility of this project was substantiated.

Содержание

Введение	6
1 Теоретические положения исследований коробок передач и трансмиссий автомобилей	8
1.1 Назначение и требования, предъявляемые к коробке передач	8
1.2 Конструктивные особенности коробок передач различных видов	13
2 Обзор и анализ промышленных аналогов конструкции стенда	22
3 Разработка конструкции стенда для испытаний коробок передач	28
3.1 Техническое задание на стенд для испытания коробок передач (КП) транспортных средств	28
3.2 Техническое предложение на стенд для ресурсных испытания КП транспортных средств	30
3.3 Расчет и выбор электродвигателя стенда	39
3.4 Расчет сварного соединения в месте крепления муфты электродвигателя и фланца вала	40
4 Тяговый расчет транспортного средства	42
4.1 Исходные данные	42
4.2 Определение параметров автомобиля	42
4.3 Расчет внешней скоростной характеристики двигателя	43
4.4 Определение передаточного числа главной передачи	46
4.5 Определение передаточных чисел коробки передач	46
4.6 Тяговый баланс автомобиля	47
4.6.1 I передача	47
4.6.2 II передача	52
4.6.3 III передача	55
4.6.4 IV передача	58
4.6.5 V передача	62
4.7 Время и путь разгона автомобиля	64
4.8 Мощностной баланс автомобиля	67

4.9 Топливо-экономическая характеристика транспортного средства	68
5 Безопасность и экологичность объекта дипломного проекта	70
5.1 Описание условий труда	70
5.2 Идентификация вредных производственных факторов	71
5.3 Общие требования по обеспечению безопасности на предприятии	72
5.4 Требования эргономики при работе за компьютером	74
5.5 Расчет вентиляции в помещении	80
6 Экономический раздел	83
6.1 Исходные данные для расчета	83
6.2 Расчет себестоимости изготовления стенда	83
Заключение	88
Список используемых источников	90
Приложение А Графики тягового расчета	95
Приложение Б Спецификации	103

Введение

«На современном этапе автомобилестроение является одной из важнейших отраслей в промышленности как развитых, так и развивающихся стран. Состояние рынка легковых автомобилей является одним из самых ярких индикаторов уровня экономического развития государства, инновационного потенциала экономики, а также состояние его потребительского сегмента. Автомобиль представляет собой высокотехнологичный и инновационный продукт, аккумулирующий новейшие достижения науки и техники и стимулирующий их развитие через целевые научно-технические исследования.» [1]

«Актуальность рассматриваемой темы заключается в том, что в настоящее время автомобилестроению принадлежит самая ведущая роль в развитии и машиностроения вообще, и транспортного машиностроения в частности. Автомобильная промышленность мира - это емкий и весьма значительный сектор мировой экономики и международного бизнеса, ведь это не только собственно автомобили, но и разнообразные товары по обслуживанию автомобиля, а также, в значительной мере, рынок производства и продажи автомобильных горюче-смазочных материалов.

Рынок автомобилей имеет ряд смежных рынков и отраслей: от наиболее тесно прилегающих (рынка деталей и блоков автомобилей и нефтедобывающей промышленности) до менее очевидных (строительство дорог, производство аксессуаров для автомобилей и т.п.). Автомобиль обеспечивает высокую мобильность человека, эффективность труда, определяет современный образ жизни общества. Он является показателем уровня обеспеченности материальными средствами как отдельного человека (его владельца), так и общества или государства в целом (в данном случае речь идет об автообеспеченности населения страны).» [3]

Темой данной дипломной работы является «Разработка стенда ресурсных испытаний переднеприводных коробок передач». В данной работе

была произведена разработка стенда для проведения комплексных испытаний коробок передач легковых автомобилей с приводом на переднюю управляемую ось, в соответствии с техническими условиями на проведение работ подобного вида.

Это касается в частности исследовательских лабораторий, занимающихся разработкой механизмов конструкции коробок передач, отдельных узлов трансмиссии, что сопряжено с необходимостью подбора компонентов смазки, максимально отвечающих целому ряду параметров. При этом качество инженерных работ напрямую зависит от скорости и достоверности проведения испытаний.

При проведении работ по испытанию механических коробок передач легковых переднеприводных автомобилей приходится сталкиваться с рядом трудностей, связанных с необходимостью исследования поведения их при различных режимах нагружения и режимах работы. Исследования должны проводиться в условиях, максимально приближенных к реальным, при этом современные испытательные стенды либо ограничены в режимах проведения испытаний, либо обладают низким качеством выходных данных по испытаниям. При этом от правильности выбора зависит в первую очередь качество материалов, что накладывает дополнительную ответственность.

Задачей дипломного проекта будет являться создание конструкции стенда для испытаний коробок передач, соответствующих требованиям, отвечающим современным требованиям к испытаниям узлов трансмиссии, с учетом использования современных материалов и смазочных сред.

1 Теоретические положения исследований коробок передач и трансмиссий автомобилей

1.1 Назначение и требования, предъявляемые к коробке передач

В данном разделе проведем теоретический обзор того, что представляет коробка передач и обзор тех технических требований, которые предъявляются к этому агрегату трансмиссии. Подобный анализ необходим для понимания всего комплекса требований, предъявляемых к коробке, что позволит понять, каким образом требуется проводить испытания данного агрегата.

«Коробкой передач называется механизм трансмиссии, изменяющий при движении автомобиля соотношение между скоростями вращения коленчатого вала двигателя и ведущих колес.

Коробка передач служит для изменения крутящего момента на ведущих колесах автомобиля, длительного разъединения двигателя и трансмиссии и получения заднего хода.

Крутящий момент на ведущих колесах необходимо изменять в соответствии с дорожными условиями для обеспечения оптимальной скорости и проходимости автомобиля, а также для наиболее экономичной работы двигателя.

Двигатель и трансмиссию необходимо разъединять на продолжительное время при работе двигателя на холостом ходу.

Задний ход автомобиля требуется для совершения автомобилем определенных маневров.» [2]

«Изменение крутящего момента на ведущих колесах и скорости движения автомобиля осуществляется путем увеличения или уменьшения передаточного числа коробки передач, представляющего собой отношение скорости вращения ведущего вала к скорости вращения ведомого вала.

Наличие коробки передач в трансмиссии позволяет повысить тягово-скоростные свойства, топливную экономичность и проходимость автомобиля.» [1]

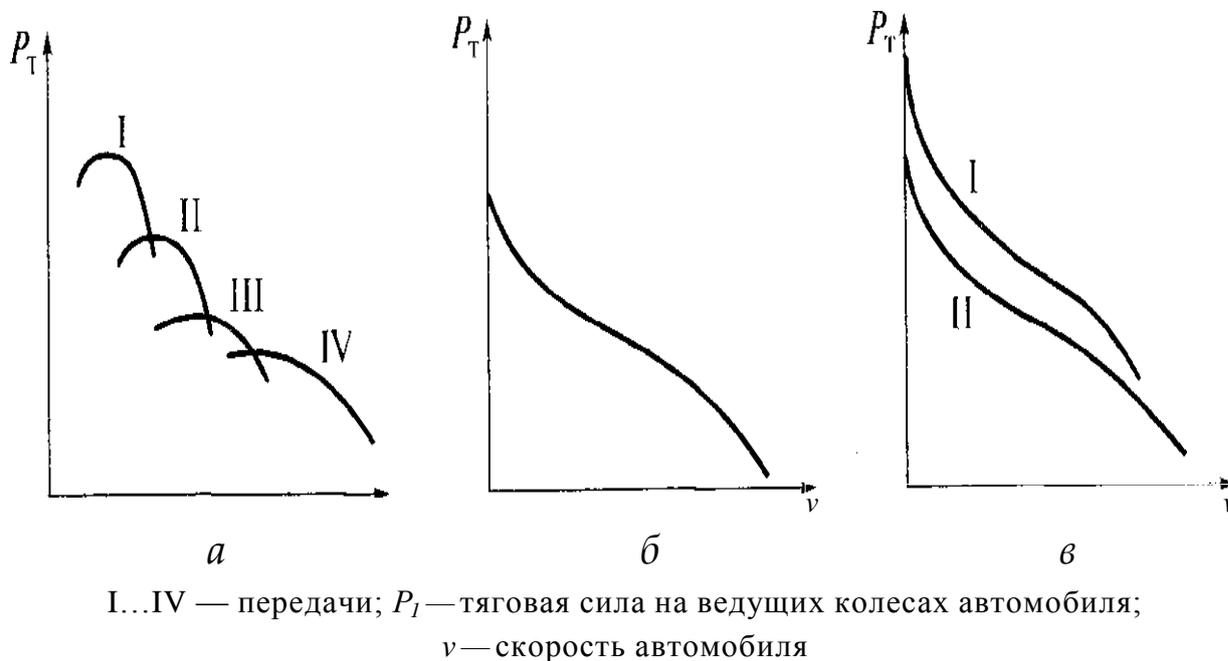


Рисунок 1 – Тяговые характеристики автомобилей со ступенчатой (а), бесступенчатой (б) и гидромеханической (в) коробками

«Изменение тяговой силы на ведущих колесах демонстрирует тяговая характеристика автомобиля (рисунок 1) — зависимость тяговой силы P_T от скорости движения v на различных передачах.

В ступенчатых коробках передач передаточное число изменяется ступенчато и тяговая сила на ведущих колесах автомобиля также изменяется ступенчато (рисунок 1, а). В бесступенчатых коробках передач передаточное число и тяговая сила на ведущих колесах изменяются плавно (рисунок 1, б), а при гидромеханических коробках передач — и плавно, и ступенчато (рисунок 1, в).» [5]

«В неавтоматических коробках передач переключение передач осуществляется водителем вручную при помощи рычага переключения, расположенного на коробке передач или на рулевой колонке. В

полуавтоматических коробках передач выбор необходимой передачи осуществляется водителем, а включение передачи производится автоматически. В автоматических коробках передач переключение передач происходит автоматически без участия водителя и в зависимости от условий движения.» [2]

«На большинстве легковых и грузовых автомобилей применяются ступенчатые коробки передач, все большее распространение в настоящее время на легковых автомобилях и автобусах получают гидромеханические коробки передач, состоящие из гидротрансформатора и ступенчатой механической коробки передач.

Требования к коробке передач. К коробке передач предъявляются специальные требования, в соответствии с которыми она должна обеспечивать:

- оптимальные тягово-скоростные свойства и топливную экономичность автомобиля;
- бесшумность при работе и переключении передач;
- легкость и удобство управления;
- высокий КПД;
- возможность отбора мощности для привода дополнительного оборудования.» [6]

«Оптимальные тягово-скоростные свойства и топливная экономичность. Необходимые тягово-скоростные свойства и топливная экономичность автомобиля, оптимальные для заданных условий эксплуатации, достигаются путем правильного выбора в коробке передач числа передач, диапазона передаточных чисел и соотношения (плотности ряда) передаточных чисел промежуточных передач.

Число передач в коробках передач составляет 4...5 для легковых автомобилей и автобусов малой вместимости, грузовых автомобилей малой и средней грузоподъемности и 6... 16 для грузовых автомобилей большой грузоподъемности и высокой проходимости.» [2]

«У автомобилей-тягачей, работающих с прицепами и полуприцепами, используются многоступенчатые коробки передач, число которых может составлять 8...24.

Увеличение числа передач достигается установкой совместно с основной коробкой передач дополнительной, обычно двухступенчатой, коробки передач (делителя, демумльтипликатора). В этом случае общее число передач равно произведению числа передач основной коробки на число передач дополнительной коробки.

Бесшумность при работе и переключении передач. Уровень шума, создаваемого коробкой передач при работе, зависит от качества, точности изготовления и типа зацепления шестерен. Большую часть шестерен выполняют косозубыми.» [1]

«Косозубые шестерни создают меньший уровень шума. Эти шестерни обладают большей прочностью и долговечнее, чем прямозубые шестерни. Однако косозубые шестерни более сложные в изготовлении и при их работе возникают осевые силы, дополнительно нагружающие подшипники валов коробки передач.

Легкость и удобство управления. Легкое и удобное управление коробкой передач зависит от ее конструкции, способа переключения передач и конструкции привода управления, который может быть механическим, электрическим, пневматическим.

Легкость управления коробкой передач характеризуют усилие, прилагаемое к рычагу переключения передач, и сложность выполнения переключения передач. Переключение передач должно быть простым и не требовать затраты физических усилий.» [6]

«Удобство управления коробкой передач обеспечивается применением синхронизаторов, расположением рычага переключения передач вблизи рулевого колеса и автоматизацией (частичной или полной) управления передачами.» [2]

«В коробках передач применяются инерционные синхронизаторы (с блокировкой). Эти синхронизаторы не допускают включения передач до выравнивания угловых скоростей вращения соединяемых деталей, существенно облегчая работу водителя. Однако синхронизаторы усложняют конструкцию коробки передач, увеличивают ее массу и размеры.

Расположение рычага переключения передач вблизи рулевого колеса удобно не только для управления коробкой передач, но также и для посадки пассажиров. Полная автоматизация управления для ступенчатых коробок передач не применяется, а частичная применяется редко.

КПД коробки передач. На значение КПД ступенчатой коробки передач существенно влияет правильный выбор кинематической схемы коробки передач. От кинематической схемы зависит число пар шестерен, находящихся в зацеплении при передаче крутящего момента, скорость вращения, передаваемая мощность, эффективность смазывания, точность изготовления шестерен, других деталей и картера коробки передач.

Величина КПД также зависит от потерь мощности на трение в коробке передач. Эти потери могут быть механическими и гидравлическими.» [2]

«Механические – потери на трение между зубьями шестерен, в подшипниках и манжетах, а гидравлические – потери на перемешивание масла в коробке передач. Первые зависят главным образом от качества обработки поверхностей сопрягаемых деталей, а вторые – от вязкости и уровня масла в коробке передач, а также от скорости вращения шестерен.

При работе на высшей передаче КПД коробки передач равен 0,98...0,99, а на других передачах – 0,95...0,97.

КПД может служить оценочным параметром уровня шума, создаваемого при работе коробкой передач, так как шум всегда связан с потерей энергии. Чем меньше значение КПД коробки передач, тем она более шумная при работе.» [6]

«Ступенчатая коробка передач представляет собой зубчатый (шестеренный) механизм, в котором изменение передаточного числа происходит ступенчато.

Передаточные числа ступенчатой коробки передач на всех передачах, кроме высшей, больше единицы ($w_k > 1$). При включении этих передач уменьшается скорость вращения ведомого (вторичного) вала коробки передач и почти во столько же раз увеличивается передаваемый крутящий момент двигателя.

Высшая передача в ступенчатых коробках передач может быть прямой ($i_k = 1$) или повышающей ($i_k < 1$). При повышающей передаче снижается частота вращения коленчатого вала двигателя на 10...20 %, повышается долговечность деталей коробки передач и уменьшается расход топлива при движении с той же скоростью что и на прямой передаче.» [2]

1.2 Конструктивные особенности коробок передач различных видов

«Двухвальные коробки передач применяются на переднеприводных легковых автомобилях малого класса и заднеприводных легковых автомобилях с задним расположением двигателя. Число передач таких коробок составляет 4... 5. Высшая передача в двухвальных коробках часто бывает повышающей, а большинство передач синхронизировано.

Трехвальные коробки передач устанавливаются на заднеприводных легковых автомобилях с передним расположением двигателя, на грузовых автомобилях малой и средней грузоподъемности и на автобусах. Число передач в этих коробках — не менее 4 для легковых автомобилей и грузовых автомобилей малой грузоподъемности и 4 ,6 для грузовых автомобилей средней грузоподъемности.» [6]

«Многовальные коробки передач применяются на грузовых автомобилях большой грузоподъемности с целью увеличения числа передач.

Чем больше число передач в коробке передач, тем лучше используется мощность двигателя и выше тягово-скоростные свойства и топливная экономичность автомобиля. Однако при этом усложняется конструкция коробки передач и затрудняется выбор передачи, оптимальной для данных условий движения. В многовальных коробках передач число передач может быть от 8 до 24.

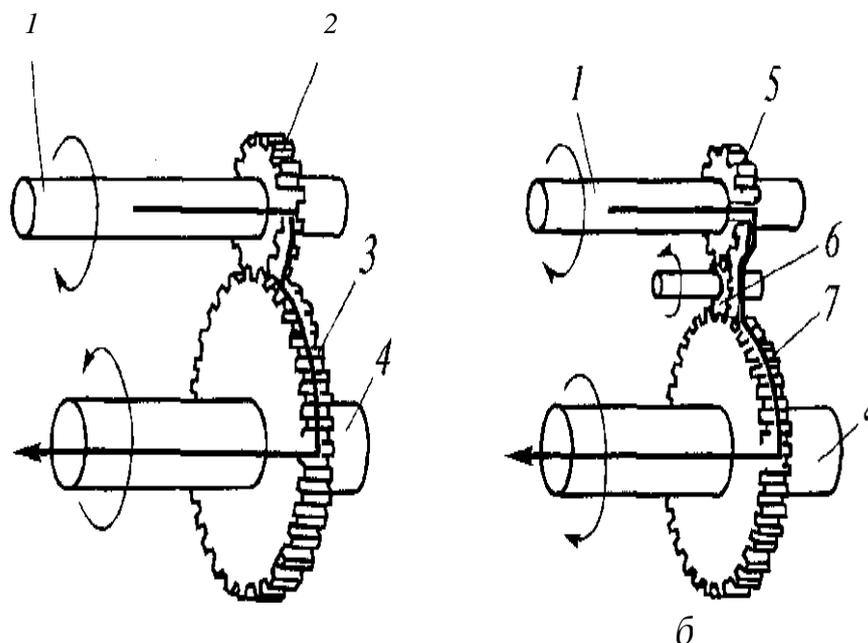
В связи с этим многовальные многоступенчатые коробки передач наибольшее применение получили на автомобилях-тягачах, работающих с прицепами и полуприцепами.» [2]

«Переключение передач в большинстве ступенчатых коробок передач выполняется водителем. Однако в последнее время появились конструкции ступенчатых коробок передач, в которых переключение передач автоматизировано на основе применения микропроцессорной техники.

Двухвальные коробки передач применяются в переднеприводных и заднеприводных (с задним расположением двигателя) легковых автомобилях. Эти коробки просты по конструкции, имеют небольшую массу и высокий КПД. Конструктивно они объединены в одном блоке с двигателем, сцеплением, главной передачей и дифференциалом.

Конструкция двухвальной коробки передач во многом зависит от того, какое расположение на автомобиле имеют двигатель и коробка передач — продольное или поперечное. При поперечном расположении коробки передач применяется цилиндрическая главная передача и дистанционный привод переключения передач. При продольном расположении — коническая или гипоидная главная передача и непосредственный привод переключения передач. В двухвальной коробке передач на любой передаче, кроме заднего хода, крутящий момент двигателя передается двумя шестернями 2 и 3 (рисунок 1.2) непосредственно с первичного вала на вторичный вал 4, который соединен с ведущими колесами автомобиля. Движение автомобиля задним ходом обеспечивается промежуточной шестерней 6, которая вводится в зацепление между шестернями 5 и 7.» [1]

В результате этого вторичный вал коробки передач вращается в сторону, противоположную вращению первичного вала 7.



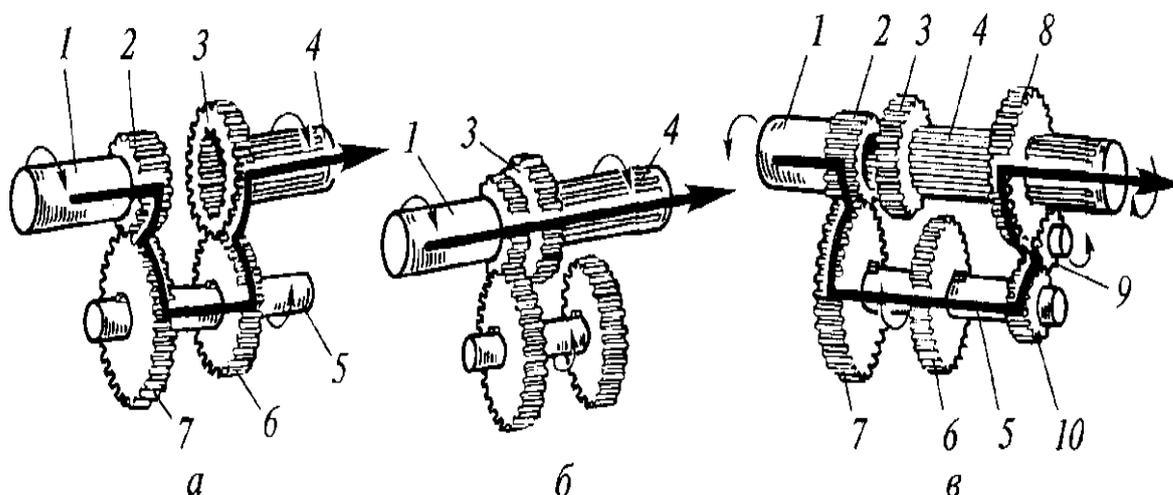
а - движение вперед; *б* - движение задним ходом;
7 - первичный вал; 2, 3, 5, 6, 7 - шестерни; 4 - вторичный вал

Рисунок 2 - Схема работы двухвальной коробки передач

«Трехвальные коробки передач. Наибольшее распространение на легковых и грузовых автомобилях и автобусах получили трехвальные коробки передач. Эти коробки передач имеют три вала — первичный (ведущий), вторичный (ведомый) и промежуточный, на которых установлены шестерни различных передач. Отличительной особенностью трехвальных коробок передач является наличие прямой передачи с передаточным числом $i_k = 1$, на которой первичный и вторичный валы соединяются напрямую. На этой передаче автомобиль движется большую часть времени.

На прямой передаче КПД трехвальной коробки передач больше, чем двухвальной, и коробка передач работает менее шумно. На остальных передачах, кроме заднего хода, в трехвальной коробке передач в зацеплении находятся две пары шестерен, что несколько снижает КПД коробки, но позволяет иметь на первой передаче большое передаточное число.» [2]

«В трехвальной коробке передач (рисунок 1.3) на любой передаче, кроме прямой и заднего хода, крутящий момент двигателя с первичного вала 7 передается через шестерни 2 и 7 постоянного зацепления, промежуточный вал 5 и шестерни 6 и 1 на вторичный вал 4, соединенный с ведущими колесами автомобиля. При этом крутящий момент на промежуточном валу 5 больше крутящего момента на первичном валу 7, так как диаметр и число зубьев шестерни 7 больше, чем у шестерни 2. В то же время крутящий момент на вторичном валу 4 будет больше, чем на промежуточном валу 5.» [2]



а, б — движение вперед; *в* — движение задним ходом; 1 — первичный вал; 2, 3, 6, 7, 8, 9, 10 — шестерни; 4 — вторичный вал; 5 — промежуточный вал

Рисунок 3 – Схема работы трехвальной коробки передач

«При включении прямой передачи крутящий момент передается непосредственно с первичного вала 7 на вторичный вал 4. При включении передачи заднего хода промежуточная шестерня 9 вводится в зацепление между шестернями 8 и 10. Вследствие этого вторичный вал 4 коробки передач вращается в сторону, противоположную вращению первичного вала 7, и обеспечивается движение автомобиля задним ходом.»

Конструкция трехвальной коробки передач и число ее передач во многом зависит от типа автомобиля. Однако широкое применение получили четырех- и пятиступенчатые коробки передач на легковых и грузовых автомобилях и автобусах.» [6]

«Многовальные коробки передач применяются для получения большого числа передач — от 8 до 24. Они представляют собой четырех-, пяти- или шестиступенчатые трехвальные коробки передач со встроенными или совмещенными дополнительными коробками передач (редукторами). При этом дополнительная коробка передач может быть повышающей или понижающей.

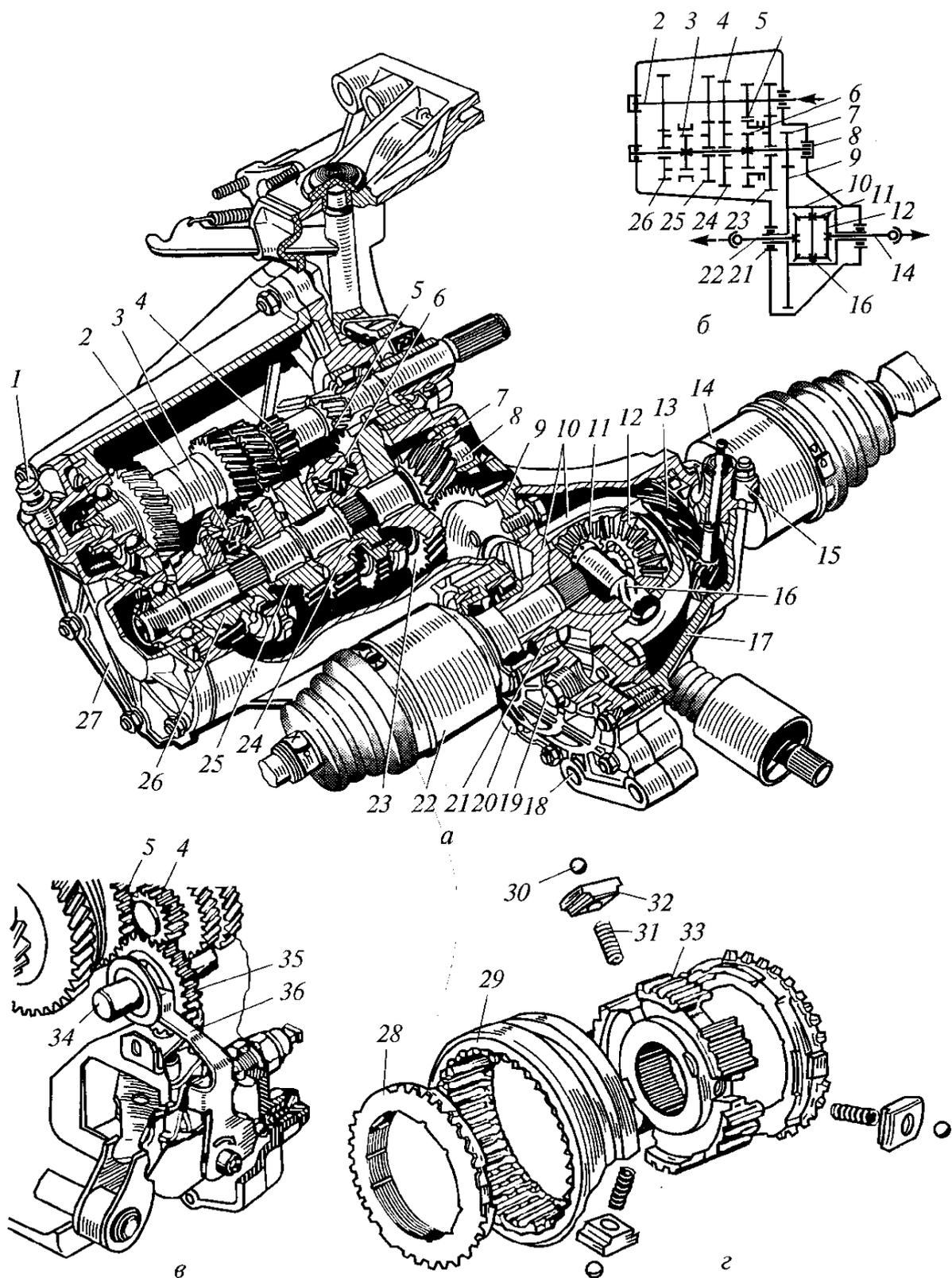
Повышающая коробка передач называется делителем или мультипликатором. Делитель устанавливается перед коробкой передач и увеличивает число передач в два раза. Обычно он имеет две передачи — прямую с передаточным числом $u_d = 1$ и повышающую с передаточным числом $u_d < 1$. Делитель не увеличивает передаточные числа коробки передачи, а только уменьшает разрыв между передаточными числами соседних передач, увеличивая на 20... 25 % диапазон передач.

Понижающая коробка передач называется демумльтипликатором. Демумльтипликатор устанавливается за коробкой передач. Он имеет две или три передачи — прямую $s_d = 1$ и понижающие $s_d > 1$. Демумльтипликатор увеличивает число передач в 2 — 3 раза и передаточные числа коробки передач, значительно расширяя их диапазон.

Многовальные коробки передач используются на автомобилях большой грузоподъемности, а также на автомобилях-тягачах, работающих с прицепами и полуприцепами.» [6]

Проектируемый стенд предназначается в основном для испытаний коробок передач переднеприводных автомобилей ПАО «АвтоВАЗ». Данный тип автомобилей является наиболее массовым, вместе с тем на данных автомобилях применяется несколько модификаций коробки передач, с учетом того, что сейчас предприятие является совместным с альянсом Рено-Ниссан и это является фактором использования не только коробок передач, чья конструкция была разработана на ПАО «АвтоВАЗ».

Конструкция двухвальной коробки передач, применяемой на переднеприводных легковых автомобилях ВАЗ, представлена на рисунке 4.



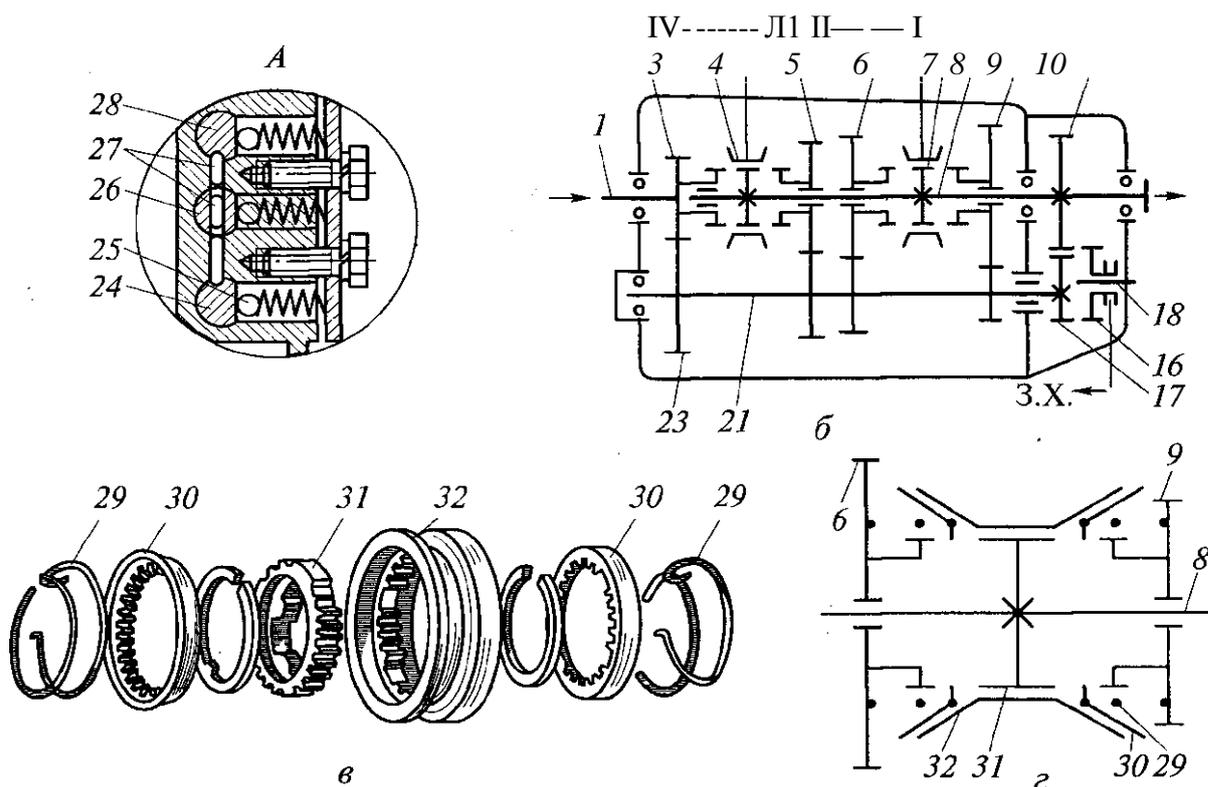
a — общий вид; *б* — схема; *в* — включение заднего хода; *г* — детали синхронизатора;
 1 — сапун; 2 — первичный вал; 3, 6 — синхронизаторы; 4, 7, 9, 12, 13, 23, 24, 25, 26, 35 — шестерни; 5 — зубчатый венец; 8 — вторичный вал; 10 — корпус; 11 — сателлит; 14, 22 — шарниры; 15 — привод спидометра; 16, 34 — оси; 17, 18 — картеры; 19, 20 — пробки; 21 — подшипник; 27 — крышка; 28 — кольцо; 29 — муфта; 30 — фиксатор; 31 — пружина; 32 — сухарь; 33 — ступица; 36 — вилка

Рисунок 4 — Коробка передач переднеприводных легковых автомобилей

«Коробка передач механическая, четырехступенчатая, трехходовая, с постоянным зацеплением шестерен, с синхронизаторами и ручным управлением.

Картер 18 коробки передач, отлитый из алюминиевого сплава, соединен шпильками с картером 77 сцепления и образует с ним единый картер, в котором размещены первичный и вторичный валы с шестернями и синхронизаторами, главная передача и межколесный дифференциал. Главная передача — одинарная, цилиндрическая, косозубая. Дифференциал — конический, двухсателлитный, симметричный, малого трения. Картер коробки передач сзади закрыт крышкой 27, в которой установлен сапун 7 для связи внутренней полости коробки передач с атмосферой. Первичный вал 2 представляет собой блок ведущих шестерен I, II, III, IV передач и заднего хода. Вал вращается в двух подшипниках, один из которых установлен в картере коробки передач, а другой — в картере сцепления. Вторичный вал 8 изготовлен вместе с ведущей шестерней 7 главной передачи. Он вращается в двух подшипниках, установленных в картере сцепления и в картере коробки передач. На вторичном валу свободно установлены ведомые шестерни 23, 24, 25 и 26 соответственно I, II, III и IV передач, находящиеся в постоянном зацеплении с соответствующими ведущими шестернями первичного вала. На вторичном валу жестко закреплены ступицы синхронизаторов 3 и 6. На скользящей муфте синхронизатора 6 имеется зубчатый венец 5 для включения заднего хода. Промежуточная шестерня 35 заднего хода свободно установлена на оси 34, которая закреплена в картерах коробки передач и сцепления. При включении I и II передач синхронизатор 6 соединяет соответственно шестерни 23 и 24 с вторичным валом коробки передач, а при включении III и IV передач синхронизатор 1 соединяет с вторичным валом соответственно шестерни 25 и 26. Задний ход включается вилкой 36 путем введения в зацепление шестерни 35 с шестерней 4 и зубчатым венцом 5.» [6]

Конструкция трехвальной коробки передач легковых автомобилей ВАЗ показана на рисунке 5.



a — общий вид; *б, г* — схемы коробки и синхронизатора; *в* — детали синхронизатора; *1* — первичный вал; *2, 12, 14, 19* — крышки; *3, 5, 6, 9, 10, 16, 17, 23* -шестерни; *4, 7* — синхронизаторы; *8* — вторичный вал, *29* — пружины; *13* -рычаг; *15* — вилка; *18* — ось; *20* — пробка; *21* — промежуточный вал; *22* -картер; *24, 26, 28* — ползуну; *25* — фиксатор; *27* — замок; *30* — кольцо; *31* — ступица, *32* — муфта.

Рисунок 5 – Трехвальная коробка передач легковых автомобилей

«Коробка передач механическая, четырехступенчатая, трехходовая, с постоянным зацеплением шестерен, с синхронизаторами и неавтоматическая (с ручным управлением).

Коробка имеет четыре передачи для движения вперед и одну передачу для движения назад. Шестерни всех передач (кроме заднего хода) - косозубые, что уменьшает шум при работе коробки передач, имеют постоянное зацепление. Шестерни передачи заднего хода - прямозубые. Передачи для движения вперед включатся с помощью синхронизаторов, а для движения назад - передвижением промежуточной шестерни заднего хода. Переключаются передачи с помощью рычага, который имеет три хода вперед и назад для переключения передач.

В отлитом из алюминиевого сплава картере 22 коробки передач на подшипниках установлены первичный (ведущий) 7, вторичный (ведомый) 8 и промежуточный 21 валы. Первичный вал выполнен как одно целое с шестерней 3, находящейся в постоянном зацеплении с шестерней 23 промежуточного вала, представляющего собой блок шестерен. На вторичном валу свободно установлены шестерни 5, 6 и 9 соответственно III, II и I передач, находящиеся в постоянном зацеплении с соответствующими шестернями промежуточного вала. На вторичном валу также жестко закреплены ступицы синхронизаторов 4 и 7 и шестерня 10 заднего хода. Промежуточная шестерня 16 заднего хода свободно установлена на оси 18. При включении I и II передач синхронизатор 7 соединяет соответственно шестерни 6 и 9 с вторичным валом коробки передач. При включении III и IV передач синхронизатор 4 соединяет соответственно шестерню 5 и первичный вал 7 с вторичным валом. Задний ход включается вилкой 15 путем введения в зацепление шестерни 16 с шестернями 17 и 10. Картер коробки передач закрывается крышками 2, 14 и 19. Под нижнюю 19 и заднюю 14 крышки установлены прокладки.» [6]

Таким образом, зная конструкцию обкатываемой коробки передач, мы будем производить проектирование и расчет конструкции стенда исходя из этих конструктивных особенностей и специфики работы агрегата. Для выполнения конструкторских работ необходимо рассмотреть конструкции стендов для обкатки и испытаний коробок передач транспортных средств.

2 Обзор и анализ промышленных аналогов конструкции стенда

Для дальнейшей разработки конструкции стенда, в соответствии с полученным в рамках дипломного проекта заданием, необходимо проанализировать существующие технические решения производимых промышленных образцов стендов, имеющих аналогичное назначение. Учитывая специфику подобных устройств, были отобраны несколько видов испытательных стендов, близких по назначению и конструкторскому исполнению к объекту дипломного проектирования.

В качестве ближайших промышленно производимых аналогов были рассмотрены следующие образцы техники.

Одним из образцов испытательных стендов будет являться стенд КС-02, предназначенный для испытания механических и гидромеханических коробок передач, рисунок 6.



Рисунок 6 – Стенд для испытания механических коробок передач модели КС-02

«Стенды обкаточные универсальные серии КС предназначены для:

- эксплуатирующих организаций (АТП, НГДУ, БЦТО, РММ и т. д.), имеющих разномарочный подвижной состав, самостоятельно выполняющих различные виды ремонта и имеющих технологическую потребность в послеремонтной обкатке и испытании агрегатов;
- авторемонтных заводов;
- заводов-изготовителей;
- сервисных предприятий.

Стенды обеспечивают приработку и испытание агрегатов в соответствии с техническими условиями и руководствами по ремонту.» [20]

Типы обкатываемых на стенде коробок передач:

- КПП грузовых автомобилей: ЯМЗ-239, -2391, -2392, -2393, -238А, -238М, -238ВК, -238ВМ, -236Н, -236Л, -236У, -236П, -336, -3361; КАМАЗ-14, -15; ЗИЛ-130, -4331; ГАЗ-53, -4301;
- КПП легковых и малотоннажных автомобилей: УАЗ-469, -3160; ГАЗ-24, -31029, -3110, -3302, -2217; ВАЗ-2101, -2105, -2106, -2121.

Стенды позволяют обкатывать КПП других марок, включая тракторные и иномарки. Дополнительная комплектация для обкатки таких КПП изготавливается под заказ.

Персональный компьютер и принтер в комплект поставки стенда не входят. Поставляются по желанию заказчика за дополнительную оплату.

Технические характеристики стенда:

Масса стенда, кг: 1300 / 1500

Габаритные размеры, мм:

- -длина: 3400 / 3400
- -ширина: 1000 / 1000
- -высота: 830 / 830

Установленная суммарная мощность электрооборудования, кВт:
0,75

Питающая сеть:

- число фаз 3
- напряжение 380В
- частота 50Гц

Давление воздуха, подводимого к стенду 3..4 кг/см²

Обслуживающий персонал 1 человек

Стенд устанавливается на виброопоры, специального фундамента не требуется

Контролируемые параметры:

- частота вращения входного вала КПП;
- частота вращения выходного вала КПП;
- тормозной момент на выходном валу КПП;

На рисунке 7 изображен стенд для обкатки и диагностики автотракторных коробок перемены передач КИ-28291.



Рисунок 7 – Стенд для обкатки и диагностики автотракторных коробок передач КИ-28291

«Стенд предназначен для осуществления выходного контроля качества ремонта, настройки гидравлических систем управления, обкатки коробок перемены передач (КПП) и раздаточных коробок (РК) после проведения капитального ремонта тракторов/

Новые технические решения реализуют:

- функциональную обкатку для настройки клапанов и контроля давления в системе гидравлического управления;
- плавный пуск привода и изменение скорости вращения первичного вала в диапазонах, согласно требованиям заводов-производителей и требованиям ГНУ ГОСНИТИ на капитальный ремонт;
- снижение времени обкатки до 40 % за счёт внедрения в систему управления стенда двух динамических режимов нагрузки (мягкий, жесткий), для обеспечения приработки поверхностей с обеих сторон зубьев шестерен без применения внешних тормозных устройств;
- подготовку рабочей жидкости - нагрев, заправку, откачку, фильтрацию и замену, с применением собственной гидростанции стенда, оснащённой фильтром и ТЭНом;
- оценку величины механических потерь и уровня приработки по значениям: потребляемая мощность, крутящий момент, шум, герметичность, нагрев поверхностей узлов.» [3]

Стенд для испытания и обкатки коробок передач КС-04 изображен на рисунке 8. Стенд обеспечивает приработку и испытание агрегатов в соответствии с техническими условиями и руководствами по ремонту и предназначается для специализированных ремонтных предприятий, занятых в техническом обслуживании и ремонте тяжелой техники.



Рисунок 8 – Испытательный стенд КС-04

Стенды обкаточные универсальные серии КС предназначены для:

- эксплуатирующих организаций (АТП, НГДУ, БЦТО, РММ и т. д.), имеющих разномарочный подвижной состав, самостоятельно выполняющих различные виды ремонта и имеющих технологическую потребность в послеремонтной обкатке и испытании агрегатов;
- авторемонтных заводов;
- заводов-изготовителей;
- сервисных предприятий.

Установленная суммарная мощность электрооборудования, кВт 58,0

Стенд устанавливается на виброопоры, специального фундамента не требуется.

Был произведен сравнительный анализ по отобранным образцам техники, результатам чего явилось построение циклограммы по следующим характеристикам:

- масса;
- мощность;

- удобство работы;
- стоимость;
- универсальность.

Циклограмма, построенная по приведенным характеристикам, на рисунке 9.

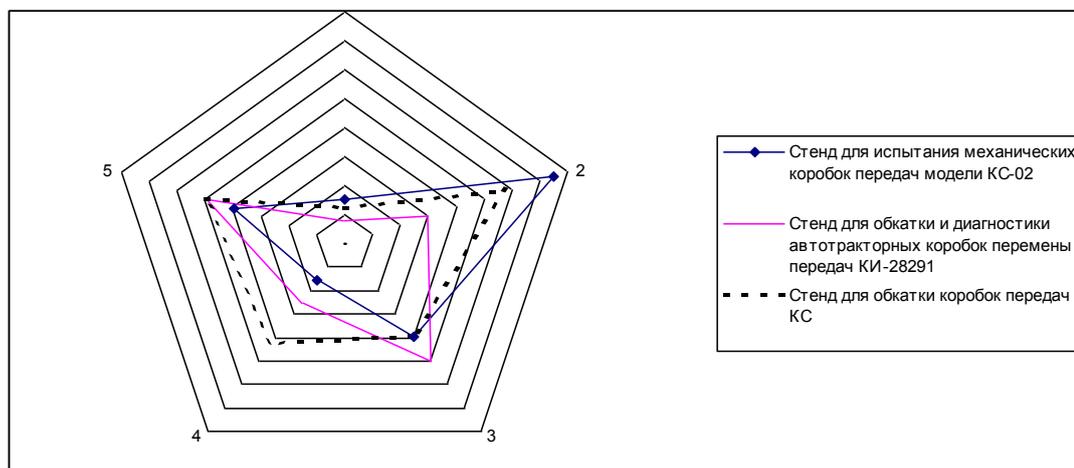


Рисунок 9 – Циклограмма характеристик оборудования

В результате приведенного анализа, как наиболее удовлетворяющее требованиям в качестве прототипа принимаем Стенд для испытания механических коробок передач модели КС-02.

В стенде применяются следующие технические решения:

«Стенд содержит приводной двигатель, кинематически связанный с входным валом испытываемой коробки передач посредством промежуточных валов и муфты. Коробка передач, первичный вал которой соединен посредством муфты с гидронасосом, а выходные валы кинематически связываются с электрическим двигателем с возможностью перемещения и последующей фиксации с помощью фиксатора. Напорная магистраль гидронасоса содержит предохранительный клапан, манометр, регулируемый дроссель. Забор масла осуществляется из гидробака, на всасывающей магистрали установлен вентиль. Регулировка подачи масла в картер и слив производятся автоматически.» [20]

3 Разработка конструкции стенда для испытаний коробок передач

3.1 Техническое задание на стенд для испытания коробок передач (КП) транспортных средств

В соответствии с полученным заданием в рамках дипломного проекта, а также основываясь на проведенном анализе промышленных образцов, требуется разработать стенд для ресурсных и поверочных испытаний механических коробок передач легковых автомобилей.

«Изделие предназначается к эксплуатации в закрытых помещениях с твердым половым покрытием (бетонная стяжка, металлическая плитка и т.д.), с температурой воздуха $-5^{\circ}\dots+50^{\circ}\text{C}$. Нагружение коробки передач должно производиться путем создания гидравлического сопротивления. Данное изделие должно быть адаптировано к испытанию КП легковых автомобилей ВАЗ.» [22]

Разработка ведется по заданию кафедры «ПЭА» Тольяттинского государственного университета в рамках выполнения дипломного проекта.

В разработке конструкции стенда следует использовать описание изобретения по авторскому свидетельству № 1280373 кл. G 01 M 13/02. Данный документ не имеет защиты, поскольку срок действия патента истек.

Технические характеристики проектируемого стенда (описание приводится по авторскому свидетельству № 1280373 кл. G 01 M 13/02):

«Стенд содержит приводной двигатель, кинематически связанный с входным валом испытываемой коробки передач посредством промежуточных валов и муфты. Коробка передач, первичный вал которой соединен посредством муфты с гидронасосом, а выходные валы кинематически связываются с электрическим двигателем с возможностью перемещения и последующей фиксации с помощью фиксатора. Напорная магистраль гидронасоса содержит предохранительный клапан, манометр, регулируемый дроссель. Забор масла осуществляется из гидробака, на

всасывающей магистрали установлен вентиль. Регулировка подачи масла в картер и слив производятся автоматически.» [22]

Характеристика разрабатываемого стенда:

Габаритные размеры, не более:	2000 x 1000 x 1200
Масса стенда, не более:	1000 кг
Максимальный тормозной момент:	250 Н*м
Расчетное давление в системе:	2,5 Мпа (25 кгс/см ²)

В разрабатываемой конструкции должны применяться стандартные комплектующие изделия при проектировании и изготовлении механизма нагружения, таких как аксиальный насос, дроссели, рукава и т.д., предусмотрены условия взаимозаменяемости комплектующих изделий на аналогичные по характеристикам и возможность дальнейшего усовершенствования конструкции.

«Органы управления должны находиться на высоте 700 – 800 мм от уровня пола, причем усилие поворота маховика управления дросселем должно быть не более 80 Н. Кнопки пуска двигателя должны находиться в зоне досягаемости рук оператора, без перемещения туловища. Рабочее положение оператора – стоя. Рукоятки должны быть снабжены резиновыми накладками, для предотвращения соскальзывания рук.

Внешние очертания механизма должны отвечать требованиям технической эстетики и передавать функциональный характер. Композиционное решение установки должно быть таково, что гармоничное соотношение элементов достигается за счет пропорционального сочетания элементов конструкции, пропорциональный подбор габаритов станины и двигателя и насосов, смонтированных на стенде. Визуально создается впечатление устойчивости конструкции. Острые углы стенда рекомендуется скруглить, рекомендуется окрасить станину и агрегаты стенда в серо-зеленый либо в серо-голубой цвет. Внутренние поверхности защитных кожухов и электрошкафов окрасить в красный цвет. Не допускаются

выступающие за габариты стенда детали, если того не требует их функциональное предназначение.

Для безотказной и эффективной работы данного изделия ТО данного изделия должно проводиться не чаще 1 раза в 3 месяца. Составные части конструкции легко должны подвергаться сборке-разборке при замене деталей или транспортировке. Для защиты от коррозии все основные металлические поверхности должны быть окрашены влаго-маслостойкими красками. Детали вращения должны быть смазаны и защищены от попадания пыли и грязи. Изделие транспортируется в собранном виде.» [16]

Примерная себестоимость изделия: 450 000 руб

Срок окупаемости, не более: 2.5 года

3.2 Техническое предложение на стенд для ресурсных испытания КП транспортных средств

Получено задание на разработку стенда для испытания коробок передач (в дальнейшем—стенд), в соответствии с описанием изобретения к авторскому свидетельству № 1280373 кл. G 01 M 13/02. Задание на разработку выдано кафедрой ПЭА.

Изделие относится к испытательной технике, и может быть использовано при испытаниях КП. Цель внедрения—расширение технологических возможностей.

На рисунке 10 изображен стенд, принятый в качестве прототипа, общий вид; на рисунке 11 – вид А на рисунке 10.

Стенд содержит раму 1, на опорной плите 2 которой установлен кронштейн 3, на одной стороне которого размещен нагрузочатель 4 (например, гидравлический), а на противоположной стороне с помощью винтового механизма 5 зафиксирован испытуемый редуктор 6, ведомое звено которого, например выходная шестерня 7, вводится в зацепление с шестерней 8

нагрузателя 4. На опорной плите 2 закреплена вертикальная стойка 9 с шарнирно связанным с ней двуплечим рычагом 10.

На плече 11 двуплечего рычага 10 шарнирно закреплена приводной двигатель 12 (например, гидравлический) с выходной шестерней 13, вводимой в зацепление с ведущим звеном, например шестерней 14 испытуемого редуктора 6.

На плече 15 двуплечего рычага 10 на регулируемой при помощи резьбовой муфты 16 и 17 шарнирно закреплена масляный бак 18, имеющий щуп. Питание гидросистемы нагрузателя 4 и приводного двигателя 12 осуществляется от гидростанции 20.

«К днищу бака 18 присоединен одним концом гибкий трубопровод 21 с краном 22. На другом конце трубопровода 21 имеется трубчатый наконечник 23, расположенный в отверстии прилива 24 опорной плиты 2 и подпружиненный относительно нее пружиной 25. На наконечнике 23 выполнен кольцевой бурт 26 с уплотнительным кольцом 27, к которому примыкает нижняя часть картера 28 испытуемого редуктора 6, и радиальное отверстие 29, через которое собранные в размещенном под картером 28 поддоне 30 утечки масла сливаются в масляный бак 18.

Стенд работает следующим образом. В исходном положении приводной двигатель 12 находится в верхнем положении, кран 22 закрыт.

Испытываемый редуктор 6 устанавливают на кронштейне 3 и фиксируют на нем винтовым механизмом 5. Верхний участок наконечника 23 заходит в сливное отверстие картера 28 испытуемого редуктора 6. При воздействии картера 28 на кольцевой буртик 26 наконечник 23 смещается вниз и радиальное отверстие 29 перекрывается приливом 24.

В процессе испытаний периодически щупом 19 проверяют уровень масла в баке 18 и, следовательно, в испытуемом редукторе 6. При снижении уровня масла вращением резьбовой муфты 16 бак 18 смещают на соответствующую величину вверх относительно опорной плиты 1,

восстанавливая первоначальный уровень масла в испытуемом редукторе 6.»
[20]

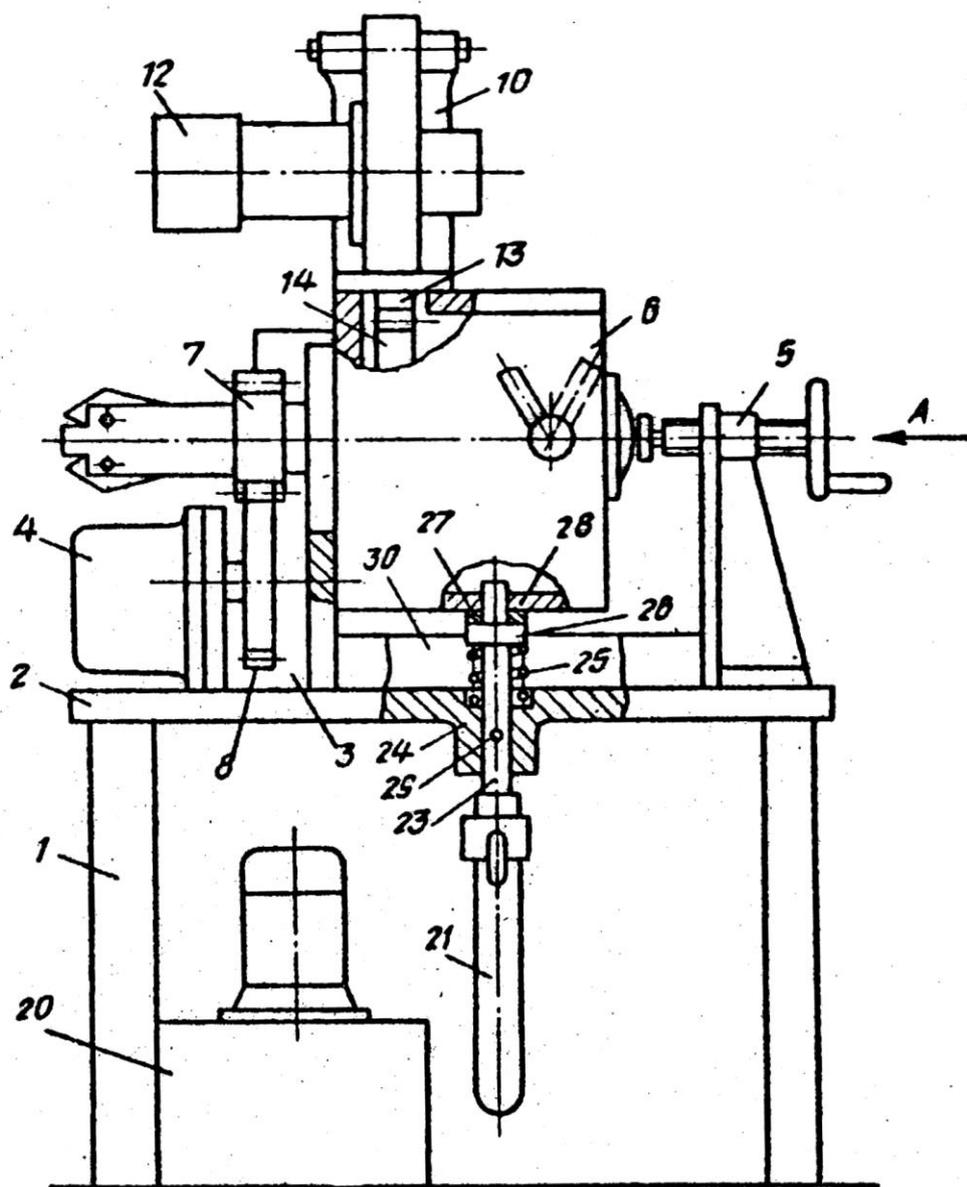


Рисунок 10 – Схема стенда в соответствии с описанием авторского
свидетельства 1280373

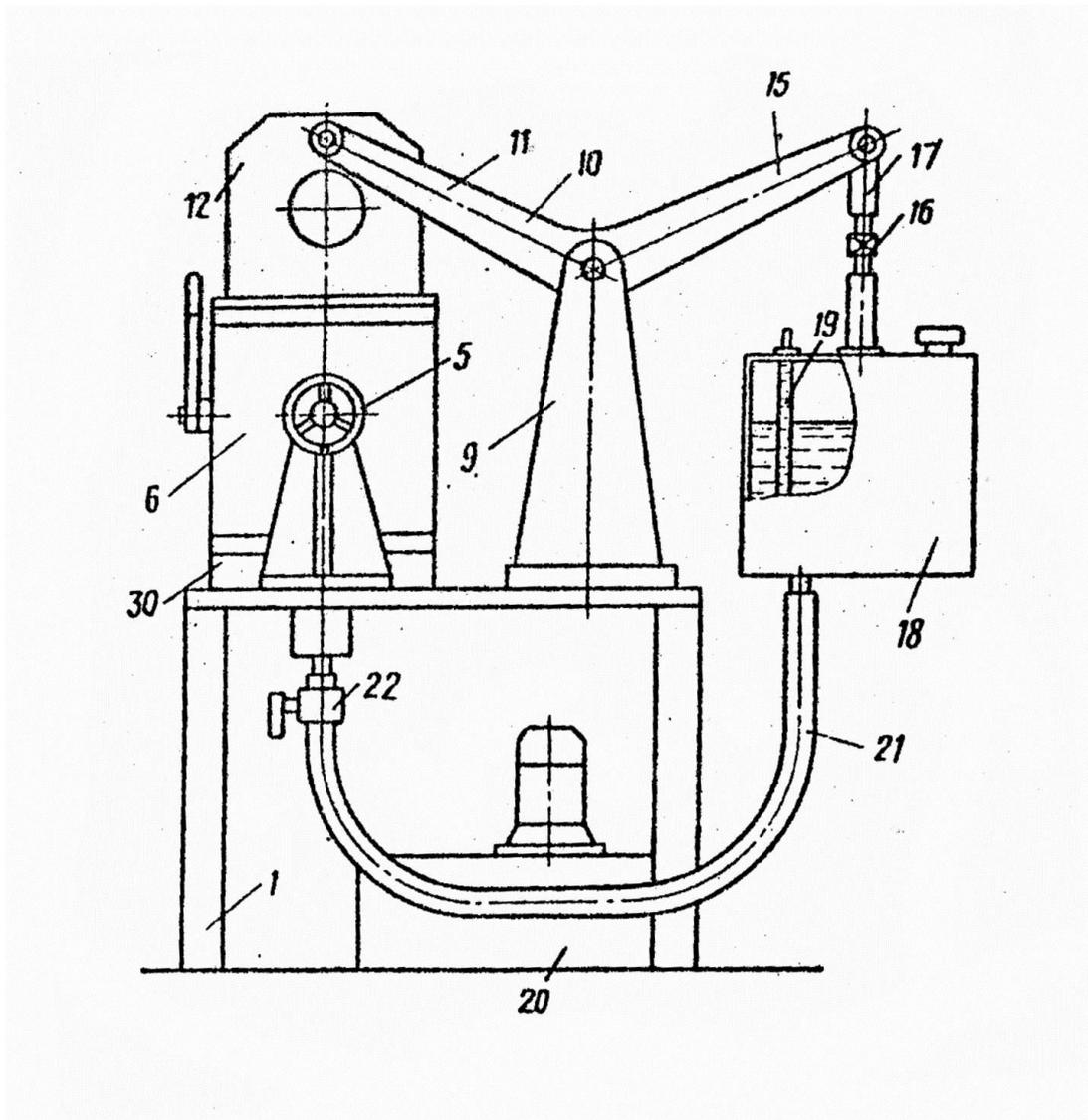


Рисунок 11 – Вид А на рисунке 3.1

Данная конструкция может применяться на автотранспортных, авторемонтных предприятиях, крупных СТО.

Предполагается перефилирование станда данной конструкции для обкатки КП транспортных средств, к обкатке КП легковых автомобилей после ремонта.

Аналогом данного станда служит станд, изготовленный самостоятельно и предназначенный для проведения испытательных операций и послеремонтного констроля качества сборки. Станд установлен в слесарно-механическом цехе, применяеся в основном для обкатки и послеремонтного

поочередное нагружение на различных режимах. По окончании обкатки редуктор снимается, производится регулировка пятна контакта шестерен.

Как видно из рассмотренного аналога, прорабатываемая конструкция имеет ряд преимуществ:

- Возможность задачи более широкого диапазона нагрузок.
- Отсутствие необходимости установки противопенных отбойников, либо добавления в масло противопенных присадок, так как отсутствует перемешивание масла в нагружающих устройствах.
- Применение в конструкции дросселей исключает необходимость самостоятельного изготовления нагружающих устройств.
- Применение устройства для автоматической подачи масла в бак и слива масла.

К недостатку разрабатываемой конструкции стоит отнести невозможность проведения работ по обкатке коробок передач автомобилей других марок без применения переходников, а также зависимость хода приводного двигателя от емкости картера и масляного бака, что затрудняет применение конструкции при обкатке различных коробок передач.

Рассмотрим кинематическую схему изделия, для выявления наиболее характерных для данного изделия разрезов, с целью их дальнейшего их анализа.

Кинематическая схема стенда представлена на рисунке 13.

Предполагается обкатка стенда с использованием гидравлического насоса в качестве нагрузочного устройства. Регулирование величины нагрузки будет производиться при помощи регулируемого дросселя. Привод проектируемого устройства стенда – электромеханический, с использованием асинхронного трехфазного двигателя. Привода – штатные, доработанные, укороченные. Для смягчения старта и снижения нагрузки на двигатель стенда будет использоваться муфта, также выступающая предохранительным устройством.

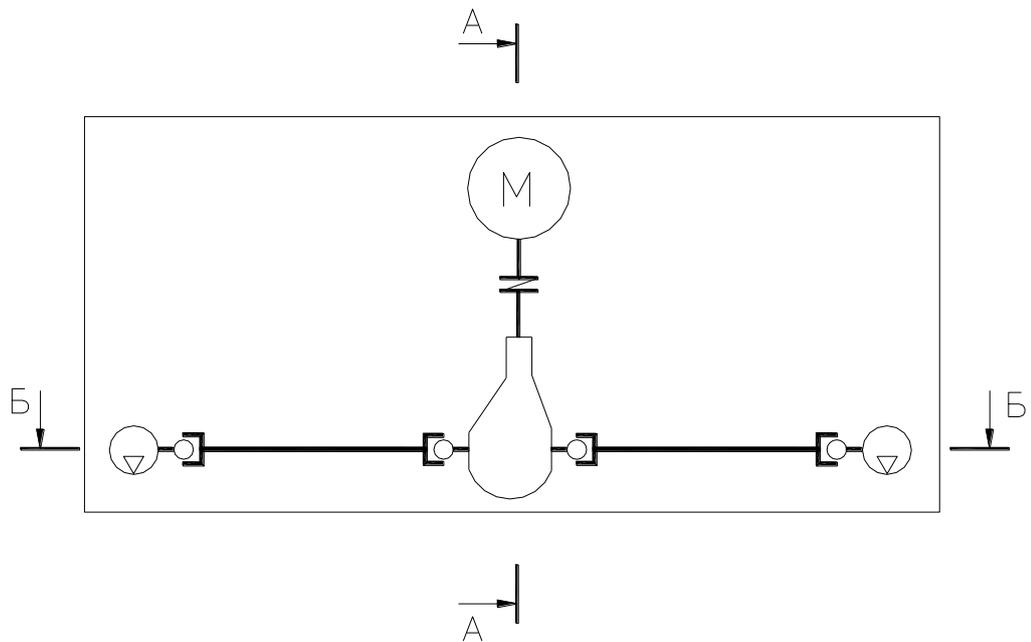
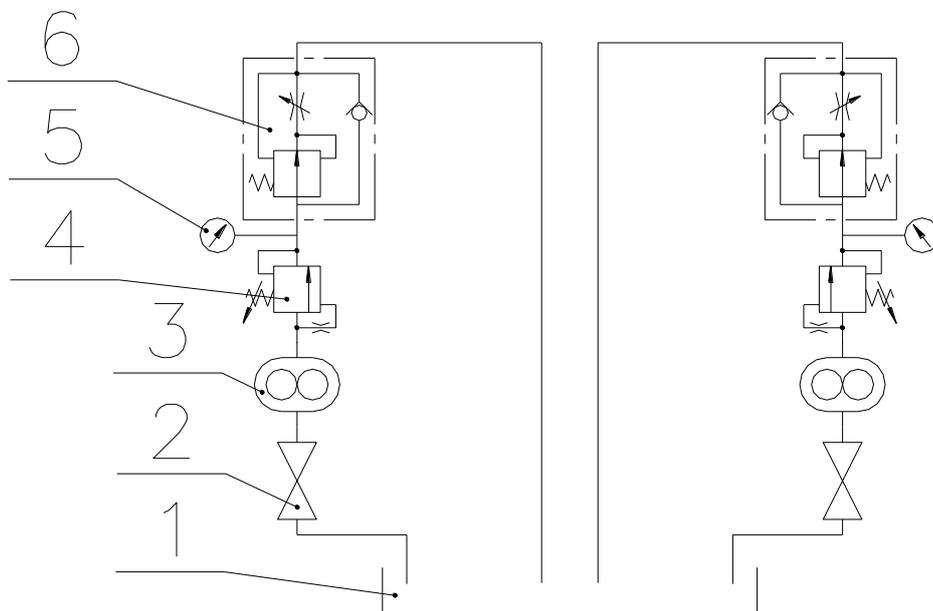


Рисунок 13 – Кинематическая схема конструкции разрабатываемого стенда

Изделие также имеет гидравлическую схему, которая показана на рисунке 14.



1-гидробак; 2- вентиль; 3- насос; 4-клапан; 5-манометр; 6-регулятор расхода.

Рисунок 14 – Гидравлическая схема конструкции разрабатываемого стенда

На рисунке 14 изображена гидравлическая схема изделия. Гидравлическая схема выполняется для стенда по схеме подключения через дроссель и не имеет каких либо особенностей исполнения. В качестве нагнетающего устройства применяются шестеренчатые насосы.

Рассмотрим принятые на проработку разрезы с целью выявления особенностей конструкции, при рассмотрении двух возможных вариантов исполнения данной конструкции.

Вариант компоновки механизма передачи крутящего момента от электродвигателя к испытуемому редуктору по разрезу А-А представлен на рисунке 15.

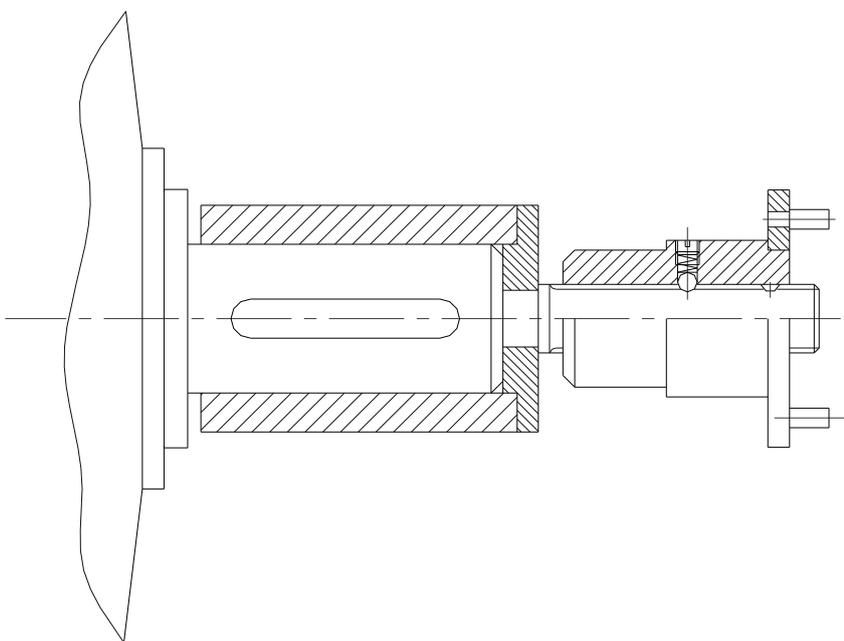


Рисунок 15 – Вариант компоновки узла по разрезу А-А

На рисунке 15 представлен вариант выполнения муфты не постоянного зацепления, через которую происходит передача крутящего момента от двигателя к испытуемому редуктору. Перемещение муфты происходит по шлицевому валу, закрепленному при помощи сварки на закрепленном на валу электродвигателя переходнике. Перемещение осуществляется вручную, фиксируется вилка посредством шарика, поджимаемого пружиной. Ввиду того, что расстояние между закрепляемым на стенде для обкатки редуктором

невелико, применение компенсирующих устройств для обеспечения работы без перегрузок при отклонении соосности при установке редуктора.

Проработка внешнего эстетичного вида разрабатываемого изделия производится для повышения маркетинговой привлекательности продукции, а также с целью создания оптимальной гармонии изделия с условиями эксплуатации.

Каркас изделия изготавливается, ввиду его сложной формы, из уголков, скрепляемых между собой сваркой. При проектировании формы корпуса учтены психофизические особенности восприятия человеком формы изделия. В частности станина выполнен в пропорциях, соизмеримых с размерами крышки, что сделано с целью визуально создать впечатление устойчивости конструкции, но вместе с тем при пропорциональности выполнения исключается визуальное впечатление громоздкости.

Внешний вид изделия полностью характеризует выполняемые им функции. На конструкции четко выражены рабочий орган (узел крепления редуктора, рукоятки управления дросселями, шестеренные насосы) и органы привода механизма в действие (электродвигатель). Благодаря компактному размещению всех частей изделия в корпусе, установленное в цехе изделие не нарушает его композиционное решение, что выгодно отличает его от ряда существующих аналогов.

Немаловажное значение при проработке эстетических требований стоит уделить окраске изделия, которая не должна быть достаточно заметной, чтобы не выступать дополнительным раздражающим фактором для рабочего. Рекомендуется окрасить установку в серо-голубой цвет, так как подобная окраска визуально скрадывает габаритные размеры изделия, что немаловажно, учитывая то, что изделие предполагается располагать в цехе. При окраске рекомендуется применять эмалевые краски. Опорную площадку стола выполнить из листового металла, кольцевой зажим окрасить в оранжевый цвет, с нанесенными черными полосами.

3.3 Расчет и выбор электродвигателя стенда

Расчет производится исходя из того, что стенд предназначен для обкатки редукторов заднего моста. В качестве нагрузочного устройства предполагается применение аксиального насоса PVWJ. Обкатку коробки передач предполагается осуществлять на двигателе с оборотами 750 об/мин, что принимается на основании технических условий на обкатку и приработку шестерен.

Мощность двигателя рассчитывается исходя из мощности применяемого в конструкции насоса. Момент на валу насоса определяется из условия:

$$M_{ид} = \frac{V_o * p}{2 * \pi} * \frac{1}{\eta_M}, \quad (1)$$

где $M_{ид}$ – момент на валу насоса

V_o – рабочий объем насоса

p – давление насоса

η_M – КПД насоса механический, $\eta_M = 0,85$

Приняв для конструкции стенда в качестве нагнетающего устройства насос со следующими характеристиками:

$$V_o = 11 \text{ см}^3$$

$$p = 26,0 \text{ МПа}$$

Получим следующий необходимый крутящий момент на валу

$$M_{ид} = \frac{1.1 * 10^{-6} * 26 * 10^6}{2 * 3,14} * \frac{1}{0,85} = 5.366 \text{ Н*м}$$

При передаточном числе редуктора 3,9 обороты на валу насоса должны составить $n = 750 * 3,9 = 2925$ об/мин

Таким образом мощность на привод одного насоса составит:

$$P = M_{ид} * \omega, \quad (2)$$

$$\omega = \pi * n / 30 \quad (3)$$

$$P = 5.37 * 3,14 * 2925 / 30 = 1664 \text{ Вт}$$

С учетом КПД объемных гидropотерь для насоса $\eta_o = 0,9$, мощность на привод составит:

$$P_o = 1664 / 0,9 = 1848 \text{ Вт}$$

С учетом КПД гидropотерь в системе подвода жидкости $\eta_n = 0,6$ мощность на привод составит:

$$P_n = 1848 / 0,6 = 3081,5 \text{ Вт}$$

В качестве регулирующего гидроаппарата в конструкции стенда предполагается применение регулируемого дросселя Г77-33, выпускаемого серийно. Данный тип относится к крановым дросселям. Перепад давления, а следовательно и изменение нагрузки для данного типа дросселей варьируется в диапазоне от 1,05 до 8,2 раз.

Соответственно мощность электродвигателя привода насоса составит с учетом коэффициента запаса мощности 20 %: $P_{н2} =$

$$P_n * 1,2 = 3081,5 * 1,2 = 3697 \text{ Вт} \approx 3,6 \text{ кВт.}$$

В соответствии с имеющимися в наличии стандартным рядом двигателей принимаем для привода электродвигатель 4A132S8, с оборотами на валу 750 об/мин, мощность двигателя 4,0 кВт.

3.4 Расчет сварного соединения в месте крепления муфты электродвигателя и фланца вала

Сварное соединение, на котором крепится шлицевой вал воспринимает нагрузку от крутящего момента, который стремится срезать вал в месте сварки. При расчете сварного соединения в качестве усилия принимаем полный крутящий момент.

Данный сварной шов испытывает нагрузку при передаче крутящего момента. Рассчитаем величину крутящего момента:

$$M_{кр} = P_{дв} / \omega, \omega = \pi * n / 30 \quad (4)$$

$$M_{кр} = P_{дв} * 30 / \pi * n = 4,0 * 10^3 * 30 / 3,14 * 750 = 47,77 \text{ Н*м}$$

Допустимое усилие для соединения при скручивании:

$$\tau_c = \frac{M_{кр}}{W} \leq [\tau_c], \quad (5)$$

где $[\tau_c]$ – допускаемые напряжения сварного шва на срез, $[\tau_c] = 80$ МПа.

$M_{кр}$ – крутящий момент.

W – осевой момент сечения, $W = 0,1 * d^3 = 0,1 * 0,03^3 = 2,7 * 10^{-6}$

$$\tau_c = \frac{47,77}{2,7} = 17,69 \text{ МПа} \leq [\tau_c]$$

Рассчитанная величина напряжения среза меньше предельного, значит условия прочности сварного шва выполняются.

4 Тяговый расчет транспортного средства

4.1 Исходные данные

Поскольку в рамках дипломного проекта предполагается проведение испытаний смазочных материалов, используемых в легковых автомобилях, относящихся к наиболее массовым, в данном разделе выполним тяговый расчет легкового автомобиля. В качестве такого транспортного средства, принимает легковой автомобиль класса В+, снаряженной массой 1250 кг. автомобили данного типа широко представлены в таксопарках, чьи эксплуатационные режимы предполагают наиболее сильные нагрузки на узлы и предъявляет повышенные требования к качеству проводимых ремонтных работ. Окончательно принимаем следующие характеристики рассчитываемого транспортного средства:

- а) тип: легковой автомобиль;
- б) компоновка: передний привод;
- в) класс автомобиля: В+;
- г) число мест пассажиров n_n : 5;
- д) снаряженная масса m_0 , кг: 1250;
- е) максимальная скорость V_{\max} ($\frac{км}{ч}$; $\frac{м}{с}$): 140; 38,9;
- ж) коэффициент сопротивления качению f_k : 0,01;
- з) максимальный подъем преодолеваемый на I передаче α_{\max} : 0,22;
- и) лобовая площадь A_a , $м^2$: 2,24.

4.2 Определение параметров автомобиля

Полная масса автомобиля находится по формуле:

$$m_a = m_0 + (m_n + m_o) \cdot n_n, \quad (5)$$

где m_0 - снаряженная масса автомобиля;

m_n - масса одного пассажира, $m_n = 75$ кг;

$m_б$ - масса багажа, приходящегося на одного пассажира, $m_б = 10$ кг;

n_n - число мест пассажиров, включая водителя, $n_n = 5$ чел.;

$$m_a = 1250 + (75 + 10) \cdot 5 = 1675 \text{ кг.}$$

Вес автомобиля, приходящийся на каждую ось, определяется по формуле:

$$F_1 = F_2 = \frac{1}{2} \cdot m_a \cdot g, \quad (6)$$

где F_1 - вес, приходящийся на переднюю ось автомобиля, Н;

F_2 - вес, приходящийся на заднюю ось автомобиля, Н;

g - ускорение свободного падения, $g = 9,81 \text{ м/с}^2$;

$$F_1 = F_2 = \frac{1}{2} \cdot 1675 \cdot 9,81 = 8215,875 \text{ Н.}$$

Шины выбираем камерные радиальные, размерностью 165/80 R13. Зная размер шин, определяем статический радиус колеса:

$$r_{cm} = 0,5 \cdot d + \lambda_z \cdot H, \quad (4)$$

где d - посадочный диаметр шины: $d = 13 \cdot 25,4 = 330,2$ мм;

λ_z - коэффициент вертикальной деформации шины, $\lambda_z = 0,85$;

H - высота профиля шины, $H = 0,8 \cdot 165 = 132$ мм;

$$r_{cm} = 0,5 \cdot 330,2 + 0,85 \cdot 132 = 277,3 \text{ мм.}$$

На дорогах с твёрдым покрытием:

$$r_{cm} = r_d = r_k, \quad (8)$$

где r_d - динамический радиус колеса, м;

r_k - радиус качения колеса, м;

4.3 Расчет внешней скоростной характеристики двигателя

Мощность двигателя определяется при максимальной скорости автомобиля с учетом КПД трансмиссии по формуле:

$$N_V = \frac{N_K + N_\epsilon}{1000 \cdot \eta_T} = \frac{m_a \cdot g \cdot \psi_V \cdot V_{\max} + K_\epsilon \cdot A_a \cdot V_{\max}^3}{1000 \cdot \eta_T}, \quad (9)$$

где m_a - полная масса автомобиля;

g - ускорение свободного падения, $g = 9,81 \text{ М/с}^2$;

ψ_V - коэффициент сопротивления дороги при максимальной скорости автомобиля:

$$\psi_V = f_V = f_K \cdot (1 + 5 \cdot 10^{-4} \cdot V_{\max}^2), \quad (10)$$

$$\psi_V = 0,01 \cdot (1 + 5 \cdot 10^{-4} \cdot 38,9^2) = 0,017;$$

K_ϵ - коэффициент сопротивления воздуха, $K_\epsilon = 0,35$;

η_T - КПД трансмиссии: $\eta_T = 0,98^0 \cdot 0,97^1 \cdot 0,98^3 = 1 \cdot 0,97 \cdot 0,94 = 0,91$;

$$N_V = \frac{1675 \cdot 9,81 \cdot 0,017 \cdot 38,9 + 0,35 \cdot 2,24 \cdot 38,9^3}{1000 \cdot 0,91} = \frac{57015,6}{910} = 62,6 \text{ кВт}.$$

Максимальная мощность двигателя определяется по формуле:

$$N_e^{\max} = \frac{N_v}{\frac{\omega_v}{\omega_N} + \left(\frac{\omega_v}{\omega_N}\right)^2 - \left(\frac{\omega_v}{\omega_N}\right)^3}, \quad (11)$$

где ω_N - угловая скорость коленчатого вала при максимальном значении мощности:

$$\omega_N = \frac{\pi \cdot n_N}{30}, \quad (12)$$

где n_N - частота вращения коленчатого вала при максимальном значении мощности, об/мин., $n_N = 5200 \text{ мин}^{-1}$;

$$\omega_N = \frac{3,14 \cdot 5200}{30} = 544,26 \text{ с}^{-1};$$

ω_v - коленчатого вала двигателя, при которой достигается максимальная скорость автомобиля:

$$\omega_v = 1,1 \cdot \omega_N, \quad (13)$$

$$\omega_v = 1,1 \cdot 544,26 = 598,6 \text{ с}^{-1};$$

$$N_e^{\max} = \frac{62,6}{\frac{598,6}{544,26} + \left(\frac{598,6}{544,26}\right)^2 - \left(\frac{598,6}{544,26}\right)^3} = 64,4 \text{ кВт}.$$

По полученным значениям N_e^{\max} , N_V и формуле (2.10) рассчитывают внешнюю скоростную характеристику двигателя выбрав 6 значений в диапазоне $\omega_{\min} \dots \omega_{\max}$. Полученные данные сводим в таблицу 1:

Таблица 1 - Внешняя скоростная характеристика автомобиля

n_e (об/мин)	800	1900	3000	4100	5200	5719
ω_e (c^{-1})	83,73	198,86	314	429,13	544,26	598,6
N_e (кВт)	11,19	28,98	46,22	59,24	64,4	62,4
M_e ($H \cdot м$)	133,64	145,73	147,19	138,04	118,32	104,57

$$N_e = N_e^{\max} \cdot \left[\frac{\omega_e}{\omega_N} + \left(\frac{\omega_e}{\omega_N}\right)^2 - \left(\frac{\omega_e}{\omega_N}\right)^3 \right], \quad (14)$$

где ω_e - текущие значения угловой скорости коленчатого вала рад/с;

N_e - текущее значение эффективной мощности двигателя, кВт;

$$N_e^1 = 64,4 \cdot \left[\frac{83,73}{544,26} + \left(\frac{83,73}{544,26}\right)^2 - \left(\frac{83,73}{544,26}\right)^3 \right] = 11,19 \text{ кВт};$$

$$N_e^2 = 64,4 \cdot \left[\frac{198,86}{544,26} + \left(\frac{198,86}{544,26}\right)^2 - \left(\frac{198,86}{544,26}\right)^3 \right] = 28,98 \text{ кВт};$$

$$N_e^3 = 64,4 \cdot \left[\frac{314}{544,26} + \left(\frac{314}{544,26}\right)^2 - \left(\frac{314}{544,26}\right)^3 \right] = 46,22 \text{ кВт};$$

$$N_e^4 = 64,4 \cdot \left[\frac{429,13}{544,26} + \left(\frac{429,13}{544,26}\right)^2 - \left(\frac{429,13}{544,26}\right)^3 \right] = 59,24 \text{ кВт};$$

$$N_e^5 = 64,4 \cdot \left[\frac{544,26}{544,26} + \left(\frac{544,26}{544,26}\right)^2 - \left(\frac{544,26}{544,26}\right)^3 \right] = 64,4 \text{ кВт};$$

$$N_e^6 = 64,4 \cdot \left[\frac{598,6}{544,26} + \left(\frac{598,6}{544,26}\right)^2 - \left(\frac{598,6}{544,26}\right)^3 \right] = 62,6 \text{ кВт}.$$

Для построения кривой эффективного момента M_e применяем формулу:

$$M_e = 1000 \cdot \frac{N_e}{\omega_e}, \quad (15)$$

$$M_e^1 = 1000 \cdot \frac{11,19}{83,73} = 133,64 \text{ H} \cdot \text{м};$$

$$M_e^2 = 1000 \cdot \frac{28,98}{198,86} = 145,73 \text{ H} \cdot \text{м};$$

$$M_e^3 = 1000 \cdot \frac{46,22}{314} = 147,19 \text{ H} \cdot \text{м};$$

$$M_e^4 = 1000 \cdot \frac{59,24}{429,13} = 138,04 \text{ H} \cdot \text{м};$$

$$M_e^5 = 1000 \cdot \frac{64,4}{544,26} = 118,32 \text{ H} \cdot \text{м};$$

$$M_e^6 = 1000 \cdot \frac{62,6}{598,6} = 104,57 \text{ H} \cdot \text{м}.$$

4.4 Определение передаточного числа главной передачи

Передаточное число главной передачи U_0 определяется, исходя из максимальной скорости автомобиля:

$$U_0 = \frac{\omega_{\max} \cdot r_K}{U_K^e \cdot V_{\max}}, \quad (16)$$

где ω_{\max} - максимальная угловая скорость коленчатого вала двигателя;

$$U_K^e = U_{K4} = 1,0;$$

$$U_0 = \frac{598,6 \cdot 0,277}{1 \cdot 38,9} = 4,26.$$

4.5 Определение передаточных чисел коробки передач

Для обеспечения возможности движения автомобиля в этих условиях тяговая сила на ведущих колесах F_T должна быть больше силы сопротивления дороги F_D , т.е.:

$$\frac{M_{\max} \cdot \eta_T \cdot U_0 \cdot U_1}{r_K} \geq G_a \cdot \psi_{\max} \Rightarrow U_1 \geq \frac{G_a \cdot \psi_{\max} \cdot r_K}{M_{\max} \cdot \eta_T \cdot U_0}, \quad (17)$$

где U_0 - передаточное число главной передачи;

U_1 - передаточное число коробки передач при включенной первой передаче;

ψ_{\max} - коэффициент сопротивления дороги:

$$\psi_{\max} = \alpha_{\max} + f_K, \quad (18)$$

$$\psi_{\max} = 0,22 + 0,01 = 0,23;$$

$$U_1 \geq \frac{1675 \cdot 0,23 \cdot 0,277}{147,19 \cdot 0,91 \cdot 4,26} = 1,83;$$

Во избежание буксования ведущих колес тяговая сила на первой передаче должна быть меньше силы сцепления колес с дорогой:

$$\frac{M_{\max} \cdot \eta_T \cdot U_0 \cdot U_1}{r_K} \leq G_{cy} \cdot \varphi \Rightarrow U_1 \leq \frac{G_{cy} \cdot \varphi \cdot r_K}{M_{\max} \cdot \eta_T \cdot U_0}, \quad (19)$$

где G_{cy} - сцепной вес автомобиля;

φ - коэффициент сцепления ведущих колес с дорогой;

$$U_1 \leq \frac{1675 \cdot 0,8 \cdot 0,277}{147,19 \cdot 0,91 \cdot 4,256} = 4,30;$$

Для пятиступенчатой коробки передач:

принимаем $U_{K1} = 4,0$;

$$U_{K2} = \sqrt[3]{U_{K1}^2} = \sqrt[3]{4^2} = 2,51; \quad (20)$$

$$U_{K3} = \sqrt[3]{U_{K1}} = \sqrt[3]{4} = 1,58;$$

принимаем $U_{K4} = 1,0$;

принимаем $U_{K5} = 0,8$.

4.6 Тяговый баланс автомобиля

4.6.1 I передача

Рассчитаем тяговый баланс автомобиля на I передаче выбрав 6 значений в диапазоне $\omega_{\min} \dots \omega_{\max}$. Полученные данные сведем в таблицу 2.

Скорость автомобиля:

$$V = \frac{\omega_e \cdot r_K}{U_K \cdot U_{zn}}, \quad (21)$$

где ω_e - текущее значение угловой скорости коленчатого вала, рад/с;

r_k - радиус качения колеса, м;

$U_{\kappa 1}$ - передаточное число коробки передач при включенной передаче;

U_{zn} - передаточное число главной передачи;

$$V_1 = \frac{83,73 \cdot 0,277}{4 \cdot 4,26} = 1,36 \text{ м/с};$$

$$V_3 = \frac{198,86 \cdot 0,277}{4 \cdot 4,26} = 3,23 \text{ м/с};$$

$$V_3 = \frac{314 \cdot 0,277}{4 \cdot 4,26} = 5,1 \text{ м/с};$$

$$V_4 = \frac{429,13 \cdot 0,277}{4 \cdot 4,26} = 6,97 \text{ м/с};$$

$$V_5 = \frac{544,26 \cdot 0,277}{4 \cdot 4,26} = 8,84 \text{ м/с};$$

$$V_6 = \frac{598,6 \cdot 0,277}{4 \cdot 4,26} = 9,73 \text{ м/с}.$$

Коэффициент учета вращающихся масс:

$$\delta_j = 1,05 + 0,05 \cdot U_{\kappa}^2, \quad (22)$$

$$\delta_l = 1,05 + 0,05 \cdot 4^2 = 1,85.$$

Сила тяги:

$$F_{\kappa} = \frac{M_e \cdot U_{\kappa} \cdot U_{zn} \cdot \eta_T}{r_g}, \quad (23)$$

где M_e - текущее значение эффективного крутящего момента, $H \cdot м$;

$U_{\kappa 1}$ - передаточное число коробки передач при включенной передаче;

U_{zn} - передаточное число главной передачи;

η_T - КПД трансмиссии;

r_k - радиус качения колеса, м;

$$F_{\kappa 1} = \frac{133,64 \cdot 4 \cdot 4,26 \cdot 0,91}{0,277} = 7481 \text{ Н};$$

$$F_{\kappa 2} = \frac{145,73 \cdot 4 \cdot 4,26 \cdot 0,91}{0,277} = 8157 \text{ Н};$$

$$F_{\kappa 3} = \frac{147,19 \cdot 4 \cdot 4,26 \cdot 0,91}{0,277} = 8239 \text{ H};$$

$$F_{\kappa 4} = \frac{138,04 \cdot 4 \cdot 4,26 \cdot 0,91}{0,277} = 7727 \text{ H};$$

$$F_{\kappa 5} = \frac{118,32 \cdot 4 \cdot 4,26 \cdot 0,91}{0,277} = 6623 \text{ H};$$

$$F_{\kappa 6} = \frac{104,57 \cdot 4 \cdot 4,26 \cdot 0,91}{0,277} = 5853 \text{ H}.$$

Сила сопротивления воздуха:

$$F_{\rho} = K_{\rho} \cdot A_a \cdot V^2, \quad (24)$$

где K_{ρ} - коэффициент сопротивления воздуха, $K_{\rho} = 0,35$;

A_a - лобовая площадь;

V - текущая скорость автомобиля;

$$F_{\rho 1} = 0,35 \cdot 2,24 \cdot 1,36^2 = 1,45 \text{ H};$$

$$F_{\rho 2} = 0,35 \cdot 2,24 \cdot 3,23^2 = 8,17 \text{ H};$$

$$F_{\rho 3} = 0,35 \cdot 2,24 \cdot 5,1^2 = 20,39 \text{ H};$$

$$F_{\rho 4} = 0,35 \cdot 2,24 \cdot 6,97^2 = 38,08 \text{ H};$$

$$F_{\rho 5} = 0,35 \cdot 2,24 \cdot 8,84^2 = 61,26 \text{ H};$$

$$F_{\rho 6} = 0,35 \cdot 2,24 \cdot 9,73^2 = 74,22 \text{ H}.$$

Коэффициент сопротивления дороги:

$$\psi_v = f_{\kappa} \cdot (1 + 5 \cdot 10^{-4} \cdot V^2), \quad (25)$$

где f_{κ} - коэффициент сопротивления качению;

$$\psi_{v1} = 0,01 \cdot (1 + 5 \cdot 10^{-4} \cdot 1,36^2) = 0,01;$$

$$\psi_{v2} = 0,01 \cdot (1 + 5 \cdot 10^{-4} \cdot 3,23^2) = 0,01;$$

$$\psi_{v3} = 0,01 \cdot (1 + 5 \cdot 10^{-4} \cdot 5,1^2) = 0,0101;$$

$$\psi_{v4} = 0,01 \cdot (1 + 5 \cdot 10^{-4} \cdot 6,97^2) = 0,0102;$$

$$\psi_{v5} = 0,01 \cdot (1 + 5 \cdot 10^{-4} \cdot 8,84^2) = 0,0103;$$

$$\psi_{v6} = 0,01 \cdot (1 + 5 \cdot 10^{-4} \cdot 9,73^2) = 0,0104.$$

Сила сцепления колес с дорогой:

$$F_{\psi_v} = F_a \cdot \psi_v, \quad (26)$$

где F_a - сила тяжести, действующая на колеса автомобиля;

ψ_v - коэффициент сопротивления дороги;

$$F_{\psi_{v1}} = 16431,75 \cdot 0,01 = 164,3 \text{ Н};$$

$$F_{\psi_{v2}} = 16431,75 \cdot 0,01 = 164,3 \text{ Н};$$

$$F_{\psi_{v3}} = 16431,75 \cdot 0,0101 = 165,9 \text{ Н};$$

$$F_{\psi_{v4}} = 16431,75 \cdot 0,0102 = 167,6 \text{ Н};$$

$$F_{\psi_{v5}} = 16431,75 \cdot 0,0103 = 169,2 \text{ Н};$$

$$F_{\psi_{v6}} = 16431,75 \cdot 0,0104 = 170,8 \text{ Н};$$

Динамический фактор:

$$D_1 = \frac{F_k - F_e}{F_a}, \quad (27)$$

где F_k - сила тяги;

F_e - сила сопротивления воздуха;

F_a - вес автомобиля;

$$D_1 = \frac{741 - 1,45}{16431,75} = 0,45;$$

$$D_2 = \frac{8157 - 8,17}{16431,75} = 0,49;$$

$$D_3 = \frac{8239 - 20,39}{16431,75} = 0,5;$$

$$D_4 = \frac{7727 - 38,08}{16431,75} = 0,46;$$

$$D_5 = \frac{6623 - 61,26}{16431,75} = 0,39;$$

$$D_6 = \frac{5853 - 74,22}{16431,75} = 0,35;$$

Ускорение автомобиля:

$$j_a = \frac{D - \psi_v}{\delta_j} \cdot g, \quad (28)$$

где D - динамический фактор;

ψ_v - коэффициент сопротивления дороги;

δ_j - коэффициент учета вращающихся масс;

g - ускорение свободного падения, $g = 9,81 \text{ м/с}^2$;

$$j_{a1} = \frac{0,45 - 0,01}{1,85} \cdot 9,81 = 2,33 \text{ м/с}^2;$$

$$j_{a2} = \frac{0,49 - 0,01}{1,85} \cdot 9,81 = 2,55 \text{ м/с}^2;$$

$$j_{a3} = \frac{0,5 - 0,0101}{1,85} \cdot 9,81 = 2,59 \text{ м/с}^2;$$

$$j_{a4} = \frac{0,46 - 0,0102}{1,85} \cdot 9,81 = 2,38 \text{ м/с}^2;$$

$$j_{a5} = \frac{0,39 - 0,0103}{1,85} \cdot 9,81 = 2,01 \text{ м/с}^2;$$

$$j_{a6} = \frac{0,35 - 0,0104}{1,85} \cdot 9,81 = 1,8 \text{ м/с}^2.$$

Обратное ускорение:

$$\frac{1}{j_{a1}} = \frac{1}{2,33} = 0,42 \text{ с}^2/\text{м};$$

$$\frac{1}{j_{a2}} = \frac{1}{2,55} = 0,39 \text{ с}^2/\text{м};$$

$$\frac{1}{j_{a3}} = \frac{1}{2,59} = 0,38 \text{ с}^2/\text{м};$$

$$\frac{1}{j_{a4}} = \frac{1}{2,38} = 0,42 \text{ с}^2/\text{м};$$

$$\frac{1}{j_{a5}} = \frac{1}{2,01} = 0,49 \text{ с}^2/\text{м};$$

$$\frac{1}{j_{a6}} = \frac{1}{1,8} = 0,55 \text{ с}^2/\text{м}.$$

Таблица 2 - Тяговый баланс автомобиля на I передаче

ω_e	83,73	198,86	314	429,13	544,26	598,6	
Ne	11,19	28,98	46,22	59,24	64,4	62,6	
Me	133,64	145,73	147,19	138,04	118,32	104,57	
I-я передача, $U_{к1}=4,0; \delta_j=1,85$	V, м/с	1,36	3,23	5,1	6,97	8,84	9,73
	Fк, Н	7481	8157	8239	7727	6623	5853
	Fв, Н	1,45	8,17	20,39	38,08	61,26	74,22
	$F_{\psi_v} + F_e$,	165,75	172,47	186,29	205,68	230,46	245,02
	D,	0,45	0,49	0,5	0,46	0,39	0,35
	ja	2,33	2,55	2,59	2,38	2,01	1,8
	1/ja	0,42	0,39	0,38	0,42	0,49	0,55
	ψ_v	0,01	0,01	0,0101	0,0102	0,0103	0,0104

4.6.2 II передача

Рассчитаем тяговый баланс автомобиля на II передаче выбрав 6 значений в диапазоне $\omega_{\min} \dots \omega_{\max}$. Полученные данные сведем в таблицу 3.

Скорость автомобиля находим по формуле (21):

$$V_1 = \frac{83,73 \cdot 0,277}{2,51 \cdot 4,26} = 2,16 \text{ м/с};$$

$$V_3 = \frac{198,86 \cdot 0,277}{2,51 \cdot 4,26} = 5,15 \text{ м/с};$$

$$V_3 = \frac{314 \cdot 0,277}{2,51 \cdot 4,26} = 8,13 \text{ м/с};$$

$$V_4 = \frac{429,13 \cdot 0,277}{2,51 \cdot 4,26} = 11,11 \text{ м/с};$$

$$V_5 = \frac{544,26 \cdot 0,277}{2,51 \cdot 4,26} = 14,09 \text{ м/с};$$

$$V_6 = \frac{598,6 \cdot 0,277}{2,51 \cdot 4,26} = 15,5 \text{ м/с}.$$

Коэффициент учета вращающихся масс находим по формуле (22):

$$\delta_I = 1,05 + 0,05 \cdot 2,51^2 = 1,36.$$

Силу тяги автомобиля находим по формуле (2.19):

$$F_{к1} = \frac{133,64 \cdot 2,51 \cdot 4,26 \cdot 0,091}{0,277} = 4694 \text{ Н};$$

$$F_{\kappa 2} = \frac{145,73 \cdot 2,51 \cdot 4,26 \cdot 0,91}{0,277} = 5119 \text{ H};$$

$$F_{\kappa 3} = \frac{147,19 \cdot 2,51 \cdot 4,26 \cdot 0,91}{0,277} = 5170 \text{ H};$$

$$F_{\kappa 4} = \frac{138,04 \cdot 2,51 \cdot 4,26 \cdot 0,91}{0,277} = 4848 \text{ H};$$

$$F_{\kappa 5} = \frac{118,32 \cdot 2,51 \cdot 4,26 \cdot 0,91}{0,277} = 4156 \text{ H};$$

$$F_{\kappa 6} = \frac{104,57 \cdot 2,51 \cdot 4,26 \cdot 0,91}{0,277} = 3673 \text{ H}.$$

Силу сопротивления воздуха находим по формуле (24):

$$F_{\sigma 1} = 0,35 \cdot 2,24 \cdot 2,16^2 = 3,65 \text{ H};$$

$$F_{\sigma 2} = 0,35 \cdot 2,24 \cdot 5,15^2 = 20,79 \text{ H};$$

$$F_{\sigma 3} = 0,35 \cdot 2,24 \cdot 8,13^2 = 51,81 \text{ H};$$

$$F_{\sigma 4} = 0,35 \cdot 2,24 \cdot 11,11^2 = 96,77 \text{ H};$$

$$F_{\sigma 5} = 0,35 \cdot 2,24 \cdot 14,09^2 = 155,64 \text{ H};$$

$$F_{\sigma 6} = 0,35 \cdot 2,24 \cdot 15,5^2 = 188,35 \text{ H}.$$

Коэффициент сопротивления дороги находим по формуле (25):

$$\psi_{v1} = 0,01 \cdot (1 + 5 \cdot 10^{-4} \cdot 2,16^2) = 0,01;$$

$$\psi_{v2} = 0,01 \cdot (1 + 5 \cdot 10^{-4} \cdot 5,15^2) = 0,0101;$$

$$\psi_{v3} = 0,01 \cdot (1 + 5 \cdot 10^{-4} \cdot 8,13^2) = 0,0103;$$

$$\psi_{v4} = 0,01 \cdot (1 + 5 \cdot 10^{-4} \cdot 11,11^2) = 0,0106;$$

$$\psi_{v5} = 0,01 \cdot (1 + 5 \cdot 10^{-4} \cdot 14,09^2) = 0,0109;$$

$$\psi_{v6} = 0,01 \cdot (1 + 5 \cdot 10^{-4} \cdot 15,5^2) = 0,011.$$

Силу сцепления колес с дорогой находим по формуле (26):

$$F_{\psi v1} = 16431,75 \cdot 0,01 = 164,3 \text{ H};$$

$$F_{\psi v2} = 16431,75 \cdot 0,0101 = 165,9 \text{ H};$$

$$F_{\psi v3} = 16431,75 \cdot 0,0103 = 169,2 \text{ H};$$

$$F_{\psi v4} = 16431,75 \cdot 0,0106 = 174,1 \text{ H};$$

$$F_{y\omega 5} = 16431,75 \cdot 0,0109 = 179,1 \text{ H};$$

$$F_{y\omega 6} = 16431,75 \cdot 0,011 = 180,7 \text{ H};$$

Динамический фактор находим по формуле (27):

$$D_1 = \frac{4694 - 3,65}{16431,75} = 0,28;$$

$$D_2 = \frac{5119 - 20,79}{16431,75} = 0,31;$$

$$D_3 = \frac{5170 - 51,81}{16431,75} = 0,31;$$

$$D_4 = \frac{4848 - 96,77}{16431,75} = 0,28;$$

$$D_5 = \frac{4156 - 155,64}{16431,75} = 0,24;$$

$$D_6 = \frac{3673 - 188,35}{16431,75} = 0,21;$$

Ускорение автомобиля находим по формуле (28):

$$j_{a1} = \frac{0,28 - 0,01}{1,36} \cdot 9,81 = 1,94 \text{ м/с}^2;$$

$$j_{a2} = \frac{0,31 - 0,0101}{1,36} \cdot 9,81 = 2,16 \text{ м/с}^2;$$

$$j_{a3} = \frac{0,31 - 0,0103}{1,36} \cdot 9,81 = 2,16 \text{ м/с}^2;$$

$$j_{a4} = \frac{0,28 - 0,0106}{1,36} \cdot 9,81 = 1,94 \text{ м/с}^2;$$

$$j_{a5} = \frac{0,24 - 0,0109}{1,36} \cdot 9,81 = 1,65 \text{ м/с}^2;$$

$$j_{a6} = \frac{0,21 - 0,011}{1,36} \cdot 9,81 = 1,43 \text{ м/с}^2.$$

Обратное ускорение:

$$\frac{1}{j_{a1}} = \frac{1}{1,94} = 0,51 \text{ с}^2/\text{м};$$

$$\frac{1}{j_{a2}} = \frac{1}{2,16} = 0,46 \text{ с}^2/\text{м};$$

$$\frac{1}{j_{a3}} = \frac{1}{2,16} = 0,46 \text{ c}^2/\text{м};$$

$$\frac{1}{j_{a4}} = \frac{1}{1,94} = 0,51 \text{ c}^2/\text{м};$$

$$\frac{1}{j_{a5}} = \frac{1}{1,65} = 0,6 \text{ c}^2/\text{м};$$

$$\frac{1}{j_{a6}} = \frac{1}{1,43} = 0,69 \text{ c}^2/\text{м}.$$

Таблица 3 – Тяговый баланс автомобиля на II передаче

ω_e	83,73	198,86	314	429,13	544,26	598,6
Ne	11,19	28,98	46,22	59,24	64,4	62,6
Me	133,64	145,73	147,19	138,04	118,32	104,57
1-я передача, УкП=2,58; $\delta j = 1,36$	V, м/с	2,16	5,15	8,13	11,11	14,09
	Fк, Н	4694	5119	5170	4848	4156
	Fв, Н	3,65	20,79	51,81	96,77	155,64
	$F_{\psi_v} + F_e$,	167,95	186,69	221,01	270,87	334,74
	D,	0,28	0,31	0,31	0,28	0,24
	ja	1,94	2,16	2,16	1,94	1,65
	1/ja	0,51	0,46	0,46	0,51	0,6
	ψ_v	0,01	0,0101	0,0103	0,0106	0,0109

4.6.3 III передача

Рассчитаем тяговый баланс автомобиля на III передаче выбрав 6 значений в диапазоне $\omega_{\min} \dots \omega_{\max}$. Полученные данные сведем в таблицу 2.4.

Скорость автомобиля находим по формуле (21):

$$V_1 = \frac{83,73 \cdot 0,277}{1,58 \cdot 4,26} = 3,44 \text{ м/с};$$

$$V_3 = \frac{198,86 \cdot 0,277}{1,58 \cdot 4,26} = 8,18 \text{ м/с};$$

$$V_3 = \frac{314 \cdot 0,277}{1,58 \cdot 4,26} = 12,92 \text{ м/с};$$

$$V_4 = \frac{429,13 \cdot 0,277}{1,58 \cdot 4,26} = 17,66 \text{ м/с};$$

$$V_5 = \frac{544,26 \cdot 0,277}{1,58 \cdot 4,26} = 22,39 \text{ м/с};$$

$$V_6 = \frac{598,6 \cdot 0,277}{1,58 \cdot 4,26} = 24,63 \text{ м/с}.$$

Коэффициент учета вращающихся масс находим по формуле (22):

$$\delta_l = 1,05 + 0,05 \cdot 1,58^2 = 1,17.$$

Силу тяги автомобиля находим по формуле (2.19):

$$F_{\kappa 1} = \frac{133,64 \cdot 1,58 \cdot 4,26 \cdot 0,91}{0,277} = 2955 \text{ Н};$$

$$F_{\kappa 2} = \frac{145,73 \cdot 1,58 \cdot 4,26 \cdot 0,91}{0,277} = 3222 \text{ Н};$$

$$F_{\kappa 3} = \frac{147,19 \cdot 1,58 \cdot 4,26 \cdot 0,91}{0,277} = 3254 \text{ Н};$$

$$F_{\kappa 4} = \frac{138,04 \cdot 1,58 \cdot 4,26 \cdot 0,91}{0,277} = 3052 \text{ Н};$$

$$F_{\kappa 5} = \frac{118,32 \cdot 1,58 \cdot 4,26 \cdot 0,91}{0,277} = 2616 \text{ Н};$$

$$F_{\kappa 6} = \frac{104,57 \cdot 1,58 \cdot 4,26 \cdot 0,91}{0,277} = 2312 \text{ Н}.$$

Силу сопротивления воздуха находим по формуле (24):

$$F_{\epsilon 1} = 0,35 \cdot 2,24 \cdot 3,44^2 = 9,27 \text{ Н};$$

$$F_{\epsilon 2} = 0,35 \cdot 2,24 \cdot 8,18^2 = 52,45 \text{ Н};$$

$$F_{\epsilon 3} = 0,35 \cdot 2,24 \cdot 12,92^2 = 130,87 \text{ Н};$$

$$F_{\epsilon 4} = 0,35 \cdot 2,24 \cdot 17,66^2 = 244,51 \text{ Н};$$

$$F_{\epsilon 5} = 0,35 \cdot 2,24 \cdot 22,39^2 = 393,02 \text{ Н};$$

$$F_{\epsilon 6} = 0,35 \cdot 2,24 \cdot 24,63^2 = 475,6 \text{ Н}.$$

Коэффициент сопротивления дороги находим по формуле (25):

$$\psi_{v1} = 0,01 \cdot (1 + 5 \cdot 10^{-4} \cdot 3,44^2) = 0,01;$$

$$\psi_{v2} = 0,01 \cdot (1 + 5 \cdot 10^{-4} \cdot 8,18^2) = 0,0103;$$

$$\psi_{v3} = 0,01 \cdot (1 + 5 \cdot 10^{-4} \cdot 12,92^2) = 0,0108;$$

$$\psi_{v4} = 0,01 \cdot (1 + 5 \cdot 10^{-4} \cdot 17,66^2) = 0,011;$$

$$\psi_{v5} = 0,01 \cdot (1 + 5 \cdot 10^{-4} \cdot 22,39^2) = 0,012;$$

$$\psi_{v6} = 0,01 \cdot (1 + 5 \cdot 10^{-4} \cdot 24,63^2) = 0,013.$$

Силу сцепления колес с дорогой находим по формуле (26):

$$F_{\psi v1} = 16431,75 \cdot 0,01 = 164,3 \text{ H};$$

$$F_{\psi v2} = 16431,75 \cdot 0,0103 = 169,2 \text{ H};$$

$$F_{\psi v3} = 16431,75 \cdot 0,0108 = 177,4 \text{ H};$$

$$F_{\psi v4} = 16431,75 \cdot 0,011 = 180,7 \text{ H};$$

$$F_{\psi v5} = 16431,75 \cdot 0,012 = 197,1 \text{ H};$$

$$F_{\psi v6} = 16431,75 \cdot 0,013 = 213,6 \text{ H};$$

Динамический фактор находим по формуле (27):

$$D_1 = \frac{2955 - 3,65}{16431,75} \cdot 9,27 = 0,17;$$

$$D_2 = \frac{3222 - 52,45}{16431,75} = 0,19;$$

$$D_3 = \frac{3254 - 130,87}{16431,75} = 0,19;$$

$$D_4 = \frac{3052 - 244,51}{16431,75} = 0,17;$$

$$D_5 = \frac{2616 - 393,02}{16431,75} = 0,13;$$

$$D_6 = \frac{2312 - 475,6}{16431,75} = 0,11;$$

Ускорение автомобиля находим по формуле (28):

$$j_{a1} = \frac{0,17 - 0,01}{1,17} \cdot 9,81 = 1,49 \text{ м/с}^2;$$

$$j_{a2} = \frac{0,19 - 0,0103}{1,17} \cdot 9,81 = 1,5 \text{ м/с}^2;$$

$$j_{a3} = \frac{0,19 - 0,0108}{1,17} \cdot 9,81 = 1,5 \text{ м/с}^2;$$

$$j_{a4} = \frac{0,17 - 0,011}{1,17} \cdot 9,81 = 1,33 \text{ м/с}^2;$$

$$j_{a5} = \frac{0,13 - 0,012}{1,17} \cdot 9,81 = 0,98 \text{ м/с}^2;$$

$$j_{a6} = \frac{0,11 - 0,013}{1,17} \cdot 9,81 = 0,81 \text{ м/с}^2.$$

Обратное ускорение:

$$\frac{1}{j_{a1}} = \frac{1}{1,49} = 0,67 \text{ с}^2/\text{м};$$

$$\frac{1}{j_{a2}} = \frac{1}{1,5} = 0,66 \text{ с}^2/\text{м};$$

$$\frac{1}{j_{a3}} = \frac{1}{1,5} = 0,66 \text{ с}^2/\text{м};$$

$$\frac{1}{j_{a4}} = \frac{1}{1,33} = 0,75 \text{ с}^2/\text{м};$$

$$\frac{1}{j_{a5}} = \frac{1}{0,98} = 1,02 \text{ с}^2/\text{м};$$

$$\frac{1}{j_{a6}} = \frac{1}{0,81} = 1,23 \text{ с}^2/\text{м}.$$

Таблица 4 – Тяговый баланс автомобиля на III передаче

ω_e	83,73	198,86	314	429,13	544,26	598,6	
Ne	11,19	28,98	46,22	59,24	64,4	62,6	
Me	133,64	145,73	147,19	138,04	118,32	104,57	
1-я передача, UкIII=1,58; $\delta j = 1,17$	V, м/с	3,44	8,18	12,92	17,66	22,39	24,63
	Fк, Н	2955	3222	3254	3052	2616	2312
	Fв, Н	9,27	52,45	130,87	244,51	393,02	475,6
	$F_{\psi_v} + F_e$,	173,57	221,65	308,27	425,21	590,12	689,2
	D,	0,17	0,19	0,19	0,17	0,13	0,11
	ja	1,49	1,5	1,5	1,33	0,98	0,81
	1/ja	0,67	0,66	0,66	0,75	1,02	1,23
	ψ_v	0,01	0,0103	0,0108	0,011	0,012	0,013

4.6.4 IV передача

Рассчитаем тяговый баланс автомобиля на IV передаче выбрав 6 значений в диапазоне $\omega_{\min} \dots \omega_{\max}$. Полученные данные сведем в таблицу 5.

Скорость автомобиля находим по формуле (21):

$$V_1 = \frac{83,73 \cdot 0,277}{1 \cdot 4,26} = 5,44 \text{ м/с};$$

$$V_3 = \frac{198,86 \cdot 0,277}{1 \cdot 4,26} = 12,93 \text{ м/с};$$

$$V_3 = \frac{314 \cdot 0,277}{1 \cdot 4,26} = 20,41 \text{ м/с};$$

$$V_4 = \frac{429,13 \cdot 0,277}{1 \cdot 4,26} = 27,9 \text{ м/с};$$

$$V_5 = \frac{544,26 \cdot 0,277}{1 \cdot 4,26} = 35,38 \text{ м/с};$$

$$V_6 = \frac{598,6 \cdot 0,277}{1 \cdot 4,26} = 38,92 \text{ м/с}.$$

Коэффициент учета вращающихся масс находим по формуле (22):

$$\delta_l = 1,05 + 0,05 \cdot 1^2 = 1,1.$$

Силу тяги автомобиля находим по формуле (2.19):

$$F_{\kappa 1} = \frac{133,64 \cdot 1 \cdot 4,26 \cdot 0,91}{0,277} = 1870 \text{ Н};$$

$$F_{\kappa 2} = \frac{145,73 \cdot 1 \cdot 4,26 \cdot 0,91}{0,277} = 2039 \text{ Н};$$

$$F_{\kappa 3} = \frac{147,19 \cdot 1 \cdot 4,26 \cdot 0,91}{0,277} = 2059 \text{ Н};$$

$$F_{\kappa 4} = \frac{138,04 \cdot 1 \cdot 4,26 \cdot 0,91}{0,277} = 1931 \text{ Н};$$

$$F_{\kappa 5} = \frac{118,32 \cdot 1 \cdot 4,26 \cdot 0,91}{0,277} = 1655 \text{ Н};$$

$$F_{\kappa 6} = \frac{104,57 \cdot 1 \cdot 4,26 \cdot 0,91}{0,277} = 1463 \text{ Н}.$$

Силу сопротивления воздуха находим по формуле (24):

$$F_{\epsilon 1} = 0,35 \cdot 2,24 \cdot 5,44^2 = 23,2 \text{ Н};$$

$$F_{\epsilon 2} = 0,35 \cdot 2,24 \cdot 12,93^2 = 131 \text{ Н};$$

$$F_{\epsilon 3} = 0,35 \cdot 2,24 \cdot 20,41^2 = 326,5 \text{ Н};$$

$$F_{\epsilon 4} = 0,35 \cdot 2,24 \cdot 27,9^2 = 610 \text{ Н};$$

$$F_{\epsilon 5} = 0,35 \cdot 2,24 \cdot 35,38^2 = 981 \text{ Н};$$

$$F_{\sigma 6} = 0,35 \cdot 2,24 \cdot 38,92^2 = 1187 \text{ H.}$$

Коэффициент сопротивления дороги находим по формуле (25):

$$\psi_{v1} = 0,01 \cdot (1 + 5 \cdot 10^{-4} \cdot 5,44^2) = 0,0101;$$

$$\psi_{v2} = 0,01 \cdot (1 + 5 \cdot 10^{-4} \cdot 12,93^2) = 0,0108;$$

$$\psi_{v3} = 0,01 \cdot (1 + 5 \cdot 10^{-4} \cdot 20,41^2) = 0,012;$$

$$\psi_{v4} = 0,01 \cdot (1 + 5 \cdot 10^{-4} \cdot 27,9^2) = 0,013;$$

$$\psi_{v5} = 0,01 \cdot (1 + 5 \cdot 10^{-4} \cdot 35,38^2) = 0,016;$$

$$\psi_{v6} = 0,01 \cdot (1 + 5 \cdot 10^{-4} \cdot 38,92^2) = 0,017.$$

Силу сцепления колес с дорогой находим по формуле (26):

$$F_{\psi v1} = 16431,75 \cdot 0,0101 = 165,9 \text{ H};$$

$$F_{\psi v2} = 16431,75 \cdot 0,0108 = 177,4 \text{ H};$$

$$F_{\psi v3} = 16431,75 \cdot 0,012 = 197,1 \text{ H};$$

$$F_{\psi v4} = 16431,75 \cdot 0,013 = 213,6 \text{ H};$$

$$F_{\psi v5} = 16431,75 \cdot 0,016 = 262,9 \text{ H};$$

$$F_{\psi v6} = 16431,75 \cdot 0,017 = 279,3 \text{ H};$$

Динамический фактор находим по формуле (27):

$$D_1 = \frac{1870 - 23,2}{16431,75} \cdot 9,27 = 0,11;$$

$$D_2 = \frac{2039 - 131}{16431,75} = 0,11;$$

$$D_3 = \frac{2059 - 326,5}{16431,75} = 0,1;$$

$$D_4 = \frac{1931 - 610}{16431,75} = 0,08;$$

$$D_5 = \frac{1655 - 981}{16431,75} = 0,04;$$

$$D_6 = \frac{1463 - 1187}{16431,75} = 0,017;$$

Ускорение автомобиля находим по формуле (28):

$$j_{a1} = \frac{0,11 - 0,0101}{1,1} \cdot 9,81 = 0,89 \text{ м/с}^2;$$

$$j_{a2} = \frac{0,11 - 0,0108}{1,1} \cdot 9,81 = 0,89 \text{ м/с}^2;$$

$$j_{a3} = \frac{0,1 - 0,012}{1,1} \cdot 9,81 = 0,78 \text{ м/с}^2;$$

$$j_{a4} = \frac{0,08 - 0,013}{1,1} \cdot 9,81 = 0,59 \text{ м/с}^2;$$

$$j_{a5} = \frac{0,04 - 0,016}{1,1} \cdot 9,81 = 0,21 \text{ м/с}^2;$$

$$j_{a6} = \frac{0,017 - 0,017}{1,1} \cdot 9,81 = 0 \text{ м/с}^2.$$

Обратное ускорение:

$$\frac{1}{j_{a1}} = \frac{1}{0,89} = 1,12 \text{ с}^2/\text{м};$$

$$\frac{1}{j_{a2}} = \frac{1}{0,89} = 1,12 \text{ с}^2/\text{м};$$

$$\frac{1}{j_{a3}} = \frac{1}{0,78} = 1,28 \text{ с}^2/\text{м};$$

$$\frac{1}{j_{a4}} = \frac{1}{0,59} = 1,69 \text{ с}^2/\text{м};$$

$$\frac{1}{j_{a5}} = \frac{1}{0,21} = 4,76 \text{ с}^2/\text{м};$$

$$\frac{1}{j_{a6}} = \frac{1}{0} = 0 \text{ с}^2/\text{м}.$$

Таблица 5 - Тяговый баланс автомобиля на IV передаче

ω_e	83,73	198,86	314	429,13	544,26	598,6	
Ne	11,19	28,98	46,22	59,24	64,4	62,6	
Me	133,64	145,73	147,19	138,04	118,32	104,57	
передача, UкII=4,0;	V, м/с	5,44	12,93	20,41	27,9	35,38	38,92
	Fк, Н	1870	2039	2059	1931	1655	1463
	Fв, Н	23,2	131	326,5	610	981	1187
	$F_{\psi_v} + F_e$,	189,1	308,4	523,6	823,6	1243,9	1466,3
	D,	0,11	0,11	0,1	0,08	0,04	0,017

Продолжение таблицы 5

	ja	0,89	0,89	0,78	0,59	0,21	0
	1/ja	1,12	1,12	1,28	1,69	4,76	0
	ψ_v	0,0101	0,0108	0,012	0,013	0,016	0,017

4.6.5 V передача

Рассчитаем тяговый баланс автомобиля на V передаче выбрав 6 значений в диапазоне $\omega_{\min} \dots \omega_{\max}$. Полученные данные сведем в таблицу 6.

Скорость автомобиля находим по формуле (21):

$$V_1 = \frac{83,73 \cdot 0,277}{0,8 \cdot 4,26} = 6,08 \text{ м/с};$$

$$V_3 = \frac{198,86 \cdot 0,277}{0,8 \cdot 4,26} = 16,16 \text{ м/с};$$

$$V_3 = \frac{314 \cdot 0,277}{0,8 \cdot 4,26} = 25,52 \text{ м/с};$$

$$V_4 = \frac{429,13 \cdot 0,277}{0,8 \cdot 4,26} = 34,87 \text{ м/с};$$

Коэффициент учета вращающихся масс находим по формуле (22):

$$\delta_l = 1,05 + 0,05 \cdot 0,8^2 = 1,08.$$

Силу тяги автомобиля находим по формуле (2.19):

$$F_{\kappa 1} = \frac{133,64 \cdot 0,8 \cdot 4,26 \cdot 0,91}{0,277} = 1496 \text{ Н};$$

$$F_{\kappa 2} = \frac{145,73 \cdot 0,8 \cdot 4,26 \cdot 0,91}{0,277} = 1631 \text{ Н};$$

$$F_{\kappa 3} = \frac{147,19 \cdot 0,8 \cdot 4,26 \cdot 0,91}{0,277} = 1647 \text{ Н};$$

$$F_{\kappa 4} = \frac{138,04 \cdot 0,8 \cdot 4,26 \cdot 0,91}{0,277} = 1545 \text{ Н};$$

Силу сопротивления воздуха находим по формуле (24):

$$F_{\epsilon 1} = 0,35 \cdot 2,24 \cdot 6,08^2 = 29 \text{ Н};$$

$$F_{\epsilon 2} = 0,35 \cdot 2,24 \cdot 16,16^2 = 204 \text{ Н};$$

$$F_{\epsilon 3} = 0,35 \cdot 2,24 \cdot 25,52^2 = 510 \text{ Н};$$

$$F_{\sigma 4} = 0,35 \cdot 2,24 \cdot 34,87^2 = 953 \text{ H};$$

Коэффициент сопротивления дороги находим по формуле (25):

$$\psi_{v1} = 0,01 \cdot (1 + 5 \cdot 10^{-4} \cdot 6,08^2) = 0,0102;$$

$$\psi_{v2} = 0,01 \cdot (1 + 5 \cdot 10^{-4} \cdot 16,16^2) = 0,011;$$

$$\psi_{v3} = 0,01 \cdot (1 + 5 \cdot 10^{-4} \cdot 25,52^2) = 0,013;$$

$$\psi_{v4} = 0,01 \cdot (1 + 5 \cdot 10^{-4} \cdot 34,87^2) = 0,016;$$

Силу сцепления колес с дорогой находим по формуле (26):

$$F_{\psi v1} = 16431,75 \cdot 0,0102 = 167,6 \text{ H};$$

$$F_{\psi v2} = 16431,75 \cdot 0,011 = 180,7 \text{ H};$$

$$F_{\psi v3} = 16431,75 \cdot 0,013 = 213,6 \text{ H};$$

$$F_{\psi v4} = 16431,75 \cdot 0,016 = 262,9 \text{ H};$$

Динамический фактор находим по формуле (27):

$$D_1 = \frac{1496 - 29}{16431,75} = 0,089;$$

$$D_2 = \frac{1631 - 204}{16431,75} = 0,086;$$

$$D_3 = \frac{1647 - 510}{16431,75} = 0,069;$$

$$D_4 = \frac{1545 - 953}{16431,75} = 0,036;$$

Ускорение автомобиля находим по формуле (28):

$$j_{a1} = \frac{0,089 - 0,0102}{1,08} \cdot 9,81 = 0,71 \text{ м/с}^2;$$

$$j_{a2} = \frac{0,086 - 0,011}{1,08} \cdot 9,81 = 0,68 \text{ м/с}^2;$$

$$j_{a3} = \frac{0,069 - 0,013}{1,08} \cdot 9,81 = 0,5 \text{ м/с}^2;$$

$$j_{a4} = \frac{0,036 - 0,016}{1,08} \cdot 9,81 = 0,18 \text{ м/с}^2;$$

Обратное ускорение:

$$\frac{1}{j_{a1}} = \frac{1}{0,71} = 1,4 \text{ с}^2/\text{м};$$

$$\frac{1}{j_{a2}} = \frac{1}{0,68} = 1,47 \text{ c}^2/\text{м};$$

$$\frac{1}{j_{a3}} = \frac{1}{0,5} = 2 \text{ c}^2/\text{м};$$

$$\frac{1}{j_{a4}} = \frac{1}{0,18} = 5,55 \text{ c}^2/\text{м};$$

Таблица 6 - Тяговый баланс автомобиля на V передаче

ω_e	83,73	198,86	314	429,13	544,26	598,6	
Ne	11,19	28,98	46,22	59,24	64,4	62,6	
Me	133,64	145,73	147,19	138,04	118,32	104,57	
1-я передача, $U_{kv}=0,8; \delta j=1,08$	V, м/с	6,08	16,16	25,52	34,87	-	-
	Fк, Н	1496	1631	1647	1545	-	-
	Fв, Н	29	204	510	953	-	-
	$F_{\psi_v} + F_e$,	196,6	384,7	723,6	1215,9	-	-
	D,	0,089	0,086	0,069	0,036	-	-
	ja	0,71	0,68	0,5	0,18	-	-
	1/ja	1,4	1,47	2	5,55	-	-
	ψ_v	0,0102	0,011	0,013	0,016	-	-

4.7 Время и путь разгона автомобиля

Время и путь разгона определяют графоаналитическим способом. При расчете используем значения из высшей передачи. Полученные данные занесем в таблицу 2.7.

Время разгона автомобиля:

$$t_p = \left(\frac{1}{j_{cp}} \right) \cdot \Delta V, \quad (29)$$

где j_{cp} - среднее значение ускорения автомобиля между двумя участками IV передачи;

ΔV - разница скорости между двумя участками IV передачи;

$$t_{p1} = \left(\frac{1}{j_{a1}} + \frac{1}{j_{a2}} \right) \cdot 0,5 \cdot (V_1 - V_{\min}) = (0,42 + 0,38) \cdot 0,5 \cdot (5,1 - 1,36) = 1,496 \text{ c};$$

$$t_{p2} = \left(\frac{1}{j_{a2}} + \frac{1}{j_{a3}} \right) \cdot 0,5 \cdot (V_2 - V_1) = (0,38 + 0,46) \cdot 0,5 \cdot (8,13 - 5,1) = 1,272 \text{ c};$$

$$t_{p3} = \left(\frac{1}{j_{a3}} + \frac{1}{j_{a4}} \right) \cdot 0,5 \cdot (V_3 - V_2) = (0,46 + 0,69) \cdot 0,5 \cdot (15,5 - 8,13) = 4,23 \text{ c};$$

$$t_{p4} = \left(\frac{1}{j_{a4}} + \frac{1}{j_{a5}} \right) \cdot 0,5 \cdot (V_4 - V_3) = (0,69 + 1,23) \cdot 0,5 \cdot (24,63 - 15,5) = 8,764 \text{ c};$$

$$t_{p5} = \left(\frac{1}{j_{a5}} + \frac{1}{j_{a6}} \right) \cdot 0,5 \cdot (V_5 - V_4) = (1,23 + 3,2) \cdot 0,5 \cdot (32 - 24,63) = 16,324 \text{ c};$$

$$t_{p6} = \left(\frac{1}{j_{a6}} + \frac{1}{j_{a7}} \right) \cdot 0,5 \cdot (V_6 - V_5) = (3,2 + 4,76) \cdot 0,5 \cdot (35,38 - 32) = 13,452 \text{ c};$$

Время разгона от скорости V_{\min} :

$$t_n = \sum_{k=1}^n \Delta t_k, \quad (30)$$

до скорости V_1 : $t'_{p1} = 1,496 \text{ c}$;

до скорости V_2 : $t'_{p2} = t'_{p1} + t_{p2} = 1,496 + 1,272 = 2,768 \text{ c}$;

до скорости V_3 : $t'_{p3} = t'_{p2} + t_{p3} = 2,768 + 4,23 = 6,998 \text{ c}$;

до скорости V_4 : $t'_{p4} = t'_{p3} + t_{p4} = 6,998 + 8,764 = 15,762 \text{ c}$;

до скорости V_5 : $t'_{p5} = t'_{p4} + t_{p5} = 15,762 + 16,324 = 32,086 \text{ c}$;

до скорости V_6 : $t'_{p6} = t'_{p5} + t_{p6} = 32,086 + 13,452 = 45,538 \text{ c}$;

Путь разгона автомобиля:

$$S_p = V_{cp} \cdot t_p, \quad (31)$$

где V_{cp} - средняя скорость между двумя участками IV передачи;

t_p - разница времени разгона автомобиля между двумя участками IV

передачи;

$$S_{p1} = \frac{V_{\min} + V_1}{2} \cdot t_{p1} = \frac{1,36 + 5,1}{2} \cdot 1,496 = 4,832 \text{ м};$$

$$S_{p2} = \frac{V_1 + V_2}{2} \cdot (t_{p2} - t_{p1}) = \frac{5,1 + 8,13}{2} \cdot (2,768 - 1,496) = 8,414 \text{ м};$$

$$S_{p3} = \frac{V_2 + V_3}{2} \cdot (t_{p3} - t_{p2}) = \frac{8,13 + 15,5}{2} \cdot (6,998 - 2,768) = 49,977 \text{ м};$$

$$S_{p4} = \frac{V_3 + V_4}{2} \cdot (t_{p4} - t_{p3}) = \frac{15,5 + 24,63}{2} \cdot (15,762 - 6,998) = 175,849 \text{ м};$$

$$S_{p5} = \frac{V_4 + V_5}{2} \cdot (t_{p5} - t_{p4}) = \frac{24,63 + 32}{2} \cdot (32,086 - 15,762) = 462,214 \text{ м};$$

$$S_{p6} = \frac{V_5 + V_6}{2} \cdot (t_{p6} - t_{p5}) = \frac{32 + 35,38}{2} \cdot (45,538 - 32,086) = 453,197 \text{ м};$$

Путь разгона от скорости V_{\min} :

$$S_n = \sum_{k=1}^n \Delta S_k, \quad (32)$$

до скорости V_1 : $S'_{p1} = 4,832 \text{ м};$

до скорости V_2 : $S'_{p2} = S'_{p1} + S_{p2} = 4,832 + 8,414 = 13,246 \text{ м};$

до скорости V_3 : $S'_{p3} = S'_{p2} + S_{p3} = 13,246 + 49,977 = 63,223 \text{ м};$

до скорости V_4 : $S'_{p4} = S'_{p3} + S_{p4} = 63,223 + 175,849 = 239,072 \text{ м};$

до скорости V_5 : $S'_{p5} = S'_{p4} + S_{p5} = 239,072 + 462,214 = 701,286 \text{ м};$

до скорости V_6 : $S'_{p6} = S'_{p5} + S_{p6} = 701,286 + 453,197 = 1154,483 \text{ м};$

Таблица 7 - Время и путь разгона автомобиля

$V_a, \text{ м/с}$	V_{\min}	V_1	V_2	V_3	V_4	V_5	V_6
$V_a, \text{ м/с}$	1,36	5,1	8,13	15,5	24,63	32	35,38
$\frac{1}{j_a}, \text{ с}^2/\text{м}$	0,42	0,38	0,46	0,69	1,23	3,2	4,76
$t_p, \text{ с}$	0	1,496	2,768	6,998	15,762	32,086	45,538
$S_p, \text{ м}$	0	4,832	13,246	63,223	239,072	701,286	1184,483

4.8 Мощностной баланс автомобиля

Тяговая мощность автомобиля:

$$N_T = N_e \cdot \eta_{TP}, \quad (33)$$

где N_e - эффективная мощность двигателя;

η_{TP} - КПД трансмиссии;

$$N_{T1} = 11,19 \cdot 0,91 = 10,18 \text{ кВт};$$

$$N_{T2} = 28,98 \cdot 0,91 = 26,37 \text{ кВт};$$

$$N_{T3} = 46,22 \cdot 0,91 = 42,06 \text{ кВт};$$

$$N_{T4} = 59,24 \cdot 0,91 = 53,9 \text{ кВт};$$

$$N_{T5} = 64,4 \cdot 0,91 = 58,6 \text{ кВт};$$

$$N_{T6} = 62,6 \cdot 0,91 = 56,96 \text{ кВт};$$

Используемая мощность двигателя на IV передаче:

$$N = \frac{(F_{\psi v} + F_s) \cdot V_a}{\eta_{TP}}, \quad (34)$$

где $F_{\psi v}$ - сила сцепления колес с дорогой;

F_s - сила сопротивления воздуха;

V_a - текущая скорость автомобиля;

η_{TP} - КПД трансмиссии;

$$N_1 = \frac{(165,9 + 23,2) \cdot 5,44}{0,91} = 1,13 \text{ кВт};$$

$$N_2 = \frac{(177,4 + 131) \cdot 12,93}{0,91} = 4,38 \text{ кВт};$$

$$N_3 = \frac{(197,1 + 326,5) \cdot 20,41}{0,91} = 11,81 \text{ кВт};$$

$$N_4 = \frac{(213,6 + 610) \cdot 27,9}{0,91} = 25,25 \text{ кВт};$$

$$N_5 = \frac{(262,9 + 981) \cdot 35,38}{0,91} = 48,36 \text{ кВт};$$

$$N_6 = \frac{(279,3 + 1187) \cdot 38,92}{0,91} = 62,71 \text{ кВт};$$

4.9 Топливо-экономическая характеристика транспортного средства

Путевой расход топлива при пробеге автомобиля 100 км (л):

$$Q_S = \frac{K_\omega \cdot K_H \cdot g_e^{\min} \cdot 1,1 \cdot (F_{\psi} + F_\epsilon)}{36000 \cdot \rho_T \cdot \eta_T}, \quad (35)$$

где K_ω и K_H - коэффициенты, учитывающие соответственно изменения величины g_e в зависимости от угловой скорости и мощности двигателя;

g_e^{\min} - минимальный удельный эффективный расход топлива
 $g_e^{\min} = 300 \frac{\text{г}}{\text{кВт} \cdot \text{ч}};$

ρ_T - плотность топлива, $\rho_T = 0,72 \frac{\text{кг}}{\text{л}};$

Рассчитаем значение коэффициента K_ω :

$$E_1 = \frac{\omega_{e1}}{\omega_N} = \frac{83,73}{544,26} = 0,153 \Rightarrow K_{\omega 1} = 1,13;$$

$$E_2 = \frac{\omega_{e2}}{\omega_N} = \frac{198,86}{544,26} = 0,365 \Rightarrow K_{\omega 2} = 1,02;$$

$$E_3 = \frac{\omega_{e3}}{\omega_N} = \frac{314}{544,26} = 0,576 \Rightarrow K_{\omega 3} = 0,98;$$

$$E_4 = \frac{\omega_{e4}}{\omega_N} = \frac{429,13}{544,26} = 0,788 \Rightarrow K_{\omega 4} = 0,96;$$

$$E_5 = \frac{\omega_{e5}}{\omega_N} = \frac{544,26}{544,26} = 1 \Rightarrow K_{\omega 5} = 1,01;$$

$$E_6 = \frac{\omega_{e6}}{\omega_N} = \frac{598,6}{544,26} = 1,099 \Rightarrow K_{\omega 6} = 1,07;$$

Через степень использования мощности двигателя найдем коэффициент K_H :

$$I = \frac{F_{\psi} + F_{\epsilon}}{F_K}, \quad (36)$$

$$I_1 = \frac{165,9 + 23,2}{1870} = 0,101 \Rightarrow K_{H1} = 2,5;$$

$$I_2 = \frac{177,4 + 131}{2039} = 0,151 \Rightarrow K_{H2} = 2,15;$$

$$I_3 = \frac{197,1 + 326,5}{2059} = 0,254 \Rightarrow K_{H3} = 1,7;$$

$$I_4 = \frac{213,6 + 610}{1931} = 0,426 \Rightarrow K_{H4} = 1,3;$$

$$I_5 = \frac{262,9 + 981}{1655} = 0,751 \Rightarrow K_{H5} = 0,9;$$

$$I_6 = \frac{279,3 + 1187}{1463} = 1,002 \Rightarrow K_{H6} = 1,01;$$

Находим путевой расход топлива:

$$Q_{S1} = \frac{1,13 \cdot 2,5 \cdot 300 \cdot 1,1 \cdot (165,9 + 23,2)}{36000 \cdot 0,72 \cdot 0,91} = 7,47 \text{ л/100км};$$

$$Q_{S2} = \frac{1,02 \cdot 2,15 \cdot 300 \cdot 1,1 \cdot (177,4 + 131)}{36000 \cdot 0,72 \cdot 0,91} = 9,46 \text{ л/100км};$$

$$Q_{S3} = \frac{0,98 \cdot 1,7 \cdot 300 \cdot 1,1 \cdot (197,1 + 326,5)}{36000 \cdot 0,72 \cdot 0,91} = 12,27 \text{ л/100км};$$

$$Q_{S4} = \frac{0,96 \cdot 1,3 \cdot 300 \cdot 1,1 \cdot (213,6 + 610)}{36000 \cdot 0,72 \cdot 0,91} = 14,38 \text{ л/100км};$$

$$Q_{S5} = \frac{1,01 \cdot 0,9 \cdot 300 \cdot 1,1 \cdot (262,9 + 981)}{36000 \cdot 0,72 \cdot 0,91} = 15,81 \text{ л/100км};$$

$$Q_{S6} = \frac{1,07 \cdot 1,01 \cdot 300 \cdot 1,1 \cdot (279,3 + 1187)}{36000 \cdot 0,72 \cdot 0,91} = 22,16 \text{ л/100км};$$

Результаты тягового расчета в виде графиков отображаются в приложении А расчетно-пояснительной записки и выносятся на лист графической части.

5 Безопасность и экологичность объекта дипломного проекта

5.1 Описание условий труда

Задание для выполнения раздела: разработать мероприятия по обеспечению промышленной, экологической безопасности и безопасности при выполнении проектных и испытательных работ.

«Стремление человека защитить себя от негативных последствий своей же разумной деятельности привело к осознанию необходимости создания системы специальных мероприятий, объединенных понятием «безопасность жизнедеятельности».

Безопасность жизнедеятельности - это область знаний о состоянии окружающей среды и о безопасном взаимодействии человека со средой его обитания, при котором вероятность повреждения организма человека в процессе его жизни и деятельности в определенных условиях является минимальной.

Охрана труда - это система законодательных актов, социально-экономических, организационных, технических, гигиенических и лечебно-профилактических мероприятий и средств, обеспечивающих безопасность, сохранение здоровья и работоспособности человека в процессе труда.» [3]

Процесс осуществления разработки стенда был разбит на несколько этапов. Поскольку целью дипломного проекта является разработка устройства стенда, в данном разделе мы рассмотрим обеспечение безопасных условий труда для конструктора, не затрагивая условия труда при непосредственной сборке, испытании, доводке и монтаже самого стенда, поскольку эти работы выходят за компетенции текущего проекта. Спецификация оборудования и оснастки, используемого при проведении конструкторской работы по разработке проекта стенда приводится в таблице 8.

Таблица 8 – Спецификация оборудования и оснастки при выполнении конструкторской работы

Этап	Оборудование, оснащение, ресурсы	Операция
1	Компьютер, сетевой маршрутизатор обеспечения выхода в сеть Интернет, принтер	Поиск аналогов конструкции
2	Компьютер, принтер	Проведение расчетов мощностных и прочностных параметров конструкции
3	Компьютер, специализированная программа САМ-CAD, принтер	Разработка чертежей конструкции по полученным параметрам
4	Компьютер, сетевой маршрутизатор обеспечения выхода в сеть Интернет, принтер	Расчет ТЭО
5	Компьютер, принтер	Отчет
6	Компьютер, сетевой маршрутизатор обеспечения выхода в сеть Интернет, принтер	Передача пакета конструкторской документации для изготовления прототипа

5.2 Идентификация вредных производственных факторов

Вредные физические производственные факторы (на основании информационных данных в соответствии с ГОСТ 12.0.003-74), которые могут возникнуть при выполнении этапов проектирования, представлены в виде таблицы 9.

Таблица 9 – Вредные производственные факторы

Операция	Фактор
1	2
Поиск аналогов конструкции	умственное перенапряжение, перенапряжение анализаторов,
Проведение расчетов мощностных и прочностных параметров конструкции	умственное перенапряжение, перенапряжение анализаторов, повышенный уровень электромагнитных излучений

Продолжение таблицы 9

1	2
Разработка чертежей конструкции по полученным параметрам	умственное перенапряжение, перенапряжение анализаторов, повышенный уровень электромагнитных излучений
Расчет ТЭО	умственное перенапряжение, перенапряжение анализаторов, повышенный уровень электромагнитных излучений
Отчет	умственное перенапряжение, перенапряжение анализаторов, повышенный уровень электромагнитных излучений
Передача пакета конструкторской документации для изготовления прототипа	умственное перенапряжение, перенапряжение анализаторов, повышенный уровень электромагнитных излучений
Непредвиденные работы	

На основании проведенного анализа вредных производственных факторов возникающих в процессе осуществления НИОКР были разработаны мероприятия по обеспечению промышленной, экологической безопасности и безопасности в экстремальных ситуациях при выполнении НИОКР.

Сформулированы санитарно-эпидемиологические и эргономические требования при работе на ПЭВМ на основании правила и нормативов СанПин 2.2.2/2.4.1340-18. от 01.06.2018 г.

Произведена экологическая экспертиза объекта дипломного проектирования

5.3 Общие требования по обеспечению безопасности на предприятии

Общие требования безопасности.

Каждый вновь поступающий на предприятие рабочий и инженер должен пройти вводный инструктаж по правилам техники безопасности,

противопожарной безопасности, и пройти санитарный и медицинский осмотр.

После прохождения вводного инструктажа инженер - конструктор должен получить первичный инструктаж по организации работ и технике безопасности согласно настоящей инструкции у начальника отдела (цеха).

Для инженеров - конструкторов один раз в три года проводится переаттестация по общим правилам техники безопасности и выдачей соответствующего удостоверений.

К испытаниям повышенной опасности на дорогах, сооружениях автополигона, специальных участках и сооружениях автотрека ВАЗа относятся:

«Категория А: испытания, связанные с движением на высокой скорости по криволинейным трассам согласно методикам испытаний (например, управляемость и устойчивость, испытание дисков и ступиц колес и т.п.); испытания тормозов.

Категория Б: форсирование испытания в условиях автомобильных соревнований.

Категория В: испытания, проводимые на скоростях свыше 120 км/ч; определение динамических и экономических показателей; испытание на высоких скоростях по пересеченной местности; испытание опытных шин; испытание опытных узлов и деталей ходовой части, тормозов и рулевого управления, выход которых из строя может привести к аварии; пробеговые испытания на горных дорогах.

Категория Г: испытания на плаву и по преодолению водных преград.»
[6]

Ведущий инженер – конструктор, наравне с водителем - испытателем, несет ответственность за техническое состояние закрепленных за ним автомобилей и их оборудование средствами безопасности.

Ведущий инженер – конструктор обязан постоянно контролировать техническое состояние автомобиля в целом и состояние установленных на

нем опытных деталей, своевременно принимать меры к устранению возникших неисправностей, не допускать выхода на линию технически неисправного автомобиля.

5.4 Требования эргономики при работе за компьютером

При проведении проектирования и конструирования основная нагрузка ложится на инженера-конструктора, существенное время его работы отведено работе с ЭВМ.

«Проектирование рабочих мест, снабженных видеотерминалами, относится к числу важнейших проблем эргономического проектирования в области вычислительной техники. Эргономическими аспектами проектирования видеотерминальных рабочих мест являются: высота рабочей поверхности, размеры пространства для ног, требования к расположению документов на рабочем месте (наличие и размеры подставки для документов, возможность различного размещения документов, расстояние от глаз пользователя до экрана, документа, клавиатуры и т.д.), характеристики рабочего кресла, требования к поверхности рабочего стола, регулируемость рабочего места и его элементов. Утомляемость, работающих за дисплейным терминалом, представляет собой серьезную проблему.» [3]

«Выделяются 8 условий для того, чтобы деятельность на рабочем месте, оснащеном ПЭВМ, осуществлялась без жалоб и без усталости. Эти условия обусловлены санитарно-эпидемиологическими правилами и нормативами СанПин 2.2.2/2.4.1340-03. от 01.06.2003 г.» [14]

Требования к помещениям:

Помещения для эксплуатации ПЭВМ должны иметь естественное и искусственное освещение. Эксплуатация ПЭВМ в помещениях без естественного освещения допускается только при соответствующем обосновании и наличии положительного санитарно-эпидемиологического заключения, выданного в установленном порядке.

Естественное и искусственное освещение должно соответствовать требованиям действующей нормативной документации. Окна в помещениях, где эксплуатируется вычислительная техника, преимущественно должны быть ориентированны на север и северо-восток. Оконные проемы должны быть оборудованы регулируемыми устройствами типа: жалюзи, занавесей, внешних козырьков и др.

Площадь на одно рабочее место пользователей ПЭВМ с ВДТ на базе плоских дискретных экранов (жидкокристаллические, плазменные) – 4,5 м².

Для внутренней отделки интерьера помещений, где расположены ПЭВМ, должны использоваться диффузно-отражающие материалы с коэффициентом отражения для потолка – 0,7 – 0,8; для стен – 0,5 – 0,6; для пола – 0,3 – 0,5.

Помещения, где размещаются рабочие места с ПЭВМ, должны быть оборудованы защитным заземлением в соответствии с техническими требованиями по эксплуатации.

Не следует размещать рабочие места с ПЭВМ вблизи силовых кабелей вводов, высоковольтных трансформаторов, технологического оборудования, создающего помехи в работе ПЭВМ.

Требования к микроклимату:

В производственных помещениях, в которых работа с использованием ПЭВМ является вспомогательной, температура, относительная влажность и скорость движения воздуха на рабочих местах должны соответствовать действующим санитарным нормам микроклимата производственных помещений.

В производственных помещениях, в которых работа с использованием ПЭВМ является основной (диспетчерские, операторские, расчетные, кабины и посты управления, залы вычислительной техники и др.) и связана с нервно-эмоциональным напряжением, должны обеспечиваться оптимальные параметры микроклимата для категории работ 1а и 1б в соответствии с действующими санитарно-эпидемиологическими нормативами

микроклимата производственных помещений. На других рабочих местах следует поддерживать параметры микроклимата на допустимом уровне, соответствующем требованиям указанным выше нормативов.

В помещениях всех типов, где расположены ПЭВМ, должны обеспечиваться оптимальные параметры микроклимата.

В помещениях, оборудованных ПЭВМ, проводится ежедневная влажная уборка и систематическое проветривание после каждого часа работы на ПЭВМ.

Уровни положительных и отрицательных аэроионов в воздухе помещений, где расположены ПЭВМ, должны соответствовать действующим санитарно-эпидемиологическим нормативам.

Содержание вредных химических веществ в воздухе производственных помещений, в которых работа с использованием ПЭВМ является вспомогательной, не должно превышать предельно допустимых концентраций веществ в воздухе рабочей зоны в соответствии с действующими гигиеническими нормативами.

Требования к уровням шума и вибрации:

В производственных помещениях при выполнении основных или вспомогательных работ с использованием ПЭВМ уровни шума на рабочих местах не должны превышать предельно допустимых значений, установленных для данных видов работ в соответствии с действующими санитарно-эпидемиологическими нормативами.

При выполнении работ с использованием ПЭВМ в производственных помещениях уровень вибрации не должен превышать допустимых значений вибрации для рабочих мест (категория 3, тип «в») в соответствии с действующими санитарно-эпидемиологическими нормативами.

Шумящее оборудование (печатающие устройства, серверы и т.п.), уровни шума которого превышают нормативные, должно размещаться вне помещений с ПЭВМ.

Требования к освещению:

Рабочие столы следует размещать таким образом, чтобы видео терминалы были ориентированы боковой стороной к световым проемам, чтобы естественный свет падал преимущественно слева.

Искусственное освещение в помещениях для эксплуатации ПЭВМ должно осуществляться системой общего равномерного освещения. В производственных и административно-общественных помещениях, в случаях преимущественной работы с документами, следует применять системы комбинированного освещения (к общему освещению дополнительно устанавливаются светильники местного освещения, предназначенные для освещения зоны расположения документов).

Освещенность на поверхности стола в зоне размещения рабочего документа должна быть 300 – 500 лк. Освещение не должно создавать бликов на поверхности экрана. Освещенность поверхности экрана не должна быть более 300 лк.

Следует ограничивать прямую блескость от источников освещения, при этом яркость светящихся поверхностей (окна, светильники и др.), находящихся в поле зрения, должна быть не более 200 кд/м².

Следует ограничивать отраженную блескость на рабочих поверхностях (экран, стол, клавиатура и др.) за счет правильного выбора типов светильников и расположения рабочих мест по отношению к источникам естественного и искусственного освещения, при этом яркость бликов на экране ПЭВМ не должна превышать 40 кд/м² и яркость потолка не должна превышать 200 кд/м².

Показатель ослепленности для источников общего искусственного освещения в производственных помещениях должен быть не более 20.

Яркость светильников общего освещения в зоне углов излучения от 50 до 90 градусов с вертикалью в продольной и поперечной плоскостях должна составлять не более 200 кд/м², защитный угол светильников должен быть не менее 40 градусов.

Светильники местного освещения должны иметь не просвечивающий отражатель с защитным углом не менее 40 градусов.

Следует ограничивать неравномерность распределения яркости в поле зрения пользователя ПЭВМ, при этом соотношение яркости между рабочими поверхностями не должно превышать 3:1 – 5:1, а между рабочими поверхностями и поверхностями стен и оборудования 10:1.

Общие требования к организации рабочих мест:

При размещении рабочих мест с ПЭВМ расстояние между рабочими столами с видеомониторами (в направлении тыла поверхности одного видеомонитора и экрана другого видеомонитора), должно быть не менее 2,0 м, а расстояние между боковыми поверхностями видеомониторов не менее 1,2 м.

Рабочие места с ПЭВМ в помещениях с источниками вредных производственных факторов должны размещаться в изолированных кабинах с организованным воздухообменом.

Рабочие места с ПЭВМ при выполнении творческой работы, требующей значительного умственного напряжения или высокой концентрации внимания, рекомендуется изолировать друг от друга перегородками 1,5 – 2,0 м.

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

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

Конструкция рабочего стула (кресла) должна обеспечивать поддержание рациональной рабочей позы при работе на ПЭВМ, позволять

изменять позу с целью снижения статического напряжения мышц шейно-плечевой области и спины для предупреждения развития утомления. Тип рабочего стула (кресла) следует выбирать с учетом роста пользователя, характера и продолжительности работы с ПЭВМ.

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

Требования к оборудованию рабочих мест:

Высота рабочей поверхности стола для взрослых пользователей должна регулироваться в пределах 680-800 мм, при отсутствии такой возможности высота стола должна составлять 725мм.

Модульными размерами рабочей поверхности стола для ПЭВМ, на основании которых должны рассчитываться конструктивные размеры, следует считать: ширину 800, 1000, 1200 и 1400 мм; глубину 800 и 1000 мм при нерегулируемой его высоте, равной 725 мм.

Рабочий стол должен иметь пространство для ног высотой не менее 600 мм, шириной – не менее 500 мм, глубиной на уровне колен – не менее 450 мм и на уровне вытянутых ног – не менее 650 мм.

Конструкция рабочего стула должна обеспечивать: ширину и глубину поверхности сиденья не менее 400 мм; поверхность сиденья с закругленным передним краем; регулировку высоты поверхности сиденья в пределах 400 – 550 мм и углам наклона вперед до 15 град., и назад до 5 град.; высоту опорной поверхности спинки 300 +/- 20 мм, ширину – не менее 380 мм и радиус кривизны горизонтальной плоскости – 400 мм; угол наклона спинки в вертикальной плоскости в пределах +/- 30 градусов; регулировку расстояния спинки от переднего края сиденья в пределах 260 – 400 мм; стационарные или съемные подлокотники длиной не менее 250 мм и шириной 50 – 70 мм; регулировка подлокотников по высоте над сиденьем в пределах 230 +/- 30 мм и внутреннего расстояния между подлокотниками в пределах 350 – 500 мм.

Рабочее место пользователя ПЭВМ следует оборудовать подставкой для ног, имеющей ширину не менее 300 мм, глубину не менее 400 мм, регулировку по высоте в пределах до 150 мм и по углу наклона опорной поверхности подставки до 20 градусов. Поверхность подставки должна быть рифленой и иметь по переднему краю бортик высотой 10 мм.

Клавиатуру следует располагать на поверхности стола на расстоянии 100 – 300 мм от края, обращенного к пользователю или на специальной, регулируемой по высоте рабочей поверхности, отделенной от основной столешницы.

5.5 Расчет вентиляции в помещении

Для обеспечения требуемого качества воздушной среды необходима постоянная смена воздуха в помещении.

Вентиляционные установки - устройства, обеспечивающие в помещении такое состояние воздушной среды, при котором человек чувствует себя нормально и микроклимат помещений не оказывает неблагоприятного действия на его здоровье. Общеобменная вентиляция - система, в которой воздухообмен, найденный из условий борьбы с вредностью, осуществляется путем подачи и вытяжки воздуха из всего помещения.

Температура удаляемого воздуха определяется из формулы:

$$t_{yx} = t_{pz} + d (h - 2), \quad (37)$$

где t_{pz} - температура воздуха в рабочей зоне ($t_{pz} = 20$ град);

d - коэффициент нарастания температуры на каждый метр высоты ($d = 1,5$ град/м);

h - высота помещения ($h = 4$ м).

$$t_{yx} = 20 + 1,5 \cdot (4 - 2) = 23 \text{ град.}$$

Тепло от работы оборудования:

$$Q_{\text{обор}} = r \cdot P_{\text{уст}} = 0,15 \cdot 14520 = 2178 \text{ Вт}, \quad (38)$$

где r - доля энергии, переходящей в тепло;

Руст - мощность установки.

Тепло, поступающее от людей:

$$Q_{\text{л}} = n * q = 5 * 90 = 450 \text{ Вт}, \quad (39)$$

, где n - количество человек в зале ($n = 5$);

q - количество тепла, выделяемое человеком ($q = 90 \text{ Вт}$).

Тепло от источников освещения:

$$Q_{\text{осв}} = f * P_{\text{осв}} = 0,4 * 2000 = 800 \text{ Вт}, \quad (40)$$

где $f = 0,4$ для люминесцентных ламп;

$P_{\text{осв}}$ - мощность осветительной установки.

Тепло от солнечной радиации через окна:

$$Q_{\text{рад}} = A * k * S * m = 180 * 3 * 3 * 0,8 = 1296 \text{ Вт}, \quad (41)$$

где A - теплопоступление в помещение с 1 кв.м стекла (127-234 Вт/м);

S - площадь окна ($S = 3 \text{ м}^2$);

m - количество окон ($m = 3$);

k - коэффициент, учитывающий характер остекления ($k = 0,8$).

Поступающее в помещение тепло определяется по формуле:

$$Q_{\text{прих}} = Q_{\text{обор}} + Q_{\text{л}} + Q_{\text{осв}} + Q_{\text{рад}} \quad (42)$$

где $Q_{\text{обор}}$ - тепло от работы оборудования;

$Q_{\text{л}}$ - тепло, поступающее от людей;

$Q_{\text{осв}}$ - тепло от источников освещения;

$Q_{\text{рад}}$ - тепло от солнечной радиации через окна.

$Q_{\text{прих}} = 4724 \text{ Вт}$.

Тепло расходуемое:

$$Q_{\text{расх}} = 0,1 * Q_{\text{прих}} = 472,4 \text{ Вт} \quad (43)$$

Количество избыточного тепла:

$$Q_{\text{изб}} = Q_{\text{прих}} - Q_{\text{расх}}. \quad (44)$$

$$Q_{\text{изб}} = 4251,6 \text{ Вт}.$$

Количество вентиляционного воздуха определяется по формуле:

$$V_{\text{вент}} = 3600 * Q_{\text{изб}} / (C * Q * (t_{\text{ух}} - t_{\text{пр}})) \quad (45)$$

, где $Q_{изб}$ - выделение в помещении явного тепла, Вт;

C - теплоемкость воздуха ($C = 10$ Дж/кг);

Q - удельная плотность воздуха ($Q = 1,3$ кг/м³);

$t_{ух}$ и $t_{пр}$ - температура удаляемого и приточного воздуха, град.

$$V_{вент} = 3600 * 4251,6 / (10 * 1,3 * 2) = 5886,83 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Определяем необходимую кратность воздухообмена:

$$K = V_{вент} / V_{пом} \quad (46)$$

$$\text{, где } V_{пом} = n * S_{чел} * h, \quad (47)$$

где $n = 5$ - число людей в помещении;

$S_{чел}$ - площадь производственного помещения, приходящаяся на 1 человека (по нормам для умственного труда $S_{чел} = 4$ м²);

$H = 4$ м - высота помещения.

$$K = 5886,83 / 140 = 42.$$

Расчетная производительность вентилятора:

$$V_{расч} = 1,1 * V_{вент} = 1,1 * 5886,83 = 6475,5 \text{ м}^3/\text{ч} \quad (48)$$

где 1,1 - коэффициент, учитывающий утечки и подсосы воздуха.

Напор (полное давление), обеспечиваемый вентилятором:

$$H_{в} = v * Q / 2 \quad (49)$$

где $Q = 1,3$ кг/м³ - плотность воздуха,

v - окружная скорость вентилятора; ограничивается предельно допустимым уровнем шума в помещении. $v = 25$ м/с.

$$H_{в} = 25 * 1,3 / 2 = 406 \text{ Па}.$$

Необходимая установочная мощность электродвигателя:

$$N = V_{расч} * H_{в} / (3600 * \eta) \quad (50)$$

, где η - КПД вентилятора = 0,8.

$$N = 6475,5 * 406 / (3600 * 0,8) = 912,87 \text{ Вт}.$$

6 Экономический раздел

6.1 Исходные данные для расчета

В экономическом разделе дипломного проекта рассмотрим себестоимость изготовления стенда испытания смазочных материалов. Поскольку стенд предполагает проведение испытаний жидких смазочных материалов, связанных с подтверждением их характеристик в рамках добровольной сертификации, предполагается оказание подобных услуг, из которых будет извлекаться прибыль. Проведя анализ рынка, было выявлено, что среднерыночная стоимость подобных испытаний составляет 250 000 рублей за один цикл.

При проведении экономических расчетов мы будем ориентироваться на эту стоимость. Стоимость изготовления стенда будет определяться из расчета, приведенного ниже.

6.2 Расчет себестоимости изготовления стенда

Поскольку не предполагается продажа стенда, расчет ведем только для себестоимости его изготовления, т.е. определяем наши затраты при его изготовлении. за основу при выполнении расчетов берем сборочные чертежи и детализировку, полученные на этапе конструкторской разработки.

Как и для любого изделия, требуется рассчитать затраты на сырье и материалы, покупные изделия и сборочные единицы, определить трудовые затраты на изготовление и сборку стенда.

Расчеты материальных затрат конструкции стенда приводятся в таблице 10.

Таблица 10 – Материальные затраты конструкции стенда

Наименование	Единицы	Норма расхода	Цена, руб	Сумма, руб.
1	2	3	4	5
Трубный прокат в ассортименте	кг	120	75,5	9060
Грунтовка	кг	3,5	95	332,5
Краска	кг	3	120	360
Круг катанный, в ассортименте	кг	110	80,0	8800
Листовой металл в асс.	кг	75	78	5850
Резина листовая	кг	0,8	220	176
Литол	кг	1	95	95
Швеллер №10	кг	150	78	11700
Уголок 30х30	кг	50	79,5	3975
Прочие				5000
ИТОГО				45 348,5р.
Транспортно-заготовительные расходы, 3%				1 360,46р.
Возвратные отходы, 1,5%				110,00р.
ВСЕГО				46 818,96р.

Расчеты затрат на покупные изделия и полуфабриката, используемые в конструкции стенда приводятся в таблице 11.

Таблица 11 – Материальные затраты конструкции стенда

Покупные изделия и полуфабрикаты	Количество	Цена, руб.	Сумма, руб.
1	2	3	4
Болты М10х25	40	8,0	320,00
Винты М8	60	6,0	360,00
Выключатель автоматический	4	1 250,00	5 000,00
Гайка М10	40	3,00	120,00
Гидрораспределитель крановый	6	850,00	5 100,00
Двигатель 4А90L26У3 ГОСТ 19523-81	1	14 200,00	14 200,00
Золотник напорный	4	250,00	1 000,00
Ролик в сборе	20	400,00	8 000,00
Кран трехходовой	2	1 450,00	2 900,00

Продолжение таблицы 11

1	2	3	4
Электрокабель, м	20	95,0	1 900,00
Электрооборудование			16 000,00
Рукав высокого давления, дл	16	255,0	4 080,00
Болт фундаментный	6	175,0	1 050,00
Гидростанция	1	32 500,0	32 500,00
Кнопочная станция	1	850,0	850,00
Силоизмерительный датчик 0-1500 кг	1	3 250,0	3 250,00
		ИТОГО	185 830,00
		Транспортно-заготовительные расходы	5 574,90
		ВСЕГО	191 404,90

Расчеты затрат на заработную плату при изготовлении станда, приводятся в таблице 12.

Таблица 12 – Расчет затрат на заработную плату

Операции по изготовлению станда	Рабочий разряд	Трудоемкость, ч/час	Часовая ставка, руб/ч	Тарифная зарплата
Заготовительная	3	12	250,00	3 000,00р.
Гибочная	4	4	285,00	1 140,00р.
Сварочная	5	16	355,00	5 680,00р.
Токарная	5	8	355,00	2 840,00р.
Фрезерная	5	6	355,00	2 130,00р.
Шлифовальная	5	4	355,00	1 420,00р.
Сверлильная	4	4	285,00	1 140,00р.
Слесарная	4	8	285,00	2 280,00р.
Сборочная	5	16	355,00	5 680,00р.
Окрасочная	4	4	285,00	1 140,00р.
Испытательная	6	4	420,00	1 680,00р.
ИТОГО				23 990,00р.
Премияльные доплаты				4 798,00р.
Основная заработная плата				28 788,00р.

Рассчитаем затраты на дополнительную заработную плату:

$$ЗД = Зосн * (Кд - 1), \quad (51)$$

где Кд – коэффициент отчислений на дополнительную заработную плату, Кд = 1,08

$$ЗД = 28\,788 * (1,08 - 1) = 2\,303,04 \text{ руб}$$

Засчитаем затраты на отчисления в фонд социального страхования:

$$СОЦ = (З_0 + ЗД) * К_{соц} \quad (52)$$

где Ксоц – коэффициент отчислений в фонд социального страхования, Ксоц = 30%

$$СОЦ = (28\,788,00 + 2\,303,04) * 0,30 = 9\,327,31 \text{ руб}$$

Определим затраты на содержание и эксплуатацию оборудования:

$$З_{сэоб} = З_0 * (К_{сэоб} - 1) \quad (53)$$

где Ксэоб – коэффициент понесенных затрат, связанных с содержанием и эксплуатацией оборудования, Ксэоб = 2,04

$$З_{сэоб} = 28\,788 * (2,04 - 1) = 29\,939,52 \text{ руб}$$

Произведем расчет общепроизводственных расходов:

$$Р_{общ} = З_0 * (К_{общ} - 1) \quad (54)$$

где Кобщ – коэффициент общепроизводственных расходов, Кобщ = 2,6

$$Р_{общ} = 28\,788 * (2,6 - 1) = 46\,060,80 \text{ руб}$$

Произведем расчет общехозяйственных расходов:

$$Р_{охр} = З_0 * (К_{охр} - 1) \quad (55)$$

где Кохр – коэффициент общехозяйственных расходов, Кохр = 2,5

$$Р_{охр} = 28\,788 * (2,5 - 1) = 43\,182,00 \text{ руб}$$

Расчет себестоимости станда представим в таблице 13.

Таблица 13 – Расчет себестоимости станда

Статьи затрат	Обозначение	Затраты	
		Сумма	%
1	2	3	4
Сырье и материалы	М	46 818,96	11,2%
Покупные изделия и полуфабрикаты	Пи	191 404,90	45,8%
Зарплата основная	Зо	28 788,00	6,9%

Продолжение таблицы 13

1	2	3	4
Зарплата дополнительная	Зд	2 303,04	0,6%
Отчисления на соцстрах	СОЦ	9 327,31	2,2%
Расходы на содержание оборудования	Зсэоб	29 939,52	7,2%
Общепроизводственные расходы	Робщ	46 060,80	11,0%
Общехозяйственные расходы	Рохр	43 182,00	10,3%
Производственная себестоимость	Спр	397 824,53	95,2%
Внепроизводственные расходы	Рвн	19 891,23	4,8%
Полная себестоимость	Сп	417 715,75	100,0%

Произведем расчет эксплуатационных затрат на стенд, исходя из времени одного испытания – 2 часа, полного цикла обследования – 16 часов.

Фонд заработной платы исполнителя, исходя из тарифной ставки 450 рублей, составит:

$$\text{ФЗП} = 450 * 16 * 1,08 * 1,3 = 10\,108,80 \text{ руб}$$

Суммарная мощность электрооборудования стенда составит 5,8 кВт. Исходя из этого, а также приняв стоимость электроэнергии 4,32 руб/кВт-ч, определим затраты на электроэнергию на цикл испытаний.

$$\text{Эн} = 5,8 * 16 * 4,32 * 1,15 = 461,03 \text{ руб}$$

Стоимость затрат на ежегодное ТО принимаем равным 10 000 рублей.

Итого, исходя из плана проведения 25 испытаний в течении года, из которых 3 – коммерческие, затраты составят:

$$\text{Зисп} = (\text{ФЗП} + \text{Эн}) * \text{Пг} + \text{Зто} \quad (56)$$

$$\text{Зисп} = (10\,108,8 + 461,03) * 25 + 10\,000 = 274\,245,75 \text{ руб}$$

Годовая выручка от проведения коммерческих испытаний в год составит:

$$\text{Вг} = 3 * 250\,000 - (3 * 250\,000 * 0,13) = 652\,500 \text{ руб}$$

С учетом себестоимости стенда, затраты в первый год составят:

$$\text{Зат} = 417\,715,75 + 274\,245,75 = 691\,961,5 \text{ руб}$$

Срок окупаемости составит:

$$\text{Ток} = 691\,961,5 / 652\,500 = 1,06 \text{ года}$$

Заключение

В ходе выполнения дипломного проекта была произведена разработка конструкции стенда для испытания коробок передач автомобилей, в соответствии с выданным на разработку заданием.

Разработка и расчет конструкции стенда производилась на основе произведенного поиска аналогов конструкции, как производимых промышленностью, так и существующих в виде патентных образцов, причем за основу был принят именно образец в соответствии с описанием к изобретению, поскольку его конструкция максимально соответствует заданию, но поддержка патента прекращена и он может быть использован.

Был произведен мощностной и прочностной расчет как всей конструкции, так и отдельных узлов. на основе выполненных расчетов были выполнены чертежи ответственных узлов конструкции и скомпонованы сборочные чертежи. Были также выполнены чертежи наиболее ответственных деталей, результаты представлены на листах графической части.

Также на лист графической части была вынесена технологическая карта проведения испытаний коробок передач на разработанном стенде. Поскольку, по заданию на дипломный проект, требуется проведение испытаний коробки передач легкового автомобиля третьего класса, в рамках дипломного проекта был произведен тяговый расчет этого транспортного средства. Результаты работы в виде графиков представлены в приложении пояснительной записки и на листе графической части.

Был выполнен анализ безопасности работы при выполнении конструкторского проекта стенда. Произведен расчет вентиляции в помещении, на основании которого сделан вывод о безопасности производства работ.

Были рассчитаны экономические показатели эффективности проекта. Был определен срок окупаемости, который составил 1,06 года, что ниже нормативного показателя в три года, принятый для технологического оборудования.

На основании всего изложенного, считаем задачи, поставленные в рамках дипломного проекта полностью выполненными.

Список используемых источников

1. Анопченко, В. Г. Практикум по теории движения автомобиля [Электронный ресурс] : учеб. пособие / В. Г. Анопченко. - 2-е изд., перераб. и доп. - Красноярск : Сиб. федер. ун-т, 2013. - 116 с. - ISBN 978-5-7638-2494-0.
2. Богатырев, А. В. Автомобили : учебник / А.В. Богатырев, Ю.К. Есеновский-Лашков, М.Л. Насоновский ; под ред. проф. А.В. Богатырева. – 3-е изд., стереотип. – Москва : ИНФРА-М, 2019. – 655 с. – (Высшее образование: Бакалавриат). – www.dx.doi.org/10.12737/2530. - ISBN 978-5-16-101092-1.
3. Безопасность и экологичность проекта/ Ю.Н. Безбородов [и др.] - Красноярск: Сиб. федер. ун-т, 2015. - 148 с. ISBN 978-5-7638-3176-4.
4. Березина, Е. В. Автомобили: конструкция, теория и расчет: Учебное пособие / Е.В. Березина. - М.: Альфа-М: НИЦ Инфра-М, 2012. - 320 с.: ил.; . - (ПРОФИЛЬ). ISBN 978-5-98281-309-1. - Текст : электронный.
5. Вахламов, В. К. Автомобили: Основы конструкции: учебник для студ. высш. учеб. заведений/ В.К. Вахламов — М.: Издательский центр «Академия», 2008. – 528 с.
6. Ведущие мосты тракторов и автомобилей: Учебное пособие / Кобозев А.К., Швецов И.И., Койчев В.С. - Москва :СтГАУ - "Агрус", 2016. - 64 с.
7. Волков, В.С. Конструкция автомобиля : учеб. пособие / В.С. Волков. - Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2019. - 200 с. - ISBN 978-5-9729-0329-0.
8. Высочкина, Л. И. Автомобили: конструкция, расчет и потребительские свойства [Электронный ресурс] : учебно-методическое пособие по курсовому проектированию / сост. Л.И. Высочкина, М.В. Данилов, В.Х. Малиев и др. - Ставрополь, 2013. - 68 с.
9. Головин, С. Ф. Технический сервис транспортных машин и оборудования [Электронный ресурс] : учеб. пособие / С. Ф. Головин. -

Москва : ИНФРА-М, 2017. - 282 с. - (Высшее образование. Бакалавриат). - ISBN 978-5-16-011135-3

10.Гринцевич, В. И. Техническая эксплуатация автомобилей. Технологические расчеты [Электронный ресурс] : учеб. пособие / В. И. Гринцевич. - Красноярск : Сиб. федер. ун-т, 2011. - 194 с. - ISBN 978-5-7638-2378-3.

11.Карташевич А.Н. «Тракторы и автомобили. Конструкция» / А.Н. Карташевич, А.В. Понталев, А.В. Гордеенко // учебное пособие, Изд-во Инфра-М, 2013 – 313 с.

12.Кибанов, А. Я. Проектирование функциональных взаимосвязей структурных подразделений производственного объединения (предприятия) [Электронный ресурс] / А. Я. Кибанов, Т. А. Родкина. - М. : МИУ им. С. Орджоникидзе, 2016

13.Коханов, В. Н. Безопасность жизнедеятельности : учебник / В.Н. Коханов, В.М. Емельянов, П.А. Некрасов. – М. : ИНФРА-М, 2018. – 400 с. – (Высшее образование: Бакалавриат). – [www.dx.doi.org/ 10.12737/2883](http://www.dx.doi.org/10.12737/2883). - ISBN 978-5-16-100439-5.

14.Корниенко, Евгений. Информационный сайт по безопасности жизнедеятельности [Электронный ресурс] / Е. Корниенко. – Электрон. текстовые дан. – Москва: [б.и.], 2018. – Режим доступа http://www.kornienko-ev.ru/teoria_auto/page233/page276/index.html, свободный

15.Лата, В.Н. Основы моделирования управляемого движения автомобиля : учебное пособие / В.Н. Лата. - Тольятти : ТГУ, 2012. – 60 с. [11] : ил.-Библиогр.: с.10-21.

16.Лукаш, Ю. А. Экономические расчеты в бизнесе [Электронный ресурс] : большое практ. справ. пособие / Ю. А. Лукаш. - Москва : Флинта, 2012. - 210 с. - ISBN 978-5-9765-1369-3.

17.Мигаль, В. Д. Методы технической диагностики автомобилей : учебное пособие / В.Д. Мигаль, В.П. Мигаль. – Москва : ИД «ФОРУМ» :

ИНФРА-М, 2020. – 417 с. – (Высшее образование: Бакалавриат). - ISBN 978-5-16-100107-3.

18. Муравьева, А.М., Яковлев Ю.В. Методические указания к выполнению домашнего задания по винтовым устройствам: Харьков, Харьк. авиац. ин-т, 1981;

19. Набоких, В. А. Испытания автомобиля : учебное пособие / В.А. Набоких. – 2-е изд. – Москва : ФОРУМ : ИНФРА-М, 2020. – 224 с. – (Среднее профессиональное образование). - ISBN 978-5-16-106839-7. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1087951> (дата обращения: 09.06.2020)

20. Огороднов, С.М. Конструкция автомобилей и тракторов : учебник / С.М. Огороднов, Л.Н. Орлов, В.Н. Кравец. - Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2019. - 284 с. - ISBN 978-5-9729-0364-1.

21. Огороднов С.М. «Конструкция автомобилей и тракторов»/ С.М. Огороднов, Л.Н. Орлов, В.Н. Кравец // учебник, Изд-во Инфра Инженерия, 2019 – 284 с

22. Пантелеева, Е. В. Безопасность жизнедеятельности [Электронный ресурс] : учеб. пособие / Е. В. Пантелеева, Д. В. Альжев. – Москва : ФЛИНТА, 2013. – 286 с. - ISBN 978-5-9765-1727-1.

23. Радин, Ю. А. Справочное пособие авторемонтника / Ю. А. Радин, Л. М. Сабуров, Н. И. Малов. - Москва : Транспорт, 2018. - 285 с. : ил. - Библиогр.: с. 277. - Предм. указ.: с. 278-278. - ISBN 5-277-00094-1 : 28-80.

24. Ремонт автомобилей [Электронный ресурс] – Режим доступа <http://automend.ru/>

25. Руководство по ремонту и техническому обслуживанию автомобилей КамАЗ 5320, 5410, 55102, 55111, 53212, 53211, 53213, 43114, 65111, 4326, 54155 – М., 2010. – 286 с.

26. Руктешель, О.С. Выбор параметров и оценка тягово-скоростных и топливно-экономических свойств автомобиля / О.С. Руктешель. – Минск : БНТУ, 2015. – 77 с.

27.Савич, Е. Л. Легковые автомобили : учебник / Е.Л. Савич. – 2-е изд., перераб. и доп. – Минск : Новое знание ; Москва : ИНФРА-М, 2019. – 758 с. : ил. – (Высшее образование: Бакалавриат). - ISBN 978-5-16-104387-5.

28.Савич, Е. Л. Системы безопасности автомобилей : учебное пособие/ Е.Л. Савич, В.В. Капустин. – Минск: Новое знание ; Москва : ИНФРА-М, 2020. – 445 с.: ил. – (Высшее образование: Бакалавриат). - ISBN 978-5-16-104362-2.

29.Сайт торговой компании «Все инструменты» [Электронный ресурс]. – Режим доступа <http://tolyatti.vseinstrumenti.ru>, свободный

30.Сергеенко, В.А. Проверочный расчет зубчатых передач трансмиссии автомобилей / В.А. Сергеенко. – Минск : БНТУ, 2016. – 61 с.

31.Соломатин, Н.С. Испытания узлов, агрегатов и систем автомобиля : учебное пособие / Н.С. Соломатин. – Тольятти : ТГУ, 2013. – 140 с. [1] : ил.- Библиогр: с. 110-112.

32.Стуканов, В. А. Основы теории автомобильных двигателей и автомобиля : учебное пособие / В.А. Стуканов. – Москва : ИД «ФОРУМ» : ИНФРА-М, 2020. – 368 с. – (Среднее профессиональное образование). - ISBN 978-5-16-101654-1.

33.Тарасик, В. П. Теория автомобилей и двигателей : учебное пособие / В.П. Тарасик, М.П. Бренч. – 2-е изд., испр. – Минск : Новое знание ; Москва : ИНФРА-М, 2020. – 448 с. – (Высшее образование: Бакалавриат). - ISBN 978-5-16-101224-6.

34.Техническое обслуживание и ремонт автомобилей: учебник / В. М. Власов [и др.] ; под ред. В. М. Власова. - Гриф МО. - Москва : Academia, 2003. - 477 с. : ил. - (Среднее профессиональное образование). - Библиогр.: с. 473. - Прил.: с. 421-472. - ISBN 5-7595-1150-8 : 191-82.

35.Халтурин Д.В., Испытание автомобилей и тракторов : практикум / Д.В. Халтурин, Н.И. Финченко, А.В. Давыдов - Томск : Изд-во Том. гос. архит.-строит. ун-та, 2017. - 172 с. (Серия "Учебники ТГАСУ") - ISBN 978-5-

93057-791-4 - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL : <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785930577914>

36.Чернова, Е.В. Детали машин : проектирование станочного и промышленного оборудования : учеб. пособие для вузов / Е. В. Чернова. - Москва : Машиностроение, 2011. - 605 с.

37.Щелчкова, Н. Н. Практикум по безопасности жизнедеятельности. Часть II : учебно-практическое пособие / Н.Н. Щелчкова, Д.В. Натарова, Е.А. Романова. – Москва : ИНФРА-М, 2019. – 225 с. - ISBN 978-5-16-108275-1.

38.Catalin, Alexandru. Vlad, Totu, Method for the multi-criteria optimization of car wheel mechanisms / Alexandru, Catalin. Totu, Vlad;. - Ingeniería e Investigación, 2016. – 137s

39.Denton, Tom Automobile Mechanical and Electrical Systems: 2nd Edition / Tom Denton: Routledge, 2017 – 378p. - ISBN 9780415725781

40.Duna, Tariq Yaseen, Graphical user interface (GUI) for design of passenger car system using random road profile / Tariq Yaseen, Duna;. - International Journal of Energy and Environment, 2016. – 97s.

41.G. A. Einicke, Smoothing, Filtering and Prediction: Estimating the Past, Present and Future (2nd ed.), Prime Publishing, 2019

42.Haney, Paul. The racing and high-performance tire / Paul Haney. – TV MOTORSPORT : Springfield, 2003. – 285 p. [2]. – ISBN 0-9646414-2-9.

43.Jan, Ziobro. Analysis of element car body on the example silentblock / Ziobro Jan;. - Advances in Science and Technology Research Journal, 2015. - 37s.

44.Lucian, Roman, Mathematical model and software simulation of system from opel cars / Roman, Lucian;. - Annals of the Oradea University: Fascicle Management and Technological Engineering, 2014. -77s.

45.Milliken, W. F. Race Car Vehicle Dynamics / Premiere Series / R: Society of Automotive Engineers, Том 146 / W. F. Milliken, D. L. Milliken : SAE International, 1995. – 890 p. [8], [9], [10]. – ISBN 1560915269, 9781560915263.

Singh, H. Rewat The Automobile: Textbook for Students of Motor Vehicle Mechanics / H. Rewat Singh: S Chand & Co Ltd, 2004 - 532 p.

Приложение А
Графики тягового расчета

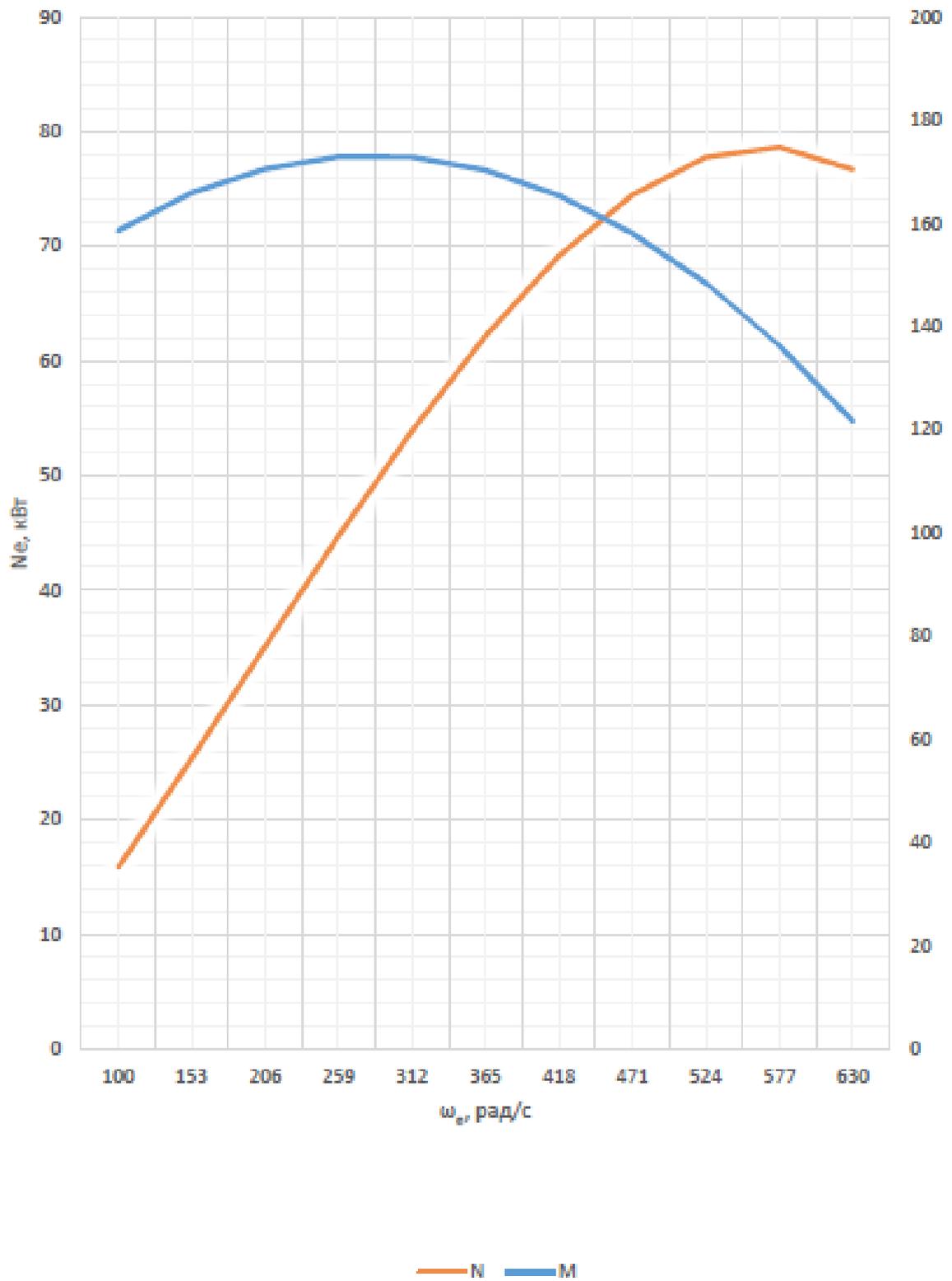


Рисунок А1 – Внешняя скоростная характеристика

Продолжение Приложения А

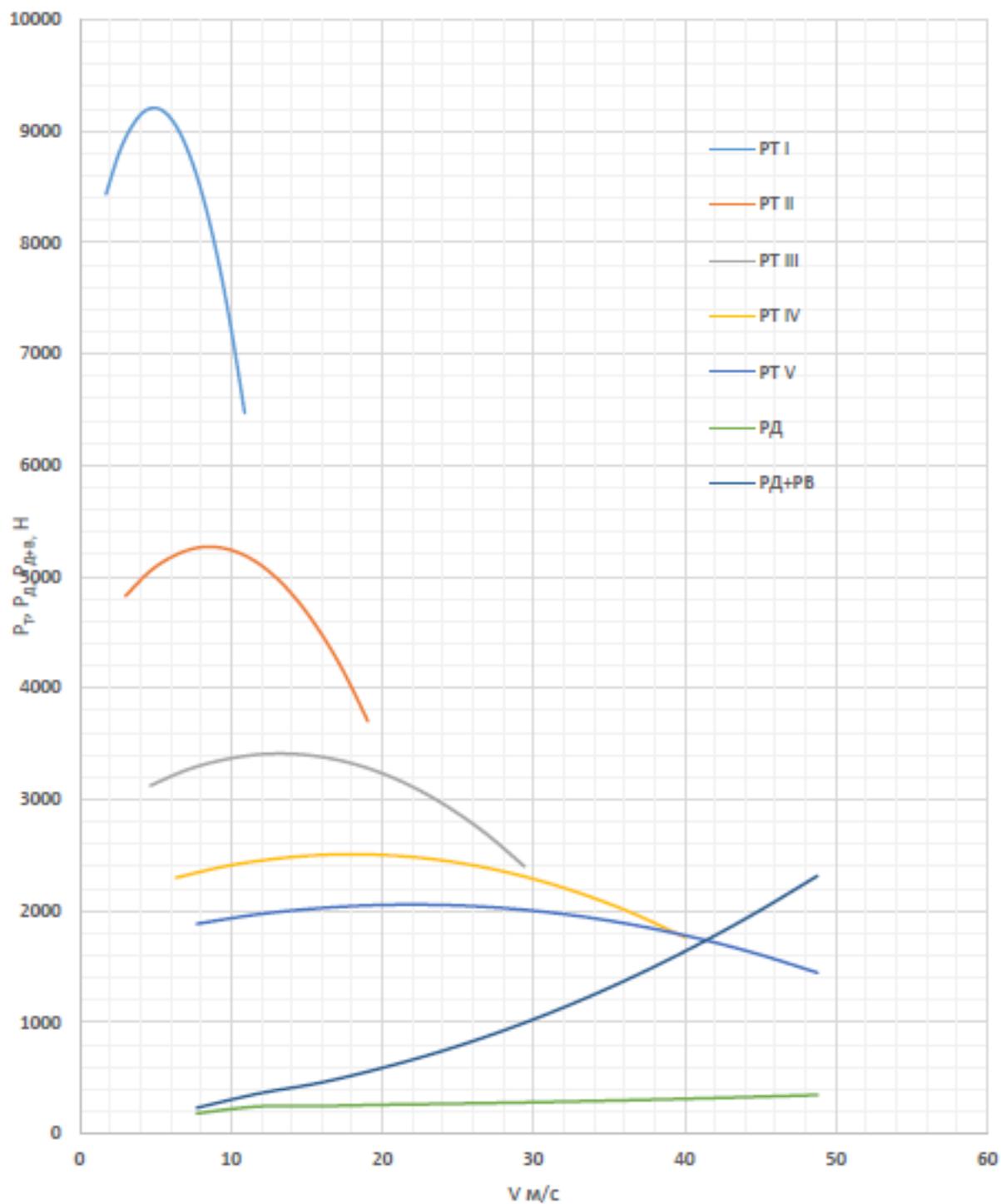


Рисунок А2 – Тяговый баланс автомобиля

Продолжение Приложения А

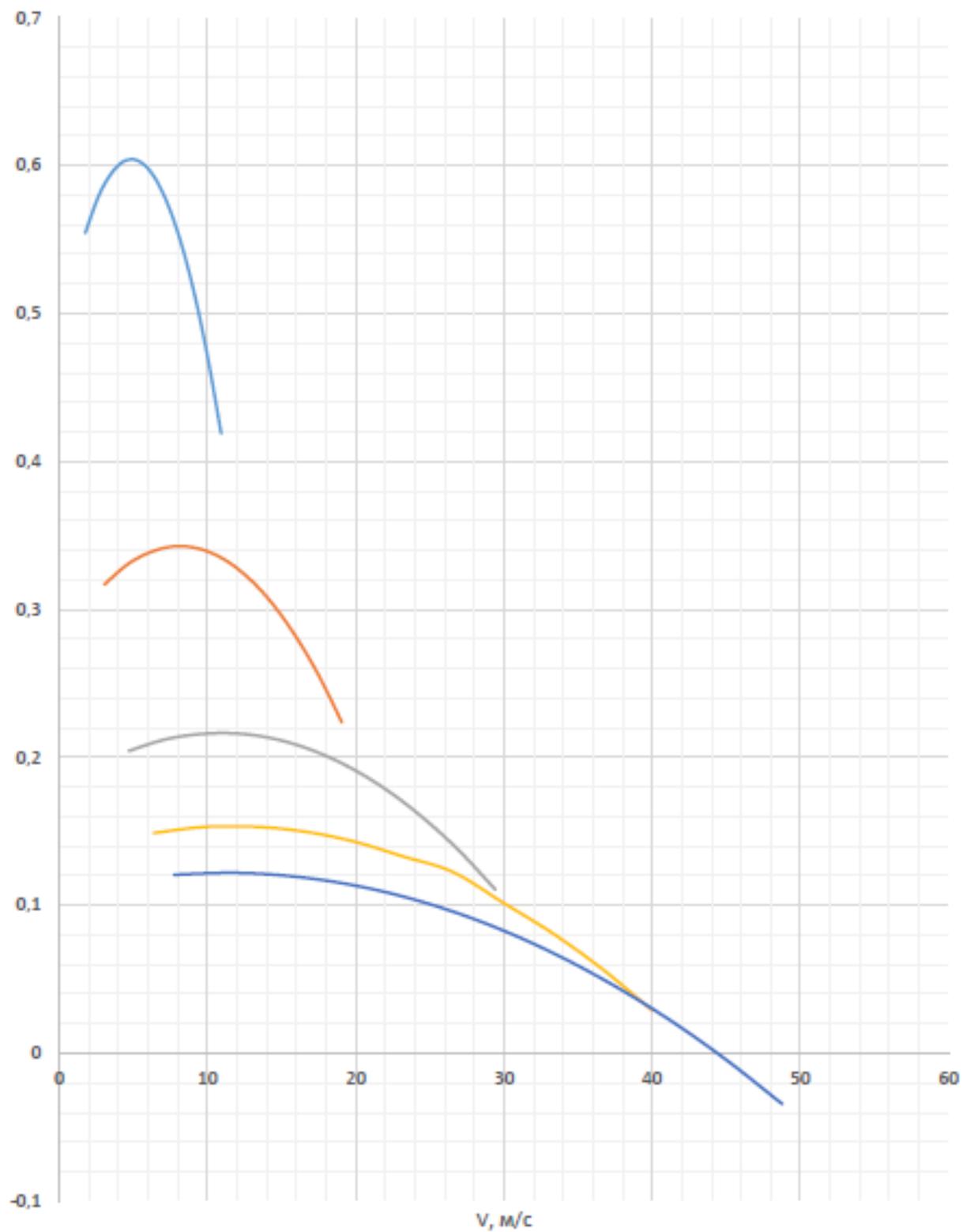


Рисунок А3 – Динамическая характеристика

Продолжение Приложения А

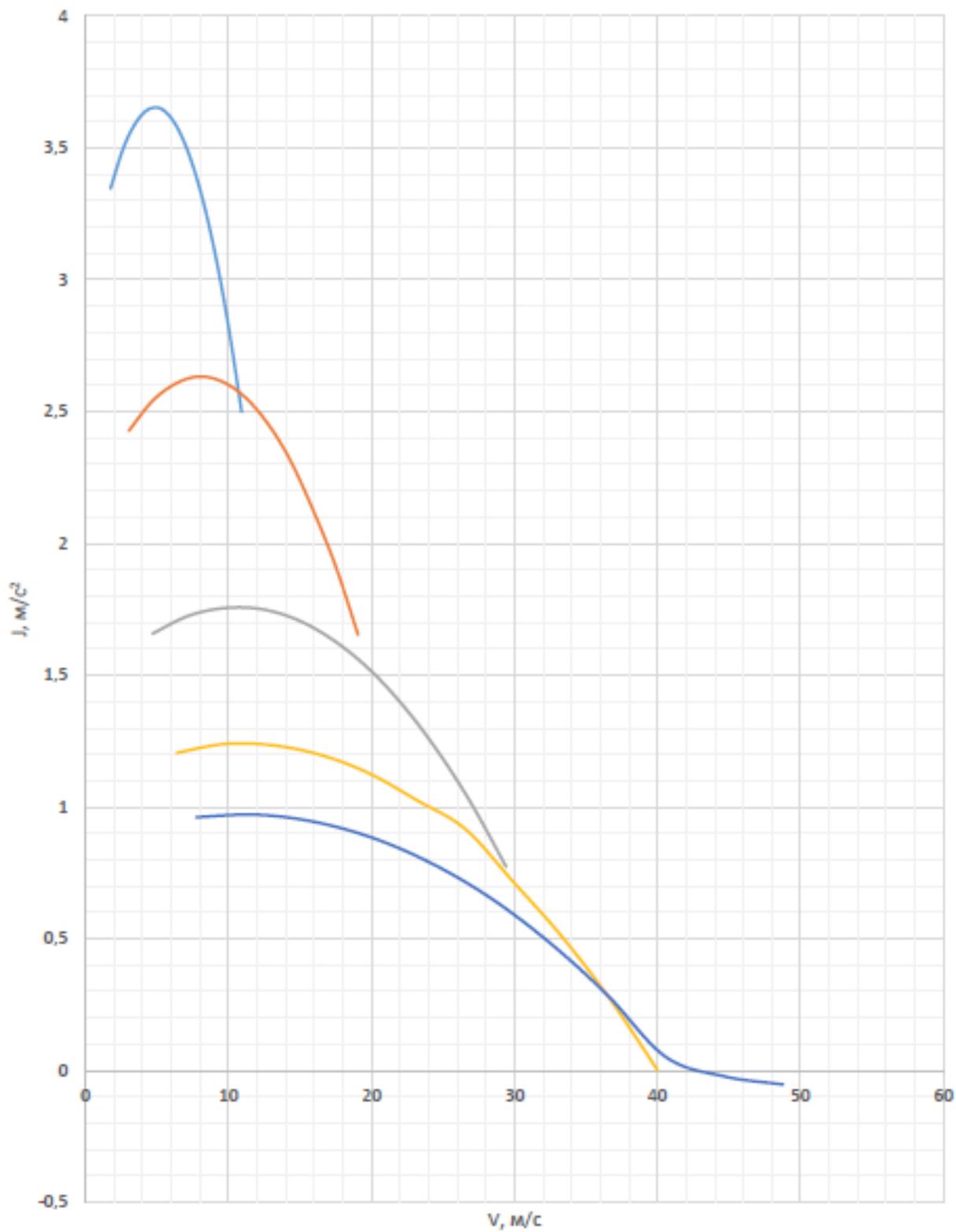


Рисунок А4 – Ускорения автомобиля

Продолжение Приложения А

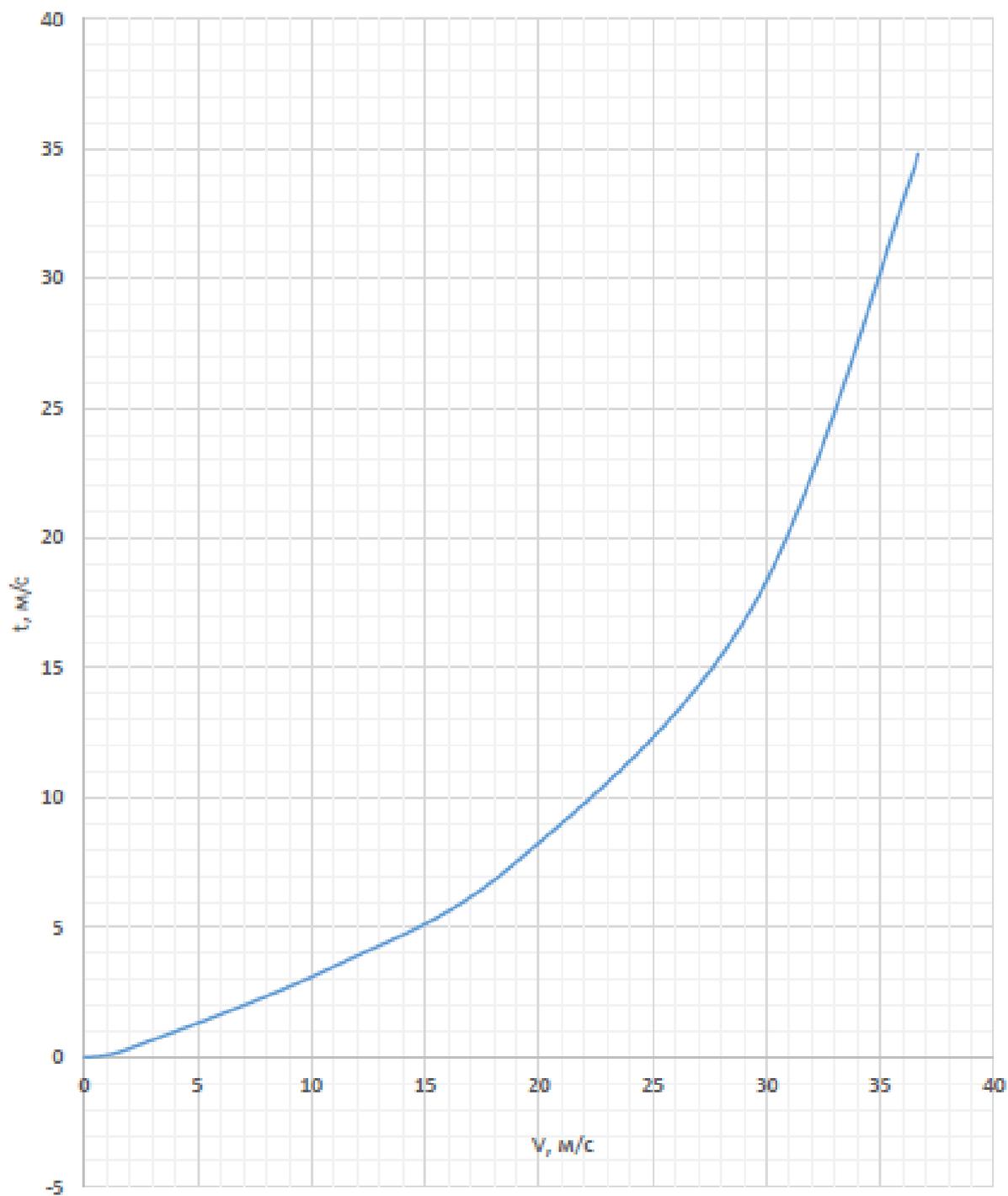


Рисунок А5 – Время разгона автомобиля

Продолжение Приложения А

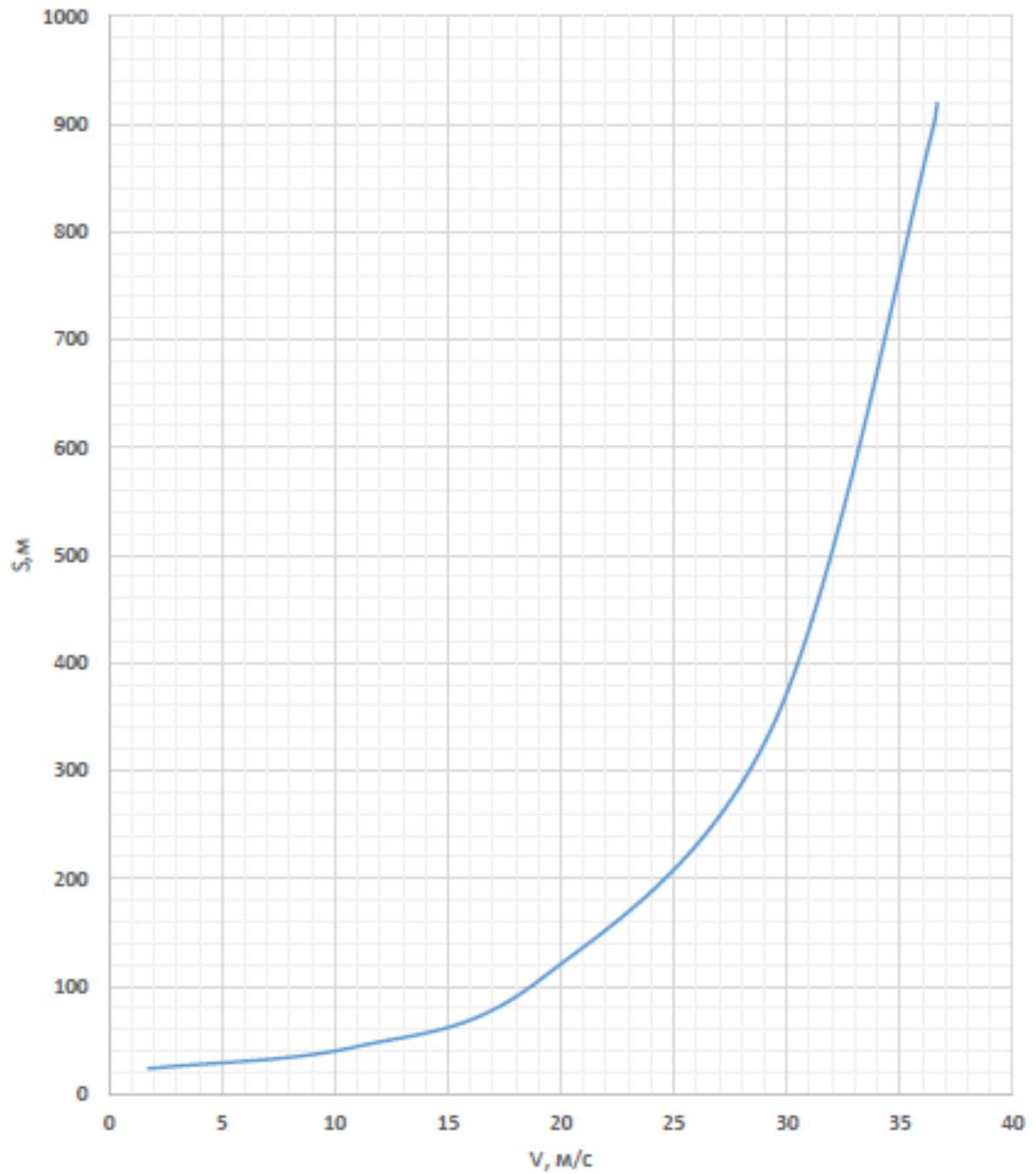


Рисунок А6 – Путь разгона автомобиля

Продолжение Приложения А

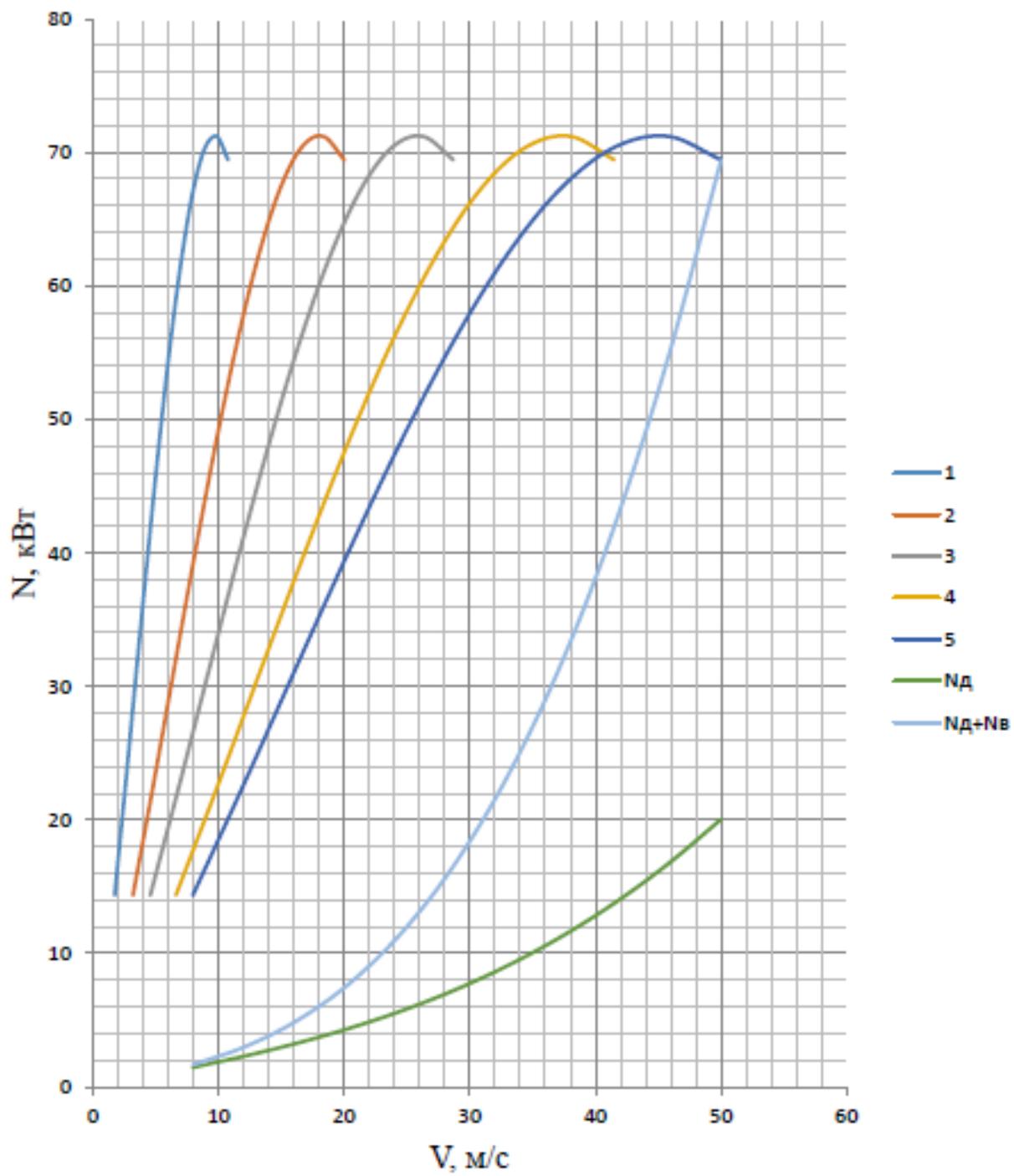


Рисунок А7 – Мощностной баланс

Продолжение Приложения А

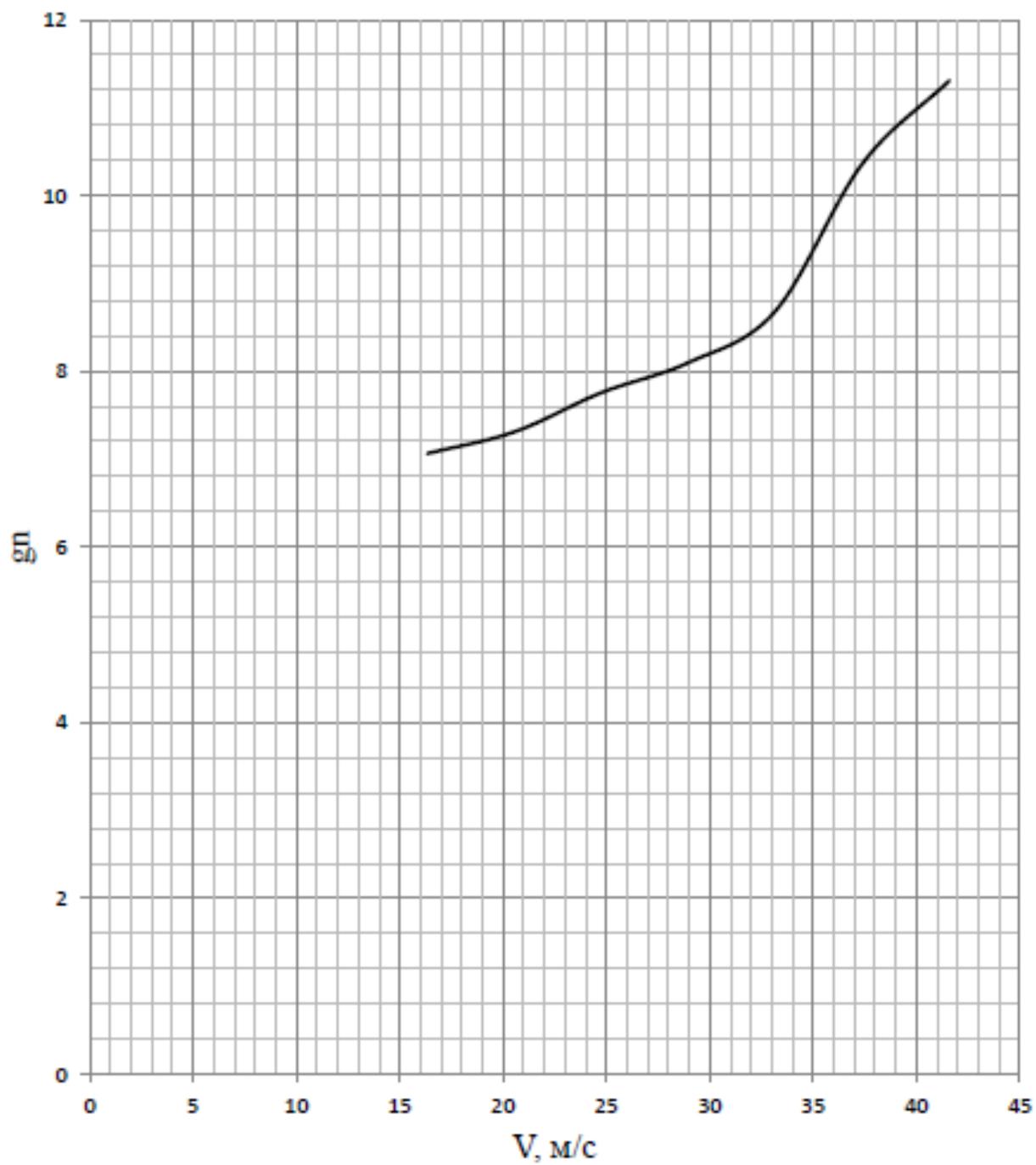


Рисунок А8 – Топливо-экономическая характеристика

Приложение Б
Спецификации

Форма	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание	
				<u>Документация</u>			
A1			21.ДП.ПЭА.133.62 СБ	Сборочный чертеж	2		
				<u>Сборочные единицы</u>			
		1	21.ДП.ПЭА.133.62.01.000	Рама	1		
		2	21.ДП.ПЭА.133.62.02.000	Платформа	1		
		3	21.ДП.ПЭА.133.62.03.000	Упор	2		
		4	21.ДП.ПЭА.133.62.04.000	Стойка	1		
		5	21.ДП.ПЭА.133.62.05.000	Бак	1		
				<u>Детали</u>			
		6	21.ДП.ПЭА.133.62.01.006	Муфта	1		
		7	21.ДП.ПЭА.133.62.01.007	Подушка	2		
		8	21.ДП.ПЭА.133.62.01.008	Винт	1		
		9	21.ДП.ПЭА.133.62.01.009	Пластина нижняя	2		
		10	21.ДП.ПЭА.133.62.01.010	Обод	4		
		11	21.ДП.ПЭА.133.62.01.011	Диск	4		
		12	21.ДП.ПЭА.133.62.01.012	Ступица	2		
		13	21.ДП.ПЭА.133.62.03.013	Конус	2		
		14	21.ДП.ПЭА.133.62.03.014	Корпус упора	2		
		15	21.ДП.ПЭА.133.62.03.015	Втулка распорная	2		
		16	21.ДП.ПЭА.133.62.03.016	Крышка глухая	2		
		17	21.ДП.ПЭА.133.62.03.017	Шайба	2		
		18	21.ДП.ПЭА.133.62.03.018	Ступица	2		
		19	21.ДП.ПЭА.133.62.03.019	Вал привода	2		
		20	21.ДП.ПЭА.133.62.03.020	Концевик вала	2		
				21.ДП.ПЭА.133.62 СБ			
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата			
Разраб.	Морозкин				Лист	Лист	Листов
Проб.	Чумаков				4	1	2
					Стенд обкатки коробок передач		
К. контр.	Чумаков				ТГУ, каф.ПЭА		
Утв.	Бабровский						

