

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 испытательного стенда для лабораторных испытаний
трансмиссионных масел

Студент

М.В. Бахтин

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

канд. техн. наук, доцент М.В. Прокопьев

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

Консультанты

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

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

канд. экон. наук, доцент Сярдова О.М.

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

Тольятти 2021

Аннотация

Выпускная квалификационная работа на тему «Разработка испытательного стенда для лабораторных испытаний трансмиссионных масел» включает в себя разработку испытательного стенда, который может найти свое применение в исследовательских и испытательных лабораториях, относящихся к химической 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 трансмиссионных масел. Был произведен технический расчет стенда, предназначенного для проведения испытаний различных видов трансмиссионных масел, отличающихся по вязкости и ряду других параметров.

Проведен анализ безопасности жизнедеятельности при проведении испытаний трансмиссионных масел.

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 test bench for laboratory testing of gear oils" includes the development of a test bench that can find its application in research and testing laboratories related to the chemical 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 "Ground transport and technological means".

The regulatory and technical base for testing transmission oils was studied. A technical calculation was made for a stand designed to test various types of gear oils, differing in viscosity and a number of other parameters.

The analysis of life safety during testing of transmission oils was carried out.

In the economic part, the cost of R&D was calculated and the feasibility of this project was substantiated

Содержание

Введение	6
1 Теоретические положения по исследованиям смазочных материалов в автомобилестроении	8
1.1 Разновидности смазочных материалов, применяемых в автомобильных узлах	8
1.2 Методики проведения испытаний смазочных материалов	15
1.3 Тесты масел на машинах трения	21
2 Тяговый расчет транспортного средства	27
2.1 Исходные данные	27
2.2 Определение параметров автомобиля	27
2.3 Расчет внешней скоростной характеристики двигателя	28
2.4 Определение передаточного числа главной передачи	31
2.5 Определение передаточных чисел коробки передач	31
2.6 Тяговый баланс автомобиля	32
2.6.1 I передача	32
2.6.2 II передача	37
2.6.3 III передача	40
2.6.4 IV передача	43
2.6.5 V передача	46
2.7 Время и путь разгона автомобиля	49
2.8 Мощностной баланс автомобиля	51
2.9 Топливоно-экономическая характеристика транспортного средства	52
3 Разработка конструкции стенда для лабораторных испытаний смазочных материалов	54
3.1 Техническое задание на стенд для лабораторных испытаний смазочных материалов	54
3.2 Техническое предложение конструкции стенда испытаний смазочных материалов	56

3.3 Расчет конструкции и деталей стенда	65
3.4 Руководство по эксплуатации стенда для лабораторных испытаний смазочных материалов	69
3.5 Критерии оценки испытаний на стенде	74
4 Безопасность и экологичность объекта дипломного проекта	76
4.1 Описание условий труда	76
4.2 Идентификация вредных производственных факторов	77
4.3 Общие требования по обеспечению безопасности на предприятии	78
4.4 Требования эргономики при работе за компьютером	80
4.5 Расчет вентиляции в помещении	86
5 Экономический раздел	89
5.1 Исходные данные для расчета	89
5.2 Расчет себестоимости изготовления стенда	89
Заключение	94
Список используемых источников	96
Приложение А Графики тягового расчета	101
Приложение Б Спецификации	108

Введение

Современный автомобиль представляет собой чрезвычайно сложное техническое транспортное средство. особенностью современного автомобиля является именно его механическое устройство, когда производитель стремится максимально сократить расходы при производстве, используя минимальное количество материалов, облегчая конструкцию и повышая степень форсировки. Естественно, подобный подход порождает необходимость применения смазочных материалов высокого качества, позволяющих обеспечить в этих условиях срок эксплуатации, не меньший, чем агрегатов предыдущего поколения.

«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 разрабатываемого дипломного проекта является «Разработка испытательного стенда для лабораторных испытаний трансмиссионных

масел». В данной работе была произведена разработка стенда для проведения комплексных испытаний смазочных материалов, предназначенных для автомобилей, в соответствии с техническими условиями на проведение работ подобного вида.

Это касается в частности исследовательских лабораторий, занимающихся разработкой смазочных материалов и сред, что сопряжено с необходимостью подбора компонентов смазки, максимально отвечающих целому ряду параметров. При этом время подбора напрямую зависит от скорости и достоверности проведения испытаний.

При проведении работ по испытанию смазочных материалов и сред 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.

Поэтому, объектом разработки в рамках дипломного проекта будет являться испытательный стенд, обеспечивающий контроль качества смазочных материалов надлежащего уровня.

1 Теоретические положения по исследованиям смазочных материалов в автомобилестроении

1.1 Разновидности смазочных материалов, применяемых в автомобильных узлах

Требование к применению горюче-смазочных материалов появилось еще в далекой древности – на момент появления колеса. Чтобы колесо легко двигалось на оси, не издавало посторонние звуки и служило как можно дольше, на тележную ось наносили жир животного или растительное масло.

С течением времени появлялись более совершенные и сложные агрегаты, поэтому требования к эксплуатационным характеристикам смазок постоянно ужесточались. В процессе технического и технологического совершенствования смазочных сред в жировую основу добавлялись различные соединения, например такие как: мыло, углерод в форме графита и прочие компоненты, которые уменьшали коэффициент трения.

Подобные триботехнические составы были достаточно дорогими и обладали низкой температурной стабильностью, меняя свои свойства при колебаниях температуры, что было неприемлемо для большинства механизмов, поскольку, например, при изменении вязкости смазки менялась его текучесть, а значит и свойство оставаться на поверхности деталей. По этой причине, во 50-х годах XIX века, по мере появления на производствах и в цехах станков с высокой скоростью перемещения механизмов, прессового оборудования большой мощности, машин, работающих от энергии пара и т.д., инженеры искали наиболее приемлемые по стоимости компоненты и материалы, обладающие

свойствами обеспечивать смазку деталей при колебаниях температур в широком диапазоне.

«Настоящей революцией в развитии смазок стало использование продуктов нефтепереработки – минеральных масел. Сегодня на их основе создаются смазочные материалы, которые не только эффективно уменьшают силу трения, но и:

- надежно защищают узлы и механизмы от коррозии, очищают их от загрязнений и продуктов износа, предотвращают образование царапин и задиров;

- при механической обработке деталей отводят тепло из рабочей зоны станка, обеспечивают тщательное удаление стружки и абразивных частиц, чем продлевают срок службы инструмента и оборудования, улучшают качество продукции;

- используются в качестве рабочего тела гидравлических приводов и амортизаторов, изолирующей и теплоотводящей среды в масляных трансформаторах;

- герметизируют зазоры в цилиндропоршневых группах, чем повышают КПД поршневых компрессоров, двигателей внутреннего сгорания.» [9]

Горюче-смазочные материалы, применяемые в автомобилестроении разделяют по различным свойствам, а именно:

- по агрегатному состоянию смазочного материала – на материалы с в жидком агрегатном состоянии, консистентные смазочные материалы, твердые смазочные материалы;

- по основе смазочного материала – на минеральной основе, на синтетической основе, на полусинтетической основе, на основе органического происхождения (животного или растительного происхождения);

– по назначению смазочного материала – на материалы индустриального назначения, на гидравлические материалы, на моторные, компрессорные, трансмиссионные смазочные материалы и среды и т.д.

«Основными видами смазочных материалов, используемых в промышленности для обслуживания станков, являются жидкие и консистентные индустриальные смазки на базе минеральных масел.

Спектр автомобильных смазочных материалов гораздо шире (рисунок 1). Кроме того, их дополнительно классифицируют по сезонности использования на летние, зимние и всесезонные.» [9]



Рисунок 1 – Классификация автомобильных смазочных материалов

Стоимость синтетических материалов для автомобилей отличаются по стоимости в 2 – 3 раза в сторону увеличения, по сравнению с минеральными, но при этом, имеют значительно более высокие эксплуатационные характеристики (таблица 1.1). Поэтому при эксплуатации в большей степени именно таким материалам отдается предпочтение.

Таблица 1 – Характеристика синтетических смазочных материалов

Наименование показателей	Нефтяное (минеральное масло)	Синтетические масла			
		Дизфирные	Полиалкен гликолевые	Полисил оксановые	Фтор углеродные
Кинематическая вязкость при 100°С	2,5	3,2	3,2	3,5	-
Индекс вязкости	70	140...150	135...180	270	500
Температура застывания, °С	-40...-73	-43...-63	-53...-63	-63...-100	-3...-23
Температура вспышки, °С	149	232	193	315	-
Температурный предел работоспособности, °С	220	220	260...300	250	400...500
Потери на испарение при 100°С за 22ч, %	8	0,1	0,1	0,1	0,1

Основными характеристиками, определяющими эксплуатационные свойства смазочных материалов жидкой фракции (например, масел и смазочно-охлаждающих жидкостей) являются:

- «маслянистость – способность создавать на контактирующих поверхностях разделительную пленку требуемой прочности;» [9]
- вязкость и плотность – от этих показателей зависит несущая способность смазывающей пленки (их значения необходимо учитывать при нормальной, максимальной и минимальной рабочей температуре);
- индекс вязкости – чем он выше, тем шире температурный диапазон их применения;

- термоокислительная стабильность – устойчивость к окислению при нагреве до максимальных рабочих температур;

- температуры застывания, воспламенения, вспышки – это важно для обеспечения легкости холодного пуска механизмов, пожаро- и взрывобезопасности производства;

- кислотное число – определяет антикоррозионные свойства.

В случае, если масло или смазочная среда применяется как среда охлаждения, необходимо особое внимание обращать на характеристику теплоемкости материала – по мере ее увеличения, также увеличивается эффективность отвода избыточного тепла.

«К основным характеристикам консистентных смазочных материалов относятся:

- вязкость – определяет возможность заправки смазки в узлы и механизмы, холодного пуска машин, потери мощности на трение;

- предел прочности на сдвиг – наименьшая механическая нагрузка, при которой смазка начинает переходить из пластичного состояния в текучее;

- температура каплепадения – минимальная температура, при которой смазка начинает переходить в жидкое состояние (определяется в момент падения первой капли);

- число пенетрации – характеризует степень густоты смазки, от чего напрямую зависят ее вязкость, предел прочности на сдвиг и тиксотропные свойства.» [9]

«Основные требования, предъявляемые к твердым смазочным материалам:

- малый коэффициент трения;

- высокая адгезия к контактирующим поверхностям;

- термическая и термоокислительная устойчивость;

– устойчивость к истиранию (определяется по времени работы пары трения до истирания смазывающего слоя).» [9]

При выборе масел и смазочных материалов, необходимо понимание того, для какой цели и какую функцию в агрегате будет выполнять тот или иной вид смазочного материала. Например, в том случае, если основной задачей будет являться уменьшение коэффициента трения в сравнительно умеренных температурах и при давлении, близком к атмосферному, то основной характеристикой таких материалов будет являться смазывающая способность.

Для масел применяемых в компрессорных механизмах и двигателях внутреннего сгорания, одним из определяющих параметров будет являться комплекс свойств охлаждающих, антикоррозионных, противозадирных и моющих свойств, а также их карбонизационная стойкость при высоких температурах.

При выборе разновидности смазочного материала для автомобильного агрегата и режима его эксплуатации, решение принимается в зависимости от конструкции агрегата и от режимов его работы, таких как предельная нагрузка, скорость и частота вращения, диапазон рабочих температур) автомобильного узла или агрегата. К примеру, пластичные смазки очень хорошо показывают себя при эксплуатации в узлах высоконагруженных механизмов со сравнительно невысокими скоростными характеристиками, а жидкие смазочные материалы – наилучшим образом подходят для смазывания трущихся пар, работающих при малых нагрузках и на высоких скоростных режимах.

Смазочные материалы в виде твердых компонентов применяются в случае невозможности обеспечения подвода к деталям узла жидких или пластических смазочных материалов, а также в случаях, когда узел эксплуатируется в экстремальных температурных условиях или высоких нагрузках, а также в агрессивных средах.

«Назначение и область применения жидких смазочных материалов легко определить по их маркировке. К примеру, промышленные масла согласно ГОСТ17479.4-87 маркируются четырьмя группами знаков, где первая прописная буква (И) обозначает их принадлежность к промышленным смазкам, вторая (Л, Г, Н или Т) – группу по назначению, третья (А, В, С, Д или Е) – подгруппу по эксплуатационным свойствам, а цифры – класс кинематической вязкости. Чтобы узнать, какое из них подойдет для конкретного механизма, следует воспользоваться таблицами 2, 3, 4:» [9]

Таблица 2 – Область назначения смазочных материалов

Группа масла	Рекомендуемая область назначения
Л	Легко нагруженные узлы (шпиндели, подшипники и сопряженные соединения)
Г	Гидравлические системы
Н	Направляющие скольжения
Т	Тяжело нагруженные узлы

Таблица 3 – Область применения смазочных материалов в зависимости от подгруппы

Подгруппа масла	Состав масла	Рекомендуемая область применения
А	Нефтяные масла без присадок	Машины и механизмы промышленного оборудования, условия работы которых не предъявляют особых требований к антиокислительным и антикоррозионным свойствам масел
В	Нефтяные масла с антиокислительными и антикоррозионными присадками	Машины и механизмы промышленного оборудования, условия работы которых предъявляют повышенные требования к антиокислительным и антикоррозионным свойствам масел
С	Нефтяные масла с антиокислительными, антикоррозионными и противоизносными присадками	Машины и механизмы промышленного оборудования, содержащие антифрикционные сплавы металлов, условия работы которых предъявляют повышенные требования к антиокислительным свойствам масел

Продолжение таблицы 3

Д	Нефтяные масла с антиокислительными, антикоррозионными противоизносными и противозадирными присадками	Машины и механизмы промышленного оборудования, содержащие антифрикционные сплавы металлов, условия работы которых предъявляют повышенные требования к антиокислительным, антикоррозионным противоизносным и противозадирным свойствам масел
Е	Нефтяные масла с антиокислительными, антикоррозионными противоизносными, адгезионными, противоскачковыми и противозадирными присадками	Машины и механизмы промышленного оборудования, содержащие антифрикционные сплавы металлов, условия работы которых предъявляют повышенные требования к антиокислительным, антикоррозионным противоизносным, противозадирным, противоскачковым и противозадирным свойствам масел

Таблица 4 – Характеристики вязкости смазочных сред

Класс вязкости	Кинематическая вязкость при температуре 40°C, мм ² /с (сСт)	Класс вязкости	Кинематическая вязкость при температуре 40°C, мм ² /с (сСт)
2	1,9...2,5	68	61,0...75,0
3	3,0...3,5	100	90,0...110,0
5	4,0...5,0	150	135...165
7	6,0...8,0	220	198...242
10	9,0...11,0	320	288...352
15	13,0...17,0	460	414...506
22	19,0...25,0	680	612...748
32	29,0...35,0	1000	900...1100
46	41,0...51,0	1500	1350...1650

Обеспечить корректный выбор смазочного материала в зависимости от условий эксплуатации можно по маркировке в соответствии с ГОСТ 23258-78: первой буквой в маркировке обозначается группа (подгруппа) по назначению смазочных материалов, последующими буквенными символами – вид используемого загустителя. После дроби, где числитель и знаменатель показывают значения наименьшей (без знака «минус») и наибольшей температуры эксплуатации, уменьшенные с кратностью 10 (например,

обозначение «2/8» показывает, что этот вид смазочного материала возможно применять в температурном диапазоне от -20 до +80°C).

По строчным буквам после обозначения дроби становится возможным узнать информацию о виде дисперсионной среды. Заключительные цифры в маркировке –класс консистенции смазочного материала.

1.2 Методики проведения испытаний смазочных материалов

Смазочные материалы и среды, применяемые в современном автомобиле, постоянно меняются по своим свойствам. Связано это с тем, что характеристики узлов постоянно совершенствуются, при этом производитель стремится к постоянной экономии материала, снижению массы деталей и приросту нагрузок, которым подвергается узел. А это означает, что смазка деталей также меняет режимы своей работы. Смазочные материалы работают в условиях, все более нагруженных, а это означает, что сами смазочные материалы должны иметь характеристики, соответствующие более тяжелым условиям работы узла.

Для анализа смазочных материалов существуют две методики анализа масел и смазочных материалов.

«Обе эти методики в корне различны между собой. При производстве смазочных материалов, а также на операциях входного контроля требуется, чтобы показатели качества попадали в заданные, заранее известные пределы, определенные стандартами и техническими условиями. При диагностическом контроле необходимо следить не столько за абсолютными значениями тех или иных показателей качества, сколько за изменением этих величин во времени. Такой подход часто называют анализом трендов. Однако, какую бы идеологию мы не рассматривали, важно правильно выбрать наиболее удобные методы анализа интересующих показателей. К таким показателям относятся вязкость, температура вспышки, содержание присадок, общее кислотное/щелочное число, содержание воды, сажи, общее

содержание ферромагнитных и других частиц износа, нитрование, сульфирование и многие другие.» [9]

«Начнем рассмотрение аналитических методов, используемых при анализе масла, с основного диагностического показателя масла – вязкости. Вязкость любого смазочного масла должна быть достаточной для создания пленки, разделяющей трущиеся поверхности. Ее значение обычно указано в технической документации производителя оборудования, и применяемое масло должно точно соответствовать данным требованиям.» [19]

«Изменение вязкости свидетельствует о деградации или загрязнении масла и является сигналом для принятия неотложных мер. Для определения вязкости в настоящее время используются вискозиметры двух типов:

– вискозиметры истечения, в которых измеряется кинематическая вязкость по скорости свободного течения (времени вытекания). Для этой цели классически применяется стеклянный капиллярный вискозиметр, отличающийся простотой и точностью определения. Также можно встретить использование сосудов с калиброванным отверстием на дне – вискозиметры Энглера, Сейболта и Редвуда;

– ротационные вискозиметры, в которых определяется динамическая вязкость по крутящему моменту с установленной частотой вращения ротора или по частоте вращения ротора при заданном крутящем моменте.

Следует отметить, что в настоящее время наблюдается тенденция к переходу от ручных методов, когда необходима пробоподготовка образца, использование дополнительных реактивов, растворителей, а также наличие хорошо оборудованной лаборатории и специалистов химиков-аналитиков, лаборантов, к полуавтоматическим или даже автоматическим методам, когда от работника требуется только введение пробы масла в прибор. При этом часто желательно, чтобы анализ мог быть выполнен непосредственно на рабочем месте оборудования, т.е. анализирующий прибор должен быть портативным.» [9]

Важным показателем состояния смазочных материалов является показатель содержания твердых частиц. Данный показатель характерен, как правило для масла, находившегося в работе. Основную опасность представляют частицы, чьи размеры имеют величину, сопоставимую с зазором пар трения. В этом случае появляется опасность возникновения абразивного трения в паре. Существует два основных метода контроля содержания твердых частиц – массовый и количественный.

«Определение частиц по массе – классический метод определения содержания механических примесей в масле по ГОСТ 6370–59. Но этот метод длительный и трудоемкий. Кроме того, для мониторинга состояния масел предпочтителен второй способ, дающий информацию не только об общем содержании частиц, но и об их распределении по размерам. Эту информацию можно получить двумя способами: подсчетом частиц в разных диапазонах их размеров под микроскопом, с помощью оптических счетчиков частиц, работающих на различных принципах подсчета. Первый способ самый доступный, но и самый трудоемкий. Для его реализации нужен только измерительный микроскоп, однако время обработки одной пробы измеряется часами.» [9]

«Во втором способе используется принцип затенения света, обычно от лазерного источника. Тень от частицы, попадающей в луч лазера, регистрируется фотодатчиком, и полученный сигнал автоматически пересчитывается в размер частицы. Путем подсчета теней разной протяженности можно легко разнести

проходящие через световой канал частицы по размерам. Этот способ получил наиболее широкое распространение. Счетчики частиц, работающих на этом принципе, выпускают несколько фирм. Результат определения получается за считанные минуты. Недостаток их состоит в возможном получении ложных положительных результатах: за механические частицы могут быть ошибочно приняты пузырьки воздуха, капли воды, а также мягкие лакообразующие частицы, не опасные для трущихся поверхностей, а также в необходимости сильного разбавления темных и очень загрязненных масел.» [9]

«Более современными и лишенными подобных недостатков являются счетчики частиц серии LNF 200, работающие по принципу «лазерной сети». В них тени от частицы, попадающей в луч лазера, регистрируются в виде множества фотографий, которые потом обрабатываются специально разработанной программой, которая позволяет не только определить количество и размер частиц, но и произвести их классификацию на следующие типы: частицы, полученные в результате резания, старения, скольжения, неметаллические частицы и капли воды. Они также идентифицируют пузырьки воздуха и не учитывают их при подсчете. Кроме того, счетчики частиц LNF 230, поставляемые в составе минилабораторий BALTECH OA-5300 и BALTECH OA-5400, позволяют определить другой важный показатель при эксплуатационном контроле –

общее содержание ферромагнитных частиц и их размер. Этот показатель служит количественной характеристикой степени механического износа металлических деталей. Он определяется встроенным в данный счетчик частиц магнитометром и выдается либо в виде концентрации (ppm) ферромагнитных частиц и их размеров.» [19]

«Однако магнитометр дает информацию лишь об общем загрязнении масла/смазки такими намагничиваемыми металлами, как железо и никель. Если необходимо более глубокое понимание процессов изнашивания и загрязнения, происходящих в машине, важно иметь максимально полную информацию об элементном составе пробы масла. Сегодня данную информацию получают с помощью двух основных методов: атомно-эмиссионной спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой (АЭС-ИСП) либо атомно-эмиссионной спектрометрии на вращающемся дисковом электроде (АЭС-ВДЭ). Каждый из этих методов позволяет одновременно определять содержание более 20 химических элементов в пробе.» [9]

«Первый метод более известен в современной аналитической химии и широко используется, например, в экологии для определения металлов в воде. При этом пробу образца распыляют в аргоновую плазму и измеряют интенсивность характеристических полос излучения атомов исследуемых элементов. Недостаток этого метода для анализа

масел – ограничение по размеру твердых частиц в пробе. Слишком крупные частицы (более 3...5 мкм) не до конца сгорают в плазме, и результат определения элементного состава будет занижен. Кроме того, необходима длительная пробоподготовка масла, которая может быть выполнена только в специализированной лаборатории химиком-аналитиком. Второй метод позволяет анализировать пробы масла с частицами размером до 8...10 мкм. В этом методе элементы атомизируются в дуговом разряде на дисковом графитовом электроде, который при вращении увлекает пленку анализируемого масла. Примером подобного прибора может служить элементный анализатор 120С анализирующий масло «как есть», без пробоподготовки и не требующий использования инертных газов и охлаждения. Для его работы необходимо только наличие электричества, поэтому он может использоваться в передвижных мобильных лабораториях.» [9]

«Следует также обратить внимание на такие хорошо известные при анализе масла показатели, как кислотное и щелочное число. Кислотное число (КЧ, TAN) является мерой общего содержания кислых веществ, накапливающихся в масле в процессе его эксплуатации. Щелочное число (ЩЧ, TBN), напротив, – это мера способности масла нейтрализовать попадающие в него кислотные загрязнители и продукты окисления самого масла. Оба эти показателя выражаются в

миллиграммах гидроксида калия на 1 г масла (что иногда вызывает путаницу, так как КЧ определяют титрованием щелочью, а ЩЧ – титрованием кислотой). В процессе эксплуатации масла (в частности, моторного) его КЧ увеличивается, а ЩЧ снижается. Баланс этих показателей служит хорошим критерием остаточного ресурса масла. Классическими методами определения КЧ и ЩЧ являются титрационные методы с использованием стеклянных бюреток или современных полуавтоматических/автоматических титраторов.» [9]

1.3 Тесты масел на машинах трения

Машины трения представляют собой испытательные устройства, которые максимально достоверно имитируют условия работы смазочных материалов. Преимуществом их использования является то, что можно имитировать температурные и силовые нагрузки, которым подвергается пара трения при работе механизма, тем самым, оценив работу смазочной среды. В первую очередь оцениваются трибологические характеристики смазочного материала, а во вторую очередь – способность отводить тепло и удалять продукты износа из зоны трения.

Наибольшее распространение получили машины трения, работающие с эталонными образцами. Одним из образцов

подобного вида техники является испытательная машина испытаний смазочных материалов на трение и износ MM-W1A, рисунок 2.

Принцип работы этой машины типичен для машин подобного вида. Эталонные образцы помещаются в испытываемую смазочную среду, которая предварительно нагревается до рабочей температуры. После этого оператор создает нагрузку на паре трения и производится испытание в течении 60 минут. Результатом испытания является размер пятна износа, образующегося после проведения испытаний.



Рисунок 2 – Машина испытаний смазочных материалов на трение и износ MM-W1A

В качестве индентора в данной испытательной машине выступают шарики из закаленной стали, которые создают нагрузку и формируют пятно износа на эталонном образце.

Широко распространенные сегодня в испытательной практике машины трения используют испытательный контакт «шар – плоскость» (возвратно-поступательное или вращательное движение плоскости), а также «шар – цилиндрическая поверхность» (вращательное движение цилиндра).

Главный недостаток этих конструкций – отсутствие постоянства параметров исследований в течение одного опыта и от опыта к опыту. А ведь постоянство параметров является основой корректного экспериментального исследования.

Этот недостаток связан с тем, что в результате изнашивания тел, образующих зону трения, постоянно увеличивается площадь контакта, на которую приходится нагрузка. Проще говоря, вначале шарик касается пластины или цилиндра в точке, но в процессе опыта эта точка постепенно становится пятном. Так что в течение опыта давление и, соответственно, температура в зоне трения падают. Но при этом в каждый конкретный момент времени их величины неизвестны (измерить их невозможно технически).

Альтернативой контактам «шар – плоскость» и «шар – цилиндр» являются конструкции машин трения с эффективными, малоинерционными системами самоустановки трущихся поверхностей. Они позволяют (при неизбежных «неидеальностях» изготовления деталей, образующих испытательный контакт трения) обеспечивать постоянство формы эпюры давлений – независимо от тепловых и силовых деформаций, а также износа. По этому принципу работают испытательные машины, созданные Институте машиноведения имени А.А. Благоднарова РАН (ИМАШ РАН), рисунок 3.

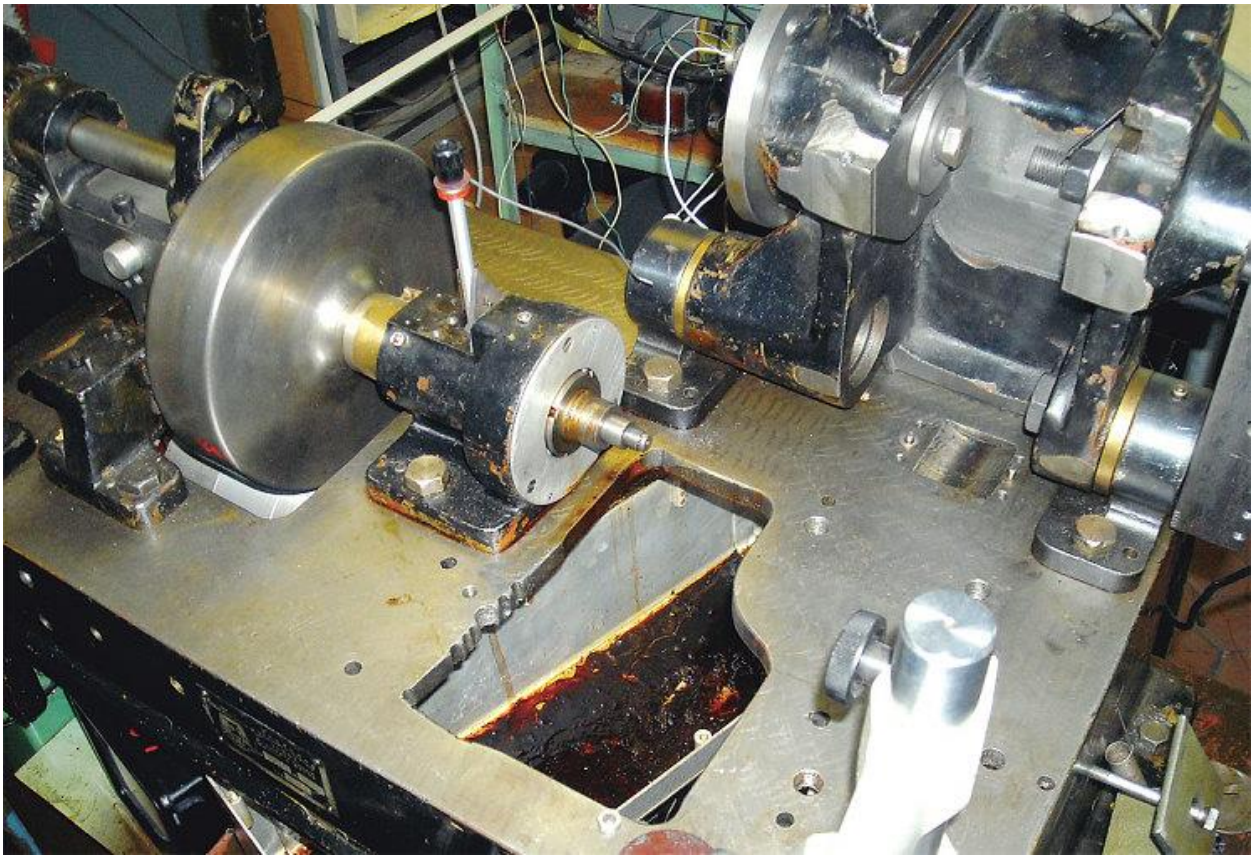


Рисунок 3 – Машина испытаний смазочных материалов Института машиноведения имени А.А. Благонравова РАН (ИМАШ РАН)

Кроме того, в этих машинах, созданных в Институте машиноведения имени А.А. Благонравова РАН (ИМАШ РАН), используется принцип непрерывного измерения износа, существенно повышающий корректность и точность измерений.

Например, проведенные на прецизионных машинах экспериментальные исследования моторных масел класса SAE10W-40 различных фирм, представленных в России, показали значительную разницу в величинах их несущей способности – около 40%. А это может (при ошибке в выборе масла) привести к снижению ресурса двигателя в 2–3 раза.

Для разработки в рамках дипломного проекта наиболее целесообразным будет выбор конструкции стенда, аналогичной тем, которые были спроектированы Институтом машиноведения.

Выводы по разделу. Резюмируя обзор, выполненный в разделе, можно сделать следующие выводы по характеристикам испытаний смазочных материалов.

Во-первых, реальным сроком службы смазочного материала является срок службы вязкостных (загущающих) присадок. У некоторых загущенных масел задолго до срока смены из-за деструкции и других факторов вязкость снижается почти до вязкости базового масла, что и будет являться основной его характеристикой.

Во-вторых, реализуемой толщиной смазочной пленки, которая также напрямую зависит от характеристик загущающих присадок. Однако, стоит отметить, что вязкость смазки является базовой характеристикой, которая зависит от типа механизма и не является исключительным показателем, характеризующим качество смазывающей среды.

В-третьих, максимальной скоростью V4A или V4Б, приводящей к разрушению сплошной смазочной пленки, – Hi, Mild, Low. Данный параметр может быть определен только путем натурных лабораторных испытаний, что подтверждает необходимость создания испытательного стенда.

В результате проведения испытаний масел и смазочных материалов потребитель получит информацию о несущей способности смазочного материала, которая зависит от совокупного влияния температуры, давления, скорости сдвига, теплоемкости, стойкости вязкостных присадок и т.д.

Кроме того, возможно будет узнать, через какое время несущая способность пленки уменьшится на 10, 20 или 50%.

Все эти данные более полно отражают реальную способность смазочного материала предотвращать выход узлов трения из строя.

2 Тяговый расчет транспортного средства

2.1 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 третьего класса, 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 смазочным материалов. Окончательно принимаем следующие характеристики рассчитываемого транспортного средства:

- а) тип: легковой автомобиль;
- б) компоновка: передний привод;
- в) класс автомобиля: 3 (третий);
- 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.

2.2 Определение параметров автомобиля

Полная масса автомобиля находится по формуле:

$$m_a = m_0 + (m_n + m_\sigma) \cdot n_n, \quad (1)$$

где m_0 - снаряженная масса автомобиля;

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

m_b - масса багажа, приходящегося на одного пассажира, $m_b = 10$ 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:

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

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:

$$r_{cm} = 0,5 \cdot d + \lambda_z \cdot H, \quad (3)$$

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:

$$r_{cm} = r_d = r_k, \quad (4)$$

где r_d - динамический радиус колеса, м;

r_k - радиус качения колеса, м;

2.3 Расчет внешней скоростной характеристики двигателя

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

$$N_V = \frac{N_K + N_\epsilon}{1000 \cdot \eta_T} = \frac{m_a \cdot g \cdot \psi_V \cdot V_{\max} + K_\epsilon \cdot A_a \cdot V_{\max}^3}{1000 \cdot \eta_T}, \quad (5)$$

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:

$$\psi_V = f_V = f_K \cdot (1 + 5 \cdot 10^{-4} \cdot V_{\max}^2), \quad (6)$$

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

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:

$$N_e^{\max} = \frac{N_V}{\frac{\omega_V}{\omega_N} + \left(\frac{\omega_V}{\omega_N}\right)^2 - \left(\frac{\omega_V}{\omega_N}\right)^3}, \quad (7)$$

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

$$\omega_N = \frac{\pi \cdot n_N}{30}, \quad (8)$$

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:

$$\omega_v = 1,1 \cdot \omega_N, \quad (9)$$

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

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

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 5:

Таблица 5 - Внешняя скоростная характеристика автомобиля

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

$$N_e = N_e^{\max} \cdot \left[\frac{\omega_e}{\omega_N} + \left(\frac{\omega_e}{\omega_N}\right)^2 - \left(\frac{\omega_e}{\omega_N}\right)^3 \right], \quad (10)$$

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:

$$M_e = 1000 \cdot \frac{N_e}{\omega_e}, \quad (11)$$

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

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

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

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

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

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

2.4 Определение передаточного числа главной передачи

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

$$U_0 = \frac{\omega_{\max} \cdot r_K}{U_K^6 \cdot V_{\max}}, \quad (12)$$

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

$$U_K^6 = U_{K4} = 1,0;$$

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

2.5 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.:

$$\frac{M_{\max} \cdot \eta_T \cdot U_0 \cdot U_1}{r_K} \geq G_a \cdot \psi_{\max} \Rightarrow U_1 \geq \frac{G_a \cdot \psi_{\max} \cdot r_K}{M_{\max} \cdot \eta_T \cdot U_0}, \quad (13)$$

где U_0 - передаточное число главной передачи;

U_1 - передаточное число коробки передач при включенной первой передаче;

ψ_{\max} - коэффициент сопротивления дороги:

$$\psi_{\max} = \alpha_{\max} + f_K, \quad (14)$$

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

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

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

$$\frac{M_{\max} \cdot \eta_T \cdot U_0 \cdot U_1}{r_K} \leq G_{\text{сц}} \cdot \varphi \Rightarrow U_1 \leq \frac{G_{\text{сц}} \cdot \varphi \cdot r_K}{M_{\max} \cdot \eta_T \cdot U_0}, \quad (15)$$

где $G_{\text{сц}}$ - 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 $U_{K1} = 4,0$;

$$\begin{aligned} U_{K2} &= \sqrt[3]{U_{K1}^2} = \sqrt[3]{4^2} = 2,51; \\ U_{K3} &= \sqrt[3]{U_{K1}} = \sqrt[3]{4} = 1,58; \end{aligned} \quad (16)$$

принимаем $U_{K4} = 1,0$;

принимаем $U_{K5} = 0,8$.

2.6 Тяговый баланс автомобиля

2.6.1 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:

$$V = \frac{\omega_e \cdot r_K}{U_K \cdot U_{2n}}, \quad (17)$$

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_{en} - 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:

$$\delta_j = 1,05 + 0,05 \cdot U_{\kappa}^2, \quad (18)$$

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

Сила тяги:

$$F_{\kappa} = \frac{M_e \cdot U_{\kappa} \cdot U_{\text{en}} \cdot \eta_T}{r_g}, \quad (19)$$

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

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

U_{en} - передаточное число главной передачи;

η_T - КПД трансмиссии;

r_k - радиус качения колеса, м;

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

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

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

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

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

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

Сила сопротивления воздуха:

$$F_{\epsilon} = K_{\epsilon} \cdot A_a \cdot V^2, \quad (20)$$

где K_{ϵ} - коэффициент сопротивления воздуха, $K_{\epsilon} = 0,35$;

A_a - лобовая площадь;

V - текущая скорость автомобиля;

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

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

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

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

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

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

Коэффициент сопротивления дороги:

$$\psi_v = f_{\kappa} \cdot (1 + 5 \cdot 10^{-4} \cdot V^2), \quad (21)$$

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:

$$F_{\psi v} = F_a \cdot \psi_v, \quad (22)$$

где F_a - сила тяжести, действующая на колеса автомобиля;

ψ_v - коэффициент сопротивления дороги;

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

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

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

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

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

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

Динамический фактор:

$$D_1 = \frac{F_k - F_g}{F_a}, \quad (23)$$

где F_k - сила тяги;

F_g - 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:

$$j_a = \frac{D - \psi_v}{\delta_j} \cdot g, \quad (24)$$

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 6 - 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
	F _к , Н	7481	8157	8239	7727	6623	5853
	F _в , 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

2.6.2 II передача

Рассчитаем тяговый баланс автомобиля на II передаче выбрав 6 значений в диапазоне $\omega_{\min} \dots \omega_{\max}$. Полученные данные сведем в таблицу 7.

Скорость автомобиля находим по формуле (2.17):

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

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

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

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

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

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

Коэффициент учета вращающихся масс находим по формуле (18):

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

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 (20):

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

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

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

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

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

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

Коэффициент сопротивления дороги находим по формуле (21):

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

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

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

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

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

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

Силу сцепления колес с дорогой находим по формуле (22):

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

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

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

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

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

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

Динамический фактор находим по формуле (23):

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

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

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

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

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

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

Ускорение автомобиля находим по формуле (24):

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

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

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

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

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

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

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 7 – 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, УкII=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

2.6.3 III передача

Рассчитаем тяговый баланс автомобиля на III передаче выбрав 6 значений в диапазоне $\omega_{\min} \dots \omega_{\max}$. Полученные данные сведем в таблицу 8.

Скорость автомобиля находим по формуле (17):

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

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

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

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

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

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

Коэффициент учета вращающихся масс находим по формуле (18):

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

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 (20):

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

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

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

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

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

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

Коэффициент сопротивления дороги находим по формуле (21):

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

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

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

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

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

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

Силу сцепления колес с дорогой находим по формуле (22):

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

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

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

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

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

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

Динамический фактор находим по формуле (23):

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

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

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

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

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

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

Ускорение автомобиля находим по формуле (24):

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

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

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

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

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

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

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 8 – 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

2.6.4 IV передача

Рассчитаем тяговый баланс автомобиля на IV передаче выбрав 6 значений в диапазоне $\omega_{\min} \dots \omega_{\max}$. Полученные данные сведем в таблицу 9.

Скорость автомобиля находим по формуле (17):

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

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

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

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

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

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

Коэффициент учета вращающихся масс находим по формуле (18):

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

Силу тяги автомобиля находим по формуле (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 (20):

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

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

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

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

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

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

Коэффициент сопротивления дороги находим по формуле (21):

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

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

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

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

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

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

Силу сцепления колес с дорогой находим по формуле (22):

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

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

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

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

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

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

Динамический фактор находим по формуле (23):

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

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

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

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

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

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

Ускорение автомобиля находим по формуле (24):

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

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

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

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

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

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 9 - 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	
1-я передача, УкП=4,0; $\delta j = 1,36$	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
	$F_{\psi_v} + F_{\epsilon}$,	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
	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

2.6.5 V передача

Рассчитаем тяговый баланс автомобиля на V передаче выбрав 6 значений в диапазоне $\omega_{\min} \dots \omega_{\max}$. Полученные данные сведем в таблицу 10.

Скорость автомобиля находим по формуле (2.17):

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

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

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

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

Коэффициент учета вращающихся масс находим по формуле (18):

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

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 (20):

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

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

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

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

Коэффициент сопротивления дороги находим по формуле (21):

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

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

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

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

Силу сцепления колес с дорогой находим по формуле (22):

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

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

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

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

Динамический фактор находим по формуле (23):

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

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

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

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

Ускорение автомобиля находим по формуле (24):

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

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

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

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

Обратное ускорение:

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

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

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

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

Таблица 10 - 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 _{кв} =0,8; $\delta j = 1,08$	V, м/с	6,08	16,16	25,52	34,87	-	-
	F _к , Н	1496	1631	1647	1545	-	-
	F _в , Н	29	204	510	953	-	-
	F _{ψ_v} + F _ε ,	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	-	-

2.7 Время и путь разгона автомобиля

Время и путь разгона определяют графоаналитическим способом. При расчете используем значения из высшей передачи. Полученные данные занесем в таблицу 11.

Время разгона автомобиля:

$$t_p = \left(\frac{1}{j_{cp}} \right) \cdot \Delta V, \quad (24)$$

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

ΔV - разница скорости между двумя участками IV передачи;

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

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

$$t_{P3} = \left(\frac{1}{j_{a3}} + \frac{1}{j_{a4}} \right) \cdot 0,5 \cdot (V_3 - V_2) = (0,46 + 0,69) \cdot 0,5 \cdot (15,5 - 8,13) = 4,23 \text{ с};$$

$$t_{P4} = \left(\frac{1}{j_{a4}} + \frac{1}{j_{a5}} \right) \cdot 0,5 \cdot (V_4 - V_3) = (0,69 + 1,23) \cdot 0,5 \cdot (24,63 - 15,5) = 8,764 \text{ с};$$

$$t_{P5} = \left(\frac{1}{j_{a5}} + \frac{1}{j_{a6}} \right) \cdot 0,5 \cdot (V_5 - V_4) = (1,23 + 3,2) \cdot 0,5 \cdot (32 - 24,63) = 16,324 \text{ с};$$

$$t_{P6} = \left(\frac{1}{j_{a6}} + \frac{1}{j_{a7}} \right) \cdot 0,5 \cdot (V_6 - V_5) = (3,2 + 4,76) \cdot 0,5 \cdot (35,38 - 32) = 13,452 \text{ с};$$

Время разгона от скорости V_{\min} :

$$t_n = \sum_{k=1}^n \Delta t_k, \quad (25)$$

до скорости V_1 : $t'_{P1} = 1,496 \text{ с};$

до скорости V_2 : $t'_{P2} = t'_{P1} + t_{P2} = 1,496 + 1,272 = 2,768 \text{ с};$

до скорости V_3 : $t'_{P3} = t'_{P2} + t_{P3} = 2,768 + 4,23 = 6,998 \text{ с};$

до скорости V_4 : $t'_{P4} = t'_{P3} + t_{P4} = 6,998 + 8,764 = 15,762 \text{ с};$

до скорости V_5 : $t'_{P5} = t'_{P4} + t_{P5} = 15,762 + 16,324 = 32,086 \text{ с};$

до скорости V_6 : $t'_{P6} = t'_{P5} + t_{P6} = 32,086 + 13,452 = 45,538 \text{ с};$

Путь разгона автомобиля:

$$S_P = V_{cp} \cdot t_p, \quad (26)$$

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} :

$$S_n = \sum_{k=1}^n \Delta S_k, \quad (27)$$

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 11 - 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

2.8 Мощностной баланс автомобиля

Тяговая мощность автомобиля:

$$N_T = N_e \cdot \eta_{TP}, \quad (28)$$

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:

$$N = \frac{(F_{\psi v} + F_{\epsilon}) \cdot V_a}{\eta_{TP}}, \quad (29)$$

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

F_{ϵ} - сила сопротивления воздуха;

V_a - текущая скорость автомобиля;

η_{TP} - КПД трансмиссии;

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

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

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

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

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

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

2.9 Топливоно-экономическая характеристика транспортного средства

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

$$Q_S = \frac{K_\omega \cdot K_H \cdot g_e^{\min} \cdot 1,1 \cdot (F_{\psi v} + F_\epsilon)}{36000 \cdot \rho_T \cdot \eta_T}, \quad (30)$$

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 :

$$H = \frac{F_{\psi v} + F_\epsilon}{F_K}, \quad (31)$$

$$H_1 = \frac{165,9 + 23,2}{1870} = 0,101 \Rightarrow K_{H1} = 2,5;$$

$$I_2 = \frac{177,4 + 131}{2039} = 0,151 \Rightarrow K_{И2} = 2,15;$$

$$I_3 = \frac{197,1 + 326,5}{2059} = 0,254 \Rightarrow K_{И3} = 1,7;$$

$$I_4 = \frac{213,6 + 610}{1931} = 0,426 \Rightarrow K_{И4} = 1,3;$$

$$I_5 = \frac{262,9 + 981}{1655} = 0,751 \Rightarrow K_{И5} = 0,9;$$

$$I_6 = \frac{279,3 + 1187}{1463} = 1,002 \Rightarrow K_{И6} = 1,01;$$

Находим путевой расход топлива:

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

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

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

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

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

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

Выводы по разделу. В результате произведенного расчета были определены основные тяговые и экономические характеристики транспортного средства. Были рассчитаны передаточные числа трансмиссии, исходя из которых были определены динамические характеристики транспортного средства.

3 Разработка конструкции стенда для лабораторных испытаний смазочных материалов

3.1 Техническое задание на стенд для лабораторных испытаний смазочных материалов

Необходимо разработать конструкцию испытательного стенда, предназначенного для проведения имитационных испытаний смазочных сред. Стенд должен быть способен имитировать неравномерности нагрузок в пятне контакта, максимально приближенные к тем, которые возникают в процессе эксплуатации узлов и агрегатов транспортных средств.

Разрабатываемый стенд относится к устройствам для ресурсных имитационных испытаний, а именно к стендам для контроля и испытания смазочных материалов.

«Устройство предназначается к эксплуатации в закрытых помещениях с твердым половым покрытием (бетонная стяжка, металлическая плитка и т.д.), с температурой воздуха $+8^{\circ}\dots+50^{\circ}\text{C}$. Возможность экспорта не предусматривается.» [9]

«Требуется спроектировать стенд для проведения имитационных испытаний смазочных сред, способный обеспечить распределение нагрузки, соответствующей натурным нагрузкам вдоль контактных линий и расширение диапазона воспроизведения условий образования масляного клина в червячном зацеплении с сохранением геометрических и кинематических показателей характера зацепления.» [9]

При разработке необходимо заложить возможность дооснащения и модернизации стенда, с целью расширения его функциональных и эксплуатационных возможностей.

Эргономика конструкции стенда:

«Рукоятки управления должны находиться на высоте 900-1000 мм от уровня пола, причем усилие нажатия на рычаг должно быть не более 100 Н,

кнопку 15 Н. Все элементы управления должны находиться в зоне досягаемости рук оператора, без перемещения туловища. Рабочее положение оператора – стоя. Рукоятки управления и привода должны быть снабжены резиновыми накладками, для предотвращения соскальзывания рук при проведении работ. Кнопки управления выполнить из черного пластика. Кнопку экстренной остановки привода выполнить из красного пластика и большего размера, нежели остальные кнопки управления. Кнопки и рычаги управления предполагается сгруппировать и поместить на отдельную панель управления.» [9]

3.2 Техническое предложение конструкции стенда испытаний смазочных материалов

В рамках выполнения дипломного проекта, получено техническое задание на разработку испытательного стенда. Стенд предназначен для проведения имитационных испытаний смазочных материалов с возможностью варьирования режимов нагружения.

Конструкция стенда относится к классу испытательного оборудования, предназначенного для эксплуатации в специализированных лабораториях и на специализированных испытательных участках предприятий. В том числе, на предприятиях автомобильной и нефтеперерабатывающей отраслей.

В качестве ближайшего аналога было взято описание изобретения к а/с № 796693. Выбор основан на том, что данное изобретение не поддерживается, а значит может быть свободно использовано. В то же время, описываемая конструкция максимально удовлетворяет требованиям технического задания.

На рисунке 4 показаны предлагаемые образцы, фронтальная проекция; на рисунке 5 — то же, но в профильной проекции.

«Образцы для испытания материалов и смазочных сред состоят из образца 1, имитирующего виток червяка, выполненного в виде витка

натурного червяка с углом подъема витка червяка, равным нуль градусов и образца 2, имитирующего зуб червячного колеса в виде натурного червячного колесного зуба червячного колеса с углом подъема нуль градусов, прижимаемого к образцу 1 определенной силой P .

Работа осуществляется следующим образом. Образец 1 устанавливают на ось привода испытательной машины по линии контактирования, соответствующей натурному зацеплению, и с определенным усилием P поджимают образец 2. Во время испытаний образец 1 приводится во вращение, а образец 2 или перемещается по образцу 1 при имитации условий контактирования по всей рабочей поверхности зуба, или неподвижен при имитации условий контактирования в заданном положении рабочей поверхности зуба. Смазка образцов обеспечивается известным способом, например окунанием.» [9]

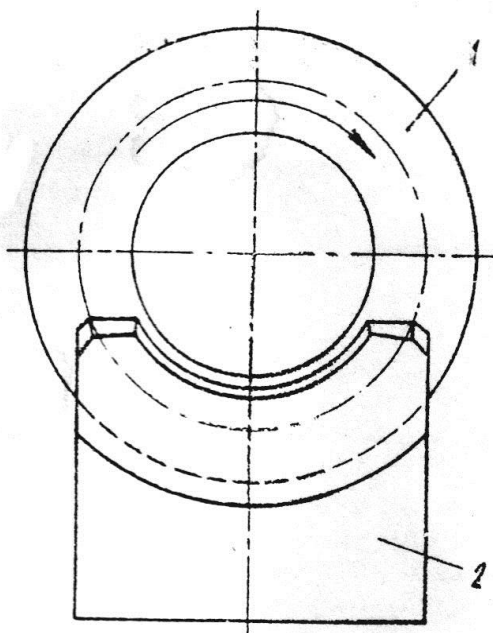


Рисунок 4 – Предлагаемые образцы, фронтальная проекция

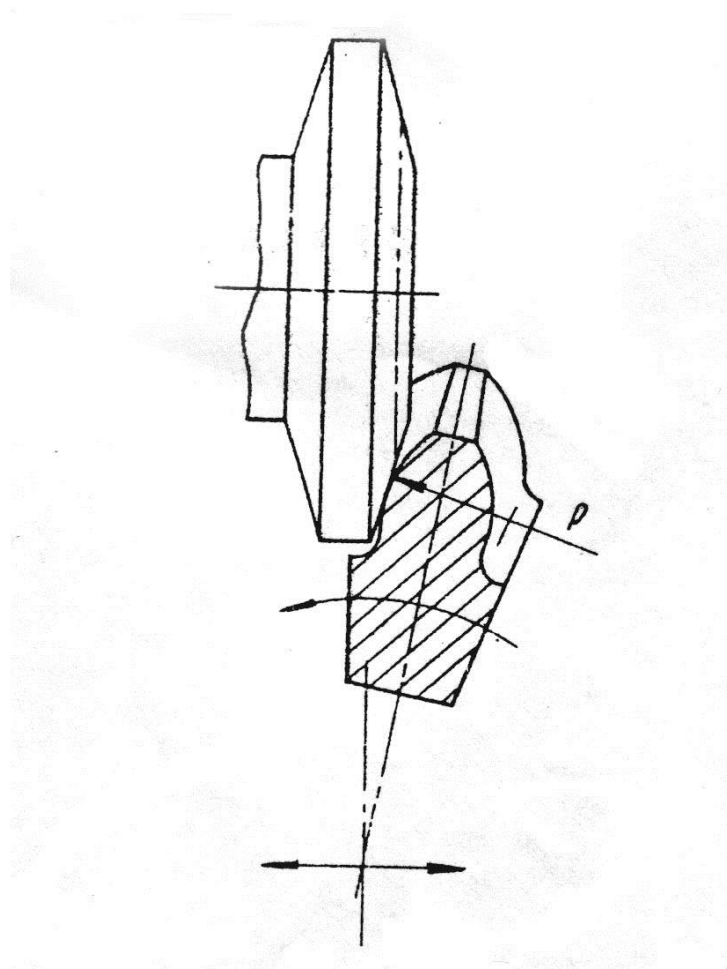
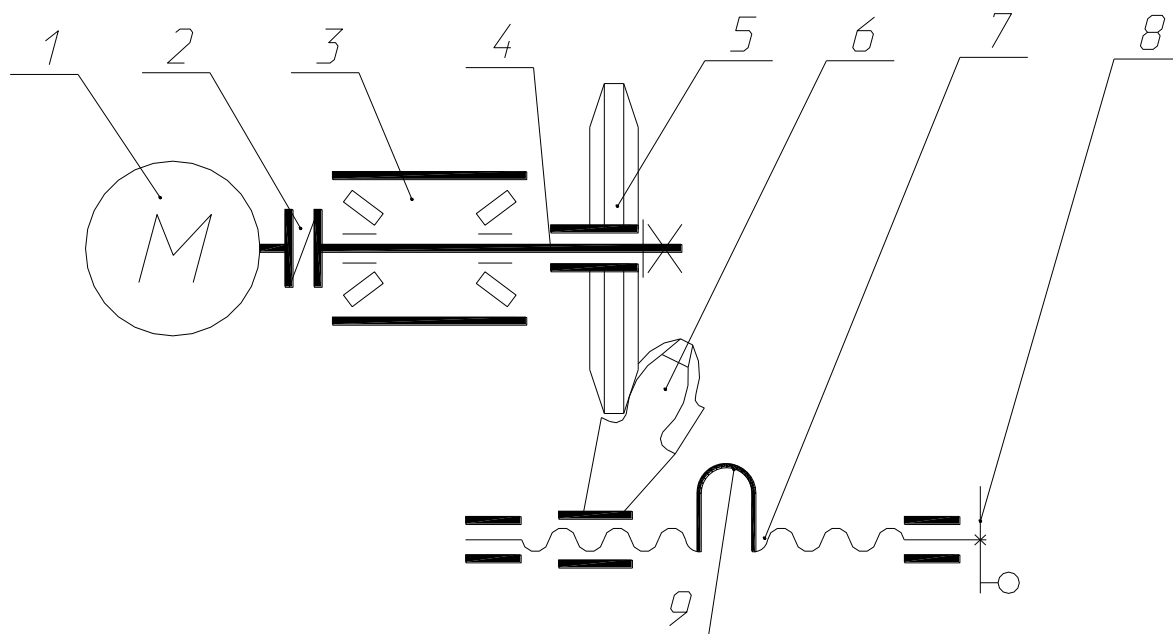


Рисунок 5 – Предлагаемые образцы, профильная проекция

На рисунке 6 представлена кинематическая схема конструкции разрабатываемого стенда. При разработке кинематической схемы были учтены основные требования, предъявляемые к конструкции в соответствии с техническим заданием. Предусмотрен узел, отвечающий за создание нагрузки – нагрузочный винт и статичный имитатор, который прижимается к подвижному имитатору. В качестве контрольного устройства используется тензодатчик, который контролирует силу прижима образцов, а также сигнализирует о выходе за пределы испытания, например в случае чрезмерной выработки, что позволяет оператору откорректировать нагрузку, удерживая ее в требуемом диапазоне. Имитатор, который имитирует вращающиеся детали, связаны с приводом через муфту и подшипниковый узел.



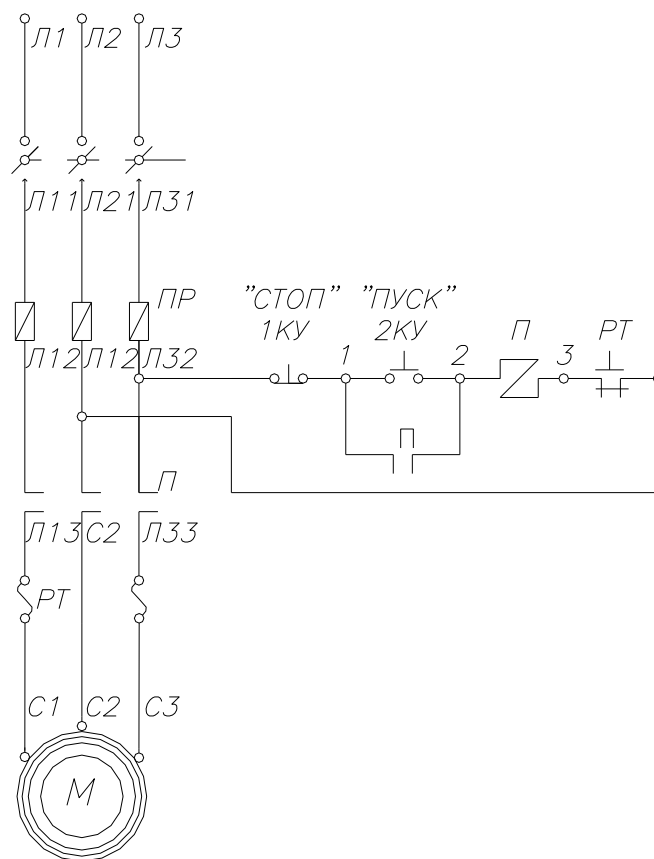
1 – электродвигатель; 2 – муфта; 3 – подшипниковый узел; 4 – вал; 5 – имитатор подвижный; 6 – имитатор статичный; 7 – нагрузочный винт; 8 – маховик винта; 9 – тензодатчик.

Рисунок 6 – Компоновка конструкции установки.

«Компоновка конструкции предполагает выполнение привода имитатора червяка посредством электродвигателя, при этом двигатель соединяется с имитатором посредством конического хвостовика, а сам имитатор закрепляется на хвостовике вала гайкой. Подшипниковый узел удерживает вал от горизонтального перемещения, предполагается применение в конструкции узла радиально-упорных подшипников. Прижим имитатора витка колеса предполагается посредством винтовой передачи, как наиболее простого в обслуживании и исполнении механизма, при этом контролировать усилие прижима можно посредством тензодатчика, закрепляемого в разрезе винта.» [9]

Кинематическая схема не отражает всю конструкцию стенда. Поскольку, в стенде присутствует гидравлический и электрический привод, рассмотрим соответствующие схемы на рисунках 7 и 8.

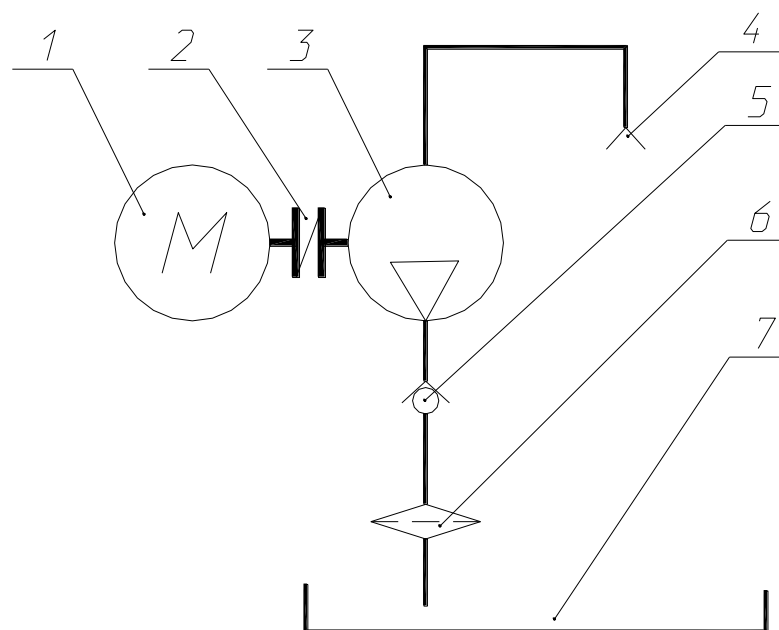
Электрическая схема установки.



ВПВ – вводный пакетный выключатель; ПР – предохранительное реле; РТ – реле тепловое; П – магнитный пускатель; 1КУ, 2КУ – кнопочная станция.

Рисунок 7 – Электрическая схема подключения двигателей установки

На рисунке 7 представлена схема подключения двигателей станда. Подключение электродвигателя производится по стандартной схеме. В схеме использован магнитный пускатель, что необходимо для обеспечения пуска без рывков и ударных нагрузок на детали и узлы станда и электропривода.



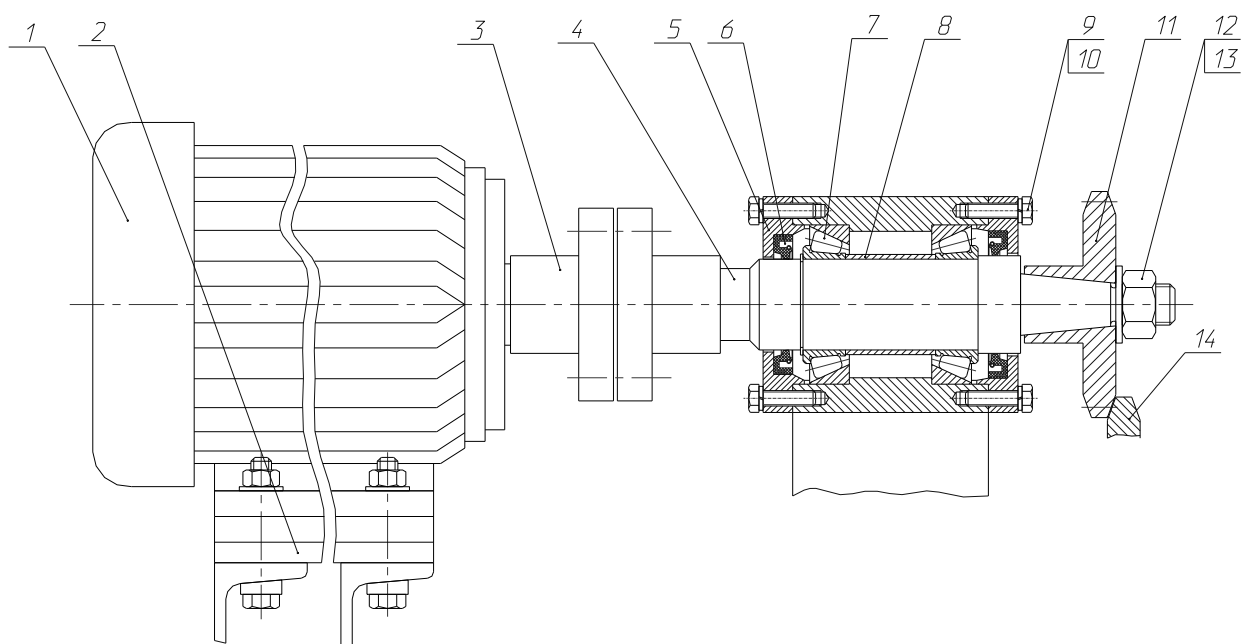
1 – электродвигатель; 2 – муфта; 3 – насос; 4 – подающее сопло; 5 – клапан; 6 – фильтр; 7 – масляная емкость.

Рисунок 8 – Гидравлическая схема установки

«Система гидравлики предназначена для подачи смазочных материалов в зону трения испытуемых образцов. Предполагается выполнение схемы с приводом от электродвигателя. Предполагается работа по замкнутой схеме, забор производится из ванны через фильтр, для исключения попадания металлической стружки в насос. В качестве насоса возможно применение любого насоса для подачи смазочных материалов, применяемых в станочном оборудовании.» [9]

Анализ разрезов необходим для выявления наиболее подходящего варианта исполнения для каждого из них, которая в дальнейшем найдет применение при проектировании всей конструкции.

При проведении анализа вариантов исполнения различных узлов на первый план выдвигается соответствие их основным задачам конструирования и соблюдение при выполнении основных технологических и конструктивных норм.

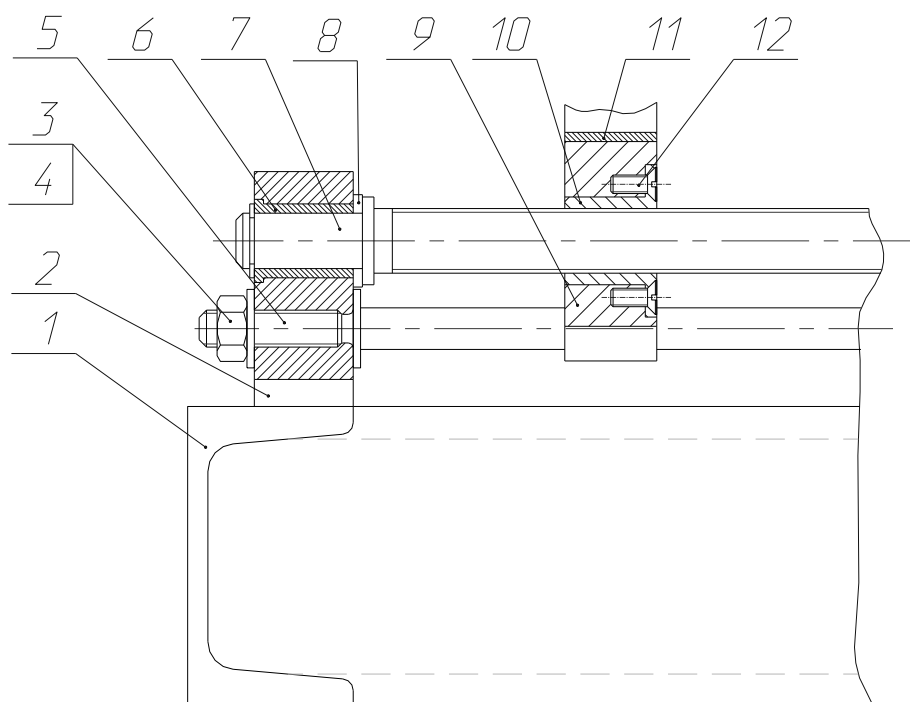


1 – электродвигатель; 2 – рама; 3 – муфта; 4 – вал приводной; 5 – крышка; 6 – манжета; 7 – подшипник конический; 8 – распорная втулка; 9 – болт; 10 – шайба; 11 – имитатор; 12 – гайка; 13 – шайба; 14 – имитатор неподвижный.

Рисунок 9 – Компоновка привода

На рисунке 9 представлен вариант конструкционного решения привода имитатора.

Привод имитатора представляет собой конструкцию, когда сама деталь (имитатор) закрепляется на валу, хвостовик которого выполнен в виде конуса, что облегчает крепление образца. От самопроизвольного смещения образец фиксируется гайкой. Привод осуществляется от электродвигателя, соединяемого с валом посредством муфты. Сам вал закрепляется в подшипниковом узле. Такое размещение позволяет уменьшить возникающие при работе вертикальные усилия, и не передавать их на вал двигателя.

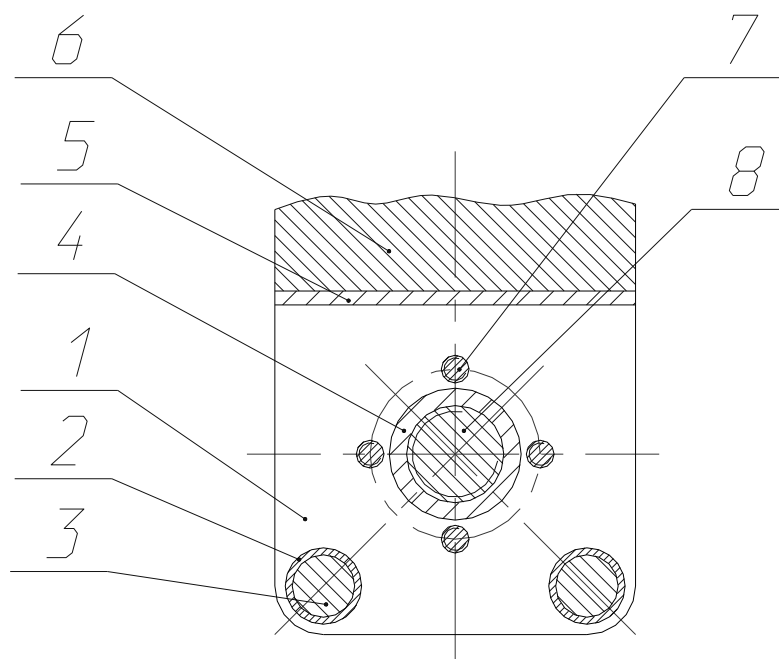


1 – рама; 2 – опора; 3 – гайка; 4 – шайба; 5 – стержень направляющий; 6 – втулка; 7 – винт ходовой; 8 – шайба упорная; 9 – кронштейн имитатора; 10 – гайка; 11 – пластик; 12 – винт крепления гайки.

Рисунок 10 – Конструкция узла крепления ходового винта.

На рисунке 10 представлено решение узла крепления прижимного винта, отвечающего за создание нагрузки на имитаторах.

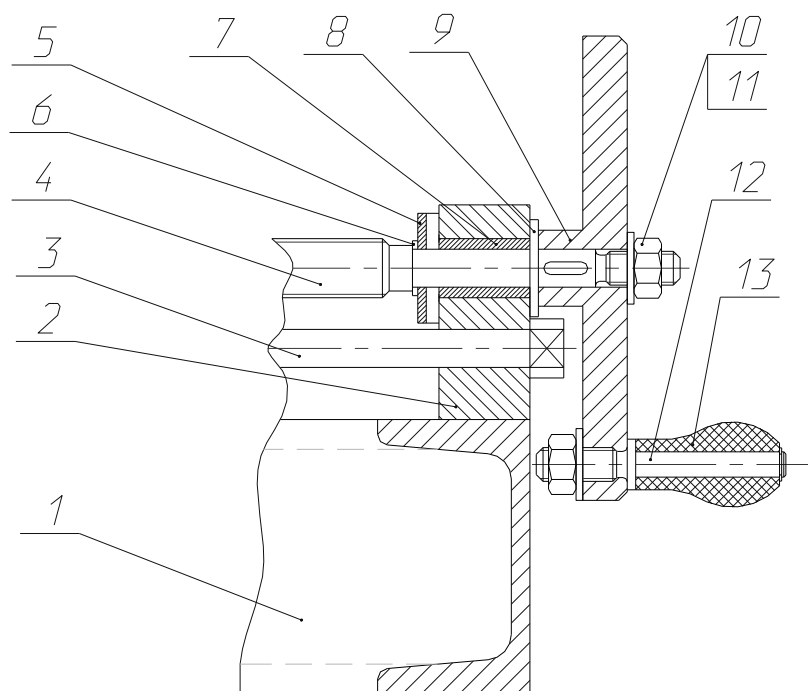
«Предполагается крепление ходового винта в подшипниках скольжения, что уменьшит габариты узла и существенно упростит конструкцию. Опоры крепятся к раме посредством винтов (не показаны). Гайка выполняется из бронзы, закрепляется в кронштейне при помощи винтов с потайными головками. Перемещение кронштейна имитатора обеспечивается наличием направляющих цилиндрической формы. Регулировка положения имитатора зуба обеспечивается путем изменения толщины пластика. Сам имитатор крепится при помощи винтов (не показаны).» [9]



1 – кронштейн имитатора; 2 – втулка; 3 – стержень направляющий; 4 – гайка; 5 – пластик; 6 – имитатор; 7 – винт; 8 – винт ходовой.

Рисунок 11 – Конструкция узла кронштейна имитатора

На рисунке 11 показана компоновка узла кронштейна неподвижного имитатора. Предполагается размещение пары направляющих, что позволяет избежать перекоса при перемещении. Предполагается изготовление узла из стали путем фрезеровки.



1 – рама; 2 – кронштейн; 3 – стержень направляющей; 4 – винт ходовой; 5 – пластина; 6 – шайба упорная; 7 – втулка; 8 – шайба; 9 – маховик; 10 – гайка; 11 – шайба; 12 – ось рукоятки; 13 – рукоятка.

Рисунок 12 – Си́лоизмерительный узел устройства

«Си́лоизмерительный узел предназначен для создания контролируемой нагрузки на имитаторах. Конструкция узла представляет собой пластину, закрепленную на винте, а своими краями упирающуюся в кронштейн. О величине нагрузке судят по величине упругой деформации пластины, которую можно измерить, например при помощи индикатора часового типа или тензодатчика. Винт также закрепляется в кронштейне при помощи втулки. Маховик служит для передачи вращающего момента на винт от рабочего.» [9]

3.3 Расчет конструкции и деталей стенда

«Расчет устройства произведем исходя из определения мощности электродвигателя. Согласно требованиям технического задания, мощность

испытательного стенда не должна превышать 5,5 кВт. Ввиду невозможности определения усилия, возникающего при трении образцов, а также учитывая то, что механизм в целом не предназначен для передачи нагрузки, принимаем мощность привода 2,2 кВт.

Произведем расчет параметров проектируемых образцов. Принимаем в качестве имитационных образцов передачу с архимедовыми червяками. Основным параметром червяка является делительный диаметр червяка:» [9]

$$d_{w1} = q * m \quad (32)$$

где $m = 4.0$ – модуль, мм

$q = 20$ – коэффициент диаметра червяка

$$d_{w1} = 20 * 4 = 80 \text{ мм}$$

Диаметр вершин витков червяка:

$$d_{a1} = m * (q + 2) \quad (33)$$

$$d_{a1} = 4 * (20 + 2) = 88 \text{ мм}$$

Диаметр впадин витков червяка:

$$d_{f1} = m * (q - 2,4) \quad (34)$$

$$d_{f1} = 4 * (20 - 2,4) = 70,4 \text{ мм}$$

Ввиду невозможности определения передаточного отношения z_1/z_2 , параметры образца, имитирующего зуб червячного колеса (делительный диаметр d_2 , диаметр вершин зубьев d_{a2} , диаметр впадин зубьев d_{f2}) не рассчитываются.

Ширину венца колеса принимаем из соотношения:

$$b_2 \leq 0,75 * d_{a1} \quad (35)$$

$$b_2 = 0,7 * 88 = 61,6 \text{ мм}$$

Условный угол обхвата 2δ червяка венца колеса определяется точками пересечения дуги окружности $d' = d_{a1} - 0,5 * m = 88 - 0,5 * 4 = 86 \text{ мм}$ с контуром венца:

$$(36)$$

$$\sin \delta = \frac{b_2}{d_{a1} - 0,5m}$$

$$\sin \delta = \frac{62}{88 - 0,5 * 4} = 0,72$$

Условный угол обхвата $2\delta = 92^\circ 12'$

Произведем расчет винта прижима образца зуба. В качестве исходных данных принимаем следующие параметры: необходимая грузоподъемность $Q = 5000$ Н, величина перемещения ползуна $l_0 \approx 0,1$ м, для винта материал принимаем сталь 45, $[\sigma] = 120$ МПа, для гайки принимаем материал Бр. 0Ф10-1, $[\sigma_p] = 40$ МПа, $[\sigma_{см}] = 45$ МПа.

Допускаемое давление для пары сталь – бронза $[q] = 9$ Мпа.

Поскольку нагрузка в передаче двусторонняя, принимаем трапециидальную резьбу с $\psi_h = 0,75$.

Конструкцию гайки принимаем цельную с $\psi_n = 1,5$.

Средний диаметр резьбы:

$$d_2 = \sqrt{\frac{Q}{\pi * \psi_n * \psi_h * [q]}} \quad (37)$$

$$d_2 = \sqrt{\frac{5000}{3,14 * 1,5 * 0,75 * [9]}} = 12,54 \text{ мм}$$

По ГОСТ 10177-82 принимаем однозаходную резьбу $z_p = 1$, $d = 14$,

$P = 2$ мм, $d_2 = 13,0$ мм, $d_3 = 11,5$ мм.

Угол подъема резьбы:

$$\operatorname{tg} \gamma = \frac{P * z_p}{\pi * d_2} \quad (38)$$

$$\operatorname{tg} \gamma = \frac{2 * 1}{3,14 * 13} = 0,0579$$

$$\gamma = 2^\circ 48'$$

Приведенный угол трения:

$$\varphi' = \operatorname{arctg} \frac{f}{\cos \frac{\alpha}{2}} = \operatorname{arctg} \frac{0,1}{\cos 3^\circ} = 5^\circ 44''$$

«Так как $\gamma \leq \varphi$, винтовая пара самотормозящая, следовательно условие проектирования соблюдено.» [20]

Высота гайки:

$$H_{\Gamma} = \psi_{\text{H}} * d_2 \quad (39)$$

$$H_{\Gamma} = 1,5 * 13 = 19,5 \text{ мм}$$

Принимаем минимальную высоту гайки 22 мм.

Число витков резьбы в гайке:

$$z = H_{\Gamma} / P \quad (40)$$

$$z = 22 / 2 = 11$$

Наружный диаметр гайки

$$D = \sqrt{\frac{5 * Q}{\pi * [\sigma_p]} + d^2} \quad (41)$$

$$D = \sqrt{\frac{5 * 5000}{3,14 * [40]} + 13^2} = 19,18$$

Принимаем $D = 20$ мм

Высота фланца гайки:

$$a = (0,25 \dots 0,3) * H_{\Gamma} = 0,27 * 22 = 5,94 \text{ мм}$$

Проверяем высоту фланца на срез

$$\tau_{\text{ср}} = Q / \pi * D * a \quad (42)$$

$$\tau_{\text{ср}} = 5000 / 3,14 * 20 * 5,94 = 13,4 < [\tau_{\text{ср}}] = 20 \dots 25 \text{ МПа}$$

Проверяем винт на устойчивость. Определяем длину сжатой части винта:

$$l = l_0 + 1,5 * d + H_{\Gamma} / 2 = 100 + 1,5 * 14 + 22 / 2 = 132 \text{ мм}$$

$$i_{\text{min}} = d_3 / 4 \quad (43)$$

$$i_{\text{min}} = 11,5 / 4 = 2,875$$

Момент трения в резьбе

$$T = Q * (d_2 / 2) * \operatorname{tg} (\gamma + \varphi) \quad (44)$$

$$T = 5000 * (13 / 2) * \operatorname{tg} (2^{\circ} 48' + 5^{\circ} 44') = 4490,425 \text{ Н*мм}$$

Момент трения в опоре.

$$T_{\text{оп}} = 0,33 * Q * f \quad (45)$$

$$T_{\text{оп}} = 0,33 * 5000 * 0,10 = 165 \text{ Н*мм}$$

Суммарный момент сопротивления

$$M_{\text{соп}} = T + T_{\text{оп}} \quad (46)$$

$$M_{\text{соп}} = 4490,425 + 165 = 4655,43 \text{ Н*мм}$$

Радиус маховика:

$$L = \frac{M_{\text{соп}}}{F_p * K}, \quad (47)$$

где F_p – усилие, создаваемое рабочим, $F_p = 150 \text{ Н}$

K – коэффициент, учитывающий неудобство работы, $K = 0,6$

$$L = \frac{4655,43}{150 * 0,6} = 51,73 \text{ мм}$$

Таким образом, минимальный радиус маховика принимается 52 мм. Допускается конструктивно увеличить маховик.

Подача насоса определяется из условия циркуляции 2.5 литров испытуемого смазочного материала в течении 0,5 мин. Таким образом, подача насоса должна составлять:

$$G = V / t, \quad (48)$$

где V – объем заполняемой полости, л

t – время заполнения полости, мин

$$G = 2,5 / 0,5 = 5 \text{ л/мин}$$

«Данному условию подачи соответствует шестеренный насос БГ11 – 11А, подача $Q = 5 \text{ л/мин}$, давление 0,5 МПа, частота вращения 1450 об/мин, потребляемая мощность 0,25 кВт. В качестве привода к насосу БГ11 – 11А используем электродвигатель АИР63Б4 ГОСТ 23330-89, $N_e = 0.37 \text{ кВт}$.

Минимальный внутренний диаметр трубопровода для жидкости определяется по формуле:» [20]

$$d = \sqrt{\frac{21,22 * G}{v}}, мм$$

$$d = \sqrt{\frac{21,22 * 5}{5}} = 5,45 мм \quad (49)$$

По сортаменту выбираем рукава с минимальным внутренним диаметром 8 мм.

3.4 Руководство по эксплуатации стенда для лабораторных испытаний смазочных материалов

Данное руководство по эксплуатации (РЭ) содержит сведения о конструкции, принципах действия, характеристиках стенда для испытания смазочных материалов (в дальнейшем – стенда) и указания, необходимые для правильной и безопасной эксплуатации стенда, его технического обслуживания, текущего ремонта, хранения, а также сведения по утилизации изделия по окончании физического срока службы.

Технические характеристики изделия:

- | | |
|---|----------------|
| 1. Габаритные размеры стенда, мм: | 700x250x550 |
| 2. Мощность приводного электродвигателя, кВт: | 2.2 |
| 3. Мощность насоса, кВт: | 0,37 |
| 4. Объем заправляемой смазки, л: | 2,0 |
| 5. Сухая масса стенда, кг: | 150 |
| 6. Установленная безотказная наработка, час: | не менее 12000 |

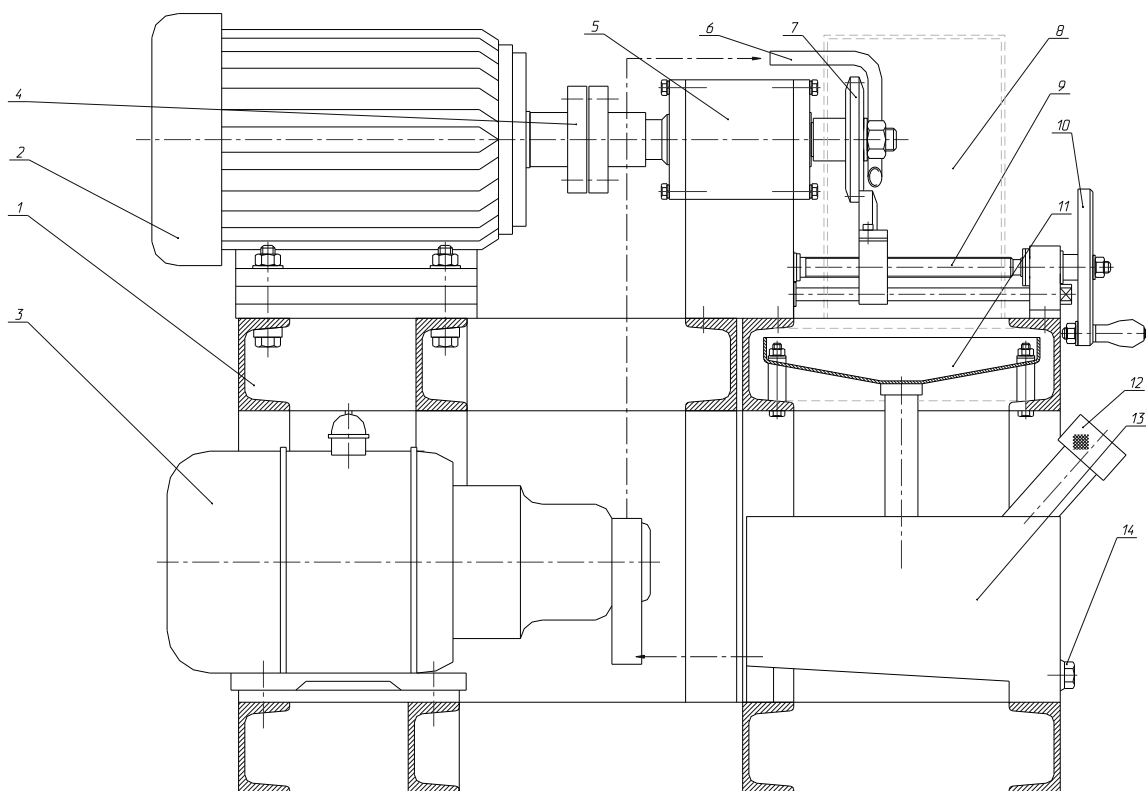
Стенд поставляется в комплектации, представленной в таблице 12

Таблица 12 – Комплектация стенда для испытания смазочных материалов

Наименование	Кол-во, шт
Рама в сборе	1
Имитаторы, комплект	5
Электродвигатель с приводом в сборе	1
Насосная станция	1

Масляный бак	1
Нагрузочный узел в сборе	1
Датчик деформации	1
Руководство по эксплуатации	1

Стенд используется для проведения имитационных испытаний смазочных материалов и сред червячных передач. Особенностью данного стенда является возможность проведения испытаний, максимально имитирующих реальные условия эксплуатации. Подобное техническое решение существенно расширяет диапазон измерений и повышает точность проводимых испытаний. Устройство стенда показано на рисунке 13



1 – рама; 2 – электродвигатель привода образца; 3 – маслостанция; 4 – муфта; 5 – подшипниковый узел; 6 – трубка; 7 – образец имитирующий виток червяка; 8 – маслоотбойник; 9 – механизм нагружения; 10 – маховик; 11 – маслосборник; 12 – маслозаливная горловина; 13 – масляный бак; 14 – маслозаливная пробка.

Рисунок 13 – Устройство стенда

Недопустима эксплуатация изделия, если на основных частях или элементах имеются повреждения разрушающего характера до полного устранения этих повреждений.

Запрещается непрерывная длительная (более 3 час) работа станда.

Недопустима эксплуатация, если образец установлен с зазором по посадочным местам вала.

Подготовка изделия к использованию.

Изделие поставляется в собранном и готовом к использованию виде, поэтому при первом применении достаточно освободить изделие от упаковочной бумаги и очистить неокрашенные поверхности от консервационной смазки. Далее необходимо произвести монтаж датчика нагрузки, и произвести подключение станда к электросети. При последующем использовании необходимо убедиться в надежности закрепления образцов, произвести заправку смазочным материалом, убрать посторонние предметы со станда. Обслуживание и смазку узлов станда следует производить согласно требованиям, предъявляемым к конструкции механизмов данного вида.

Порядок работы на станде состоит в следующем:

1. Произвести закрепление образцов на кронштейне и валу.
2. Залить испытуемые смазочные материалы в бак.
3. Произвести предварительное нагружение путем поджима образца винтом.
4. Произвести пробный пуск для установления правильности закрепления.
5. Откорректировать правильность положения образца путем подбора толщины пластика.
6. Произвести рабочий пуск станда.
7. Демонтировать образцы.
8. Слить смазочные материалы из бака.

9. Отправить образцы и использованный материал на лабораторное обследование.

Работа на стенде осуществляется следующим образом.

Для проведения испытаний необходимо произвести заправку стенда смазочными материалами и закрепить испытуемые образцы. Положение неподвижного имитатора необходимо отрегулировать путем подбора толщины пластика с той целью, чтобы достичь наиболее оптимального пятна контакта обоих образцов. После выполнения подобных операций следует произвести поджим образцов для создания необходимого усилия. После подготовки механической части необходимо включить прогрев масла в баке до достижения им оптимальной температуры в соответствии с программой проведения испытаний. После этого произвести пуск двигателя. Одновременно с приводом образцов начинается проводится подача масла в зону трения образцов.

Испытание производится в течении времени, обговоренного методикой проведения испытаний. После завершения цикла испытаний образцы демонтируются а смазочные материалы сливаются из бака и отправляются на лабораторные исследования. Перед повторным испытанием необходимо произвести промывку системы подачи масла.

Возможные неисправности и способы их устранения приведены в таблице 13.

Таблица 13 – Возможные неисправности стенда и пути их устранения

Возможная неисправность	Вероятная причина	Способ устранения
Посторонние шумы при работе стенда	Неправильное положение образцов	Отрегулировать положение образцов путем подбора пластика
	Износ подшипников подшипникового узла	Заменить подшипник
	Попадание инородного тела в механизм насоса	Устранить инородное тело
	Деформация вала	Устранить деформацию или заменить вал

	Ослабленное крепление узлов стенда	Подтянуть винты крепления узлов
Неправильные или нестабильные показания приборов	Неисправен датчик нагрузки	Заменить датчик
	Повреждение контактной сети датчиков	Устранить повреждение
	Деформация вала	Устранить деформацию или заменить вал
Не запускаются двигатели стенда	Обрыв в контактной сети	Устранить обрыв

При эксплуатации изделия для безопасного выполнения работ необходимо соблюдать следующие условия:

1. Проводить техническое обслуживание, предварительно не обесточив установку.
2. Включать установку в сеть с напряжением и частотой, не соответствующим указанным в паспорте (380 В, 50 Гц).
3. Не допускается попадание влаги на клеммы электродвигателей.
4. Не оставляйте работающую установку без присмотра.
5. Не допускается проведение любых ремонтных видов работ при включенной установке.
6. Оберегайте установку от попадания веществ и жидкостей, вызывающих разрушение резины и коррозию металла.
7. Не допускать ударных нагрузок на раму и узлы установки.
8. При периодическом срабатывании защитного реле двигателя запрещается дальнейшая эксплуатация установки до устранения специалистами ремонтных предприятий причин, вызывающих срабатывание реле.

«В случае возгорания стенда или его проводки необходимо немедленно обесточить установку, подать сигнал пожарной опасности и начать тушение установки силами пожарного расчета. После прибытия пожарной команды или дружины покинуть помещение.

В случае обесточивания установки необходимо произвести отключение ее от источника питания и только после этого приступить к выявлению причин обесточивания.» [14]

«В случае ЧП на предприятии и подаче сигнала об эвакуации необходимо отключить установку и после этого произвести эвакуацию согласно установленному на предприятии регламенту.

При проведении технического обслуживания необходимо пользоваться правилами безопасности.» [16]

1. «При видимом заедании подшипников произвести их промывку в бензине и смазку консистентной смазкой ЛИТОЛ, при необходимости заменить.» [14]

2. «Трущиеся части смазывать с периодичностью один раз в 3 месяца консистентной смазкой ЛИТОЛ.

3. Резиновые манжеты и уплотнения заменять независимо от степени износа один раз в год.

4. Состояние валов контролировать с периодичностью один раз в три месяца, при необходимости произвести замену.

5. Профилактический осмотр двигателей производить один раз в полгода.

Техническое освидетельствование изделия проводится согласно регламенту Правил технической безопасности, утвержденных для данного производства.» [16]

3.5 Критерии оценки испытаний на стенде

Испытание смазочных материалов оценивается по комплексу критериев, которые позволяют оценить комплекс свойств материалов, такие как смазывающие, моющие, охлаждающие, противоокислительные и т.д. Одновременно с этим, нужно отметить, что подобный комплексный анализ

невозможно провести с использованием одной лабораторной установки, необходим комплекс лабораторного оборудования.

«Учитывая специфический характер данных методов (каждый из них в большинстве случаев предназначен для оценки какого-либо одного свойства масла) их обычно используют для определения предварительной характеристики качества масел продолжительность таких испытаний обычно бывает небольшой. Указанные методы применяют и для отборочных испытаний, по окончании которых лучший образец подвергается более глубокому и всестороннему исследованию при помощи рассмотренных ранее спецификационных или квалификационных испытаний.» [20]

Разработанная в ходе выполнения дипломного проекта установка позволяет производить оценку противоизносных свойств смазочных материалов.

«Эксплуатационные качества масел определяются в основном не начальными их свойствами, оцениваемыми различными методами, а главным образом изменениями, которые происходят в маслах в процессе работы. Скорость и глубина этих изменений являются в конечном счете основным критерием оценки масел, так как все механизмы работают в условиях циркуляционной системы смазки. Этот критерий оценки одинаково применим как к базовым маслам, так и маслам с присадками, в которых степень ухудшения масел зависит от стойкости масляных углеводородов и стабильности присадки.» [20]

Выводы по разделу. В результате выполнения конструкторской проработки были рассчитаны основные конструктивные параметры проектируемого стенда. Выполнены прочностные и мощностные расчеты.

Для подобного рода испытаний основным критерием будет являться величина выработки, которая образуется в процессе взаимодействия двух деталей. Именно появлению этой выработки препятствует масляный клин, соответственно, чем выше противоизносные свойства смазывающего материала – тем меньше величина износа. В качестве основного критерия

оценки принимается величина изменения массы образца до и после испытания. По величине потери массы можно судить о качестве смазывающего материала.

Другим фактором будет являться оценка качества поверхности, где происходило трение. Оценка производится по величине, протяженности и глубине рисок. Данный критерий позволит оценить противозадирные свойства смазывающего материала.

4 Безопасность и экологичность объекта дипломного проекта

4.1 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.» [40]

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 14.

Таблица 14 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

4.2 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 15.

Таблица 15 – Вредные производственные факторы

Операция	Фактор
1	2
Поиск аналогов конструкции	умственное перенапряжение, перенапряжение анализаторов, повышенный уровень электромагнитных излучений

Продолжение таблицы 15

Проведение расчетов мощностных и прочностных параметров конструкции	умственное перенапряжение, перенапряжение анализаторов, повышенный уровень электромагнитных излучений
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

4.3 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.

4.4 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, оснащённом 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 ориентированы 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 чет 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.

4.5 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:

$$t_{yx} = t_{pz} + d (h - 2), \quad (50)$$

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).

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

Тепло от работы оборудования:

$$Q_{\text{обор}} = r * P_{\text{уст}} = 0.15 * 14520 = 2178 \text{ Вт}, \quad (51)$$

где r - доля энергии, переходящей в тепло;

$P_{\text{уст}}$ - мощность установки.

Тепло, поступающее от людей:

$$Q_{\text{л}} = n * q = 5 * 90 = 450 \text{ Вт}, \quad (52)$$

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

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

Тепло от источников освещения:

$$Q_{\text{осв}} = f * P_{\text{осв}} = 0,4 * 2000 = 800 \text{ Вт}, \quad (53)$$

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

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

Тепло от солнечной радиации через окна:

$$Q_{\text{рад}} = A * k * S * m = 180 * 3 * 3 * 0.8 = 1296 \text{ Вт}, \quad (54)$$

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:

$$Q_{\text{прих}} = Q_{\text{обор}} + Q_{\text{л}} + Q_{\text{осв}} + Q_{\text{рад}} \quad (55)$$

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:

$$Q_{\text{расх}} = 0,1 * Q_{\text{прих}} = 472.4 \text{ Вт} \quad (56)$$

Количество избыточного тепла:

$$Q_{\text{изб}} = Q_{\text{прих}} - Q_{\text{расх}}. \quad (57)$$

$$Q_{\text{изб}} = 4251.6 \text{ Вт}.$$

Количество вентиляционного воздуха определяется по формуле:

$$V_{\text{вент}} = 3600 * Q_{\text{изб}} / (C * Q * (t_{\text{ух}} - t_{\text{пр}})) \quad (58)$$

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

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

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

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

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

Определяем необходимую кратность воздухообмена:

$$K = V_{\text{вент}} / V_{\text{пом}} \quad (59)$$

$$\text{, где } V_{\text{пом}} = n * S_{\text{чел}} * h, \quad (60)$$

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

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

$h = 4$ м - высота помещения.

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

Расчетная производительность вентилятора:

$$V_{\text{расч}} = 1,1 * V_{\text{вент}} = 1,1 * 5886,83 = 6475,5 \text{ м}^3/\text{ч} \quad (61)$$

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

Напор (полное давление), обеспечиваемый вентилятором:

$$H_{\text{в}} = v * Q / 2 \quad (62)$$

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

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

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

Необходимая установочная мощность электродвигателя:

$$N = V_{\text{расч}} * H_{\text{в}} / (3600 * \eta) \quad (63)$$

где η - КПД вентилятора = 0,8.

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

5 Экономический раздел

5.1 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.

5.2 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 16.

Таблица 16 – 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 17.

Таблица 17 – 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
Электрокабель, м	20	95,0	1 900,00
Электрооборудование			16 000,00

Продолжение таблицы 17

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 18.

Таблица 18 – 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:

$$ЗД = Зосн * (Кд - 1), \quad (64)$$

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:

$$\text{СОЦ} = (\text{Зо} + \text{ЗД}) * \text{Ксоц} \quad (65)$$

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

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

Определим затраты на содержание и эксплуатацию оборудования:

$$\text{Зсэоб} = \text{Зо} * (\text{Ксэоб} - 1) \quad (66)$$

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

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

Произведем расчет общепроизводственных расходов:

$$\text{Робщ} = \text{Зо} * (\text{Кобщ} - 1) \quad (67)$$

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

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

Произведем расчет общехозяйственных расходов:

$$\text{Рохр} = \text{Зо} * (\text{Кохр} - 1) \quad (68)$$

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

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

Расчет себестоимости стенда представим в таблице 19.

Таблица 19 – Расчет себестоимости стенда

Статьи затрат	Обозначение	Затраты	
		Сумма	%
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%
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%

Продолжение таблицы 19

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:

$$\text{Зисп} = (\text{ФЗП} + \text{Эн}) * \text{Пг} + \text{Зто} \quad (69)$$

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

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:

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

Выводы по разделу. 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.

Заключение

В ходе выполнения дипломного проекта была произведена разработка конструкции стенда для испытания смазочных материалов, 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 замены подшипников приводного вала механизма прижима образцов на разработанном стенде. Поскольку, по заданию на дипломный проект, требуется проведение испытаний смазочных материалов 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. 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

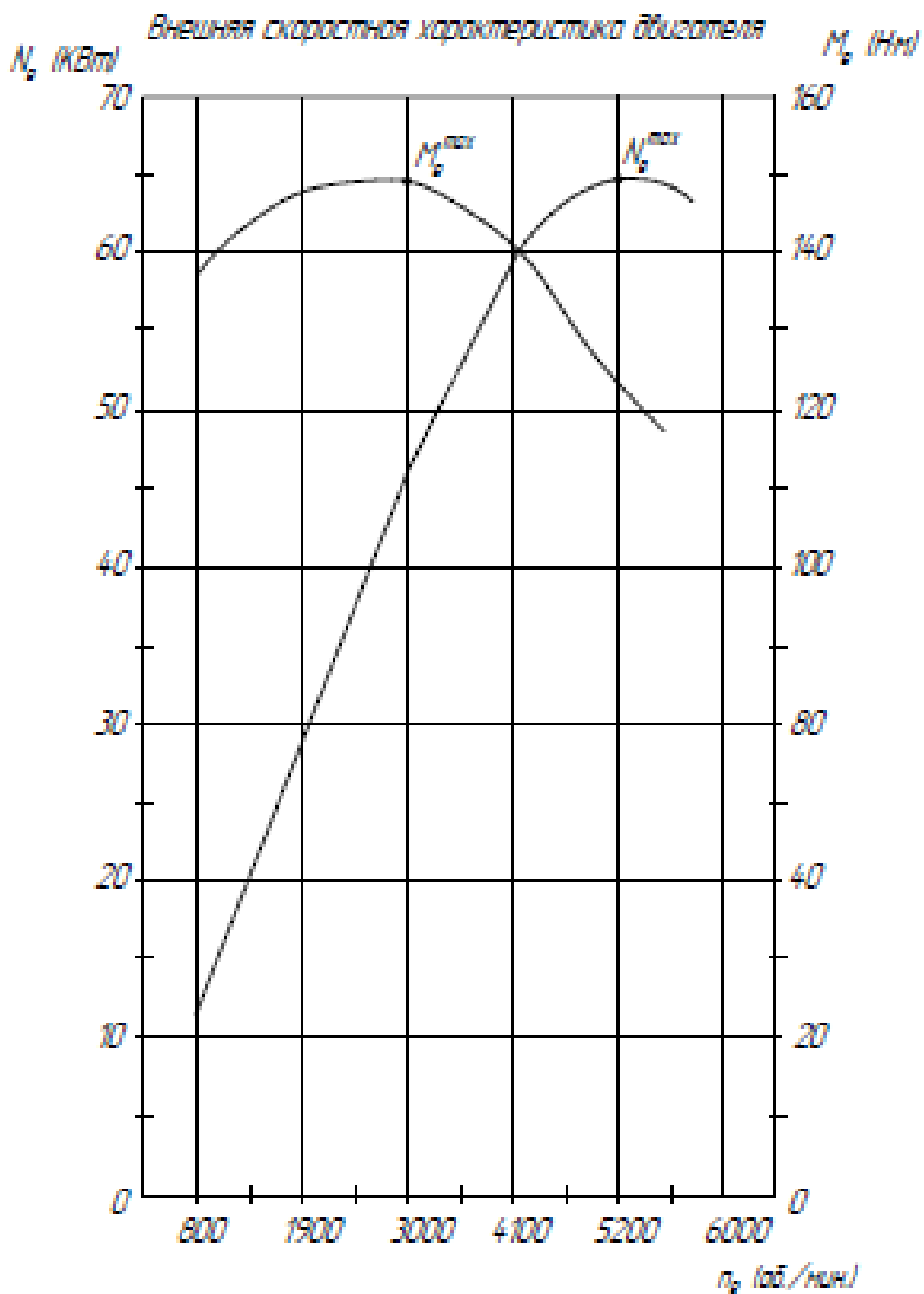


Рисунок А1 – Внешняя скоростная характеристика

Продолжение Приложения А

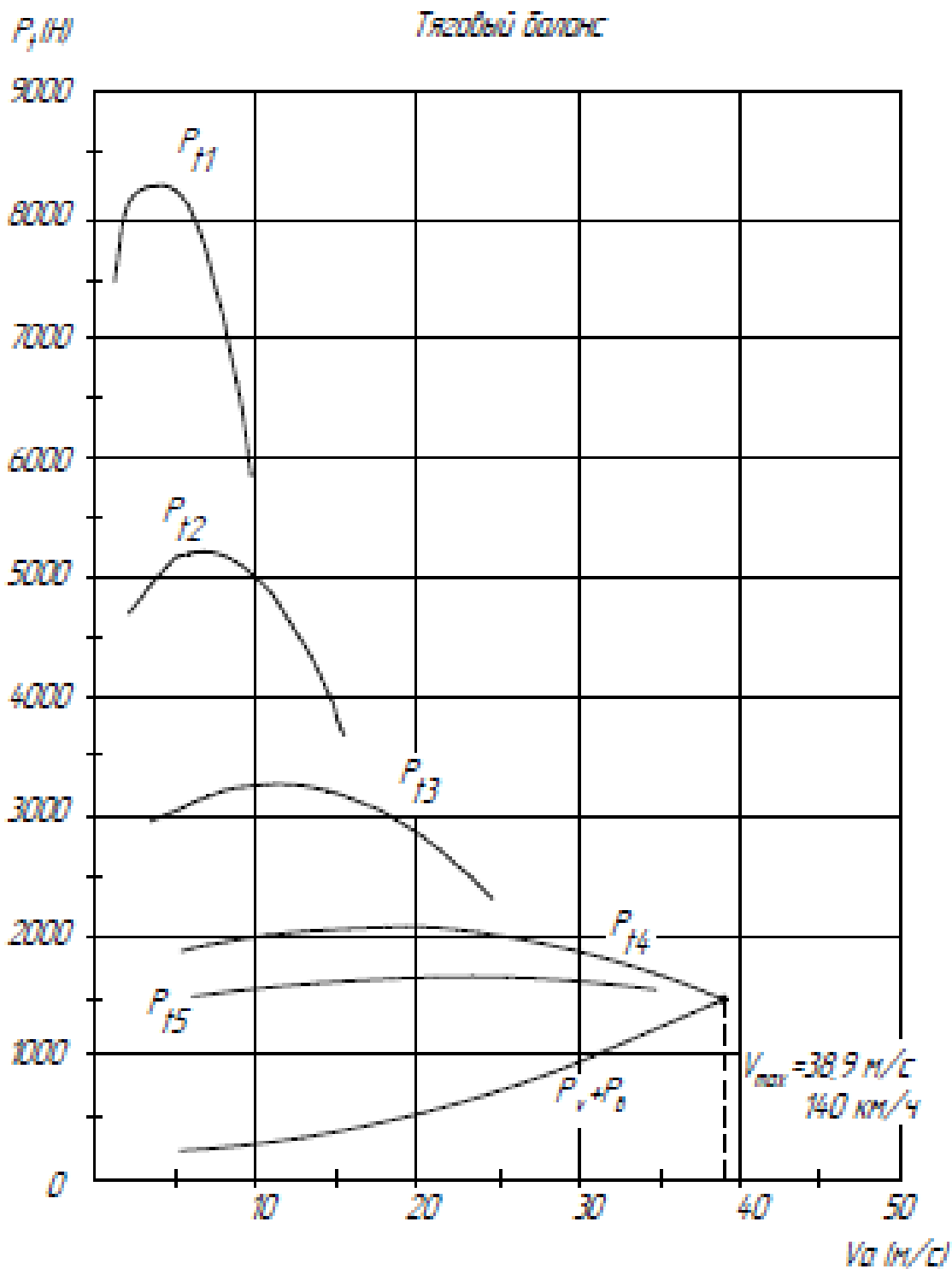


Рисунок А2 – Тяговый баланс автомобиля

Продолжение Приложения А

Динамическая характеристика

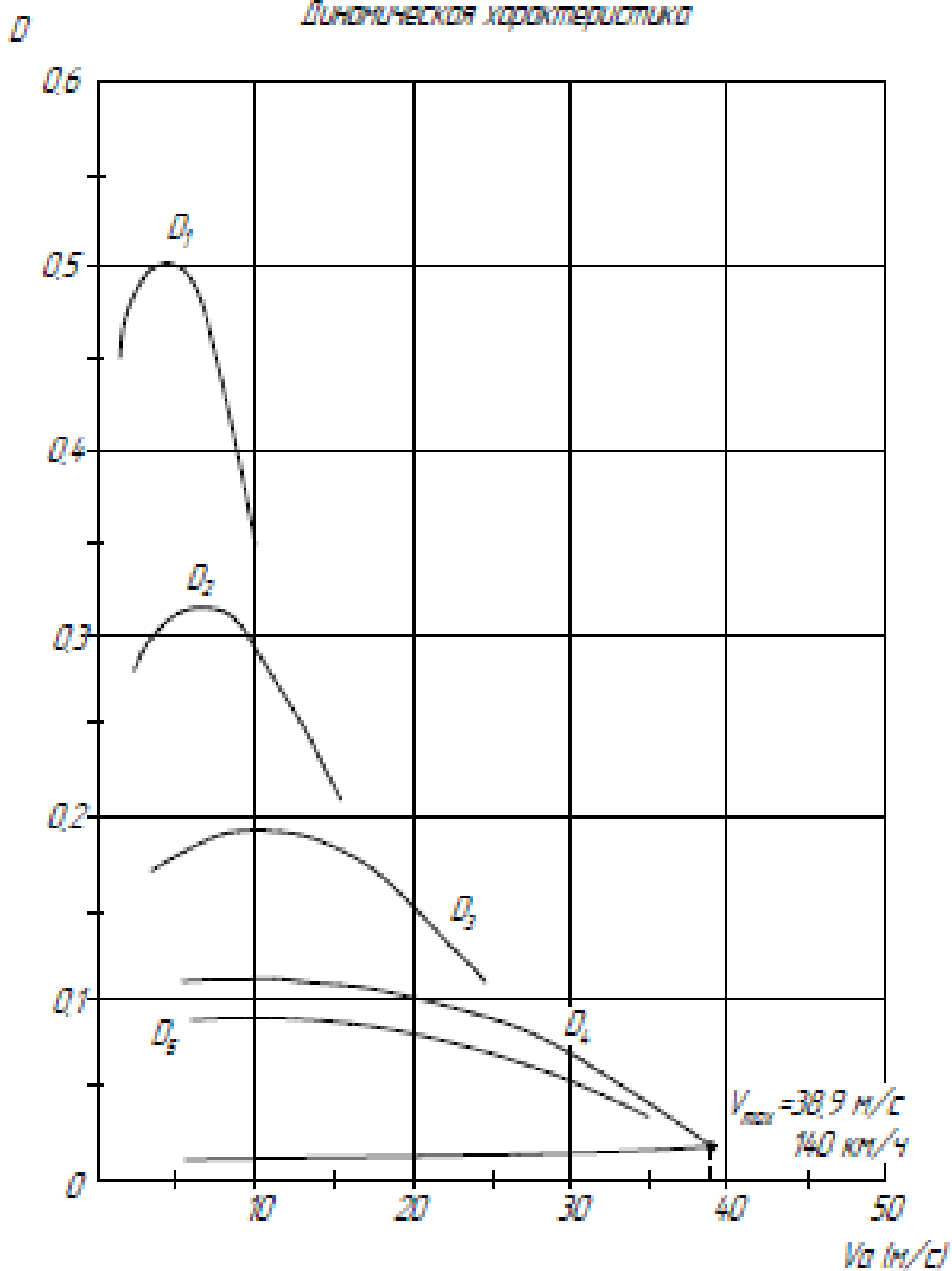


Рисунок А3 – Динамическая характеристика

Продолжение Приложения А

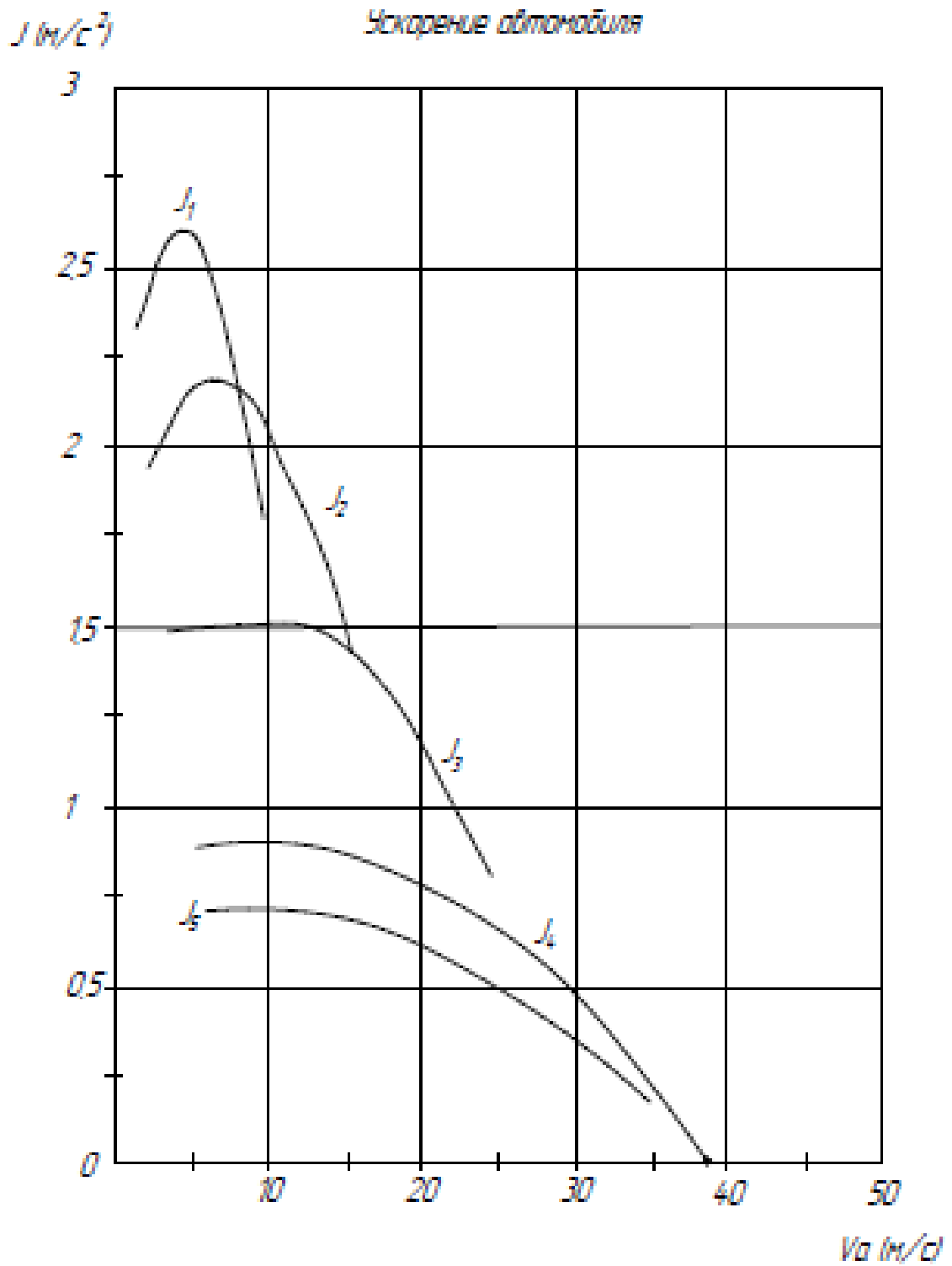


Рисунок А4 – Ускорения автомобиля

Продолжение Приложения А

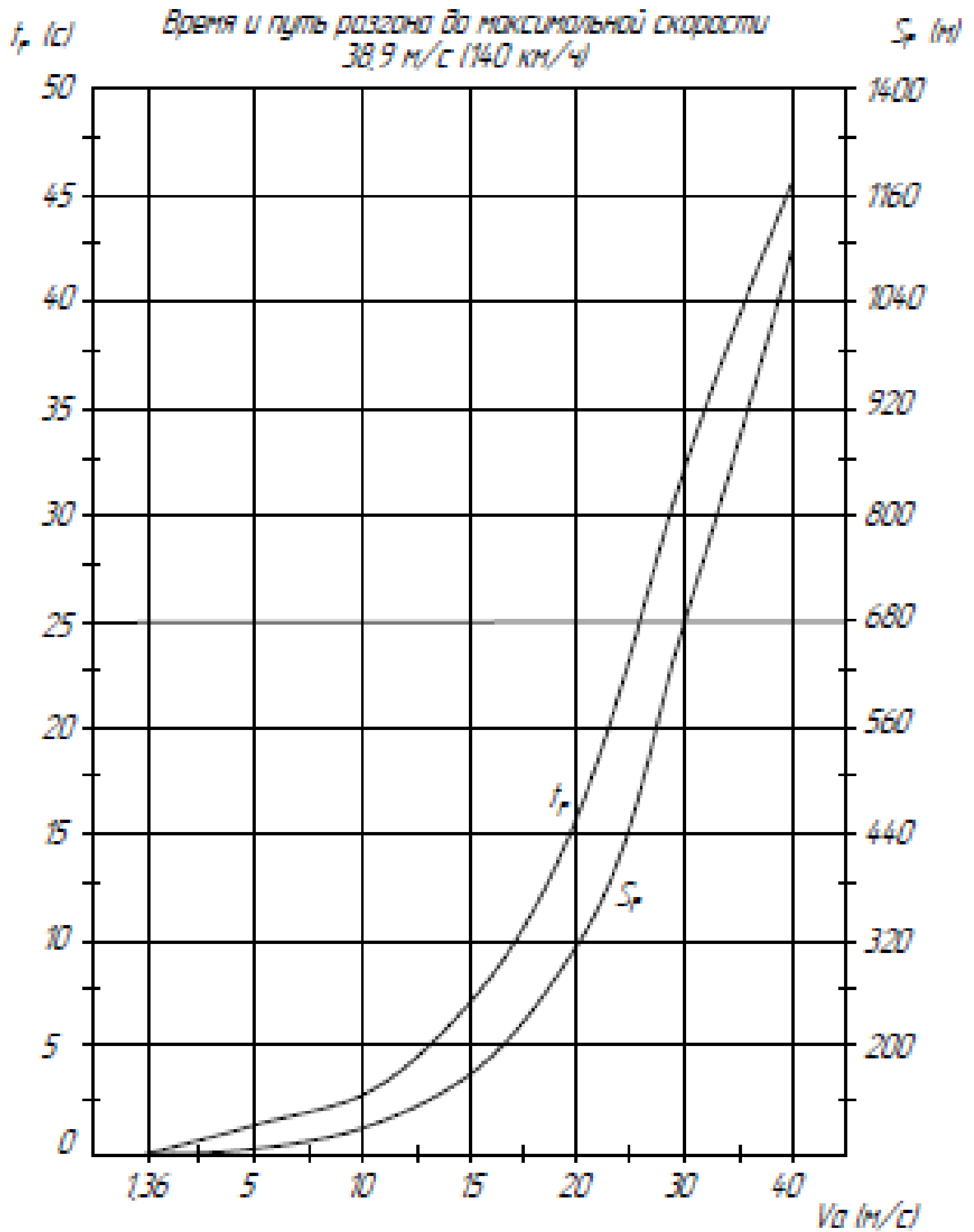


Рисунок А5 – Время и путь разгона автомобиля

Продолжение Приложения А

Мощностной баланс

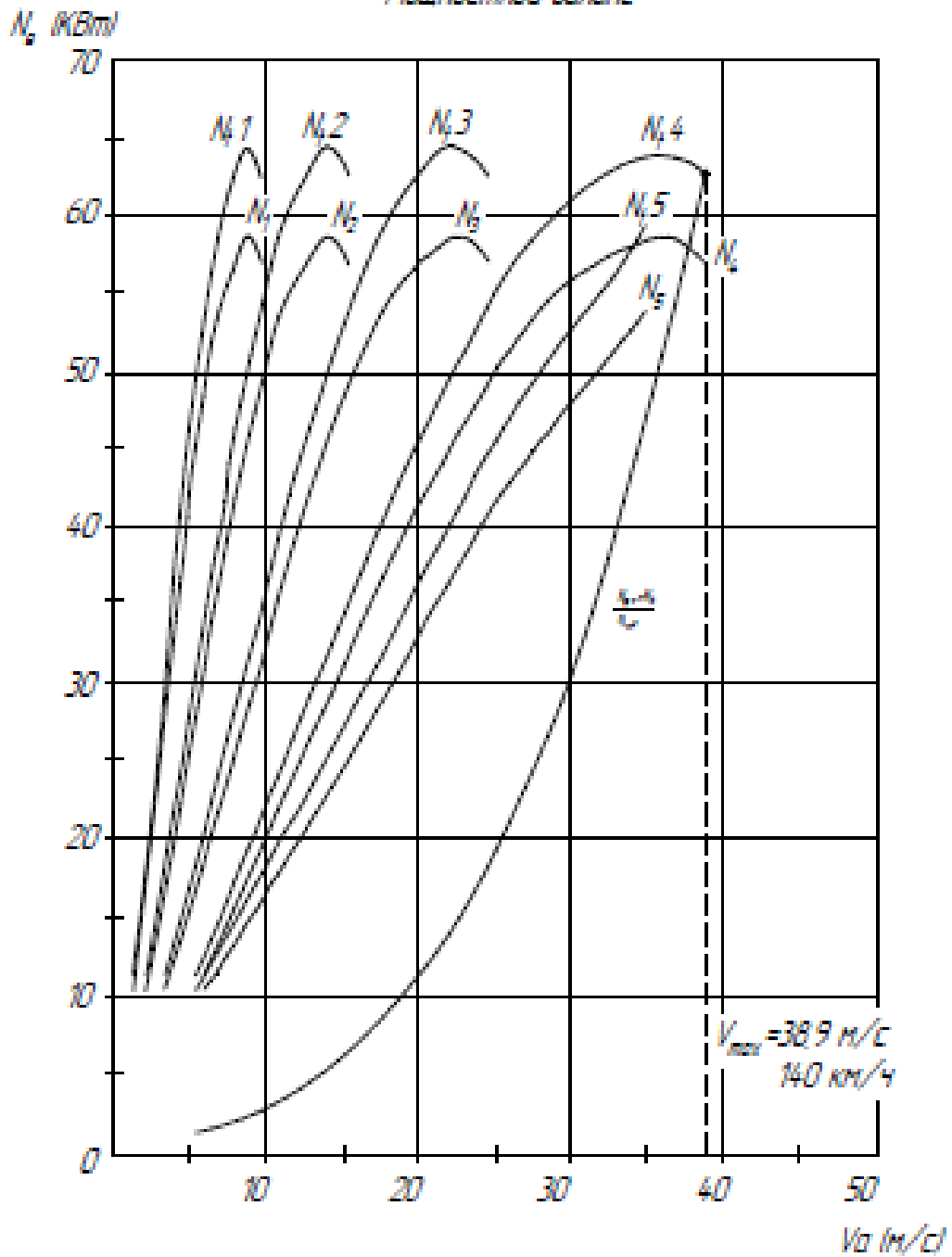


Рисунок А6 – Мощностной баланс

Продолжение Приложения А

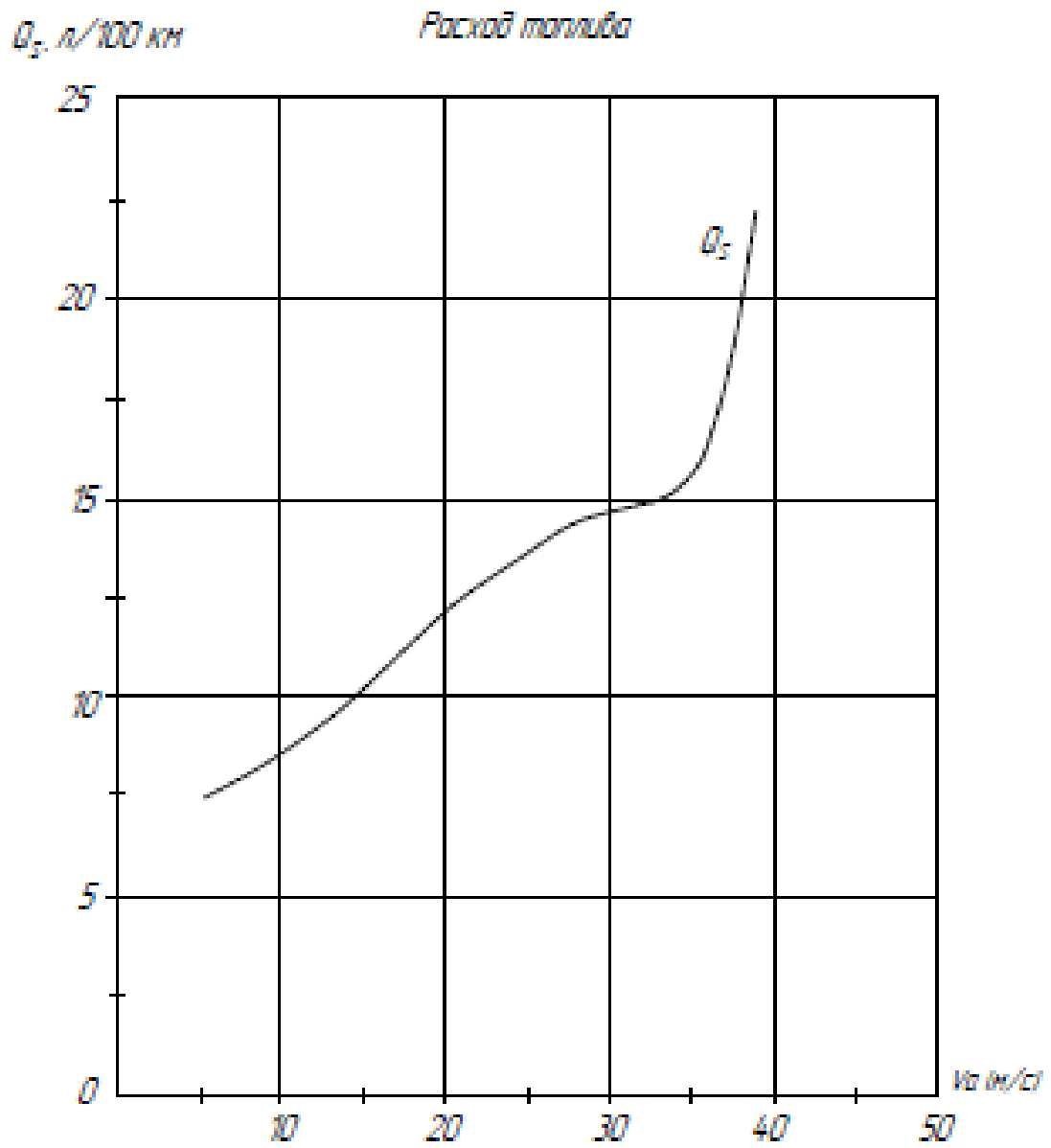


Рисунок А7 – Топливо-экономическая характеристика

Приложение Б
Спецификации

форма	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание	
				<u>Документация</u>			
			21.ДП.ПЭА.124.00 СБ	Сборочный чертеж	2		
				<u>Сборочные единицы</u>			
	1		21.ДП.ПЭА.124.01	Рама	1		
	2		21.ДП.ПЭА.124.02	Подшипниковый узел	1		
	3		21.ДП.ПЭА.124.03	Нагрузочный узел	1		
	4		21.ДП.ПЭА.124.04	Кронштейн имитатора	1		
	5		21.ДП.ПЭА.124.05	Маслоотбойный кожух	1		
	6		21.ДП.ПЭА.124.06	Масляный бак	1		
				<u>Детали</u>			
	7		21.ДП.ПЭА.124.02.07	Крышка задняя	1		
	8		21.ДП.ПЭА.124.02.08	Шайба дистанционная	1		
	9		21.ДП.ПЭА.124.02.09	Корпус	1		
	10		21.ДП.ПЭА.124.02.10	Втулка распорная	1		
	11		21.ДП.ПЭА.124.02.11	Вал	1		
	12		21.ДП.ПЭА.124.03.12	Крышка передняя	1		
	13		21.ДП.ПЭА.124.03.13	Имитатор витка червяка	1		
	14		21.ДП.ПЭА.124.03.14	Опора винта задняя	1		
	15		21.ДП.ПЭА.124.03.15	Направляющий стержень	2		
	16		21.ДП.ПЭА.124.02.16	Втулка	1		
	17		21.ДП.ПЭА.124.02.17	Шайба	1		
	18		21.ДП.ПЭА.124.02.18	Винт ходовой	1		
	19		21.ДП.ПЭА.124.02.19	Платик	1		
			21.ДП.ПЭА.124.00 СБ				
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата			
Разраб.		Вактин			Лит	Лист	
Проб.		Прокопьев			к	1	
Н. контр.		Прокопьев				2	
Утв.		Бабровский			ТГУ, ИМ, ПЭА АТс-1601а		
Установка для испытания масел и смазочных сред							

