

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

Институт машиностроения

(наименование института полностью)

Кафедра Проектирование и эксплуатация автомобилей

(наименование)

23.05.01 «Наземные транспортно-технологические средства»

(код и наименование направления подготовки, специальности)

Автомобили и тракторы

(направленность (профиль)/специализация)

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА  
(ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ)**

на тему Разработка стенда для проведения лабораторных испытаний  
трансмиссионных масел

Обучающийся

М.С. Дуб

(Инициалы Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

канд. техн. наук, доцент И.В. Турбин

(ученая степень (при наличии), звание (при наличии), Инициалы Фамилия)

Консультанты

доцент Д.А. Романов

(ученая степень (при наличии), звание (при наличии), Инициалы Фамилия)

канд. экон. наук, доцент Л.Л. Чумаков

(ученая степень (при наличии), звание (при наличии), Инициалы Фамилия)

канд. пед. наук, доцент С.А. Гудкова

(ученая степень (при наличии), звание (при наличии), Инициалы Фамилия)

Тольятти 2023

## Аннотация

Представлен дипломный проект на тему «Разработка стенда для проведения лабораторных испытаний трансмиссионных масел».

Актуальность данной темы обусловлена тем, что современные тенденции в автомобилестроении предъявляют повышенные требования не только к самим узлам и агрегатам трансмиссии, но и к материалам, из которых они изготавливаются и смазочным материалам. Это требует применения смазочных материалов нового типа, кардинально отличающихся по своим качественным характеристикам от смазочных материалов, использовавшихся ранее. Для автомобилей, технология которых подразумевает минимизацию запаса прочности с целью экономии материала и облегчения конструкции, использование высококачественным смазочных материалов означает продление срока эксплуатации и увеличение пробега между операциями технического воздействия.

Дипломный проект состоит из следующих разделов: введение, шесть глав, раскрывающих тему проекта, заключения и списка использованных источников, включая иностранные. Графическая часть диплома представлена на десяти листах формата А1.

Целью дипломного проекта является разработка стенда для проведения лабораторных испытаний трансмиссионных масел на уровне технического проекта.

Логически структура дипломного проекта разделена на следующие части, связанные между собой: анализ существующих технических решений в конструкции испытательных стендов трансмиссионных и моторных масел, тяговый расчет транспортного средства для смазочных материалов которых разрабатывается испытательный стенд, силовые и прочностные расчеты узлов испытательного стенда и его элементов, разработка технологического процесса изготовления узла, разработка безопасных условий труда на участке и экономическое обоснование эффективности дипломного проекта.

Разработанная в рамках дипломного проекта конструкция испытательного стенда позволит производить испытания смазочных материалов в более сжатые сроки и с наиболее наглядными и идентифицируемыми результатами. Внедрение конструкции в испытательные лаборатории позволит повысить качество производимых испытаний, получать достоверные верифицируемые результаты.

Отдельно необходимо отметить, что результаты выполненной работы в рамках дипломного проекта имеют не только теоретическое, но также обладают практическим значением. Разработанная конструкция может быть реализована в рамках производства испытательных стендов для специализированных лабораторий горюче-смазочных материалов.

## **Abstract**

A graduation project on the theme "Development of a stand for laboratory testing of gear oils" was presented.

The relevance of this topic is due to the fact that current trends in the automotive industry place increased demands not only on the transmission units and assemblies themselves, but also on the materials from which they are made and lubricants. This requires the use of lubricants of a new type, which are fundamentally different in their quality characteristics from the lubricants used previously. For vehicles whose technology involves minimizing margins of safety in order to save material and lighten construction, the use of high-quality lubricants means extended service life and increased mileage between operations of technical impact.

The diploma project consists of the following sections: an introduction, six chapters that reveal the topic of the project, a conclusion and a list of sources used, including foreign ones. The graphic part of the diploma is presented on ten sheets of A1 format.

The purpose of the diploma project is to develop a stand for laboratory testing of gear oils at the level of a technical project.

Logically, the structure of the graduation project is divided into the following parts, interconnected: analysis of existing technical solutions in the design of test benches for transmission and motor oils, traction calculation of the vehicle for lubricants of which a test bench is being developed, force and strength calculations of test bench units and its elements, development the technological process of manufacturing the assembly, the development of safe working conditions on the site and the economic justification for the effectiveness of the graduation project.

The design of the test bench developed as part of the graduation project will allow testing lubricants in a shorter time and with the most visible and identifiable results. Implementation of the design in testing laboratories will improve the quality of tests and obtain reliable verifiable results.

Separately, it should be noted that the results of the work performed within the framework of the graduation project are not only theoretical, but also have practical significance. The developed design can be implemented as part of the production of test benches for specialized laboratories of fuels and lubricants.

## Содержание

Введение .....	6
1 Обзор применяемых в автомобильной промышленности смазочных материалов и методик их испытания .....	8
1.1 Обзор типов и видов триботехнических составов, используемых в узлах и агрегатах автомобиля .....	8
1.2 Обзор стандартов и методик проведения испытания смазочных материалов .....	21
1.3 Обзор технических средств проведения испытаний смазочных материалов .....	25
2 Тягово-динамический расчет автомобиля .....	30
2.1 Выбор и обоснование исходных данных .....	30
2.2 Расчет массы автомобиля и радиуса колес .....	31
2.3 Расчет мощности и крутящего момента двигателя .....	32
2.4 Определение передаточного числа главной передачи .....	35
2.5 Определение передаточных чисел коробки передач .....	35
2.6 Время и путь разгона автомобиля .....	36
2.7 Мощностной баланс автомобиля .....	38
2.8 Топливоно-экономическая характеристика транспортного средства ...	40
3 Конструкторский раздел дипломного проекта .....	43
3.1 Техническое задание разработки стенда испытания трансмиссионных масел .....	43
3.2 Техническое предложение разработки стенда испытания трансмиссионных масел .....	45
3.3 Расчет конструкции и деталей стенда .....	54
3.4 Руководство по эксплуатации стенда для лабораторных испытаний смазочных материалов .....	59
3.5 Критерии оценки испытаний на стенде .....	65
4 Технологический процесс проверки масла на стенде .....	67

4.1 Описание технологического процесса проверки масла на стенде .....	67
4.2 Разработка технологического процесса проверки масла на стенде .....	68
5 Охрана труда и безопасность жизнедеятельности на участке сборки объекта дипломного проектирования .....	71
5.1 Характеристика участка сборки .....	71
5.2 Профессиональные риски, характерные для участка .....	73
5.3 Разработка мероприятий по снижению воздействия профессиональных рисков на работающих .....	77
5.4 Пожарная безопасность и противопожарные мероприятия на участке .	81
5.5 Мероприятия по обеспечению экологической безопасности участка ...	84
6 Расчет показателей экономической эффективности дипломного проекта .	87
6.1 Характеристика объекта анализа экономической эффективности .....	87
6.2 Расчет себестоимости нормо-часа работ сборочного участка .....	88
Заключение .....	98
Список используемой литературы и используемых источников .....	103
Приложение А Графики тягового расчета .....	106
Приложение Б Спецификации .....	113

## Введение

На сегодняшний день трансмиссионные масла являются важным компонентом автомобильной техники, они обеспечивают надежную работу трансмиссии и продлевают срок ее службы. Однако для обеспечения качества трансмиссионного масла его необходимо регулярно проверять на соответствие стандартам и критериям качества. Помимо трансмиссионных масел, на рынке представлено множество других видов автомобильных масел, таких как моторные, гидравлические, тормозные и т. д. Каждый вид масла имеет свои особенности и предназначен для определенных узлов автомобиля.

Моторные масла являются одним из важнейших компонентов автомобиля, они обеспечивают надежную работу двигателя и продлевают срок его службы. В зависимости от типа двигателя (бензиновый или дизельный) и условий эксплуатации автомобиля подбираются соответствующие моторные масла.

Гидравлические масла используются для работы гидравлических систем автомобиля, таких как система рулевого управления, тормозная система и др. Они обеспечивают надежную работу системы и предотвращают ее износ.

Тормозные масла используются для работы тормозной системы автомобиля. Они обеспечивают надежную работу тормозов и предотвращают перегрев тормозных дисков и колодок.

Выбор подходящего масла для вашего автомобиля – важная задача. Это зависит от типа транспортного средства, условий его эксплуатации и технических требований. При выборе масла необходимо учитывать рекомендации производителя транспортного средства и соответствующие стандарты и критерии качества. Таким образом, автомобильные масла являются важным компонентом автомобильной техники. Правильный их



подбор и регулярное техническое обслуживание помогают обеспечить надежную работу автомобиля и продлить срок его службы.

Разработка стенда для испытаний трансмиссионных масел является актуальной задачей в автомобильной промышленности. Такой стенд позволяет проводить комплексные испытания трансмиссионных масел на соответствие стандартам и критериям качества. При этом тестовый стенд позволяет ускорить процесс тестирования и снизить затраты на его реализацию. Основной задачей при разработке испытательного стенда является создание условий, максимально приближенных к реальным условиям эксплуатации трансмиссионных масел. Для этого необходимо учитывать различные факторы, такие как температура, давление, скорость вращения, загрязнение и т. д. Важным аспектом при разработке испытательного стенда является также выбор методов испытаний и критериев качества трансмиссионных масел. Для этого проводятся исследования на основе современных научных методов и технологий.

Результатом разработки испытательного стенда является создание универсального инструмента, позволяющего проводить испытания трансмиссионных масел на соответствие международным стандартам и критериям качества. Это повышает доверие к продукции, а также обеспечивает безопасность и надежность трансмиссии автомобиля.

В данной дипломной работе рассматривается разработка стенда для испытаний трансмиссионных масел, а также выбор методов испытаний и критериев качества трансмиссионных масел. Работа включает теоретические и практические аспекты, а также результаты исследований и испытаний на созданном стенде.

# **1 Обзор применяемых в автомобильной промышленности смазочных материалов и методик их испытания**

## **1.1 Обзор типов и видов триботехнических составов, используемых в узлах и агрегатах автомобиля**

Триботехнические составы являются одним из ключевых элементов в области техники и технологий. Они используются для снижения трения и износа поверхностей, повышения эффективности работы механизмов и увеличения срока их службы. Таким образом, требования к триботехническим составам очень высоки и включают в себя ряд важных факторов.

Первым требованием к триботехническим составам является их эффективность. Это означает, что они должны обеспечивать высокую защиту поверхностей от трения и износа, а также обладать высокой устойчивостью к воздействию различных факторов, таких как высокая температура, влага, агрессивные среды и другие.

Вторым требованием является безопасность. Триботехнические составы должны быть безопасными для использования и не должны содержать вредных веществ, которые могут нанести вред здоровью человека или окружающей среде. Кроме того, они должны соответствовать всем требованиям и стандартам, установленным в области безопасности.

Третьим важным требованием является экономичность. Триботехнические составы должны быть экономичными в использовании и не должны требовать слишком частой замены. Они должны обеспечивать максимальную эффективность при минимальных затратах.

Четвертым требованием является удобство и простота применения. Триботехнические составы должны быть просты в применении и не требовать специальной подготовки или обучения. Они должны быстро и легко наноситься на поверхность и обеспечивать максимальную защиту.

Пятый важный фактор – это совместимость с другими материалами. Триботехнические составы должны быть совместимы с другими материалами, которые используются в механизмах и конструкциях. Они не должны вызывать коррозию или другие негативные эффекты на поверхности, а также не должны приводить к снижению эффективности работы механизмов.

Наконец, последним требованием является доступность и удобство приобретения. Триботехнические составы должны быть доступны на рынке и не должны требовать больших затрат для их приобретения. Кроме того, они должны быть доступны в различных объемах, чтобы соответствовать потребностям различных потребителей.

Требования к триботехническим составам очень высоки и включают в себя ряд важных факторов, таких как эффективность, безопасность, экономичность, удобство и простота применения, совместимость с другими материалами и доступность и удобство приобретения. При выборе триботехнического состава необходимо учитывать все эти факторы, чтобы обеспечить максимальную эффективность и защиту поверхностей.

«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.» [7]

Смазочные материалы играют важную роль в автомобильной промышленности. Они необходимы для снижения трения и износа механизмов, а также для защиты от коррозии и окисления. В этом тексте мы рассмотрим основные свойства смазочных материалов, применяемых в автомобильной промышленности.

Одно из главных свойств смазочных материалов – это их способность снижать трение между движущимися деталями. Трение приводит к износу деталей и ухудшению их работоспособности. Смазочные материалы помогают снизить трение, увеличивая срок службы механизмов. Они образуют масляную пленку между деталями, которая уменьшает контактную поверхность и снижает силу трения.

Еще одним важным свойством смазочных материалов является их защитная функция. Они защищают механизмы от коррозии и окисления, предотвращая возникновение ржавчины и прочих повреждений. Они также могут защищать от пыли и грязи, предотвращая засорение деталей.

Смазочные материалы различаются по своим физическим свойствам. Некоторые из них имеют высокую вязкость и плотность, что позволяет им использоваться в высоконагруженных механизмах. Другие материалы более жидкие и легкие, их можно использовать в более легких механизмах. Есть также специальные смазочные материалы, которые рассчитаны на работу в экстремальных условиях, например, при высокой температуре или в условиях высокой влажности.

Одним из важных свойств смазочных материалов является их стойкость к экстремальным температурам. В автомобильной

промышленности механизмы могут работать при очень высоких температурах, поэтому необходимы смазочные материалы, которые могут выдерживать такие условия. Некоторые смазочные материалы имеют высокую термостойкость и могут работать при температурах выше 200 градусов Цельсия.

Еще одним важным свойством смазочных материалов является их стойкость к окислению. Это свойство важно для тех механизмов, которые работают при высоких температурах. Если смазочный материал окисляется, то он может потерять свои свойства и стать менее эффективным. Поэтому для механизмов, работающих при высоких температурах, необходимы смазочные материалы с высокой стойкостью к окислению.

Смазочные материалы также различаются по своему составу. Некоторые из них содержат металлические добавки, которые улучшают свойства смазки и повышают эффективность механизма. Другие материалы содержат добавки, которые предотвращают образование пены и улучшают смазку при высоких скоростях.

Кроме того, смазочные материалы могут быть разных типов, например, жидкие или твердые. Некоторые из них могут быть универсальными и использоваться для разных механизмов, а другие могут быть специальными и использоваться только для конкретных типов механизмов.

Автомобильная промышленность нуждается в разнообразных смазочных материалах, которые должны быть способными снижать трение, защищать от коррозии и окисления, выдерживать высокие температуры и иметь различные физические свойства. Каждый тип механизма может требовать свой собственный тип смазочного материала, и их выбор должен быть основан на конкретных требованиях каждого конкретного механизма. Классификация смазочных материалов по видам приведена на рисунке 1.



Рисунок 1 – Классификация автомобильных смазочных материалов

Синтетические смазочные материалы используются в различных отраслях промышленности, от автомобильной до авиационной. Эти продукты производятся из синтетических масел и добавок, что обеспечивает уникальные свойства, такие как высокая температурная стойкость, стабильность в различных условиях эксплуатации и длительный срок службы.

Стоимость синтетических смазочных материалов может сильно варьироваться в зависимости от типа продукта, его качества и количества. Однако общий тренд на рынке показывает, что синтетические смазки стоят дороже, чем традиционные минеральные масла.

Например, цена на 1 литр синтетической моторной смазки может колебаться от 1000 до 2000 рублей в зависимости от производителя и качества продукта. Синтетические трансмиссионные масла могут стоить от 1500 до 3000 рублей за 1 литр, а цена на синтетические гидравлические масла может достигать 4000 рублей за литр.

Однако, стоит отметить, что использование синтетических смазочных материалов может принести значительные экономические выгоды в долгосрочной перспективе. Благодаря своим уникальным свойствам, синтетические масла могут увеличить эффективность работы оборудования, увеличить его срок службы и снизить расходы на техническое обслуживание и ремонт. Характеристика синтетических смазочных материалов приводится в таблице 1.

Таблица 1 – Характеристика синтетических смазочных материалов

Наименование показателей	Нефтяное (минеральное масло)	Синтетические масла			
		Диэфирные	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

Жидкие смазочные материалы широко используются в различных отраслях промышленности, таких как автомобильная, авиационная, судостроительная и других. Они обеспечивают гладкую работу механизмов,

уменьшают их износ и увеличивают срок службы. Однако, чтобы смазочный материал мог выполнять свои функции наилучшим образом, необходимо учитывать несколько основных характеристик, которые определяют его эксплуатационные свойства.

– Вязкость. Вязкость является одной из самых важных характеристик смазочных материалов. Она определяет способность материала течь в механизме и заполнять зазоры и щели. Смазочный материал с низкой вязкостью быстро текучий и может не обеспечивать достаточного смазывания при высоких скоростях. Смазочный материал с высокой вязкостью будет медленно текучим, что также может неблагоприятно повлиять на работу механизма.

– Температурный диапазон. Температурный диапазон является еще одной важной характеристикой смазочных материалов. Он определяет температурные пределы, в которых материал может использоваться без потери своих свойств. Смазочный материал должен быть способен сохранять свои свойства как при низких, так и при высоких температурах.

– Стойкость к окислению. Стойкость к окислению это способность смазочного материала сохранять свои свойства при длительном контакте с кислородом. Окисление может привести к изменению химического состава материала, что негативно отразится на его эксплуатационных свойствах. Смазочный материал с высокой стойкостью к окислению будет иметь более длительный срок службы.

– Стойкость к загрязнениям. Стойкость к загрязнениям связана со способностью смазочного материала удерживать загрязнения, такие как пыль, грязь и другие частицы. Загрязнения могут повредить поверхность механизма и уменьшить эффективность работы смазочного материала. Смазочный материал с высокой стойкостью к загрязнениям будет более эффективным и иметь более длительный срок службы.



– Способность смазывать. Способность смазывать - это способность смазочного материала обеспечивать гладкую работу механизмов и защиту их поверхностей от износа и коррозии. Каждый механизм требует определенного вида смазочного материала, который обеспечивает необходимую степень смазывания. Смазочный материал должен быть подобран с учетом характеристик механизма и условий его эксплуатации.

Характеристики, определяющие эксплуатационные свойства смазочных материалов жидкой фракции, являются критически важными для эффективного использования этих материалов в различных промышленных отраслях. Правильный выбор смазочного материала с учетом его характеристик может значительно увеличить эффективность работы механизмов и снизить затраты на их обслуживание и ремонт.

Консистентные смазочные материалы используются в различных отраслях промышленности для снижения трения и износа механизмов и оборудования. Они представляют собой пастообразные смазки, которые содержат специальные добавки для улучшения их эксплуатационных свойств.

Характеристики консистентных смазочных материалов, которые определяют их эксплуатационные свойства, включают следующие:

– Вязкость. Одной из основных характеристик консистентных смазочных материалов является вязкость. Вязкость определяет способность материала сопротивляться деформации под действием внешней силы и влияет на его способность формировать пленку на поверхностях трения. Высокая вязкость обеспечивает лучшую смазку и защиту от износа, но может приводить к ухудшению эффективности механизмов. Низкая вязкость позволяет улучшить производительность механизмов, но может приводить к большему износу.

– Температурная стабильность. Консистентные смазочные материалы должны обладать высокой температурной стабильностью, чтобы не

терять свои смазывающие свойства при высоких температурах. При нагреве материал может начать разлагаться и терять свою эффективность, что может привести к повреждениям оборудования. Характеристики таких материалов должны быть подобраны исходя из условий эксплуатации оборудования.

– Консистенция. Консистенция консистентных смазочных материалов определяет их способность к деформации и формированию пленки на поверхностях трения. Материалы с высокой консистенцией достаточно плотны, чтобы не вытекать из промежутков между деталями, но в то же время достаточно мягкие, чтобы обеспечить хорошую смазку. Материалы с низкой консистенцией могут привести к вытеканию и утечке материала из оборудования, что может привести к повреждению механизмов.

– Степень защиты от окисления. Консистентные смазочные материалы должны иметь высокую степень защиты от окисления. Окисление материала может привести к образованию кислотных соединений и коррозии поверхности механизмов, что приведет к их повреждению. Характеристики материала должны быть подобраны с учетом условий эксплуатации оборудования.

– Совместимость с материалами. Консистентные смазочные материалы должны быть совместимы с материалами, из которых изготовлено оборудование. Несовместимость может привести к растрескиванию поверхности механизмов или к другим повреждениям. Поэтому при выборе консистентных смазочных материалов необходимо учитывать материалы, из которых изготовлено оборудование.

– Степень защиты от загрязнения. Консистентные смазочные материалы должны обеспечивать степень защиты от загрязнения. Загрязнения могут привести к замусориванию механизмов и привести к

их выходу из строя. Поэтому материалы должны обеспечивать степень защиты от загрязнения и иметь достаточную долговечность.

Характеристики, определяющие эксплуатационные свойства консистентных смазочных материалов, должны быть выбраны с учетом условий эксплуатации оборудования. При правильном выборе материалов и их использовании можно добиться значительного улучшения производительности механизмов и долговечности оборудования.

Твердые смазочные материалы – это материалы, применяемые для уменьшения трения и износа поверхностей, находящихся в контакте друг с другом. Они обладают множеством характеристик, которые определяют их эксплуатационные свойства и влияют на эффективность их использования.

Одной из основных характеристик твердых смазочных материалов является твердость. Твердость определяет способность материала сопротивляться деформации при нагрузках. Чем выше твердость материала, тем лучше его стойкость к износу и долговечность. Однако, слишком высокая твердость может привести к повышенному шуму и вибрации в механизмах.

Другой важной характеристикой является коэффициент трения. Он определяет силу трения, возникающую при движении поверхностей друг по другу. Чем ниже коэффициент трения, тем меньше энергии расходуется на преодоление силы трения, что обеспечивает более эффективную работу механизма.

Еще одной ключевой характеристикой твердых смазочных материалов является устойчивость к высоким температурам. Материал должен обладать высокой термостойкостью, чтобы не разрушаться при высоких температурах, которые могут возникать при работе механизма. Также он должен обладать стабильностью при изменении температуры, чтобы сохранять свои эксплуатационные свойства.

Еще одной важной характеристикой твердых смазочных материалов является устойчивость к окружающей среде. Материал не должен

реагировать с другими веществами в окружающей среде, что может привести к ухудшению его свойств и повышенному износу. Он также должен быть устойчив к воздействию влаги, кислот и щелочей, чтобы сохранять свои свойства в течение длительного времени.

Кроме того, важную роль играет маслосодержание твердых смазочных материалов. Масло является не только компонентом, который обеспечивает смазку поверхностей, но и защищает их от коррозии и других негативных воздействий. Однако, слишком высокое содержание масла может привести к снижению твердости и увеличению износа материала.

Также важную роль играет степень адгезии твердых смазочных материалов. Адгезия определяет способность материала прилипать к поверхности, на которую он наносится. Чем выше степень адгезии, тем лучше он будет сцепляться с поверхностью, обеспечивая более эффективную смазку и защиту.

Эксплуатационные свойства твердых смазочных материалов зависят от множества характеристик, таких как твердость, коэффициент трения, устойчивость к высоким температурам и окружающей среде, маслосодержание и степень адгезии. Правильный выбор твердого смазочного материала может значительно увеличить эффективность работы механизма и продлить его срок службы.

Смазочные материалы являются неотъемлемой частью работы любого автомобиля. Они нужны для снижения трения между движущимися деталями, защиты от износа и коррозии. Хорошие смазочные материалы обеспечивают надежную работу автомобильных агрегатов, продлевают срок их службы и снижают расход топлива.

Однако выбор смазочных материалов не является простым заданием. Для каждого автомобильного агрегата требуется свой вид смазки, который обеспечивает наилучшую работу. Например, для двигателя необходимо выбрать масло, которое обеспечивает надежную работу при высоких температурах и снижает износ деталей. Для коробки передач и

дифференциала требуется смазка с высокой вязкостью, которая обеспечит защиту деталей от износа и коррозии.

При выборе смазочных материалов необходимо учитывать не только требования производителя автомобиля, но и условия эксплуатации. Например, для автомобилей, работающих в холодных климатических условиях, необходимо выбирать смазочные материалы с высокой текучестью, чтобы обеспечить быстрый запуск двигателя. Для автомобилей, работающих в жарких условиях, нужно выбирать смазочные материалы, которые обеспечивают надежную работу при высоких температурах.

Также при выборе смазочных материалов следует обращать внимание на их качество. Качественные смазочные материалы обеспечивают надежную работу автомобильных агрегатов, снижают расход топлива и увеличивают срок службы автомобиля. Качественные смазочные материалы содержат специальные присадки, которые улучшают их свойства и защищают детали от износа и коррозии.

Не стоит экономить на смазочных материалах, так как их выбор может повлиять на надежность работы автомобиля и его безопасность на дороге. Выбор смазочных материалов для автомобильных агрегатов является важным этапом в обслуживании автомобиля. При выборе следует учитывать требования производителя, условия эксплуатации и качество материалов.

«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:» [7], [22]

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
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°С, мм <sup>2</sup> /с (сСт)	Класс вязкости	Кинематическая вязкость при температуре 40°С, мм <sup>2</sup> /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°С).

По строчным буквам после обозначения дроби становится возможным узнать информацию о виде дисперсионной среды. Заключительные цифры в маркировке –класс консистенции смазочного материала.» [17], [21]

## **1.2 Обзор стандартов и методик проведения испытания смазочных материалов**

Смазочные материалы играют важную роль в обеспечении долговечности и безопасности различных механических конструкций, начиная от двигателей автомобилей и заканчивая турбореактивными

двигателями. Поэтому важно проводить испытания смазочных материалов, которые позволяют оценить их характеристики и свойства.

Существует несколько методик испытания смазочных материалов, которые зависят от конкретного вида материала и области его применения. Рассмотрим наиболее распространенные методики испытания смазочных материалов.

Испытание на износ. Испытание на износ является одним из самых популярных методов испытания смазочных материалов. Оно заключается в том, что на специальном стенде с помощью специального испытательного станка смазочный материал наносится на поверхность детали, которая затем подвергается циклическим нагрузкам.

«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.» [18], [19]

На основании результата износа можно оценить степень защиты поверхности от износа и долговечность смазочного материала. Испытание на износ может проводиться как на закрытых, так и на открытых стендах.

Испытание на механическую стабильность. Испытание на механическую стабильность проводится с целью оценки способности смазочного материала сохранять свои свойства и характеристики при длительном использовании и в условиях высоких температур.



Для проведения этого испытания смазочный материал нагревается до определенной температуры и подвергается механическому воздействию в течение определенного времени. На основании результата испытания можно оценить устойчивость смазочного материала к высоким температурам и механическим нагрузкам.

Испытание на окисление. Испытание на окисление проводится для оценки способности смазочного материала сохранять свои химические свойства и стабильность при высоких температурах и в условиях окисления.

Для проведения этого испытания смазочный материал нагревается до определенной температуры в присутствии кислорода. На основании результата испытания можно оценить устойчивость смазочного материала к окислению и его долговечность.

#### 4. Испытание на вязкость

Испытание на вязкость проводится с целью определения скорости, с которой смазочный материал восстанавливает свою форму после деформации. Вязкость является важным параметром для оценки эффективности смазочного материала.

Для проведения этого испытания смазочный материал нагревается до определенной температуры, после чего его распределяют на поверхности деталей и измеряют скорость восстановления формы.

«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.» [15], [18]

#### 5. Испытание на коррозию

Испытание на коррозию проводится с целью оценки способности смазочного материала защищать металлические поверхности от коррозии. Для проведения этого испытания смазочный материал наносится на поверхность металлической детали, которая затем подвергается воздействию влаги и агрессивных сред.

На основании результата испытания можно оценить степень защиты металлической поверхности от коррозии и долговечность смазочного материала.

«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]

В заключение, проведение испытаний смазочных материалов является важным этапом в процессе разработки и производства этих материалов. Результаты испытаний позволяют оценить характеристики и свойства смазочных материалов и выбрать наиболее эффективный материал для конкретной области применения.

### **1.3 Обзор технических средств проведения испытаний смазочных материалов**

Смазочные материалы являются необходимыми элементами для правильной работы механизмов машин трения. Они обеспечивают снижение трения и износа в контактных зонах движущихся частей, а также защищают поверхности от коррозии и окисления. Следовательно, тестирование смазочных материалов на машинах трения является важным этапом в разработке и оптимизации этих материалов. В этой статье мы рассмотрим несколько методик испытаний смазочных материалов на машинах трения.

Для тестирования смазочных материалов на машинах трения необходимо понимать, что такое трение и износ. Трение – это силовое взаимодействие между поверхностями, находящимися в контакте, которое приводит к сдвигу и износу поверхностей. Износ – это потеря материала поверхности, обычно вызванная повторяющимися контактами с другой поверхностью.

Методика испытаний «четырёхшариковый» машиной, шарикопроволочный метод.

Этот метод используется для измерения коэффициента трения, силы износа и износостойкости смазочных материалов. Он основан на использовании четырех шариков, которые попадают в контакт с поверхностью образца смазочного материала. После испытаний измеряется диаметр следа, оставленного шариками на поверхности образца. Эта методика получила широкое распространение в автомобильной и аэрокосмической промышленности. Пример испытательной машины трения, используемой при четырехшариковом испытании приведен на рисунке 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.» [4], [13]

«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.» [17]



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

Методика испытаний на универсальной машине трения. Универсальная машина трения позволяет измерять силу трения и износ смазочных материалов в различных условиях. Эта методика основана на том, что образец смазочного материала помещается между двумя поверхностями, которые движутся одна относительно другой. Во время испытаний измеряются силы, необходимые для передвижения этих поверхностей друг относительно друга, а также силы, вызванные износом смазочного материала.

Методика испытаний на машине плоских контактов. Этот метод позволяет измерять силу трения и износ смазочных материалов в условиях, более приближенных к тем, которые встречаются в реальных механизмах. Образец смазочного материала помещается между двумя

плоскими поверхностями, которые движутся одна относительно другой. Во время испытаний измеряются силы, необходимые для передвижения этих поверхностей друг относительно друга, а также силы, вызванные износом смазочного материала.

По этому принципу работают испытательные машины, созданные в Институте машиноведения имени А.А. Благонравова РАН (ИМАШ РАН), рисунок 3.

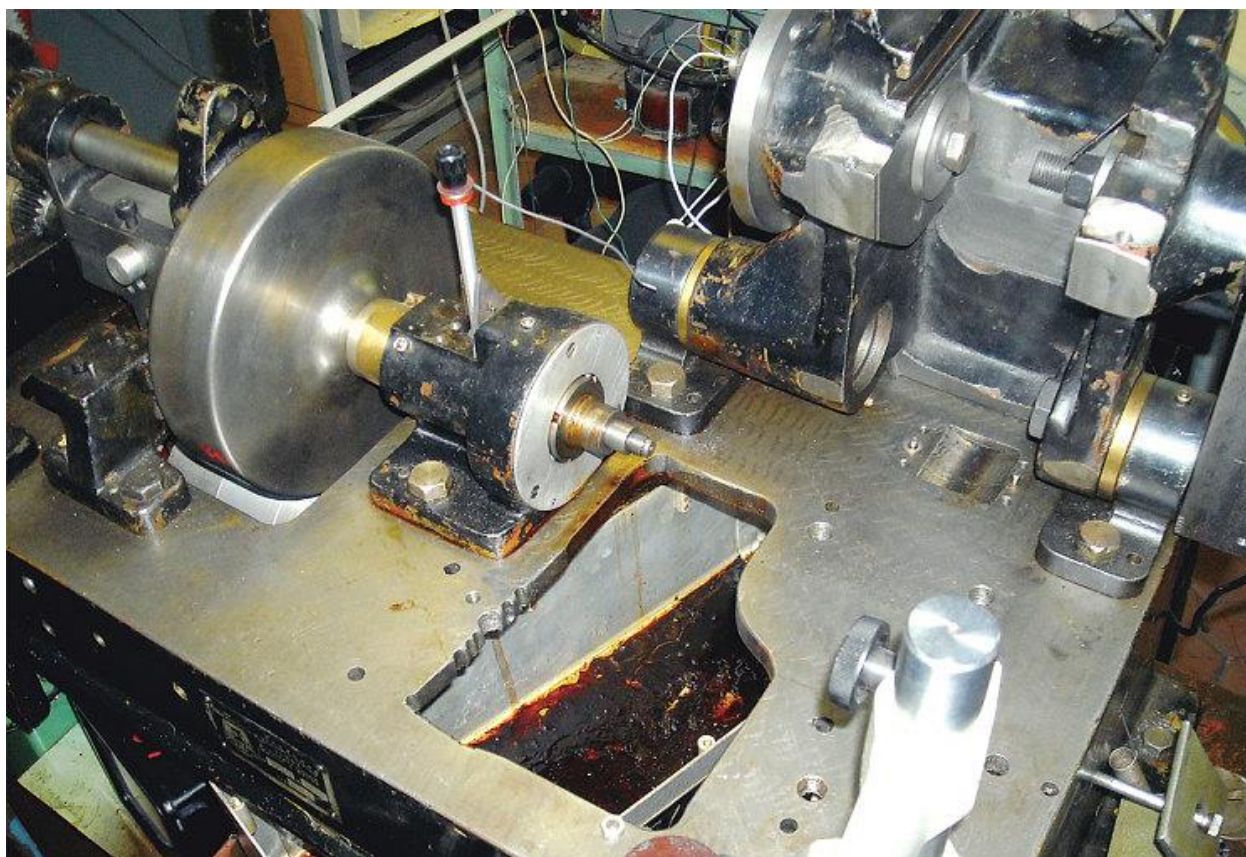


Рисунок 3 – Машина испытаний смазочных материалов Института машиноведения имени А.А. Благонравова РАН (ИМАШ РАН)

Испытания смазочных материалов на машинах трения являются важным этапом в разработке и оптимизации этих материалов. Методики испытаний могут различаться в зависимости от целей и условий, в которых будут использоваться смазочные материалы. Однако, несмотря на

различия в методиках, все они имеют общую цель - определить наилучшие смазочные материалы для повышения эффективности и долговечности механизмов.

Выводы по разделу. В разделе произведен краткий обзор типов и видов смазочных материалов. Произведен анализ характеристик смазочных материалов, на основании которого сделаны выводы о тех характеристиках, которые могут быть проконтролированы посредством средств инструментального контроля. Приведены основных характеристики различных видов смазочных материалов. Основным параметром смазочного материала будет являться соотношение вязкости и смазывающе-охлаждающих характеристик материалов, что и будет определять применение того или иного вида смазки для различных узлов и агрегатов автомобиля.

Также в разделе выполнен обзор методик проведения испытаний смазочных материалов. Выявлено два основных метода испытаний – с использованием четырехшариковой машины и с использованием метода испытаний на плоскостной машине трения. Как было выявлено в результате обзора, данный метод используется в исследованиях как наиболее соответствующем реальным условиям эксплуатации. Учитывая, что проектируемый стенд должен максимально соответствовать требованиям условий эксплуатации, предварительно для конструкции будет выбран стенд, соответствующий этой методике.

Таким образом, результатом раздела явился анализ характеристик смазочных материалов и выбор типа разрабатываемой конструкции стенда, исходя из условий эксплуатации смазочных материалов.

## 2 Тягово-динамический расчет автомобиля

### 2.1 Выбор и обоснование исходных данных

Стенд для испытания смазочных материалов предполагает проведение работ по испытанию и сертификации трансмиссионных масел для легковых автомобилей. Основным потребителем будут являться автомобили наиболее массового сегмента, а именно автомобиль третьего класса. Поэтому, в разделе, позволяющем продемонстрировать тяговые характеристики транспортного средства, взятого в качестве прототипа, производится расчет именно такого транспортного средства. Исходные данные для расчета транспортного средства приводятся в таблице 5.

Таблица 5 – Исходные данные для тягового расчета транспортного средства

Наименование параметра	Значение параметра
Тип транспортного средства	легковой автомобиль
Тип привода	передний привод
Класс транспортного средства	легковой, третий
Количество мест	5
Снаряженная масса, кг	1250
Максимальная скорость, км/ч (м/с)	140 (38,9)
Коэффициент сопротивления качению	0,01
Максимально преодолеваемый подъем	0,22
Лобовая площадь, м <sup>2</sup>	2,24

В соответствии с выбранными параметрами транспортного средства в разделе будет произведен расчет, отраженный ниже.



## 2.2 Расчет массы автомобиля и радиуса колес

Полная масса автомобиля находится по формуле:

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

«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.» [3]

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

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,  $g = 9,81 \text{ М/с}^2$ » [3], [11]

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

Шины выбираем камерные радиальные, размерностью 165/80 R15. Зная размер шин, определяем статический радиус колеса:

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

«где  $d$  - посадочный диаметр шины:  $d = 15 \cdot 25,4 = 381$  мм

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

$H$  - высота профиля шины,  $H = 0,8 \cdot 165 = 132$  мм» [3]

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

На дорогах с твёрдым покрытием:

$$r_{cm} = r_{\partial} = r_{к} \quad (4)$$

где  $r_{\partial}$  - динамический радиус колеса, м;

$r_{к}$  - радиус качения колеса, м;

### 2.3 Расчет мощности и крутящего момента 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,  $g = 9,81 \text{ м/с}^2$ ;

$\psi_V$  - коэффициент сопротивления дороги при максимальной скорости автомобиля:

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

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

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

$\eta_T$  - КПД трансмиссии:» [3], [10]

$$\eta_T = 0,98^0 \cdot 0,97^1 \cdot 0,98^3 = 1 \cdot 0,97 \cdot 0,94 = 0,91;$$

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

Максимальная мощность двигателя определяется по формуле:

$$N_e = N_v \cdot (\omega_v / \omega_N + (\omega_v / \omega_N)^2 - (\omega_v / \omega_N)^3) \quad (7)$$

где  $\omega_N$  - 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.,  $n_N = 5200 \text{ мин}^{-1}$ ;

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

$\omega_v$  - коленчатого вала двигателя, при которой достигается максимальная скорость автомобиля:

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

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

«По полученным значениям  $N_e^{max}$ ,  $N_v$  и формуле (7) рассчитывают внешнюю скоростную характеристику двигателя выбрав 6 значений в диапазоне  $\omega_{max, min}$ . Полученные данные сводим в таблицу 5:» [4], [10]

Таблица 5 - Внешняя скоростная характеристика автомобиля

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

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

где  $\omega_e$ - 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:

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

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

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

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

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

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

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

## 2.4 Определение передаточного числа главной передачи

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

$$U_0 = \frac{\omega_{K_{max}}}{U_k^e \cdot V_{max}} \quad (12)$$

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

$$U_k^e = U_{k4} = 1,0;$$

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

## 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.:

$$\frac{M_{T_{01max}}}{r_{Ka} \cdot \frac{G_a \cdot \psi_{K_{max}}}{M_{T_{0max}}}} \quad (13)$$

«где  $U_0$  - передаточное число главной передачи;

$U_1$  - передаточное число коробки передач при включенной первой передаче;

$\psi_{max}$  - коэффициент сопротивления дороги:» [3]

$$\psi_{K_{max,max}} \quad (14)$$

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

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

Для пятиступенчатой коробки передач:

принимаем  $U_{K1} = 4,0$ ;

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

$$U_{K3} = \sqrt[3]{U_{K1}} = \sqrt[3]{4} = 1,58; \quad (15)$$

принимаем  $U_{K4} = 1,0$ ;

принимаем  $U_{K5} = 0,8$ .

Тяговый баланс автомобиля по передачам приводится в виде графиков в Приложении А.

## 2.6 Время и путь разгона автомобиля

Время и путь разгона определяют графоаналитическим способом. При расчете используем значения из высшей передачи. Полученные данные занесем в таблицу 6.

Время разгона автомобиля:

$$t_p = \left( \frac{1}{j_{cp}} \right) \cdot \Delta V, \quad (16)$$

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

$\Delta V$  - разница скорости между двумя участками IV передачи;

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

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

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

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

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

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

Время разгона от скорости  $V_{min}$  :

$$t_n = \sum_{k=1}^n \Delta t_k, \quad (17)$$

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

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

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

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

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

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

Путь разгона автомобиля:

$$S_p = V_{cp} \cdot t_p, \quad (18)$$

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

$t_p$  - разница времени разгона автомобиля между двумя участками IV передачи;

$$S_{p1} = \frac{V_{1_{min}}}{2_{p1} \frac{1,36 + 5,1}{2}}$$

$$S_{P2} = \frac{V_1 + V_2}{\gamma} \cdot (t_{p2} - t_{p1}) = \frac{5,1 + 8,13}{\gamma} \cdot (2,768 - 1,496) = 8,414 \text{ м};$$

$$S_{P3} = \frac{V_2 + V_3}{\gamma} \cdot (t_{p3} - t_{p2}) = \frac{8,13 + 15,5}{\gamma} \cdot (6,998 - 2,768) = 49,977 \text{ м};$$

$$S_{P4} = \frac{V_3 + V_4}{\gamma} \cdot (t_{p4} - t_{p3}) = \frac{15,5 + 24,63}{\gamma} \cdot (15,762 - 6,998) = 175,849 \text{ м};$$

$$S_{P5} = \frac{V_4 + V_5}{\gamma} \cdot (t_{p5} - t_{p4}) = \frac{24,63 + 32}{\gamma} \cdot (32,086 - 15,762) = 462,214 \text{ м};$$

Путь разгона от скорости  $V_{min}$  :

$$S_n = \sum_{k=1}^n \Delta S_k, \quad (19)$$

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  $V_5$ :  $S'_{P5} = S'_{P4} + S_{P5} = 239,072 + 462,214 = 701,286 \text{ м};$

Таблица 6 – 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
$1 / j_a, \text{ с}^2/\text{м}$	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

Таким образом, рассчитаны показатели динамики автомобиля.

## 2.7 Мощностной баланс автомобиля

Тяговая мощность автомобиля:



$$N_T = N_e \cdot \eta_{TP}, \quad (20)$$

где  $N_e$  - эффективная мощность двигателя;

$\eta_{TP}$  - 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:

$$N = \frac{(F_{\psi v} + F_{\epsilon}) \cdot V_a}{\eta_{TP}}, \quad (21)$$

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

$F_{\epsilon}$  - сила сопротивления воздуха;

$V_a$  - текущая скорость автомобиля;

$\eta_{TP}$  - КПД трансмиссии;

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

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

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

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

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

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

Таким образом, определен мощностной баланс.

## 2.8 Топливоно-экономическая характеристика транспортного средства

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

$$Q_S = \frac{K_\omega \cdot K_H \cdot g_e^{\min(F_{\psi v} + F_\varepsilon)}}{36000 \cdot \rho_T \cdot \eta_T} \quad (22)$$

где  $K_\omega$  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  $g_e^{\min} \text{ л/кВт}\cdot\text{ч}$ ,

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

Рассчитаем значение коэффициента  $K_\omega$ :

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

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

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

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

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

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

Через степень использования мощности двигателя найдем коэффициент  $K_H$ :

$$H = \frac{F_{\psi v} + F_\varepsilon}{F_K}, \quad (23)$$

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

$$H_2 = \frac{177,4 + 131}{2039} = 0,151 \Rightarrow K_{H2} = 2,15;$$

$$I_3 = \frac{197,1 + 326,5}{2059} = 0,254 \Rightarrow K_{I3} = 1,7;$$

$$I_4 = \frac{213,6 + 610}{1931} = 0,426 \Rightarrow K_{I4} = 1,3;$$

$$I_5 = \frac{262,9 + 981}{1655} = 0,751 \Rightarrow K_{I5} = 0,9;$$

$$I_6 = \frac{279,3 + 1187}{1463} = 1,002 \Rightarrow K_{I6} = 1,01;$$

Находим путевой расход топлива:

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

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

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

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

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

$$Q_{S6} = \frac{1,07 \cdot 1,01 \cdot 300 \cdot 1,1 \cdot (279,3 + 23,2)1187}{36000 \cdot 0,72 \cdot 0,91} = 22,16 \text{ л/100км}^i$$

Результатом выполнения раздела явился расчет тягово-динамических и экономических характеристик транспортного средства.

Нагрузка на автомобиль является важным фактором, влияющим на его тяговую способность. При расчете необходимо учитывать массу автомобиля, грузоподъемность, а также вес и расположение груза. Расчет массы автомобиля основывался на методических указаниях и указаниях, почерпнутых из специализированной литературы, также подтвержденной практическим опытом.

Мощность двигателя, рассчитанной из массы и заданных скоростных режимов, должна быть достаточной для обеспечения необходимой тяговой способности при заданных условиях эксплуатации автомобиля. Рассчитанная

в разделе мощность 64,4 кВт соответствует мощности двигателя малого класса, что косвенно свидетельствует о правильности выполненных расчетов, подкрепляемых практическими значениями.

Передаточное число было выбрано таким образом, чтобы обеспечить оптимальное соотношение между скоростью автомобиля и его тяговой способностью. При этом необходимо учитывать, что слишком высокое передаточное число может привести к перегреву двигателя, а слишком низкое – к излишнему расходу топлива. Рассчитанное передаточное число обеспечивает движение автомобиля на скоростях, обозначенных в исходных данных. Расчёт динамических характеристики, приведенных в Приложении А также свидетельствует о правильности произведенных расчетов.

Расход топлива также был рассчитан для подтверждения параметров транспортного средства при выполнении тягового расчета автомобиля. Он зависит от мощности двигателя, передаточного числа, нагрузки на автомобиль и других факторов. Графики расхода топлива, в зависимости от режима работы двигателя, приведен в Приложении А и на листах графической части.

Таким образом, тяговый расчет автомобиля является важным этапом проектирования и эксплуатации транспортных средств. Он позволяет определить оптимальные параметры для обеспечения высокой тяговой способности и экономической эффективности автомобиля.

### **3 Конструкторский раздел дипломного проекта**

#### **3.1 Техническое задание разработки стенда испытания трансмиссионных масел**

Целью данного технического задания является разработка стенда испытания трансмиссионных масел для оценки их характеристик и качества перед использованием в автомобилях. Стенд предназначен для проведения испытаний масел на основе стандартов и требований автопроизводителей и регулирующих организаций, а также на основе анализа выполненного в первом разделе дипломного проекта.

Стенд испытания трансмиссионных масел должен соответствовать следующим техническим требованиям.

Стенд будет выполнен в виде компактной установки, состоящей из следующих основных элементов:

- гидравлическая система для подачи масла в испытуемый образец;
- модуль управления, включающий в себя компьютер, монитор и периферийные устройства для управления и контроля испытаний;
- камера, где будет располагаться испытуемый образец масла;
- механизм для перемещения камеры с испытуемым образцом в режиме нагрузки;
- система измерения и контроля показателей, таких как температура, давление, вязкость и т.д.

Технические требования к испытуемому образцу масла. Объем испытуемого образца масла должен быть не менее 500 мл, и образец должен соответствовать спецификациям и требованиям автопроизводителей и регулирующих организаций. Требуется выполнить образец в форм-факторе, наиболее приближенном к формам деталей, находящихся в сопряжении и работающих в агрегатах автомобиля.

Стенд должен позволять проводить следующие методы испытаний:

- измерение вязкости масел при различных температурах и уровнях нагрузки;
- измерение индекса вязкости и индекса степени истирания;
- определение величины износа образца при фиксированной нагрузке;
- определение моющей способности масла;
- измерение показателей фрикционного коэффициента;
- измерение термоокислительной стабильности масел;

Стенд должен соответствовать требованиям по надежности и безопасности. В частности:

- система безопасности должна предусматривать автоматическое отключение электропитания установки при возникновении опасных условий (например, при превышении заданных уровней давления, температуры и т.д.);
- все элементы стенда должны быть выполнены из высококачественных материалов и соответствовать требованиям безопасности;
- система управления и контроля должна быть надежной и обеспечивать точность и стабильность измеряемых параметров;
- система должна быть легко обслуживаемой и обладать определенной степенью автоматизации.

Разработчик должен предоставить пользовательскую документацию, включающую в себя следующие разделы:

- описание стенда и его основных элементов;
- описание методов испытаний и требований к образцам масел;
- расчеты основных узлов и агрегатов стенда;
- чертежи общего вида и чертежи наиболее ответственных узлов стенда на уровне технического проекта;
- инструкции по установке, эксплуатации и обслуживанию;

– рекомендации по безопасности и обучению персонала;

Разработка стенда должна быть завершена в течение срока выполнения дипломного проекта.

После завершения работ разработчик должен предоставить расчетно-пояснительную записку и чертежи конструкции стенда в соответствии с требованиями к дипломному проекту, выполняемому в Тольяттинском государственном университете.

### **3.2 Техническое предложение разработки стенда испытания трансмиссионных масел**

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 натурального червяка с углом подъема витка червяка, равным нуль градусов и образца 2, имитирующего зуб червячного колеса в виде натурального

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]

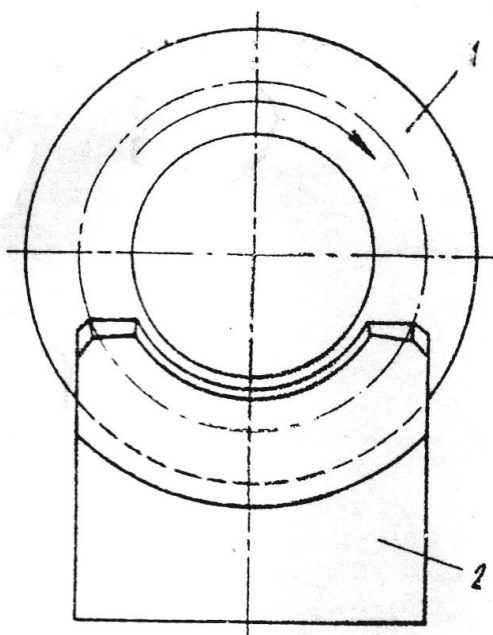


Рисунок 4 – Предлагаемые образцы, фронтальная проекция



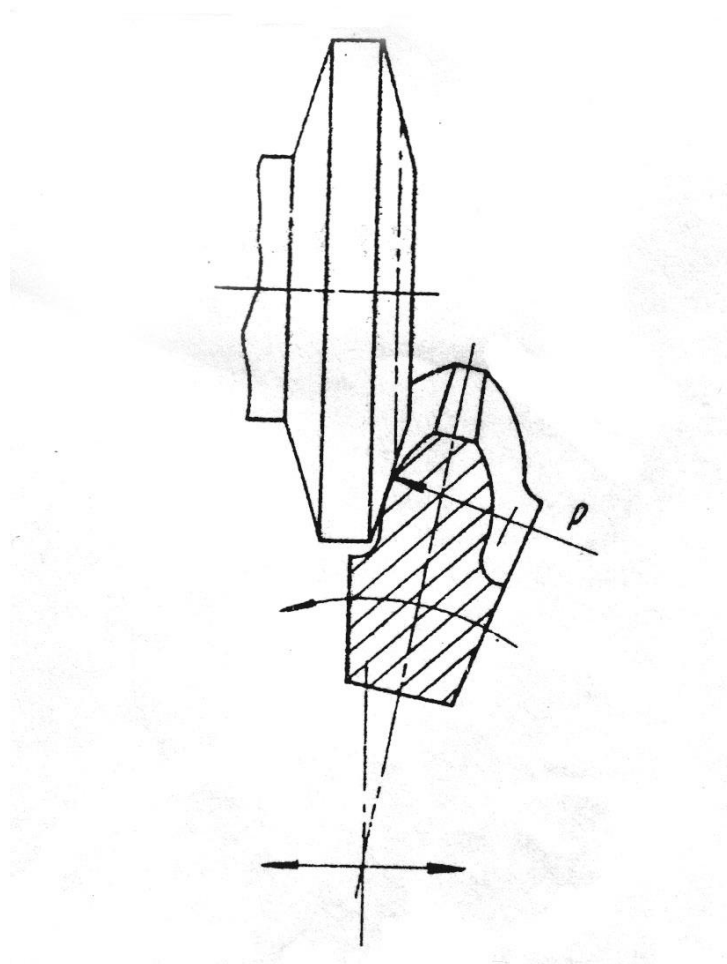
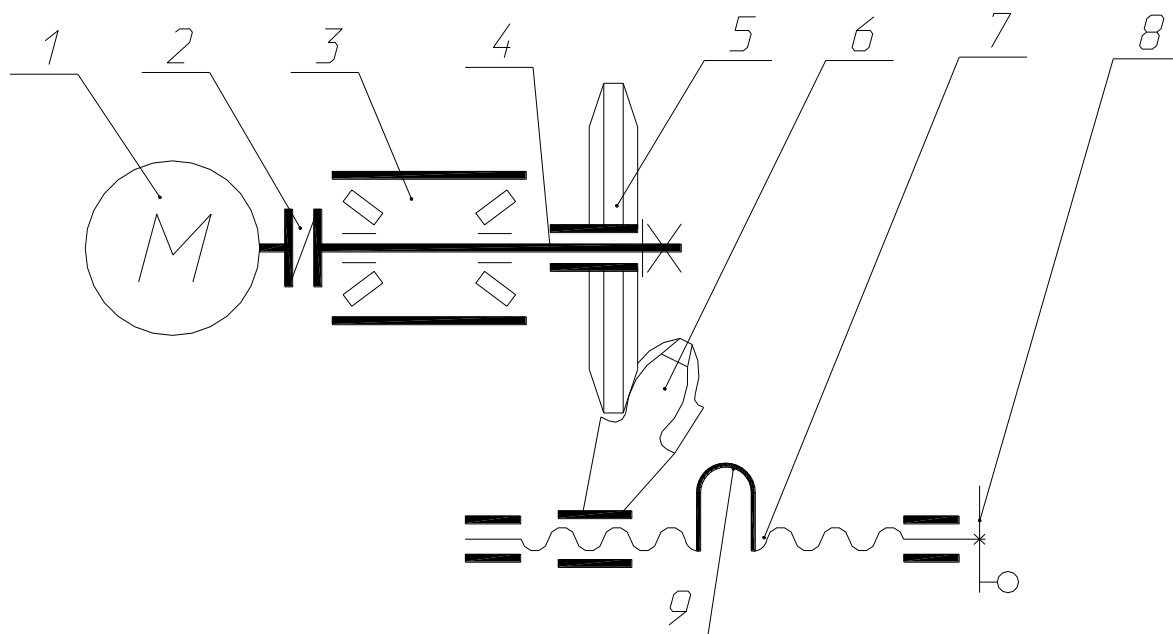


Рисунок 5 – Предлагаемые образцы, профильная проекция

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.



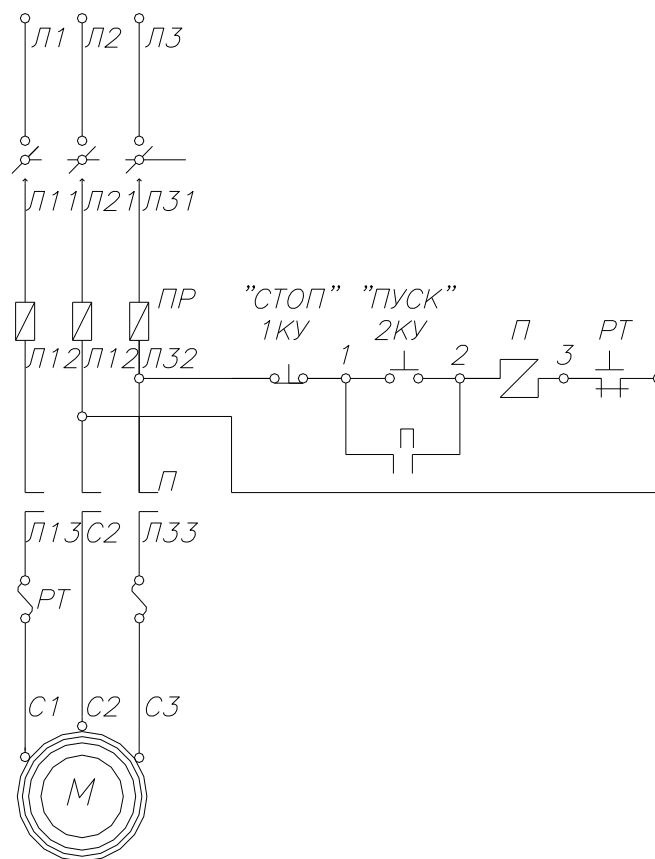
1 – электродвигатель; 2 – муфта; 3 – подшипниковый узел; 4 – вал; 5 – имитатор подвижный; 6 – имитатор статичный; 7 – нагрузочный винт; 8 – маховик винта; 9 – тензодатчик.

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.

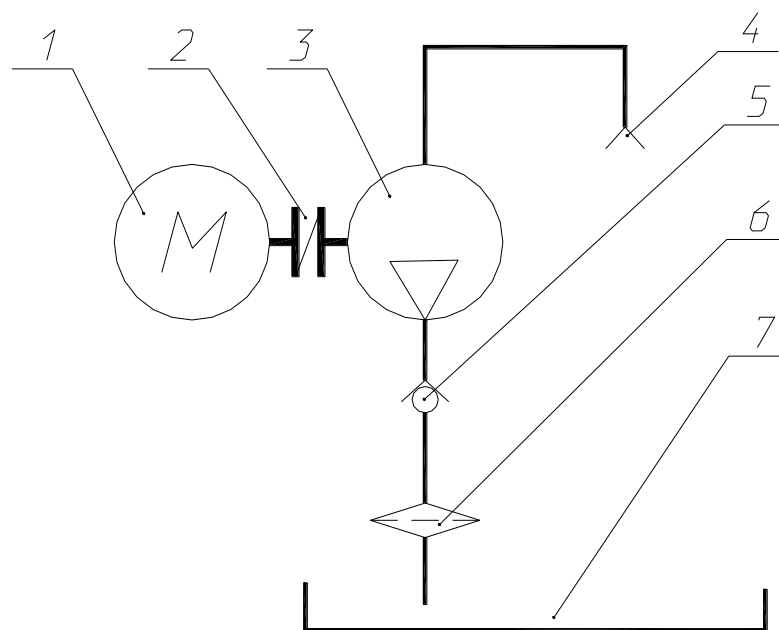
Электрическая схема установки.



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.



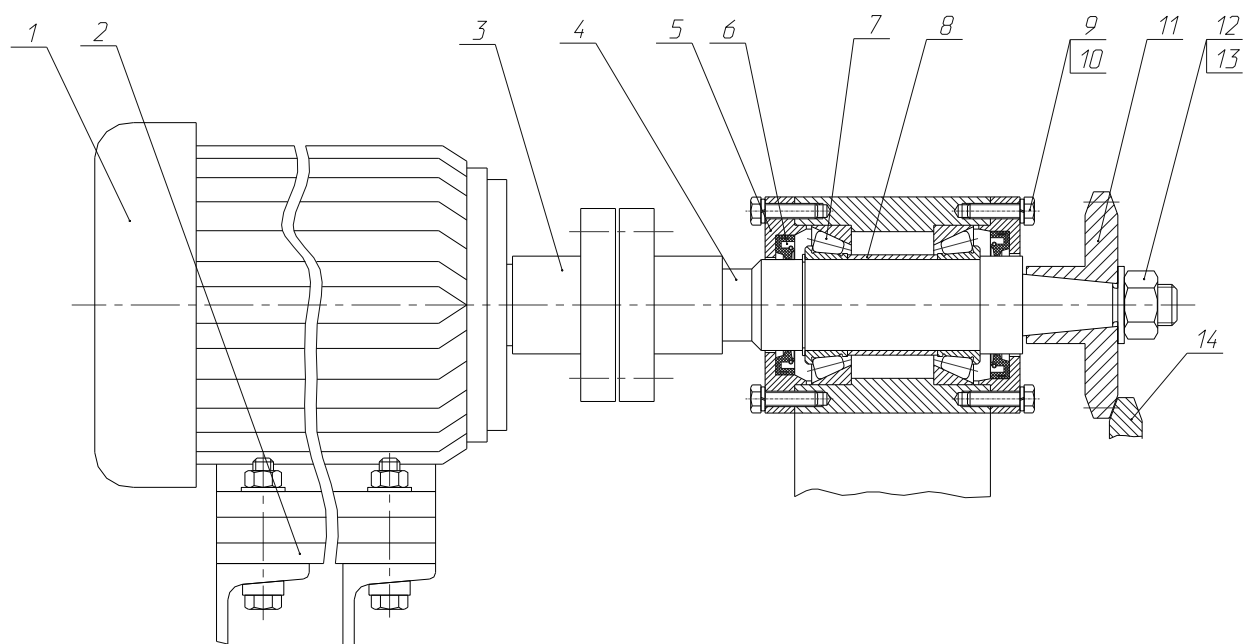
1 – электродвигатель; 2 – муфта; 3 – насос; 4 – подающее сопло; 5 – клапан; 6 – фильтр; 7 – масляная емкость.

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.

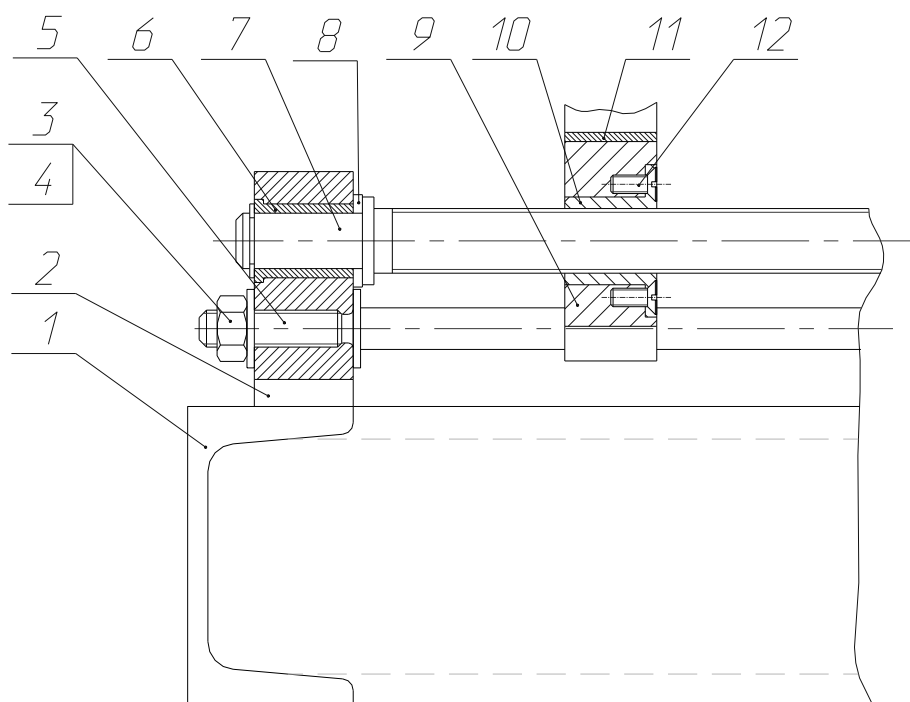


1 – электродвигатель; 2 – рама; 3 – муфта; 4 – вал приводной; 5 – крышка; 6 – манжета; 7 – подшипник конический; 8 – распорная втулка; 9 – болт; 10 – шайба; 11 – имитатор; 12 – гайка; 13 – шайба; 14 – имитатор неподвижный.

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.

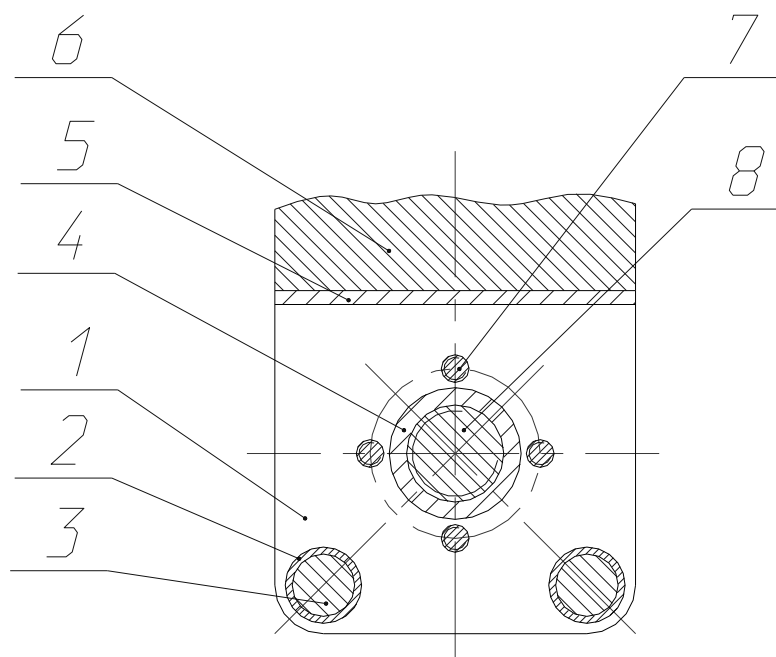


1 – рама; 2 – опора; 3 – гайка; 4 – шайба; 5 – стержень направляющий; 6 – втулка; 7 – винт ходовой; 8 – шайба упорная; 9 – кронштейн имитатора; 10 – гайка; 11 – пластик; 12 – винт крепления гайки.

Рисунок 10 – Конструкция узла крепления ходового винта.

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

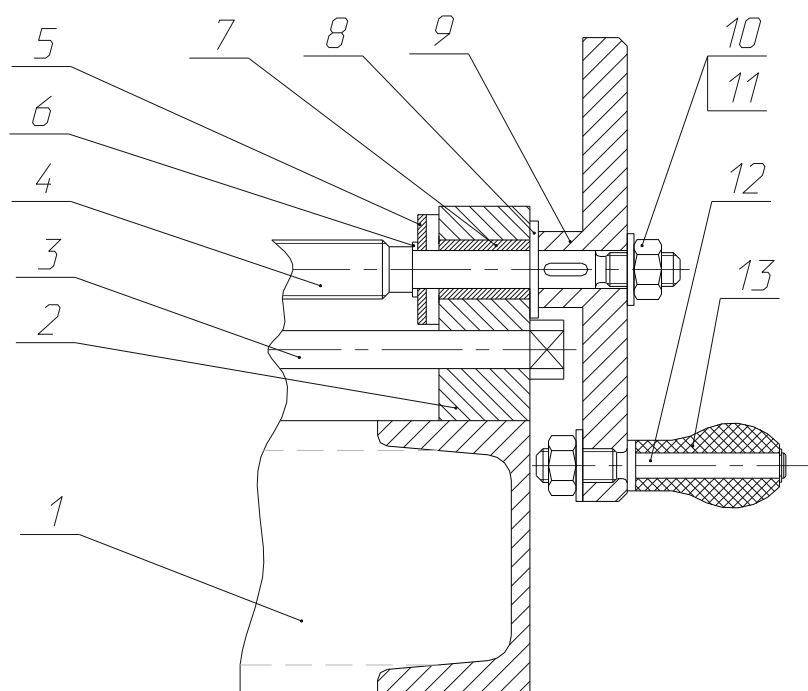
«Предполагается крепление ходового винта в подшипниках скольжения, что уменьшит габариты узла и существенно упростит конструкцию. Опоры крепятся к раме посредством винтов (не показаны). Гайка выполняется из бронзы, закрепляется в кронштейне при помощи винтов с потайными головками. Перемещение кронштейна 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]

$$d_{w1} = q * m \quad (24)$$

где  $m = 4.0$  – модуль, мм

$q = 20$  – коэффициент диаметра червяка

$$d_{w1} = 20 * 4 = 80 \text{ мм}$$

Диаметр вершин витков червяка:

$$d_{a1} = m * (q + 2) \quad (25)$$

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

Диаметр впадин витков червяка:

$$d_{f1} = m * (q - 2,4) \quad (26)$$

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

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:

$$b_2 \leq 0,75 * d_{a1} \quad (27)$$

$$b_2 = 0,7 * 88 = 61,6 \text{ мм}$$

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

$$\sin \delta = \frac{b_2}{d_{a1} - 0,5m} \quad (28)$$

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

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:

$$d_2 = \sqrt{\frac{Q}{\pi * \psi_n * \psi_h * [q]}} \quad (29)$$

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

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:

$$\operatorname{tg} \gamma = \frac{P * z_p}{\pi * d_2} \quad (30)$$

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

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

Приведенный угол трения:

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

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

Высота гайки:

$$H_r = \psi_n * d_2 \quad (31)$$

$$H_r = 1,5 * 13 = 19,5 \text{ мм}$$

Принимаем минимальную высоту гайки 22 мм.

Число витков резьбы в гайке:

$$z = H_r / P \quad (32)$$

$$z = 22 / 2 = 11$$

Наружный диаметр гайки

$$D = \sqrt{\frac{5 * Q}{\pi * [\sigma_p]} + d^2} \quad (33)$$

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

Принимаем  $D = 20$  мм

Высота фланца гайки:

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

Проверяем высоту фланца на срез

$$\tau_{ср} = Q / \pi * D * a \quad (34)$$

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

Проверяем винт на устойчивость. Определяем длину сжатой части винта:

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

$$i_{\min} = d_3 / 4 \quad (35)$$

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

Момент трения в резьбе

$$T = Q * (d_2 / 2) * \text{tg} (\gamma + \varphi) \quad (36)$$

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

Момент трения в опоре.

$$T_{\text{оп}} = 0,33 * Q * f \quad (37)$$

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

Суммарный момент сопротивления

$$M_{\text{соп}} = T + T_{\text{оп}} \quad (38)$$

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

Радиус маховика:

$$L = \frac{M_{\text{соп}}}{F_p * K}, \quad (39)$$

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:

$$G = V / t, \quad (40)$$

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,  $N_e = 0.37$  кВт.

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

$$d = \sqrt{\frac{21,22 * G}{v}}, \text{ мм} \quad (41)$$
$$d = \sqrt{\frac{21,22 * 5}{5}} = 5,45 \text{ мм}$$

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:

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

Стенд поставляется в комплектации, представленной в таблице 7

Таблица 7 – 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

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

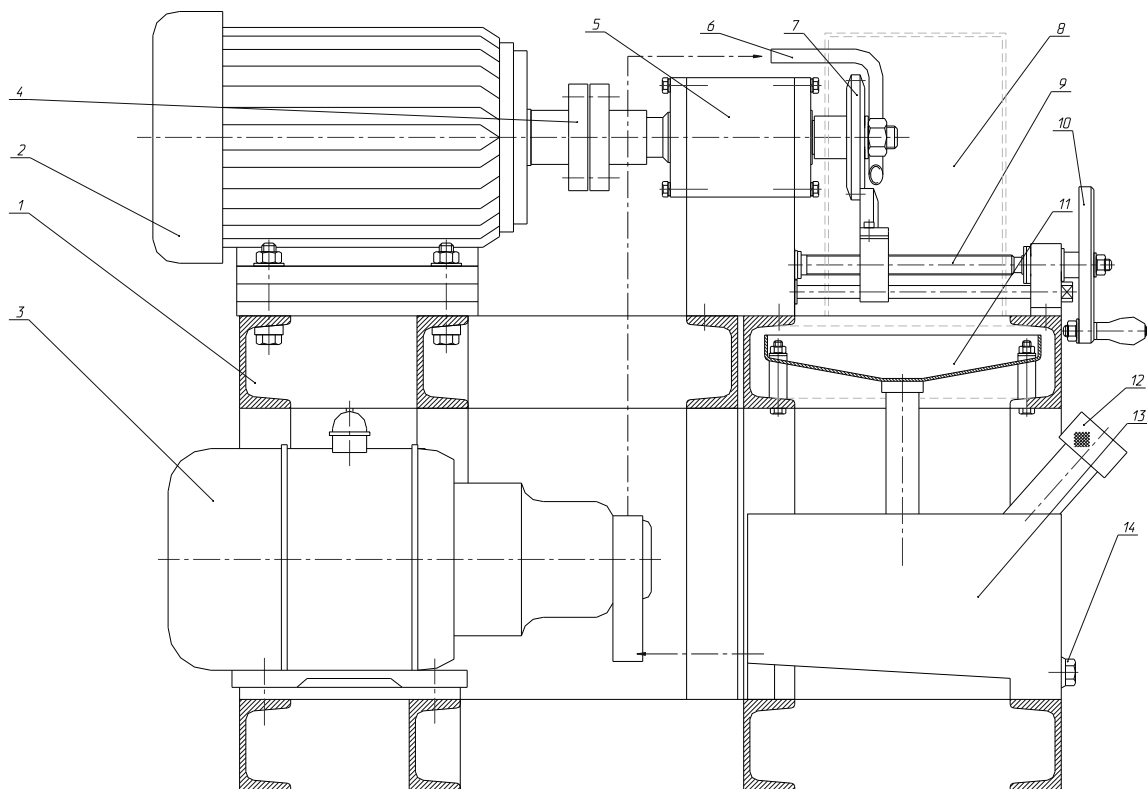
Запрещается непрерывная длительная (более 3 час) работа стенда.

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 стенда 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.



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 - маслосливная пробка.

Рисунок 13 – Устройство станда

Порядок работы на станде состоит в следующем:

- Произвести закрепление образцов на кронштейне и валу;
- Залить испытуемые смазочные материалы в бак;
- Произвести предварительное нагружение путем поджима образца ВИНТОМ;

- Произвести пробный пуск для установления правильности закрепления;
- Откорректировать правильность положения образца путем подбора толщины пластика;
- Произвести рабочий пуск стенда;
- Демонтировать образцы;
- Слить смазочные материалы из бака;
- 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 8.



Таблица 8 – 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 платика
	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:

- Проводить техническое обслуживание, предварительно не обесточив установку.
- Включать установку в сеть с напряжением и частотой, не соответствующим указанным в паспорте (380 В, 50 Гц).
- Не допускается попадание влаги на клеммы электродвигателей.
- Не оставляйте работающую установку без присмотра.
- Не допускается проведение любых ремонтных видов работ при включенной установке.
- Оберегайте установку от попадания веществ и жидкостей, вызывающих разрушение резины и коррозию металла.

- Не допускать ударных нагрузок на раму и узлы установки.
- 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.» [2]

«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], [5]

- «При видимом заедании подшипников произвести их промывку в бензине и смазку консистентной смазкой ЛИТОЛ, при необходимости заменить.» [14]
- «Трущиеся части смазывать с периодичностью один раз в 3 месяца консистентной смазкой ЛИТОЛ.
- Резиновые манжеты и уплотнения заменять независимо от степени износа один раз в год.
- Состояние валов контролировать с периодичностью один раз в три месяца, при необходимости произвести замену.
- 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.» [1]

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]

Результатом выполнения дипломного проекта явилась разработка стенда для испытания смазочных материалов, в частности жидких масел. Разработка производилась на основании технического задания (ТЗ), которое было разработано в соответствии с требованиями к ТЗ по ГОСТ, с проработкой каждого из разделов. Ответом на разработанное техническое задание явилось техническое предложение (ТП). В разработанном техническом предложении приводятся уже разработанные разрезы наиболее ответственных узлов конструкции. Разработаны гидравлическая, электрическая и кинематическая схема. С учетом специфики производимых работ выполнен подбор силовых агрегатов и выполнен подбор комплектующих. Также обоснован выбор конструкции, на основании произведенного анализа. Прототипом конструкции явилась испытательная установка для масел по авторскому свидетельству №796693. В техническом предложении выполнен расчет параметров конструкции испытательного устройства. Произведен силовой и прочностной расчёт элементов конструкции. Результаты выполненной работы в виде чертежей конструкции представлены на листах графической части. Спецификация изделия представлена в Приложении Б. В соответствии с требованиями к проектированию устройства, в рамках выполнения дипломного проекта была разработана инструкция по эксплуатации. В инструкции отражены требования к проведению испытаний, а также основные конструкционные схемы устройства. Также приведены требования к проведению испытаний на стенде.

## **4 Технологический процесс проверки масла на стенде**

### **4.1 Описание технологического процесса проверки масла на стенде**

Проверка масла на разработанном стенде производится в условиях, максимально приближенным к условиям, в которых осуществляется эксплуатация узла. Основным аналогом при разработке явилось устройство стенда, описанное в авторском свидетельстве №796693. Конструкция стенда предполагает применение эталонного образца, который имитирует профиль зуба. Проверка масла основана на оценке износа эталонного образца в процессе проведения испытаний. Величина износа оценивается инструментально, по оценке числа, глубине и ширине рисок, образующихся в процессе трения в масляной среде. Контроль износа проводится при фиксированном времени проведения испытания и при обеспечении постоянного усилия прижатия контрольного образца.

«Работа осуществляется следующим образом. Образец устанавливают на ось привода испытательной машины по линии контактирования, соответствующей натурному зацеплению, и с определенным усилием  $P$  поджимают образец. Во время испытаний образец приводится во вращение, а ответная часть образца или перемещается по образцу 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.» [8], [14]

В рамках дипломного проекта необходимо произвести разработку технологического процесса проведения испытаний. Разработка технологии предполагает в первую очередь разработку технологической карты, с указанием времени каждого перехода и нормированием трудоемкости на проведение вспомогательных операций.

## 4.2 Разработка технологического процесса проверки масла на стенде

Разработка технологического процесса производится на основании двух основных факторов:

- теоретических положений о проведении испытаний смазочных материалов и сред;
- конструкции стенда для испытания масел, разработанной на основании технологических требований к проведению испытаний смазочных материалов.

Для упрощения восприятия технологического процесса, он будет представлен в виде технологической карты, представленной в таблице 9

Таблица 9 – Технологическая карта проведения проверки смазочных материалов на стенде

Наименование операции / перехода	Инструмент / оборудование	Оперативное время, чел-ч	Технические требования
1	2	3	4
1 Подготовка стенда к испытанию	-	-	-
1.1 Провести закрепление контрольного образца на стенде	Ключ 13/14	0,1	При необходимости произвести регулировку по высоте путем подкладки платиков
1.2 Произвести закрепление подвижной части на валу стенда	Ключ 13/14	0,1	-
1.3 Произвести заправку бака маслом	Воронка	0,05	Бак должен быть промыт от остатков прежнего материала. Объем заправки 1000 мл
1.4 Произвести прогрев бака	Пульт управления стендом	0,2	До температуры 60°С

Продолжение таблицы 9

1	2	3	4
1.5 Произвести контрольный пролив смазочного материала	Пульт управления стендом	0,05	Убедиться в свободном истечении смазки. Убедиться в попадании смазки в зону работы образцов
1.6 Закрепить противовес прижима	-	0,05	Убедиться в отсутствии заедания в трособлочной системе стенда
2 Проведение испытания масла	-	-	-
2.1 Произвести запуск системы подачи масла	Пульт управления стендом	0,05	Убедиться в свободном истечении смазки. Убедиться в попадании смазки в зону работы образцов
2.2 Произвести запуск двигателя стенда и начать испытания	Пульт управления стендом	1,5	Отключение стенда произвести в случае возникновения нештатной ситуации. На время проведения испытания двигатель не отключается
2.3 Произвести остановку двигателя	Пульт управления стендом	0,05	По истечении времени проведения испытания двигатель останавливается по таймеру. В остальных случаях отключение производится в ручном режиме
2.4 Произвести остановку систему подачи смазки	Пульт управления стендом	0,05	-
3 Завершение испытаний	-	-	-
1.1 Провести демонтаж контрольного образца со стенда	Ключ 13/14	0,1	-
1.2 Произвести демонтаж подвижной части с вала стенда	Ключ 13/14	0,1	-

Продолжение таблицы 9

1.3 Произвести замеры рисок на контрольном образце	Микроскоп, измеритель микронеровностей	1,0	Производится замер глубины и ширины профиля рисок, полученных в результате трения
1.4 Замер количества смыва стружки в образце масла	Весы, фильтровальная бумага	1,0	Производится оценка количества сухого остатка смыва стружки
1.5 Формирование выводов о свойствах масла	-	4,0	В соответствии с техническими условиями и стандартами к оформлению отчетов об испытании

Результатом технологического раздела явилось формирование технологической карты выполнения работ по испытанию трансмиссионных масел. Работы производятся на специализированном стенде, разработанном в конструкторском разделе. Особенностью проведенных работ является то, что испытания производятся с использованием контрольных образцов, что позволяет производить испытания противоположных свойств смазочных сред, которые возможно измерить инструментальными методами, что в свою очередь повышает достоверности и качество производимых испытаний.



## **5 Охрана труда и безопасность жизнедеятельности на участке сборки объекта дипломного проектирования**

### **5.1 Характеристика участка сборки**

Согласно полученному заданию при выполнении дипломного проекта, выполнена разработка сложного технического устройства – стенда для испытания масел и смазочных материалов. Как любое техническое устройство, оно должно производиться на специализированном сборочном участке обученным персоналом при соблюдении норм и требований безопасности труда.

В рамках раздела нами исследуется сборочный участок, на котором осуществляется технологический процесс сборки испытательного стенда. Сборочный участок является основным местом осуществления технологической операции сборки и относится к мелкосерийному производству. В первую очередь это означает, что данный участок, являясь частью опытно-промышленного производства, не ориентирован на специализированные работы, а занят в широком спектре выполняемых производственных функций. Оборудование, которое находится на участке – универсальное. Оборудование группируется по своему функционалу – сварочное, металлорежущее, шлифовальное и т.п.

Зоны выполнения работ, связанных с избыточным тепловыделением, выделением продуктов горения или ультрафиолетового излучения, таких как сварка на стапеле, зона термической обработки металла отделяются от основного помещения защитными экранами и оснащаются вытяжкой. Те же ограждения применяются для групп оборудования, чья работа связана с повышенным шумом, например абразивно-режущие станки.

Половое покрытие на всем участке выполнено из каучуковой плитки. Термические зоны имеют половое покрытие из наливного термостойкого полимера.

Освещение участка – естественное. Участок имеет ленточное остекление, которое выступает в качестве источника света. Искусственное освещение на участке выполнено светодиодными панелями нейтрального белого света. Дополнительное освещение на рабочих местах, которые требуют наличия света, выполнено светодиодными источниками точечного света.

Электрическое питание осуществляется промышленной сетью трехфазного тока. Заземление сети типа TS-C. Оборудование, требующее питания напряжением 380 (400) В запитывается от трехфазной сети. Подвод питания производится кабелем КГ, размещение кабеля в открытом лотке, подвод от лотка в гофро-рукаве. Каждое оборудование запитывается от электрошита собственной линией, защищенной автоматическим выключателем, номинала соответствующего мощности оборудования. Оборудование, требующее напряжения 220 (240) В запитывается от фаз вводной сети, распределение производится по трем фазам сообразно мощности однофазного оборудования. Освещение участка также осуществляется однофазной сетью 220 (240) В.

Вентиляция на участке осуществляется естественным приточно-вытяжным способом. Циркуляция воздуха производится через вентиляционные короба, выполненные из оцинкованного стального листа. Подвод воздуха осуществляется через вентиляционные дефлекторы. Принудительная вытяжка на участках с избыточным выделением тепла и продуктов горения производится также посредством вентиляционных коробов, в качестве вентиляторов применяются роторные вентиляторы с диаметром воздуховода 250 мм.

Для выполнения задания, в рамках раздела по безопасности объекта дипломного проекта, требуется разработать рекомендации по обеспечению безопасности на сборочном участке. Для этого необходимо выявить опасные и вредные производственные факторы, присутствующие на участке.

Выявление комплекса опасных и вредных производственных факторов позволит разработать рекомендации по их нейтрализации.

## **5.2 Профессиональные риски, характерные для участка**

Весь комплекс профессиональных рисков имеет строгую классификацию, принятую в справочной литературе и стандартах. Приведем ряд цитат из стандарта ГОСТ 12.0.003-2015 ССБТ «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация», которые относятся непосредственно к рассматриваемому сборочному участку.

«Вредные производственные факторы по воздействию на организм работающего человека, на участке можно отметить:

- факторы, приводящие к хроническим заболеваниям, в том числе усугубляющие уже имеющиеся заболевания, за счет длительного относительно низкоинтенсивного воздействия;
- факторы, приводящие к острым заболеваниям (отравлениям, поражениям) или травмам за счет кратковременного относительно высокоинтенсивного воздействия» [12]

«Опасные производственные факторы по воздействию на организм работающего человека, на участке можно отметить:

- факторы, приводящие к смертельным травмам (летальному исходу, смерти);
- факторы, приводящие к несмертельным травмам.

Опасные и вредные производственные факторы по характеру своего происхождения, на участке можно отметить:

- факторы, порождаемые физическими свойствами и характеристиками состояния материальных объектов производственной среды;
- факторы, порождаемые химическими и физико-химическими свойствами используемых или находящихся в рабочей зоне веществ и

материалов;

– факторы, порождаемые социально-экономическими и организационно-управленческими условиями осуществления трудовой деятельности (плохая организация работ, низкая культура безопасности и т.п.);

– факторы, порождаемые психическими и физиологическими свойствами и особенностями человеческого организма и личности работающего (плохое самочувствие работника, нахождение работника в состоянии алкогольного, наркотического или токсического опьянения или абсистенции, потеря концентрации внимания работниками и т.п.)» [23], [24]

«Опасные и вредные производственные факторы по характеру их изменения во времени подразделяют, на участке можно отметить:

- на постоянные, в том числе квазипостоянные;
- переменные, в том числе периодические;
- импульсные, в том числе регулярные и случайные.» [23], [25]

«Опасные и вредные производственные факторы по характеру их действия во времени подразделяют:

- на постоянно действующие;
- периодически действующие, в том числе интермиттирующие;
- аperiodически действующие, в том числе стохастические.

Опасные и вредные производственные факторы по непосредственности своего воздействия подразделяют:

- на непосредственно воздействующие на организм занятого трудом человека;
- опосредованно воздействующие на организм занятого трудом человека через другие порождаемые ими и непосредственно воздействующие на организм занятого трудом человека факторы.

Опасные и вредные производственные факторы производственной среды по источнику своего происхождения подразделяют:

- на природные (включая климатические и погодные условия на рабочем месте);
- технико-технологические;
- эргономические (то есть связанные с физиологией организма человека).

Опасные и вредные производственные факторы производственной среды по природе их воздействия на организм работающего человека подразделяют:

- на факторы, воздействие которых носит физическую природу;
- факторы, воздействие которых носит химическую природу;
- факторы, воздействие которых носит биологическую природу.» [6]

«Опасные и вредные производственные факторы, обладающие свойствами физического воздействия на организм работающего человека, подразделяют на следующие типичные группы:

- опасные и вредные производственные факторы, связанные с силами и энергией механического движения, в том числе в поле тяжести:
- действие силы тяжести в тех случаях, когда оно может вызвать падение работающего, стоящего на опорной поверхности, на эту же опорную поверхность;
- действие силы тяжести в тех случаях, когда оно может вызвать падение работающего с высоты;
- неподвижные режущие, колющие, обдирающие, разрывающие (например, острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования) части твердых объектов, воздействующие на работающего при соприкосновении с ним, а также жала насекомых, зубы, когти, шипы и иные части тела живых

организмов, используемые ими для защиты или нападения, включая укусы;

– опасные и вредные производственные факторы, связанные с механическими колебаниями твердых тел и их поверхностей и характеризующиеся повышенным уровнем общей вибрации; повышенным уровнем локальной вибрации;

– опасные и вредные производственные факторы, связанные с акустическими колебаниями в производственной среде и характеризующиеся повышенным уровнем и другими неблагоприятными характеристиками шума; повышенным уровнем инфразвуковых колебаний (инфразвука);

– отсутствие или недостаток необходимого естественного освещения;

– отсутствие или недостатки необходимого искусственного освещения;

– повышенная яркость света;

– пониженная световая и цветовая контрастность;

– прямая и отраженная блескость;

– повышенная пульсация светового потока» [12]

«Опасные и вредные производственные факторы, обладающие свойствами психофизиологического воздействия на организм человека, подразделяют:

– на физические перегрузки, связанные с тяжестью трудового процесса;

– нервно-психические перегрузки, связанные с напряженностью трудового процесса.

Физические перегрузки подразделяют:

– на статические, связанные с рабочей позой;

– динамические нагрузки, связанные с массой поднимаемого и

перемещаемого вручную груза;

– динамические нагрузки, связанные с повторением стереотипных рабочих движений.

Физические перегрузки организма работающего, связанные с тяжестью трудового процесса, в целях оценки условий труда, разработки и принятия мероприятий по их улучшению характеризуются такими показателями, как:» [12]

- физическая динамическая нагрузка;
- масса поднимаемого и перемещаемого груза вручную;
- стереотипные рабочие движения;
- статическая нагрузка;
- рабочая поза;
- наклоны корпуса тела работника;
- перемещение в пространстве.

«Нервно-психические перегрузки подразделяют:

- монотонность труда, вызывающая монотонию;
- эмоциональные перегрузки.» [6]

Выявленные профессиональные риски являются характерными для сборочного участка, являющегося частью опытно-промышленного производства. В дальнейшем необходимо произвести идентификацию профессиональных рисков по отношению к оборудованию на участке, что позволит произвести разработку рекомендаций по их нейтрализации, а также произвести подбор необходимых средств индивидуальной защиты.

### **5.3 Разработка мероприятий по снижению воздействия профессиональных рисков на работающих**

«Для предотвращения угроз профессиональной безопасности при управлении профессиональными рисками необходимо применять ко всем

видам деятельности, связанными с опасностями, средства оперативного контроля. В качестве примеров выбора дополнительных мер управления профессиональными рисками можно рассмотреть:

- модификацию конструкции, позволяющую ликвидировать опасность, например, использование механических подъемных устройств для исключения профессионального риска, связанного с ручными подъемными операциями;
- замену опасного материала на менее опасный или уменьшение энергии системы (например, снижение усилий, силы тока, давления, температуры и т.п.);
- средства коллективной защиты: сигнализации, предупредительные надписи и знаки безопасности, маркировка пешеходных дорожек и т.д.;
- административные меры управления: процедуры обеспечения безопасности, проверки оборудования, контроль доступа, системы обеспечения безопасности работы, инструктажи по охране труда и т.д.;
- обеспечение работника дополнительными средствами индивидуальной защиты: очки защитные, средства защиты органов слуха, щитки защитные лицевые, респираторы, перчатки и т.д.» [6]

«Для обеспечения эффективной работы по идентификации опасностей и оценки профессиональными рисками, а также использования процессов обмена информацией и консультаций, заведующий обеспечивает:

- обмен информацией и консультирование в отношении рисков для безопасных условий труда и здоровья между различными уровнями, а также с работниками сторонних организаций;
- документирование соответствующих обращений внешних заинтересованных сторон, а также ответа на них.» [12]

Методы и средства снижения профессиональных рисков, типичных для сборочного участка, сводятся в таблицу 10.



Таблица 10 – Методы и средства снижения профессиональных рисков

Вид выявленного вредного производственного фактора	Методы и средства снижения или устранения вредного производственного фактора	Используемые СИЗ
1	2	3
Факторы, приводящие к заболеваниям	Применение средств индивидуальной защиты, изолирующих от негативного воздействия окружающей среды	Использование спецодежды Использование средств защиты органов зрения и органов дыхания
Вид выявленного вредного производственного фактора	Методы и средства снижения или устранения вредного производственного фактора	Используемые СИЗ
«Факторы, порождаемые физическими свойствами и характеристиками состояния материальных объектов производственной среды;» [12]	Применение средств коллективной защиты (нанесение предупреждающих надписей, информационных табличек, меток и т.д.) Модификация конструкции с целью снижения рисков	Применение низковольтных ламп в сетях освещения Использование спецодежды
«Факторы, порождаемые химическими и физико-химическими свойствами используемых или находящихся в рабочей зоне веществ и материалов;» [12]	Применение средств индивидуальной защиты, изолирующих от негативного воздействия окружающей среды	Использование спецодежды Использование средств защиты органов зрения и органов дыхания
«Факторы, порождаемые социально-экономическими и организационно-управленческими условиями осуществления трудовой деятельности» [12]	Административные меры обеспечения безопасности труда Разработка рациональных режимов труда и отдыха Материальная компенсация вредных условий труда	Не предусмотрено
«Факторы, порождаемые психическими и физиологическими свойствами и особенностями человеческого организма и личности работающего» [12]	Административные меры обеспечения безопасности труда Разработка рациональных режимов труда и отдыха Материальная компенсация вредных условий труда Обеспечение смены рода деятельности в течении дня	Не предусмотрено

Продолжение таблицы 10

1	2	3
«Опасные и вредные производственные факторы, связанные с силами и энергией механического движения» [12]	Применение средств индивидуальной защиты, изолирующих от негативного воздействия окружающей среды	Защитные и вибропоглощающие перчатки, нарукавники. Наколенники и налокотники.
«Неподвижные режущие, колющие, обдирающие, разрывающие (например, острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования)» [12]	Применение средств индивидуальной защиты, изолирующих от негативного воздействия окружающей среды Административные меры обеспечения безопасности труда	Защитные перчатки, нарукавники. Наколенники и налокотники. Проведение инструктажа по правилам ТБ на производстве
Вид выявленного вредного производственного фактора	Методы и средства снижения или устранения вредного производственного фактора	Используемые СИЗ
«Опасные и вредные производственные факторы, связанные с механическими колебаниями твердых тел и их поверхностей» [12]	«Применение средств индивидуальной защиты, изолирующих от негативного воздействия окружающей среды Административные меры обеспечения безопасности труда» [12]	Защитные и вибропоглощающие перчатки, нарукавники. Наколенники и налокотники.
Отсутствие или недостаток необходимого освещения	«Обеспечение индивидуальных средств освещения рабочего места Разработка и прокладка осветительных сетей» [12]	Индивидуальные переносные фонари и осветительные лампы
«Физические перегрузки, связанные с тяжестью трудового процесса;» [12]	«Административные меры обеспечения безопасности труда Механизация работ Внедрение в рабочий процесс машин и механизмов, заменяющих ручной труд» [12]	Проведение инструктажа по правилам ТБ на производстве

## Продолжение таблицы 10

1	2	3
«Нервно-психические перегрузки, связанные с напряженностью трудового процесса» [12]	Административные меры обеспечения безопасности труда Разработка рациональных режимов труда и отдыха Материальная компенсация вредных условий труда Обеспечение смены рода деятельности в течении дня	Не предусмотрено

«Основным организационно-техническим мероприятием по снижению воздействия профессиональных рисков будет являться применение средств индивидуальной защиты (СИЗ). Несмотря на то, что СИЗ способны в значительной степени компенсировать воздействие профессиональных рисков, наибольший эффект в сфере охраны труда может быть достигнут при комбинировании применения СИЗ и мероприятий административного характера, направленных на стимулирование работающих к более внимательному отношению к тем профессиональным рискам, которые присутствуют на участке.» [23]

### **5.4 Пожарная безопасность и противопожарные мероприятия на участке**

Одной из основных технологических операций на сборочном участке будет являться сварка, которая может производиться как посредством электродуговой сварки, так и при помощи газовой сварки. Для данного вида технологической операции характерна высокая температура и образование искр, капель расплавленного металла и продуктов горения. В совокупности все это создает источник повышенной пожарной опасности, поскольку также на участке неизбежно присутствуют горючие и легковоспламеняющиеся вещества. Все это в совокупности делает пожарную опасность наиболее

значимым фактором в обеспечении безопасности труда на участке. Для нейтрализации фактора пожарной опасности требуется разработка комплекса мероприятий по обеспечению мер пожарной безопасности на сборочном участке.

В таблице 11 приводятся факторы пожарной опасности и выполнена их классификация в соответствии с Федеральным законом от 22.07.2008 N 123-ФЗ (ред. от 14.07.2022) "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности". Приведены факторы, наиболее характерные для сборочного участка рассматриваемого предприятия.

Таблица 11 – Классификация факторов пожарной опасности объекта дипломного проектирования (сборочного участка)

Класс пожара	Источник пожарной опасности	Опасные факторы пожара	Способ тушения
1	2	3	4
<p>«А – горение твердых веществ</p> <p>A1 – горение твердых материалов, сопровождаемое тлением</p> <p>A2 – горение твердых материалов, не сопровождаемое тлением» [12]</p>	<p>«горючие твердые вещества, ветошь и обтирочный материал искры от режущего абразивного инструмента, открытое пламя газовых горелок, электрическая дуга, искры» [12]</p>	<p>«Задымление помещения, высокая температура открытого пламени, низкая концентрация кислорода, выброс токсических веществ продуктов горения» [12]</p>	<p>«Все виды огнетушащих веществ: вода, пена, порошки, хладоны» [12]</p>

Продолжение таблицы 11

1	2	3	4
<p>«В – горение жидких веществ</p> <p>В2 – горение неполярных горючих и легковоспламеняющихся жидкостей и плавящихся при нагреве веществ» [12]</p>	<p>«топливо, мазут, консистентные смазки и технические жидкости» [12]</p>	<p>«Задымление помещения, высокая температура открытого пламени, низкая концентрация кислорода, выброс токсических веществ продуктов горения, объемное горение, взрыв» [12]</p>	<p>«пена; тонкораспыленная вода; хладоны; огнетушащие порошки общего назначения; аэрозольное пожаротушение и инертные разбавители: N<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, и т.п.» [12]</p>
<p>«С - горение газообразных горючих веществ» [12]</p>	<p>сварочные газы, метан</p>	<p>«Высокая температура открытого пламени, низкая концентрация кислорода, выброс токсических веществ продуктов горения, объемное горение, взрыв» [12]</p>	<p>«объемное тушение и флегматизация газовыми составами; огнетушащие порошки общего назначения; пены, вода (для охлаждения оборудования)» [12]</p>

«Для обеспечения пожарной безопасности на участке, требуется принятие противопожарных мероприятий, имеющих как организационный, так и инженерный характер. К таким мероприятиям на участке сборки будут относиться:

- разработка комплекса норм и правил по обращению с горючими веществами и правил поведения персонала при проведении огневых работ и работ, связанных с горючими материалами;
- проведение регулярного инструктажа работников, с целью доведения информации о правилах проведения работ, связанных с горючими материалами и соблюдения норм пожарной безопасности;

- организация внутрипроизводственной пожарной охраны, осуществляющей функции надзора за соблюдением норм и правил по обращению с горючими веществами, а также норм и правил соблюдения противопожарной безопасности;
- организация хранения горючих и пожароопасных материалов в соответствии с их физико-химическими и противопожарными свойствами;
- оснащение участка средствами наблюдения и сигнализации за пожарной ситуацией, проведение инструктажа персонала о поведении в случае срабатывания пожарной сигнализации;
- оснащение участков средствами первичного пожаротушения в соответствии с классом возможного пожара.» [23]

Разработанные мероприятия по обеспечению пожарной безопасности должны дополняться средствами пожарного оповещения и средствами первичного пожаротушения. Для каждой из рабочих зон участка необходимо проектирование системы оповещения персонала, а также разработка плана эвакуации в случае возникновения чрезвычайной ситуации и плана размещения информационных табличек и извещателей.

## **5.5 Мероприятия по обеспечению экологической безопасности участка**

Рассматриваемый в рамках дипломного проектирования сборочный участок не является субъектом промышленного производства, чья деятельность представляет опасность для окружающей среды. Но отходы, которые образуются в процессе сборки транспортного средства, могут представлять определенную угрозу для окружающей среды и людей, при условиях неправильной их утилизации или при неправильной организации складирования отходов производства. Для сборочного производства в целом характерным является определенный набор факторов общего характера,

представляющих угрозу безопасности окружающей среды:

- обрезки резинового листового материала, а также листовых материалов, имеющих длительный срок разложения;
- смывы с рук рабочих, содержащие остатки ГСМ и остатки растворителей;
- пыль металлическая и абразивная, которая образуется при пилении и разделке материалов;
- обтирочный материал, применяемый для удаления загрязнений.

«В качестве мероприятий, обеспечивающих требования экологической безопасности, принимаются следующие:

- утилизация отходов в соответствии с классами опасности;
- отдельный сбор металлических и неметаллических отходов, сортировка мусора на участке;
- очистка сточных вод перед сливом их в канализационный коллектор от остатков ГСМ и растворителей;
- соблюдение требований, предъявляемых к размещению, строительству и эксплуатации потенциально опасных объектов, а также к осуществлению потенциально опасной деятельности» [23]

В процессе анализа опасных и вредных производственных факторов были выявлены наиболее характерные для рассматриваемого в рамках дипломного проекта участка сборки испытательного стенда. Выявленные факторы позволили сформировать комплекс мероприятий организационного характера, направленных на их нейтрализацию или снижения уровня воздействия на рабочих. Также для снижения уровня воздействия ряда опасных и вредных производственных факторов были подобраны средства индивидуальной защиты рабочих. Определены факторы пожарной опасности на участке, в соответствии с Федеральным законом от 22.07.2008 N 123-ФЗ (ред. от 14.07.2022) "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности". Приведены факторы, наиболее характерные для сборочного участка рассматриваемого предприятия. Разработаны мероприятия по

снижению уровня пожарной опасности организационного и технического характера. Произведено выявление факторов воздействия сборочного участка на окружающую среду. Предложены мероприятия организационного характера, направленные на снижение воздействия деятельности предприятия, среди которых такие, как внедрение раздельного сбора отходов, применение систем очистки сточных вод, учет внешних факторов при организации и планирования участка.

В целом, участок сборки, на котором производятся работы, не является источником опасности для окружающей среды, но некоторые виды материалов и отходов могут представлять такого рода опасность.

На основании проведенного анализа факторов и комплекса предложенных мероприятий можно сделать вывод о выполнении задания в рамках раздела по безопасности жизнедеятельности и охраны труда на участке.



## **6 Расчет показателей экономической эффективности дипломного проекта**

### **6.1 Характеристика объекта анализа экономической эффективности**

В экономическом разделе дипломного проекта производится анализ деятельности сборочного участка и рассчитывается стоимость нормо-часа работы данного участка. Выбор обусловлен тем, что расчёт самой конструкции транспортного средства в рамках производимой разработки является объёмным и сложным, по своим параметрам, значительно выходящим за границы, обозначенные в рамках дипломного проектирования. Вместе с тем, расчет себестоимости нормо-часа сборочного участка позволит оценить стоимость произведенного изделия, поскольку сборочные работы составляют наиболее значительную часть полной себестоимости изделия.

Сборочное производство предназначено для проведения работ по окончательной сборке изделия с последующей передачей их на товарный склад готовой продукции. Сборочный цех расположен в отдельном помещении, оснащенным необходимым оборудованием для проведения сборочно-монтажных работ, включая подъёмно-транспортное оборудование. Поскольку сборка изделия, разрабатываемого в рамках дипломного проекта, относится к изделиям опытно-промышленного назначения, участок предполагает проведение сборки единичного или мелкосерийного производства продукции. В первую очередь это означает, что данный участок, являясь частью опытно-промышленного производства, не ориентирован на специализированные работы, а занят в широком спектре выполняемых производственных функций. Оборудование, которое находится на участке – универсальное. Оборудование группируется по своему функционалу – сварочное, металлорежущее, шлифовальное и т.п.

Освещение участка – естественное. Участок имеет ленточное остекление, которое выступает в качестве источника света. Искусственное освещение на участке выполнено светодиодными панелями нейтрального белого света. Дополнительное освещение на рабочих местах, которые требуют наличия света, выполнено светодиодными источниками точечного света.

Электрическое питание осуществляется промышленной сетью трехфазного тока. Заземление сети типа TS-C. Оборудование, требующее питания напряжением 380 (400) В запитывается от трехфазной сети. Подвод питания производится кабелем КГ, размещение кабеля в открытом лотке, подвод от лотка в гофро-рукаве. Каждое оборудование запитывается от электрощита собственной линией, защищенной автоматическим выключателем, номинала соответствующего мощности оборудования. Оборудование, требующее напряжения 220 (240) В запитывается от фаз вводной сети, распределение производится по трем фазам сообразно мощности однофазного оборудования. Освещение участка также осуществляется однофазной сетью 220 (240) В.

На участке работает персонал, имеющий квалификацию слесаря-сборщика. Поскольку на участке сборка производится по циклу единичного и мелкосерийного производства, требуется наличие слесарей высокой квалификации, способных выполнять работы различного спектра. В соответствии с этими требованиями, квалификация слесарей – V или VI разряда.

Исходя из приведенных исходных данных, необходимо выполнить расчет себестоимости нормо-часа работы сборочного цеха.

## **6.2 Расчет себестоимости нормо-часа работ сборочного участка**

Расчет себестоимости нормо-часа работ производится исходя из размещенного на участке оборудования. Амортизационные отчисления на

оборудование, размещенное на участке сборки являются неотъемлемой частью расчета себестоимости нормо-часа работы участка. Перечень оборудования участка приведен в таблице 12.

Таблица 12 – Расчет амортизационных отчислений на оборудование участка

Наименование оборудования	Марка	Стоимость, руб	Кол-во	Норма отчислений %	Отчисления, руб
Подъемник двухстоечный электромеханический	ЭМП-2500	350 000,00	3	14,30	150 150,00
Транспортировочная тележка	Реммаш	25 500,00	1	11,00	2 805,00
Стапель сборочный	самоизг.	600 000,00	2	6,30	75 600,00
Кран-балка	ЭК-1000	50 000,00	1	14,30	7 150,00
Стол сварочный	ЭЛПром	112 000,00	1	3,20	3 584,00
Аппарат сварочный TIG	Сварог-2100	210 000,00	1	16,00	33 600,00
Станок вертикально-сверлильный	К-310	42 000,00	1	14,30	6 006,00
Станок токарный	16К20	1 400 000,00	1	8,20	114 800,00
Станок фрезерный	Jet JMD-26X2	1 900 000,00	1	8,20	155 800,00
Кран-тележка передвижной	КС-1500	60 000,00	1	14,30	8 580,00
Стеллаж	б/н	12 000,00	6	3,20	2 304,00
Верстак слесарный	б/н	25 000,00	6	3,20	4 800,00
Тумба инструментальная	ТМ-600	32 000,00	6	5,50	10 560,00
Контейнер	б/н	6 500,00	1	5,00	325,00
<b>ИТОГО</b>					<b>576 064,00</b>

В таблице 1 рассчитанная общая стоимость амортизационных отчислений на оборудование установленное на сборочном участке. Также сам участок нуждается в амортизации, поскольку площадь участка подвержена износу, само помещение нуждается в ремонте и обслуживании. Амортизация площади сборочного участка рассчитывается по формуле 42.

$$A_{пл} = \frac{S_{пл} * Ц_{пл} * Н_а}{100}, \quad (42)$$

где  $S_{пл}$  – площадь сборочного участка,  $S_{пл} = 320 \text{ м}^2$ ;

$Ц_{пл}$  – кадастровая цена одного квадратного метра площади помещения,  $Ц_{пл} = 5500 \text{ руб}$ ;

$Н_а$  – норма амортизации площадей помещения,  $Н_а = 2,5\%$ .

$$A_{пл} = \frac{171 * 4000 * 2,5}{100} = 17100 \text{ руб}$$

Расчет затрат на электрическую энергию на участке также является частью расчета себестоимости нормо-часа. В расчет затрат на электроэнергию включается расчет стоимости электроэнергии, потребляемой оборудованием и электроэнергии, расходуемой на освещение и работу климатического оборудования. Расчет стоимости затрат на электроэнергию производится по формуле 43. Расчет сведен в таблицу 13.

$$P_{э} = \frac{M_{д} \cdot T \cdot K_{о} \cdot K_{м} \cdot K_{в} \cdot K_{п} \cdot Ц_{эл}}{\eta \cdot 60}, \quad (43)$$

«где  $M_{д}$  – мощность электродвигателей оборудования, кВт;

$T$  – годовой фонд времени работы участка,  $T = 2030 \text{ ч}$ ;

$K_{о}$  – коэффициент одновременности работы двигателей оборудования, принимаем для участка  $K_{о} = 0,4$ ;

$K_{м}$  – коэффициент загрузки двигателей по мощности, принимаем  $K_{м} = 0,7$ ;

Кв – коэффициент загрузки двигателей по времени, принимаем Кв = 0,35;

Кп – коэффициент сетевых потерь, принимаем Кп = 1,05;

Цэ – цена 1 кВт-ч электроэнергии, Цэ = 4,56 руб;

η – КПД двигателей оборудования участка, η = 0,75.» [9], [20]

Таблица 13 – Расчет затрат на электрическую энергию

Наименование оборудования	Мощность, кВт	Кол-во	Км	Кв	η	Сумма затрат, руб
Подъемник двухстоечный электромеханический	2,5	3	0,85	0,10	0,75	3 304,68
Кран-балка	0,35	1	0,75	0,10	0,75	136,07
Аппарат сварочный TIG	5,5	1	0,80	0,35	0,85	7 043,88
Станок вертикально-сверлильный	2,5	1	0,60	0,45	0,75	3 499,07
Станок токарный	12	1	0,60	0,70	0,70	27 992,56
Станок фрезерный	10,5	1	0,75	0,70	0,70	30 616,87
ИТОГО						72 593,13

Отдельно производится расчет стоимости электроэнергии на освещение участка. Расчет производится по формуле 44.

$$P_{св} = (M_{св} \cdot n \cdot T \cdot Код \cdot Кв \cdot Кп \cdot Цэ) / \eta, \quad (44)$$

где M<sub>св</sub> – мощность светильника, M<sub>св</sub> = 95 Вт;

n – количество светильников на участке, n = 60;

T – годовой фонд времени работы светильников, T = 2440 ч;

Код – коэффициент одновременной работы светильников, Код = 0,85;

Кв – коэффициент времени работы освещения, принимаем Кв = 0,75;

Кп – коэффициент сетевых потерь, принимаем Кп = 1,05;

Цэ – цена 1 кВт-ч электроэнергии, Цэ = 4,56 руб;

η – КПД светильников, η = 0,75.

$$P_{св} = \frac{0,095 \cdot 60 \cdot 2440 \cdot 0,85 \cdot 0,75 \cdot 1,05 \cdot 4,56}{0,75} = 56602,78 \text{ руб}$$

Общие затраты на электроэнергию рассчитываются по формуле 45.

$$P = P_{\text{Э}} + P_{\text{св}} \quad (45)$$

$$P = 72593,13 + 56602,78 = 18846,29 \text{ руб}$$

Расчет заработной платы на сборочном участке зависит от нескольких факторов. Ключевым является количество произведенной продукции, которое определяет объем работы и, соответственно, количество отработанных часов. Для начала необходимо определить базовую ставку заработной платы. Обычно она определяется исходя из минимальной зарплаты в регионе, учитывая опыт и квалификацию работника. Затем к этой ставке добавляется премия за выполненный объем работы, которая может составлять до 50% от базовой ставки.

Важным фактором при расчете заработной платы является учет налогов и отчислений. К ним относятся налог на доходы физических лиц и страховые взносы в Пенсионный фонд и Фонд обязательного медицинского страхования.

После вычета налогов и отчислений заработная плата снижается. В среднем, налоговые вычеты составляют около 13% от заработной платы. Расчет заработной платы на сборочном участке – это сложный и ответственный процесс, который должен быть выполнен в соответствии с законодательством. Правильный расчет позволяет обеспечить справедливую оплату труда работников и сохранить высокую мотивацию на рабочем месте. Расчет заработной платы на сборочном участке приведен в таблице 14. Расчет выполняется по формуле 46.

$$Озп = Ст \cdot Т \cdot \left(1 + \frac{Дп}{100}\right), \quad (46)$$

где Ст – тарифная ставка, в соответствии с разрядом, руб;

Т – годовой фонд рабочего времени, чел-час;

Дп – коэффициент премиальных доплат.

Таблица 14 – Расчет основной заработной платы на сборочном участке

Квалификация работника	Число работников, чел	Часовая тарифная ставка, руб	Годовой фонд рабочего времени, чел/час	Сумма, руб
Слесарь по сборке автотранспортных средств, V разряда	6	300,00	1840	690 000,00
Слесарь по сборке автотранспортных средств, VI разряда	6	337,50	1840	776 250,00
Мастер участка	2	355,00	1840	816 500,00
ИТОГО				2 282 750,00

Дополнительная зарплата работников на участке рассчитывается по формуле 6.

$$Дзп = Озп \cdot Кд/100, \quad (47)$$

где Кд - коэффициент отчислений на дополнительную заработную плату, Кд = 8%.

$$Дзп = 2282750 \cdot \frac{8}{100} = 182\,620 \text{ руб}$$

Важным фактором при расчете заработной платы является учет налогов и отчислений. К ним относятся налог на доходы физических лиц и страховые взносы в Пенсионный фонд и Фонд обязательного медицинского страхования. Расчет затрат на страхование приводится в формуле 48.

$$O_{\text{ФМС}} = (O_{\text{Зп}} + D_{\text{Зп}}) \cdot K_{\text{соц}}, \quad (48)$$

где  $K_{\text{соц}}$  – норма отчислений на страховые взносы,  $K_{\text{соц}} = 0,3$ .

$$O_{\text{ФМС}} = (2282750 + 182620) \cdot 0,3 = 739611,00 \text{ руб}$$

Затраты на оплату труда определяются как сумма затрат на основную, дополнительную зарплату и затраты на страховые взносы.

$$O_{\text{т}} = O_{\text{Зп}} + D_{\text{Зп}} + O_{\text{ФМС}}, \quad (49)$$

$$O_{\text{т}} = 2282750 + 182620 + 739611 = 3\,204\,981 \text{ руб}$$

Кроме рассчитанных затрат, на участке присутствуют затраты на расходные материалы, которые используются при работе участка и обеспечивают работоспособность установленного на участке оборудования. Материалы используются в технологических процессах сборки изделий. Расчет стоимости затрат на материалы приведен в таблице 15.

Таблица 15 – Расчет стоимости материалов

Наименование материалов	Кол-во	Стоимость	Сумма
Обтирочные материалы, кг	60	125,00	7 500,00
Обезжириватель, л	25	200,00	5 000,00



Продолжение таблицы 15

Консистентная смазка, кг	20	350,00	7 000,00
Жидкая смазка, кг	35	400,00	14 000,00
Абразивные материалы, кг	12	310,00	3 720,00
Проволока сварочная, кг	65	250,00	16 250,00
Круги абразивные зачистные, шт	450	110,00	49 500,00
Круги абразивные отрезные, шт	600	75,00	45 000,00
Фторопласт, кг	120	210,00	25 200,00
Черный металл, кг	850	90,00	76 500,00
Вода технологическая, м3	350	3,20	1 120,00
Прокладочный материал, м2	20	1 250,00	25 000,00
ИТОГО			275 790,00

Также при расчете себестоимости нормо-часа следует учитывать величину накладных расходов. Для сборочного участка принимаем величину накладных расходов в размере 125% от затрат на оплату труда.

$$Нр = 1,25 \cdot От \quad (50)$$

$$Нр = 1,25 \cdot 3\,204\,981 = 4\,006\,226,25 \text{ руб}$$

При расчете нормо-часа необходимо учитывать фонд времени работы сборочного участка. Исходя из технологии сборочных работ, фонд рабочего времени составит для участка сборки 45800 чел-ч. Суммарные затраты на сборочном участке, согласно произведенным расчетам сведены в таблицу 16.

Таблица 16 – Затраты на участке сборки

Наименование статьи затрат	Сумма
Амортизационные отчисления на оборудование	576 064,00
Амортизационные отчисления на площадь	17 100,00
Общие затраты на электроэнергию	18 846,29
Затраты на оплату труда	3 204 981,00
Стоимость расходных материалов	275 790,00
Накладные расходы	4 006 226,25
ИТОГО	8 099 007,54

Стоимость нормо-часа рассчитывается по формуле 51.

$$C_{нч} = C_{общ} / T_{уч}, \quad (51)$$

где  $C_{общ}$  – сумма общих затрат на участке, руб

$T_{уч}$  – фонд рабочего времени составит для участка сборки, чел-ч,

$$C_{нч} = 8\,099\,007,54 / 45\,800 = 176,83 \text{ руб}$$

Выводы по выполненному разделу.

Выполнен подбор необходимого оборудования для производства сборочных работ. На основании разработанного технологического процесса сборки определены необходимые материалы, требуемый инструмент и оборудование, а также человеческие ресурсы.

При расчете заработной платы была произведена разбивка на исполнителей, в соответствии с их квалификацией и требованиями к выполнению работ.

Результатом выполнения раздела явился расчет себестоимости нормо-часа. Расчет производился на основании анализа комплекса затрат, которые несет участок в процессе реализации процесса сборки готового изделия. Учтены затраты на потреблённые энергоресурсы, затраты на заработную плату и накладные работы, связанные в первую очередь с управленческими издержками. В результате расчета была определена стоимость нормо-часа работы участка, которая составляет 176,83 рубля, что в целом отражает затраты на сборку в среднем по рынку. Рассчитанная величина нормо-часа может быть использована при расчете себестоимости производства изделий различной трудоемкости сборки.

## Заключение

В дипломном проекте произведена разработка конструкции стенда для испытания трансмиссионных масел. Структура дипломного проекта состоит из ряда связанных между собой разделов, в каждом из которых выполнен определённый вид работ, являющихся частью конечного результата.

В первом разделе дипломного проекта произведен краткий обзор типов и видов смазочных материалов. Произведен анализ характеристик смазочных материалов, на основании которого сделаны выводы о тех характеристиках, которые могут быть проконтролированы посредством средств инструментального контроля. Приведены основных характеристики различных видов смазочных материалов. Основным параметром смазочного материала будет являться соотношение вязкости и смазывающе-охлаждающих характеристик материалов, что и будет определять применение того или иного вида смазки для различных узлов и агрегатов автомобиля.

Также в разделе выполнен обзор методик проведения испытаний смазочных материалов. Выявлено два основных метода испытаний – с использованием четырехшариковой машины и с использованием метода испытаний на плоскостной машине трения. Как было выявлено в результате обзора, данный метод используется в исследованиях как наиболее соответствующем реальным условиям эксплуатации. Учитывая, что проектируемый стенд должен максимально соответствовать требованиям условий эксплуатации, предварительно для конструкции будет выбран стенд, соответствующий этой методике.

Таким образом, результатом раздела явился анализ характеристик смазочных материалов и выбор типа разрабатываемой конструкции стенда, исходя из условий эксплуатации смазочных материалов.

Результатом выполнения раздела явился расчет тягово-динамических и экономических характеристик транспортного средства.

Нагрузка на автомобиль является важным фактором, влияющим на его тяговую способность. При расчете необходимо учитывать массу автомобиля, грузоподъемность, а также вес и расположение груза. Расчет массы автомобиля основывался на методических указаниях и указаниях, почерпнутых из специализированной литературы, также подтвержденной практическим опытом.

Мощность двигателя, рассчитанной из массы и заданных скоростных режимов, должна быть достаточной для обеспечения необходимой тяговой способности при заданных условиях эксплуатации автомобиля. Рассчитанная в разделе мощность 64,4 кВт соответствует мощности двигателя малого класса, что косвенно свидетельствует о правильности выполненных расчетов, подкрепляемых практическими значениями.

Передачное число было выбрано таким образом, чтобы обеспечить оптимальное соотношение между скоростью автомобиля и его тяговой способностью. При этом необходимо учитывать, что слишком высокое передаточное число может привести к перегреву двигателя, а слишком низкое – к излишнему расходу топлива. Рассчитанное передаточное число обеспечивает движение автомобиля на скоростях, обозначенных в исходных данных. Расчет динамических характеристики, приведенных в Приложении А также свидетельствует о правильности произведенных расчетов.

Расход топлива также был рассчитан для подтверждения параметров транспортного средства при выполнении тягового расчета автомобиля. Он зависит от мощности двигателя, передаточного числа, нагрузки на автомобиль и других факторов. Графики расхода топлива, в зависимости от режима работы двигателя, приведен в Приложении А и на листах графической части.

Таким образом, тяговый расчет автомобиля является важным этапом проектирования и эксплуатации транспортных средств. Он позволяет определить оптимальные параметры для обеспечения высокой тяговой способности и экономической эффективности автомобиля.

Результатом выполнения конструкторского раздела дипломного проекта явилась разработка стенда для испытания смазочных материалов, в частности жидких масел. Разработка производилась на основании технического задания (ТЗ), которое было разработано в соответствии с требованиями к ТЗ по ГОСТ, с проработкой каждого из разделов. Ответом на разработанное техническое задание явилось техническое предложение (ТП). В разработанном техническом предложении приводятся уже разработанные разрезы наиболее ответственных узлов конструкции. Разработаны гидравлическая, электрическая и кинематическая схема. С учетом специфики производимых работ выполнен подбор силовых агрегатов и выполнен подбор комплектующих. Также обоснован выбор конструкции, на основании произведенного анализа. Прототипом конструкции явилась испытательная установка для масел по авторскому свидетельству №796693. В техническом предложении выполнен расчет параметров конструкции испытательного устройства. Произведен силовой и прочностной расчёт элементов конструкции. Результаты выполненной работы в виде чертежей конструкции представлены на листах графической части. Спецификация изделия представлена в Приложении Б. В соответствии с требованиями к проектированию устройства, в рамках выполнения дипломного проекта была разработана инструкция по эксплуатации. В инструкции отражены требования к проведению испытаний, а также основные конструкционные схемы устройства. Также приведены требования к проведению испытаний на стенде.

Результатом технологического раздела явилось формирование технологической карты выполнения работ по испытанию трансмиссионных масел. Работы производятся на специализированном стенде, разработанном в конструкторском разделе. Особенностью проведенных работ является то, что испытания производятся с использованием контрольных образцов, что позволяет производить испытания противоположных свойств смазочных сред,

которые возможно измерить инструментальными методами, что в свою очередь повышает достоверности и качество производимых испытаний.

В процессе анализа опасных и вредных производственных факторов были выявлены наиболее характерные для рассматриваемого в рамках дипломного проекта участка сборки испытательного стенда. Выявленные факторы позволили сформировать комплекс мероприятий организационного характера, направленных на их нейтрализацию или снижения уровня воздействия на рабочих. Также для снижения уровня воздействия ряда опасных и вредных производственных факторов были подобраны средства индивидуальной защиты рабочих. Определены факторы пожарной опасности на участке, в соответствии с Федеральным законом от 22.07.2008 N 123-ФЗ (ред. от 14.07.2022) "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности". Приведены факторы, наиболее характерные для сборочного участка рассматриваемого предприятия. Разработаны мероприятия по снижению уровня пожарной опасности организационного и технического характера.

Произведено выявление факторов воздействия сборочного участка на окружающую среду. Предложены мероприятия организационного характера, направленные на снижение воздействия деятельности предприятия, среди которых такие, как внедрение раздельного сбора отходов, применение систем очистки сточных вод, учет внешних факторов при организации и планирования участка.

В целом, участок сборки, на котором производятся работы, не является источником опасности для окружающей среды, но некоторые виды материалов и отходов могут представлять такого рода опасность.

На основании проведенного анализа факторов и комплекса предложенных мероприятий можно сделать вывод о выполнении задания в рамках раздела по безопасности жизнедеятельности и охраны труда на участке.

Результатом выполнения раздела по экономической эффективности явился расчет себестоимости нормо-часа. Расчет производился на основании анализа комплекса затрат, которые несет участок в процессе реализации процесса сборки готового изделия. Учтены затраты на потреблённые энергоресурсы, затраты на заработную плату и накладные работы, связанные в первую очередь с управленческими издержками. В результате расчета была определена стоимость нормо-часа работы участка, которая составляет 176,83 рубля, что в целом отражает затраты на сборку в среднем по рынку. Рассчитанная величина нормо-часа может быть использована при расчете себестоимости производства изделий различной трудоемкости сборки.

На основании выводов, по всем разделам дипломного проекта, можно сделать вывод о выполнении комплекса заданий, поставленных рамках дипломного проектирования.



## Список используемой литературы и используемых источников

1. Автоматические системы транспортных средств: учебник / В.В. Беляков, Д.В. Зезюлин, В.С. Макаров, А.В. Тумасов. — Москва : ФОРУМ : ИНФРА-М, 2023. — 352 с. — (Среднее профессиональное образование). - ISBN 978-5-00091-571-4.
2. Базовое шасси пожарных автомобилей и спасательной техники : учебное пособие / Д. А. Едимичев, А. Н. Минкин, С. Н. Масаев [и др.]. - Красноярск : Сиб. федер. ун-т, 2020. - 148 с. - ISBN 978-5-7638-4289-0.
3. Березина, Е. В. Автомобили: конструкция, теория и расчет : учебное пособие / Е.В. Березина. — Москва : ИНФРА-М, 2023. — 320 с. — (Среднее профессиональное образование). - ISBN 978-5-16-018271-1.
4. 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, 2023. – 655 с.
5. Богатырев, А. В. Электронные системы мобильных машин : учебное пособие / А.В. Богатырев. — Москва : ИНФРА-М, 2022. — 224 с.
6. ГОСТ 12.0.003-2015 ССБТ «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация» по технологической операции, видам работ, оборудованию, производственному цеху, участку»
7. Круглик, В. М. Технология обслуживания и эксплуатации автотранспорта : учебное пособие / В.М. Круглик, Н.Г. Сычев. — Москва : ИНФРА-М, 2023. — 260 с. : ил. — (Высшее образование: Бакалавриат). - ISBN 978-5-16-006953-1.
8. Кутьков, Г. М. Тракторы и автомобили: теория и технологические свойства : учебник / Г.М. Кутьков. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва : ИНФРА-М, 2022. — 506 с. + Доп. материалы [Электронный ресурс]. — (Высшее образование: Бакалавриат). — [www.dx.doi.org/10.12737/974](http://www.dx.doi.org/10.12737/974). - ISBN 978-5-16-006053-8.

9. 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.

10. Маркина, А. А. Теория движения колесных машин : учебное пособие / А. А. Маркина, В. В. Давыдова ; М-во науки и высш. образования РФ. - Екатеринбург : Изд-во Уральского ун-та, 2021. - 216 с. - ISBN 978-5-7996-3263-2.

11. Набоких, В. А. Датчики автомобильных электронных систем управления и диагностического оборудования : учебное пособие / В.А. Набоких. — Москва : ИНФРА-М, 2022. — 239 с. — (Высшее образование: Бакалавриат). - ISBN 978-5-16-014160-2.

12. Новиков, В. В. Виброзащитные свойства подвесок автотранспортных средств : монография / В. В. Новиков, И. М. Рябов, К. В. Чернышев. - 2-е изд., испр. и доп. - Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2021. - 384 с. - ISBN 978-5-9729-0634-5.

13. 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.

14. Песков, В. И. Конструкция автомобильных трансмиссий : учебное пособие / В.И. Песков. — Москва : ФОРУМ : ИНФРА-М, 2023. — 146 с. — (Высшее образование: Бакалавриат). - ISBN 978-5-16-016247-8..

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

16. 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.

17. Стуканов, В. А. Основы теории автомобильных двигателей и мотоцикла : учебное пособие / В.А. Стуканов. – Москва : ИД «ФОРУМ» :

ИНФРА-М, 2020. – 368 с. – (Среднее профессиональное образование). - ISBN 978-5-16-101654-1.

18.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.

19.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.

20.Экономика организаций автомобильного транспорта : учебное пособие / Р. Б. Ивуть, П. И. Лапковская, Т. Л. Якубовская, М. М. Кисель. - Минск : РИПО, 2022. - 215 с. - ISBN 978-985-895-035-4.

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

22.Everyday English For Technical Students (Mechanical engineering, metallurgy and transport department) [Электронный ресурс]/ – Электрон. текстовые данные.– Самара: Самарский государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2021.– 350 с.

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

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

25.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

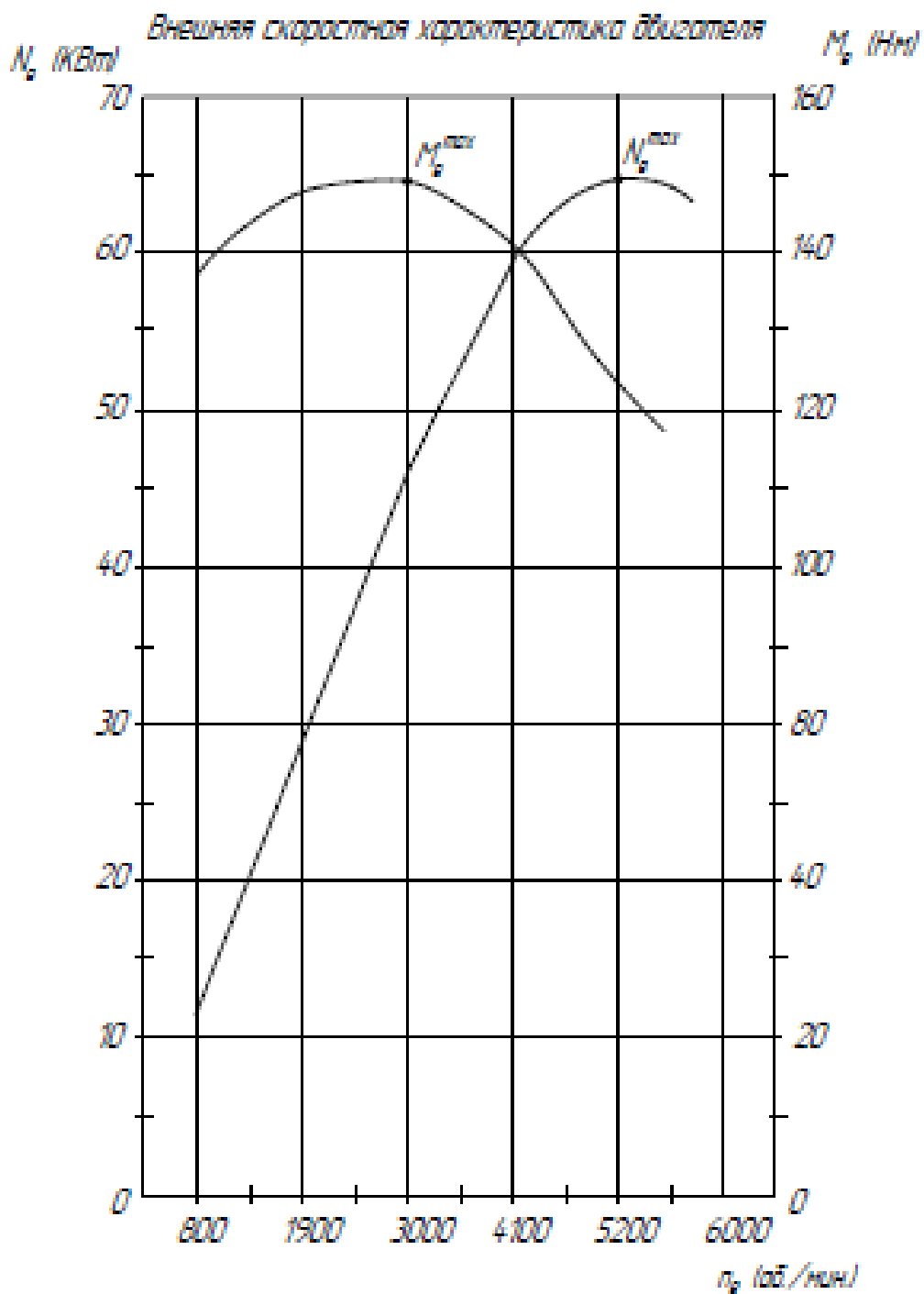


Рисунок А1 – Внешняя скоростная характеристика

Продолжение Приложения А

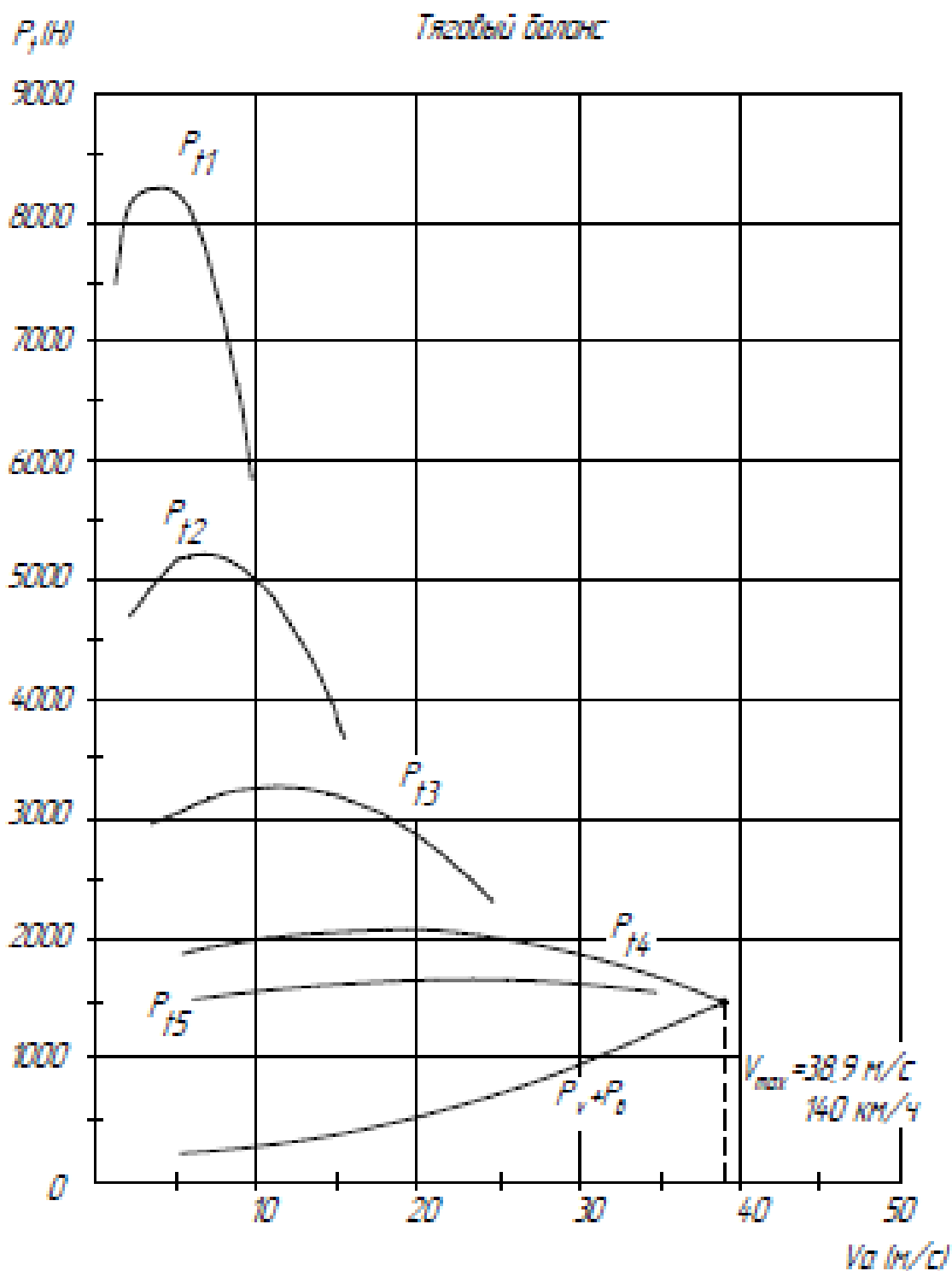


Рисунок А2 – Тяговый баланс автомобиля

Продолжение Приложения А

*Динамическая характеристика*

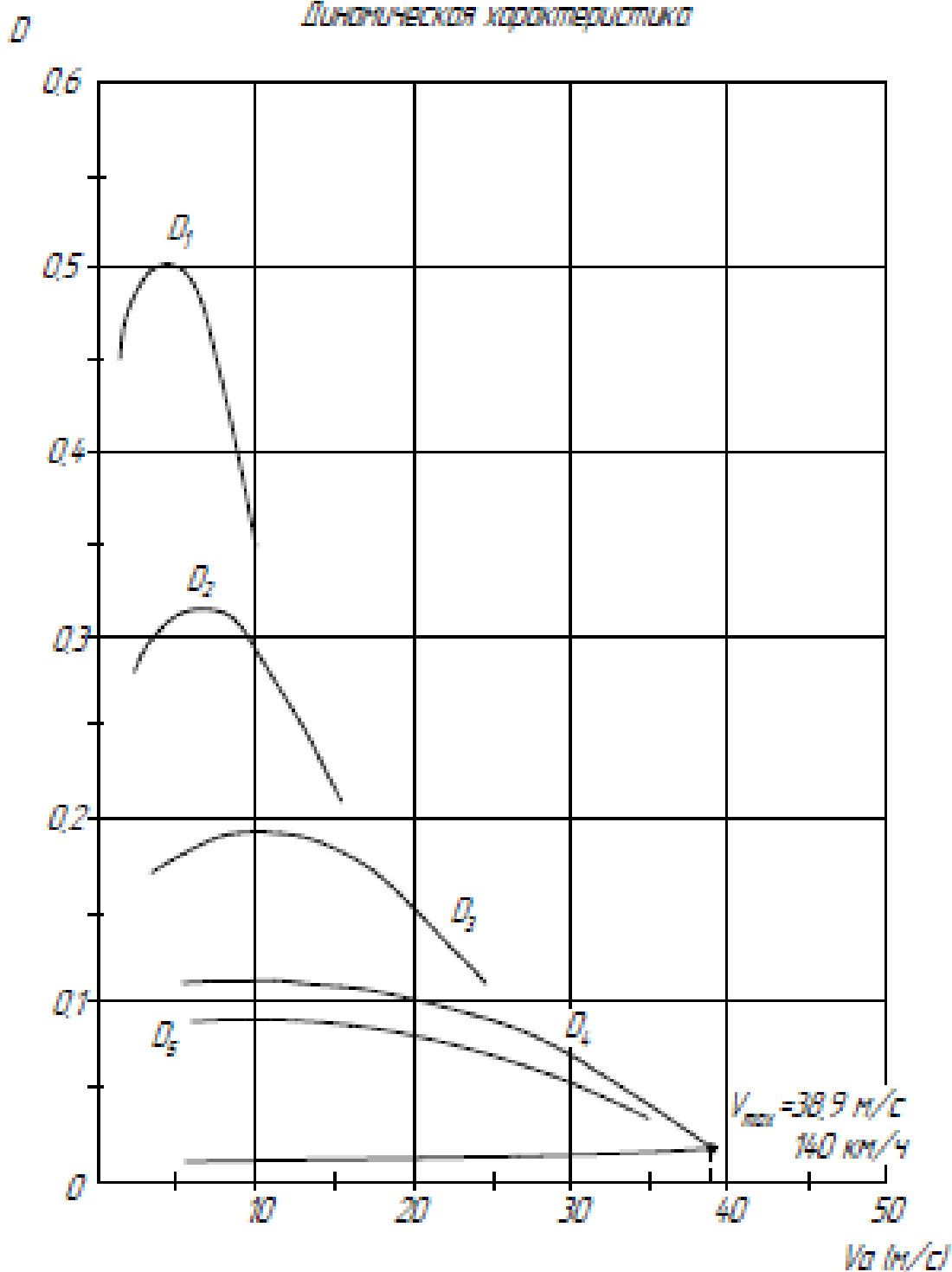


Рисунок А3 – Динамическая характеристика

Продолжение Приложения А

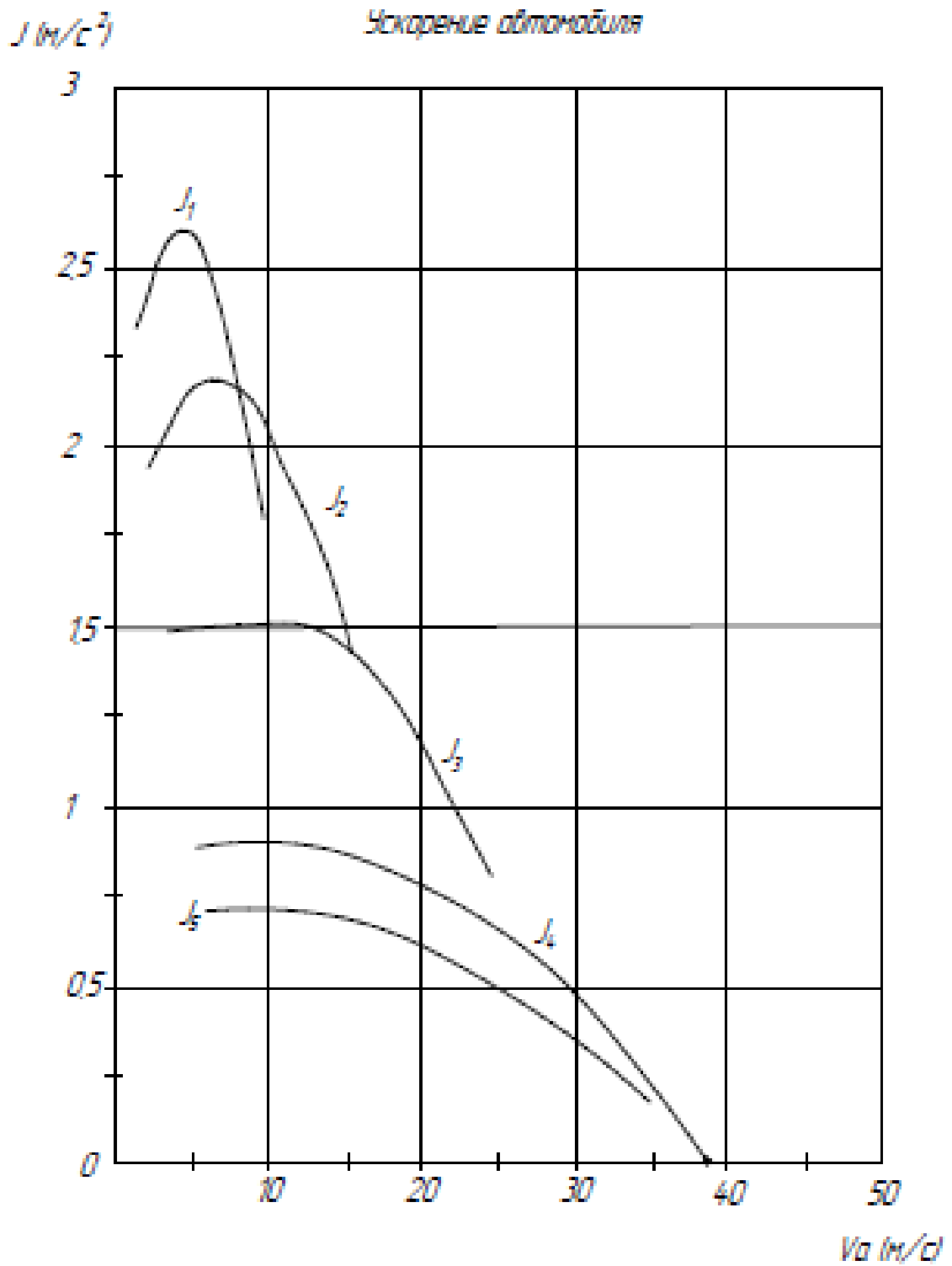


Рисунок А4 – Ускорения автомобиля

Продолжение Приложения А

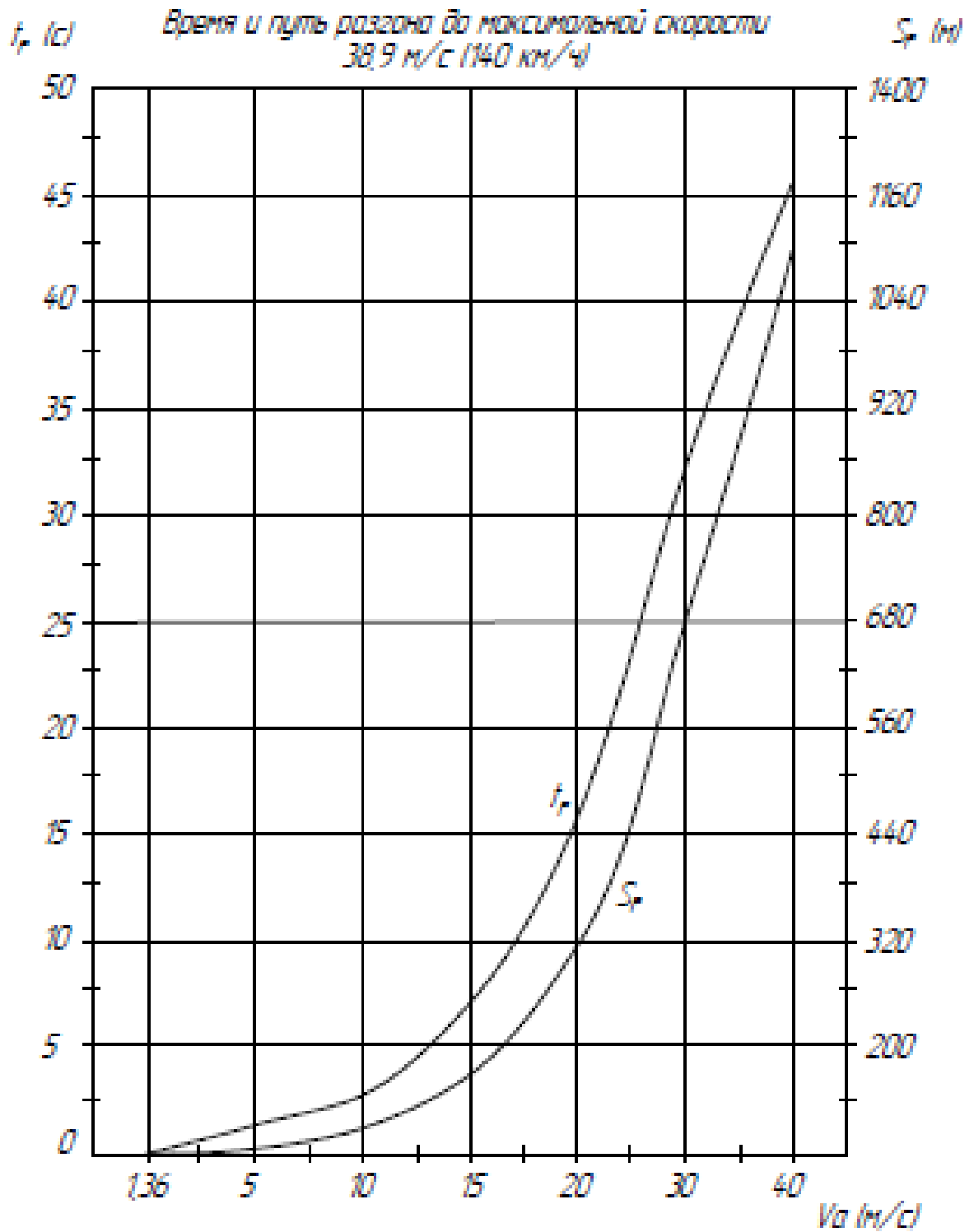


Рисунок А5 – Время и путь разгона автомобиля



Продолжение Приложения А

Мощностной баланс

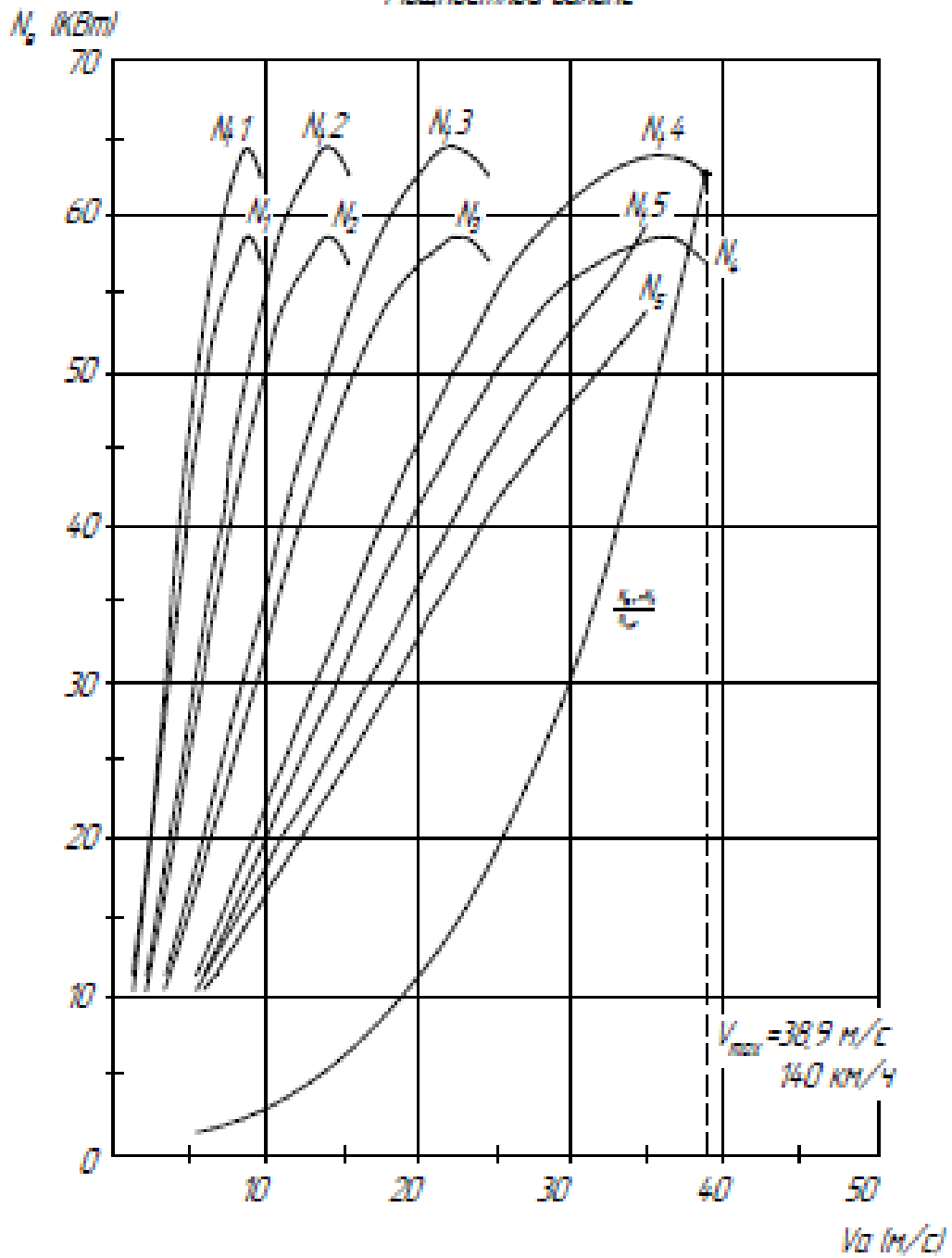


Рисунок А6 – Мощностной баланс

Продолжение Приложения А

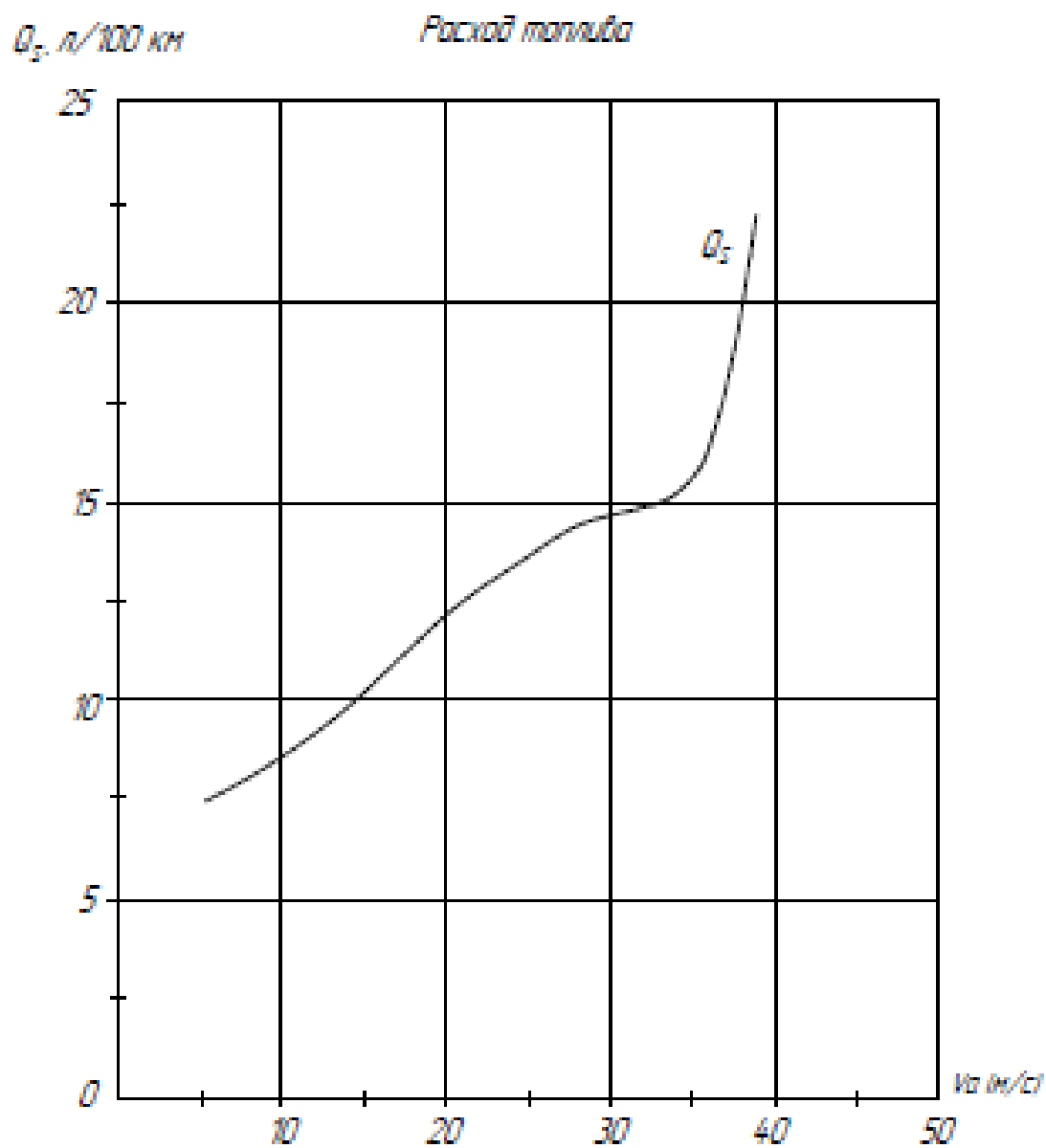


Рисунок А7 – Топливо-экономическая характеристика

Приложение Б  
Спецификации

форма	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание	
				<u>Документация</u>			
			23.ДП.ПЭА.100.00 СБ	Сборочный чертеж	2		
				<u>Сборочные единицы</u>			
		1	23.ДП.ПЭА.100.01	Рама	1		
		2	23.ДП.ПЭА.100.02	Подшипниковый узел	1		
		3	23.ДП.ПЭА.100.03	Нагрузочный узел	1		
		4	23.ДП.ПЭА.100.04	Кронштейн имитатора	1		
		5	23.ДП.ПЭА.100.05	Маслоотбойный кожух	1		
		6	23.ДП.ПЭА.100.06	Масляный бак	1		
				<u>Детали</u>			
		7	23.ДП.ПЭА.100.02.07	Крышка задняя	1		
		8	23.ДП.ПЭА.100.02.08	Шайба дистанционная	1		
		9	23.ДП.ПЭА.100.02.09	Корпус	1		
		10	23.ДП.ПЭА.100.02.10	Втулка распорная	1		
		11	23.ДП.ПЭА.100.02.11	Вал	1		
		12	23.ДП.ПЭА.100.03.12	Крышка передняя	1		
		13	23.ДП.ПЭА.100.03.13	Имитатор	1		
		14	23.ДП.ПЭА.100.03.14	Опора винта задняя	1		
		15	23.ДП.ПЭА.100.03.15	Направляющий стержень	2		
		16	23.ДП.ПЭА.100.02.16	Втулка	1		
		17	23.ДП.ПЭА.100.02.17	Шайба	1		
		18	23.ДП.ПЭА.100.02.18	Винт ходовой	1		
		19	23.ДП.ПЭА.100.02.19	Платик	1		
			<b>23.ДП.ПЭА.100.00 СБ</b>				
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата			
Разраб.	Лцб				Лит	Лист	
Проб.	Турбин				Д	1	
						2	
Н. контр.	Турбин				ТГУ, ИМ, ПЭА		
Утв.	Бобровский				АТс-1801а		



