

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 Улучшение эксплуатационных характеристик вилочного погрузчика
грузоподъемностью 5 тонн путем модернизации трансмиссии

Студент

М.А. Шанин

(Инициалы Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

канд. техн. наук, доцент И.В. Турбин

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

Консультанты

канд. техн. наук, доцент А.В. Бобровский

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

доцент И.В. Дерябин

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

канд. экон. наук, доцент О.М. Сярдова

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

О.А. Головач

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

Тольятти 2022

Аннотация

Дипломный проект выполнен на тему: «Улучшение эксплуатационных характеристик вилочного погрузчика грузоподъемностью 5 тонн путем модернизации трансмиссии».

Цель дипломного проекта – улучшение эксплуатационных характеристик вилочного погрузчика грузоподъемностью 5 тонн путем модернизации трансмиссии.

Пояснительная записка содержит шесть разделов, введение и заключение, список используемой литературы и используемых источников, приложения, всего 85 страниц с приложениями.

Графическая часть содержит 10 листов формата А1, выполненных в автоматизированной системе разработки и оформления конструкторской и проектной документации КОМПАС-График. Выполненный дипломный проект полностью соответствует утвержденному заданию.

В первом разделе рассмотрено назначение и требования предъявляемые к конструкции трансмиссий, их классификация, выполнен обзор типов трансмиссий, обоснован выбор конструкции.

Во втором разделе выполнен тягово-динамический расчет вилочного погрузчика.

В третьем разделе выполнены расчеты свободной мощности двигателя, требуемых рабочих характеристик погрузчика на различных режимах, рабочих объемов насоса, параметры погрузчика при движении без груза по горизонтальной поверхности.

В четвертом разделе выполнено обоснование выбора технологического процесса, определена трудоемкость сборки, составлен технологический процесс сборки модернизированной трансмиссии вилочного погрузчика грузоподъемностью 5 тонн.

В пятом разделе рассмотрены вопросы, касающиеся обеспечения безопасности, экологичности проекта.

В шестом разделе определена эффективность модернизации трансмиссии вилочного погрузчика грузоподъемностью 5 тонн с экономической стороны.

Abstract

The senior thesis is devoted to improving the performance characteristics of a forklift with lifting capacity 5 tons by modernizing the transmission.

The aim of the senior thesis is to improving the performance characteristics of a forklift with lifting capacity 5 tons by modernizing the transmission.

The senior thesis consists of an introduction, general part, a conclusion, a list of 26 references, appendices, and the graphic part on 10 A1 sheets.

The work touches upon next issues: the purpose and requirements for the design of transmissions, their classification, types; the design choice; the calculation of the traction-dynamic properties and technical characteristics of the forklift; the assembly process.

The senior thesis describes the calculations of free engine power, the required performance characteristics of the forklift in various modes, the working volumes of the pump, the parameters of the forklift when moving without load on a horizontal surface.

We also develop the technological process for assembling the developed modernized transmission of a forklift with a lifting capacity of 5 tons. The labour intensity of the assembly is defined.

The work stresses the safety and sustainability of the project.

We also examine the economic efficiency of the modernized transmission of the forklift with lifting capacity 5 tons.

Содержание

Введение.....	6
1 Состояние вопроса	7
1.1 Назначение и требования к конструкций трансмиссий	7
1.2 Классификация трансмиссий	8
1.3 Обзор известных типов трансмиссий	9
1.4 Обоснование выбора конструкции.....	18
2 Тягово-динамический расчет автомобиля	20
2.1 Расчет потребной мощности двигателя	20
2.2 Расчет и построение внешней скоростной характеристики двигателя .	22
2.3 Определение передаточных чисел элементов трансмиссии.....	23
2.4 Расчет и построение тяговой характеристики АТС	23
2.5 Построение динамической характеристики	24
2.6 Расчет и построение экономической характеристики АТС	26
2.7 Расчет и построение характеристик ускорений.....	30
2.8 Расчет и построение характеристик разгона.....	31
2.9 Расчет и построение характеристик торможения.....	32
3 Конструкторская часть	34
3.1 Расчет свободной мощности двигателя	38
3.2 Определение характеристик погрузчика при различных режимах движения	40
3.3 Расчет требуемых рабочих объемов насоса	43
3.4 Расчет скоростей движения погрузчика	44
3.4 Расчет параметров погрузчика при его движении без груза на горизонтальной поверхности.....	45
4 Технологический раздел.....	50
4.1 Обоснование выбора технологического процесса.....	50
4.2 Определение трудоемкости сборки.....	52

4.3 Составление технологического процесса сборки модернизированной трансмиссии вилочного погрузчика грузоподъемностью 5 тонн	53
5 Безопасность и экологичность технического объекта	57
5.1 Конструктивно-технологическая и организационно-техническая характеристика технологического процесса обслуживания модернизированной трансмиссии вилочного погрузчика	57
5.2 Идентификация профессиональных рисков.....	58
5.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков	59
5.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта	63
5.5 Обеспечение экологической безопасности рассматриваемого технологического процесса обслуживания модернизированной трансмиссии вилочного погрузчика.....	67
6 Экономическая эффективность проекта.....	69
Заключение	77
Список используемой литературы и используемых источников.....	78
Приложение А. Спецификация.....	85

Введение

Рост экономики России инициирует повышение объема и интенсификации логистических операций, в том числе и погрузочно-разгрузочных работ, что обеспечивает развитие рынка подъемно-транспортного оборудования (ПТО).

«Вилочные автопогрузчики – наиболее распространенная и универсальная по своему использованию группа ПТО. Выпускаются и, соответственно, имеются на рынке модели с дизельным, бензиновым (газовым) двигателем» [3].

В условиях насыщенности и прозрачности рынка, при относительно равном техническом и ценовом уровне, начинается конкуренция на уровне марок – «война брэндов». Например, традиционно крепкие позиции погрузочной техники марки «Toyota» пытаются атаковать японские «ТСМ» и «Mitsubishi», а тех в свою очередь теснят китайская марка «Heli» и южнокорейская «Daewoo». Но потребитель пока предпочитает распространенные марки погрузчиков, так как уверен в том, что в этом случае у него не будет проблем с запасными частями, техническим обслуживанием и ремонтом.

Сегодня спрос на российском рынке во многом определяется финансовыми возможностями потребителя.

Характерной чертой развития ПТО для складирования грузов является повышение спроса на более качественные товары. Все большим спросом пользуются товары повышенной надежности известных фирм и торговых марок. Но всегда существует часть покупателей, ориентированных на отечественную продукцию.

1 Состояние вопроса

1.1 Назначение и требования к конструкций трансмиссий

«Трансмиссия в целом представляет собой комплекс устройств для передачи и преобразования энергии от ее источника к потребителю (или потребителям) в удобном для них виде, а также для изменения направления движения.

К трансмиссиям предъявляются следующие требования со стороны эксплуатации и производства:

- должны обеспечивать надежную связь с двигателем и отсоединение от него, в зависимости от технологии работы;
- иметь возможность изменения их общего передаточного числа в зависимости от изменения тягового сопротивления движению трактора (его загрузке);
- должны иметь возможность изменения направления вращения ведущих колес при неизменном направлении вращения вала двигателя, для получения заднего хода, а также соотношения частот вращения левого и правого ведущих колес при их движении на повороте, по неровностям пути и для поворота соответственно колесного и гусеничного трактора;
- обеспечивать отбор части мощности двигателя на привод дополнительных рабочих органов прицепных или навесных машин – орудий во время движения МТА или его работы на стационаре, а также систем по обслуживанию гидравлических систем трактора;
- конструктивно быть компактной, иметь ограниченные габариты корпусов сборочных единиц (агрегатов), способных передавать большие мощности, иметь достаточно высокий КПД и долговечность, иметь низкую трудоемкость технического

- обслуживания и хорошую ремонтпригодность, не высокую стоимость;
- обеспечение простоты и удобства управления, исключая быструю утомляемость водителя;
 - создание условий для бесшумной работы» [27].

1.2 Классификация трансмиссий

«Современные тракторные трансмиссии в первую очередь классифицируются по способу изменения их передаточных чисел. Они бывают бесступенчатые, ступенчатые и комбинированные.

Бесступенчатые трансмиссии позволяют в заданном интервале передаточных чисел иметь любое их значение, вследствие чего работа МТА всегда может иметь наибольшую производительность и экономичность.

Ступенчатые трансмиссии имеют определенные интервалы (ступени), передаточных чисел, в пределах которых МТА достаточно производительна и экономична.

Комбинированные трансмиссии – это сочетание интервалов передач, внутри которых возможно бесступенчатое изменение их передаточных чисел.

Во – вторых их можно классифицировать по способу преобразования крутящего момента. Они бывают механические, гидравлические, электрические и комбинированные.

Бесступенчатые трансмиссии по этому признаку подразделяются на механические (фрикционно – торроидные, клиноременные и импульсные – инерционные), гидравлические (гидродинамические и гидрообъемные), и электрические (электромеханические).

Ступенчатая трансмиссия по этому признаку является механической, в которой преобразование крутящего момента происходит в шестеренных редукторах, в одном из которых - называемой коробкой передач, происходит

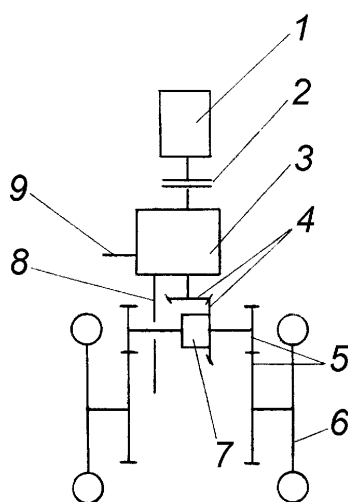
изменение передаточных чисел, ограниченных числом возможных сочетаний ее шестерен» [28].

1.3 Обзор известных типов трансмиссий

Рассмотрим устройство ступенчатых трансмиссий.

«На большинстве тракторов применяются шестеренные трансмиссии, это связано с тем, что они являются наиболее отработанными конструкциями, относительно простыми и надежными в работе, имеющими довольно высокий КПД, более низкую стоимость и удобными в эксплуатации. Основным их недостатком является ступенчатое регулирование ведущих моментов, что довольно часто приводит к неэффективному использованию мощности двигателя.

Принципиальная структурная кинематическая схема ступенчатой трансмиссии рисунок 1.



1 – ДВС; 2 – сцепление; 3 – коробка передач; 4 – центральная передача; 5 – ведущий вал конечной передачи; 6 – ведущие колеса; 7 – дифференциал

Рисунок 1 – Структурная кинематическая схема ступенчатой трансмиссии

Мощность двигателя на ведущие колеса трактора разделяется после КП, что обуславливает наличие одной центральной передачи (ЦП),

размещаемой как правило, в корпусе ведущего моста трактора. Такая схема относительно проста, хорошо компоуется, обладает достаточно высоким механическим КПД, и приемлемыми показателями материалоемкости» [29].

Рассмотрим устройство гидродинамических передач и гидромеханические трансмиссии.

«В гидродинамических передачах в отличие от механических нет жестких связей между источником энергии и ее потребителем. Они состоят из лопастных колес с общей полостью, в которой находится рабочая жидкость, получающая энергию от источника и отдающая ее потребителю.

Гидродинамическая передача, только передающая крутящий момент без его преобразования носит название гидродинамической муфты (гидромуфты), а преобразующая его – гидротрансформатор.

Принципиальная схема гидромуфты показана на рисунке 2.

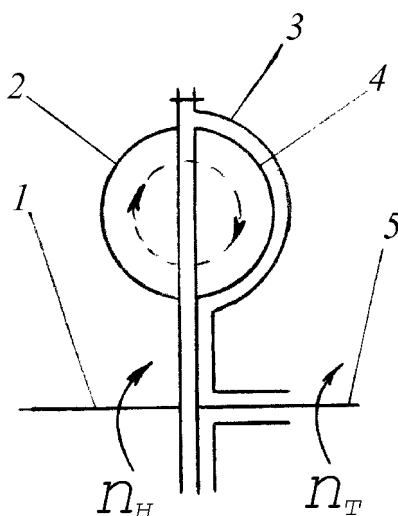


Рисунок 2 – Принципиальная схема гидромуфты

Основными элементами гидромуфты являются два лопастных колеса – ведущее 2 (насосное) с кожухом 3 и ведомое 4 (турбинное). Ведущий вал 1 соединяется с источником энергии – двигателем, а ведомый вал 5 – с приводным валом трансмиссии. Чтобы избежать возможных резонансных вибраций рабочая полость гидромуфты, в которой находится рабочая

В отличие от гидромуфты он, помимо двух подвижных колес – насосного 3 и турбинного 2, имеет и одно неподвижное колесо 4, называемое реактором, закрепленное на полом вала 5.

Гидротрансформаторы имеют те же положительные качества, что и гидромуфты, но кроме этого обладают свойством автоматического бесступенчатого изменения кинематического и силового передаточных чисел в зависимости от величины момента сопротивления на турбинном колесе.

Для увеличения диапазонов бесступенчатого регулирования передаточных чисел трансмиссии часто сочетают гидродинамические и ступенчатые механические передачи, соединяя их последовательно или параллельно.

При последовательном соединении диапазон регулирования передаточных чисел большой, но КПД передачи более низкий. При параллельном их соединении КПД передачи увеличивается.

Такие передачи (трансмиссии) носят название гидромеханических трансмиссий (ГМТ).

Основные преимущества ГМТ:

- бесступенчатое автоматическое изменение крутящего момента на ведущих колесах и скорости МТА в зависимости от сопротивления движению;
- значительное снижения уровня динамических нагрузок, вследствие их демпфирования промежуточной гидравлической средой;
- высокая энергоемкость, простота конструкции и долговечность трансформатора;
- легкость трогания с места и последующего разгона;
- предотвращения возможности остановки двигателя при перегрузке МТА.

К недостатком ГМТ относятся:

- более низкий КПД по сравнению с механической трансмиссией;

- невозможность обеспечения стабильности технологической скорости;
- невозможность пуска двигателя буксировкой и снижение эффективности торможения МТА двигателем;

Для устранения этих недостатков часто применяют фрикционную блокировку гидротрансформатора» [31].

Рассмотрим конструкцию и устройство гидрообъемных (гидростатические) трансмиссий.

«Гидрообъемные передачи (ГОП) основаны на принципе передачи энергии давлением жидкости. При этом рабочее усилие или крутящий момент практически не зависят от скорости движения рабочей жидкости.

В ГОП как минимум должны быть две основные гидравлические машины, соединенные между собой трубопроводами: объемный гидронасос, преобразующий крутящий механический поток энергии в поступательный силовой гидравлический поток энергии, и гидромотор, преобразующий гидравлический поток энергии обратно в крутящий момент.

По типу передачи жидкости от насоса к мотору ГОП бывают двух типов открытые и закрытые. В качестве агрегатов трансмиссии трактора в основном применяют ГОП закрытого типа рисунке 4.

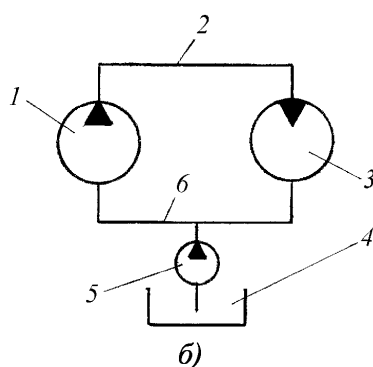


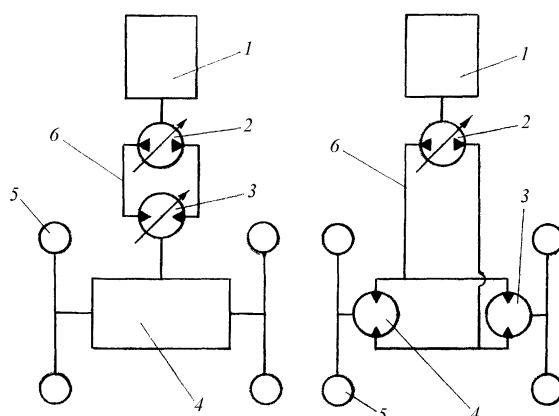
Рисунок 4 – Принципиальная схема гидрообъемной передачи закрытого типа

В первом случае отсутствует обратная гидравлическая связь между насосом и мотором.

Насос 1 всасывает рабочую жидкость из бака 4 и подает ее под давлением по трубопроводу 2 в гидромотор 3. жидкость из гидромотора 3 вновь поступает во всасывающую магистраль 6 насоса 1. при этом дополнительный насос 5 подпитки поддерживает давление в магистрали 6 выше атмосферного, чем предотвращается кавитация рабочей жидкости и компенсируются возможные ее утечки во время работы ГОП. Передача получается компактной при меньшем объеме бака 4» [29].

«Применяемые ГОП в трансмиссиях тракторов разделяют на две основные группы: полнопоточные (однопоточные) и гидродифференциальные (двухпоточные). Их отличие состоит в том, что в полнопоточной трансмиссии вся энергия от двигателя к ведущим колесам движителя передается единым потоком (гидравлическим и механическим). В двух поточной трансмиссии, на какой – то ее ступени происходит разделение единого потока мощности. На две параллельные ветви – гидравлическую и механическую, которые затем вновь соединяются.

Две принципиальные структурные кинематические схемы полнопоточных трансмиссий показаны на рисунке 5.



1 – ДВС; 2 – гидронасос; 3 – гидромотор; 4 – ведущий мост; 5 – ведущие колеса;
6 – трубопроводы

Рисунок 5 – Структурные кинематические схемы полнопоточных трансмиссий

Принципиальная структурная кинематическая схема двухпоточной трансмиссии показаны на рисунке 6.

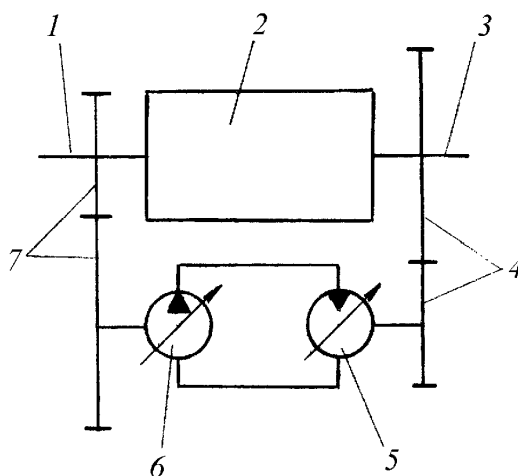


Рисунок 6 – Структурная кинематическая схема двухпоточной трансмиссии

Единый поток энергии поступает на вал 1, после чего посредством шестеренной передачи 7 раздваивается. Один поток энергии поступает в механический дифференциально-планетарный редуктор 2, а другой поток поступает в блок ГОП состоящий из регулируемых объемных насоса 6 и гидромотора 5. Далее шестеренная передача 4 соединяет оба потока на выходном валу 3» [27].

«Основные достоинства гидрообъемных трансмиссий:

- бесступенчатое регулирование крутящего момента в широком диапазоне и плавная передача его на ведущие колеса;
- большая свобода компоновки трансмиссии и сравнительная простота подвода мощности;
- возможность реверсирования хода трактора и регулируемого торможения его ведущих колес без дополнительных устройств;
- предохранение двигателя и трансмиссии от перегрузок;
- легкость и простота управления.

Основные недостатки гидрообъемных трансмиссий:

- меньше КПД, чем у механических трансмиссий;

- большие габариты при малых давлениях (от 10 до 15 МПа) рабочей жидкости и трудность уплотнения при больших давлениях (от 28 до 35 МПа);
- зависимость КПД от температурных условий» [30].

Рассмотрим устройство электрических трансмиссий.

«Электрическая трансмиссия (ЭТ) является бесступенчатой, в которой крутящий момент двигателя передается к ведущим колесам с помощью электрической энергии. По характеру работы она во многом напоминает гидрообъемную полнопоточную трансмиссию, так как в ней так же вначале происходит преобразование механической энергии двигателя в электрическую, а затем ее обратное преобразование в механическую – подводимую к ведущим колесам. Источником электрической энергии, как правило, является электрогенератор, постоянного тока приводимый в действие ДВС. Обратным преобразователем тока в механическую энергию в большинстве случаев является тяговый электродвигатель с последующим возбуждением, имеющий большой пусковой крутящий момент. Следует отметить, что в процессе работы под нагрузкой такие электродвигатели обладают хорошей способностью к саморегулированию – с повышением нагрузки его крутящий момент увеличивается, а с понижением уменьшается. Эта способность электродвигателя и позволяет ЭТ быть бесступенчатой, без применения КП.

Принципиальные структурные схемы ЭТ также напоминают гидрообъемные. В частности иногда применяют блок ЭТ состоящий из электрогенератора и электромотора устанавливаемый в трансмиссии вместо КП, непосредственно перед ЦП, оставляя ведущий мост без изменения» [31].

«На мощных колесных тракторах тяговые электродвигатели часто устанавливают непосредственно перед ведущими колесами, как показано на структурной схеме ЭТ, представленной на рисунке 7.

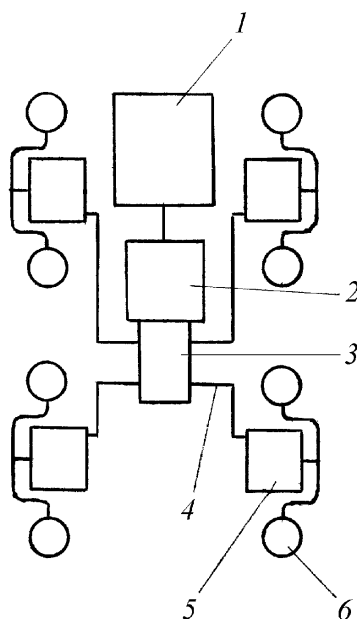


Рисунок 7 – Структурная схема электрической трансмиссии

Здесь ДВС 1 приводит в действие электрогенератор 2, после чего электрическая энергия поступает в блок управления 3. Далее в зависимости от технологии работы и дорожных условий электрическая энергия по электрокабелям 4 поступает в необходимые тяговые электродвигатели 5, ведущих колес 6. такую компоновку тягового электродвигателя и ведущего колеса обычно называют мотор - колесо» [31].

«Преимуществами ЭТ являются:

- бесступенчатое регулирование крутящего момента на ведущих колесах;
- свободный выбор колесной формулы и простота ее общей компоновки;
- упрощение механической части трансмиссии;
- возможность реализации одним «мотор – колесом» большой мощности.

Недостатки ЭТ:

- сравнительно низкий КПД;
- необходимость применения цветных металлов и других дорогостоящих материалов;

- сравнительно высокая общая стоимость и большая масса агрегатов трансмиссии.

ЭТ целесообразно использовать на промышленных тракторах большой мощности (более 650 кВт) и машинах специального назначения» [30].

1.4 Обоснование выбора конструкции

«Потребность в увеличении объемов складской техники возрастает с каждым годом от 10 до 30%. В современных условиях рынок предоставляет колоссальные возможности по выбору автопогрузчиков.

Данный проект позволяет не только создавать новые погрузчики, но и заменить выработавшую свой ресурс старую трансмиссию.

Вилочные автопогрузчики, пользующиеся особенно большим спросом, предназначены для погрузочно-разгрузочных работ на открытых площадях внутризаводских территорий предприятий, на складах, в морских и речных портах, на железнодорожных товарных и сортировочных станциях и терминалах» [2].

«Количество отработанных моточасов - хотя и основной показатель при оценке срока службы складской техники, но далеко не единственный. Большую роль играет тип трансмиссии. При перевозках на небольшие расстояния целесообразна автоматическая трансмиссия. А немецкая компания Linde около полвека ставит на свои погрузчики гидростатическую трансмиссию - собственную уникальную разработку» [14].

«Гидростатическая (гидрообъемная) трансмиссия имеет ряд преимуществ. Гидрообъемная трансмиссия обеспечивает плавное трогание с места и непрерывный, осуществляемый без разрыва потока мощности, разгон. ГОТ позволяет обеспечить работу двигателя на оптимальных режимах и в результате на 10...15% сократить расход топлива.. Использование гидравлики в четыре раза (в сравнении с гидродинамической трансмиссией) уменьшает количество трущихся поверхностей. Такая

компоновка освободила погрузчик от таких объемно-ремонтных узлов, как гидротрансформатор, сцепление, коробка передач, механизм обратного хода. Чем меньше деталей и механизмов, тем проще и надежнее техника в эксплуатации, и тем выше ее моторесурс. Это в свою очередь снижает расход топлива, уровень выхлопа, шума и вибрации.

Применение гидростатической передачи позволяет отрегулировать выходную мощность вплоть до остановки выходного вала» [28].

«В данный момент на российском рынке, отсутствует достойный конкурент зарубежным аналогам автопогрузчиков. Который будет не только дешевле, но и не уступать по качеству.

Внедрение трансмиссии разрабатываемой в дипломном проекте непосредственно повлияет на повышение конкурентоспособности и увеличение рынка сбыта, обусловленных желанием потенциальных покупателей иметь более удобную трансмиссию с улучшенной топливной экономичностью» [5].

Выводы по разделу.

В разделе «Состояние вопроса» рассмотрено назначение и требования предъявляемые к конструкции трансмиссий, их классификация, выполнен обзор типов трансмиссий, обоснован выбор конструкции.

2 Тягово-динамический расчет автомобиля

Техническая характеристика прототипа представлена в таблице 1.

Таблица 1 – Техническая характеристика прототипа

Параметр	Значение
Масса перевозимого груза, включая водителя и пассажиров, кг	5080
Число мест, включая водителя	1
Собственная масса погрузчика, кг	6300
Полная масса погрузчика с грузом и водителем, кг	11380
Распределение нагрузки на ведущий мост:	
нагрузка на передний мост погрузчика с грузом, кг	10900
нагрузка на передний мост погрузчика без груза, кг	3150
Наибольшая скорость при полной массе, км/ч	10
Наибольший подъем, преодолеваемый с грузом, град	20
Двигатель:	
Номинальная мощность при 1600 об/мин, кВт (л.с)	70 (93,9)
Максимальный крутящий момент при 1500 об/мин, Нм	422
Размерность шины	8.25-20М-149А

2.1 Расчет потребной мощности двигателя

«Для определения мощности воспользуемся формулой:

$$N_e = \frac{P_k \cdot V_{\max} \cdot 10^{-3}}{\eta_{mp}}, \quad (1)$$

где P_k – касательная сила тяги на движителе, необходимая для преодоления суммарной силы сопротивления движению, Н;

V_{\max} – максимальная скорость движения АТС, м/с;

η_{mp} – КПД трансмиссии.

$$P_k = (G + Q) \cdot (f \cdot \cos \alpha + \sin \alpha) + k \cdot F \cdot V^2, \quad (2)$$

где G – собственный вес автомобиля, Н;

Q – вес пассажиров и груза, Н;

f – коэффициент сопротивления качению;

α – угол уклона дороги, град;

k – коэффициент обтекаемости;

F – площадь лобовой поверхности автомобиля» [25].

Потребную мощность двигателя рассчитаем для трех вариантов движения и заносим в таблицу 2.

Таблица 2 – Данные для расчета мощности и тяговой силы

Параметры	Значения параметров при различных характеристиках дороги		
	Минимальная скорость движения с грузом (на плохой дороге)	Рабочая скорость с грузом (на хорошей дороге).	Максимальная скорость без груза (на хорошей дороге).
Собственный вес автомобиля, Н	63000		
Вес пассажиров и груза, Н	50800	50800	800
Коэффициент сопротивления качению	0,3	0,018	0,015
Угол уклона дороги, град.	20	0	0
Скорость, м/с	0,83	4,16	6,94
Коэффициент обтекаемости	0,75		
Площадь лобовой поверхности автомобиля, м ²	4,45		
Сила тяги, Н	70990	2106	1118
Потребляемая мощность, кВт	71,86	10,68	9,46

Выбираем дизельный четырехтактный ДВС производства ММЗ Д – 245.7Е2 со следующими характеристиками:

- максимальная мощность, кВт(л.с.) 90 (120,7);
- обороты при максимальной мощности, об/мин 2400;
- удельный расход топлива, г/кВт·ч 215;
- максимальный крутящий момент, Н·м 422 при 1500 об/мин.

2.2 Расчет и построение внешней скоростной характеристики двигателя

Для построения внешней скоростной характеристики используем формулы Лейдермана.

Коэффициенты входящие в эти формулы для данного вида двигателя:
 $A=0,5$; $B=1,5$; $A_0=1,55$; $B_0=1,55$; $C_0=1,0$.

$$N_e = N_{eN} \cdot \left(A \cdot \frac{n_e}{n_{eN}} + B \cdot \frac{n_{eN}^2}{n_{eN}^2} - \frac{n_{eN}^3}{n_{eN}^3} \right), \text{ кВт}, \quad (3)$$

$$g_e = g_{e\max} \left(A_0 + B_0 \frac{n_e}{n_{eN}} + C_0 \frac{n_e^2}{n_{eN}^2} \right), \text{ г/кВт} \cdot \text{ч}, \quad (4)$$

$$G_T = g_e N_e / 1000, \text{ кг/ч}, \quad (5)$$

$$M_e = 9546 N_e / n_e, \text{ Н} \cdot \text{м}, \quad (6)$$

Пример расчета при: $n_e = 1000$ об./мин.

$$N_e = 90 \cdot \left(0,5 \cdot \frac{1000}{2200} + 1,5 \cdot \frac{1000^2}{2200^2} - \frac{1000^3}{2200^3} \right) = 39,8 \text{ кВт}$$

$$g_e = 215 \left(1,55 - 1,55 \frac{1000}{2200} + 1 \frac{1000^2}{2200^2} \right) = 220,93 \text{ г/кВт} \cdot \text{ч},$$

$$G_T = \frac{220,93 \cdot 39,8}{1000} = 8,81 \text{ кг/ч}$$

$$M_e = \frac{9546 \cdot 39,8}{1000} = 380,994 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Результаты расчета представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Результаты расчета

$n, \text{ мин}^{-1}$	$N_e, \text{ кВт}$	$g_e, \text{ г/кВт} \cdot \text{ч}$	$G_m, \text{ кг/ч}$	$M_e, \text{ Н} \cdot \text{м}$
600	20,48835	252,3471	5,170177025	326,106311

Продолжение таблицы 3

n , мин ⁻¹	N_e , кВт	g_e , г/кВт·ч	G_m , кг/ч	M_e , Н·м
700	25,0864	243,1921	6,100815813	342,2501878
800	29,8873	234,905	7,020675624	356,7796769
900	34,84035	227,4855	7,925674736	369,6947784
1000	39,89482	220,9339	8,814116646	380,9954921
1100	45	215,25	9,68625	390,6818182
1200	50,10518	210,4339	10,54382851	398,7537566
1300	55,15965	206,4855	11,38967087	405,2113073
1400	60,1127	203,405	12,22722069	410,0544703
1500	64,9136	201,1921	13,06010643	413,2832457
1600	69,51165	199,8471	13,89170126	414,8976334
1700	73,85612	199,3698	14,72468308	414,8976334
1800	77,89632	199,7603	15,56059435	413,2832457
1900	81,58152	201,0186	16,39940206	410,0544703
2000	84,86101	203,1446	17,23905766	405,2113073
2100	87,68407	206,1384	18,07505694	398,7537566
2200	90	210	18,9	390,6818182

2.3 Определение передаточных чисел элементов трансмиссии

Гидравлическое передаточное число трансмиссии:

$$i_g = \frac{V_{gzm}}{V_{gmp}}, \quad (7)$$

где V_{gzm} – номинальный рабочий объем гидромотора, 160 см³.

$$i_g = \frac{160}{80} = 2.$$

2.4 Расчет и построение тяговой характеристики АТС

«Скорость движения АТС на всех передачах (в соответствии с принятой в п. 2 частотой вращения коленчатого вала) определяется по формуле:

$$V_a = 0,104 \cdot r_o \cdot \frac{n_e}{i_{mp}}. \quad (8)$$

Значение свободной силы тяги P_a АТС на всех передачах вычисляется по формуле:

$$P_a = P_k - P_w, \quad (9)$$

$$P_k = \frac{M_e \cdot \eta_{mp} \cdot i_{mp}}{r_o}, \quad (10)$$

$$P_w = k \cdot F \cdot V_a^2. \quad (11)$$

Пример расчета при частоте вращения коленчатого вала 1000 об/мин с грузом 5 т:

$$V_a = 0,104 \cdot 0,4454 \cdot \frac{1000}{31,8} = 1,46 \text{ м/с} = 5,26 \text{ км/ч},$$

$$P_k = \frac{340,57 \cdot 0,82 \cdot 31,8}{0,4454} = 19939 \text{ Н},$$

$$P_w = 0,75 \cdot 4,45 \cdot 1,46^2 = 7,11 \text{ Н},$$

$$P_a = 19939 - 7,11 = 19931,89 \text{ Н}.$$

2.5 Построение динамической характеристики

$$D = \frac{(P_k - P_w)}{G_a}. \quad (10)$$

Пример расчета при частоте вращения коленчатого вала 1000 об/мин с грузом 5т:

$$D = \frac{19931,89}{113800} = 0,18.$$

Результаты расчета для остальных масс груза и частот вращения коленчатого вала представлены в таблицах 4, 5, 6.

Таблица 4 – Результаты расчета при массе груза 3 тонны и разных частот вращения коленчатого вала

n , об/мин.	M_e , Нм	P_k , Н	V_a , м/с	P_w , Н	P_a , Н	V_a , км/ч	D
600	326,11	13748,6	1,21	4,05	13744,54	4,37	0,147
700	342,25	14737,97	1,39	4,63	14733,34	4,99	0,157
800	356,78	15685,49	1,55	5,18	15680,31	5,59	0,167
900	369,69	16586,8	1,71	5,71	16581,09	6,16	0,177
1000	381	17437,52	1,86	6,22	17431,30	6,71	0,186
1100	390,68	18233,28	2,01	6,71	18226,57	7,24	0,194
1200	398,75	18969,72	2,15	7,18	18962,54	7,74	0,202
1300	405,21	19642,47	2,29	7,63	19634,83	8,23	0,209
1400	410,05	20247,15	2,42	8,07	20239,08	8,70	0,216
1500	413,28	20779,41	2,54	8,49	20770,92	9,16	0,221
1600	414,9	21234,86	2,67	8,90	21225,96	9,60	0,226
1700	414,9	21609,14	2,78	9,29	21599,85	10,02	0,230
1800	413,28	21897,89	2,90	9,67	21888,22	10,43	0,233
1900	410,05	22096,73	3,01	10,04	22086,69	10,82	0,235
2000	405,21	22201,29	3,11	10,39	22190,90	11,21	0,237
2100	398,75	22207,2	3,22	10,73	22196,47	11,58	0,237
2200	390,68	22110,1	3,32	11,06	22099,04	11,93	0,236

Таблица 5 – Результаты расчета при массе груза 4 тонны и разных частот вращения коленчатого вала

n , об/мин.	M_e , Нм	P_k , Н	V_a , м/с	P_w , Н	P_a , Н	V_a , км/ч	D
600	326,11	16270,17	1,03	3,42	16266,75	3,69	0,157
700	342,25	17403,28	1,17	3,92	17399,36	4,23	0,168
800	356,78	18483,65	1,32	4,40	18479,26	4,74	0,178
900	369,69	19506,67	1,45	4,85	19501,82	5,24	0,188
1000	381	20467,69	1,59	5,30	20462,39	5,71	0,197
1100	390,68	21362,07	1,72	5,73	21356,34	6,18	0,206
1200	398,75	22185,18	1,84	6,14	22179,04	6,62	0,214
1300	405,21	22932,38	1,96	6,54	22925,84	7,05	0,221
1400	410,05	23599,03	2,07	6,92	23592,11	7,47	0,227
1500	413,28	24180,5	2,19	7,30	24173,21	7,87	0,233
1600	414,9	24672,16	2,29	7,66	24664,50	8,26	0,238
1700	414,9	25069,36	2,40	8,01	25061,35	8,64	0,241
1800	413,28	25367,46	2,50	8,35	25359,12	9,00	0,244
1900	410,05	25561,84	2,60	8,68	25553,17	9,36	0,246
2000	405,21	25647,86	2,69	8,99	25638,86	9,70	0,247
2100	398,75	25620,87	2,79	9,30	25611,57	10,03	0,247
2200	390,68	25476,24	2,88	9,60	25466,64	10,36	0,245

Таблица 6 – Результаты расчета при массе груза 5 тонны и разных частот вращения коленчатого вала

n , об/мин.	M_e , Нм	P_k , Н	V_a , м/с	P_w , Н	P_a , Н	V_a , км/ч	D
600	326,11	17651,03	0,95	3,16	17647,88	3,40	0,155
700	342,25	18902,91	1,08	3,61	18899,30	3,89	0,166
800	356,78	20099,5	1,21	4,04	20095,45	4,36	0,177
900	369,69	21235,45	1,34	4,46	21230,99	4,81	0,187
1000	381	22305,43	1,46	4,86	22300,57	5,24	0,196
1100	390,68	23304,07	1,57	5,25	23298,83	5,66	0,205
1200	398,75	24226,04	1,68	5,62	24220,41	6,06	0,213
1300	405,21	25065,97	1,79	5,98	25059,99	6,45	0,220
1400	410,05	25818,52	1,90	6,33	25812,19	6,83	0,227
1500	413,28	26478,34	2,00	6,66	26471,67	7,19	0,233
1600	414,9	27040,07	2,09	6,99	27033,09	7,54	0,238
1700	414,9	27498,38	2,19	7,30	27491,08	7,87	0,242
1800	413,28	27847,9	2,28	7,60	27840,30	8,20	0,245
1900	410,05	28083,3	2,37	7,90	28075,40	8,52	0,247
2000	405,21	28199,21	2,45	8,18	28191,03	8,82	0,248
2100	398,75	28190,3	2,53	8,45	28181,84	9,12	0,248
2200	390,68	28051,2	2,61	8,72	28042,48	9,41	0,246

2.6 Расчет и построение экономической характеристики АТС

Экономическая характеристика строится на высшей передаче.

Теоретический расход топлива определяется по формуле:

$$Q_s = \frac{G_T}{V_a}, \quad (11)$$

где G_T – часовой расход топлива, кг/ч;

V_a – скорость автомобиля, км/ч.

Эта формула может быть записана в виде:

$$Q_s = \frac{100 \cdot G_T}{\gamma \cdot v_a}, \quad (12)$$

где γ – удельная плотность топлива, 0,825 кг/л.

При частоте вращения коленчатого вала двигателя 1000 об./мин. и массе груза 5т:

$$Q_s = \frac{100 \cdot 8.26}{0,825 \cdot 5,244} = 191,09 \text{ л/100 км.}$$

Остальные значения приведены в таблицах 7, 8, 9.

Таблица 7 – Результаты расчета при массе груза 3 тонны и разных частот вращения коленчатого вала

<i>n</i> , об/мин	<i>v_a</i> , м/с	<i>v_a</i> , км/ч	<i>G_b</i> , кг/ч	<i>Q_s</i> , л/100 км
600	1,213666	4,369199	5,170177025	143,433184
700	1,386281	4,990613	6,100815813	148,1767522
800	1,551812	5,586525	7,020675624	152,329218
900	1,710687	6,158473	7,925674736	155,9944887
1000	1,863298	6,707874	8,814116646	159,272189
1100	2,01001	7,236037	9,68625	162,2560677
1200	2,151158	7,744168	10,54382851	165,0325534
1300	2,287052	8,233387	11,38967087	167,6790082
1400	2,417981	8,70473	12,22722069	170,2623007
1500	2,544211	9,159159	13,06010643	172,837179
1600	2,665991	9,597569	13,89170126	175,4446962
1700	2,783553	10,02079	14,72468308	178,1107148
1800	2,897112	10,4296	15,56059435	180,8441981
1900	3,006868	10,82473	16,39940206	183,6356482
2000	3,113011	11,20684	17,23905766	186,4560167
2100	3,215714	11,57657	18,07505694	189,2543295
2200	3,315144	11,93452	18,9	191,9565337

Таблица 8 – Результаты расчета при массе груза 4 тонны и разных частот вращения коленчатого вала

<i>n</i> , об/мин	<i>v_a</i> , м/с	<i>v_a</i> , км/ч	<i>G_b</i> , кг/ч	<i>Q_s</i> , л/100 км
600	1,02557	3,692054	5,170177025	169,7396962
700	1,173972	4,226301	6,100815813	174,9740082
800	1,31689	4,740803	7,020675624	179,5035535
900	1,454621	5,236636	7,925674736	183,4551507
1000	1,587443	5,714796	8,814116646	186,9494161
1100	1,715615	6,176213	9,68625	190,0988371
1200	1,839375	6,621751	10,54382851	193,006324
1300	1,958949	7,052215	11,38967087	195,7634822
1400	2,010237	7,236853	12,22722069	201,12653
1500	2,186356	7,870882	13,06010643	203,844

Продолжение таблицы 8

n , об/мин	v_a , м/с	v_{ab} , км/ч	G_b , кг/ч	Q_s , л/100 км
1600	2,294568	8,260446	13,89170126	204,797
1700	2,399352	8,637666	14,72468308	206,6310587
1800	2,500866	9,003118	15,56059435	209,4977149
1900	2,599263	9,357346	16,39940206	212,4327037
2000	2,694683	9,700859	17,23905766	215,4018264
2100	2,78726	10,03413	18,07505694	218,3463831
2200	2,878744	10,36348	18,9	221,0559668

Таблица 9 – Результаты расчета при массе груза 5 тонны и разных частот вращения коленчатого вала

n , об/мин	v_a , м/с	v_{ab} , км/ч	G_b , кг/ч	Q_s , л/100 км
600	0,945339	3,40322	5,170177025	184,1456619
700	1,080837	3,891014	6,100815813	190,0514236
800	1,211022	4,35968	7,020675624	195,1957448
900	1,3362	4,81032	7,925674736	199,7139165
1000	1,456654	5,243955	8,814116646	203,7351261
1100	1,572647	5,661529	9,68625	207,3805384
1200	1,684422	6,063919	10,54382851	210,7613764
1300	1,792205	6,451937	11,38967087	213,9770018
1400	1,896206	6,826341	12,22722069	217,1129959
1500	1,996621	7,187834	13,06010643	220,2392399
1600	2,093632	7,537074	13,89170126	223,4079963
1700	2,187409	7,874672	14,72468308	226,6519888
1800	2,278111	8,201201	15,56059435	229,9824838
1900	2,365888	8,517197	16,39940206	233,3873706
2000	2,450878	8,823162	17,23905766	236,8292421
2100	2,533213	9,119565	18,07505694	240,2434758
2200	2,613013	9,406848	18,9	243,5363143

В зависимости от дорожных условий расход топлива определяется как:

$$Q_s = \frac{g_e}{27 \cdot 10^3 \cdot \eta_{mp}} \cdot (G_a \cdot \psi + P_w), \quad (13)$$

где g_e – удельный расход, соответствующий данному режиму, г·кВт/ч.

ψ – коэффициенты дорожных сопротивлений.

Пример расчета при частоте вращения коленчатого вала двигателя 1000 об/мин и $\psi_l=0,015$ с грузом весом 5т:

$$Q = \frac{231,72}{27 \cdot 10^3 \cdot 0,82} (113800 \cdot 0,015 + 4,86) = 17,9 \text{ л/100 км.}$$

Расчеты остальных параметров приведены в таблицах 10, 11, 12.

Таблица 10 – Результаты расчета при массе груза 3 тонны и разных частот вращения коленчатого вала

n , об/мин	g_e , г/кВт·ч	P_w , Н	Q_s , л/100км (ψ_1)	Q_s , л/100км (ψ_2)	Q_s , л/100км (ψ_3)
600	263,38	4,050612	16,78602124	33,52385593	66,9995253
700	254,34	4,626714	16,21649225	32,37983371	64,70651664
800	246,06	5,179174	15,69470675	31,3318531	62,60614578
900	238,52	5,709418	15,21948737	30,37746569	60,69342233
1000	231,72	6,218759	14,79092371	29,5167611	58,9684359
1100	225,68	6,708409	14,41037551	28,75237009	57,43635925
1200	220,38	7,179489	14,07664299	28,08182185	56,09217957
1300	215,82	7,633036	13,78979683	27,50518707	54,93596756
1400	212,01	8,07001	13,55054168	27,02380591	53,97033436
1500	208,95	8,491304	13,35893893	26,63773975	53,19534137
1600	206,64	8,897746	13,21504563	26,34704563	52,61104563
1700	205,07	9,290109	13,11827519	26,15050147	52,21495405
1800	204,25	9,669111	13,06931644	26,04943161	52,00966197
1900	204,18	10,03542	13,06821554	26,04388221	51,99521554
2000	204,85	10,38967	13,11437551	26,13262077	52,16911129
2100	206,27	10,73245	13,20847662	26,31696307	52,53393597
2200	208,43	11,06429	13,34991599	26,59567073	53,08718022

Таблица 11 – Результаты расчета при массе груза 4 тонны и разных частот вращения коленчатого вала

n , об/мин	g_e , г/кВт·ч	P_w , Н	Q_s , л/100км (ψ_1)	Q_s , л/100км (ψ_2)	Q_s , л/100км (ψ_3)
600	263,38	3,422841	18,56297054	37,08522258	74,12972664
700	254,34	3,918133	17,93152294	35,81803514	71,59105953
800	246,06	4,39512	17,35306609	34,6572856	69,26572463
900	238,52	4,854798	16,82626949	33,60023697	67,14817192
1000	231,72	5,298093	16,3512066	32,6469627	65,23847489
1100	225,68	5,725864	15,92935741	31,80034928	63,54233302
1200	220,38	6,138915	15,55937462	31,05764291	62,0541795
1300	215,82	6,537991	15,24131749	30,41890286	60,77407359
1400	212,01	6,709165	14,97389251	29,88353885	59,70283153
1500	208,95	7,296964	14,76331755	29,45776877	58,84667121
1600	206,64	7,658122	14,60347581	29,13547581	58,19947581
1700	205,07	8,007836	14,49576138	28,91735081	57,76052967

Продолжение таблицы 11

n , об/мин	g_e , г/кВт·ч	P_w , Н	Q_s , л/100км (ψ_1)	Q_s , л/100км (ψ_2)	Q_s , л/100км (ψ_3)
1800	204,25	8,346641	14,44092373	28,8048465	57,53269202
1900	204,18	8,67504	14,43900315	28,79800315	57,51600315
2000	204,85	8,993504	14,48933014	28,89544803	57,7076838
2100	206,27	9,302479	14,59264735	29,09862703	58,11058638
2200	208,43	9,607806	14,74833175	29,40621387	58,72197809

Таблица 12 – Результаты расчета при массе груза 5 тонны

n , об/мин	g_e , г/кВт·ч	P_w , Н	Q_s , л/100км (ψ_1)	Q_s , л/100км (ψ_2)	Q_s , л/100км (ψ_3)
600	263,38	3,155068	20,34420243	40,65087181	81,26421056
700	254,34	3,607295	19,65112283	39,26080575	78,48017161
800	246,06	4,041787	19,01621238	37,98750506	75,93009043
900	238,52	4,459568	18,43800073	36,82795737	73,60787065
1000	231,72	4,861583	17,91655673	35,78223153	71,51358112
1100	225,68	5,248709	17,45349091	34,85348007	69,65345839
1200	220,38	5,621758	17,04731631	34,03867403	68,02138948
1300	215,82	5,981483	16,69808779	33,33786828	66,61742925
1400	212,01	6,328587	16,40663025	32,75265871	65,44471562
1500	208,95	6,663722	16,17299163	32,28309326	64,50329651
1600	206,64	6,987496	15,99721663	31,92921663	63,79321663
1700	205,07	7,300477	15,87857267	31,68952524	63,31143039
1800	204,25	7,603197	15,81787276	31,56560312	63,06106382
1900	204,18	7,896152	15,8151534	31,55748674	63,0421534
2000	204,85	8,179806	15,86967404	31,66366456	63,25164559
2100	206,27	8,454597	15,98224118	31,88571408	63,69265988
2200	208,43	8,720932	16,15210993	32,22211942	64,36213839

2.7 Расчет и построение характеристик ускорений

Возможные ускорения разгона на каждой передаче.

«Ускорения АТС на всех передачах вычисляются по формуле:

$$j = \frac{D - \psi}{\delta} g, \quad (14)$$

где δ – коэффициент учета вращающихся масс АТС, рассчитываемый по приближенной формуле» [24].

$$\delta = 1 + 0,04(1 + i^T). \quad (15)$$

Пример расчета при $n_e = 1000$ об./мин. на асфальтном покрытии:

$$\delta = 1 + 0,04(1 + 28,59) = 12,84,$$

$$j = \frac{0,28 - 0,15}{12,84} \cdot 9,81 = 0,203 \text{ м/с}^2.$$

Данные расчетов остальных параметров приведены в таблице 13.

Таблица 13 – Результаты расчета ускорений

п, об/мин	j , м/с ²	I_Γ	V_a , м/с	V_a , км/ч
600	0,171	27,67	1,004589026	3,616520494
700	0,180	27,90	1,162334411	4,184403878
800	0,189	28,13	1,317493805	4,742977698
900	0,196	28,36	1,470130282	5,292469016
1000	0,203	28,59	1,620304881	5,833097572
1100	0,209	28,82	1,768076686	6,36507607
1200	0,215	29,05	1,913502907	6,888610466
1300	0,219	29,28	2,056638951	7,403900225
1400	0,223	29,51	2,197538495	7,911138582
1500	0,226	29,74	2,336253549	8,410512778
1600	0,228	29,97	2,472834526	8,902204294
1700	0,230	30,20	2,607330297	9,38638907
1800	0,230	30,43	2,739788253	9,863237712
1900	0,230	30,66	2,870254361	10,3329157
2000	0,229	30,89	2,998773213	10,79558357
2100	0,228	31,12	3,125388082	11,25139709
2200	0,225	31,35	3,250140967	11,70050748

2.8 Расчет и построение характеристик разгона

Время разгона в интервале изменения скоростей определяется по формуле:

$$\Delta t = \frac{V_2 - V_1}{j_{cp}}. \quad (16)$$

Определим время разгона:

$$\Delta t = \frac{11,7 - 3,6}{3,6 \cdot 0,2137} = 10,529 \text{ с.}$$

При определении пути разгона S считают, что в каждом интервале изменения скорости автомобиль движется равномерно со скоростью:

$$V_{cp} = 0,5 \cdot (V_1 + V_2), \text{ м/с,} \quad (17)$$

$$V_{cp} = 0,5 \cdot (1,004 + 3,25) = 4,254 \text{ м/с,}$$

$$\Delta S = V_{cp} \cdot \Delta t, \text{ м,} \quad (18)$$

$$\Delta S = 4,254 \cdot 10,529 = 44,79 \text{ м.}$$

Общий путь разгона:

$$S = \Delta S = 44,79 \text{ м.}$$

2.9 Расчет и построение характеристик торможения

«Тормозной путь при торможении рабочей тормозной системой с начальной скорости до полной остановки АТС на сухой горизонтальной дороге с бетонным покрытием определяется по формуле:

$$S_T = K_{\text{э}} \cdot \frac{V_a^2}{\varphi \cdot g}, \text{ м,} \quad (19)$$

где $K_{\text{э}}$ – коэффициент, учитывающий степень использования полной теоретически возможной эффективности действия тормозной системы. Для грузовых автомобилей – 1,3...1,5» [25].

Время остановки:

$$t_0 = t_p + t_{np} + 0,5 \cdot t_y + \frac{k_s \cdot v_a}{2g \cdot \varphi}, \quad (20)$$

где t_p – время реакции водителя, 0,8 с

t_{np} – время срабатывания тормозного привода, 0,3 с;

t_y – время увеличения замедления, 5 с.

φ – коэффициент сцепления на сухом асфальте, $\varphi = 0,05$.

Пример расчета при скорости автомобиля 20 км/ч:

$$S_T = 1,3 \cdot \frac{5,56^2}{0,6 \cdot 9,81} = 6,81 \text{ м,}$$

$$t_0 = 0,8 + 0,3 + \frac{5}{2} + 1,3 \cdot \frac{5,56}{35 \cdot 0,6} = 3,94 \text{ с.}$$

Данные расчета тормозного пути при разных скоростях приведены в таблице 14.

Таблица 14 – Данные расчета тормозного пути при разных скоростях

V_a , км/ч	S_T , м	t_0 , с
5	0,425502	3,685924
10	1,703236	3,77191
15	3,833201	3,857895
20	6,815398	3,943881
25	10,64983	4,029867

Выводы по разделу.

В разделе «Тягово-динамический расчёт» выполнены расчеты потребной мощности двигателя, данных для построения внешней скоростной характеристики, определены передаточные числа трансмиссии, данные для построения следующих видов характеристик: тяговой, динамической, экономической, ускорений, разгона, торможения.

3 Конструкторская часть

«Проектируемый автопогрузчик вилочный общего назначения с номинальной грузоподъемностью 5000 кг. Погрузчик приводится в движение от дизельного двигателя через гидрообъемную передачу к переднему приводному мосту.

В качестве аналогов рассматриваются следующие автопогрузчики:

- погрузчик вилочный типа 41.030 выпускаемый Львовским заводом автопогрузчиков;
- погрузчик вилочный ВП-05, выпускаемый ОАО ТВЭКС» [12].

«В погрузчике 41.030 привод моста от двигателя осуществляется через систему редукторов и карданных валов.

В погрузчике ВП-05 привод моста осуществляется от двух скоростного гидромотора типа 303.3.112 через главную передачу, с передаточным числом ≈ 7.33 . Общее передаточное число между двигателем и колесом $i_{max} \approx 28.6$. Реверс хода происходит за счет гидрораспределителя, установленного между аксиально-поршневым насосом с наклонным блоком цилиндра типа 313.3.55.557.303 и гидромотором» [6].

В проектируемом погрузчике предполагается использовать насос с наклонной шайбой типа 416.90, который позволит исключить из гидросистемы высокого давления гидрораспределитель с расходом $Q=200$ л/мин и $P=35$ МПа, который серийно специализированными отечественными заводами не выпускается. Кроме того, предполагается исключить редуктор главной передачи между гидромотором и мостом.

С учетом выше изложенного были проведены предварительные расчеты тягово-скоростных характеристик проектируемого погрузчика, оснащенного дизельным двигателем Д-243 и приводными мостами с передаточными числами $i=13.62$ и $i=15.37$. Результаты предварительного расчета приведены в таблице 15.

Таблица 15 – Результаты предварительного расчета

Вариант исполнения ходовой части	Насос с регулятором мощности $V=90 \text{ см}^3$ Гидромотор $V=250 \text{ см}^3$		Насос с регулятором мощности $V=90 \text{ см}^3$ Гидромотор $V=160 \text{ см}^3$	
	$i=13.62$	$i=15.37$	$i=13.62$	$i=15.37$
Максимальное тяговое усилие на ведущем мосту, кН	28,4	28,4	28,4	28,4
Тяговое усилие при $V=25 \text{ км/час}$, кН	2,5	2,5	2,5	2,5
Тяговое усилие при максимальном грузе на горизонтальной поверхности, кН	8,55	8,55	8,55	8,55
Скорость погрузчика с грузом при максимальном подъеме, км/час	7,65	7,5	7,65	7,5
Скорость погрузчика с грузом на горизонтальной поверхности (при номинальных рабочих объемах насоса и мотора) км/час	9	8	14,6	12,7
Перепад давлений при движении погрузчика с грузом по горизонтальной поверхности, МПа	6,4	5,7	10	8,9
Перепад давлений при движении погрузчика с грузом при максимальном уклоне, МПа	21	18,8	33,1	29,3
Рабочий объем насоса при максимальном тяговом усилии, см^3	74	83,9	47,5	53,3
Потребляемая максимальная мощность при движении погрузчика с грузом при максимальном уклоне, кВт	59,6	59,6	59,6	59,6
Потребляемая мощность погрузчика без груза при движении со скоростью 25 км/час , кВт	19	18,5	19	18,5
Минимальный рабочий объем гидромотора, см^3	91,8	81,5	91,8	81,5
Диапазон регулирования гидромотора	2,7	3	1,74	1,96
Диапазон регулирования насоса	1,2	1,07	1,9	1,7

Анализ полученных результатов показал, что работа погрузчика при движении с грузом на уклоне 18% будет возможна только в случае ограничения рабочего объема насоса. Кроме того, часть мощности двигателя необходимо зарезервировать на механизмы, работу которых необходимо совмещать с работой трансмиссионного насоса.

Согласно ГОСТ 16215 «Автопогрузчики вилочные общего назначения. Общие технические условия» преодолеваемый уклон для данного типа проектируемого погрузчика регламентирован 20% и превышает максимально допустимые уклоны, прототипов в 16% и 18%. Для обеспечения работы погрузчика на максимальном уклоне 20%, указанном в ГОСТ 16215, принято решение применить более мощный двигатель Д-245.7Е2 с номинальной мощностью $N=90$ кВт.

«При движении двигатель погрузчика развивает окружную силу, величина которой определяется мощностью (крутящим моментом) двигателя, передаточным числом, КПД трансмиссии и ограничивается сцеплением движителя с опорной поверхностью» [10].

Для того чтобы погрузчик мог длительно безостановочно двигаться сила тяги ведущих колес F должна быть больше суммы всех сопротивлений его движению $\sum F_{R+S+B}$, но меньше сил сцепления колеса с опорной поверхностью $F_{сц}$, то есть $F_{сц} > F > \sum F_{R+S+B}$, если сила тяги колеса погрузчика больше суммы сил сопротивлений движению и больше силы по условиям сцепления, то колеса буксуют $F_{сц} < F < \sum F_{R+S+B}$.

В том случае, если сила тяги колес недостаточна для преодоления суммы сил сопротивления и меньше сил по условиям сцепления, то погрузчик двигаться не сможет $F_{сц} > F < \sum F_{R+S+B}$.

Силы сцепления погрузчика рассчитываются по формуле:

$$F_{сц} = \psi mg, \quad (21)$$

где ψ – коэффициент сцепления;

mg – нагрузка на колесо или ось.

Сила сцепления погрузчика при движении с грузом по сухому грунту:

$$F_{сц} = 0,5 \cdot 10900 \cdot 9,81 = 53464 \text{ Н.}$$

Сила тяги колес погрузчика расходуется на преодоление сопротивлений передвижению F_R (качению), от уклона (подъема) местности F_S :

$$\sum F_{RS} = F_R + F_S, \quad (22)$$

где $F_R + F_S = F_D$ – сопротивлению дороги.

Схема сил действующих на погрузчик при движении по уклону представлена на рисунке 8.

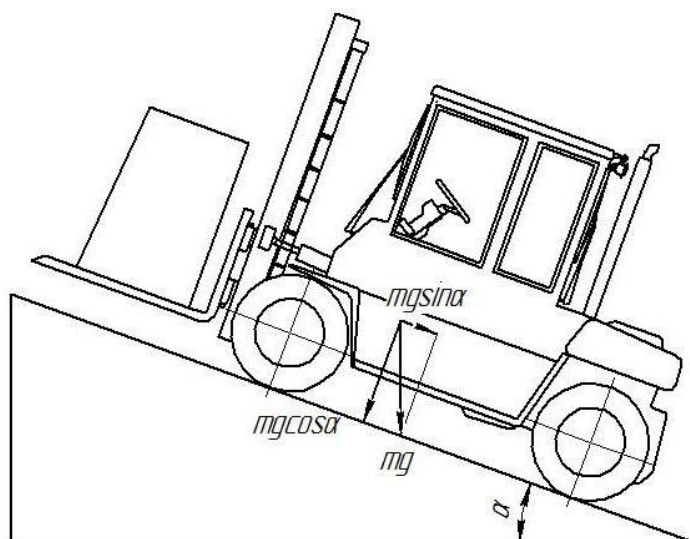


Рисунок 8 – Схема сил действующих на погрузчик при движении по уклону

Сила сопротивления качению погрузчика с грузом, при подъеме:

$$F_R = f_a m_0 \cos \alpha, \quad (23)$$

$$F_R = 0,08 \cdot 10900 \cdot 9,81 \cdot 0,98 = 8383 \text{ Н.}$$

Сила сопротивления при подъеме погрузчика:

$$F_s = m_p g \sin \alpha , \quad (24)$$

$$F_s = 11300 \cdot 9,81 \cdot 0,2 = 22171 \text{ Н} .$$

Сопротивление дороги при движении погрузчика на подъеме:

$$F_d = F_R + F_s , \quad (25)$$

$$F_d = 8383 + 22100 = 30554 \text{ Н} .$$

Для оценки ходовых свойств погрузчика необходимо рассмотреть выполнение следующего условия движения:

$$F_{сц} > F > F_d$$
$$53464 > 30600 > 30554$$

Принятая максимальная сила тяги погрузчика $F=30600$ Н удовлетворяет условию достаточного сцепления, исключающего проскальзывание.

3.1 Расчет свободной мощности двигателя

При расчете свободной мощности двигателя необходимо учесть мощности, потребляемые шестеренным насосом механизма подъема, насосом гидроруля и насосом подпитки.

Мощность, потребляемая насосом определяется по формуле:

$$N = \frac{Q \Delta p}{612 \eta_t} , \quad (26)$$

где $\eta_t = 0,9$ – полный КПД.

Подача насоса определяется по формуле:

$$Q = \frac{n_{дв} V_{г1} \eta_v}{1000}, \quad (27)$$

где η_v – объемный КПД, 0,95.

Схема работы вспомогательных механизмов представлена на рисунке 9.

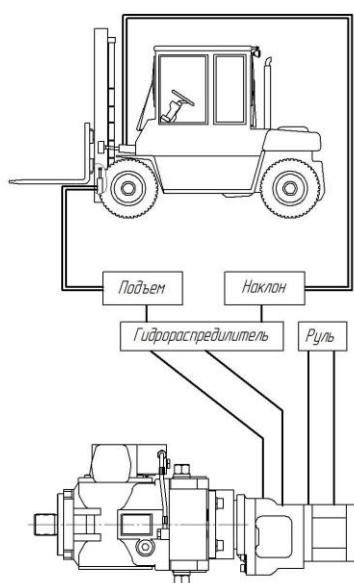


Рисунок 9 – Схема работы вспомогательных механизмов

Результаты расчета параметров насосов приведены в таблице 16.

Таблица 16 – Расчеты параметров насосов

Параметр	Объем насоса, $V_g, \text{см}^3$	Разность давлений, $\Delta p, \text{кгс/см}^2$	Расход $Q, \text{л/мин}$		Мощность $N, \text{кВт}$	
			$n_{дв} = 1600$ <i>об / мин</i>	$n_{дв} = 2200$ <i>об / мин</i>	$n_{дв} = 1600$ <i>об / мин</i>	$n_{дв} = 2200$ <i>об / мин</i>
Насос механизма подъема	50	5	76	104,5	0,69	0,95
Насос гидроруля	10	160	15,2	21	4,4	6,1
Насос подпитки	19	20	29	40	1	1,5

Суммарная мощность, потребляемая насосами всех вспомогательных механизмов определяется по формуле:

$$N_{\Sigma} = N_{HШ50} + N_{HШ10} + N_{подпит.} \quad (28)$$

при $n_{ДВ} = 1600$ об/мин, $N_{\Sigma} = 0,7 + 4,4 + 1 = 6,1$ кВт,

при $n_{ДВ} = 2200$ об/мин, $N_{\Sigma} = 0,95 + 6,1 + 1,5 = 8,6$ кВт.

Свободная мощность двигателя погрузчика определяется по формуле:

$$N_{СВ} = N_{ДВ} - N_{\Sigma} \quad (29)$$

при $n_{ДВ} = 1600$ об/мин $N_{СВ} = 70 - 6,1 = 63,9$ кВт,

при $n_{ДВ} = 2200$ об/мин $N_{СВ} = 88,5 - 8,6 = 79,9$ кВт.

Из расчетов видно, что мощность, потребляемая насосами вспомогательных механизмов не превышает 10% от мощности двигателя.

3.2 Определение характеристик погрузчика при различных режимах движения

Гидравлическое передаточное число определяется по формуле:

$$i = \frac{V_{g2}}{V_{g1}} \quad (30)$$

Крутящий момент на валу гидромотора определяется по формуле:

$$M_{ГМ} = \frac{F_{r0}}{i_m}. \quad (31)$$

Перепад давления на гидромоторе определяется по формуле:

$$\Delta p = \frac{M_{ГМ} \cdot 100 \cdot \eta_v}{1,56V_{g2}}. \quad (32)$$

Скорость движения погрузчика определяется по формуле:

$$V = \frac{0,377n_{ГМ}r_0}{i_m}, \quad (33)$$

где $n_{ГМ}$ – число оборотов вала гидромотора, об/мин.

Число оборотов вала гидромотора определяется по формуле:

$$n_{ГМ} = \frac{n_{ДВ}}{i}. \quad (34)$$

Режимы движения и полученные данные приведены в таблице 17.

Таблица 17 – Характеристики погрузчика при различных режимах движения

Режим движения		Гидравлическое передаточное число, i (при $n_{дв}=1600/2200$)	Сила тяги погрузчика F , Н	Крутящий момент на гидромоторе, МГМ, Н·м	Перепад давлений на гидромоторе Δp , кгс/см ² , при $V_{g2}=160/81,5$ см ³	Подача насоса (при $n_{дв}=1600/2200$)	Мощность потребляемая насосом (при $n_{дв}=1600/2200$) N , кВт	Скорость передвижения погрузчика (при $n_{дв}=1600/2200$), V , м/с
Движение погрузчика с грузом, без уклона	1 тонна	1,8	3689	100	38/75	198 (при $n_{дв} = 2200$)	27 (при $n_{дв} = 2200$ об/мин)	12,5 (при $n_{дв} = 2200$ об/мин)
	2 тонны		4866	132	50/99		35,6 (при $n_{дв} = 2200$ об/мин)	
	3 тонны		6121	166	63/125		45 (при $n_{дв} = 2200$ об/мин)	
	4 тонны		7291	198	75/149		53,6 (при $n_{дв} = 2200$ об/мин)	
	5 тонн		8554	233	89/175		63 (при $n_{дв} = 2200$ об/мин)	
Движение погрузчика с грузом, на уклоне	1 тонна	1,8	17938	487	185 (при $V_{g2} = 160\text{см}^3$)	144/198	48,4/66,5	9,1/12,5
	2 тонны		21053	572	217 (при $V_{g2} = 160\text{см}^3$)		57/78	
	3 тонны		24246	659	250 (при $V_{g2} = 160\text{см}^3$)		[65]/[90]	
	4 тонны		27362	744	283 (при $V_{g2} = 160\text{см}^3$)		[74]/[102]	
	5 тонн		30600	832	316 (при $V_{g2} = 160\text{см}^3$)		[82,6]/[113,6]	

Из таблицы 17 видно, при работе погрузчика на уклоне двигателю не хватает запаса мощности для движения с грузом более 2 тонн. Для обеспечения запаса мощности T крутящего момента двигателя необходимо уменьшать рабочий объем насоса.

3.3 Расчет требуемых рабочих объемов насоса

Определение перерасхода свободной мощности погрузчиком по формуле:

$$\Delta N = N - N_{CB} . \quad (35)$$

Определение доли перерасходованной мощности от расчетной мощности двигателя по формуле:

$$\Delta N(\%) = \frac{\Delta N}{N} \cdot 100\% . \quad (36)$$

Определение требуемого рабочего объема насоса.

Исходя из того, что мощность, потребляемая насосом прямо пропорциональна его рабочему объему можно определить требуемый объем насоса по формуле:

$$V_{grp} = V_{гном} \left(1 - \frac{\Delta N(\%)}{100\%} \right) , \quad (37)$$

где $V_{гном}$ – номинальный рабочий объем насоса, 90 см^3 .

Определение гидравлического передаточного числа по формуле:

$$i_2 = \frac{V_{гзм}}{V_{гпр}}, \quad (38)$$

где $V_{гзм} = 160 \text{ см}^3$ – номинальный рабочий объем гидромотора, 160 см^3 .

Результаты расчета рабочих объемов насоса приведены в таблице 18.

Таблица 18 – Результаты расчета рабочих объемов насоса

Масса перевозимого груза	$n_{дв} = 1600 \text{ об/мин}$			$n_{дв} = 2200 \text{ об/мин}$		
	$\Delta N(\%)$	$V_{гпр}, \text{см}^3$	$i_{Г}$	$\Delta N(\%)$	$V_{гпр}, \text{см}^3$	$i_{Г}$
3 тонны	1,7%	88,5	1,81	10%	80,1	2
4 тонны	14%	77,4	2,1	22%	70,2	2,3
5 тонн	23%	69,3	2,3	33,6%	63	2,54

3.4 Расчет скоростей движения погрузчика

Определение общего передаточного числа трансмиссии по формуле:

$$i_{\Sigma} = i_{Г} \cdot i_{М}. \quad (39)$$

Определение угловой скорости приводного колеса погрузчика по формуле:

$$n_{\text{колеса}} = \frac{n_{дв}}{i_{\Sigma}}. \quad (40)$$

Определение скорости погрузчика по формуле:

$$V = 0,377 \cdot n_{\text{колеса}} \cdot r_0. \quad (41)$$

Результаты расчета скоростей движения погрузчика приведены в таблице 19.

Таблица 19 – Результаты расчета скоростей движения погрузчика

Масса перевозимого груза	n _{дв} = 1600 об/мин			n _{дв} = 2200 об/мин		
	i _Σ	n _{колеса} об/мин	V, км/час	i _Σ	n _{колеса} об/мин	V, км/час
3 тонны	27,8	57,6	9	30,74	71,6	11,3
4 тонны	32,3	49,5	7,8	35,4	62	9,8
5 тонн	35,4	45	7,1	39	56,4	8,9см

3.4 Расчет параметров погрузчика при его движении без груза на горизонтальной поверхности

Сила тяги погрузчика определяется по формуле:

$$F_r = \frac{m_e}{2} g \phi, \quad (42)$$

$$F_r = 3150 \cdot 9,81 \cdot 0,08 = 2472 \text{ Н.}$$

Крутящий момент приводного колеса определяется по формуле:

$$M_K = F r_0, \quad (43)$$

$$M_K = 2472 \cdot 0,418 = 1033 \text{ Н} \cdot \text{м.}$$

Крутящий момент на валу гидромотора определяется по формуле:

$$M_{ГМ} = \frac{M_K}{i_M}, \quad (44)$$

$$M_{ГМ} = \frac{1033}{15,37} = 67 \text{ Н} \cdot \text{м.}$$

Перепад давлений на гидромоторе определяется по формуле:

$$M_{ГМ} = \frac{1,56_{гГМ} \Delta p \eta_{mh}}{100} \Rightarrow \Delta p = \frac{M_{ГМ} 100}{1,56_{гГМ} \eta_{mh}}, \quad (45)$$

где η_{mh} – гидромеханический КПД, 0,9.

При $V_{гГМ} = 160 \text{ см}^3$

$$\Delta p = \frac{67 \cdot 100}{1,56 \cdot 160 \cdot 0,9} = 29,8 \text{ кгс/см}^2.$$

При $V_{гГМ} = 80 \text{ см}^3$

$$\Delta p = \frac{67 \cdot 100}{1,56 \cdot 80 \cdot 0,9} = 59,6 \text{ кгс/см}^2.$$

Мощность, потребляемая насосом определяется по формуле:

$$N_{нас} = \frac{Q \Delta p \eta_t}{612} = \frac{V g_{насоса} n_{ДВ} \Delta p \eta_t}{612 \eta_v 1000}, \quad (46)$$

$$N_{нас} = \frac{90 \cdot 2200 \cdot 59,6 \cdot 0,9}{612 \cdot 0,95 \cdot 1000} = 19,3 \text{ кВт}.$$

Максимальная мощность, потребляемая погрузчиком определяется по формуле:

$$N_{\max} = N_{нас} + N_{\Sigma}, \quad (47)$$

$$N_{\max} = 19,3 + 8,9 = 27,9 \text{ кВт}.$$

Крутящий момент колес погрузчика определяется по формуле:

$$M_{кр} = \frac{N_{\max} \cdot 9549}{n_{ДВ}}, \quad (48)$$

$$M_{кр} = \frac{27,9 \cdot 9549}{2200} = 121 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Гидравлическое передаточное число определяется по формуле:

$$i_{Г} = \frac{Vg_{ГМ}}{Vg_{НАСОСА}}, \quad (49)$$

$$i_{Г} = \frac{80}{90} = 0,98.$$

Суммарное передаточное число определяется по формуле:

$$i_{\Sigma} = i_{Г} \cdot i_{М}, \quad (50)$$

$$i_{\Sigma} = 0,89 \cdot 15,37 = 13,65.$$

Частота вращения колеса погрузчика определяется по формуле:

$$n_{\text{колеса}} = \frac{n_{ДВ}}{i_{\Sigma}}, \quad (51)$$

$$n_{\text{колеса}} = \frac{2200}{13,65} = 161 \text{ об./мин.}$$

Скорость погрузчика определяется по формуле:

$$V = 0,377 \cdot n_{\text{колеса}} \cdot r_0, \quad (52)$$

$$V = 25,4 \text{ км/ч.}$$

Определение максимальной скорости погрузчика.

Максимальная скорость погрузчика достигается при максимальных оборотах дизеля:

$$n_{\text{колеса}} = \frac{n_{\text{ДВ}}}{i_{\Sigma}}, \quad (53)$$

$$n_{\text{колеса}} = \frac{2400}{13,65} = 176 \text{ об/мин.},$$

$$V = 0,377 \cdot 176 \cdot 0,418 = 27,7 \text{ км/ч.}$$

По результатам анализа выполненных расчетов можно сделать следующие выводы:

- при движении погрузчика по горизонтальной поверхности без груза достигается скорость 25,4 км/ч при номинальных оборотах двигателя.
- для создания необходимого тягового усилия при движении погрузчика с грузом по горизонтальной поверхности достаточно установленной мощности дизеля, при частоте вращения 1600 об/мин, и номинальных рабочих объемов насоса и гидромотора. При таких параметрах максимальная скорость движения погрузчика составляет 9 км/ч. Для получения максимальной скорости передвижения (25 км/ч) необходимо уменьшить рабочий объем гидромотора до 81,5 см³ и увеличить обороты дизеля до 2200 об/мин;
- при движении погрузчика с грузом на уклоне 20% мощности двигателя достаточно только для работы с грузами до 2 т, с максимальной скоростью передвижения 12,5 км/ч. При работе с более тяжелыми грузами необходимо регулировать потребляемую мощность дизеля за счет уменьшения рабочего объема насоса. Рекомендуемая частота вращения вала дизеля при работе с грузами

более 2 т – 1600 об/мин. Скорость передвижения при таких регулировках от 7 до 9 км/ч в зависимости от веса груза.

- для оптимизации условий получения максимальных скоростей и упрощения управления погрузчиком с грузами, после освоения серийного выпуска погрузчика целесообразно разработать предложение по созданию насоса 416.9 с регулятором мощности и ручным обеспечением ползучих скоростей.

Спецификация на модернизированную трансмиссию вилочного погрузчика грузоподъемностью 5 тонн представлена в Приложении А (рисунок А.1).

Выводы по разделу.

В разделе «Конструкторская часть» выполнены расчеты свободной мощности двигателя, требуемых рабочих характеристик погрузчика на различных режимах, рабочих объемов насоса, параметры погрузчика при движении без груза по горизонтальной поверхности.

4 Технологический раздел

4.1 Обоснование выбора технологического процесса

Процесс сборки является одним из заключительных этапов изготовления машины.

«Организационная форма сборки машин определяется типом и условиями производства. При этом решающими факторами являются годовой объем выпуска изделий, трудоемкость сборочных работ и экономическая эффективность» [1].

Для сборки модернизированной трансмиссии вилочного погрузчика грузоподъемностью 5 тонн предлагается мелкосерийная сборка, так как данный вид модернизации не будет иметь большого количества заказов, а, следовательно, не требуется постановка изготовления на «поток».

В мелкосерийном производстве используют форму стационарной непоточной сборки с дифференциацией процесса на узловую и общую сборку. Процесс выполняется бригадами рабочих со специализацией по видам сборочных работ. Областью экономичного использования данного вида сборки является мелкосерийное производство средних по размеру и крупных машин.

«Определяем такт выпуска:

$$T_{д} = \frac{F_{д} \cdot 60 \cdot m}{N}, \quad (54)$$

где $F_{д}$ – действительный годовой фонд рабочего времени сборочного оборудования в одну смену, принимается равным 2070 ч. для стационарной сборки на необорудованных стендах;

m – количество смен, принимается равным 1;

N – годовой объем выпуска, принимается равным 100 шт» [18].

$$T_d = \frac{2070 \cdot 60 \cdot 1}{100} = 1242 \text{ мин.}$$

Следующим этапом является составление технологической схемы сборки, в которой отражена последовательность соединения составных элементов конструкции (детали, сборочные единицы).

Технологическая схема сборки модернизированной трансмиссии вилочного погрузчика грузоподъемностью 5 тонн представлена в графической части ВКР.

На основании технологической схемы сборки, составляем перечень сборочных работ узловой и общей сборки.

Перечень выполняем в виде таблицы 20, содержащей наименование сборочных работ и данные о нормировании всех необходимых видов работ.

Таблица 20 – Перечень сборочных работ

Содержание основных и вспомогательных переходов	Время операции, мин
Поднять при помощи тельфера двигатель Д.245.7Е2	2,6
Осмотреть двигатель Д.245.7Е2	1,4
Взять муфту пальцевую	0,3
Осмотреть муфту пальцевую	0,6
Установить муфту пальцевую на хвостовик коленчатого вала двигателя Д.245.7Е2	5,8
Взять насос 416.0.90	0,4
Осмотреть насос 416.0.90	0,9
Выполнить соединение насоса 416.0.90 с хвостовиком коленчатого вала двигателя Д.245.7Е2 при помощи муфты пальцевой	4,5
Взять насос тандемированный НШ 50Г+16ГА4	0,4
Осмотреть насос тандемированный НШ 50Г+16ГА4	1,4
Выполнить соединение насоса тандемированного НШ 50Г+16ГА4 с насосом 416.0.90	10
Переместить двигатель Д.245.7Е2 в сборе с насосом 416.0.90 и насосом тандемированным НШ 50Г+16ГА4 к месту установки на погрузчик	3,1
Установить двигатель Д.245.7Е2 в сборе с насосом 416.0.90 и насосом тандемированным НШ 50Г+16ГА4 на погрузчик	32
Поднять при помощи тельфера мост ведущий погрузчика	1,2
Осмотреть мост ведущий погрузчика	1,6
Переместить мост ведущий погрузчика к месту установки на	1,3

Продолжение таблицы 20

Содержание основных и вспомогательных переходов	Время операции, мин
погрузчик	
Взять соединительный фланец	0,2
Осмотреть соединительный фланец	0,4
Взять болт М14 (4 шт.) и гайку М14	0,4
Установить соединительный фланец на мост ведущий погрузчика при помощи болта М14 (4 шт.) и гайки М14	4
Взять гидромотор 303.3.160	0,4
Осмотреть гидромотор 303.3.160	1,4
Взять конструкцию кронштейна из уголка металлического	0,3
Взять болт М14 (4 шт.) и гайку М14	0,4
Установить конструкцию кронштейна из уголка металлического на гидромотор 303.3.160 при помощи болта М14 (4 шт.) и гайки М14	4
Выполнить соединение гидромотора 303.3.160 и моста ведущего погрузчика при помощи соединительного фланца	3,5
Взять гидравлический трубопровод	0,4
Осмотреть гидравлический трубопровод	2
Выполнить соединение насоса 416.0.90 с гидромотором 303.3.160 при помощи гидравлического трубопровода	20
Выполнить заправку гидравлического бака системы в соответствии с требованиями завода-изготовителя	5
Выполнить регулировочные и проверочные операции по контролю соединений	30
Выполнить испытание модернизированной трансмиссии погрузчика	180
Итого:	319,9

4.2 Определение трудоемкости сборки

«Определяем общее оперативное время на все виды работ по формуле:

$$t_{on}^{общ} = \sum t_{on1} + t_{on2} + \dots + t_{on_n}, \quad (55)$$

Определяем суммарную трудоемкость сборки изделия по формуле:

$$t_{um}^{общ} = t_{on}^{общ} + t_{on}^{общ} \cdot \left(\frac{\alpha + \beta}{100} \right), \quad (56)$$

где α – часть оперативного времени на организационно-техническое обслуживание рабочего места в процентах 2-3%, принимаем 3%;

β – часть оперативного времени для перерыва и отдыха в процентах 4-6%, принимаем 5%» [20].

$$t_{\text{ит}}^{\text{общ}} = 319,9 + 319,9 \cdot \left(\frac{3+5}{100} \right) = 345,49 \text{ мин.}$$

4.3 Составление технологического процесса сборки модернизированной трансмиссии вилочного погрузчика грузоподъемностью 5 тонн

Последовательность технологических операций с указанием приспособлений и затрачиваемого на выполнение операций времени заносим в таблицу 21.

Таблица 21 – Технологический процесс сборки модернизированной трансмиссии вилочного погрузчика грузоподъемностью 5 тонн

№ операции	Операция	№ позиции	Содержание операций, переходов	Приспособление, оборудование, инструмент	Время, мин.
005	Сборочная	1	Поднять при помощи тельфера двигатель Д.245.7Е2	Тельфер, стропы, набор гаечных ключей, головок, плоскогубцы, оправка, спецключ для круглых шлицевых гаек 90-95, шестигранные ключи 8, 12 мм, динамометрический ключ КРМ-60, воронка	109,9
		2	Осмотреть двигатель Д.245.7Е2		
		3	Взять муфту пальцевую		
		4	Осмотреть муфту пальцевую		
		5	Установить муфту пальцевую на хвостовик коленчатого вала двигателя Д.245.7Е2		
		6	Взять насос 416.0.90		
		7	Осмотреть насос 416.0.90		
		8	Выполнить соединение насоса 416.0.90 с хвостовиком коленчатого вала двигателя Д.245.7Е2 при помощи муфты пальцевой		

Продолжение таблицы 21

№ операции	Операция	№ позиции	Содержание операций, переходов	Приспособление, оборудование, инструмент	Время, мин.
		9	Взять насос тандемированный НШ 50Г+16ГА4		
		10	Осмотреть насос тандемированный НШ 50Г+16ГА4		
		11	Выполнить соединение насоса тандемированного НШ 50Г+16ГА4 с насосом 416.0.90		
		12	Переместить двигатель Д.245.7Е2 в сборе с насосом 416.0.90 и насосом тандемированным НШ 50Г+16ГА4 к месту установки на погрузчик		
		13	Установить двигатель Д.245.7Е2 в сборе с насосом 416.0.90 и насосом тандемированным НШ 50Г+16ГА4 на погрузчик		
		14	Поднять при помощи тельфера мост ведущий погрузчика		
		15	Осмотреть мост ведущий погрузчика		
		16	Переместить мост ведущий погрузчика к месту установки на погрузчик		
		17	Взять соединительный фланец		
		18	Осмотреть соединительный фланец		
		19	Взять болт М14 (4 шт.) и гайку М14		
		20	Установить		

Продолжение таблицы 21

№ операции	Операция	№ позиции	Содержание операций, переходов	Приспособление, оборудование, инструмент	Время мин.
			соединительный фланец на мост ведущий погрузчика при помощи болта М14 (4 шт.) и гайки М14		
		21	Взять гидромотор 303.3.160		
		22	Осмотреть гидромотор 303.3.160		
		23	Взять конструкцию кронштейна из уголка металлического		
		24	Взять болт М14 (4 шт.) и гайку М14		
		25	Установить конструкцию кронштейна из уголка металлического на гидромотор 303.3.160 при помощи болта М14 (4 шт.) и гайки М14		
		26	Выполнить соединение гидромотора 303.3.160 и моста ведущего погрузчика при помощи соединительного фланца		
		27	Взять гидравлический трубопровод		
		28	Осмотреть гидравлический трубопровод		
		29	Выполнить соединение насоса 416.0.90 с гидромотором 303.3.160 при помощи гидравлического трубопровода		
		30	Выполнить заправку гидравлического бака системы в		

Продолжение таблицы 21

№ операции	Операция	№ позиции	Содержание операций, переходов	Приспособление, оборудование, инструмент	Время, мин.
			соответствии с требованиями завода-изготовителя		
010	Регулировочная	1	Выполнить регулировочные и проверочные операции по контролю соединений	Набор гаечных ключей, головок, плоскогубцы	210
		2	Выполнить испытание модернизированной трансмиссии погрузчика		

Выводы по разделу.

В разделе «Технологический раздел» выполнено обоснование выбора технологического процесса, определена трудоемкость сборки, составлен технологический процесс сборки модернизированной трансмиссии вилочного погрузчика грузоподъемностью 5 тонн.

5 Безопасность и экологичность технического объекта

5.1 Конструктивно-технологическая и организационно-техническая характеристика технологического процесса обслуживания модернизированной трансмиссии вилочного погрузчика

Для описания конструктивно-технологической и организационно-технической характеристики технологического процесса обслуживания модернизированной трансмиссии вилочного погрузчика составлен технологический паспорт, представленный в таблице 22.

Таблица 22 – Технологический паспорт технологического процесса обслуживания модернизированной трансмиссии вилочного погрузчика

Технологический процесс	Технологическая операция, вид выполняемых работ	Наименование должности работника, выполняющего технологический процесс	Оборудование, техническое устройство, приспособление	Материалы, вещества
Обслуживание модернизированной трансмиссии вилочного погрузчика	1 Проверка технического состояния шестерен коробки, опорного подшипника, фрикционных пластин сцепления, а также качества их смазывания. 2 Проверка качества и уровня трансмиссионного масла, при необходимости замена.	Слесарь по ремонту автомобилей четвертого разряда	Рожковые ключи на: «13», «14», «17», «19» «24», «32»	Ветошь, масло трансмиссионное

5.2 Идентификация профессиональных рисков

Идентификация профессиональных рисков является частью процесса, используемого для оценки того, может ли какая-либо конкретная ситуация, предмет, вещь и так далее причинить вред. Для описания всего процесса часто используется термин «оценка риска», который включает в себя следующие этапы:

- выявление опасностей и факторов риска, которые могут причинить вред (идентификация опасностей);
- анализ и оценка риска, связанного с этой опасностью;
- определение подходящих способов устранения опасности или управления риском, когда опасность не может быть устранена (управление риском).

Сводная информация по идентификации профессиональных рисков при обслуживании модернизированной трансмиссии вилочного погрузчика представлена в таблице 23.

Таблица 23 – Идентификация профессиональных рисков

Выполняемая работа	ОиВПФ в соответствии с ГОСТ 12.0.003-2015 ССБТ «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация»	Источник возникновения ОиВПФ
1 Проверка технического состояния шестерен коробки, опорного подшипника, фрикционных пластин сцепления, а также качества их смазывания 2 Проверка качества и уровня трансмиссионного масла, при необходимости замена.	«Запыленность и загазованность воздуха»	Поднимающаяся пыль от инструмента, ног, транспорта
	Движущиеся машины и механизмы, подвижные части оборудования	Технологическое оборудование зоны ТО, станки» [9].
	Острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях автомобиля	Элементы конструкции автомобиля

Продолжение таблицы 23

Выполняемая работа	ОиВПФ в соответствии с ГОСТ 12.0.003-2015 ССБТ «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация»	Источник возникновения ОиВПФ
	«Отсутствие или недостаток естественного света	Недостаточное количество окон, световых колодцев в помещении, где производится технологический процесс
	Монотонность труда, вызывающая монотонию	Однообразно повторяющиеся технологические операции» [9].

5.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков

«В обязанности работодателя входит обеспечение мероприятий, направленных на улучшение условий труда, в том числе разработанных по результатам специальной оценки условий труда (Федеральный закон «О специальной оценке условий труда» от 28.12.2013 № 426-ФЗ). Работодатель должен направлять на эти цели, согласно статье 226 «Финансирование мероприятий по улучшению условий и охраны труда» Трудового кодекса РФ, не менее 0,2 % суммы затрат на производство продукции (работ, услуг).

Специальная оценка условий труда является единым комплексом последовательно осуществляемых мероприятий по идентификации ОиВПФ производственной среды и трудового процесса и оценке уровня их воздействия на работника с учетом отклонения их фактических значений от установленных уполномоченным Правительством Российской Федерации федеральным органом исполнительной власти нормативов (гигиенических нормативов) условий труда и применения средств индивидуальной и коллективной защиты работников» [22].

«Основные мероприятия:

- а) проведение специальной оценки условий труда (далее – СОУТ) позволяет оценить условия труда на рабочих местах и выявить О и ВПФ и тем самым выполнить некоторые обязанности работодателя, предусмотренные Трудовым кодексом РФ:
 - 1) информировать работников об условиях и охране труда на рабочих местах, о риске повреждения здоровья, предоставляемых им гарантиях, полагающихся им компенсациях и средствах индивидуальной защиты;
 - 2) разработать и реализовать мероприятия по приведению условий труда в соответствие с государственными нормативными требованиями охраны труда;
 - 3) установить компенсации за работу с вредными и (или) опасными условиями труда» [17].
- б) «обеспечение работников, занятых на работах с вредными и (или) опасными условиями труда, а также на работах, производимых в особых температурных и климатических условиях или связанных с загрязнением, средствами индивидуальной защиты, смывающими и обезвреживающими средствами;
- в) устройство новых и (или) модернизация имеющихся средств коллективной защиты работников от воздействия опасных и вредных производственных факторов;
- г) приведение уровней естественного и искусственного освещения на рабочих местах, в бытовых помещениях, местах прохода работников в соответствие с действующими нормами;
- д) устройство новых и (или) реконструкция имеющихся мест организованного отдыха, помещений и комнат релаксации, психологической разгрузки, мест обогрева работников, а также укрытий от солнечных лучей и атмосферных осадков при работах

на открытом воздухе; расширение, реконструкция и оснащение санитарно-бытовых помещений;

- е) обеспечение хранения средств индивидуальной защиты, а также ухода за ними (своевременная химчистка, стирка, дегазация, дезактивация, дезинфекция, обезвреживание, обеспыливание, сушка), проведение ремонта и замена СИЗ;
- ж) приобретение стендов, тренажеров, наглядных материалов, научно-технической литературы для проведения инструктажей по охране труда, обучения безопасным приемам и методам выполнения работ, оснащение кабинетов (учебных классов) по охране труда компьютерами, теле-, видео-, аудиоаппаратурой, лицензионными обучающими и тестирующими программами, проведение выставок, конкурсов и смотров по охране труда;
- з) обучение лиц, ответственных за эксплуатацию опасных производственных объектов;
- и) оборудование по установленным нормам помещения для оказания медицинской помощи и (или) создание санитарных постов с аптечками, укомплектованными набором лекарственных средств и препаратов для оказания первой помощи» [16].

В целях частичного снижения или полного устранения обнаруженных ОВПФ выбираем организационно-технические методы и средства с учетом действующих на данный момент времени требований нормативных документов.

Мероприятия по снижению профессиональных рисков представлены в таблице 24.

Таблица 24 – Мероприятия по снижению профессиональных рисков

ОиВПФ	Организационно-технические методы и технические средства защиты, частичного снижения или полного устранения ОиВПФ	Средства индивидуальной защиты
«Движущиеся	Организационно-технические	Спецодежда,

Продолжение таблицы 24

ОиВПФ	Организационно-технические методы и технические средства защиты, частичного снижения или полного устранения ОиВПФ	Средства индивидуальной защиты
машины и механизмы, подвижные части оборудования	мероприятия: – инструктажи по охране труда; – содержание технических устройств в надлежащем состоянии	соответствующая выполняемой работе (спецобувь, спецодежда, средства защиты органов дыхания, зрения, слуха)» [17].
«Острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях автомобиля	Выполнение на регулярной основе планово-предупредительного обслуживания. Эксплуатация технологического оборудования в строгом соответствии с инструкцией. Санитарно-гигиенические мероприятия: – обеспечение работника СИЗ, смывающими и обеззараживающими средствами; – предохранительные устройства для предупреждения перегрузки оборудования. – знаки безопасности, цвета, разметка по ГОСТ 12.4.026-2015; обеспечение дистанционного управления оборудованием	Спецодежда, соответствующая выполняемой работе (спецобувь, спецодежда, средства защиты органов дыхания, зрения, слуха)» [9].
«Повышенный уровень шума	Применение звукоизоляции, звукопоглощения, демпфирования и глушителей шума.	Защитные противошумные наушники, беруши противошумные » [17].
«Возможность поражения электрическим током	Оформление допуска по электробезопасности, проведение инструктажа по работе с электрическими установками, применение заземляющего устройства	Индивидуальные защитные и экранирующие комплекты для защиты от электрических полей» [9].
«Отсутствие или недостаток естественного света	Устройство дополнительных световых проемов в стенах, фонарей на крыше здания» [17]	–
«Напряжение зрительных анализаторов. Статические нагрузки, связанные с рабочей позой	Оздоровительно-профилактические мероприятия: – медицинские осмотры (предварительный (при поступлении на работу) и периодические (в течение трудовой деятельности) и	–

Продолжение таблицы 24

ОиВПФ	Организационно-технические методы и технические средства защиты, частичного снижения или полного устранения ОиВПФ	Средства индивидуальной защиты
	<p>других медицинских осмотров согласно ст. 212 ТК РФ;</p> <ul style="list-style-type: none"> – правильное оборудование рабочих мест, обеспечение технологической и организационной оснащённости средствами комплексной и малой механизации; – используемые в работе оборудование и предметы должны быть удобно и рационально расположены на столе» [9]. – коммуникации. <p>Высокоскоростная связь и информация в режиме реального времени позволяют работодателям знать о состоянии качества воздуха, тепла и конкретных рисках, чтобы они могли устранить эти опасности до того, как они нанесут травму. Если произойдет травма, сотрудникам нужна надёжная связь, чтобы позвать на помощь и сообщить об этом первым.</p>	–

5.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта

Проводим идентификацию источников потенциального возникновения класса пожара и выявленных опасных факторов пожара (таблица 25).

Таблица 25 – Идентификация классов и опасных факторов пожара

Участок	Оборудование	Класс пожара	Опасные факторы пожара	Сопутствующие проявления факторов пожара
«Зона ТО	Технологическое оборудование, применяемое в	В	Пламя и искры, повышенная температура	Образующиеся в процессе пожара осколки, части

Продолжение таблицы 25

Участок	Оборудование	Класс пожара	Опасные факторы пожара	Сопутствующие проявления факторов пожара
	зоне ТО		окружающей среды, повышенная концентрация токсичных продуктов горения и термического разложения	разрушившихся строительных зданий, инженерных сооружений, оборудования, технологических установок» [15].

Система пожаротушения является неотъемлемой частью любой противопожарной инфраструктуры. «Пожаротушение» – собирательный термин для любой инженерной группы подразделений, предназначенных для тушения пожара. Это может быть достигнуто применением огнетушащего вещества, такого как вода, пена или химические соединения.

В статье 42 Федерального закона «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» от 22.07.2008 г. № 123-ФЗ представлена классификация пожарной техники:

- «системы, установки АПС (автоматическая пожарная сигнализация), АУПТ (автоматическая установка пожаротушения), СОУЭ (системы оповещения и управления эвакуацией), пожарной связи, автоматики;
- первичные: мобильные средства пожаротушения (все виды огнетушителей, пожарные краны, пожарный инвентарь);
- пожарное оборудование;
- средства индивидуального/группового самоспасения (далее – СИЗ), защиты органов дыхания;
- ручной, механизированный инструмент» [9].

Выполним классификацию средств пожаротушения применяемых для данного технического объекта:

- «первичные средства пожаротушения – внутренний пожарный кран, щит пожарный с песком и инвентарем (лом, багор пожарный,

топор, комплект для резки электропроводов, лопата совковая, полотно асбестовое), универсальный огнетушитель порошковый ОП-10 – 1 шт., воздушно-пенный огнетушитель ОВП-12 – 1 шт.;

- мобильные средства пожаротушения предназначены для тушения пожаров с возможностью перемещения (мотопомпа для тушения возгораний);
- стационарные средства пожаротушения состоят из трубопроводов, в случае с наполнением из воды, пара или пены. Система трубопроводов соединяет автоматические устройства и оборудование. Приборы реагируют на повышенную температуру, сигнал передается на датчики. Затем происходит включение насосов, подающих воду» [17].
- автоматизация и робототехника. Автоматизация повышает безопасность, снимая с людей бремя тяжелой ручной работы. Роботы могут выполнять тяжелую работу, позволяя людям сосредоточиться на более творческих задачах. Это особенно полезно на складах с недоукомплектованным персоналом и других объектах, где необходимость поддерживать производительность может создать культуру, при которой некоторый риск принимается в обмен на более быстрое выполнение работы. Добавление роботов к рабочей силе может облегчить нагрузку и снизить риск. Роботы также могут помочь на производственных объектах или строительных площадках, где людям больше не нужно ходить с места на место, чтобы забрать материалы, необходимые для их части сборки или сборки. Вместо этого роботы могут доставлять им нужные детали, когда они им нужны, сокращая расстояние, которое проходят люди, и тем самым снижая утомляемость и риск несчастных случаев.

Выполним разработку мероприятий по соблюдению требований пожарной безопасности в целях обеспечения пожарной безопасности,

определяющих порядок поведения людей, порядок организации производства и (или) содержания территорий.

Перечень мероприятий по пожарной безопасности при обслуживании модернизированной трансмиссии вилочного погрузчика представлен в таблице 26.

Таблица 26 – Перечень мероприятий по пожарной безопасности при обслуживании модернизированной трансмиссии вилочного погрузчика

Мероприятия, направленные на предотвращение пожарной опасности и обеспечению пожарной безопасности	Предъявляемые требования к обеспечению пожарной безопасности
«Наличие сертификата соответствия продукции требованиям пожарной безопасности»	Все приобретаемое оборудование должно в обязательном порядке иметь сертификат качества и соответствия» [7]
«Обучение правилам и мерам пожарной безопасности в соответствии с Приказом МЧС России 645 от 12.12.2007»	Проведение обучения, а также различных видов инструктажей по тематике пожарной безопасности под роспись» [9]
«Проведение технического обслуживания, планово-предупредительных ремонтов, модернизации и реконструкции оборудования»	Выполнение профилактики оборудования в соответствии с утвержденным графиком работ. Назначение приказом руководителя лица, ответственного за выполнение данных работ» [17]
«Наличие знаков пожарной безопасности и знаков безопасности по охране труда по ГОСТ»	Знаки пожарной безопасности и знаки безопасности по охране труда, установленные в соответствии с нормативно-правовыми актами РФ» [9].
«Рациональное расположение производственного оборудования без создания препятствий для эвакуации и использованию средств пожаротушения»	Эвакуационные пути в пределах помещения должны обеспечивать безопасную, своевременную и беспрепятственную эвакуацию людей
Обеспечение исправности, проведение своевременного обслуживания и ремонта источников наружного и внутреннего противопожарного водоснабжения»	Не допускается использование неисправных средств пожаротушения также средств с истекшим сроком действия» [17]
«Разработка плана эвакуации при пожаре в соответствии с требованиями статьи 6.2 ГОСТ Р 12.2.143–2009, ГОСТ 12.1.004–91 ССБТ»	Наличие действующего плана эвакуации при пожаре, своевременное размещение планов эвакуации в доступных для обозрения местах
Размещение информационного стенда по пожарной безопасности»	Наличие средств наглядной агитации по обеспечению пожарной безопасности» [17]

5.5 Обеспечение экологической безопасности рассматриваемого технологического процесса обслуживания модернизированной трансмиссии вилочного погрузчика

Выполняем идентификацию негативных (вредных, опасных) экологических факторов, возникающих при технологическом процессе обслуживания Обслуживание модернизированной трансмиссии вилочного погрузчика и сведем их в таблицу 27.

Таблица 27 – Идентификация негативных (вредных, опасных) экологических факторов

Технологический процесс	Антропогенное воздействие на окружающую среду:		
	атмосферу	гидросферу	литосферу
«Обслуживание модернизированной трансмиссии вилочного погрузчика»	Мелкодисперсная пыль в воздушной среде, испарения смазочно-охлаждающей жидкости с поверхности новых деталей.	Не обнаружено	Спецодежда пришедшая в негодность, твердые бытовые и коммунальные отходы коммунальный мусор, металлический лом, стружка» [8].

«Выполним разработку мероприятий, направленных на снижение негативного антропогенного воздействия при обслуживании модернизированной трансмиссии вилочного погрузчика:

- атмосферу – применение фильтрующих элементов в вытяжных устройствах и своевременная их замена;
- гидросферу – контроль за процессами утилизации и захоронения выбросов, стоков и осадков сточных вод. Персональная ответственность за охрану окружающей среды;
- литосферу – спецодежда, пришедшая в негодность, применяется как вторичное сырье, металлический лом, стружка отправляется на переплавку, твердые бытовые и коммунальные отходы сортируются, перерабатываются или сжигаются» [17].

Выводы по разделу.

В разделе «Безопасность и экологичность технического объекта»:

- разработан технологический паспорт производственно-технологического процесса обслуживания модернизированной трансмиссии вилочного погрузчика;
- выявлены профессиональные риски при обслуживании трансмиссии вилочного погрузчика и определены методы и средства их снижения;
- идентифицирован класс и опасные факторы пожара, разработаны мероприятия по обеспечению пожарной безопасности при обслуживании трансмиссии вилочного погрузчика;
- идентифицированы экологические факторы, возникающие при обслуживании трансмиссии вилочного погрузчика и разработаны мероприятия по их снижению.

6 Экономическая эффективность проекта

«Для определения финансовых затрат на модернизацию трансмиссии вилочного погрузчика в целях улучшения эксплуатационных характеристик воспользуемся формулой:

$$C_{\text{кон}} = C_{\text{к.д}} + C_{\text{о.д}} + C_{\text{сб.п}} + C_{\text{п.д}} + C_{\text{о.н}}, \quad (57)$$

где $C_{\text{к.д}}$ – стоимость изготовления корпусных деталей, р.;

$C_{\text{о.д}}$ – затраты на изготовление оригинальных деталей, р.;

$C_{\text{сб.п}}$ – полная заработная плата производственных рабочих, занятых на сборке, р.;

$C_{\text{п.д}}$ – цена покупных деталей, изделий, агрегатов, р.;

$C_{\text{о.н}}$ – общепроизводственные накладные расходы на изготовление конструкции, р.» [4].

В данной конструкторской разработке по улучшению эксплуатационных характеристик вилочного погрузчика путем модернизации трансмиссии корпусные детали не изготавливаются, поэтому стоимость изготовления корпусных деталей равна 0 р.

«Затраты на изготовление оригинальных деталей определяем по формуле:

$$C_{\text{о.д}} = C_{\text{прн}} + C_{\text{м}}, \quad (58)$$

где $C_{\text{прн}}$ – заработная плата производственных рабочих, занятых на изготовление оригинальных деталей, с учетом дополнительной зарплаты и отчислений, р.;

$C_{\text{м}}$ – стоимость материала заготовок для изготовления оригинальных деталей, р.» [13].

«Зарботную плату рассчитываем по формуле:

$$C_{IP} = t \cdot C_q \cdot k_i, \quad (59)$$

где t – средняя трудоемкость на изготовление отдельных деталей:
кронштейн – 2 шт., трудоёмкость на изготовление деталей:
кронштейн – 4 чел.-ч.

C_q – часовая ставка рабочих, отчисляемая по среднему разряду,
р./ч;

k_i – коэффициент, учитывающий доплаты к основной зарплате,
принимаям равным 1,030» [23].

$$t = 2 \cdot t_{\text{кронштейн}},$$

$$t = 2 \cdot 4 = 8 \text{ чел.-ч.}$$

«Тарифная ставка определяется на основании минимального размера оплаты труда (далее – МРОТ). Для Самарской области с 1 июня 2022 года МРОТ составляет 15279 р.

Принимаем тарифную ставку из учета МРОТ для первого разряда: $15279/(7 \cdot 21) = 103,94$ р./ч. Для остальных разрядов с учётом тарифной сетки: I – 1,0; II – 1,12; III – 1,26; IV – 1,42; V – 1,60; VI – 1,80» [21].

Дальнейшие расчёты ведём по IV разряду: $103,94 \cdot 1,42 = 147,59$ р./ч.

$$C_{IP} = 8 \cdot 147,59 \cdot 1,03 = 1216,14 \text{ р.}$$

Определяем дополнительную заработную плату по формуле:

$$C_D = (5 \dots 12) \cdot C_{IP} / 100, \quad (60)$$

$$C_D = 10 \cdot 1216,14 / 100 = 121,61 \text{ р.}$$

Начисления на заработную плату определяем по формуле:

$$C_{\text{соц}} = 30 \cdot (C_{\text{пр}} + C_{\text{д}}) / 100, \quad (61)$$

$$C_{\text{соц}} = 30 \cdot (1216,14 + 121,61) / 100 = 401,32 \text{ р.},$$

$$C_{\text{сипр}} = 1216,14 + 121,61 + 401,32 = 1739,07 \text{ р.}$$

В таблице 28 представлена заработная плата на изготовление оригинальных деталей.

Таблица 28 – Заработная плата на изготовление оригинальных деталей

Значение	Сумма, руб.
Заработная плата	1216,14
Дополнительная заработная плата	121,61
Начисления на заработную плату	401,32
Итого:	1739,07

«Стоимость материала заготовок для изготовления оригинальных деталей определяем по формуле:

$$C_M = C \cdot Q_3, \quad (62)$$

где C – цена 1 кг материала заготовок, р./кг;

Q_3 – масса заготовки, кг» [19].

В таблице 29 представлена стоимость материала для изготовления оригинальных деталей.

Таблица 29 – Стоимость материала заготовок на изготовление деталей

Наименование детали	Материал	Количество, шт.	Общая масса материала, кг	Цена за 1 кг, руб.	Сумма, руб.
Кронштейн	Сталь 45	2	2,8	47	131,6
Итого:	–	–	–	–	131,6

$$C_M = 47 \cdot 2,8 = 131,6 \text{ р.}$$

$$C_{\text{о,д}} = 1739,07 + 131,6 = 1870,67 \text{ р.}$$

«Полная заработная плата производственных рабочих, занятых на сборке определяется по формуле:

$$C_{CB.П} = C_{CB} + C_{Д.СБ} + C_{СОЦ.СБ}, \quad (63)$$

где C_{CB} – основная заработная плата рабочих, занятых на сборке, р.;

$C_{Д.СБ}$ – дополнительная заработная плата рабочих, занятых на сборке, р.;

$C_{СОЦ.СБ}$ – страховые взносы в фонды, р» [12].

«Основная заработная плата рабочих, занятых на сборке рассчитывается по формуле:

$$C_{CB} = T_{CB} \cdot C_{Д.СБ} \cdot k_t, \quad (64)$$

где T_{CB} – нормативная трудоемкость на сборку конструкции, чел.-ч».

$$T_{CB} = k_C \cdot \Sigma t_{CB}, \quad (65)$$

где t_{CB} – трудоемкость сборки составных частей, чел.-ч ;

k_C – коэффициент, учитывающий непредусмотренные работы, 1,1...1,5» [12].

По справочным данным принимаем трудоемкость сборки составных частей равной 4 чел.-ч.

$$T_{CB} = 1,25 \cdot 4 = 5 \text{ чел.-ч.}$$

Тогда заработная плата производственных рабочих, занятых на сборке определится:

$$C_{CB} = 5 \cdot 147,59 \cdot 1,03 = 760,08 \text{ р.,}$$

$$C_{д.сб} = 0,1 \cdot 760,08 = 76 \text{ р.},$$

$$C_{соц.сб} = 0,3 \cdot (760,08 + 76) = 250,82 \text{ р.}$$

$$C_{сб.п} = 760,08 + 76 + 250,82 = 1086,9 \text{ р.}$$

В таблице 30 представлена полная заработная плата производственных рабочих, занятых на сборке.

Таблица 30 – Полная зарплата производственных рабочих, занятых на сборке

Значение	Сумма, руб.
Основная заработная плата	760,08
Дополнительная заработная плата	76
Страховые взносы в фонды	250,82
Итого	1086,9

«Общепроизводственные накладные расходы на изготовление приспособления определяем по формуле:

$$C_{он} = \frac{(C'_{п} \cdot R_{оп})}{100}, \quad (66)$$

где $C'_{п}$ – основная заработная плата производственных рабочих, участвующих в изготовлении, р.;

$R_{оп}$ – процент общепроизводственных накладных расходов, %» [26].

$$C'_{п} = (C_{п} + C_{сб}). \quad (67)$$

$$C'_{п} = 1216,14 + 760,08 = 1976,22 \text{ р.}$$

$$C_{он} = \frac{(1976,22 \cdot 15)}{100} = 296,43 \text{ р.}$$

Для данной конструкции необходимо приобрести следующие компоненты: двигатель с блоком насосов – 1 шт., гидробак в сборе с

фильтром – 1 шт., элементы гидроаппаратуры (фитинги, шланги) – 1 шт., метизы. Перечень покупных деталей представлен в таблице 31 [11].

Таблица 31 – Затраты по статье «Материалы» на конструкторскую разработку

Значение	Количество, шт.	Цена, руб.	Сумма, руб.
Двигатель с блоком насосов	1	280000	280000
Гидробак в сборе с фильтром	1	15500	15500
Элементы гидроаппаратуры (фитинги, шланги)	1	10000	10000
Метизы	55	6	330
Итого:			305830

$$C_{ИД} = 280000 + 15500 + 10000 + 330 = 305830 \text{ р.}$$

Определим затраты на изготовление конструкции и сведем их в таблицу 32.

$$C_{КОИ} = 0 + 1870,67 + 1086,9 + 296,43 + 305830 = 309084 \text{ р.}$$

Таблица 32 – Затраты на изготовление конструкции

Значение	Сумма, руб.
Стоимость изготовления корпусных деталей	0
Затраты на изготовление оригинальных деталей	1870,67
Затраты на сборку	1086,9
Общепроизводственные накладные расходы	296,43
Стоимость покупных изделий (деталей)	305830
Итого:	309084

Общие затраты на модернизацию вилочного погрузчика путем установки модернизированной трансмиссии составит 309084 руб.

Стоимость комплекта с установкой на погрузчик составит (1,125 – коэффициент, учитывающий монтаж 347719,5 р.

Далее рассчитаем годовую экономию, годовой экономический эффект и срок окупаемости разработки.

«Годовая экономия от снижения себестоимости при внедрении конструкции составит:

$$\mathcal{E}_Г = C_{пр} - C_{кон}, \quad (68)$$

где $C_{пр}$ – стоимость прототипа, р.» [12].

$$\mathcal{E}_Г = 1200000 - 309084 = 890916 \text{ р.}$$

Срок окупаемости определяем по формуле:

$$O_{ок} = \frac{C_{кон}}{\mathcal{E}_Г}, \quad (69)$$

$$O_{ок} = \frac{309084}{890916} = 0,34 \text{ года.}$$

Годовой экономический эффект от внедрения конструкции составит:

$$\mathcal{E}_{эф} = \mathcal{E}_Г - 0,15 \cdot C_{кон} \quad (70)$$

$$\mathcal{E}_{эф} = 890916 - 0,15 \cdot 309084 = 844553,4 \text{ р.}$$

В таблице 33 представлены основные показатели проекта.

Таблица 33 – Основные показатели проекта

Показатели	Единица измерения	Значение	
		До внедрения	После внедрения
Стоимость изготовления конструкции	р.	1200000	309084
Экономия от снижения себестоимости при внедрении конструкции	р.	–	890916
Экономический эффект	р.	–	844553,4
Срок окупаемости	год	–	0,34

Выводы по разделу.

В разделе «Экономическая эффективность проекта» определена эффективность модернизации вилочного погрузчика путем установки модернизированной трансмиссии.

Стоимость модернизации трансмиссии вилочного погрузчика составляет 309084 рублей, срок окупаемости равен 0,34 года, что является допустимым для данной конструкции.

Необходимость модернизации трансмиссии в выбранном проектом направлении повлияет на повышение конкурентоспособности, и увеличение рынка сбыта, обусловленных желанием потенциальных покупателей иметь более удобную бесступенчатую трансмиссию с улучшенной маневренностью.

Отличительной особенностью представленного проекта является возможность модернизации путем установки агрегатов и узлов изготавливаемых на территории РФ и бывших стран СНГ.

Заключение

В данном дипломном проекте была выполнена модернизация трансмиссии вилочного погрузчика грузоподъемностью 5 тонн с целью улучшения эксплуатационных характеристик.

В ходе выполнения выпускной квалификационной работы было сделано следующее:

- рассмотрено назначение и требования предъявляемые к конструкции трансмиссий, их классификация, выполнен обзор типов трансмиссий, обоснован выбор конструкции;
- выполнен тягово-динамический расчет вилочного погрузчика;
- выполнены расчеты свободной мощности двигателя, требуемых рабочих характеристик погрузчика на различных режимах, рабочих объемов насоса, параметры погрузчика при движении без груза по горизонтальной поверхности. Внедрение трансмиссии разрабатываемой в дипломном проекте непосредственно повлияет на повышение конкурентоспособности и увеличение рынка сбыта, обусловленных желанием потенциальных покупателей иметь более удобную трансмиссию с улучшенной топливной экономичностью;
- выполнено обоснование выбора технологического процесса, определена трудоемкость сборки, составлен технологический процесс сборки модернизированной трансмиссии вилочного погрузчика грузоподъемностью 5 тонн;
- рассмотрены вопросы, касающиеся обеспечения безопасности, экологичности проекта;
- определена эффективность модернизации трансмиссии вилочного погрузчика грузоподъемностью 5 тонн с экономической стороны.

Стоимость модернизация трансмиссии вилочного погрузчика составляет 309084 рублей.

Список используемой литературы и используемых источников

1 Автотранспортные средства. Основы конструирования : учебное пособие / Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кузбасский государственный технический университет имени Т. Ф. Горбачева», [Институт информационных технологий, машиностроения и автотранспорта] ; составители А. В. Буянкин, В. Г. Ромашко. - Кемерово : КузГТУ, 2021. - 203 с.

2 Анурьев В. И. Справочник конструктора-машиностроителя : В 3-х т. / В. И. Анурьев. - 6-е изд., перераб. и доп. - М. : Машиностроение, 1982-. - 22 см. Т. 2. - М. : Машиностроение, 1982. - 584 с.

3 Блинов Е. И. Автомобиль и трактор: энергетика сложных механических систем [Текст] : учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по специальности "Наземные транспортно-технологические средства" / Е. И. Блинов ; М-во образования и науки Российской Федерации, Федеральное гос. бюджетное образовательное учреждение высш. проф. образования Московский гос. ун-т приборостроения и информатики. - Москва : МГУПИ, 2014. - 113 с.

4 Брылев И. С. Расчет систем и механизмов транспортных средств : учебное пособие для студентов, магистров, аспирантов и преподавателей строительных, технических и автомобильно-дорожных университетов по направлению подготовки и специальностям: 15.03.03 (15.04.03)-"Прикладная механика", 23.03.03 (23.04.03)-"Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов", 23.03.01 (23.04.01)-"Технология транспортных процессов", 23.03.02 (23.04.02)-"Наземные транспортно-технологические комплексы", 23.05.01-"Наземные транспортно-технологические средства" / И. С. Брылев, С. А. Евтюков, П. А. Кравченко. - Санкт-Петербург : Петрополис, 2019. - 111 с.

5 Виноградов В. М. Ремонт и утилизация наземных транспортно-технологических средств [Текст] : учебное пособие : для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлениям подготовки 23.00.00 "Техника и технологии наземного транспорта", 20.05.01 "Наземные транспортно-технологические средства" (квалификация специалист) / В. М. Виноградов, А. А. Черепяхин, В. Ф. Солдатов. - Москва : КУРС : ИНФРА-М, 2016. - 344, [1] с.

6 Войнаш А. С. Конструкция, теория и расчет малогабаритных транспортно-технологических средств [Текст] : учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по специальности "Наземные транспортно-технологические средства" / А. С. Войнаш, С. А. Войнаш, Т. А. Жарикова ; Министерство образования и науки Российской Федерации, ФГБОУ ВО "Алтайский государственный технический университет имени И. И. Ползунова", Рубцовский индустриальный институт. - Барнаул : Изд-во АлтГТУ, 2015. - 132 с.

7 Воронов Д. Ю. Разработка сборочных технологических процессов [Электронный ресурс] : электронное учебно-методическое пособие / Д. Ю. Воронов, А. В. Щипанов ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Тольяттинский государственный университет, Институт машиностроения, Кафедра "Оборудование и технологии машиностроительного производства". - Тольятти : Тольяттинский гос. ун-т, 2017. - 1 электрон. опт. диск (CD-ROM) : ил.; 12 см.

8 Герасимов М. Д. Конструкции наземных транспортно-технологических машин [Текст] : практикум : учебное пособие для студентов специальности 23.05.01 - "Наземные транспортно-технологические средства" / М. Д. Герасимов ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Белгородский государственный технологический университет им. В. Г. Шухова. - Белгород : Белгородский гос. технологический ун-т (БГТУ) им В. Г. Шухова, 2018. - 115 с.

9 Горина Л. Н., Фесина М. И. Раздел бакалаврской работы «Безопасность и экологичность технического объекта». Уч.-методическое пособие (2-е изд. Доп.). - Тольятти: изд-во ТГУ, 2021. - 22 с.

10 Горшкова О. О. Электрооборудование автомобиля [Текст] : учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по специальности "Наземные транспортно-технологические средства" / О. О. Горшкова, Г. Н. Шпитко ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Тюменский индустриальный университет". - Тюмень : ТИУ, 2016. - 333 с.

11 Губарев А. В. Конструирование и расчет наземных транспортно-технологических средств [Текст] : учебное пособие : для студентов вузов, обучающихся по специальности "Наземные транспортно-технологические средства" / А. В. Губарев, А. Г. Уланов ; М-во образования и науки Российской Федерации, Южно-Уральский гос. ун-т, Каф. "Колесные, гусеничные машины и автомобили". - Челябинск : Изд. центр ЮУрГУ, 2015. - 564, [1] с.

12 Демура Н. А. Экономика предприятия [Текст] : учебное пособие для студентов специальности 23.05.01 - Наземные транспортно-технологические средства и направления подготовки 15.03.02 - Технологические машины и оборудование / Н. А. Демура, Л. И. Ярмоленко ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Белгородский государственный технологический университет им. В. Г. Шухова. - Белгород : Белгородский гос. технологический ун-т им. В. Г. Шухова, 2018. - 124 с.

13 Ковальчук Л. И. Динамика и основы конструирования автомобильных двигателей [Текст] : учебное пособие по курсовому проектированию для студентов направления подготовки 23.03.03 «Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов», профилей подготовки «Автомобили и автомобильное хозяйство» и «Автомобильный сервис» всех форм обучения / Л. И. Ковальчук ;

Федеральное агентство по рыболовству, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Калининградский государственный технический университет", Балтийская государственная академия рыбопромыслового флота. - Калининград : Изд-во БГАРФ, 2018. - 123 с.

14 Конструирование и эксплуатация транспортно-технологических машин [Текст] : учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по специальности «Наземные транспортно-технологические средства» / [А. Ю. Барыкин, Р. М. Галиев, А. Т. Кулаков и др.] ; Казанский федеральный университет, Набережночелнинский институт. – Казань : Изд-во Казанского ун-та, 2016. - 176 с.

15 Кудрявцев Е. М. Компьютерное моделирование, проектирование и расчет элементов машин и механизмов [Текст] : учебное пособие по направлению 25.05.01 "Наземные транспортно-технологические средства", профиль "Подъемно-транспортные, строительные, дорожные машины и оборудование" / Е. М. Кудрявцев. - Москва : АСВ, 2018. - 327 с.

16 Макридина М. Т. Проектирование металлических конструкций [Текст] : учебное пособие для студентов направления бакалавриата 23.03.02 - Наземные транспортно-технологические комплексы и специальности 23.05.01 - Наземные транспортно-технологические средства / М. Т. Макридина, А. А. Макридин ; М-во образования и науки Российской Федерации Белгородский гос. технологический ун-т им. В. Г. Шухова. - Белгород : Белгородский гос. технологический ун-т (БГТУ) им. В. Г. Шухова, 2014. - 170 с.

17 Михайлов В. А. Экологичные системы защиты воздушной среды объектов автотранспортного комплекса : учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по специальности "Наземные транспортно-технологические средства" / В. А. Михайлов, Е. В. Сотникова, Н. Ю. Калпина. - 2-е изд., перераб. и доп. - Москва : ИНФРА-М, 2022. - 213 с.

18 Носов С. В. Конструкции наземных транспортно-технологических средств [Текст] : учебное пособие / С. В. Носов ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Липецкий государственный технический университет". - Липецк : Липецкий государственный технический университет, 2016. - 21 см.

19 Огороднов С. М. Конструкция автомобилей и тракторов [Текст] : учебное пособие для студентов, обучающихся по направлению подготовки 23.03.02 "Наземные транспортно-технологические комплексы" и специальности 23.05.01 "Наземные транспортно-технологические средства" / С. М. Огороднов, Л. Н. Орлов, В. Н. Кравец ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Нижегородский государственный технический университет им. Р. Е. Алексеева". - Нижний Новгород : Нижегородский государственный технический университет им. Р. Е. Алексеева, 2017. - 284, [1] с.

20 Основы процесса производства и эксплуатации автомобилей и тракторов : учебное пособие : специальность 23.05.01 Наземные транспортно-технологические средства / Министерство сельского хозяйства Российской Федерации, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Саратовский государственный аграрный университет имени Н. И. Вавилова" ; составители: А. В. Русинов [и др.]. - Саратов : Амирит, 2022. - 116 с.

21 Перегудов Н. Е. Основы создания трехмерных моделей деталей и сборочных единиц автотракторной техники : учебное пособие / Н. Е. Перегудов ; Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Липецкий государственный технический университет". - Липецк : Изд-во ЛГТУ, 2021. - 112 с.

22 Русинов А. В. Основы дизайна в машиностроении : учебное пособие для студентов обучающихся в высших учебных учреждениях по направлению подготовки "Наземные транспортно-технологические комплексы" и специальности "Наземные транспортно-технологические средства" / Русинов А. В. ; Министерство сельского хозяйства Российской Федерации, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Саратовский государственный аграрный университет имени Н. И. Вавилова". - Саратов : ФГБОУ ВО Саратовский ГАУ, 2018. - 101 с.

23 Савкин А. Н. Основы расчетов на прочность и жесткость типовых элементов транспортных средств [Текст] : учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальности 190109 "Наземные транспортно-технологические средства" / А. Н. Савкин, В. И. Водопьянов, О. В. Кондратьев ; М-во образования и науки Российской Федерации, Волгоградский гос. технический ун-т. - Волгоград : ВолгГТУ, 2014. - 211 с.

24 Фиала И. Внедорожные автомобили : иллюстрированная энциклопедия / Иржи Фиала ; [пер. с чеш. яз. И. Ф. Нафтульев]. - Москва : Лабиринт Пресс, 2006. - 303, [1] с.

25 Черепанов Л. А. Наземные транспортно-технологические средства. Выполнение дипломного проекта : электронное учебно-методическое пособие / Л. А. Черепанов ; Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Тольяттинский государственный университет, Институт машиностроения. - Тольятти : Тольяттинский гос. ун-т, 2021. - 1 электрон. опт. диск (CD-ROM); 12 см.

26 Шубин А. А. Разработка технологического процесса изготовления детали [Текст] : учебное пособие к выполнению курсового проекта по дисциплине "Технология производства наземных транспортно-технологических средств" / А. А. Шубин ; Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального

образования Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана (Национальный исследовательский университет), Калужский филиал. - Калуга : Манускрипт, cop. 2018. - 65 с.

27 Garrett T.K. The Motor Vehicle / T.K Garrett, K. Newton, W. Steeds. 13th ed. - Oxford: Butterworth-Heinemann, 2014. - 1214 p.

28 Genta G. The Automotive Chassis. Vol. 2: System Design / Prof. Dr. Giancarlo Genta, Prof. Dr. Lorenzo Morello. - [Without locations], Netherlands : Springer Science+Business Media, 2009. - 832 p.

29 Jazar N.R. Vehicle Dynamics: Theory and Application. - New York: Springer, 2008. - 1015 p.

30 Wong, J.Y. Theory of ground vehicles .-2nd ed., NY, 2013. - 435 p.

31 Zanten A., Erhardt R., Pfaff G. An Introduction to Modern Vehicle Design /Edited by Julian Happian-Smith. Reed Educational and Professional Publishing Ltd 2012. - 600 p.

Приложение А
Спецификация

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
<i>Документация</i>						
A4			22.ДП.ПЭА.207.61.00.000.ПЗ	Пояснительная записка	1	
A1			22.ДП.ПЭА.207.61.00.000.СБ	Сборочный чертеж	2	
<i>Сборочные единицы</i>						
		1	22.ДП.ПЭА.207.61.01.000	Двигатель в сборе с блоком насосов	1	
		2	22.ДП.ПЭА.207.61.02.000	Гидрабак в сборе с фильтром	1	
		3	22.ДП.ПЭА.207.61.03.000	Мост ведущий в сборе	1	
<i>Стандартные изделия</i>						
		4		Гайка М18х15 ГОСТ 5915 - 70	32	
		5		Колесо 170/70 R14	4	
22.ДП.ПЭА.207.61.00.000						
Изм.		Лист	№ докум.	Подп.	Дата	
Разраб.		Шанин				
Проб.		Турбин				
Н.контр.		Турбин				
Утв.		Бабровский				
Вилочный автопогрузчик на базе 41008				Лит.	Лист	Листов
						1
				ТГУ ИМ гр. АТС-17012		
<i>Копировал</i>				<i>Формат А4</i>		

Рисунок А.1 – Спецификация на модернизированную трансмиссию
вилочного погрузчика грузоподъемностью 5 тонн