

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))

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ)**

на тему Модернизация тормозной системы колесного трактора Беларус-3022

Обучающийся

С.А. Хисамов

(Инициалы Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

канд. техн. наук, доцент А.С. Тизилев

(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 Д.А. Романов

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

канд. экон. наук, доцент Л.Л. Чумаков

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

канд. филол. наук, доцент О.В. Мурдускина

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

Тольятти 2023

Аннотация

Дипломный проект выполнен на тему: «Модернизация тормозной системы колесного трактора Беларусь-3022».

Цель работы – модернизация тормозной системы колесного трактора Беларусь-3022.

Пояснительная записка включает в себя введение, шесть разделов, заключение, список используемой литературы и используемых источников, приложения, всего 88 страниц с приложениями.

Графическая часть представлена 10 листами формата А1, выполненными в инженерном программном обеспечении КОМПАС-3D.

Дипломный проект полностью соответствует утвержденному заданию на проектирование.

В первом разделе рассмотрена область применения колёсных тракторов, эксплуатационные свойства колесных тракторов и пути их повышения, виды тормозных систем и классификация тормозных механизмов.

Во втором разделе выполнен тягово-динамический расчёт трактора Беларусь-3022.

В третьем разделе разработана конструкция устройства гидрообъемного тормозного привода трактора Беларусь-3022, а также проведен расчет ее основных элементов. Разработанные узлы конструкции имеют высокие показатели долговечности и ремонтпригодности. При их проектировании были учтены современные достижения в практике тракторостроения.

В четвертом разделе выбрана организационная форма сборки, определена трудоемкость сборки, составлен технологический процесс сборки тормозной системы.

В пятом разделе рассмотрены вопросы напрямую связанные с обеспечением безопасности и экологичности проекта.

В шестом разделе определена экономическая эффективность проекта.

В заключении сделаны выводы по дипломному проекту.

Abstract

The title of the graduation work is: «The modernization of the braking system of the «Belarus-3022» wheeled tractor».

The graduation work consists of: an introduction, six parts, a conclusion, a list of references, appendices and a graphic part on 10 A1 sheets.

The key issue of the graduation work is the modernization of the braking system of the «Belarus-3022» wheeled tractor in order to improve its efficiency.

We touch upon the problem of the necessity to improve the operational properties of the «Belarus-3022» tractor when performing transport operations. The safe performance of transport operations at high speeds is impossible without using an efficient braking system.

The aim of the work is to modernize the braking system of the «Belarus-3022» wheeled tractor.

The graduation work may be divided into several logically connected parts, which are: the consideration of the fields of application of the wheeled tractors, the operational properties of wheeled tractors and the ways of its improving, the types of the brake systems and the classifications of the brake mechanisms; the traction-dynamic calculation of the «Belarus-3022» tractor; the design development of the hydrostatic brake drive of the «Belarus-3022» tractor and the calculation of its main structural elements; the selection of the organizational form of the assembly of the braking system, the description of its technological process; the labor intensity calculation; the analysis of the safety and environmental friendliness of the project; the calculation of the economic efficiency of the project.

In conclusion we'd like to stress that the developed structural units have high rates of durability and maintainability. The modernization of the braking system of the «Belarus-3022» wheeled tractor allows to increase the average speed of the movement by 5-10% or to reduce the average driving time by 5-10% while meeting the safety requirements.

Содержание

Введение.....	6
1 Состояние вопроса	8
1.1 Область применения колёсных тракторов тягового класса 2...5	8
1.2 Эксплуатационные свойства колесных тракторов и пути их повышения	11
1.3 Виды тормозных систем и классификация тормозных механизмов	14
1.4 Выводы и задачи дипломного проекта	20
2 Тягово-динамический расчет автомобиля	22
3 Конструкторская часть	34
3.1 Исходные данные и нормативные показатели трактора Беларусь-3022.	34
3.2 Патентный поиск аналогов	46
3.3 Общая схема и принцип работы модернизируемой тормозной системы трактора Беларусь-3022	51
3.4 Проектирование и расчет основных элементов конструкции.....	54
4 Технологический раздел.....	58
4.1 Обоснование выбора технологического процесса.....	59
4.2 Проектирование технологического процесса сборки модернизированной тормозной системы колесного трактора Беларусь-3022 .	63
5 Производственная и экологическая безопасность проекта	68
5.1 Характеристика технологического процесса технического обслуживания тормозной системы колесного трактора Беларусь-3022 с конструктивно-технологической и организационно-технической стороны...	69
5.2 Идентификация профессиональных рисков.....	70
5.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков	72
5.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта	78
5.5 Обеспечение экологической безопасности рассматриваемого технологического процесса обслуживания тормозной системы колесного трактора Беларусь-3022	81

6 Экономическая эффективность проекта.....	84
Заключение	91
Список используемой литературы и используемых источников.....	92
Приложение А. Спецификация.....	97

Введение

В современных условиях ведения сельскохозяйственного производства, когда механизация тех или иных процессов должна осуществляться с применением высокоэффективных технических средств и технологий, большое внимание уделяется отрасли тракторостроения.

Большой период времени во многих хозяйствах широко использовался колесный трактор Минского тракторного завода тягового класса 1.4, однако и он не мог удовлетворить всех потребностей производителей сельскохозяйственной продукции. К тому же в связи с распадом бывшего СССР и разрывом производственно-технологических связей тракторостроительная отрасль подверглась разрушительным процессам. Платежеспособность традиционных потребителей продукции, то есть сельского хозяйства стран СНГ и Восточной Европы, упала почти до нуля, объемы их закупок постоянно сокращались. Из-за невысокой конкурентоспособности тракторов отечественного производства, отсутствия средств на техническое перевооружение производства и перестройку системы продаж объемы экспорта также катастрофически сокращались. Но в последние годы на МТЗ ведутся работы по расширению номенклатуры выпускаемых тракторов, по созданию универсально-пропашных тракторов в тяговых классах 0,2...2, 3 и 5, новых моделей гусеничных тракторов в тяговом классе 3 и промышленных тракторов.

В настоящее время тракторы Минского тракторного завода широко применяются в нашей стране в сельскохозяйственном производстве. Соотношение цены и качества, которых позволяет им хорошо конкурировать с другими производителями сельскохозяйственной техники. Однако и они имеют ряд не только преимуществ, но и недостатков, устранив которые можно в значительной степени повысить их эффективность.

«В целом создание новых и модернизация серийных машин – задача как техническая, так и экономическая. Поскольку разрабатываемые тракторы

должны не только быть более совершенными по техническим характеристикам, но и обеспечивать более высокие экономические показатели на всех видах работ в различных почвенно-климатических зонах, которые характеризуются как разнообразием возделываемых культур, так и удельными сопротивлениями почв обработке и размерами участков» [5].

В рамках дипломного проектирования решается задача модернизации тормозной системы трактора тягового класса 5 для повышения эффективности использования на транспортных работах, с двигателем мощностью 220 кВт (Беларус-3022). Изменение конструкции разрабатываемого агрегата влечёт за собой изменение экономического эффекта, характер которого необходимо выяснить, то есть выгодно ли производить данные изменения в конструкции или нет. В соответствии с этим в дипломном проекте произведено экономическое обоснование проектного решения.

Таким образом, целью данного дипломного проекта является повышение эксплуатационных свойств трактора Беларус-3022 при выполнении транспортных операций за счет модернизации тормозной системы.

1 Состояние вопроса

1.1 Область применения колёсных тракторов тягового класса 2...5

«Колёсные тракторы класса 2...5 в основном это тракторы общего назначения, которые используют для выполнения основных сельскохозяйственных работ, при возделывании сельскохозяйственных культур (вспашке, дисковании, сплошной культивации, бороновании, посевах, уборке и транспортировке). Эти тракторы отличаются малым дорожным просветом, повышенной мощностью двигателя и наличием переднего ведущего моста. Исключение составляют тракторы тягового класса 2, они могут выполнять операции основной обработки почвы и выполнять операции универсально пропашных тракторов» [6].

«Многие сельскохозяйственные культуры для получения максимального урожая требуют соблюдения агросроков, но без широкозахватных агрегатов, проведения таких операций как вспашка, дискование, и сплошная культивация, очень сложно провести в сжатые агросроки, особенно весной, когда счёт идёт на дни. В масштабах хозяйства это особенно сильно чувствуется, так как техника необходима ещё и для выполнения других технологических операций (транспортировка и внесение удобрений, посев, боронование всходов и т.д.). Так как широкозахватные сельскохозяйственные машины требуют мощных энергонасыщенных тракторов, то хозяйствам приходится приобретать тракторы 2...5 тягового класса» [7].

«Но тракторы 2...5 тягового класса используются не только для основной обработки почвы, а также для транспортировки и внесения твёрдых и жидких органических удобрений. Транспортировки тюков сена, соломы, клубне-корнеплодов с полей к хранилищам, зелёной массы к силосным ямам или сенажным башням. В общем, они работают там, где требуется выполнить большой объём работы за короткий период времени.

Поскольку трактора тягового класса 2...5 используются на основной обработке почвы и транспортных работах, то при их конструировании особое внимание уделяется их транспортным скоростям и тормозным качествам, а также увеличению проходимости и снижению переуплотнения почвы» [15].

«Для увеличения проходимости и снижения переуплотнения почвы лучше всего использовать гусеничные трактора, но в сложившихся экономических условиях хозяйства всё больше внимания обращают на колёсные трактора из-за ряда преимуществ колёсных движителей (колёсные движители не портят твёрдое покрытие дорог, колёсные трактора имеют большую транспортную скорость, меньшие эксплуатационные затраты и так далее)» [24].

В настоящее время во многих хозяйствах удельный вес колёсных тракторов достигает 100%.

«В последнее время из-за нехватки специалистов среднего звена и хорошего финансирования во многих хозяйствах энергонасыщенные трактора практически не работают со сцепками, которые увеличивают ширину захвата агрегата и позволяют комбинировать несколько типов сельскохозяйственных машин, вследствие этого такие трактора как К-700, К-701 и их модификации тяжело загрузить на полную мощность. А если учесть ещё и то, что эти трактора российского производства то они неэффективны в настоящее время» [15].

«Всё большую популярность приобретают энергонасыщенные трактора тягового класса 5 типа «2522» и его модификации Минского тракторного завода. Для них подходит почти весь комплекс сельскохозяйственных машин, которые раньше агрегатировались с тракторами ДТ-75, Т-150 и Т-150К в худшем случае приходится приобрести новую сельскохозяйственную машину или произвести перенастройку (плуги от тракторов ДТ-75 не подходят к трактору «Беларус-1221», поскольку последний имеет только трёхточечную навеску и движется правым колесом в колее, однако «Беларус –3022» может работать по схеме «Колеса трактора – вне борозды», тем

самым получает возможность работы с плугами от гусеничных тракторов).

У колёсных энергонасыщенных тракторов есть один недостаток – сильное уплотнение почвы на глубину до 1 метра. Проблема переуплотнения почвы колёсными тракторами общего назначения решается применением комбинированных агрегатов, таких как РВК, АКШ и т.п., установкой широкопрофильных или сдвоенных шин» [1].

Применение трактора «Беларус-3022» особенно оправдано на лёгких песчаных и супесчаных (свободных от камней) и торфяно-болотных почвах, так как тяговое сопротивление этих почв колеблется в пределах 25...45 кН/м², даже на такой энергоёмкой операции как вспашка трактора Беларус-3022 свободно производят вспашку плугами с шириной захвата до 30 м, со скоростями 5-10 км/ч.

«Трактор Беларус-3022 – модернизация базовой модели Беларус-2522 с новой кабиной современного дизайна с улучшенными условиями труда для оператора и с передним ведущим мостом (ПВМ) производства минского тракторного завода. Сельскохозяйственный энергонасыщенный колесный трактор Беларус-3022 тягового класса 5,0 с колесной формулой 4x4 предназначен для выполнения различных сельскохозяйственных работ с навесными, полунавесными, прицепными машинами и орудиями, погрузочно-разгрузочными средствами, для привода стационарных сельскохозяйственных машин, а также для транспортных работ в различных климатических зонах. Более прочная и комфортабельная кабина цилиндрической формы улучшенного внешнего дизайна и интерьера» [21].

Для улучшения условий труда оператора предусмотрены: тонированные сферические травмобезопасные стекла, солнцезащитная шторка, увеличенный объем кабины, более удобное расположение рычагов бокового пульта и дополнительного сидения с откидной спинкой, дополнительное заднее окно. Безрамочные двери и приклеенные лобовые сферические стекла обеспечивают хорошую обзорность.

Трактор Беларус-3022 оборудуется реверсивным постом управления

для длительной работы в режиме реверса с сельскохозяйственными машинами, навешиваемыми на заднее навесное устройство. Облицовка и крылья современного дизайна.

На тракторе установлен рядный, шестицилиндровый дизель с турбонаддувом, номинальной мощностью 300 л.с. при 2200 об/мин коленчатого вала.

1.2 Эксплуатационные свойства колесных тракторов и пути их повышения

«Колесный трактор это сложное, энергетическое и подвижное техническое средство, используемое для комплексной механизации в агропромышленном комплексе (АПК), а также для внутренних перевозок сельскохозяйственных грузов. В соответствии с необходимыми требованиями, колесные тракторы должны иметь определенные эксплуатационные качества и свойства, которые оцениваются научно обоснованными измерителями-показателями» [25].

«Свойство характеризует какую-либо одну сторону машины, выявленную во взаимоотношении с такой же стороной другой машины. Например, устойчивость на склонах трактора горной модификации выше устойчивости трактора сельскохозяйственной модификации того же класса.

Качество – это совокупность свойств, составляющих такую определенность машины, которая отличает ее от другой машины. Например, вследствие сочетания высоких тягово-сцепных свойств трактора, выполненного по колесной формуле 4К4, с улучшенной плавностью хода и повышенной энергонасыщенностью его производительность при прочих неизменных свойствах гораздо выше производительности трактора с колесной формулой 4К2» [21].

«Повышение и научно-практическое обоснование новых эксплуатационных свойств колесных тракторов и их измерителей, а также

понимание объективной связи между измерителями эксплуатационных свойств и реальными эксплуатационными качествами машин имеет существенное значение для совершенствования структуры машинно-тракторного парка, повышения плодородия почвы и урожая растений, сохранения и увеличения объемов продовольствия и сырья, улучшения социально-бытовых условий сельского населения.

Важнейшими эксплуатационными качествами, изучаемыми в теории трактора и представляющими собой совокупность эксплуатационных свойств, характеризующих его отдельные стороны, являются производительность, экономичность и проходимость» [23].

«Основными показателями, характеризующими энергетические свойства тракторов, являются производительность и удельный расход топлива сельскохозяйственными агрегатами, составляющий значительную долю эксплуатационных затрат в себестоимости выполняемых работ.

Производительность тракторов характеризуется объемом выполненной работы за единицу времени при соблюдении заданных условий технологического процесса и безопасности, что может определяться, например, размером обработанной площади, массой перевозимого груза за единицу времени и так далее» [22].

«Агротехнические (агроэкологические) свойства связаны в основном с проходимостью и маневренностью тракторных агрегатов. В качестве показателей для оценки проходимости используют давление на грунт, буксование, агротехнический и дорожный просвет, тип и конструктивные особенности движителя, габаритные параметры тракторов. Общетехнические свойства связаны в основном с обеспечением удобства работы и обслуживания, санитарно-гигиенических условий и условий безопасности работы водителей. Они оцениваются рядом показателей:

- предельным уровнем шума, вибрации, запыленности, загазованности и микроклиматов в кабине;
- легкостью обслуживания, готовностью к работе и так далее» [10].

«В целом современные колесные тракторы должны отвечать широкому спектру эксплуатационных требований, базирующихся на научно обоснованных свойствах и показателях. К числу этих требований относятся, прежде всего, обеспечение высокой производительности, экономичности и безопасности при выполнении всего комплекса сельскохозяйственных работ в наилучшие агротехнические сроки» [21].

«Производительность трактора, работающего в агрегате с сельскохозяйственными машинами, зависит от их ширины захвата, мощности тракторного двигателя, тягового сопротивления машин, средней скорости движения машинно-тракторного агрегата и других факторов.

Производительность трактора, при работе на транспортных операциях напрямую связана со скоростью и безопасностью движения, где наибольшее внимание уделяется тормозным свойствам и эффективности тормозной системы трактора. Кроме того, производительность зависит от степени утомляемости тракториста, которая, в свою очередь, зависит от плавности хода трактора, защищенности кабины от шума, газов, пыли и температуры окружающей среды, легкости управления и обслуживания, обзорности кабины, то есть от так называемых эргономических свойств тракторов, характеризующих условия труда тракториста и обслуживающего персонала. Все выше перечисленные свойства наилучшим образом сочетаются в тракторе Беларус-3022» [5].

«Интегральный показатель производительности и экономичности трактора – себестоимость выполняемых сельскохозяйственных работ. Требования, направленные на обеспечение высокой производительности, должны выполняться совместно с агротехническими требованиями и требованиями безопасности движения. Эти требования взаимосвязаны.

Для повышения эффективности использования колесных тракторов при выполнении транспортных работ наибольшее внимание уделяется тормозным свойствам трактора и эффективности работы тормозной системы трактора, что обеспечивает работу на более высоких скоростях с

соблюдением требований безопасности. Все это позволяет повысить производительность и топливную экономичность за счет повышения средней скорости движения тракторно-транспортного агрегата в целом» [5].

1.3 Виды тормозных систем и классификация тормозных механизмов

«Тормозные системы предназначены для снижения скорости движения, поддержания постоянной скорости при движении на спусках и удержания машины на стоянке. В гусеничных машинах и некоторых колесных тракторах тормозные системы также обеспечивают торможение отстающих гусениц или колес при поворотах.

Различают следующие виды тормозных систем:

- рабочую, необходимую для регулирования скорости движения машины и ее плавной остановки; стояночную, которая служит для удержания машины на уклоне;
- запасную, срабатывающую при отказе рабочей и являющейся ее неотъемлемой частью (скомпонована с использованием общих тормозных механизмов и систем привода);
- вспомогательную, используемую для торможения на длинных пологих спусках (моторный тормоз, ретардер);
- аварийную, используется для снижения скорости или остановки прицепа в случае его обрыва» [21].

Виды тормозных систем представлены на рисунке 1.



Рисунок 1 – Виды тормозных систем

На сельскохозяйственных тракторах чаще всего применяются рабочая и стояночная тормозные системы.

Тормозная система состоит из тормозного механизма и его привода. Классификация тормозных механизмов приведена на рисунке 2.

«Тормозной механизм служит для создания искусственного сопротивления движению трактора или автомобиля. Наибольшее распространение получили фрикционные тормоза, принцип действия которых основан на использовании сил трения между неподвижными и вращающимися деталями. В барабанном тормозе силы трения создаются на внутренней, цилиндрической поверхности вращения, в ленточном - на наружной, а в дисковом - на боковых поверхностях вращающегося диска» [5].

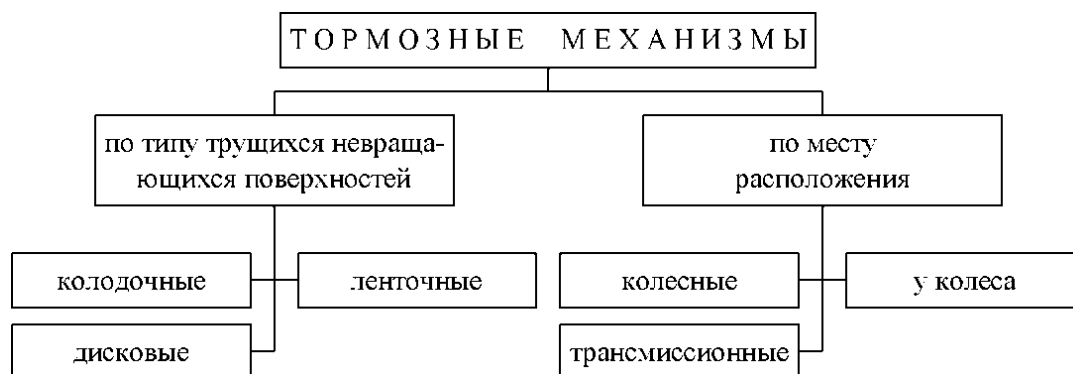


Рисунок 2 – Классификация тормозных механизмов

«Колесные тормозные механизмы действуют на ступицу колеса, а трансмиссионные – на один из валов трансмиссии. Колесные тормоза используют в рабочей тормозной системе, трансмиссионные – в стояночной.

Тормозной привод предназначен для управления тормозными механизмами при торможении. По принципу действия тормозные приводы разделяют на механические, пневматические и гидравлические. Как правило механический привод тормозов применяют на всех тормозах тракторов. Этот привод используют и на стояночных тормозах, которыми оборудованы все автомобили и некоторые тракторы. На большегрузных лесовозных

автомобилях и колесных тракторах больших классов тяги используются тормозные механизмы с пневмоусилителями» [15].

«К тормозным системам предъявляются следующие основные требования: создание необходимого тормозного момента и обеспечение стабильности в процессе торможения; плавность торможения; правильное распределение тормозного момента между отдельными тормозами; сохранение устойчивости при торможении машины; высокая надежность и безотказность; удобство в управлении и обслуживании; обеспечение пропорциональности между усилием на педали тормоза и величиной тормозного момента» [21].

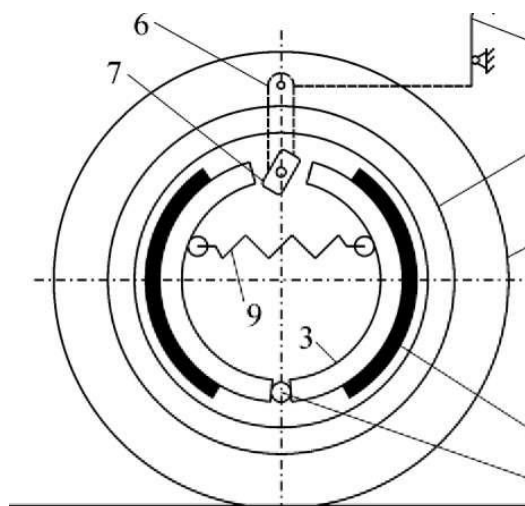
Колодочные тормозные механизмы.

«Колодочный тормоз состоит из тормозного барабана 1 с ребрами охлаждения, который вращается вместе с колесом 2, внутри барабана расположены две чугунные колодки 3 с фрикционными накладками 4. Колодки шарнирно укреплены на пальцах 5 опорного тормозного диска, неподвижно прикрепленного к фланцу балки заднего моста (задний тормоз) и к фланцу поворотной цапфы (передний тормоз). Тормозной барабан изготавливается из обычного или легированного чугуна.

При нажатии на педаль тормоза 8 поворотный кулак 7 (пневматический привод) или поршень колесного тормозного цилиндра (гидравлический привод) раздвигает верхние концы колодок и прижимает фрикционные накладки у внутренней поверхности тормозного барабана. При отпускании педали тормоза, пружина 9 сводит колодки в исходное положение и колесо растормаживается.

Основным недостатком колодочного тормоза является значительный нагрев исполнительных механизмов при интенсивном торможении (от 20 до 100°C), что приводит к интенсивному изнашиванию тормозных накладок и ухудшению эффективности торможения из-за снижения коэффициента трения» [5].

На рисунке 3 представлена схема колодочного тормоза.



1 – тормозной барабан; 2 – колесо автомобиля; 3 – тормозные колодки; 4 –фрикционные накладки; 5 – ось опоры колодок; 6 – рычаг поворота; 7 – поворотный кулак; 8 – тормозная педаль; 9 – возвратная пружина

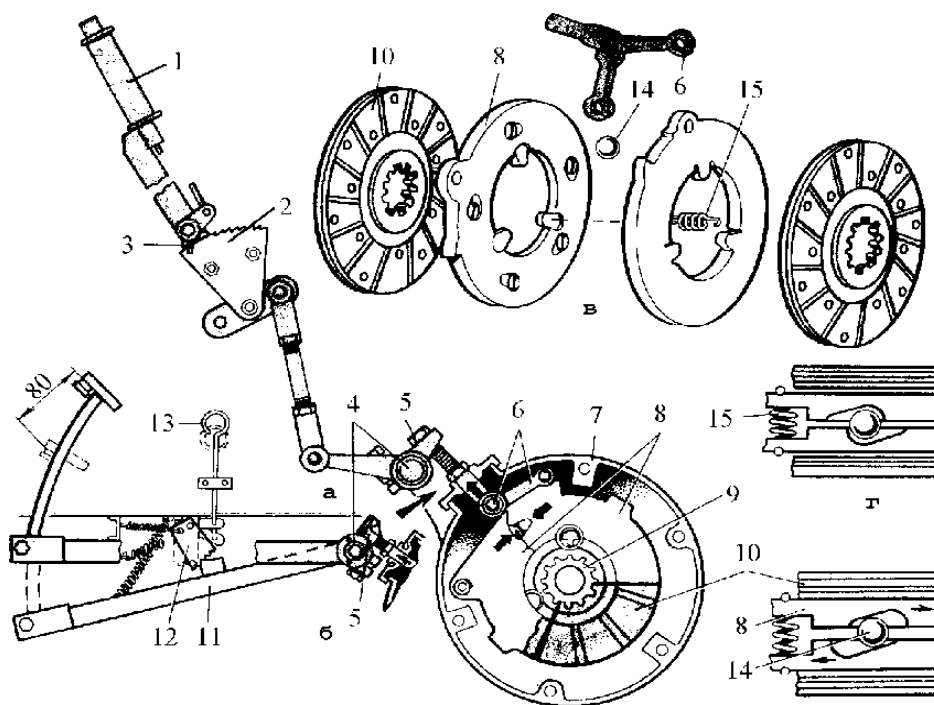
Рисунок 3 – Схема колодочного тормоза

Дисковые тормозные механизмы.

«Дисковые тормозные механизмы обеспечивают наибольший тормозной эффект и надежнее в работе в отличие от колодочных тормозных механизмов. В соответствии с принятой классификацией дисковые тормозные механизмы могут быть с несколькими вращающимися дисками снабженными фрикционными накладками, которые прижимаются к неподвижному корпусу (тракторы «Беларус») и с одним вращающимся диском, который с обеих сторон зажимается неподвижными колодками (грузовые автомобили малого класса грузоподъемности).

Дисковый колесный тормоз трактора «Беларус» состоит из чугунного корпуса 7, внутри которого помещается тормозной механизм. Диски (два стальных соединительных 10 и два чугунных нажимных 8) стянуты пружинами 15 и расположены между трущимися поверхностями корпуса и крышки. Соединительные диски снабжены с обеих сторон фрикционными накладками. В наклонных канавках нажимных дисков размещаются стальные шарики 14» [2].

На рисунке 4 представлена конструкция ттормозного механизма дискового типа трактора МТЗ.



а – стояночный; б – основной; в – составные части; г – тормоз выключен; д – тормоз включен

1 – рычаг; 2 – зубчатый сектор; 3 – защелка; 4 – ось промежуточного рычага; 5 – регулировочный болт; 6 – тяги; 7 – кожух; 8 – нажимные диски; 9 – хвостовик ведущей шестерни конечной передачи; 10 – соединительный диск; 11 – педаль; 12 – защелка педали; 13 – тяга включения защелки; 14 – шарик; 15 – пружина

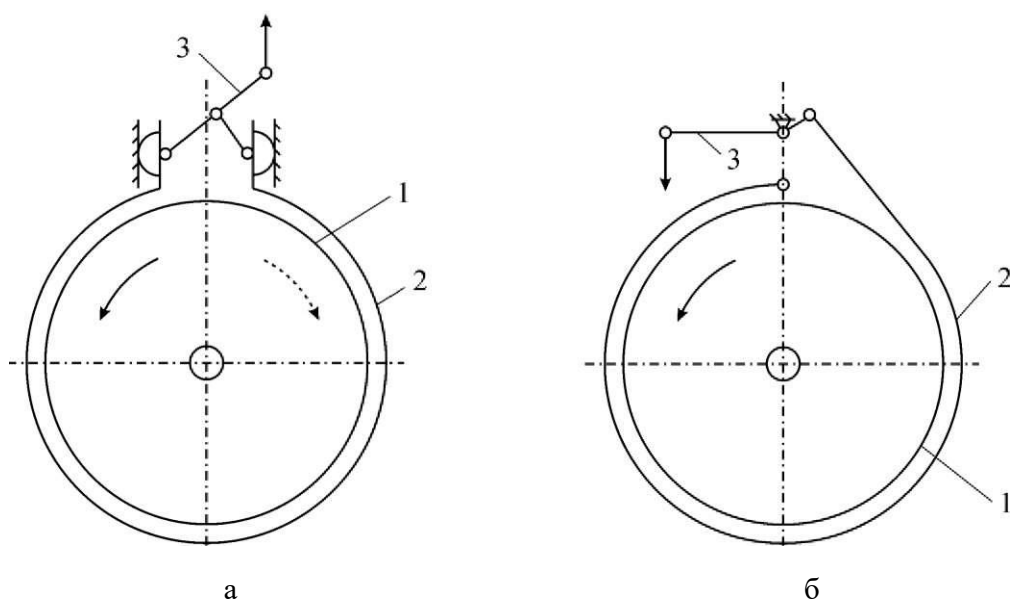
Рисунок 4 – Тормоз дискового типа трактора МТЗ

«Привод тормозов может быть механическим (посредством системы рычагов) или гидравлическим (с помощью колесных тормозных цилиндров). Например, если переместить рычаг 1 стояночно-запасного тормоза на себя (по рисунку – вправо), то нажимные диски 8 поворачиваются тягами 6 в разные стороны, отходят один от другого и прижимают соединительные диски 10 к неподвижным плоскостям кожуха и крышке стакана подшипников. Под действием силы трения соединительные диски удерживают от вращения ведущую шестерню конечной передачи и колеса площади поверхности трения, можно уменьшить диаметр тормоза трактора путем увеличения числа дисков» [2].

«Основные тормоза (рисунок 4, б) служат для быстрой остановки трактора и для осуществления крутых поворотов. При движении трактора соединительные диски вращаются вместе с ведущими шестернями. Если

нажать на педаль 11 тормоза, то нажимные диски прижмут вращающиеся соединительные диски к неподвижным стенкам кожуха. Под действием трения соединительные диски останавливаются вместе с ведущей шестерней конечной передачи, притормаживая соответствующее ведущее колесо. В этом положении педаль можно удерживать длительное время с помощью защелки 12» [2].

Ленточные тормозные механизмы (рисунок 5) состоят из тормозного шкива, укрепленного на вращающемся валу силовой передачи, и огибающего его тормозной лентой с фрикционной накладкой.



а – с плавающим креплением ленты; б – с неподвижным креплением ленты
1 – тормозной шкив; 2 – тормозная лента; 3 – рычаг

Рисунок 5 – Схема ленточного тормоза

«У простого ленточного тормоза один конец ленты закреплен неподвижно, другой прикреплен к двухплечемому рычагу, соединенному тягой с педалью. Провисание ленты ограничивается упором и пружинами. При нажатии на педаль тормоза, рычаг затягивает ленту на шкиве, а возникающие силы трения затормаживают шкив. Простые ленточные тормоза обеспечивают интенсивное торможение только при вращении шкива в одну

сторону (сторону затяжки). Наибольшее распространение на гусеничных лесных тракторах получили плавающие ленточные тормоза.

Плавающий ленточный тормоз обеспечивает эффективное торможение трактора с изменяющимся направлением вращения барабана. При плавающем креплении ленты оба конца ее подвижны и соединены с рычагом, пальцы которого расположены в вырезах неподвижного кронштейна. При вращении шкива один из пальцев становится неподвижным, а второй затягивает ленту и тормозной шкив независимо от направления его вращения. При этом затягиваемой всегда будет сбегаящая ветвь. В плавающем тормозе необходимое усилие затяжки меньше, чем в простом тормозе» [2].

«Размеры тормозного барабана зависят от размеров агрегата в котором монтируется тормоз и принимаются по конструктивным соображениям. Ширина тормозной ленты принимается в зависимости от допустимого давления.

Целесообразно принимать две узкие ленты, чем одну широкую, так как при большой ширине лента неравномерно прилегает к тормозному барабану. Толщина ленты принимается такой, при которой лента считается абсолютно гибкой – 1,5-3 мм» [11].

1.4 Выводы и задачи дипломного проекта

Анализ литературных источников, информационных материалов сельскохозяйственных выставок и ярмарок, отзывы специалистов-аналитиков и производителей сельскохозяйственной техники позволяют оценить основные тенденции в развитии тракторов 2...5 тягового класса отечественного и зарубежного производства. По данным фирмы Grieger mallison consult gmbh (Германия) в Германии и Франции продажи тракторов мощностью 75...121 кВт и более постоянно растут. При этом доля тракторов в диапазоне мощностей 25..37 кВт и 37...59 кВт в этих странах с каждым

годом снижается. Аналогичные тенденции замечены и в других развитых странах мира. В основном это связывают с укрупнением фермерских хозяйств.

«Практически все наиболее известные тракторостроительные фирмы мира расширили мощностные ряды выпускаемых машин или обновили их модельные ряды за счёт предложения мощных колёсных тракторов. Средняя мощность в странах Европы колеблется в пределах 110-200 л.с.. При этом большое внимание уделяется безопасности и надежности этих тракторов. Соответственно и развитию тормозных систем, которые являются одним из важнейших показателей безопасности при выполнении транспортных работ на повышенных скоростях движения тракторно-транспортного агрегата» [8].

В соответствии с этим в дипломном проекте были поставлены следующие задачи:

- теоретически обосновать целесообразность модернизации тормозной системы трактора Беларус-3022 с целью повышения эффективности его работы на транспортных операциях;
- разработать конструкцию гидрообъемного привода тормозной системы трактора Беларус-3022 и провести расчет основных ее элементов.

Выводы по разделу.

В разделе рассмотрена область применения колёсных тракторов, эксплуатационные свойства колесных тракторов и пути их повышения, виды тормозных систем и классификация тормозных механизмов.

2 Тягово-динамический расчет автомобиля

Исходными данными для расчета трактора являются:

- прототип трактора – Беларус-2522;
- прототип двигателя – ЯМЗ-240Ю;
- число передач КПП трактора – 4;
- номинальная частота вращения коленчатого вала трактора – $31,8 \text{ с}^{-1}$;
- скорость трактора на первой передаче – $2,3 \text{ м/с}$;
- агрофон – залежь;
- тяговое номинальное усилие на первой передаче – $56,7 \text{ кН}$.

«Тяговый диапазон проектируемого трактора на основных передачах должен охватить всю сумму нагрузок в соответствии с агротехническими требованиями, предъявляемыми к трактору данного тягового класса, и некоторую часть нагрузок, относящихся к тяговой зоне соседних с ним классов. Перекрытие тяговых зон позволяет выполнять некоторые работы тракторами смежных классов, что расширяет сферу применения тракторов» [19].

«Силу тяги, развиваемую трактором на первой передаче при номинальной загрузке двигателя, находим по формуле:

$$P_{кр.н1} = P_{кр.н} \cdot \varepsilon_1, \quad (1)$$

где $P_{кр.н}$ – номинальная сила тяги на крюке по тяговому классу, кН;

ε_1 – коэффициент расширения тяговой зоны трактора» [19].

«Сила тяги, развиваемая трактором на высшей передаче основной группы передач при номинальной загрузке двигателя, определяется по формуле:

$$P_{кр.нз} = \frac{P_{кр.н1}}{\delta_T}, \quad (2)$$

где δ_T – диапазон тяги» [19].

$$P_{кр.нз} = \frac{56,7}{2,1} = 27 \text{ кН.}$$

Определение эксплуатационной массы трактора

«Эксплуатационная масса трактора должна обеспечивать сцепление движителя с почвой, необходимое для реализации максимальной касательной силы.

Это условие может быть записано выражением:

$$P_{к.маx} \leq \varphi_{доп} \lambda_{сц} m_э g \cdot 10^{-3}, \quad (3)$$

где $\varphi_{доп}$ – допустимая величина коэффициента использования сцепного веса трактора, соответствующая допустимому буксованию его движителя, принимается равным 0,75;

$\lambda_{сц}$ – коэффициент перераспределения сцепной массы, показывающий долю эксплуатационной массы трактора, нагружающую ведущие колеса, принимается равным 1 для тракторов с формулой 4К4 [1];

$m_э$ – эксплуатационная масса трактора, кг» [19].

«Максимальная касательная сила должна соответствовать условию типажа:

$$P_{к.маx} \geq P_{кр.н1} 10^{-3} + f m_э g, \quad (4)$$

где f – коэффициент сопротивления качению, принимается равным 0,08» [19].

Минимальное значение эксплуатационной массы трактора должно быть выбрано таким образом, чтобы при работе трактора в соответствующих условиях с силой тяги, развиваемой трактором на первой передаче при

номинальной нагрузке двигателя, $\varphi_{дон}$ колес не превышало допустимых в этом случае пределов.

$$m_{\text{Э min}} \geq \frac{P_{\text{кр.н1}} \cdot 10^3}{(\varphi_{\text{дон}} \lambda_{\text{цт}} - f) g} \quad (5)$$

$$m_{\text{Э min}} \geq \frac{56,7 \cdot 10^3}{(0,75 \cdot 1,0 - 0,08) \cdot 9,81} = 8627 \text{ кг.}$$

Выбираем минимальный эксплуатационный вес трактора равный 8,6 ТОННЫ.

Выполним расчет основных рабочих скоростей

«Для расчета ряда основных рабочих скоростей трактора определяется диапазон скоростей, который характеризуется отношением скорости на высшей передаче к скорости на первой передаче:

$$\delta_{v \text{ осн}} = \frac{V_z}{V_{T1}} = \delta_1, \quad (6)$$

где V_{T1} – теоретическая скорость на первой передаче, м/с;

V_z – высшая рабочая скорость, м/с» [19].

При наличии ступенчатой коробки передач для более выгодного использования мощности двигателя на всех рабочих передачах основные рабочие скорости движения трактора должны образовывать геометрическую прогрессию.

Знаменатель геометрической прогрессии определяется:

$$q = z^{-1} \sqrt{\frac{V_z}{V_{T1}}} = z^{-1} \sqrt{\delta_1}, \quad (7)$$

где z – количество передач.

Из условия число передач трактора равно 4. Следовательно, подставляя значения, получим:

$$q = \sqrt[4]{2,1} = 1,28.$$

«Теоретические скорости движения на любой передаче определяются отношением:

$$V_{TK} = V_{T1} \cdot q^{k-1}, \quad (7)$$

где k – номер передачи» [19].

Получим для каждой передачи следующие скорости.

$$V_{T2} = V_{T1} \cdot q^{2-1} = 2,95 \text{ м/с},$$

$$V_{T3} = V_{T1} \cdot q^{3-1} = 3,77 \text{ м/с},$$

$$V_{T4} = V_{T1} \cdot q^{4-1} = 4,83 \text{ м/с}.$$

Окончательно ряд скоростей корректируется при кинематическом расчете коробки передач в соответствии с практическими возможностями подбора шестерен.

Определение динамического радиуса ведущих колес.

Размеры ведущих колес трактора определяются в соответствии с расчетной нагрузкой на шину одного колеса, которая рассчитывается по соотношению:

$$G_k = \frac{\lambda_k \cdot g \cdot m_{\text{э}}}{n_k}, \quad (8)$$

где λ_k – коэффициент нагрузки задних колес, принимается равным 0,55;

n_k – количество задних ведущих колес, принимается равным 2.

$$G_k = \frac{0,55 \cdot 9,81 \cdot 8,627}{2} = 23,272 \text{ кН.}$$

«Динамический радиус ведущих колес колесного трактора (в метрах) при обычных шинах определяется по следующей формуле:

$$r_k = 0,0254 [0,5d + (0,8 \dots 0,85)B], \quad (9)$$

где d и B – соответственно диаметр посадочного обода и ширина профиля в дюймах» [19].

$$r_k = 0,0254 [0,5 \cdot 25 + 0,8 \cdot 28,1] = 0,888 \text{ м.}$$

Принимаем динамический радиус колеса трактора 88,8 см.

Расчет передаточных чисел трансмиссии.

«Передаточное число трансмиссии на первой передаче определяется по формуле:

$$i_{mp1} = \frac{2\pi \cdot n_{en} \cdot r_k}{V_{mn1}}, \quad (10)$$

где n_{en} – номинальная частота вращения коленчатого вала двигателя;

V_{mn1} – теоретическая скорость на первой передаче при номинальной нагрузке двигателя, м/с» [19].

$$i_{mp1} = \frac{2\pi n_{en} r_k}{V_{mn1}} = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 31,8 \cdot 0,888}{2,3} = 77,15.$$

Остальные числа трансмиссии рассчитываются по формуле:

$$i_{mp.k} = \frac{i_{mp1}}{q^{k-1}}. \quad (11)$$

$$i_{mp.k2} = \frac{77,15}{1,28^{2-1}} = 60,24.$$

$$i_{mp.k3} = \frac{77,15}{1,28^{3-1}} = 47,04.$$

$$i_{mp.k4} = \frac{77,15}{1,28^{4-1}} = 36,74.$$

Зная передаточные числа шестерен с постоянным зацеплением трактора-прототипа, определяются передаточные числа коробки передач по формуле:

$$i_{kn} = \frac{i_{zp.k}}{i_0}, \quad (12)$$

$$i_0 = i_{zl} i_k, \quad (13)$$

где i_{zl} – передаточное число главной передачи, принимается равным 2,92;

i_k – передаточное число конечной передачи, принимается равным 5,993.

$$i_0 = 2,92 \cdot 5,993 = 17,5,$$

$$i_{kn1} = \frac{77,15}{17,5} = 4,408,$$

$$i_{kn2} = \frac{60,24}{17,5} = 3,443,$$

$$i_{kn3} = \frac{47,04}{17,5} = 2,688,$$

$$i_{kn4} = \frac{36,74}{17,5} = 2,099.$$

Окончательные значения передаточных чисел трансмиссии устанавливаются при подборе чисел зубьев шестерен коробки передач и главной передачи.

Определение коэффициента полезного действия (КПД) трансмиссии.

«Механический КПД трансмиссии учитывает потери на трение, взбалтывание масла и тому подобное. Он зависит от числа пар зубчатых передач, находящихся в зацеплении, типа шестерен и способа их соединения между собой, от типа промежуточных соединений и муфт сцепления, вязкости и уровня заливаемого масла и других факторов. Часть потерь зависит от значения передаваемых моментов, а другая часть потерь а зависит в основном от скорости вращения деталей и почти не зависит от нагрузочного режима» [19].

«Механический КПД трансмиссии можно представить в формуле:

$$\eta_{mp} = \eta_{хол} \eta_n = (1 - \xi) \eta_{ц}^n \cdot \eta_{к}^m, \quad (14)$$

где $\eta_{хол}$ и η_n – КПД, учитывающие потери соответственно холостого хода и при работе под нагрузкой;

$\eta_{ц}$ и $\eta_{к}$ – КПД, соответственно цилиндрической, конической пар шестерен, принимается равным 0,985 и 0,975;

m и n - соответственно число пар цилиндрических и конических шестерен, находящихся в зацеплении на данной передаче;

ξ – коэффициент, учитывающий потери холостого хода в трансмиссии, принимается равным 0,05» [19].

$$\eta_{mp} = (1 - 0,05) 0,985^{11} \cdot 0,975^1 = 0,746.$$

Коэффициент полезного действия трансмиссии равно 0,746.

Определение номинальной эксплуатационной мощности двигателя трактора.

«Эксплуатационная мощность двигателя для обеспечения заданных тягово-приводных и скоростных показателей трактора подсчитывается по формуле:

$$N_{\text{е.н}} = \frac{P_{\text{к.н1}} \cdot V_{\text{тн1}}}{\eta_{\text{тр}}} + \frac{N_{\text{ВОМ}}}{\eta_{\text{ВОМ}}}, \quad (15)$$

где $P_{\text{к.н1}}$ – номинальная касательная сила тяги на 1 основной передаче;
 $N_{\text{ВОМ}}$ – мощность, необходимая для привода рабочих машин от вала отбора мощности на расчетном тяговом режиме, кВт» [19].

«Номинальная касательная сила тяги на 1-ой передаче определяется по формуле:

$$P_{\text{к.н1}} = P_{\text{кр.н1}} + P_f, \quad (16)$$

где P_f – сила сопротивления качению, кН» [19].

Она определяется по формуле:

$$P_f = f \cdot G, \quad (17)$$

$$P_f = 0,08 \cdot 84,54 = 6,76 \text{ кН.}$$

Для колесных тракторов эксплуатационный вес получим по формуле:

$$G = m_{\text{эmin}} \cdot g, \quad (18)$$

$$G = 8,627 \cdot 9,81 = 84,54 \text{ кН.}$$

Получаем:

$$P_{\text{к.н1}} = 56,7 + 6,76 = 63,46 \text{ кН,}$$

$$N_{e.n} = \frac{63,46 \cdot 2,3}{0,746} = 195,78 \text{ кВт.}$$

Энергонасыщенность трактора оценивается по величине удельной мощности по формуле:

$$N_y = \frac{N_{e.n}}{m_3}, \quad (19)$$

$$N_y = \frac{195,78}{8,627} = 0,019 \text{ кВт/кг.}$$

Для современных сельскохозяйственных тракторов значение удельной мощности лежит в следующих пределах: 0,014...0,020 кВт/кг.

Согласно условию удельной мощности наши расчеты верны.

«Расчёт тяговой характеристики трактора

При расчёте тяговой характеристики трактора определяются для заданных значений коэффициент сцепления и коэффициент сопротивления качению, величины теоретической и действительной скорости, касательной силы тяги и крюкового усилия, крюковой или тяговой мощности, удельного крюкового расхода топлива в функции оборотов дизеля на каждой передаче и значения тягового КПД при номинальной нагрузке дизеля» [19].

«Расчётные формулы имеют вид:

$$V_{\tau} = \frac{2\pi r_k n_e}{i_{\text{тр}}}, \quad (20)$$

$$V_d = V_{\tau} (1 - \delta). \quad (21)$$

При расчёте коэффициента буксования использовались формулы, полученные путем аппроксимации усреднённых опытных кривых буксования для различных агрофонов» [19].

Для колесных тракторов по формуле:

$$\delta = \frac{0,762y - 1,646y^2 + 1,404y^3}{10,167 - 32,5\varphi + 28,333\varphi^2}, \text{ при } y > 0,5, \quad (22)$$

$$\delta = \frac{0,29}{10,167 - 32,5\varphi + 28,333\varphi^2}, \text{ при } y \leq 0,5.$$

Касательная сила тяги определяется по формуле:

$$P_k = \frac{\left(N_e - \frac{N_{\text{ВОМ}}}{\eta_{\text{ВОМ}}} \right)}{2\pi n_e r_k} \cdot \eta_{\text{тр}} i_{\text{тр}}. \quad (23)$$

Сила сопротивления качению трактора, крюковое усилие, крюковая мощность, удельный расход топлива, тяговый КПД определяются по формулам (24-28):

$$P_f = f \cdot g \cdot m_{\text{с}}, \quad (24)$$

$$P_{\text{кр}} = P_k - P_f, \quad (25)$$

$$N_{\text{кр}} = P_{\text{кр}} \cdot V_d, \quad (26)$$

$$g_{\text{кр}} = \frac{10^3 \cdot G_{\text{т}}}{N_{\text{кр}}}, \quad (27)$$

$$\eta_{\text{т}} = \eta_{\text{тр}} \frac{P_{\text{кр}}}{P_k} (1 - \delta). \quad (28)$$

Результаты расчета сводим в таблицу 1.

Таблица 1 – Тяговые характеристики двигателя

№ передачи	$P_{\text{кр}}$, кН	P_k , кН	$N_{\text{кр}}$, кВт	$g_{\text{кр}}$, г/кВтч	Vm , м/с	$V\delta$, м/с	δ	$\eta_{\text{т}}$
1	56,07	62,83	128,95	4472,37	2,30	1,83	0,206	56,07
2	42,30	49,06	124,59	4594,86	2,95	2,62	0,111	42,30
3	31,55	38,31	119,00	4765,92	3,77	3,14	0,168	31,55
4	23,16	29,92	111,84	5023,31	4,83	4,02	0,168	23,16

Выполним построение тяговой характеристики трактора.

«Определив основные трактора в целом приступаем к построению теоретической тяговой характеристики (рисунок 6), которая позволяет получить наглядное представление о тяговых и топливно-экономических показателях трактора на различных режимах его работы» [19].

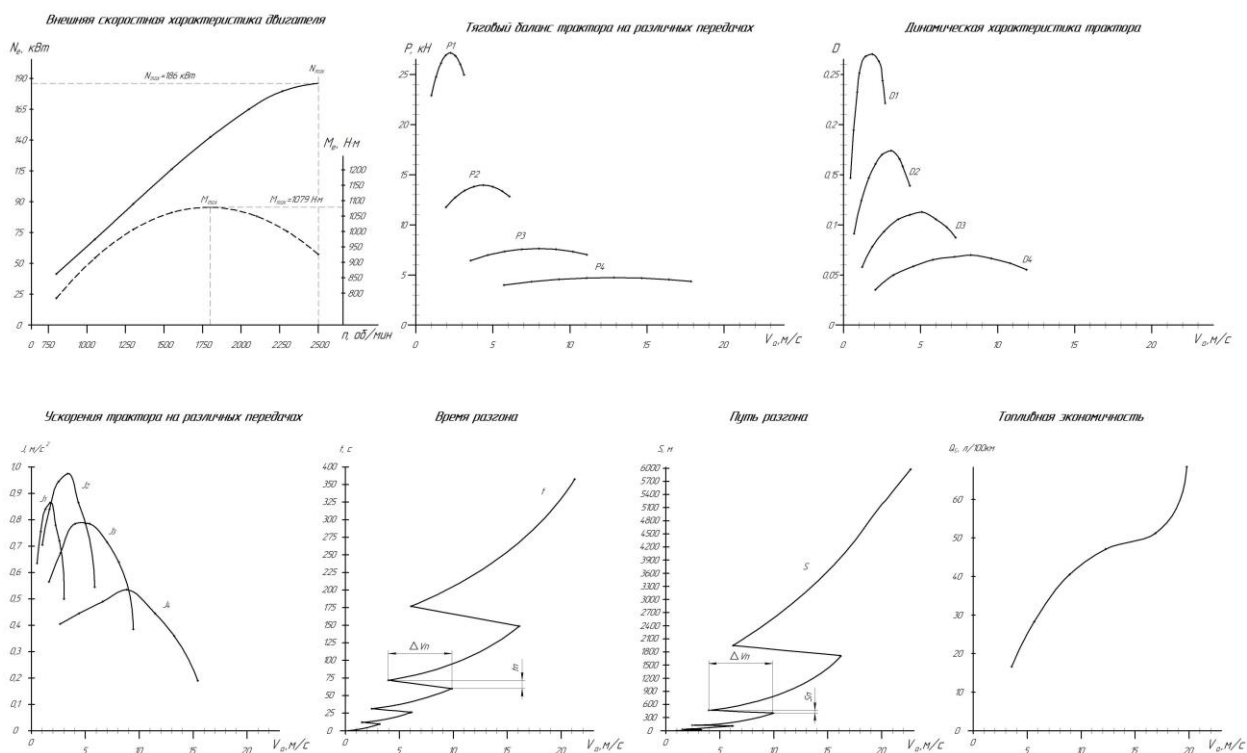


Рисунок 6 – Тяговая характеристика трактора К-701 с двигателем прототипа ЯМЗ-240Б при $P_{кр} = 56,7$ кН

Выполним анализ расчётных параметров трактора и тяговых характеристик трактора.

Коэффициент запаса тягового усилия определяется по формуле:

$$\eta_z = \frac{P_{кр\ max} - P_{кр\ n}}{P_{кр\ n}}. \quad (29)$$

Результаты расчетных параметров и тяговых характеристик трактора при различных передачах и условиях работы занесем в таблицу 2.

Таблица 2 – Основные показатели тяговой характеристики трактора

Параметр	Режим работы	Значения на передачах			
		1	2	3	4
$N_{кр}$, кВт	При номинальной загрузке ДВС	128,95	124,59	119,00	111,84
$P_{кр}$, кН		56,07	42,30	31,55	23,16
V_d , м/с		1,83	2,62	3,14	4,02
δ , %		0,21	0,11	0,17	0,17
		0,53	0,57	0,51	0,48
$N_{кр}$, кВт	При максимальном крутящем моменте	103,52	103,52	103,52	103,52
$P_{кр}$, кН		75,01	58,58	45,74	35,72
V_d , м/с		0,65	1,35	1,98	2,63
δ , %		0,53	0,23	0,13	0,09
η_t , %		0,35	0,57	0,65	0,68
$g_{кр}$, г/кВт·ч		5571,11	5529,96	5478,51	5427,07
η_a		–	0,34	0,38	0,45
η_{max}	–	0,53	0,57	0,65	0,68

Анализируя потенциальную тяговую характеристику трактора мы видим, что рабочие передачи попадают в диапазон тягового усилия на крюке: 16,6...75,01 кН.

При номинальном значении тягового усилия на крюке остальные составляющие характеристики будут иметь следующие значения:

- рабочая скорость движения: 1,83 м/с (6,59 км/ч);
- удельный тяговый расход топлива: 4472,37 г/кВтч;
- коэффициент буксования: 0,21%;
- мощность развиваемая трактором на крюке (тяговая мощность): 128,95 кВт.

Выводы по разделу.

В разделе выполнен тягово-динамический расчёт трактора Беларус-3022.

3 Конструкторская часть

3.1 Исходные данные и нормативные показатели трактора Беларус-3022

Исходные данные и нормативные показатели трактора Беларус-3022 представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Исходные данные и нормативные показатели трактора Беларус-3022 [1]

Показатель	Обозначение	Значение
Максимально разрешенная масса трактора, кг	m_{max}	14000
Минимальная масса трактора, кг	m_{min}	11500
Относительное распределение эксплуатационной массы по осям: – на переднюю ось: – на заднюю ось:	q_1 q_2	0,47 0,53
База трактора, м	L	3,01
Координаты центра масс трактора, м – горизонтальная, относительно задних колес: – вертикальная, относительно поверхности пути:	$a_{цм}$ $h_{цм}$	1,415 1,215
Радиусы качения колес, мм – передних: – задних:	R_1 R_2	705 907
Начальная скорость торможения (максимальная скорость движения), км/ч:	V_0	40,94
Коэффициент сопротивления качению	f	0,02
Максимальный коэффициент сцепления	ϕ	0,8
Передаточное отношение участка трансмиссии от тормозного механизма до заднего колеса	$U_{кп}$	10,45
КПД участка трансмиссии от тормозного механизма до задних колес	$\eta_{кп}$	0,964
Максимальный момент фрикционной муфты привода ПВМ, Н·м	$M_{Мпвм}$	3800
Передаточное отношение участка трансмиссии от муфты привода ПВМ до тормозных механизмов	$U_{мт}$	2,731

Продолжение таблицы 3

Показатель	Обозначение	Значение
Передаточное отношение от муфты привода ПВМ до передних колес	$i_{пвм}$	22,2545
КПД участка трансмиссии от муфты привода ПВМ до передних колес	$\eta i_{пвм}$	0,9126
Время срабатывания привода, с	$t_{ср}$	0,15...0,20
Требуемый коэффициент запаса по тормозной силе	$K_{тсн}$	1,25
Нормативные показатели: – усилие на педали остановочного тормоза, не более, Н – удельная тормозная сила, не менее – установившееся замедление, не менее, м/с ² – неподвижное состояние трактора с прицепом на уклоне, % / °: – неподвижное состояние трактора с эксплуатационной массой на уклоне, % / °	$P_{пн}$ $\gamma_{тн}$ $J_{устн}$	700 0,5 5 16 / 9,09 31/17.22
Коэффициент, характеризующий время срабатывания тормозной системы	A	0,15
Коэффициент учета вращающихся масс	K_m	1,126
Ускорение свободного падения, м/с ²	g	≈10
Допустимая удельная работа трения, Дж/мм ²	$a_{уддон}$	2,3
Допустимое удельное давление, МПа	$q_{дон}$	3
Коэффициент трения фрикционных пар	μ	0,08
Количество остановочных тормозов в заднем мосту	n	2
Параметры тормозного механизма:		
Количество пар трения	$Z_{нр}$	8
Диаметры пар трения, мм: наружный: внутренний:	d_n $d_{вн}$	285 224
Коэффициент трения	μ	0,08
Угол наклона лунок, °	α	24
Радиус расположения распорных шариков, мм	$r_{ш}$	127
Радиус расположения шарниров нажимных дисков, мм	$r_{шд}$	183
Количество возвратных пружин тормоза	$K_{нр}$	4
Приведенное к подушке педали суммарное усилие возвратных пружин привода, Н	$P_{нр}$	10,6
Рабочее усилие одной возвратной	$P_{нрт}$	160

Продолжение таблицы 3

пружины тормоза, Н		
КПД одного шарнира	$\eta_{ш}$	0,925
Количество пар трения, работающих на сервоэффект	Z'	3
КПД одного гидроцилиндра	$\eta_{г}$	0,95
Длина соединительной тяги, мм	l_m	104
Суммарный зазор между парами трения, мм	ΔS	0.8
Расстояние между шарнирами нажимных дисков, мм	$l_{шд}$	205
Масса наиболее нагреваемой детали, кг	m_0	0,88
Удельная теплоёмкость стали и чугуна, ккал	c	0,115
Количество наиболее нагреваемых деталей	Z_H	1
Параметры привода:		
Плечо педали, мм	r_n	360
Плечо регулировочной тяги, мм	r_m	45
Плечо штока главного цилиндра, мм	$r_{гц}$	55
Плечо штока рабочего цилиндра, мм	$r_{рц}$	102
Диаметр главного цилиндра, мм	$d_{гц}$	25,4
Диаметр рабочего цилиндра, мм	$d_{рц}$	25,4
Количество шарниров привода	κ	5

Спецификация на трактор Беларус-3022ДВ представлена в Приложении А (рисунки А.1, А.2).

Приведем формулы для расчета тормозной системы и выполним расчет в MS Excel.

Нормативный тормозной путь, м [14]:

$$S_{ТН} = A \cdot V_0 + \frac{V_0^2}{26 \cdot j_{устн}}. \quad (30)$$

Тормозная сила по нормативу удельной тормозной силы, Н:

$$P_{ТН} = m_{\max} \cdot g + \gamma_{ТН}. \quad (31)$$

Тормозная сила, на передних ведущих колесах по условиям сцепления:

$$P_{T1ЦЦ} = \frac{\Phi \cdot m_{\max} \cdot g \cdot (q_1 \cdot L + \gamma_{TH} \cdot h_{цм})}{L}. \quad (32)$$

Осевое усилие и количество пар трения тормозного механизма

Расчетный средний радиус трения, мм [12, 13]:

$$R_{cp} = \frac{2 \cdot a_{уд} \cdot q_{дон} \cdot g \cdot \gamma_{TH} \cdot R_2 \cdot \eta_{кн} (q_1 \cdot L + h_{цм})}{K_M \cdot \left(\frac{V_0}{3,6}\right)^2 \cdot U_{кн} \cdot q_{дон} \cdot \mu}. \quad (33)$$

Количество пар трения по удельному давлению:

$$z = \frac{T_{\max} \cdot g \cdot \gamma_{TH} \cdot R_2 \cdot \eta_{кн}}{1,1 \cdot U_{кн} \cdot q_{дон} \cdot \pi \cdot R_{cp}^3 \cdot \mu}. \quad (34)$$

Количество пар трения по удельной работе трения:

$$z = \frac{K_M \cdot T_{\max} \cdot \left(\frac{V_0}{3,6}\right)^2}{2,2 \cdot a_{уд} \cdot q_{дон} \cdot 10^6 \cdot \pi \cdot (R_{cp}^3 \cdot 10^{-3})^2}. \quad (35)$$

Осевое усилие на пары трения, Н:

$$Q = \frac{T_{TH}}{R_{cp} \cdot 10^{-3} \cdot \mu \cdot Z_{np}}. \quad (36)$$

Радиус шарнира регулировочной тяги в исходном положении, мм [13]:

$$r_{PT}' = \sqrt{r_{ШД}^2 - \left(\frac{l_{ШД}}{2}\right)^2} + \sqrt{l_T^2 - \left(\frac{l_{ШД}}{2}\right)^2}. \quad (37)$$

Центральный угол между шарниром нажимного диска и регулировочной тяги в исходном положении:

$$\Psi' = a \sin\left(\frac{l_{\text{шд}}}{2r_{\text{шд}}}\right) \cdot \frac{180}{\pi}. \quad (38)$$

Угол относительного поворота нажимных дисков для выбора зазора между парами трения:

$$\Delta\psi = a \tan\left(\frac{\Delta S}{\tan\left(\alpha \cdot \frac{\pi}{180} \cdot r_{\text{шд}}\right)}\right) \cdot \frac{\pi}{180}. \quad (39)$$

Центральный угол между шарнирами нажимного диска и регулировочной тяги после выбора зазора между парами трения:

$$\Delta\psi = \frac{2 \cdot \psi' - \Delta\psi}{2}. \quad (40)$$

Радиус шарнира регулировочной тяги после выбора зазоров между парами трения:

$$r_{\text{рТ}} = r_{\text{шд}} \cos\left(\psi \cdot \frac{\pi}{180}\right) + \sqrt{l_{\text{Т}}^2 - \left(r_{\text{шд}} \sin\left(\psi \cdot \frac{\pi}{180}\right)\right)^2}. \quad (41)$$

Угол между тягой и радиусом шарнира после выбора зазоров:

$$\lambda = a \cos\left(\frac{r_{\text{шд}}^2 + l_{\text{Т}}^2 - r_{\text{рТ}}^2}{2r_{\text{шд}}l_{\text{Т}}}\right) \cdot \frac{180}{\pi}. \quad (42)$$

Угол между тягой регулировочной тягой после выбора зазоров:

$$\beta = 180 - (\varphi + \gamma). \quad (43)$$

Ход регулировочной тяги, мм

$$S_{PT} = r_{PT} - r'_{PT}. \quad (44)$$

Кинематическое передаточное отношение педального механического привода:

$$U_{III} = \frac{r_{II}}{r_{ГЦ}} \cdot \frac{r_{PC}}{r_{PT}}. \quad (45)$$

Кинематическое передаточное отношение педального гидростатического привода:

$$U_{III} = \left(\frac{d_{ГЦ}}{d_{PC}} \right)^2. \quad (46)$$

Кинематическое передаточное отношение привода:

$$U_{прив} = U_{nn} \cdot U_{nz}. \quad (47)$$

Усилия, моменты и работа тормозного привода и тормозных механизмов.

Усилие на регулировочной тяге:

$$P_{PT} = \left(\frac{P_{PH}}{2} - P_{PH} \right) U_{прив} \cdot \eta_{ш} \cdot \eta_e^2. \quad (48)$$

Силовое передаточное отношение нажимного устройства вытяжного действия:

$$U_{HV} = \frac{r_{шд} \cdot \sin\left(\gamma \cdot \frac{\pi}{180}\right)}{2 \cos\left(\beta \cdot \frac{\pi}{180}\right) \cdot \left(r_{ш} \cdot \tan\left(\alpha \cdot \frac{\pi}{180}\right) - \mu \cdot R_{CP} \cdot Z \right)} \cdot \eta_{ш}^3. \quad (49)$$

Осевое усилие на парах трения, Н:

$$Q_o = P_{PT} \cdot U_{HV}. \quad (50)$$

Крутящий момент для создания тангенсальной силы на нажимном устройстве «шарики-диски», Н·м:

$$M_{HV} = Q_J \cdot r_{ш} \cdot 10^{-3} \cdot \tan\left(\alpha \cdot \frac{\pi}{180}\right). \quad (51)$$

Сервомомент, Н·м:

$$M_{сэ} = Q_o \cdot R_{CP} \cdot 10^{-3} \cdot \mu \cdot Z. \quad (52)$$

Крутящий момент, затрачиваемый на преодоление возвратных пружин нажимных дисков при торможении, Н·м:

$$M_{ПР} = P_{ПРТ} \cdot r_{ш} \cdot 10^{-3} \cdot \tan\left(\alpha \cdot \frac{\pi}{180}\right) \cdot K_{ПР}. \quad (53)$$

Максимальный тормозной момент при P_n равной 700 Н, Н·м:

$$M_T = Q_O \cdot R_{CP} \cdot 10^{-3} \cdot \mu \cdot Z_{ПР}. \quad (54)$$

Силовое передаточное отношение тормозного механизма [13]:

$$U_{TM} = U_{HV} \cdot \mu \cdot Z_{ПР}. \quad (55)$$

Силовое передаточное отношение тормозной системы:

$$U_{ТС} = U_{ПРИВ} \cdot \eta_{Ш}^k \cdot \eta_{Г}^2 \cdot U_{TM} \cdot \frac{U_{КП}}{\eta_{КП}} \cdot \frac{R_{CP}}{R_2}. \quad (56)$$

Максимально возможная тормозная сила на колесах, Н:

$$P_{Tmax} = P_{ПН} \cdot U_{ТС}. \quad (57)$$

Тормозная сила, на передних ведущих колесах по условиям привода, Н:

$$P_{T1ПВМ} = \frac{M_{МПВМ} \cdot U_{ППВМ}}{\eta_{ППВМ} \cdot R_1 \cdot 10^{-3}}. \quad (58)$$

Реализуемая тормозная сила на передних колесах, Н:

$$P_{T1} = \text{if} (P_{T1СЦ} < P_{T1ПВМ}, P_{T1СЦ}, P_{T1ПВМ}). \quad (59)$$

Тормозная сила, реализуемая задними ведущими колесами по условиям сцепления, Н:

$$P_{T2} = \frac{m_{\max} \cdot g \cdot \phi}{L + h_{\text{ЦМ}} \cdot \phi} \cdot \left[L - a_{\text{ЦМ}} - h_{\text{ЦМ}} \cdot \left(f + \frac{P_{T1}}{m_{\max} \cdot g} \right) \right]. \quad (60)$$

Суммарная тормозная сила, реализуемая передними и задними колесами по условиям сцепления, Н:

$$P_T = P_{T1} + P_{T2}. \quad (61)$$

Момент трения тормоза по условиям сцепления, Н·м:

$$T_T = \frac{P_T \cdot R_2 \cdot 10^{-3} \cdot \eta_{\text{КП}}}{U_{\text{КП}} \cdot n}. \quad (62)$$

Сила сопротивления движению трактора, Н:

$$P_f = m_{\max} \cdot g \cdot f. \quad (63)$$

Удельная тормозная сила, реализуемая по условиям сцепления:

$$\gamma_{T_СЦ} = \frac{P_T}{m_{\max} \cdot g}. \quad (64)$$

Осевое усилие на пары трения по условиям норматива тормозного пути:

$$Q_{\min} = \frac{T_{\text{ТН}}}{R_{\text{СР}} \cdot \mu \cdot Z_{\text{ПР}}}. \quad (65)$$

Площадь одной поверхности трения:

$$F_T = \frac{\pi \cdot (d_H^2 - d_{BH}^2)}{4}. \quad (66)$$

Удельное давление на пары трения:

$$q = \frac{Q_O}{F_T}. \quad (67)$$

Работа трения за одно включение одного тормоза:

$$A = \frac{\frac{m_{\max} \cdot \left(\frac{V_0}{3.6}\right)^2}{2} \cdot K_M - m_{\max} \cdot g \cdot f \cdot S_T}{2}. \quad (68)$$

Удельная работа трения за одно включение:

$$a_{уд} = \frac{A}{F_T \cdot Z_{ПП}}. \quad (69)$$

Доля работы трения, идущая на нагрев наиболее нагреваемой детали:

$$\gamma_a = \frac{Z_H}{Z_{ПП}}. \quad (70)$$

Прирост температуры наиболее нагреваемой детали:

$$\Delta t = \frac{\gamma_a \cdot A \cdot 10^{-3}}{4,1868 \cdot c \cdot m_D}. \quad (71)$$

Основные показатели тормозной системы трактора Беларус-3022.

Установившееся замедление по условиям сцепления:

$$j_{уст} = \frac{P_T + P_f}{K_M \cdot m_{max}}. \quad (72)$$

Тормозной путь по условиям сцепления [14, 20]:

$$S_T = \frac{V_0}{3,6} \cdot t_{cp} + \frac{V_0^2}{26 \cdot j_{устH}}, \quad (73)$$

где t_{cp} – время срабатывания тормозного привода – время от начала приведения в действие органа управления тормозной системы до момента времени, когда давление в исполнительном органе тормозного привода, находящимся в наименее благоприятных условиях, достигает 75% давления, которое должно установиться в этом исполнительном органе при полном приведении в действие органа управления.

$t_{cp (сер)}$, t_{cp} – время срабатывания тормозного привода серийного трактора и трактора с модернизированной тормозной системой, принимается равным 0,2 с и 0,15, соответственно.

Тормозной путь по условиям сцепления (серийный трактора), м:

$$S_{T(сер)} = \frac{\Delta V}{3,6} \cdot t_{CP(сер)} + \frac{\Delta V^2}{26 \cdot j_{уст}}. \quad (74)$$

Заносим результаты расчета в таблицу 4.

Таблица 4 – Результаты расчета тормозного пути по условиям сцепления (серийный трактор)

ΔV , км/ч	30,00	32,00	34,00	36,00	38,00	40,94
$S_T(сер)$, м	6,92	7,76	8,64	9,57	10,54	12,06

Тормозной путь по условиям сцепления (трактор с модернизируемой тормозной системой):

$$S_{T(cep)} = \frac{\Delta V}{3,6} \cdot t_{cp} + \frac{\Delta V^2}{26 \cdot j_{yct}}. \quad (75)$$

Заносим результаты расчета в таблицу 5.

Таблица 5 – Результаты расчета тормозного пути по условиям сцепления (трактор с модернизируемой тормозной системой)

ΔV , км/ч	30,00	32,00	34,00	36,00	38,00	40,94
S_T , м	6,50	7,31	8,17	9,07	10,01	11,49

Коэффициент запаса по тормозной силе [20]:

$$K_{TC} = \frac{P_T}{P_{TH}}. \quad (76)$$

Коэффициент запаса прочности по нормативному тормозному пути:

$$K_{TH} = \frac{S_{TH}}{S_T}. \quad (77)$$

Анализ тормозного пути по условиям сцепления движителя с опорной поверхностью трактора Беларус-3022 с серийной и модернизируемой тормозной системой, построенный для заданного почвенного фона, показывает, что использование модернизируемой тормозной системы улучшает ее тормозные свойства и в целом повышает эффективность использования трактора Беларус-3022 на транспортных операциях, за счет возможного увеличения скорости движения при соблюдении требований безопасности движения.

Наблюдается значительное уменьшение тормозного пути трактора Беларус-3022 на разных скоростях движения, за счет более эффективной работы модернизируемой тормозной системы.

Таким образом, в соответствии с полученными данными (таблицы 4 и 5), а также исходя из того, что изменение тормозного пути ΔS_m приблизительно пропорционально изменению квадрату скорости ΔV^2 можно сделать вывод о том, что модернизация тормозной системы трактора Беларус-3022 позволяет повысить среднюю скорость движения при выполнении транспортных операций на 5-10% при соблюдении необходимых требований безопасности или уменьшить среднее время рейса t_{pc} – на 5-10 % соответственно.

Таким образом, результатами расчета оценочных показателей тормозных свойств колесного трактора Беларус-3022 обоснована целесообразность модернизации его тормозной системы.

3.2 Патентный поиск аналогов

«Основными направлениями повышения надежности и эффективности использования тормозных систем и устройств является конструктивное усовершенствование механической части и привода существующих тормозов и создание новых конструктивных разновидностей, разработка и применение новых материалов с повышенными фрикционными свойствами.

В связи с этим с целью повышения эксплуатационных свойств трактора Беларус-3022 в данном дипломном проекте модернизируется его тормозная система. Ведь при использовании трактора на транспортных работах сильно увеличивается частота торможений. Особенно при работе на холмистой местности, а также на затяжных спусках дорог. Таким образом, в дипломном проекте разрабатывается и устанавливается на трактор 5-го тягового класса на примере трактора Беларус-3022 гидрообъемный привод тормозов, что позволяет увеличить их энергоемкость и надежность по сравнению со

штатными тормозами» [18].

«Модернизация тормозной системы как способ повышения эффективности использования трактора 5-го тягового класса на транспортных работах имеет ряд плюсов:

- нет необходимости в специальной подготовке трактора;
- простота в использовании не требующая больших навыков от тракториста;
- повышение безопасности и надежности трактора;
- самое главное то, что тормозная система может сочетаться с любыми другими способами повышения эффективности использования на транспортных работах» [3].

Для выбора наиболее рациональной конструкции устройства проведен патентный поиск и информационный анализ существующих технических решений.

В таблице 6 представлена информация о патентном поиске.

Таблица 6 – Патентный поиск

Предмет поиска	Страна выдачи, вид и номер охранного документа, классификационные индексы	Сущность заявленного технического решения и цели его создания
1. «Узел главных тормозных цилиндров транспортного средства	СССР авторское свидетельство № 934903 B60T11/22	Узел главных цилиндров включает два главных цилиндра, которые являются идентичными по конструкции, и каждый содержит корпус, снабженный продольным расчетным отверстием, в котором установлен поршень, имеющий расположенные на определенном расстоянии друг от друга. Поршень соединяется на своем заднем конце с частично сферической головкой на приводимом в действие pedalю толкателе. Ограничитель для головки образуется кольцевой узкой втулкой, удерживаемой в определенном положении зажимным кольцом или пружинным кольцевым замком, располагаемым в кольцевой канавке в отверстии. Осевое

Продолжение таблицы 6

Предмет поиска	Страна выдачи, вид и номер охранного документа, классификационные индексы	Сущность заявленного технического решения и цели его создания
		отверстие в поршне находится в связи через радиальные отверстия с кольцевой выемкой в окружной поверхности поршня, проходящей между уплотнениями. Длина выемки в каждом главном цилиндре является такой, что во всех аксиальных положениях поршня она находится в связи через отверстие и радиальное отверстие перепускного канала в стенке корпуса с соответствующей выемкой в другом главном цилиндре» [16].
«2. Узел главного цилиндра тормозной системы	СССР авторское св-во. № 431660 B60T11/22	В предлагаемом узле главного цилиндра клапан, закрывающий резервуар, выполнен в виде расположенного соосно с поршнем и частично размещенного в нем стержня с головкой. Конец стержня взаимодействует с седлом, предусмотренным в отверстии, сообщающем камеру сжатия с резервуаром, причем головка обращена к поршню и размещена в колпачке, подпружиненном к поршню возвратной пружиной. В колпачке выполнено направляющее отверстие для стержня. Кроме того, узел может быть снабжен дополнительным колпачком, поджатым возвратной пружиной к внутреннему торцу камеры сжатия. В корпусе выполнено сквозное отверстие с расточкой, закрытое на одном конце пробкой, а с другого конца в нем установлен ступенчатый поршень, состоящий из части меньшего диаметра, помещенной в отверстие и части большего диаметра, выполненной в форме стакана. В расточке находится камера сжатия, соединенная с резервуаром для жидкости осевым отверстием. Камера сжатия сообщается каналом со вспомогательным цилиндром, воздействующем на тормозную систему» [17].
«3. Сдвоенный главный цилиндр для	СССР авторское св-во. № 610481	Недостатком известных цилиндров является то, что в пружине, расположенной между поршнями,

Продолжение таблицы 6

Предмет поиска	Страна выдачи, вид и номер охранного документа, классификационные индексы	Сущность заявленного технического решения и цели его создания
гидравлической тормозной системы транспортного средства	B60T11/16	возникают большие усилия, которые снижают надежность работы устройства. В данном цилиндре между пружиной и поршнем большего диаметра установлен стакан с торцовым отверстием, образующим буртик дна взаимодействия с выступом головки поршня меньшего диаметра, а ограничитель перемещения поршня меньшего диаметра выполнен в виде винта, расположенного радиально в ступенчатом отверстии и входящего в выполненный на поршне меньшего диаметра продольный паз» [13].
«4. Блок главных цилиндров гидравлической тормозной систем транспортного средства	СССР авторское св-во. №1178319 B60T11/20	Блок главных цилиндров гидравлической тормозной системы транспортного средства, содержащий два отдельных главных цилиндра, полости сжатия которых сообщены перепускным каналом, в котором у каждого главного цилиндра установлено по перепускному клапану с седлом, выполненным в корпусе соответствующего главного цилиндра, и запорным элементом, отличающийся тем, что, с целью повышения его надежности, запорный элемент каждого перепускного клапана посредством промежуточного элемента кинематически связан с профилированной поверхностью поршня главного цилиндра, обеспечивающий закрытое, дросселированное и открытое состояния перепускного клапана при различных положениях поршня» [17].
«6. Рабочий орган гидравлических тормозных систем	Патент РФ № 2263593 B60T11/16	Изобретение относится к технике, включающей гидравлические устройства, в частности к гидравлическим цилиндрам тормозных систем транспортных средств. Известен силовой гидроцилиндр, содержащий корпус цилиндра, в котором установлена тонкостенная втулка, а зазоры между втулкой и цилиндром заполнены затвердевающим композитным наполнителем» [16].
«7. Главный тормозной цилиндр	Патент РФ № 2251503 B60T11/16, B60T11/28	Изобретение относится к области транспортного машиностроения, а именно к главным тормозным цилиндрам

Продолжение таблицы 6

Предмет поиска	Страна выдачи, вид и номер охранного документа, классификационные индексы	Сущность заявленного технического решения и цели его создания
		<p>гидравлических тормозных систем. Главный тормозной цилиндр содержит корпус, во внутреннем канале которого расположен, по меньшей мере, один поршень. Поршень образует со стенками канала сзади своего пояска камеру подачи жидкости и перед последним, со стороны своей носовой части, камеру ее сжатия. Периферийный клапан поршня содержит уплотнитель, подпружиненный относительно носовой части поршня к разделительному кольцу, внутри которого расположен поясок поршня» [16].</p>
«8. Главный гидравлический цилиндр	Патент РФ № 3158337 B60T11/16, F15B15/00	<p>Главный гидравлический цилиндр предназначен для применения в гидравлической тормозной системе транспортного средства, содержит корпус цилиндра, поршень, клапан, стопор, первый и второй упоры. Поршень скользит в корпусе цилиндра с возможностью совершения рабочего хода и сжимает текучую среду в камере давления. Клапан перемещается поршнем. Гнездо клапана и клапанный элемент выполнены подвижными относительно друг друга с возможностью открытия и закрытия клапана и взаимодействия друг с другом. Стопор закреплен в корпусе цилиндра» [13].</p>
«9. Главный тормозной цилиндр	Патент РФ № 1136988 B60T11/16	<p>Главный тормозной цилиндр, содержащий корпус со сквозным отверстием, с одной стороны которого установлена крышка, а с другой - два последовательно расположенных поршня, внутренний из которых подпружинен и выполнен с осевым отверстием и оборудован окружающим указанное отверстие уплотнительным элементом, имеющим возможность контакта с внутренней торцевой поверхностью наружного поршня, с которым жестко связан ограничитель перемещения внутреннего поршня от наружного, проходящий в осевое отверстие внутреннего поршня, отличающийся тем, что, с целью</p>

Продолжение таблицы 6

Предмет поиска	Страна выдачи, вид и номер охранного документа, классификационные индексы	Сущность заявленного технического решения и цели его создания
		повышения эффективности работы путем увеличения быстродействия срабатывания, он снабжен дополнительными подпружиненными поршнями, расположенными в выполненных в крышке отдельных отверстиях» [16].

Выводы по результатам анализа патентной документации.

На основании проведенного патентного поиска, следует, что все нововведения в основном направлены на повышение эффективности главных цилиндров, либо на повышение их ресурса и уменьшение размеров рабочих органов тормозов на рабочих режимах. Патентный поиск проведен, как и по наиболее ранним разработкам на глубину более пятнадцати лет, так и по наиболее поздним разработкам, представленных за пятнадцать последних лет. Таким образом, этот патентный поиск можно считать исчерпывающим.

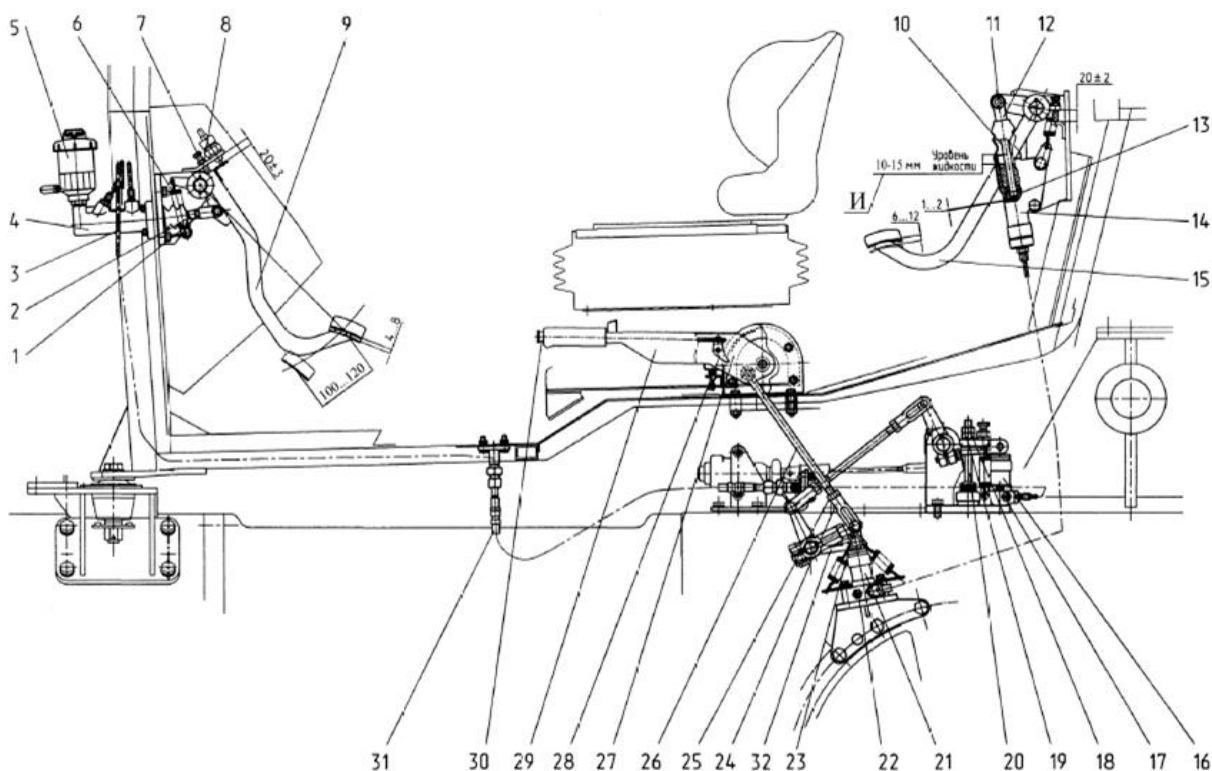
В данном дипломном проекте за прототип разрабатываемой конструкции было принято изобретение (Патент РФ № 3158337, МПК В60Т11/16, F15В15/00). Этот выбор основан на практической значимости данной конструкции и наиболее рациональном исполнении.

Более подробно работа проектируемого устройства описана в следующем разделе.

3.3 Общая схема и принцип работы модернизируемой тормозной системы трактора Беларус-3022

«Привод тормозов предназначен для управления тормозами, как на прямом ходу трактора, так и на реверсе. Тип привода тормозов гидростатический с подвесными педалями. Привод (рисунок 7) состоит из

главных цилиндров 4 (для прямого хода) и 14 (в режиме реверса), подвесных педалей 9 (для прямого хода) и 15 (в режиме реверса), рабочих цилиндров 16 (для прямого хода) и 21 (в режиме реверса), бачков 5. В системе привода тормозов в качестве рабочей жидкости применяется тормозная жидкость «Нева М» ТУ 2451-053-36732629-2003» [8].



- 1 – контргайка; 2 – толкатель; 3 – трубопровод; 4 – главный цилиндр; 5 – бачок;
 6 – пружина; 7 – болт; 8 – гайка; 9 – педаль; 10 – толкатель; 11 – палец; 12 – вилка;
 13 – поршень; 14 – главный цилиндр; 15 – педаль реверса; 16 – рабочий цилиндр;
 17 – перепускной клапан; 18 – контргайка; 19 – регулировочная гайка; 20 – тяга;
 21 – рабочий цилиндр реверса; 22 - перепускной клапан; 23 – палец; 24 – вилка;
 25 – контргайка; 26 – тяга; 27 – сектор; 28 – фиксатор; 29 – рычаг; 30 – кнопка; 31 – рукав
 гибкий; 32 – рычаг

Рисунок 7 – Схема управления тормозами

«Механизмы привода тормозов являются общими как для привода гидроцилиндрами от педалей (на прямом ходу и реверсе), так и для механического ручного привода от рычага управления 29 через систему тяг и рычагов на оба колеса. При управлении педалями 9 на прямом ходу обеспечивается раздельное (по бортам) управление тормозами и управление

на оба тормоза при блокировании педалей. При управлении педалью реверса 15 и при ручном управлении торможение осуществляется двумя задними колёсами одновременно от рабочего цилиндра реверса 21 и рычага 32 (для реверса) и от рычага управления 29, через тягу 26» [8].

Спецификация на привод тормозов представлена в Приложении А (рисунки А.3, А.4).

«Главный тормозной цилиндр (рисунок 8) предназначен для создания необходимого давления рабочей жидкости в тормозной системе трактора.

При воздействии на педаль тормоза толкатель 1 главного тормозного цилиндра, связанный с рычагом педали, перемещается вперед. При этом закрывается запорный клапан 4, через который в корпус 2 поступает тормозная жидкость из бачка. Поршень 3 перемещается вперед, толкая уравнительный клапан 5 при этом часть жидкости под давлением поступает в уравнительную камеру 7, что обеспечивает выравнивание давления жидкости в магистралях рабочих цилиндров правого и левого тормозов при воздействии на заблокированные педали. Рабочая жидкость при этом подается под давлением через выходное отверстие 6 по трубопроводу в рабочий цилиндр тормоза. Поршень рабочего цилиндра давлением жидкости перемещается и через шток поворачивает рычаг, который через сферическую шайбу, зафиксированную на тяге, поднимает ее, затягивая нажимными дисками тормоз. При снятии усилия с педали поршень рабочего цилиндра возвращается в исходное положение» [8].

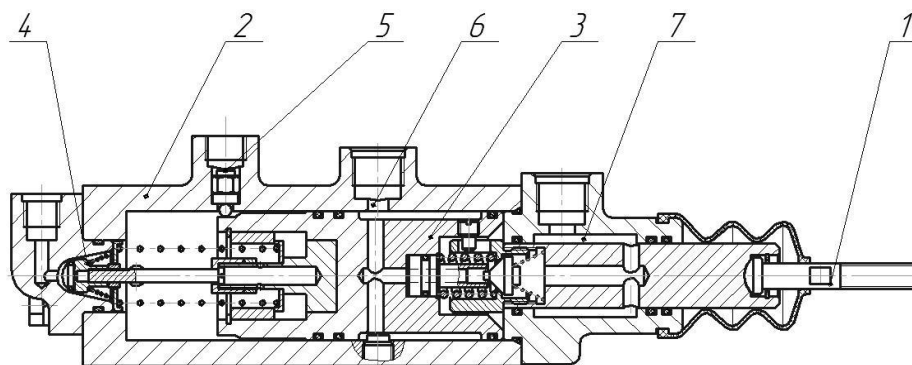


Рисунок 8 – Главный тормозной цилиндр

«Механизмы привода левого и правого тормозов имеют одинаковую конструкцию. Отличаются они лишь длиной валиков механизма привода ориентацией их расположения и наружными рычагами.

Раздельное торможение (левого и правого колеса) применяется при выполнении ряда работ, требующих повышенной маневренности трактора или тракторного агрегата с минимальными радиусами поворота за счет подтормаживания внутреннего колеса» [8].

Спецификация на главный цилиндр представлена в Приложении А (рисунки А.5, А.6, А.7).

3.4 Проектирование и расчет основных элементов конструкции

Выполним расчет толкателя главного гидроцилиндра тормозной системы.

«Расчет толкателя главного цилиндра тормозной системы трактора Беларус-3022 выполним с помощью пакета программы APM WinMachine, представляющей собой систему для расчета и проектирования валов и осей APM Shaft» [10].

Для этого составим расчетную схему приложения сил и момента к толкателю (рисунок 9) и заполним таблицы 7, 8.

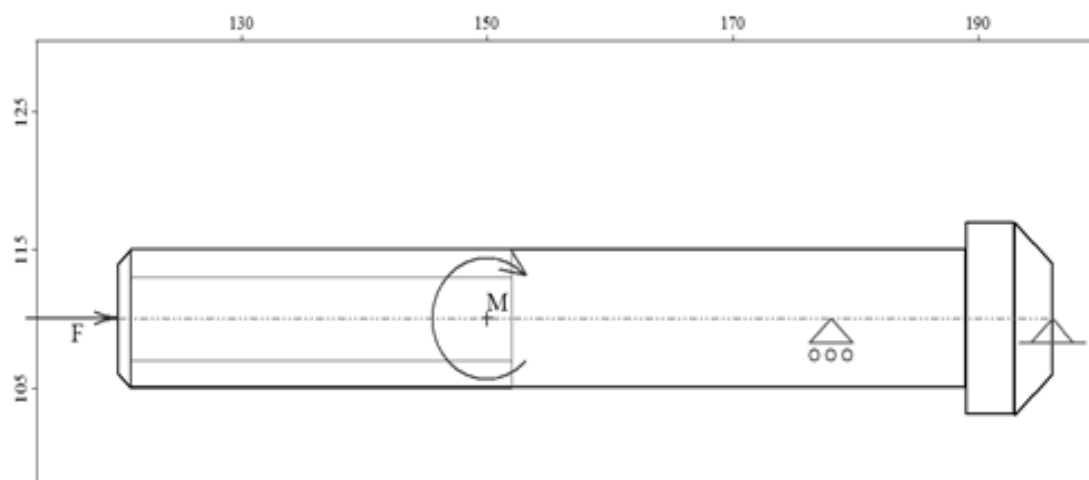


Рисунок 9 – Расчётная схема (толкатель главного цилиндра)

Таблица 7 – Исходные данные

Нагрузки					
Моменты изгиба					
Расстояние от левого конца вала, мм	Модуль, Н·м		Угол, град		
30,00	50,00		0,00		
Осевые силы					
Расстояние от левого конца вала, мм	Значение, Н				
0,00	500,00				
Реакции в опорах					
Расстояние от левого конца вала, мм	Реакция вертикальная, Н	Реакция горизонтальная, Н	Реакция осевая, Н	Модуль, Н	Угол, град
58,00	-2777,78	0,00	0,00	2777,8	-90
76,00	2777,78	0,00	-500,00	2777,8	90

Таблица 8 – Собственные частоты

Поперечные колебания	
№	Частота, рад/с
0	11460,868
1	74569,243
2	211792,318
3	402088,057
4	530244,322
Крутильные колебания	
№	Частота, рад/с
0	111170,955
1	237722,977
2	376051,525
3	517102,438

По полученным данным было определено, что максимальный момент изгиба в наиболее опасном сечении равен 50 Н·м.

Выполним расчёт пружины главного цилиндра тормозной системы.

Исходя из ее наиболее рациональных геометрических размеров и передаваемого усилия расчет лучше выполнить с помощью автоматизированного пакета программы Компас 3D – Компас-SPRING:

«Исходные данные:

Материал.....Сталь 51ХФА-Ш.

Сила при рабочей деформации, Н.....183,62.

Рабочий ход пружины, мм.....	6,5.
Наружный диаметр пружины, мм.....	35.
Число рабочих витков.....	6.
Диаметр проволоки, мм.....	5,5.
Максимальное касательное напряжение, МПа.....	118,52.
Модуль сдвига материала, МПа.....	785.
Жёсткость пружины, Н/мм.....	58,29.
Масса пружины, кг.....	0,132» [2].

На рисунке 10 представлен эскиз пружины сжатия главного цилиндра.

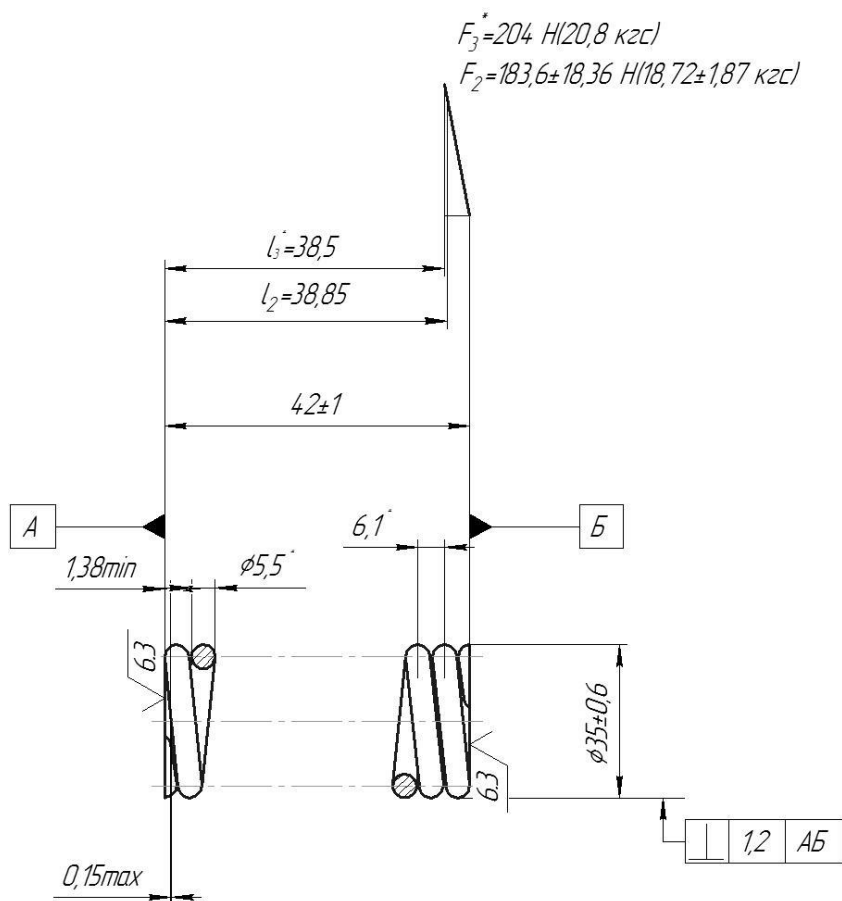


Рисунок 10 – Эскиз пружины сжатия главного цилиндра

Выполним расчет болтового соединения крепления кронштейна рабочего цилиндра тормозной системы.

Расчёт болтового соединения крепления кронштейна рабочего цилиндра тормозной системы трактора Беларус-3022 проведен с помощью

пакета программы APM WinMachine – APM WinJoint.

Выбираем тип болтового соединения с зазором, тип расчёта проектировочный.

Исходные данные для расчёта приведены в таблице 9.

Таблица 9 – Исходные данные для расчёта болтового соединения

Касательные силы				
Координаты [мм]			Проекции [Н]	
x	y	z	на x	на y
205,00	42,00	0,00	750,00	0,00
133,00	7,00	0,00	-0,00	-450,00
Постоянные параметры				
Предел текучести материала деталей крепления			250,00	МПа
Количество поверхностей среза/трения			1	

Результаты расчета сводим в таблицу 10.

Таблица 10 – Результаты расчета

Показатель	Единица измерения	Значение
Центр масс поверхности стыка	мм	X=145,48; Y= 31,60
Площадь поверхности стыка	мм ²	9734,257
Момент инерции стыка относительно центральных осей		
– относительно горизонтальной оси	м ⁴	4355048,047
– относительно вертикальной оси	м ⁴	22423903,265
Угол наклона главных центральных осей	рад	12,095
Максимальная сдвигающая нагрузка на болт	Н	3076,347
Диаметр стержня болта	мм	9,800
Момент трения на торце гайки	Н·м	2,414

Из конструктивных соображений принимаем диаметр болта 10 мм [1].

Выводы по разделу.

В разделе разработана конструкция устройства гидрообъемного тормозного привода трактора Беларус-3022, а также проведен расчет ее основных элементов. Разработанные узлы конструкции имеют высокие показатели долговечности и ремонтпригодности. При их проектировании были учтены современные достижения в практике тракторостроения.

4 Технологический раздел

Сборочный процесс в автомобиле- и тракторостроении представляет собой совокупность операций по соединению деталей в определенной последовательности для получения узлов, механизмов или законченного автомобиля (трактора), полностью отвечающих установленным техническим требованиям.

При производстве автомобилей и тракторов их собирают либо на том же заводе, где изготавливаются детали этого изделия, либо на специализированном сборочном предприятии. Первый вид организации производства в настоящее время преобладает в отечественном автотракторостроении.

Трудоемкость сборочных работ больше трудоемкости литейных, сварочных, кузнечно-прессовых и ряда других работ. Реальная возможность снижения трудоемкости сборки прежде всего путем ее механизации – это один из важных резервов производства.

В автотракторостроении преобладает массовое и крупносерийное производство. По сравнению с другими отраслями машиностроения здесь имеются более благоприятные условия для механизации и автоматизации процессов сборки и сокращения на этой основе ручного труда. Между тем, трудоемкость работ в заготовительных и обрабатывающих цехах большинства автомобильных и тракторных заводов снижается более быстрыми темпами, чем в сборочных. В связи с этим относительное значение трудоемкости сборки очень часто не сокращается, а растет.

Удельный вес сборочных работ в общей трудоемкости изготовления автомобилей и тракторов составляет в настоящее время 25-30%.

Исходными данными для проектирования технологического процесса сборки являются:

- сборочные чертежи (изделия, узла или машины);
- технические условия на сборку;

- рабочие чертежи деталей, входящих в изделие;
- заданная годовая программа или общая программа выпуска.

Также при проектировании технологического процесса сборки необходимо пользоваться вспомогательными материалами, такими как: каталоги, паспорта, характеристики сборочного оборудования и механизированного сборочного инструмента; ГОСТ и нормы на немеханизированный сборочный инструмент, технологические процессы сборки типовых узлов.

4.1 Обоснование выбора технологического процесса

Выбор технологического процесса сборки зависит от различных факторов, таких как тип изделия, его размеры, количество производимой продукции, требования к качеству и степени автоматизации процесса.

Одним из основных факторов является тип изделия. Например, для изделий, требующих высокой точности и мелких деталей, лучше использовать автоматизированный технологический процесс, чтобы уменьшить ошибки человеческого фактора и обеспечить повышенную точность.

Кроме того, размеры изделия могут определять, какой технологический процесс выбрать. Для производства больших изделий может потребоваться использование кранов и других тяжелых механизмов, а для мелких изделий могут использоваться автоматические линии сборки.

Ввиду того, что модернизация тормозной системы трактора Беларус-3022, путем изменения конструкции главного тормозного цилиндра не будет иметь большого спроса, применяем методом мелкосерийной сборки.

«В мелкосерийном производстве используют форму стационарной не поточной сборки с дифференциацией процесса на узловую и общую сборку. Процесс сборки осуществляется бригадами рабочих, имеющих профильную специальность по каждому виду сборочных работ» [11].

«Рассчитаем такт выпуска по формуле:

$$T_d = \frac{F_d \cdot 60 \cdot m}{N}, \quad (78)$$

где F_d – действительный годовой фонд рабочего времени сборочного оборудования в одну смену, принимается равным 2070 ч. для стационарной сборки на необорудованном оборудовании;

m – количество смен, принимается равным 1;

N – годовой объем выпуска, принимается равным 120 шт» [12].

$$T_d = \frac{2070 \cdot 60 \cdot 1}{120} = 1035 \text{ ч.}$$

Технологическая схема сборки – это графическое представление последовательности операций, необходимых для производства конечного продукта. Она описывает порядок выполнения всех этапов производства, начиная с получения исходных материалов и заканчивая готовым изделием.

Основные элементы технологической схемы сборки:

- получение исходных материалов;
- подготовительные операции – разметка материалов, нарезка, обработка и так далее;
- сборочные операции – сборка изделия из отдельных деталей;
- окончательная обработка – шлифовка, полировка, окраска и так далее;
- контроль качества – проверка соответствия готового изделия заданным требованиям;
- упаковка и хранение готового изделия.

Перечень сборочных работ узловой и общей сборки модернизированной тормозной системы колесного трактора Беларусь-3022 представлен в таблице 11.

Таблица 11 – Перечень сборочных работ

Содержание основного и вспомогательного перехода	Время на выполнение операции, мин.
Взять корпус позиция 5	0,1
Осмотреть корпус на наличие повреждений и дефектов	1
Взять пружину позиция 19	0,1
Осмотреть пружину на наличие повреждений и дефектов	1
Установить пружину в корпус	0,5
Взять проставку позиция 17	0,1
Установить проставку на пружину	0,5
Взять кольцо 003*005-25 позиция 18	0,1
Установить кольцо 003*005-25 в корпус	0,3
Взять крышку заднюю позиция 6	0,1
Осмотреть крышку заднюю на наличие повреждений и дефектов	1
Запрессовать крышку заднюю в корпус	0,8
Взять шайбы 8 Л позиция 28 (2 шт.), болт М8×1-6058.35Х.16 (2 шт.)	0,2
Зафиксировать крышку при помощи шайб 8 Л и болтов М8×1-6058.35Х.16	4
Взять пружину позиция 15	0,1
Осмотреть пружину на наличие повреждений и дефектов	1
Установить пружину в корпус	0,5
Взять втулку позиция 18	0,1
Осмотреть втулку на наличие повреждений и дефектов	1
Запрессовать втулку в корпус	2
Взять шток позиция 16	0,1
Осмотреть шток на наличие повреждений и дефектов	1
Установить шток в корпус	2
Взять стакан позиция 20	0,1
Осмотреть стакан на наличие повреждений и дефектов	1
Установить стакан в корпус	2
Взять втулку позиция 14	0,1
Осмотреть втулку на наличие повреждений и дефектов	1
Запрессовать втулку в корпус	2
Взять тарелку позиция 13	0,1
Осмотреть тарелку на наличие повреждений и дефектов	1
Установить тарелку в корпус	2
Взять упор позиция 12	0,1
Осмотреть упор на наличие повреждений и дефектов	1
Установить упор в корпус	2
Взять кольцо 003*009-40 позиция 25	0,1
Установить кольцо 003*009-40 в корпус	0,3
Взять поршень позиция 11	0,1
Осмотреть поршень на наличие повреждений и дефектов	1
Установить поршень в корпус	3
Взять винт стопорный позиция 21	0,1
Закрутить винт стопорный в корпус	1
Взять пружину позиция 10	0,1
Осмотреть пружину на наличие повреждений и дефектов	1

Продолжение таблицы 11

Содержание основного и вспомогательного перехода	Время на выполнение операции, мин.
Установить пружину в корпус	0,5
Взять шток позиция 22	0,1
Осмотреть шток на наличие повреждений и дефектов	1
Установить шток в корпус	2
Взять втулку позиция 9	0,1
Осмотреть втулку на наличие повреждений и дефектов	1
Запрессовать втулку в корпус	2
Взять палец стопорный позиция 8	0,1
Осмотреть палец стопорный на наличие повреждений и дефектов	1
Установить палец стопорный в корпус	2
Взять кольцо 003*005-42 позиция 27	0,1
Установить кольцо 003*005-42 в корпус	0,5
Взять пружину позиция 23	0,1
Осмотреть пружину на наличие повреждений и дефектов	1
Установить пружину в корпус	0,5
Взять крышку переднюю позиция 4	0,1
Осмотреть крышку заднюю на наличие повреждений и дефектов	1
Запрессовать крышку заднюю в корпус	2
Взять толкатель позиция 2	0,1
Осмотреть толкатель на наличие повреждений и дефектов	1
Установить толкатель в корпус	2
Взять чехол грязезащитный позиция 3	0,1
Осмотреть чехол грязезащитный на наличие повреждений и дефектов	1
Установить чехол грязезащитный на корпус	1
Взять клапан ОСТ 24.125.12-89 позиция 29	0,1
Осмотреть клапан ОСТ 24.125.12-89 на наличие повреждений и дефектов	1
Установить клапан ОСТ 24.125.12-89 в корпус и затянуть с моментом 5 Н·м	2
Проверить качество выполненных операций и выполнить регулировку	10
Итого:	70,1

Рассчитаем общее оперативное время на все виды работ по формуле:

$$t_{on}^{общ} = \sum t_{on1} + t_{on2} + \dots t_{on_n}, \quad (79)$$

$$t_{on}^{общ} = \sum t_{on1} + t_{on2} + \dots t_{on_n}$$

«Определяем суммарную трудоемкость сборки изделия по формуле:

$$t_{шт}^{общ} = t_{он}^{общ} + t_{он}^{общ} \cdot \left(\frac{\alpha + \beta}{100} \right), \quad (80)$$

где α – часть оперативного времени на организационно-техническое обслуживание рабочего места в процентах, принимаем равным 3%;
 β – часть оперативного времени для перерыва и отдыха в процентах, принимаем равным 5%» [20].

$$t_{шт}^{общ} = 70,1 + 70,1 \cdot \left(\frac{3+5}{100} \right) = 75,7 \text{ мин.}$$

4.2 Проектирование технологического процесса сборки модернизированной тормозной системы колесного трактора Беларус-3022

Составим последовательность технологических операций с указанием приспособлений и затрачиваемого на выполнение операций времени заносим в таблицу 12.

Таблица 12 – Технологический процесс сборки модернизированной тормозной системы колесного трактора Беларус-3022

Номер операции	Наименование операции	Номер позиции	Содержание операции, перехода	Оборудование, инструмент, приспособление	Затрачиваемое время, мин.
005	Сборочная	1	Взять корпус позиция 5	Тиски, набор головок, рожковые ключи, отвертка, молоток, плоскогубцы, вороток	60,1
		2	Осмотреть корпус на наличие повреждений и дефектов		
		3	Взять пружину позиция 19		
		4	Осмотреть пружину на наличие повреждений и дефектов		

Продолжение таблицы 12

Номер операции	Наименование операции	Номер позиции	Содержание операции, перехода	Оборудование, инструмент, приспособление	Затрачиваемое время, мин.
		5	Установить пружину в корпус		
		6	Взять проставку позиция 17		
		7	Установить проставку на пружину		
		8	Взять кольцо 003*005-25 позиция 18		
		9	Установить кольцо 003*005-25 в корпус		
		10	Взять крышку заднюю позиция 6		
		11	Осмотреть крышку заднюю на наличие повреждений и дефектов		
		12	Запрессовать крышку заднюю в корпус		
		13	Взять шайбы 8 Л позиция 28 (2 шт.), болт М8×1-6058.35Х.16 (2 шт.)		
		14	Зафиксировать крышку при помощи шайб 8 Л и болтов М8×1-6058.35Х.16		
		15	Взять пружину позиция 15		
		16	Осмотреть пружину на наличие повреждений и дефектов		
		17	Установить пружину в корпус		
		18	Взять втулку позиция 18		
		19	Осмотреть втулку на наличие повреждений и дефектов		
		20	Запрессовать втулку в корпус		
		21	Взять шток позиция 16		
		22	Осмотреть шток на наличие повреждений и дефектов		

Продолжение таблицы 12

Номер операции	Наименование операции	Номер позиции	Содержание операции, перехода	Оборудование, инструмент, приспособление	Затрачиваемое время, мин.
		23	Установить шток в корпус		
		24	Взять стакан позиция 20		
		25	Осмотреть стакан на наличие повреждений и дефектов		
		26	Осмотреть втулку на наличие повреждений и дефектов		
		27	Запрессовать втулку в корпус		
		28	Взять тарелку позиция 13		
		29	Осмотреть тарелку на наличие повреждений и дефектов		
		30	Установить тарелку в корпус		
		31	Взять упор позиция 12		
		32	Осмотреть упор на наличие повреждений и дефектов		
		33	Установить упор в корпус		
		34	Взять кольцо 003*009-40 позиция 25		
		35	Установить кольцо 003*009-40 в корпус		
		36	Взять поршень позиция 11		
		37	Осмотреть поршень на наличие повреждений и дефектов		
		38	Установить поршень в корпус		
		39	Взять винт стопорный позиция 21		
		40	Закрутить винт стопорный в корпус		
		41	Взять пружину позиция 10		
		42	Осмотреть пружину на наличие повреждений и дефектов		

Продолжение таблицы 12

Номер операции	Наименование операции	Номер позиции	Содержание операции, перехода	Оборудование, инструмент, приспособление	Затрачиваемое время, мин.
		43	Установить пружину в корпус		
		44	Взять шток позиция 22		
		45	Осмотреть шток на наличие повреждений и дефектов		
		46	Установить шток в корпус		
		47	Взять втулку позиция 9		
		48	Осмотреть втулку на наличие повреждений и дефектов		
		49	Запрессовать втулку в корпус		
		50	Взять палец стопорный позиция 8		
		51	Осмотреть палец стопорный на наличие повреждений и дефектов		
		52	Установить палец стопорный в корпус		
		53	Взять кольцо 003*005-42 позиция 27		
		54	Установить кольцо 003*005-42 в корпус		
		55	Взять пружину позиция 23		
		56	Осмотреть пружину на наличие повреждений и дефектов		
		57	Установить пружину в корпус		
		58	Взять крышку переднюю позиция 4		
		59	Осмотреть крышку заднюю на наличие повреждений и дефектов		
		60	Запрессовать крышку заднюю в корпус		
		61	Взять толкатель позиция 2		
		62	Осмотреть толкатель		

Продолжение таблицы 12

Номер операции	Наименование операции	Номер позиции	Содержание операции, перехода	Оборудование, инструмент, приспособление	Затрачиваемое время, мин.
			на наличие повреждений и дефектов		
		63	Установить толкатель в корпус		
		64	Взять чехол грязезащитный позиция 3		
		65	Осмотреть чехол грязезащитный на наличие повреждений и дефектов		
		66	Установить чехол грязезащитный на корпус		
		67	Взять клапан ОСТ 24.125.12-89 позиция 29		
		68	Осмотреть клапан ОСТ 24.125.12-89 на наличие повреждений и дефектов		
		69	Установить клапан ОСТ 24.125.12-89 в корпус и затянуть с моментом 5 Н·м		
010	Регулировочная	1	Проверить качество выполненных операций и выполнить регулировку	–	10

Технологическая схема сборки модернизированной тормозной системы колесного трактора Беларус-3022 представлена в графической части ВКР.

Выводы по разделу.

В разделе выполнено обоснование выбора технологического процесса, определена трудоемкость сборки, спроектирован технологический процесс сборки модернизированной тормозной системы колесного трактора Беларус-3022 и представлен в графической части ВКР.

5 Производственная и экологическая безопасность проекта

В настоящее время возрос интерес к человеческим ресурсам, улучшились условия и качественные меры по охране труда на рабочем месте. В долгосрочной перспективе благополучие человеческих ресурсов является источником стабильности, процветания и производительности.

Стоимость несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний в странах колеблется от 2,6% до 3,8% валового национального продукта.

Работники должны активно участвовать в процессе управления охраной труда и рисками для здоровья, так как это позволяет повысить эффективность мер по защите от опасностей на рабочем месте.

Участие работников в процессе управления охраной труда подразумевает:

- информирование сотрудников о возможных опасностях, связанных с работой и оказании первой помощи в случае необходимости;
- оценка рисков и выработка предложений по принятию мер по уменьшению их воздействия на работников;
- проведение обучения и тренингов по охране труда, продуктивному использованию рабочего времени и управлению стрессом;
- участие в разработке и контроле соблюдения инструкций по безопасности, а также в работе комиссии по охране труда.

Риск для здоровья работников может возникнуть в случае невнимательного отношения к охране труда, а также при недостаточной осведомленности о возможных опасностях и оказанию первой помощи в случае необходимости. Поэтому, активное участие работников в процессе управления охраной труда и рисками для здоровья является необходимым условием для создания безопасной и здоровой рабочей среды.

Работники должны иметь возможность выражать свое мнение и предлагать свои идеи по улучшению охраны труда в организации. Это

позволит улучшить культуру безопасности и создать атмосферу ответственности и заботы о здоровье друг друга.

5.1 Характеристика технологического процесса технического обслуживания тормозной системы колесного трактора Беларус-3022 с конструктивно-технологической и организационно-технической стороны

В целях наиболее полного рассмотрения характеристики технологического процесса обслуживания тормозной системы колесного трактора Беларус-3022 с конструктивно-технологической и организационно-технической стороны необходимо составить технологический паспорт (таблица 13).

Таблица 13 – Технологический паспорт технологического процесса обслуживания тормозной системы колесного трактора Беларус-3022

Технологический процесс	Технологическая операция, вид выполняемых работ	Наименование должности работника, выполняющего технологический процесс, операцию	Оборудование, техническое устройство, приспособление	Материалы, вещества
Обслуживание тормозной системы колесного трактора Беларус-3022	1. Проверить уровень тормозной жидкости в расширительном бачке. 2. Проверить состояние колодок тормозных механизмов. Визуально оценить их состояние, проверить толщину и наличие трещин или подрезаний	Слесарь по ремонту автомобилей пятого разряда	Рожковые ключи, специальный ключ, плоскогубцы, набор ключей №10, 12, 14, 17, 19, 24, 32, отверток, линейка манометр	Перчатки, ветошь, тормозная жидкость

Продолжение таблицы 13

Технологический процесс	Технологическая операция, вид выполняемых работ	Наименование должности работника, выполняющего технологический процесс, операцию	Оборудование, техническое устройство, приспособление	Материалы, вещества
	3. Проверить состояние тормозных дисков на наличие трещин или значительных износов. 4. Проверить состояние тормозных шлангов. 5. Проверить состояние тормозных цилиндров. 6. Проверить работу ручного тормоза.			

5.2 Идентификация профессиональных рисков

Важным аспектом является необходимость идентификации риска в организации, чтобы поддерживать или улучшать правильное и всестороннее определение эффективности охраны труда.

Оценка профессионального риска представляет собой подробное изучение всех возможных происшествий, потенциально вредных действий, которые допустимы или недопустимы в организации. Одним из наиболее важных аспектов является то, что каждая организация должна определить и выбрать риски, которые находятся на пределе мер предосторожности, которые должны быть проанализированы и пересмотрены. Тяжесть последствий отражает серьезность результата, который может быть вызван нежелательным и неожиданным событием. Вероятность возникновения

события следует оценивать с учетом наличия или отсутствия систем управления.

Деятельность по идентификации рисков включает:

- выявление опасностей, присутствующих на рабочем месте и в рабочей среде;
- выявление опасностей, обнаруженных в ходе предыдущего управления рисками;
- выявление потенциальных последствий признанных опасностей – рисков, то есть потенциальных причин травматизма работников, несчастного случая на производстве, профессионального заболевания или профессионального заболевания.

Работодатель также должен заменять опасные элементы на менее опасные или совсем неопасные, а также организовывать работу и условия труда таким образом, чтобы создать безопасную атмосферу на рабочем месте.

Еще один важный аспект – это адаптация работы к личности работника. Каждый человек уникален и его индивидуальные потребности и возможности должны учитываться при создании рабочего места и установки задач.

Для данной конструкции трактора можно выделить негативные и позитивные проявления взаимодействия с окружающей средой.

К негативным относятся:

- возможное попадание смазочного материала от шарниров и гидроцилиндров в биосферу;
- загрязнение в результате истирания металлического ножа;
- загрязнение в результате коррозии металлических поверхностей.

Таблица 14 содержит результаты идентификации профессиональных рисков в процессе обслуживания тормозной системы колесного трактора Беларус-3022.

Таблица 14 – Результаты идентификации профессиональных рисков

Операция	ОиВПФ в соответствии с ГОСТ 12.0.003-2015 ССБТ «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация»	Источник возникновения ОиВПФ
1. Проверить уровень тормозной жидкости в расширительном бачке. 2. Проверить состояние колодок тормозных механизмов. Визуально оценить их состояние, проверить толщину и наличие трещин или подрезаний 3. Проверить состояние тормозных дисков на наличие трещин или значительных износов. 4. Проверить состояние тормозных шлангов. 5. Проверить состояние тормозных цилиндров. 6. Проверить работу ручного тормоза.	«Острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях деталей трактора, навесного оборудования»	Элементы конструкции базовой машины
	Запыленность и загазованность воздуха	Поднимающаяся пыль от инструмента, ног
	Движущиеся машины и механизмы, подвижные части оборудования	Элементы конструкции базовой машины» [14].
	«Возможность поражения электрическим током	Инструмент в зоне проведения технического обслуживания
	Отсутствие или недостаток естественного света	Недостаточное количество окон, световых колодцев в помещении, где производится технологический процесс» [14].
	«Динамические нагрузки. Статические, связанные с рабочей позой	Однообразно повторяющиеся технологические операции. Операции требующие повышенного внимания и точности» [6]
	Напряжение зрительных анализаторов	
Монотонность труда, вызывающая монотонию		

5.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков

Основой снижения профессиональных рисков является подготовка и обучение сотрудников. Это поможет им понимать процессы своей работы и принимать правильные решения.

Правильное планирование задач поможет снизить риски и уменьшить вероятность возникновения проблем в работе.

Использование защитной экипировки и оборудования – в некоторых профессиях защитная экипировка необходима для снижения рисков. Например, обязательное использование шлемов и защитных очков в строительстве.

Регулярные проверки оборудования и обслуживание позволят выявлять и устранять возможные проблемы до их возникновения.

Правильное распределение нагрузки – риск травм и ранений может быть снижен.

«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)» [6].

Специальная оценка условий труда (далее – СОУТ) – это процесс анализа рабочей среды и рабочих операций с целью определения возможных рисков и определения мер по их устранению или снижению.

СОУТ проводится специалистами по охране труда и имеет законодательную базу во многих странах. Она является обязательной для всех организаций, где работники подвергаются воздействию вредных факторов, таких как шум, вибрация, химические вещества, пыль, излучения и другое.

Оценка проводится на основе измерений и анализа данных, полученных на рабочих местах. После проведения оценки, специалисты определяют уровень риска и рекомендуют меры по его снижению.

«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» [6].
- 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;
- к) и других мероприятий в рамках действующего законодательства (нормативно-правовых актов) РФ» [6].

Для решения выявленных проблем, используем методы и средства, соответствующие действующим нормативным документам. Также предлагаем меры, указанные в таблице 15, для уменьшения профессиональных рисков.

Таблица 15 – Мероприятия по снижению профессиональных рисков

Профессиональный риск	Мероприятия для уменьшения профессиональных рисков	Средства индивидуальной защиты
«Движущиеся машины и механизмы, подвижные части оборудования	Организационно-технические мероприятия: – инструктажи по охране труда; – содержание технических устройств в надлежащем состоянии	Спецодежда, соответствующая выполняемой работе (спецобувь, спецодежда, средства защиты органов дыхания, зрения, слуха)» [14].

Продолжение таблицы 15

Профессиональный риск	Мероприятия для уменьшения профессиональных рисков	Средства индивидуальной защиты
«Острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях автомобиля	<p>Выполнение на регулярной основе планово-предупредительного обслуживания.</p> <p>Эксплуатация технологического оборудования в строгом соответствии с инструкцией.</p> <p>Санитарно-гигиенические мероприятия:</p> <ul style="list-style-type: none"> – 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 	<p>Спецодежда, соответствующая выполняемой работе (спецобувь, спецодежда, средства защиты органов дыхания, зрения, слуха)» [14].</p>
«Повышенный уровень шума	<p>Применение звукоизоляции, звукопоглощения, демпфирования и глушителей шума (активных, резонансных, комбинированных); группировка шумных помещений в одной зоне здания и отделение их коридорами; введение регламентированных дополнительных перерывов; проведение обязательных медосмотров</p>	<p>Защитные противошумные наушники, беруши противошумные» [6].</p>
«Возможность поражения электрическим током	<p>Оформление допуска по электробезопасности, проведение инструктажа по работе с электрическими установками, применение заземляющего устройства</p>	<p>Индивидуальные защитные и экранирующие комплекты для защиты от электрических полей» [6].</p>
«Отсутствие или недостаток естественного света	<p>Устройство дополнительных световых проемов в стенах, фонарей на крыше здания» [14]</p>	<p>–</p>
«Напряжение зрительных анализаторов. Статические нагрузки, связанные	<p>Оздоровительно-профилактические мероприятия:</p> <ul style="list-style-type: none"> – медицинские осмотры (предварительный (при поступлении на работу) и периодические (в течение 	<p>–</p>

Продолжение таблицы 15

Профессиональный риск	Мероприятия для уменьшения профессиональных рисков	Средства индивидуальной защиты
с рабочей позой	<p>трудовой деятельности) и других медицинских осмотров согласно ст. 212 ТК РФ;</p> <ul style="list-style-type: none"> – правильное оборудование рабочих мест, обеспечение технологической и организационной оснащенности средствами комплексной и малой механизации; <p>используемые в работе оборудование и предметы должны быть удобно и рационально расположены на столе» [30].</p>	
«Монотонность труда	<ul style="list-style-type: none"> – объединение малосодержательных операций в более сложные и разнообразные: длительность объединенных операций не должна превышать 10-12 мин, иначе это повлечет снижение производственных показателей; – чрезмерное укрупнение операций может не соответствовать уровню квалификации работника. При совмещении профессий следует учитывать перенос (положительное) и интерференцию (отрицательное) взаимодействие навыков новой и совмещаемой профессии. Должны загружаться различные психофизиологические функции работника» [14]. – «внедрение научно обоснованных режимов труда и отдыха для предотвращения возникновения у работающих на монотонных работах отрицательных психологических состояний (психологического пресыщения, скуки, сонливости, апатии); 	–

Продолжение таблицы 15

Профессиональный риск	Мероприятия для уменьшения профессиональных рисков	Средства индивидуальной защиты
	<ul style="list-style-type: none"> – применение методов эстетического воздействия во время работы, что способствует улучшению психологических условий труда и включает озеленение, цветовой интерьер, оптимальную освещенность рабочего места, снижение шума, вибрации, запыленности и загазованности; – отбор работников на основе учета их индивидуальных психофизиологических особенностей; разработку и регулярное применение систем морального и материального стимулирования; – усложнение обязанностей в процессе дежурства, а именно выполнение дополнительных задач по изучению техники, ведение записей в журнале; – выбор компромиссной продолжительности периодического дежурства исходя из назначения системы «человек-машина» [6]; «установление оптимальной длительности ежесуточного пассивного отдыха (сна без перерывов) не менее 7 час (при отсутствии экстренной необходимости его прерывания); – чередование пассивного отдыха с активным» [14]. 	

5.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта

Анализируем вероятные источники возможного возникновения пожаров и выявляем опасные факторы, которые могут вызвать их появление (таблица 16).

Таблица 16 – Идентификация классов и опасных факторов пожара

Участок	Оборудование	Класс пожара	Опасные факторы пожара	Сопутствующие проявления факторов пожара
«Зона ТО	Технологическое оборудование, применяемое в зоне ТО	В	Пламя и искры, повышенная температура окружающей среды, повышенная концентрация токсичных продуктов горения и термического разложения	Образующиеся в процессе пожара осколки, части разрушившихся строительных зданий, инженерных сооружений, оборудования, технологических установок» [14].

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, защиты органов дыхания;
- ручной, механизированный инструмент» [6].

«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» [6].

Разработка мероприятий по соблюдению требований пожарной безопасности является одним из главных этапов обеспечения безопасности в зданиях и сооружениях. Такие мероприятия должны быть разработаны в соответствии с законодательными и нормативными актами и утверждены руководством организации.

Первый шаг при разработке мероприятий – это проведение анализа рисков возможного возникновения пожара в здании или сооружении.

Для этого необходимо провести осмотр помещений, выявить наличие возможных источников возгорания, оценить состояние систем пожарной безопасности.

Выполним разработку мероприятий по соблюдению требований пожарной безопасности при обслуживании тормозной системы колесного трактора Беларус-3022 (таблица 17), в целях обеспечения пожарной безопасности, определяющих порядок поведения людей, порядок организации производства и (или) содержания территорий.

Таблица 17 – Перечень мероприятий по пожарной безопасности при обслуживании тормозной системы колесного трактора Беларус-3022

Мероприятия, направленные на предотвращение пожарной опасности и обеспечению пожарной безопасности	Предъявляемые требования к обеспечению пожарной безопасности
«Наличие сертификата соответствия продукции требованиям пожарной	Все приобретаемое оборудование должно в обязательном порядке иметь сертификат

Продолжение таблицы 17

Мероприятия, направленные на предотвращение пожарной опасности и обеспечению пожарной безопасности	Предъявляемые требования к обеспечению пожарной безопасности
безопасности	качества и соответствия» [14]
«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» [6]
«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» [14]
«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» [14].
«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» [6]
«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» [14]

5.5 Обеспечение экологической безопасности рассматриваемого технологического процесса обслуживания тормозной системы колесного трактора Беларусь-3022

Для обеспечения экологической безопасности технологического процесса необходимо принимать следующие меры:

- использование экологически чистых материалов и ресурсов. Например, замена опасных химических реагентов на более безопасные аналоги;
- минимизация выбросов и отходов. Необходимо использовать

- эффективные системы очистки выбросов и переработки отходов;
- соблюдение норм и требований экологического законодательства. Технологический процесс должен соответствовать требованиям всех нормативных документов и лицензий;
- обучение и мотивация персонала. Сотрудники должны понимать важность экологической безопасности и использовать соответствующие методы;
- проведение экологической оценки технологического процесса.

Выполняем идентификацию негативных (вредных, опасных) экологических факторов, возникающих при технологическом процессе обслуживания тормозной системы колесного трактора Беларусь-3022 и сведем их в таблицу 18.

Таблица 18 – Идентификация негативных (вредных, опасных) экологических факторов

Технологический процесс	Антропогенное воздействие на окружающую среду:		
	атмосферу	гидросферу	литосферу
«Обслуживание тормозной системы колесного трактора Беларусь-3022»	Мелкодисперсная пыль в воздушной среде, испарения смазочно-охлаждающей жидкости с поверхности новых деталей.	Масло трансмиссионное, тормозная жидкость	Спецодежда пришедшая в негодность, твердые бытовые / коммунальные отходы (коммунальный мусор), металлический лом, стружка» [14].

Выполним разработку мероприятий, направленных на снижение негативного антропогенного воздействия при обслуживании тормозной системы колесного трактора Беларусь-3022:

- атмосферу – использование технологий снижения выбросов и загрязнений: установка фильтров на промышленные предприятия, ограничение использования транспорта с высокими выбросами, утилизация отходов, популяризация и переход на использование возобновляемых источников энергии (установка солнечных панелей, ветрогенераторов, гидроэлектростанций и так далее);

- «гидросферу – контроль за процессами утилизации и захоронения выбросов, стоков и осадков сточных вод. Персональная ответственность за охрану окружающей среды» [14];
- литосферу – внедрение программ по сбору и переработке отходов.

Выводы по разделу.

В разделе:

- разработан паспорт обслуживания тормозной системы колесного трактора Беларусь-3022;
- выявлены профессиональные риски при обслуживании тормозной системы колесного трактора Беларусь-3022 и определены методы и средства их снижения;
- идентифицирован класс и опасные факторы пожара, разработаны мероприятия по обеспечению пожарной безопасности при обслуживании тормозной системы колесного трактора;
- идентифицированы экологические факторы, возникающие при обслуживании тормозной системы колесного трактора Беларусь-3022 и разработаны мероприятия по их снижению.

6 Экономическая эффективность проекта

«Затраты на изготовление модернизированной тормозной системы колесного трактора Беларус-3022 определяем по формуле:

$$C_{\text{кон}} = C_{\text{к.д}} + C_{\text{о.д}} + C_{\text{н.д}} + C_{\text{сб.н}} + C_{\text{о.н}}, \quad (81)$$

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

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

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

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

$C_{\text{о.н}}$ – общепроизводственные накладные расходы на изготовление конструкции, р» [9].

«Стоимость изготовления корпусных деталей рассчитывается по формуле:

$$C_{\text{к.д}} = Q_{\text{к}} \cdot C_{\text{к}}, \quad (82)$$

где $Q_{\text{к}}$ – масса материала, израсходованного на изготовление корпусных деталей, кг;

$C_{\text{к}}$ – средняя стоимость 1 кг готовых деталей, принимается равной 135,0 р./кг» [9].

$$C_{\text{к.д}} = 2,0 \cdot 135,0 = 270,0 \text{ р.}$$

Общая стоимость корпусных деталей составляет 270,0 р.

«Затраты на изготовление оригинальных деталей определяем по формуле:

$$C_{o.d} = C_{прн} + C_m, \quad (83)$$

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

C_m – стоимость материала заготовок для изготовления оригинальных деталей, р» [9].

«Зарботную плату рассчитываем по формуле:

$$C_{пр} = t \cdot C_q \cdot \kappa_t, \quad (84)$$

где t – средняя трудоемкость на изготовление оригинальных деталей, (поршень 3,6 чел.-ч.; палец стопорный 0,5 чел.-ч.; шток 1,2 чел.-ч.; толкатель 1,1 чел.-ч.; толкатель 2,1 чел.-ч.; пружина 0,4 2 чел.-ч.);

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

κ_t – коэффициент, учитывающий доплаты к основной зарплате, принимается равным 1,03» [9].

«Тарифная ставка определяется на основании минимального размера оплаты труда (далее – МРОТ). Для Самарской области с 1 января 2023 года МРОТ составляет 16242 р.

Принимаем тарифную ставку из учета МРОТ для первого разряда: $16242/(7 \cdot 21) = 110,48$ 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» [9].

Дальнейшие расчёты ведём по IV разряду: $110,48 \cdot 1,42 = 156,88$ р./ч.

$$C_{пр} = 8,9 \cdot 156,88 \cdot 1,03 = 1438,12 \text{ р.}$$

Определяем дополнительную заработную плату по формуле:

$$C_o = (5...12) \cdot C_{np} / 100, \quad (85)$$

$$C_o = 10 \cdot 1438,12 / 100 = 143,81 \text{ р.}$$

Начисления на заработную плату определяем по формуле:

$$C_{соц} = 30 \cdot (C_{np} + C_o) / 100, \quad (86)$$

$$C_{соц} = 30 \cdot (1438,12 + 143,81) / 100 = 474,58 \text{ р.},$$

$$C_{\Sigma np} = 1438,12 + 143,81 + 474,58 = 2056,51 \text{ р.}$$

Таким образом, заработная плата на изготовление оригинальных деталей составляет 2056,51 р.

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

$$C_M = Ц \cdot Q_3, \quad (87)$$

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

Q_3 – масса заготовки, кг» [9].

$$C_M = 160 \cdot 3,8 = 608 \text{ р.}$$

$$C_{o,d} = 2056,51 + 608 = 2664,51 \text{ р.}$$

Таким образом, затраты на изготовление оригинальных деталей составляют 2664,51 р.

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

$$C_{сб.n} = C_{сб} + C_{d.сб} + C_{соц.сб}, \quad (88)$$

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

$C_{\text{д.сб}}$ – дополнительная заработная плата рабочих, занятых на сборке, р.;

$C_{\text{соц.сб}}$ – страховые взносы в фонды, р» [9].

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

$$C_{\text{сб}} = T_{\text{сб}} \cdot C_{\text{д.сб}} \cdot k_t, \quad (89)$$

где $T_{\text{сб}}$ – нормативная трудоемкость на сборку конструкции, чел.-ч.

$$T_{\text{сб}} = k_c \cdot \sum t_{\text{сб}}, \quad (90)$$

где $t_{\text{сб}}$ – трудоемкость сборки составных частей, чел.-ч ;

k_c – коэффициент, учитывающий непредусмотренные работы, 1,1...1,5» [9].

По справочным данным принимаем $t_{\text{сб}}$ равную 8,0 чел.-ч.

$$T_{\text{сб}} = 1,25 \cdot 8,0 = 10 \text{ чел.-ч.}$$

Тогда заработная плата производственных рабочих, занятых на сборке определится:

$$C_{\text{сб}} = 10 \cdot 156,88 \cdot 1,03 = 1615,86 \text{ р.,}$$

$$C_{\text{д.сб}} = 0,1 \cdot 1615,86 = 161,58 \text{ р.,}$$

$$C_{\text{соц.сб}} = 0,3 \cdot (1615,86 + 161,58) = 533,23 \text{ р.,}$$

$$C_{\text{сб.п}} = 1615,86 + 161,58 + 533,23 = 2310,67 \text{ р.}$$

Таким образом, полная заработная плата производственных рабочих занятых на сборке составит 2310,67 р.

«Общепроизводственные накладные расходы на изготовление приспособления определяем по формуле:

$$C_{он} = \frac{(C_{np}' \cdot R_{он})}{100}, \quad (91)$$

где C_{np}' – основная заработная плата производственных рабочих, участвующих в изготовлении, р.;

$R_{он}$ – процент общепроизводственных накладных расходов, %» [9].

$$C_{np}' = (C_{np} + C_{сб}), \quad (92)$$

$$C_{np}' = 2056,51 + 1615,86 = 3672,37 \text{ р.}$$

$$C_{он} = \frac{(3672,37 \cdot 15)}{100} = 550,85 \text{ р.}$$

Стоимость покупных деталей, изделий, агрегатов представлены в таблице 19.

Таблица 19 – Затраты по статье «Материалы» на конструкторскую разработку

Значение	Числовое значение, руб.
Клапан ОСТ 24.125.12-89	350,0
Кольцо 005*009-40 (3 шт.)	54,0
Кольцо 003*005-40 (3 шт.)	48,0
Шайба 8 Л	12,0
Итого:	464

$$C_{нд} = 350 + 54 + 48 + 12 = 464 \text{ р.}$$

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

Затраты на изготовление конструкции:

$$C_{кон} = 270 + 2664,51 + 464 + 2310,67 + 550,85 = 6259,36 \text{ р.}$$

Затраты на разработку модернизированной тормозной системы колесного трактора Беларусь-3022 сведем в таблицу 20.

Таблица 20 – Затраты на изготовление конструкторской разработки колёсной муфты с дистанционным управлением

Обозначение	Числовое значение, руб.
Стоимость изготовления корпусных деталей	270
Стоимость изготовления оригинальных деталей	2664,51
Общая заработная плата на сборку	2310,67
Общепроизводственные накладные расходы	550,85
Стоимость покупных изделий	464
Итого:	6259,36

Общие затраты на разработку модернизированной тормозной системы колесного трактора Беларусь-3022 равны 6259,36 р.

«Годовая экономия от снижения себестоимости при внедрении конструкции составит:

$$\mathcal{E}_Г = C_{пр} - C_{кон}, \quad (93)$$

где $C_{пр}$ – стоимость прототипа, р.» [9].

$$\mathcal{E}_Г = 8000 - 6259,36 = 1740,64 \text{ р.}$$

Срок окупаемости определяем по формуле:

$$O_{ок} = \frac{C_{кон}}{\mathcal{E}_Г}, \quad (94)$$

$$O_{ок} = \frac{6259,36}{1740,64} = 3,59 \text{ года.}$$

Годовой экономический эффект от внедрения конструкции составит:

$$\mathcal{E}_{\mathcal{E}\Phi} = \mathcal{E}_Г - 0,15 \cdot C_{\text{кон}} \quad (95)$$

$$\mathcal{E}_{\mathcal{E}\Phi} = 1740,64 - 0,15 \cdot 6259,36 = 801,73 \text{ р.}$$

В таблице 21 представлены основные показатели проекта.

Таблица 21 – Основные показатели проекта

Показатели	Единица измерения	Значение	
		До внедрения	После внедрения
Стоимость изготовления конструкции	р.	8000	6259,36
Экономия от снижения себестоимости при внедрении конструкции	р.	–	1740,64
Экономический эффект	р.	–	801,73
Срок окупаемости	год	–	3,59

Выводы по разделу.

В разделе определена эффективность разработки модернизированной тормозной системы колесного трактора Беларус-3022 с экономической стороны.

Стоимость разработки конструкции модернизированной тормозной системы колесного трактора Беларус-3022 составляет 6259,36 р., срок окупаемости равен 3,59 года, что является допустимым для данной конструкции.

Заключение

В соответствии с утвержденной темой дипломного проекта была проведена модернизация тормозной системы колесного трактора Беларус-3022.

Ключевым вопросом дипломной работы является модернизация тормозной системы колесного трактора Беларус-3022 с целью повышения её эффективности.

В работе затрагивается проблема необходимости повышения эксплуатационных свойств трактора Беларус-3022 при выполнении транспортных работ. Безопасное выполнение транспортных работ на повышенных скоростях движения невозможно без использования эффективной тормозной системы.

В ходе выполнения дипломного проекта было сделано следующее:

- рассмотрена область применения колёсных тракторов, эксплуатационные свойства колесных тракторов и пути их повышения, виды тормозных систем и классификация тормозных механизмов;
- выполнен тягово-динамический расчёт трактора Беларус-3022;
- разработана конструкция устройства гидрообъемного тормозного привода трактора Беларус-3022, а также проведен расчет ее основных элементов. Разработанные узлы конструкции имеют высокие показатели долговечности и ремонтпригодности. При их проектировании были учтены современные достижения в практике тракторостроения;
- выполнено обоснование выбора технологического процесса, определена трудоемкость сборки, составлен технологический процесс сборки модернизированной тормозной системы;
- рассмотрены вопросы, касающиеся обеспечения безопасности, экологичности проекта;
- определена целесообразность модернизации тормозной системы колесного трактора Беларус-3022 с экономической стороны.

Список используемой литературы и используемых источников

1 Беляев В. П. Конструкция автомобилей и тракторов [Текст] : учебное пособие для самостоятельной работы студентов : для студентов вузов, обучающихся по специальности "Автомобиле- и тракторостроение" / В. П. Беляев ; М-во образования и науки Российской Федерации, Южно-Уральский гос. ун-т, Каф. "Автомобили". - Челябинск : Изд. центр ЮУрГУ, 2010. - 74, [1] с

2 Вахламов В. А. Конструкция, расчет и эксплуатационные свойства автомобилей : учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальности "Сервис транспортных и технологических машин и оборудования (Автомобильный транспорт)" направления подготовки "Эксплуатация наземного транспорта и транспортного оборудования" / В. К. Вахламов. - 2-е изд., стер. - Москва : Академия, 2009. - 556, [1] с.

3 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.

4 Гаврилов М. С. Программы расчета элементов деталей машин (в помощь конструктору) [Текст] / М. С. Гаврилов. - Москва : Спутник+, 2015. - 118 с.

5 Герасимов М. Д. Конструкции наземных транспортно-технологических машин [Текст] : учебное пособие для студентов специальности 23.05.01 - Наземные транспортно-технологические средства по дисциплине "Конструкции подъемно-транспортных, строительных,

дорожных средств и оборудования" : [практикум] / М. Д. Герасимов ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Белгородский государственный технологический университет им. В. Г. Шухова. - Белгород : БГТУ им. В. Г. Шухова, 2017. - 115 с.

6 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.

7 Гребнев В. П. Тракторы и автомобили [Электронный ресурс] : теория и эксплуатационные свойства : учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению "Агроинженерия" / В. П. Гребнев, О. И. Поливаев, А. В. Ворохобин ; под общ. О. И. Поливаева. - 2-е изд., стер. - Москва : КНОРУС, 2015. - 260 с.

8 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.

9 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.

10 Дубинин Н. Н. Эксплуатация наземных транспортно-технологических средств [Текст] : учебное пособие для студентов специальности 190109 - Наземные транспортно-технологические средства специализации "Технические средства природообустройства и защиты в

чрезвычайных ситуациях / Н. Н. Дубинин ; М-во образования и науки Российской Федерации, Белгородский гос. технологический ун-т им. В. Г. Шухова. - Белгород : Изд-во БГТУ, 2014. - 258 с.

11 Зузов В. Н. Механика наземных транспортно-технологических средств [Текст] : учебное пособие / В. Н. Зузов ; Московский гос. технический ун-т им. Н. Э. Баумана. - Москва : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2015. - 185, [1] с

12 Лебедев В. А. Технология машиностроения: проектирование технологии сборки изделий : учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению подготовки дипломированных специалистов "Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств" / В. А. Лебедев ; Федер. агентство по образованию, Гос. образоват. учреждение высш. проф. образования Дон. гос. техн. ун-т, Азов. технол. ин-т. - Ростов-на-Дону : Изд. центр ДГТУ, 2005. - 161 с.

13 Митрохин Н. Н. Ремонт и утилизация наземных транспортно-технологических средств : учебник : для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлениям подготовки 23.03.03 "Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов", 15.03.01 "Машиностроение" (квалификация (степень) "бакалавр") / Н. Н. Митрохин, А. П. Павлов. - Москва : ИНФРА-М, 2020. - 262, [1] с.

14 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.

15 Основные характеристики и тенденции развития современных отечественных и зарубежных сельскохозяйственных тракторов : учебное пособие / А. П. Иншаков [и др.] ; Федеральное агентство по образованию, Гос. образовательное учреждение высш. проф. образования "Мордовский

гос. ун-т им. Н. П. Огарева". - Саранск : Изд-во Мордовского ун-та, 2007. - 162, [4]с.

16 Поливаев О. И. Тракторы и автомобили. Конструкция [Текст] : учебное пособие для вузов / О. И. Поливаев [и др.] ; под общ. ред. О. И. Поливаева. - Москва : КноРус, 2016. - 251 с. 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.

17 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.

18 Уханов А. П. Конструкция и основы теории транспортных машин [Текст] : учебное пособие / А. П. Уханов, Д. А. Уханов, М. В. Рыблов ; М-во сельского хозяйства Российской Федерации, Пензенская государственная сельскохозяйственная академия. - Пенза : РИО ПГСХА, 2015. - 226 с.

19 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.

20 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.

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

22 Heisler H. Advanced vehicle technology / Heinz Heisler. - 2. ed. - Oxford [etc.] : Butterworth - Heinemann, 2002. - IX, 654, [1] p.

23 Pacejka H. B. Tyre and vehicle dynamics / Hans B. Pacejka. - Oxford [etc.] : Butterworth - Heinemann, 2002. - XIII, 627, [1] p.

24 Regan F. J. Re-entry vehicle dynamics / Frank J. Regan. - New York : Amer. inst. of aeronautics a. astronautics, 1984. - X, 414 p.

25 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
Спецификации

		Формат		Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание		
		Зона	Поз.						
Лев. примеч.					<i>Документация</i>				
	A1			23.ДП.01.131.6.100.000.В0	Вид общий	1			
	A4			23.ДП.01.131.6.100.000.ПЗ	Пояснительная записка	1			
Справ. №					<i>Сборочные единицы</i>				
	A1	1		23.ДП.01.131.6.101.000	Гидрообъемный привод тормозов	1			
					<i>Детали</i>				
		2		23.ДП.01.131.6.100.002	Втулка Сталь 45 ГОСТ 1050-88	4			
					<i>Стандартные изделия</i>				
		3			Болт М8 х 1,25-6д х 60.58.35Х.16 ГОСТ 7808-70	4			
		4			Болт М12 х 1,25-6д х 60.58.35Х.16 ГОСТ 7808-70	2			
		5			Гайка М8 х 1,25-6Н.12.40Х.16 ГОСТ 5915-70	4			
		6			Шайба 8 Л 65ГО29 ГОСТ 6402-70	4			
		7			Шайба 12 Л 65ГО29 ГОСТ 6402-70	2			
				23.ДП.01.131.6.100.000					
		Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата			
Инв. № подл.	Разраб.	Хисамов С.А.					Лит.	Лист	Листов
	Проб.	Тизилов А.С.					Д	1	2
	Нконтр.	Тизилов А.С.					ТГУ, АТс-1801б		
	Утв.	Бабровский А.В.							
	<i>Копировал</i>					<i>Формат А4</i>			

Рисунок А.1 – Спецификация на трактор Беларус 3022ДВ

Продолжение Приложения А

Формат Зона Лаз	Обозначение	Наименование	Кол	Приме- чание	Лит	Лист	Листов		
Перв. примен.									
			Документация						
	A1	23.ДП.01.131.61.00.000.СБ	Сборочный чертеж	1					
			Сборочные единицы						
	Справ. №	A2	1 23.ДП.01.131.61.01.000	Цилиндр главный	2				
			2 23.ДП.01.131.61.02.000	Педаля	2				
			3 23.ДП.01.131.61.03.000	Бачок	2				
			4 23.ДП.01.131.61.04.000	Штуцер соединительный	2				
			5 23.ДП.01.131.61.05.000	Рабочий цилиндр	2				
			6 23.ДП.01.131.61.06.000	Датчик педали тормоза	2				
			7 23.ДП.01.131.61.07.000	Трубопровод	4				
	Подл. и дата			Детали					
		8 23.ДП.01.131.61.00.008	Кронштейн главных цилиндров Сталь 45 ГОСТ 1050-88	1					
		9 23.ДП.01.131.61.00.009	Кронштейн рабочего цилиндра Сталь 45 ГОСТ 1050-88	2					
		10 23.ДП.01.131.61.00.010	Рычаг педали Сталь 45 ГОСТ 1050-88	2					
		11 23.ДП.01.131.61.00.011	Рычаг рабочего цилиндра Сталь 45 ГОСТ 1050-88	2					
		12 23.ДП.01.131.61.00.012	Трубопровод гибкий Трубка резиновая 10-2С d x s ГОСТ 5496-78	1					
			23.ДП.01.131.61.00.000						
		Изм. Лист	№ док.м.	Подп.	Дата				
Инд. № подл.		Разраб.	Хисамов С.А.			Привод гидрообъемный тормозов	Лит	Лист	Листов
		Проб.	Тизлилов А.С.				Д	1	2
		И.контр.	Тизлилов А.С.				ТГУ, АТс-1801б		
		Утв.	Бабровский АВ						

Копировал

Формат А4

Рисунок А.3– Спецификация на привод тормозов

Продолжение Приложения А

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание	Перв. примен.	
							Справ. №	Подп. и дата
				<i>Документация</i>				
A2			23.ДП.01.131.61.01.000.СБ	Сборочный чертеж	1			
				<i>Детали</i>				
A4	1		23.ДП.01.131.61.01.001	Толкатель	1			
A3	2		23.ДП.01.131.61.01.002	Толкатель	1			
A4	3		23.ДП.01.131.61.01.003	Чехол грязезащитный	1			
				Резина В-14 ТУ 005.1166-87				
	4		23.ДП.01.131.61.01.004	Крышка передняя	1			
				Сталь 45 ГОСТ 1050-88				
A1	5		23.ДП.01.131.61.01.005	Карпус	1			
	6		23.ДП.01.131.61.01.006	Крышка задняя	1			
				Сталь 45 ГОСТ 1050-88				
	7		23.ДП.01.131.61.01.007	Клапан	1			
				Сталь 40Х ГОСТ 4543-71				
A4	8		23.ДП.01.131.61.01.008	Палец стопорный	1			
				Сталь 45 ГОСТ 1050-88				
	9		23.ДП.01.131.61.01.009	Втулка	1			
				БрАМц9-2 ГОСТ 18175-78				
A4	10		23.ДП.01.131.61.01.010	Пружина	1			
				Сталь 60С2А ГОСТ 14959-79				
A3	11		23.ДП.01.131.61.01.011	Паршень	1			
	12		23.ДП.01.131.61.01.012	Упор	1			
				Сталь 45 ГОСТ 1050-88				
			23.ДП.01.131.61.01.000					
Изм./Лист		№ докцм.		Подп.		Дата		
Разраб.		Хисамов С.А.						Лит.
Проб.		Тизлилов А.С.						Лист
								Листов
Н.контр.		Тизлилов А.С.						7 1 3
Утв.		Бабровский А.В.						
				Цилиндр главный			ТГУ, АТс-1801б	
				Копировал			Формат А4	

Рисунок А.5 – Спецификация на главный цилиндр

Продолжение Приложения А

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
		13	23.ДП.01.131.61.01.013	Тарелка Сталь 45 ГОСТ 1050-88	2	
A4		14	23.ДП.01.131.61.01.014	Втулка	1	
		15	23.ДП.01.131.61.01.015	Пружина Сталь 60С2А ГОСТ 14.959-79	1	
		16	23.ДП.01.131.61.01.016	Штак Сталь 45 ГОСТ 1050-88	1	
		17	23.ДП.01.131.61.01.017	Проставка Сталь 45 ГОСТ 1050-88	1	
		18	23.ДП.01.131.61.01.018	Втулка БрАМц9-2 ГОСТ 18175-78	1	
		19	23.ДП.01.131.61.01.019	Пружина Сталь 60С2А ГОСТ 14.959-79	1	
		20	23.ДП.01.131.61.01.020	Стакан Сталь 60С2А ГОСТ 14.959-79	1	
		21	23.ДП.01.131.61.01.021	Винт стопорный Сталь 60С2А ГОСТ 14.959-79	1	
A4		22	23.ДП.01.131.61.01.022	Штак	1	
		23	23.ДП.01.131.61.01.023	Пружина Сталь 60С2А ГОСТ 14.959-79	1	
				Стандартные изделия		
		24		Болт М8 х 1-6д х 60.58.35Х16	2	
			Хисамов С.А. Тузиев А.С.	23.ДП.01.131.61.01.000		Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	2	
				Копировал	Формат	A4

Рисунок А.6 – Спецификация на главный цилиндр

