

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

Институт машиностроения

(наименование института полностью)

Кафедра «Проектирование и эксплуатация автомобилей»

(наименование)

23.05.01 Наземные транспортно-технологические средства

(код и наименование направления подготовки, специальности)

Автомобили и тракторы

(направленность (профиль) / специализация)

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ)**

на тему Модернизация системы блокировки дифференциала колесного трактора
«Беларус»

Обучающийся

Д.В. Овсянников

(Инициалы Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

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

(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 системы блокировки дифференциала колесного трактора «Беларус».

Цель работы – модернизация системы блокировки дифференциала колесного трактора «Беларус».

Пояснительная записка включает в себя введение, шесть разделов, заключение, список используемой литературы и используемых источников, приложения, всего 91 страница 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 рассмотрены пути повышения тягово-сцепных свойств колёсных тракторов, рассмотрены блокирующие устройства, применяемые на тракторах.

Во втором разделе выполнен тягово-динамический расчёт колесного трактора «Беларус».

В третьем разделе выполнен обзор и анализ систем управления блокировкой дифференциала, выполнено описание работы модернизированной системы блокировки дифференциала, проведены конструкторские расчеты. Данная модернизация позволит повысить не только эффективность использования трактора «Беларус-1523В», но и позволит диагностировать узел, также модернизация не требует переналадки оборудования и значительных капиталовложений.

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

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

В шестом разделе определена экономическая эффективность проекта.

Abstract

The title of the graduation work is: «The modernization of the differential locking systems of the «Belarus» 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 differential locking systems of the «Belarus-1523V» wheeled tractor in order to improve the efficiency of its use and diagnose of its differential.

We touch upon the problem of inefficiency or impossibility of using wheeled tractors on waterlogged and loose soils, or when tractors move off-road. Due to the significant decrease in the adhesion of the wheels to the soil or the road, the slippage increases sharply, and the movement losses increase. To prevent these negative effects, we propose to modernize the existing differential lock system of the tractor.

The aim of the work is to modernize the differential locking systems of the «Belarus» wheeled tractor.

The graduation work may be divided into several logically connected parts, which are: the analysis of ways to improve the traction properties of wheeled tractors; the study of locking devices used on tractors; the traction-dynamic calculation of the «Belarus» tractor; the review and analysis of the differential locking systems; the description of the modernized differential locking system, the design calculations; the selection of the organizational form of the assembly of the differential locking 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 modernized differential locking systems will allow not only to increase the efficiency of using the «Belarus-1523V» tractor, but also to diagnose the differential. The proposed modernization doesn't require the equipment readjustment and the significant investments.

Содержание

Введение.....	6
1 Состояние вопроса	12
2 Тягово-динамический расчет трактора	23
2.1 Тяговый диапазон трактора	23
2.2 Весовые параметры.....	24
2.3 Номинальная мощность двигателя.....	25
2.4 Расчет передаточных чисел трансмиссии трактора и скоростей трактора	26
2.5 Построение теоретической тяговой характеристики трактора	28
3 Конструкторская часть	31
3.1 Актуальность проблемы.....	31
3.2 Обзор и анализ систем управления блокировкой дифференциала.....	33
3.3 Описание работы модернизированной системы.....	41
3.4 Конструкторские расчеты	45
4 Технологический раздел.....	52
4.1 Обоснование выбора технологического процесса.....	53
4.2 Проектирование технологического процесса сборки дифференциала колесного трактора Беларусь	57
5 Производственная и экологическая безопасность проекта	61
5.1 Характеристика технологического процесса сборки дифференциала колесного трактора Беларусь конструктивно-технологической и организационно-технической стороны.....	62
5.2 Идентификация профессиональных рисков.....	63
5.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков	65
5.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта	71
5.5 Обеспечение экологической безопасности рассматриваемого технологического процесса сборки дифференциала колесного трактора Беларус	73

6 Экономическая эффективность проекта	76
Заключение	84
Список используемой литературы и используемых источников.....	85
Приложение А. Спецификации.....	90

Введение

Количество колёсных тракторов в сельском хозяйстве из года в год увеличивается. Это объясняется многими преимуществами этих тракторов перед гусеничными. Колёсные тракторы обладают большей универсальностью, меньшими издержками на содержание, они хорошо агрегатируются с навесными машинами и орудиями, обладают лучшей проходимостью в междурядьях. Недостатком колесных тракторов является повышенная чувствительность ходовой системы к влажности почвы. Вследствие этого затрудняется или становится не возможным использование их в период весенних или поздних осенних полевых работ.

«При работе колёсных тракторов на переувлажненных и рыхлых почвах, при движении тракторов по бездорожью из-за значительного снижения сцепления с почвой и дорогой резко возрастает буксование, увеличиваются потери на самопередвижение и использование машины становится неэффективным или вообще невозможным.

Для предотвращения указанных отрицательных явлений используют различные устройства и приемы» [2].

«Изменение давления воздуха в шинах тракторов высокой проходимости.

Заполнение жидкостью камер шин ведущих колёс, имеющих большой внутренний объем, позволяет ощутимо увеличить сцепной вес» [25].

«Полугусеничный ход (рисунок 1) используют на переувлажненных почвах, по бездорожью и при глубоком снежном покрове. Он состоит из двух комплектов резинометаллических гусениц и натяжных устройств.

Принципиальное отличие гусеничного движителя от колёсного – то, что колёса катятся непосредственно по почве, преодолевая неровности и сминая ее (образуя колею), а опорные катки гусеничного движителя перекатываются по гладкому, относительно ровному искусственному пути» [25].



Рисунок 1 – Полугусеничный ход

«На наружной стороне звеньев для лучшего сцепления гусеницы с почвой делаются выступы – почвозацепы. Зубья ведущих колес трактора, зацепляясь за гусеницы, стремятся выдернуть их из-под опорных катков трактора. Однако гусеницы прижаты к почве весом трактора, а почвозацепы создают дополнительный упор в почву.

При одинаковых тяговых усилиях буксование гусеничного движителя меньше. Масса гусеничного трактора распределяется по значительно большей опорной поверхности, чем у колёсного. Благодаря этому достигается малое удельное давление на почву, из-за чего гусеничные тракторы обладают повышенной проходимостью по рыхлым и влажным грунтам и оказывают меньшее уплотняющее воздействие на почву.

«К недостаткам гусеничного движителя в сравнении с колёсным относятся: повышенная металлоемкость, сложность конструкции и более высокая стоимость, большие потери на самопередвижение по твердым почвам, меньшие транспортные скорости из-за больших инерционных нагрузок, в эксплуатации на них требуются большие затраты при техническом обслуживании и ремонте» [5].

«Догрузка ведущих колёс позволяет получить большую силу тяги на грунтах с малым коэффициентом сцепления. Применяют несколько способов догрузки ведущих колес» [24].

«Установка сдвоенных колёс и шин с широким профилем (рисунок 2).

Для работы на переувлажненных почвах и мелиорированных торфяниках колеса или шины широкого профиля. Второй комплект колес крепят к первому с помощью специальных переходников» [22].

«Установка дополнительных грузов на диск заднего колеса (рисунок 3) и передний брус полурамы (рисунок 4).

В зависимости от требуемой догрузки задних колёс можно устанавливать на каждое колесо грузов на правое и левое колёса устанавливают обычно при пахоте, когда правое колесо трактора идёт по дну борозды (трактор наклоняется вправо) и на него действует большая часть сцепного веса трактора. В этом случае менее нагруженное левое колесо догружается установкой дополнительных грузов» [4].

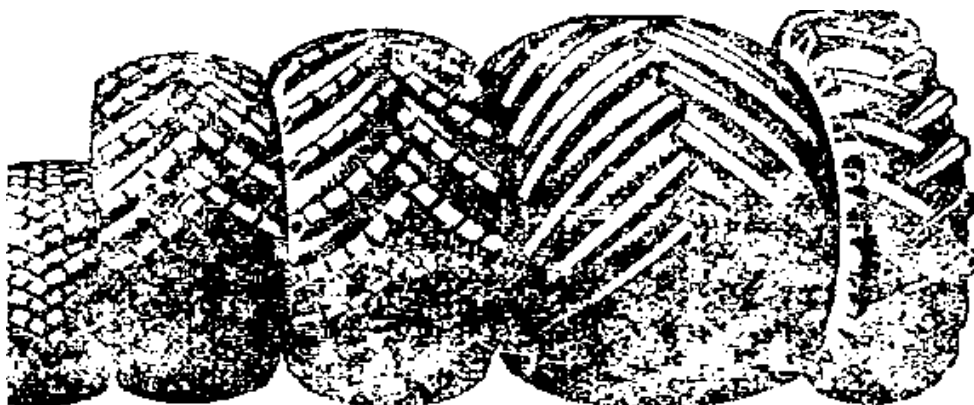


Рисунок 2 – Образцы широкопрофильных шин

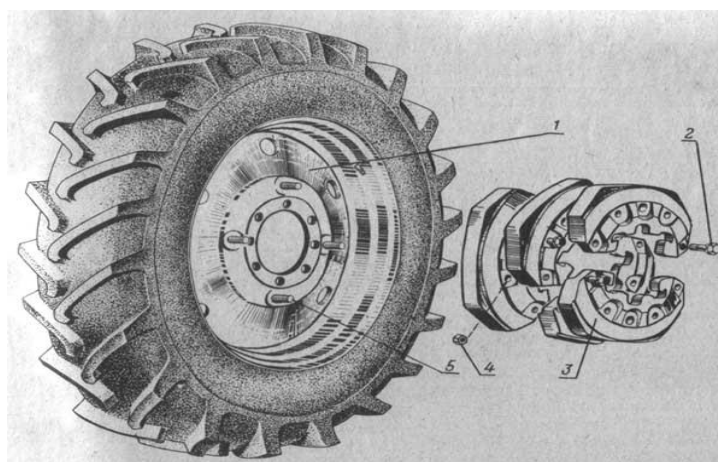


Рисунок 3 – Установка дополнительных грузов на диск заднего колеса

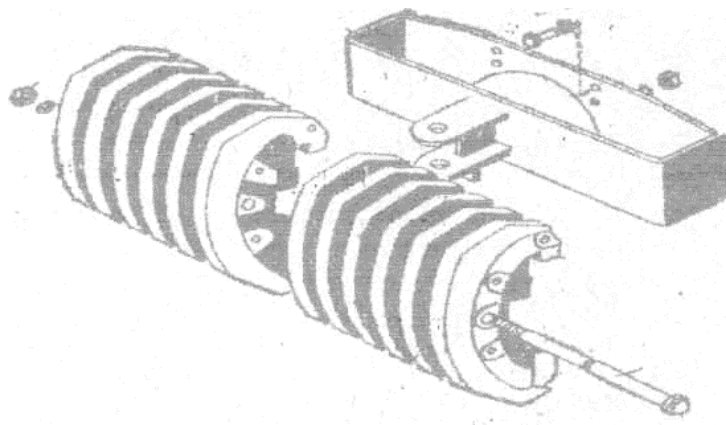


Рисунок 4 – Установка дополнительных грузов на передний брус трактора

Догрузатели ведущих колёс.

«При догрузке ведущих колёс трактора его сцепная (приходящаяся на ведущие колёса) масса увеличивается и, следовательно, уменьшается буксование ведущих колёс, рабочий процесс выполняется с меньшими потерями скорости движения, а, следовательно, с более высокой производительностью. Догрузка трактора при заданных условиях зависит от нагрузки, передаваемой опорными колёсами навесной машины» [15].

Применение цепей противоскольжения на обледеневшем грунте, при движении по заснеженной дороге и других плохих дорожных условиях значительно увеличивают проходимость, способствуют очищению почвозацепов шин от налипшей почвы.

Применение дифференциалов повышенного трения. Дифференциалы повышенного трения частично решают проблему блокировки, нарушая кинематическое равновесие сателлитов. В основном данный тип блокирующих устройств применяется в передних ведущих мостах. Но у таких дифференциалов есть один минус, при повороте они препятствуют повороту трактора, при этом увеличиваются нагрузки в трансмиссии и происходит ускоренный износ шин.

Наиболее приемлемым является применение автоматической блокировки дифференциала. Применение автоматической блокировки дифференциалов и межосевого привода значительно улучшает динамические

качества машин при разгоне и торможении. Испытание трактора с установленной на нем автоматической блокировкой дифференциала доказало его высокую эффективность на таких работах как вспашка, боронование, культивация. Применение автоматической блокировки дифференциала показало, что в среднем буксование машины снижается на 10% за счёт применения АБД (рисунок 5).

Это происходит за счёт уменьшения буксования задних колёс при работе с повышенным буксованием. Применение АБД наиболее приемлем исходя из экономических соображений, так как АБД очень проста в использовании, особенно в автоматическом режиме [2].

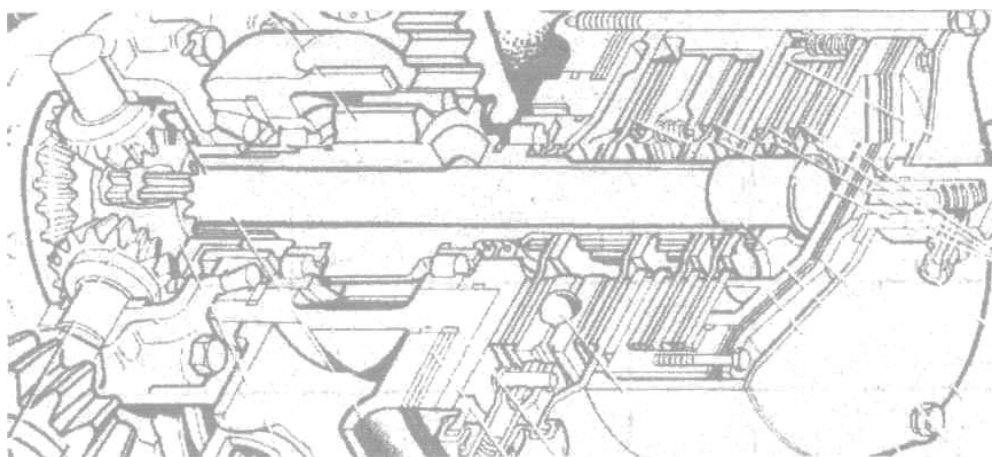


Рисунок 5 – Автоматическая блокировка дифференциала

Применение принудительной смазки трущихся поверхностей дифференциала. Работа пары трения крестовина дифференциала – сателлит происходит при недостатке смазки (в условиях сухого или граничного трения), что приводит к понижению КПД и повышенному износу деталей и узлов. Смазка трущихся поверхностей осуществляется масляным туманом, проникающим через окна в корпусе дифференциала. В сопряжении крестовина – сателлит при работе дифференциала возникают большие радиальные усилия при малых угловых скоростях вращения сателлита, это приводит к вытеснению смазочного материала из зазора крестовина – сателлит, всё это приводит к возникновению дефицита смазочного материала

и к вышеизложенным последствиям. Также, наблюдается недостаток смазки и в зоне зубчатого зацепления сателлиты – солнечные шестерни. Применение принудительной смазки трущихся поверхностей дифференциала позволит повысить КПД и надежность данного узла.

Применение различных блокирующих устройств. Работа фрикционной муфты блокировки дифференциала связана с рядом проблем: не всегда происходит полная блокировка дифференциала, невысокая надежность муфты. В настоящее время целесообразно применение в качестве управляющего звена многодисковую фрикционную муфту следующей конструкции (рисунок 6).

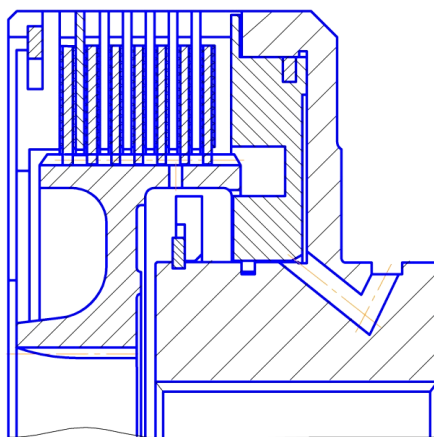


Рисунок 6 – Многодисковая фрикционная муфта

Применение различных блокирующих устройств. Работа фрикционной муфты блокировки дифференциала связана с рядом проблем: не всегда происходит полная блокировка дифференциала, невысокая надежность муфты. В настоящее время целесообразно применение в качестве управляющего звена многодисковую фрикционную муфту, представленную на рисунке 6.

1 Состояние вопроса

«В настоящее время практически все тракторы и множество автомобилей оборудованы устройствами, ограничивающими величину раздельного буксования колёс. По уровню автоматизации средств регулирования параметров блокировки, блокирующие устройства подразделяются на системы принудительного и автоматического действия» [23].

«Дифференциалы с принудительной блокировкой это, пожалуй, одни из самых древних способов заблокировать дифференциал и наиболее простой в изготовлении (впервые был применен в 1906 г. в автомобилях «Мерседес-Бенц»).

При включении блокировки дифференциала, муфта (чаще всего кулачковая, шлицевая или штифтовая) приводимая педалью (рычагом), блокировала корпус дифференциала с полуосью или две полуоси между собой. Для обеспечения управляемости трактора муфты выполняли только принудительно замыкаемыми, что достигалось установкой оттяжных пружин, выключающих блокировку при прекращении нажатия на педаль.

Для принудительной блокировки дифференциала характерны простота конструкции и надежность блокирования. Однако ей присущи и существенные недостатки: неавтоматичность действия; необходимость в большинстве случаев выключения муфты сцепления, то есть разрыва потока мощности при включении блокировки; трудность включения вследствие возможного несовпадения кулачков или шлицев полумуфт, возможные перегрузки трансмиссии на поворотах. Такая блокировка, как правило, служит средством для преодоления временных сопротивлений и не предназначена для постоянной работы как средство повышения тяги. Эти недостатки снижают эффективность применения принудительной блокировки, в том числе и с фрикционными муфтами.

Дифференциалы с принудительной блокировкой получили распространение на таких тракторах как МТЗ-50, МТЗ-52, Т-16М, Т-40» [23].

«В настоящее время тракторы только с принудительной блокировкой уже не выпускаются, их почти полностью вытеснили дифференциалы с автоматической блокировкой различных по принципу действия. В основном это дифференциалы повышенного трения (плунжерно-кулачковые, с фрикционными элементами и гидравлическим сопротивлением); с переменным передаточным числом; управляемые фрикционными или зубчатыми муфтами и комбинированные» [6].

Самоблокирующиеся дифференциалы повышенного трения.

«Самоблокирующиеся дифференциалы можно разделить по степени блокировки на механизмы полной (коэффициент блокировки равен бесконечности) и не полной (дифференциалы повышенного трения, с переменным передаточным числом и другие) блокировки.

При этом под коэффициентом блокировки следует понимать максимальное отношение крутящих моментов на отстающем и забегающем колёсах одной ведущей оси.

Теоретические и экспериментальные исследования трения в дифференциальных механизмах показали, что коэффициент блокировки K_b самоблокирующихся дифференциалов находится в пределах 2,5...5,0. Это в отдельных случаях движения значительно превышает общую силу тяги трактора и значительно увеличивает его проходимость. Однако при этом было замечено, что в трансмиссии возникают автоколебания, вызываемые трением в дифференциале при перераспределении моментов между ведущими колёсами» [8].

Несмотря на минусы, самоблокирующиеся дифференциалы применяются в тракторостроении так, к примеру, на тракторах «Минского тракторного завода» в передний ведущий мост (рисунок 7) установлен самоблокирующийся дифференциал.

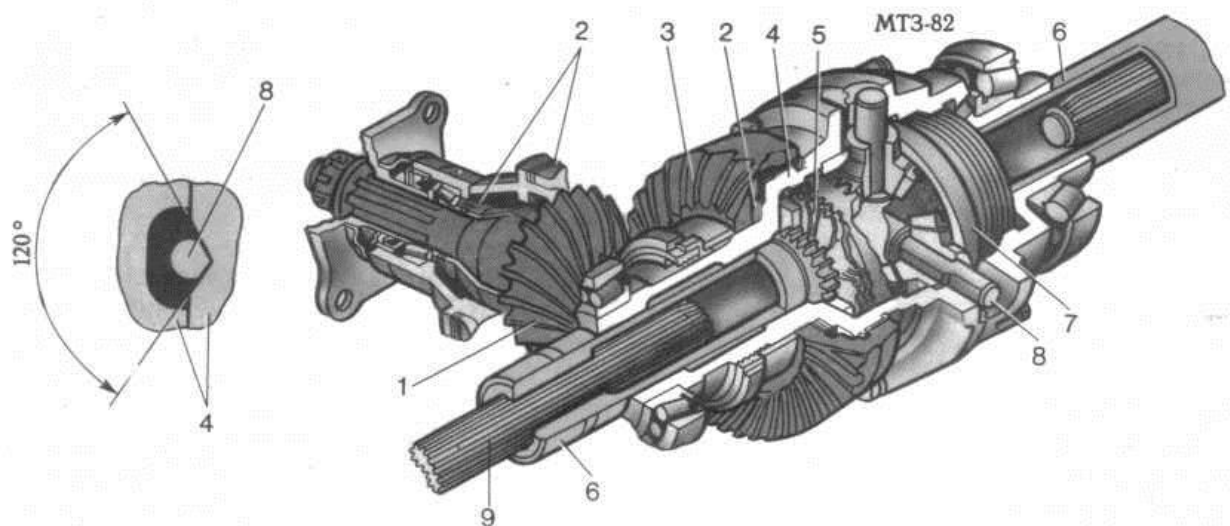


Рисунок 7– Передний ведущий мост трактора МТЗ-82

С подвижными осями сателлитов и фрикционными муфтами.

В этом дифференциале вместо обычной крестовины имеются две взаимно перпендикулярные оси с лысками (рисунок 8), образующими тупой угол.

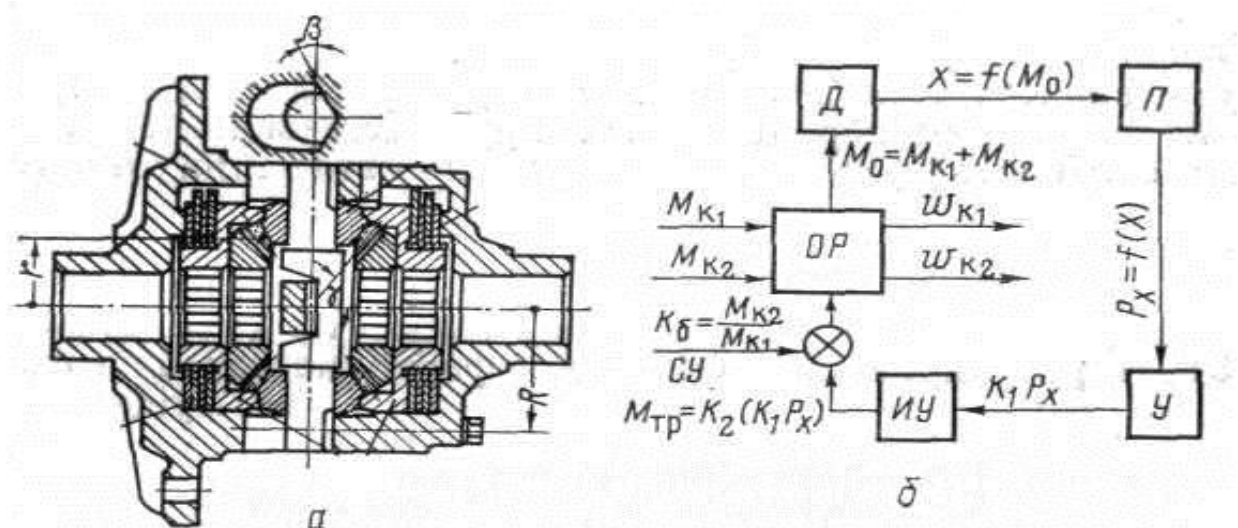


Рисунок 8 – Самоблокирующийся дифференциал с подвижными осями сателлитов и фрикционными муфтами (а) и его структурная схема (б)

«Концы осей входят в гнезда коробки дифференциала, имеющие такой же угол, как и лыски концов осей. Крутящий момент к ведущим полуосям

передается двумя потоками: первый – от ведомой шестерни главной передачи и корпуса дифференциала, через скосы (лыски) концов осей, сателлиты, полуосевые шестерни; второй – от корпуса дифференциала через фрикционные диски трения к полуосевым шестерням.

Автоматичность действия дифференциала заключается в зависимости момента трения фрикционных муфт от усилия в зацеплении сателлит – полуосевая шестерня и от осевой силы в скосах корпуса дифференциала, то есть от передаваемого дифференциалом крутящего момента» [10].

«В передних ведущих мостах тракторов Беларусь такие дифференциалы хорошо себя зарекомендовали в связи с тем, что эти мосты включаются в работу при достаточно высоком буксовании (5–8%) и работают в тяговом режиме временно. Однако стендовые испытания таких дифференциалов показали нестабильность их блокирующих свойств в связи со снижением коэффициента трения дисков при их приработке. В тяговом и тормозном режимах эти дифференциалы оказывают дополнительное сопротивление повороту. С увеличением буксования момент сопротивления оси с блокируемым дифференциалом уменьшается, а касательная сила тяги P_k и коэффициент блокирования, наоборот, увеличивают момент сопротивления повороту» [11].

В тракторах Т-150К (рисунок 9) установлен самоблокирующийся дифференциал повышенного трения, блокировка которого происходит за счёт осевой силы в зацеплении сателлитов с полуосевой шестерней.

«Чем больший момент будет передаваться через дифференциал, тем больше силы будут в зацеплении, тем сильнее полуосевая шестерня, свободно посаженная на шлицах, будет сжимать диски трения связывая полуось с корпусом дифференциала. Величина блокировки прямо пропорциональна разности сопротивлений перемещения ведущих колёс» [3].

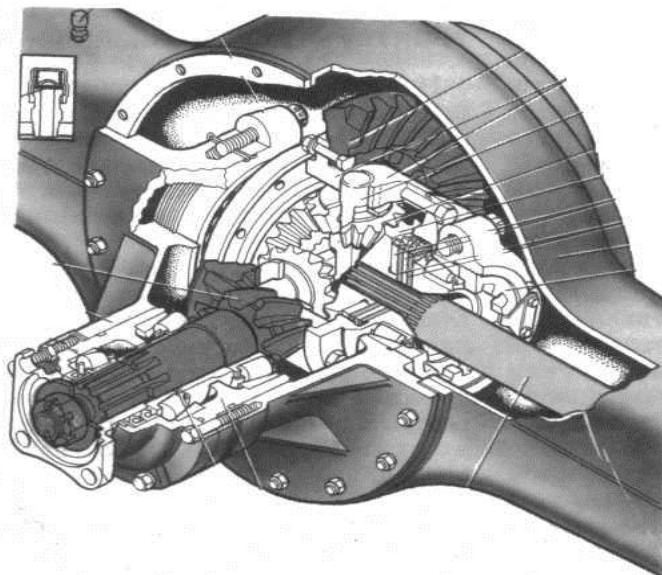


Рисунок 9 – Ведущий мост трактора Т-150К

«Муфты свободного хода, применяемые в качестве межколёсных дифференциалов. Механизмы свободного хода, применяемые в качестве дифференциалов, бывают роликовыми, кулачковыми и храповыми» [18].

Наибольшее распространение получили кулачковые дифференциалы свободного хода (рисунок 10), устанавливаемые в ведущих мостах тракторов К-700, автомобилей фирмы «DAP» США и другие. Эти дифференциалы обеспечивают полную блокировку полуосей при прямолинейном движении.

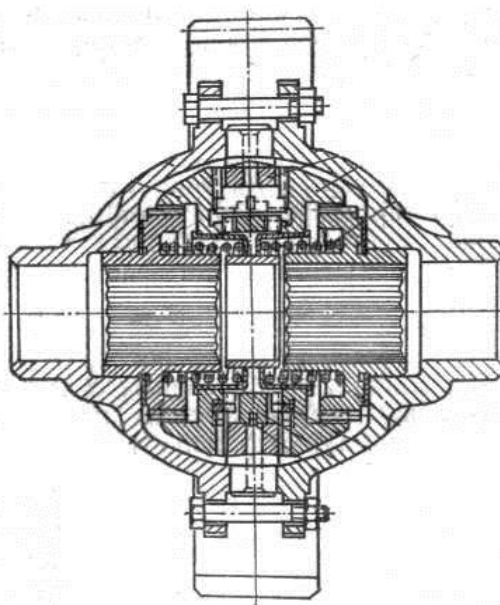


Рисунок 10 – Дифференциал с кулачковыми муфтами свободного хода

«Для того чтобы выключенная ведомая муфта после окончания поворота вновь включилась, необходимо не только выравнивание угловых скоростей обоих колес, но и некоторый поворот выключенной ведомой муфты в обратном направлении. Это осуществляется автоматически вследствие деформации эластичных шин. При повороте из-за тангенциального сжатия шины радиус качения внутреннего колеса уменьшается по сравнению с радиусом качения внешнего. В результате этого разность угловых скоростей внутреннего и внешнего колес не пропорциональна разности проходимых шинами путей. С увеличением радиуса поворота угловые скорости колес выравниваются еще до выхода из поворота и при дальнейшем его увеличении угловая скорость внешнего колеса становится меньше внутреннего, и ведомая муфта этого колеса поворачивается относительно ведущей в сторону, обратную ее первоначальному вращению. Это способствует включению наружной ведомой муфты и переходу ведущего моста в бездифференциальный режим.

Однако установка дифференциалов свободного хода в ведущих мостах тракторов вследствие автоматического отключения забегающего колеса значительно снижает тяговые качества их при движении на повороте. Отключение одного колеса происходит также при переезде неровностей в виде ложбин длиной 4,0-4,5 м и глубиной 0,35-0,45 м. Кроме того, их невозможно устанавливать в трансмиссии тракторов с отдельным торможением колес на повороте» [23].

«Наиболее простым механизмом, используемым вместо дифференциалов, является обгонная муфта храпового типа, установленная в передних ведущих мостах тракторов Липецкого завода. Работа такого механизма сопровождается значительными ударными нагрузками вследствие отключения одной из обгонных муфт не только при движении на повороте, но и при переезде скользких участков дороги, когда колесо, находящееся в лучших сцепных условиях, воспринимает полную тяговую нагрузку» [4].

Дифференциалы с муфтами предельного момента трения.

«Значительную группу блокируемых дифференциалов составляют устройства, создающие постоянный по величине момент трения. Такие дифференциалы заблокированы постоянно и разблокируются, когда разность крутящих моментов на его полуосях превысит момент трения муфты. При этом в дифференциале поддерживается момент трения, равный предельному моменту муфты. Коэффициент блокировки таких дифференциалов зависит от передаваемого дифференциалом момента и расположения муфты. При расположении блокировочной муфты между корпусом дифференциала и полуосью:

$$K_{\delta} = \frac{M_0 + M_{mp}}{M_0 - M_{mp}}. \quad (1)$$

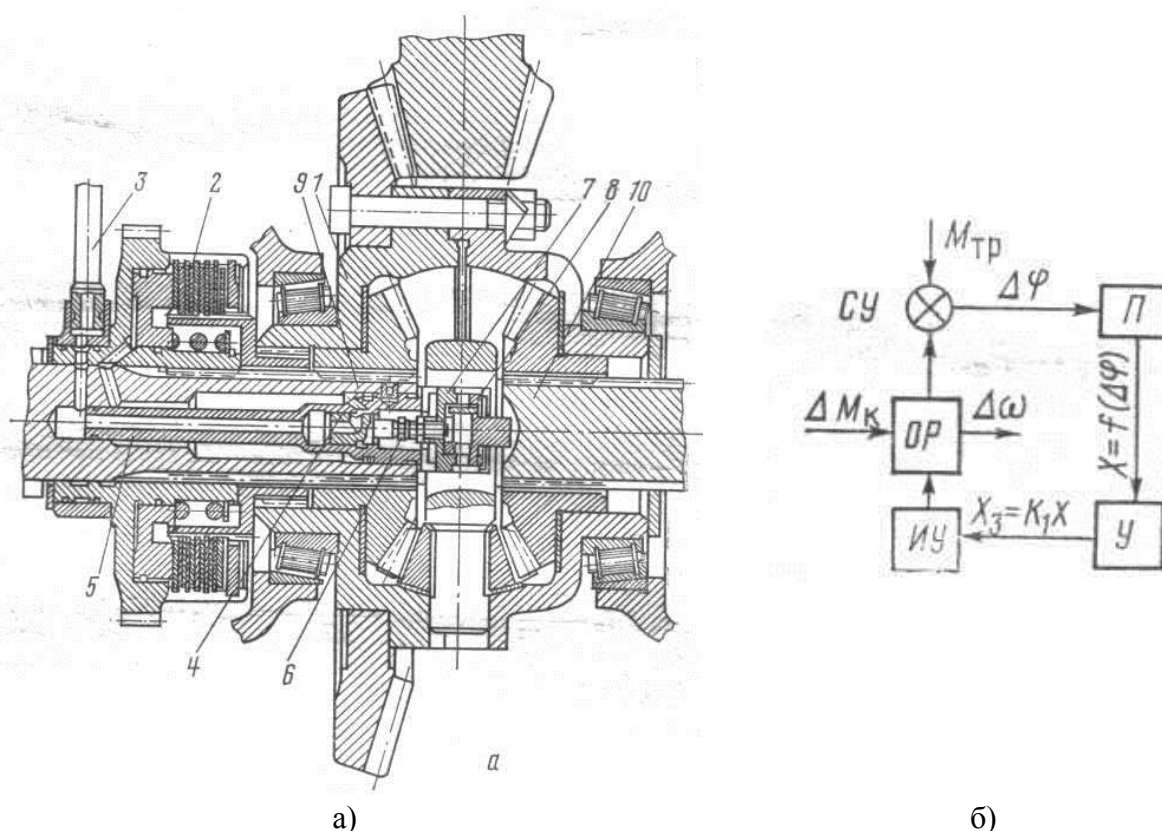
Если муфта непосредственно связывает две полуоси, то:

$$K_{\delta} = \frac{M_0 + 2M_{mp}}{M_0 - 2M_{mp}}. \quad (2)$$

то есть во втором случае для создания одинакового коэффициента блокировки требуется муфта, имеющая в 2 раза меньший предельный момент трения. При этом симметричность дифференциала в обоих случаях сохраняется» [1].

Дифференциалы с муфтами предельного момента (рисунок 11) трения оказывают дополнительное сопротивление повороту, который нагружает трансмиссию в течение всего времени поворота.

«При разности моментов по сцеплению ΔM_{cy} , превышающей $M_{mp}i_{6n}$ муфты, она буксует и быстро изнашивается, а при $\Delta M_{cy} < M_{mp}i_{6n}$ перегружается трансмиссия и изнашиваются шины. Для уменьшения времени буксования муфты и износа шин применяют фрикционные муфты с самовыключением. Дифференциалы с такой муфтой изготавливались для тракторов «Беларусь» » [24].



1 – корпус дифференциала; 2 – фрикционная муфта; 3 – магистраль давления;
4 – золотник; 5 – корпус; 6 – винт; 7, 8 – полумуфта; 9, 10 – полуось

Рисунок 11 – Дифференциал с муфтой предельного момента трения (а) и структурная схема САР (б)

«Блокирование дифференциала осуществляется путем соединения фрикционной муфтой 2 корпуса дифференциала 1 с полуосью 9. Разблокирование происходит при движении на повороте или при перегрузках одной полуоси, когда разность крутящих моментов полуосей превышает расчетный момент муфты. При этом полуоси 9 и 10 проворачиваются относительно друг друга, проворачивают соединенные с ними полумуфты 7, 8. Двигаясь в осевом направлении, полумуфта 7 через винт 6 перемещает золотник 4, установленный в корпусе 5, и разобщает рабочую полость муфты 2 от магистрали давления 3. Муфта включается и разблокирует дифференциал 1. После окончания поворота угловые скорости правой и левой полуосей выравниваются и полумуфты 7, 8 сцепляются, а золотник под действием рабочего давления переместится вправо и дифференциал снова за

блокируется. Преимущество таких дифференциалов в том, что они значительно сокращают время действия момента, сопротивления при повороте машины, так как при достижении значения $M_{снмакс}$ муфта автоматически выключается и освобождает дифференциал. Общий недостаток дифференциалов с муфтами предельного момента – ухудшение поворачиваемости машины при движении по рыхлой почве, когда момент сопротивления не достигает значений $M_{тр} i_{6n}$. В этом случае поворот машины может совершаться с заблокированным дифференциалом при $R > 25$ м» [15].

Автоматически управляемые дифференциалы.

«Автоматически управляемыми дифференциалами являются устройства, содержащие обычный конический дифференциал с муфтой его блокировки и систему управления этой муфтой.

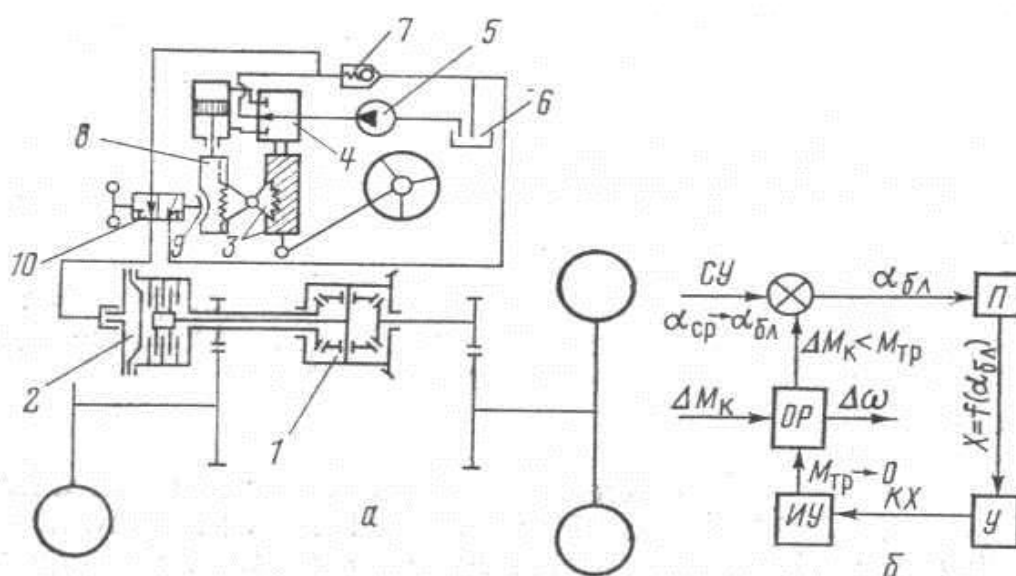
В 1926 г. в Германии и в 1932 г. в СССР были запатентованы конструкции автоматически управляемых дифференциалов – схемы, в которых предлагалось управление муфтой блокировки дифференциала связать с деталями рулевого управления автомобиля. Однако до середины 50-х годов, несмотря на большое количество патентов, управляемые дифференциалы почти не использовались, так как к тому времени появились конструкции самоблокирующихся бесшестеренных дифференциалов в виде различных муфт свободного хода.

В 1955 г. фирма «Вагнер» США изготовила один из первых тракторов с блокировкой дифференциала, включающейся автоматически на поворотах, что позволило увеличить производительность трактора на пахоте на 10-15%.

Начиная с 60-х годов запатентовано большое количество конструкций и схем управления дифференциалом, которые отличаются главным образом устройством привода системы управления. Предлагается управление блокировкой осуществлять от рулевого механизма, от тормозов, от гидродогружателя ведущих колес. В 1958 г. фирма «Фергюсон» получила патент на систему автоматического разблокирования дифференциала при нажатии на педали тормозов, отклонении управляемых колес на заданный

угол, при действии перегрузок на навесное устройство и поднятии навески-трактора в транспортное положение. В настоящее время такие сложные системы пока ещё используются только в иностранных тракторах» [5].

Системы автоматического управления дифференциалом, заблокированные с деталями рулевого управления стала одной из первых, выпускаемых серийно конструкций автоматически управляемых дифференциалов, в которых информационной переменной величиной является угол отклонения управляемых колес от нейтрального положения, можно считать конструкцию Минского тракторного завода (рисунок 12, б).



1 – межколесный дифференциал; 2 – фрикционная муфта; 3 – рулевой механизм;
4 – распределитель гидроусилителя; 5 – насос; 6 – сливной бак; 7 – редукционный клапан; 8 – рейка гидроусилителя; 9 – щуп датчика автоблокировки; 10 – распределитель управления фрикционной муфтой

Рисунок 12 – Система блокировки дифференциала заднего моста трактора с автоматическим управлением (а) и ее структурная схема (б)

«Такая система обеспечивает постоянное блокирование дифференциала при прямолинейном движении и автоматически разблокирует его при движении на повороте, когда управляемые колёса повернуты от нейтрального положения на некоторый угол, называемый углом

блокирования. Предусмотрено также ручное управление блокировкой с кабины водителя.

Основными статическими характеристиками системы автоматического управления дифференциалом данного типа являются величина предельного момента блокировочной муфты и значение угла блокирования» [21].

Из анализа результатов исследований автоматически управляемых дифференциалов видно, что такие системы позволяют полностью использовать преимущества конического дифференциала при движении на повороте, ей присущи основные достоинства принудительной блокировки (надежность блокирования, возможность ручного управления) и самоблокирующихся дифференциалов (автоматичность действия).

Выводы по разделу.

В разделе рассмотрены пути повышения тягово-сцепных свойств колёсных тракторов, рассмотрены блокирующие устройства, применяемые на тракторах.

2 Тягово-динамический расчет трактора

Тягово-динамический расчет проводится для определения технических характеристик и параметров механизмов и машин, работающих в условиях трения и нагрузок. Он позволяет рассчитать силы, моменты и скорости, которые возникают при движении машины, а также показывает, на сколько нагрузок и сил механизмы могут выдержать, не выйдя из строя. Такой расчет необходим при разработке и проектировании новых машин и механизмов, а также при модернизации и улучшении уже существующих.

2.1 Тяговый диапазон трактора

«Тяговый диапазон характеризует область использования трактора и определяется выражением:

$$\delta_m = \varepsilon \frac{P_n}{P'_n}, \quad (3)$$

где ε – коэффициент расширения тяговой зоны трактора, рекомендуемые значения $\varepsilon=1,25-1,3$;

P_n и P'_n – номинальные силы тяги на крюке рассчитываемого трактора и трактора, предыдущего по классу» [20].

Тяговый класс трактора Беларус-1523 – 3, номинальное усилие на крюке P_n равно 30000 Н, номинальное усилие на крюке трактора предыдущего по классу P'_n равно 20000 Н.

$$\delta_T = 1,25 \cdot \frac{30000}{20000} = 1,88.$$

Минимальная сила тяги на крюке:

$$P_{кр\ min} = \frac{P_H}{d_m} \quad (4)$$

$$P_{кр\ min} = \frac{30000}{1,88} = 24000 \text{ Н.}$$

2.2 Весовые параметры

«Минимальный эксплуатационный вес:

$$G_{\min} = (1,07 \dots 1,1) \cdot G_0, \quad (5)$$

где G_0 – конструктивный вес трактора, Н» [20].

$$G_0 = m_0 \cdot g, \quad (6)$$

где m_0 – конструктивная масса трактора, принимается равной 5850 кг в соответствии с технической характеристикой трактора.

$$G_0 = 5850 \cdot 9,81 = 57389 \text{ Н,}$$

$$G_{\min} = 1,07 \cdot 57389 = 61406 \text{ Н.}$$

Максимальный эксплуатационный вес:

$$G_{\max} = \frac{P_H}{(\varphi_{\kappa\ доп} \cdot \lambda_{\kappa} - f_1)}, \quad (7)$$

где $\varphi_{\kappa\ доп}$ – допустимый коэффициент использования сцепного веса, принимается равным 0,5;

λ_{κ} – коэффициент нагрузки ведущих колес, принимается равным 1;

f_1 – коэффициент сопротивления качению, для колесных тракторов принимается равным 0,12.

$$G_{\max} = \frac{30000}{(0,5 \cdot 1 - 0,12)} = 78947 \text{ Н.}$$

Вес балласта:

$$G_{\bar{o}} = l_{\kappa} \cdot (G_{\max} - G_{\min}), \quad (8)$$

$$G_{\bar{o}} = 1 \cdot (78947 - 61406) = 17541 \text{ Н.}$$

2.3 Номинальная мощность двигателя

«Номинальная мощность двигателя трактора - это мощность гарантированная заводом-изготовителем при номинальной частоте вращения вала двигателя, номинальной подаче топлива и номинальном угле опережения впрыска топлива в цилиндр:

$$N_n = \frac{[P_n + f_1(G_{\min} + G_{\bar{o}})] \cdot V_{n1}}{\eta_{mpi} \chi_{\varepsilon}}, \quad (9)$$

где V_{n1} – номинальная скорость движения трактора, соответствующая номинальному тяговому усилию на крюке, , принимается равной 2,08 м/с;

χ_{ε} – коэффициент эксплуатационной нагрузки тракторного двигателя, принимается равным 0,85;

η_{mpi} – КПД трансмиссии на i -той передаче:

$$\eta_{mpi} = \eta_{хол} \cdot \eta_{ц}^x \cdot \eta_{к}^y, \quad (10)$$

где $\eta_{хол}$ – КПД трансмиссии на холостом ходу, принимается равным 0,96;

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

x и y – число пар цилиндрических и конических передач, находящихся в зацеплении» [20].

$$\eta_{mpi} = 0,96 \cdot 0,985^3 \cdot 0,975^1 = 0,895.$$

$$N_n = (30000 + 0,12 \cdot (61406 + 17541)) \cdot \frac{2,08}{(0,895 \cdot 0,85)} = 114672 \text{ Вт.}$$

2.4 Расчет передаточных чисел трансмиссии трактора и скоростей трактора

«Скоростной диапазон основного ряда КПП:

$$\delta_{Vocн} = \delta_T \cdot \gamma_{Дmin}, \quad (11)$$

где δ – тяговый диапазон трактора,

$\gamma_{Дmin}$ – допускаемый минимальный коэффициент загрузки двигателя, обычно принимают равным 0,85» [20].

$$\delta_{Vocн} = 1,88 \cdot 0,85 = 1,6.$$

Знаменатель геометрической прогрессии КПП:

$$q = \sqrt[Z]{\delta_{Vocн}}, \quad (12)$$

$$q = \sqrt[1/4-1]{1,6} = 1,17.$$

«Промежуточная транспортная скорость, км/ч:

$$V_{mp} = \sqrt{V_{mp\max} \cdot V_{HZ}}, \quad (13)$$

где $V_{mp\max}$ – высшая транспортная скорость трактора, км/ч;

V_{HZ} – высшая рабочая скорость трактора, км/ч» [20].

$$V_{mp} = \sqrt{(33,8 \cdot 15,1)} = 22,59 \text{ км/ч.}$$

«Передаточное число трансмиссии на первой передаче основного ряда скоростей:

$$i_1 = \frac{0,377 \cdot r_k \cdot n_n}{V_{H1}}, \quad (14)$$

где r_k – радиус качения ведущих колес, м;

V_{H1} – скорость движения трактора на 1-й передаче, км/ч» [20].

Для колесного трактора:

$$\begin{aligned} r_k &= 25,4 \cdot (0,5d + 0,8b), \\ r_k &= 25,4 \cdot (0,5 \cdot 38 + 0,8 \cdot 15,5) = 0,798 \text{ м}, \\ i_1 &= \frac{0,377 \cdot 0,798 \cdot 3500}{7,5} = 140,39. \end{aligned} \quad (15)$$

Передаточное число для z -й передачи основного ряда скоростей определяется по формуле:

$$\begin{aligned} i_z &= \frac{i_1}{q^{z-1}}, \\ i_2 &= \frac{140,39}{1,17^{2-1}} = 119,99, \\ i_3 &= \frac{140,39}{1,17^{3-1}} = 102,56, \\ i_4 &= \frac{140,39}{1,17^{4-1}} = 87,66. \end{aligned} \quad (16)$$

Скорости основного ряда определяются по формуле:

$$V_{H2} = \frac{0,377 \cdot r_k \cdot n_u}{i_z}, \quad (17)$$

$$V_{H2} = \frac{0,377 \cdot 0,798 \cdot 3500}{119,99} = 8,78 \text{ км/ч},$$

$$V_{H3} = \frac{0,377 \cdot 0,798 \cdot 3500}{102,56} = 10,27 \text{ км/ч},$$

$$V_{H3} = \frac{0,377 \cdot 0,798 \cdot 3500}{87,66} = 12,01 \text{ км/ч}.$$

Передаточные числа транспортного ряда определяются по формуле:

$$i_5 = \frac{46,61}{1,17^{5-1}} = 24,87,$$

$$i_6 = \frac{46,61}{1,17^{6-1}} = 39,84.$$

Результаты расчета оформляются в таблицу 1.

Таблица 1 – Результаты расчета трансмиссии

Передача	1	2	3	4	5	6
Передаточные числа	140,39	119,99	102,56	87,66	46,61	39,84
Расчетные скорости трактора, км/ч	7,5	8,78	10,27	12,01	22,59	26,43

2.5 Построение теоретической тяговой характеристики трактора

Характеристика строится для четырех передач из основного ряда по 4-5 точкам (от η_{max} до η_{xx}).

«Построение переходных масштабов:

$$P_{\kappa} = \frac{M_{\kappa} \cdot i_{mp} \cdot \eta_{mp}}{r_{\kappa}} = A \cdot M_{\kappa}. \quad (18)$$

Сила сопротивления качению, кН:

$$P_r = G_T \cdot f. \quad (19)$$

Сила тяги на крюке, кН:

$$P_{кр} = P_{\kappa} - P_r. \quad (20)$$

Кривая буксования рассчитывается, по эмпирической формуле:

$$\delta = \delta_{дон} \cdot \left[1 - \sqrt{1 - (P_{\kappa} / P_{\kappa \max})^2} \right], \quad (21)$$

где $\delta_{дон}$ – допустимое буксование, для колесного трактора принимается равным в диапазоне от 15 до 18%.

Действительные скорости движения определяются по формуле:

$$V = 0,377 \frac{r_{\kappa} \cdot n}{i_{mp}} \cdot (1 - \delta). \quad (22)$$

Тяговая мощность на крюке, кВт:

$$N_{кр} = \frac{(P_{кр} \cdot V)}{3600}. \quad (23)$$

Удельный расход топлива, г/кВт·ч:

$$g_{кр} = \frac{1000 \cdot G_m}{N_{кр}}. \quad (24)$$

Тяговый КПД:

$$\eta_{тяг} = \frac{N_{кр}}{N_e}. \quad (25)$$

Расчет теоретической тяговой характеристики сводим в таблицу 2» [20].

Таблица 2 – Расчет теоретической тяговой характеристики

Передача	Точка	N_e , кВт	n , об/мин	G_T , кг/ч	P_k , кН	$P_{кр}$, кН	δ , %	V_p , км/ч	$N_{кр}$, кВт	$g_{кр}$, кг/кВт·ч	$\eta_{тяг}$
I	1	97,18	3000	23,05	48,706	41,686	4,754	3,88	44,928	0,513	0,462
	2	99,41	3150	23,79	47,446	40,426	4,482	4,789	53,778	0,442	0,541
	3	101,02	3300	24,49	46,027	39,007	4,175	5,705	61,815	0,396	0,612
	4	101,94	3450	25,13	44,427	37,407	3,837	6,629	68,881	0,365	0,676
	5	102,14	3500	25,68	42,659	35,639	3,479	7,561	74,852	0,343	0,772
II	1	97,18	3000	23,05	41,628	34,608	3,428	4,524	43,491	0,530	0,448
	2	99,41	3150	23,79	40,556	33,536	3,243	5,578	51,962	0,458	0,523
	3	101,02	3300	24,49	39,339	32,319	3,033	6,639	59,602	0,411	0,590
	4	101,94	3450	25,13	37,971	30,951	2,799	7,706	66,252	0,379	0,650
	5	102,14	3500	25,68	36,46	29,44	2,548	8,779	71,793	0,358	0,703
III	1	97,18	3000	23,05	35,581	28,561	2,512	5,252	42,95	0,537	0,442
	2	99,41	3150	23,79	34,664	27,664	2,381	6,472	49,734	0,478	0,500
	3	101,02	3300	24,49	33,625	26,605	2,232	7,698	56,89	0,430	0,563
	4	101,94	3450	25,13	32,456	25,436	2,064	8,928	63,081	0,398	0,619

Выводы по разделу.

В разделе выполнен тягово-динамический расчёт колесного трактора «Беларус».

3 Конструкторская часть

3.1 Актуальность проблемы

«При покупке новой техники отдаётся предпочтение колёсным тракторам Минского тракторного завода вследствие некоторых причин (тракторы Беларус предприятиями приобрести легче из-за помощи государства, простота в обслуживании, ремонтпригодность и надёжность в эксплуатации), а трактор Беларус-1523В в последнее время самый покупаемый из энергонасыщенных тракторов. Ему приходится работать в различных тягово-сцепных условиях, поэтому данная проблема повышения тягово-сцепных свойств довольно актуальна.

Самый простой способ, не требующий больших дополнительных капиталовложений и затрат труда – это применение блокировки дифференциала поскольку все современные трактора оборудуются различными устройствами блокировки дифференциала отличающимися принципом действия и конструктивным исполнением» [11].

«Блокировка дифференциала как способ повышения тягово-сцепных свойств имеет ряд преимуществ по сравнению с другими широкоизвестными способами (применение арочных шин и сдвоенных колес, полугусеничного хода, наполнения камер водой, механическое и гидравлическое догружение и т. п.)

- нет необходимости в специальной подготовке трактора;
- простота в использовании не требующая больших навыков от тракториста;
- возможность автоматизации;
- самое главное то, что блокировка дифференциала может сочетаться с любыми другими способами повышения тягово-сцепных свойств» [19].

«Из всех способов блокировать дифференциал в тракторостроении наибольшее применение получили три способа блокировки дифференциала ведущих колёс: 1) принудительная, 2) применение самоблокирующихся дифференциалов и дифференциалов повышенного трения, 3) автоматическая с внешним управлением. Принудительная блокировка может включаться только при прямолинейном движении при необходимости повысить тягово-сцепные свойства, при повороте на хорошей дороге с заблокированным дифференциалом в трансмиссии возникают большие напряжения способные привести к поломке последнего, а также повышенный износ шин и тяжесть управления.

Самый оправданный способ блокировки дифференциала тракторов семейства «Беларус» это автоматическая блокировка дифференциала, которая сейчас устанавливается на все трактора «Минского тракторного завода», но, на мой взгляд, в ней есть небольшой недостаток, который проявляется на энергонасыщенных тракторах» [9].

С увеличением мощности двигателя конструкция заднего ведущего моста трактора Беларус-1523В изменилась не значительно, но передаваемая мощность возросла, и как следствие на очень нагруженных работах иногда случаются поломки дифференциала. В основном это происходит, когда в тяжёлых условиях тракторист использует принудительную блокировку дифференциала. Поэтому вводя в магистраль подвода масла к муфте механизма блокировки предохранительный клапан, рассчитанный на давление, достаточное для блокировки дифференциала, мы исключаем аварийную эксплуатацию трактора. Если трактор выедет на хорошую дорогу или в случае перегрузки, фрикционная муфта блокировки дифференциала будет работать как предохранительная муфта и на время разблокирует дифференциал, исключив тем самым его поломку. Самое важное, что данная модернизация не требует переналадки оборудования и значительных капиталовложений.

Кроме этого предлагается автоматизировать систему путем модернизации системы управления блокировкой дифференциала, обеспечивающей автоматическое управление блокировкой дифференциала в зависимости от скорости движения трактора и угла поворота управляемых колес. Данная модернизация позволит повысить не только эффективность использования трактора «Беларус-1523В», но и позволит диагностировать узел.

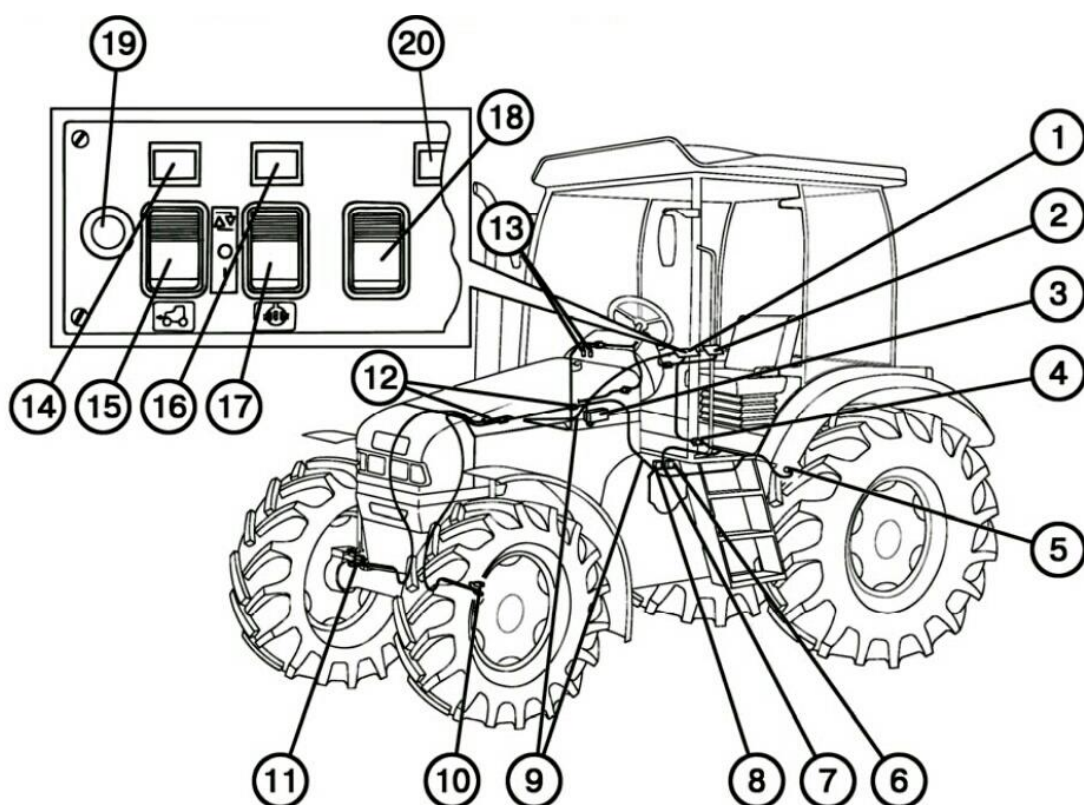
3.2 Обзор и анализ систем управления блокировкой дифференциала

Система управления блокировкой дифференциала заднего моста трактора «Беларус-1523В» (рисунок 13).

«Система управления блокировкой дифференциала (БД) заднего моста состоит из панели управления (1), расположенной в кабине трактора справа от водителя, датчика (10) угла поворота направляющих колес, установленного на ПВМ с левой стороны, двух датчиков (13) включенного состояния рабочих тормозов, расположенных под тормозными педалями электрогидрораспределителя (6), установленного на правой крышке КП и гидравлически связанного с фрикционной муфтой БД заднего моста, соединительных кабелей (9) с разъемом (4) и колодками (12). Система запитана от бортовой электросети через блок предохранителей (2). Питание системы осуществляется после запуска двигателя от блока пусковых реле (3).

На панели (1) расположены клавишный переключатель (17) управления БД заднего моста и сигнализатор (16) включенного состояния БД заднего моста. Переключатель (17) имеет три положения:

- блокировка автоматическая (верхнее фиксированное);
- блокировка принудительная (нижнее нефиксированное);
- блокировка выключена (среднее фиксированное).



- 1 – панель управления; 2 – блок предохранителей; 3 – блок пусковых реле;
 4 – штепсельный разъем; 5 – датчик реверса; 6 – электрогидрораспределитель управления БД; 7 – датчик автоматического включения привода ПВМ; 8 – гидрораспределитель управления приводом ПВМ; 9 – соединительные кабели; 10, 11 – датчики угла поворота направляющих колес; ± 13 град. и ± 25 град., соответственно; 12 – соединительные колодки; 13 – датчики включенного состояния рабочих тормозов;
 14, 16, 20 – сигнализаторы; 15 – переключатель управления приводом ПВМ;
 17 – переключатель управления БД; 18 – переключатель ПВОМ (если установлен);
 19 – включатель звукового сигнала (1523В)

Рисунок 13 – Система управления блокировкой дифференциала (БД) заднего моста и приводом переднего ведущего моста (ПВМ)

В положении переключателя (17) «Блокировка выключена» к электрогидрораспределителю (6) не подается питание, муфта БД заднего моста сообщена со сливом и дифференциал заднего моста разблокирован. В положении переключателя (17) «Блокировка автоматическая» (при выполнении работ со значительным относительным буксованием задних колес) включается электрогидрораспределитель (6), который направляет поток масла под давлением к муфте БД заднего моста и блокирует дифференциал. Разблокирование дифференциала будет происходить автоматически при повороте направляющих колес на угол более 13° в любую

сторону или при включении одного или обоих рабочих тормозов. При необходимости кратковременного блокирования задних колес, в том числе и при повороте, нажмите нижнюю часть клавиши (17) в положение «Блокировка принудительная» и удерживайте ее в этом положении. При отпуске клавиши происходит разблокирование («Блокировка выключена»)» [13].

Устройство блокировки RU пат. № 1041327 В 60К 17/20 (рисунок 14) опубликовано 24.08.1984г.

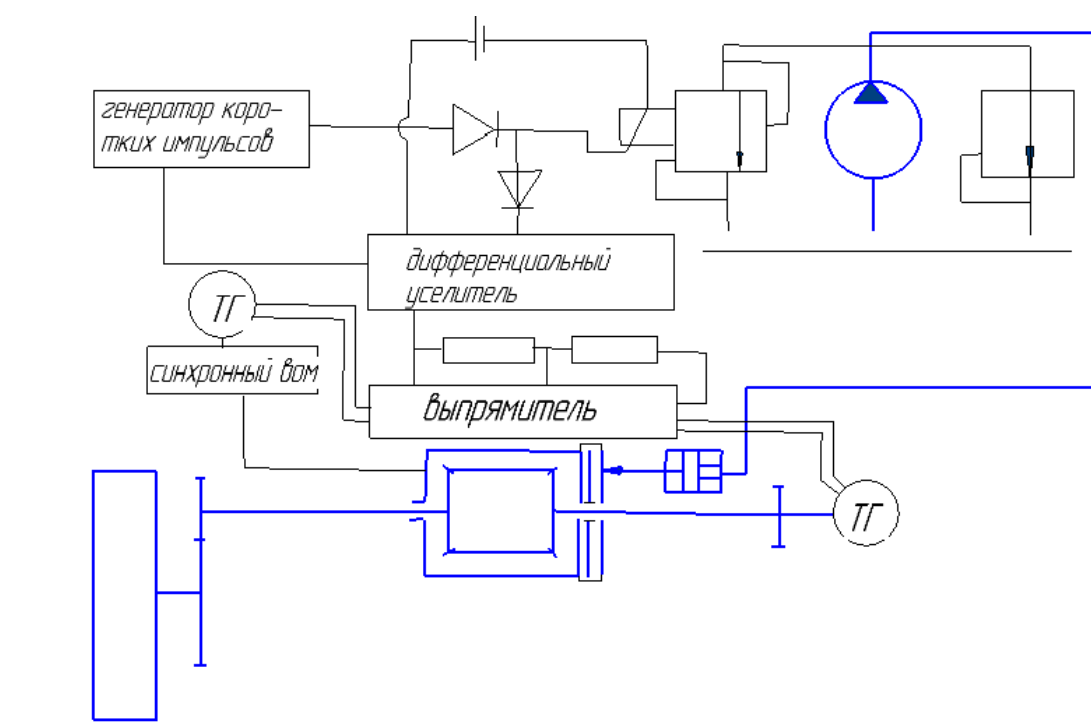


Рисунок 14 – Устройство блокировки RU пат. № 1041327

«Устройство блокировки отличается тем, что управление блокирующим устройством выполнено электрогидравлическое следящим с переменным моментом трения, регулируемым в зависимости от разности вращения полуосей трактора, состоящим из двух тахогенераторов, соединённых с синхронным валом отбора мощности и ведущей шестерней конечной передачи, мостовых трёхфазных выпрямителей, потенциометрического сравнивающего устройства, усилителя постоянного тока, генератора коротких импульсов, электрогидравлического клапана

пропорционального типа, фрикционной блокировочной муфты. В данном случае блокировка дифференциала блокируется переменным моментом трения, зависящим от величины буксования колес, а не постоянным моментом трения.

Реализовано это посредством электромагнитного клапана пропорционального типа, на который подаётся управляющая команда в зависимости от буксования ведущих колёс, получая команду, клапан уменьшает или увеличивает давление масла, подаваемого во фрикционную муфту, тем самым изменяет блокирующий момент» [13].

Механизм блокировки дифференциала по сигналу управляющего устройства USA патент № 4967109, МПК В60К 41/00 (рисунок 15), опубликован 09.04.1996 г.

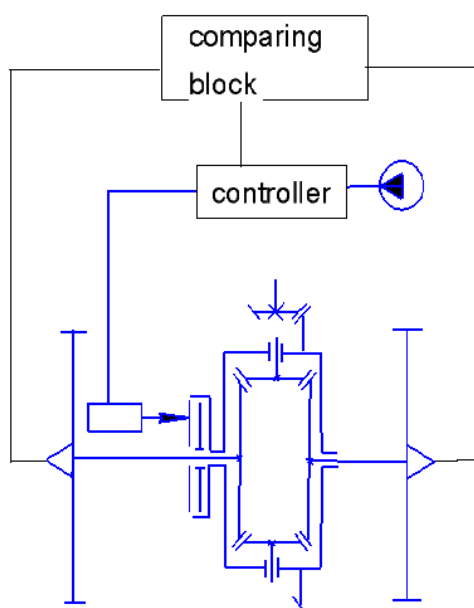


Рисунок 15 – Механизм блокировки дифференциала по сигналу управляющего устройства USA патент № 4967109

«В патенте описывается сельскохозяйственная машина с механизмом блокировки дифференциала по сигналу управляющего устройства, которое содержит датчик скорости движения машины, датчик частоты вращения по меньшей мере одного из приводных колес, вырабатывающий пропорциональный сигнал, компаратор, сравнивающий сигналы датчиков и

вырабатывающий сигнал, пропорциональный степени пробуксовывания приводного колеса, а также блок управления, соединенный с компаратором и блокирующим механизмом. Блок управления вырабатывает управляющие сигналы когда пробуксовывание колес достигает заданной величины. Управляющий сигнал поступает в механизм блокировки дифференциала, ограничивая пробуксовывание колес машины.

Отличия проверяемой системы в том, что в применяемой системе управления отсутствуют датчики скорости движения машины и частоты вращения по меньшей мере одного из приводных колес, компаратор, сравнивающий их сигналы. В проверяемой системе при включенном автоматическом режиме дифференциал разблокируется при повороте направляющих колес на угол свыше 13° и торможении» [16].

Устройство управления блокировкой дифференциала транспортного средства RU Пат. № 2265766 F 16 H 48/30 (рисунок 16).

«Устройство блокировки отличается тем, что содержит главную и дифференциальную передачи и блокирующее устройство, включающее сцепную муфту и управляющий орган. Ведущая полумуфта сцепной муфты жёстко связана с водилом, а ведомая полумуфта с помощью подвижного шлицевого соединения с полуосью. Управляющий орган содержит датчики угловой скорости колеса в виде тахометров, кинематически связанных с полуосями, схему измерения и сравнения углового ускорения колёс с заданным критическим значением, включающую дифференцирующие звенья, преобразующие угловые скорости и в угловые ускорения ϵ и ϵ , которые с помощью сумматоров сравниваются с заданным критическим ускорением $\epsilon_{кр}$ диоды, усилители и реле времени, а также сервопривод. Последний при помощи вилки кинематически связан с ведомой полумуфтой» [14].

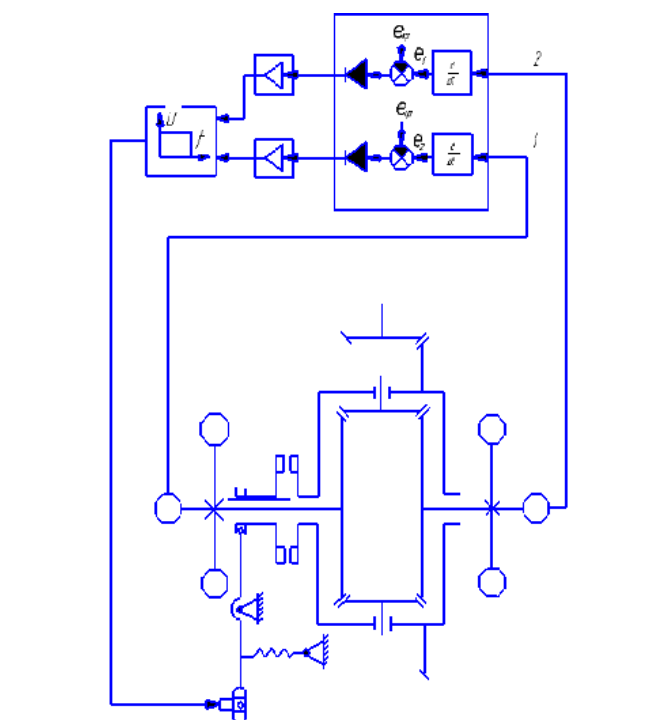


Рисунок 16 – Устройство управления блокировкой дифференциала транспортного средства RU Пат. № 2265766

«Вилка снабжена пружиной, обеспечивающей нормально разомкнутое состояние муфты при отсутствии управляющего сигнала на сервопривод. При маневрировании машины при условии $\Delta e_1 = e_1 - e_{кр} > 0$ на сервопривод поступит сигнал и он, преодолевая сопротивление пружины, перемещая полумуфту по шлицам, и полумуфты, сцепляясь, блокируют водило с центральным колесом. Дифференциал блокируется» [14].

Система управления блокировкой дифференциала ведущего моста колёсного транспортного средства RU Пат. 2246060 F 16 H 48/30 (рисунок 17).

«Устройство отличается тем, что система управления блокировкой дифференциала ведущего моста колёсного транспортного средства, содержащая источник давления текучей среды с редукционным клапаном, распределитель, управляемый от рулевого колеса и ручной тяги и сообщённый с управляющей полостью муфты блокирования, образованной корпусом этой муфты и подвижной перегородкой, и дополнительной диафрагменной камерой, имеющей свою управляющую полость,

размещенную соосно и последовательно относительно управляющей полости муфты блокирования, причём подвижная перегородка последней связана с нажимным диском посредством штока, жёстко соединенного одним своим концом с этим нажимным диском и установленного с возможностью взаимодействия посредством закрепленного на другом его конце опорного фланца с диафрагмой дополнительной диафрагменной камеры, а своей средней частью проходящего через центральную часть подвижной перегородки и жёстко связанного с опорной шайбой, установленной с возможностью взаимодействия с этой перегородкой, при этом управляющая полость дополнительной диафрагменной камеры сообщена с распределителем, выполненным трехпозиционным, избирательно обеспечивающим связь упомянутых управляющих полостей со сливной магистралью и редукционным клапаном, выполненным регулируемым» [24].

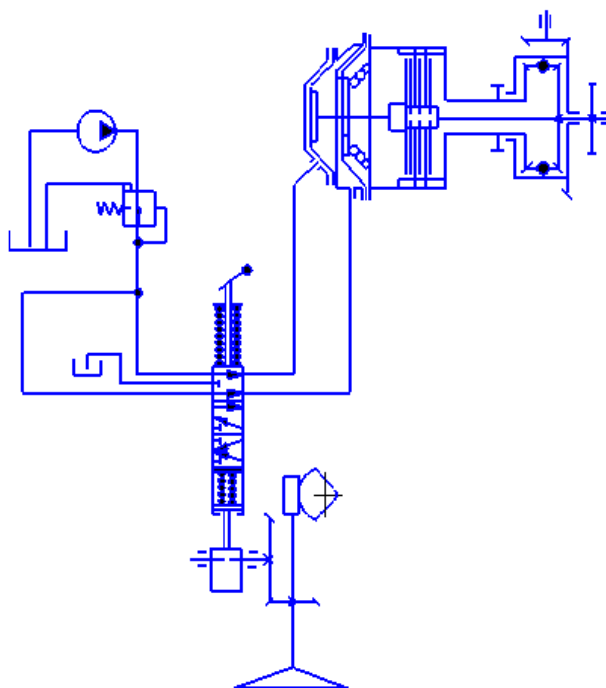


Рисунок 17 – Система управления блокировкой дифференциала ведущего моста колёсного транспортного средства RU Пат. 2246060

«Снабжение системы управления блокировкой дифференциала двухкамерным диафрагменным цилиндром, состоящим из управляющей полости муфты блокирования, образованной корпусом этой муфты и

подвижной перегородкой, и дополнительной диафрагменной камеры, имеющей свою управляющую полость, размещенную соосно и последовательно относительно управляющей полости муфты блокирования, позволяет получить ступенчатое изменение уровня блокировки дифференциала путём подачи текучей среды под давлением одновременно в обе управляющие полости, обеспечивая тем самым высокий уровень блокировки, или только в одну управляющую полость, обеспечивая низкий уровень блокировки» [24].

«Проведя анализ механизмов блокировки дифференциала используемых на отечественных и зарубежных тракторах, а также в процессе поиска в охранных документах различных стран были выявлены следующие тенденции:

- только принудительная блокировка на современных тракторах не применяется;
- основная масса охранных документов в области блокировки дифференциала приходится на самоблокирующиеся дифференциалы и дифференциалы повышенного трения;
- в автоматических блокировках дифференциала чаще всего управление осуществляется при помощи электрогидравлических систем управления, а в зарубежных аналогах электронно-гидравлических систем управления» [23].

В процессе проведения проверки на патентную чистоту объекта «Управление блокировкой дифференциала» был проведен поиск по массивам патентной информации в отношении изобретений и полезных моделей по странам проверки: Российская Федерация, Великобритания, США, Германия и Франция.

«При проведении поиска был просмотрен и проанализирован массив информации по классам МПК В60К и МПК F 16 Н 48/28-30, что охватывает управление блокировкой дифференциалов и дифференциалы с внешней блокировкой в результате были отобраны охранные документы, по

технической сущности близко совпадающие с проверяемым объектом и его составными частями. После их предварительного анализа были выявлены существенные отличия, исключающие необходимость последующего детального сопоставительного анализа» [19].

На основании вышеизложенного можно сделать следующие выводы: проверяемый объект «Управление блокировкой дифференциала» обладает патентной чистотой в отношении изобретений в странах: Российская Федерация, Великобритания, США, Германия и Франция.

Проверяемый объект может быть беспрепятственно реализован на территории вышеназванных стран проверки.

3.3 Описание работы модернизированной системы

Предлагаемая система блокировки дифференциала имеет следующие составные части:

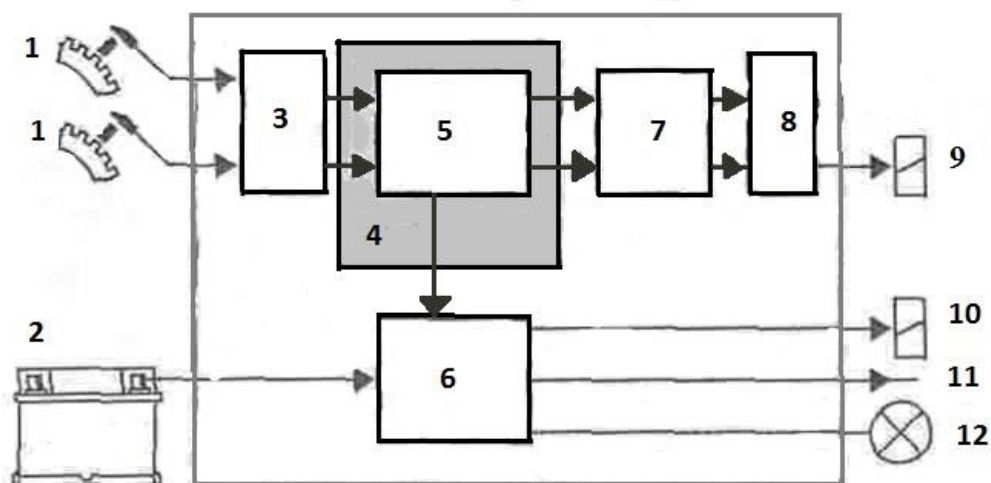
Датчик скорости вращения колес.

Индуктивный колесный датчик скорости вращения обеспечивает электронный блок управления (ECU) необходимой информацией о скорости вращения колес. Схема предлагаемой системы блокировки дифференциала показана на рисунке 18.

Блок ECU с LSI.

Блок ECU системы принимает, фильтрует и усиливает сигнал от датчика скорости вращения колеса перед их использованием для определения скольжения и ускорения колес.

Входной блок. Состоит из фильтра низких частот и входного усилителя.



- 1 – датчики скорости вращения колес; 2 – аккумуляторная батарея; 3 – входной блок;
 4 – цифровой контроллер; 5 – LSI; 6 – стабилизатор напряжения; 7 – выходной блок;
 8 – выходной каскад; 9 – соленоидные клапаны; 10 реле защиты;
 11 – стабилизированное напряжение аккумуляторной батареи; 12 – сигнальная лампа

Рисунок 18 – Предлагаемая система блокировки дифференциала

Цифровой контроллер состоит из цифровых LSI. Этот блок обрабатывая информацию, поступающую от двух колес (каналы 1 и 2), и проводят логические вычисления.

«Логика контроллера преобразует сигналы управления в позиционные команды для соленоидного клапана.

Последовательный интерфейс, подсоединенный к входному каскаду логического устройства и логики контроллера посредством канала передачи данных, поддерживает связь и передачу данных между цифровыми LSI.

Еще один функциональный блок содержит схему управления для обеспечения распознавания ошибок и анализа. Как только в ECU появляется неисправность, сигнальная лампочка информирует водителя о том, что система блокировки дифференциала больше не функционирует. Однако система блокировки дифференциала сохраняет полную работоспособность даже тогда, когда она неисправна (принудительная блокировка)» [19].

«Выходной блок. Выходной блок функционируют подобно регуляторам тока для каналов 1+2 во время получения поступающих от LSI позиционных команд, используемых для управления соленоидом.

Выходной каскад. Использует входы от регуляторов тока двух выходных блоков для возбуждения тока соленоидных клапанов.

Стабилизатор напряжения. В функцию этого блока входит стабилизация напряжения в пределах допуска, необходимого для надежной работы ECU. Блок также реагирует на недостаточное бортовое напряжение посредством отключения устройства, управляет работой реле и цепью сигнальной лампы» [24].

«Блок управления с микропроцессорами. В этом блоке LSI используются два микропроцессора, которые осуществляют обработку сигналов, прогон программы контроллера и функцию автоуправления системы блокировки дифференциала. Блок также выполняет диагностику в соответствии со стандартами ISO, давая возможность отслеживать неисправные компоненты системы блокировки дифференциала с помощью сигнальной лампы или измерительного прибора.

Использование микропроцессора позволяет достичь значительной оптимизации контроллерных алгоритмов, включая адаптацию к требованиям характеристик трактора и особенностей водителя» [25].

«Соленоидный клапан. Клапан служит для управления давлением в муфте системы блокировки дифференциала трактора.

Система работает следующим образом.

Если датчики частоты вращения полуосей определяют, что колеса во время прямолинейного движения имеют разные частоты вращения, то блок управления открывает клапан электрогидрораспределителя и масло под давлением попадает в муфту управления блокировки дифференциала, последний блокируется и обеспечивает равномерное вращение ведущих колес трактора. Разблокировка дифференциала осуществляется при увеличении скорости трактора более 20 км/ч, и (или) при повороте рулевого колеса на угол более 13 град. (программируется в ECU)» [19].

Спецификация на задний мост колесного трактора представлена в Приложении А (рисунок А.1).

«Кроме этого в заднем ведущем мосту возле муфты блокировки дифференциала устанавливаем предохранительный клапан (рисунок 19). Его применение обосновано тем, что на высоко нагруженных работах иногда случаются поломки дифференциала. В основном это происходит, когда в тяжёлых условиях тракторист использует принудительную блокировку дифференциала. Поэтому вводя в магистраль подвода масла к муфте механизма блокировки предохранительный клапан, рассчитанный на давление достаточное для блокировки дифференциала, таким образом исключается аварийная эксплуатация трактора» [11].

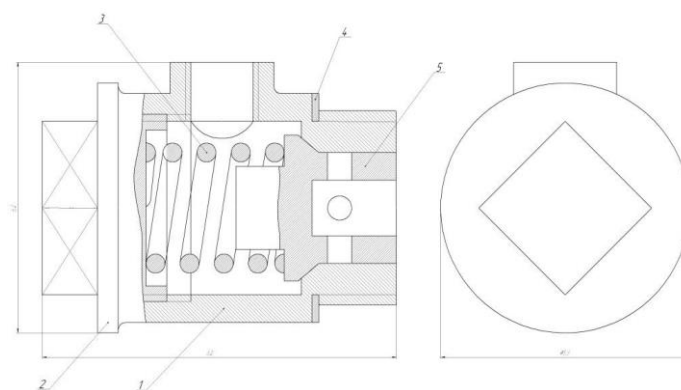


Рисунок 19 – Предохранительный клапан

Спецификация на датчик скорости колесного трактора представлена в Приложении А (рисунок А.2).

3.4 Конструкторские расчеты

Расчет динамики поворота трактора с передними управляемыми колесами.

«В общем случае поворота колесной машины с двумя управляемыми передними колесами на нее действуют следующие силы (рисунок 20): сила P_{fn} сопротивления качению управляемого колеса, установленного под некоторым углом α поворота; инерционная центробежная сила P_{φ} , возникающая в результате перемещения остова трактора с некоторой угловой скоростью ω_{Π} вокруг центра поворота O и приложенная в центре тяжести машины; касательные силы тяги P_{k1} и P_{k2} соответственно на забегающем и отстающем колесе» [13].

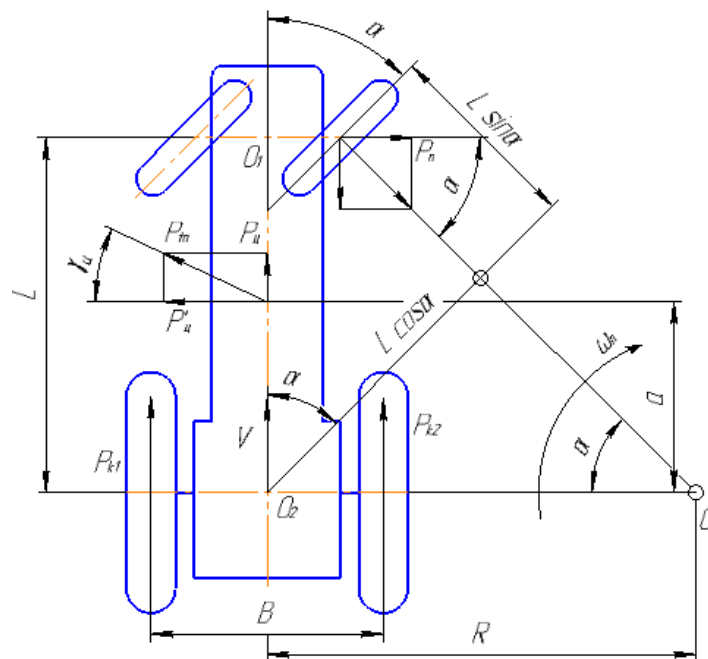


Рисунок 20 – Схема сил, действующих на колесную машину при повороте

«Момент сил сопротивления повороту вокруг точки O_2 :

$$M_{c.n} = P_{f.n} \cdot L \cdot \sin \alpha + P_{\varphi} \cdot \cos \gamma_u + (P_{k2} - P_{k1}) \cdot 0,5B, \quad (26)$$

где $P_{f.n}$ – сила сопротивления качению управляемых колес,
установленных под некоторым углом α поворота;
 L – продольная база трактора;
 α – угол поворота» [13].

Обозначим сумму моментов всех сил, действующих со стороны остова на управляемые колеса, через M_{pez} и выразим его через момент одной условной силы сопротивления повороту Z_n , приложенной в центре оси качения поворачиваемого колеса на плече $L \cos \alpha$, то есть:

$$M_{pez} = z_n \cdot L \cdot \cos \alpha. \quad (27)$$

Момент сопротивления в модернизированной системе:

$$M_{pez1} = 260 \cdot 2,85 \cdot 0,98 = 72,61 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Момент сопротивления в базовой системе:

$$M_{pez2} = 300 \cdot 2,85 \cdot 0,98 = 83,79 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Тогда момент сопротивления повороту

$$M_{c.n} = M_{pez} + P_{f.n} \cdot L \cdot \sin \alpha, \quad (28)$$

$$M_{c.n1} = 72,61 + 5684 \cdot 2,85 \cdot 0,173 = 2875,1 \text{ Н} \cdot \text{м},$$

$$M_{c.n2} = 83,79 + 5684 \cdot 2,85 \cdot 0,173 = 2886,3 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

«Допустим, что при повороте возникает поворачивающая сила P_n , представляющая собой результирующую боковых реакций дороги, действующих в пятне контакта на управляемые колеса при установке их под

углом к нейтральному положению. Она приложена в центре O_1 поворота управляемого колеса и проходит через центр O поворота машины. Поворачивающий момент этой силы относительно точки O_2 :

$$P_n \cdot L \cdot \cos \alpha = M_{pez} + P_n \cdot L \cdot \sin \alpha. \quad (29)$$

Отсюда:

$$P_n = \frac{M_{pez}}{L \cdot \cos \alpha + P_{fn} \cdot L \cdot \tan \alpha}, \quad (30)$$

$$P_{n1} = 72,61 / 2,85 \cdot (-0,839) + 5684 \cdot 0,648 = 19,73$$

$$P_{n2} = 83,79 / 2,85 \cdot (-0,839) + 5684 \cdot 0,648 = 22,76$$

$$\Delta P = \left(\frac{P_{n2} - P_{n1}}{P_{n1}} \cdot 100 \right), \quad (31)$$

$$\Delta P = \left(\frac{22,76 - 19,73}{19,73} \cdot 100 \right) = 15,36\%.$$

Продольная составляющая P_n поворачивающей силы приложена к шарниру передней оси и направлена против движения. В связи с этим сопротивление качению на повороте значительно больше, чем при прямолинейном движении в аналогичных условиях» [15].

«На значение момента сопротивления повороту остова трактора, помимо внешних факторов, существенно влияет работа межколесного дифференциала. При отсутствии или блокировке дифференциала момент сопротивления повороту, создаваемый силами трения и другими реакциям и почвы, действующими на ведущие колеса, был бы весьма значительным. Это повлекло бы за собой соответствующее увеличение требуемой

поворачивающей силы, затруднило бы управление трактором и привело к перегрузкам передних колес и рулевого механизма. При работе дифференциала каждое ведущее колесо может свободно вписываться в свою кривую. В результате этого момент сопротивления повороту, создаваемый указанными силами, получается относительно небольшим по сравнению с моментом, возникающим при заблокированном дифференциале» [15].

Предельное значение поворачивающей силы зависит от свойств почвы и сцепных свойств обода шины, то есть:

$$P_{nmax} = \varphi_{cy} Y_n, \quad (32)$$

$$P_{nmax} = 0,8 \cdot 4565,77 = 3652,6 \text{ Н.}$$

Таким образом, поворот возможен, если:

$$\varphi_{cy} Y_n \geq \frac{M_{pez}}{(L \cos \alpha + P_{fn} \operatorname{tg} \alpha)}, \quad (33)$$

$$Y_n \geq \frac{(\frac{M_{pez}}{L \cos \alpha} + P_{fn} \operatorname{tg} \alpha)}{\varphi_{cy}}, \quad (34)$$

$$Y_n \geq (72,61 / 2,85 \cdot (-0,839) + 5684 \cdot 0,648) / 0,8 = 4565,77 \text{ Н.}$$

«На сухой твердой поверхности условие сохранения управляемости, выраженное уравнением 11, обеспечивается с достаточной надежностью. На скользких дорогах и рыхлых почвах это условие часто не выдерживается. Управляемость тракторов ухудшается также при работе с большими силами тяги на крюке и с навесными машинами (в некоторых случаях) из-за разгрузки передних колес и уменьшения в связи с этим силы сцепления с почвой. Управляемость трехколесных тракторов ухудшается еще из-за того, что боковая сила сцепления с почвой одного колеса (одинарного или

сдвоенного) при прочих равных условиях меньше соответствующей суммарной силы сцепления двух широко расставленных колес.

Ухудшение управляемости автомобилей наблюдается при торможении управляемых колес, так как нагрузка колес продольными силами снижает их сцепление с дорогой в поперечном направлении. Резкое торможение может привести к полной потере управляемости» [15].

Для осуществления поворота даже в тех случаях, когда условие 11 сохранения управляемости не соблюдается, на тракторах предусмотрено комбинирование обычного рулевого управления с регулированием момента на ведущих колесах.

Между отношением угловых скоростей ω_2/ω_1 и радиусом R поворота машины существует следующая закономерность:

$$\frac{\omega_2}{\omega_1} = \frac{R + 0,5B}{R - 0,5B}, \quad (35)$$
$$\frac{\omega_2}{\omega_1} = \frac{7,6 + 0,5 \cdot 2,43}{7,6 - 0,5 \cdot 2,43} = 1,38.$$

Расчёт необходимого давления для блокировки дифференциала.

«Основной статической характеристикой системы автоматического управления дифференциалом данного типа является величина предельного момента блокировочной муфты и значение угла блокирования. Так как защиту рассчитываем для принудительной блокировки тогда:

$$M_{mp} = \frac{\Delta\varphi_{np} \cdot G_k \cdot r_k}{i_{\delta n}} \quad (36)$$

где $\Delta\varphi_{np}$ – приведенная разность коэффициентов сцепления колёс с опорной поверхностью;

G_k – вертикальная нагрузка на ведущие колёса, кН;

r_k – радиус качения ведущих колёс, м;

i_{on} – передаточное отношение бортовой передачи» [15].

$$M_{mp} = \frac{0,4 \cdot 55 \cdot 0,829}{6,856} = 2,66 \text{ кН} \cdot \text{м}.$$

Момент трения полностью включенной муфты должен превышать передаваемый ею номинальный крутящий момент

$$M_{\phi} = \beta \cdot M_n = P \cdot \mu \cdot r_{mp} \cdot z, \quad (37)$$

где β – коэффициент запаса муфты, принимается равным 1,15;

M_n – номинальный крутящий момент;

P – суммарное осевое усилие сжатия дисков;

μ – коэффициент трения;

r_{mp} – радиус поверхностей трения;

z – число пар поверхностей трения» [15].

Из формулы 14 выразим суммарное осевое усилие сжатия дисков:

$$P = \frac{\beta \cdot M_n}{\mu \cdot r_{mp} \cdot z}. \quad (38)$$

«Поскольку диски будут сжиматься давлением масла, тогда:

$$P = F_n \cdot p. \quad (39)$$

где F_n – площади поршня гидроцилиндра,

p – давление рабочей жидкости в гидроцилиндре» [15].

$$F_n = \frac{\pi \cdot D^2}{4}. \quad (40)$$

Давление рабочей жидкости в гидроцилиндре:

$$p = \frac{\beta \cdot M_n}{\mu \cdot r_{mp} \cdot z \cdot F_n} = \frac{4 \cdot \beta \cdot M_n}{\mu \cdot r_{mp} \cdot z \cdot \pi \cdot D^2} \quad (41)$$

Подставим в формулу 17 числовые значения, найдем величину давления, на которое впоследствииотрегулируем предохранительный клапан.

$$p = \frac{4 \cdot 1,15 \cdot 2,66 \cdot 10^6}{0,3 \cdot 70 \cdot 4 \cdot 3,14 \cdot 160^2} = 1,81 \text{ МПа}. \quad (42)$$

Выводы по разделу.

В разделе выполнен обзор и анализ систем управления блокировкой дифференциала, выполнено описание работы модернизированной системы блокировки дифференциала, проведены конструкторские расчеты. Данная модернизация позволит повысить не только эффективность использования трактора «Беларус-1523В», но и позволит диагностировать узел, также модернизация не требует переналадки оборудования и значительных капиталовложений.

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 дифференциал колесного трактора Беларусь не будет иметь большого спроса, сборку можно осуществлять методом мелкосерийной сборки.

«В мелкосерийном производстве используют форму стационарной непоточной сборки с дифференциацией процесса на узловую и общую сборку. Процесс сборки осуществляется бригадами рабочих, имеющих профильную специальность по каждому виду сборочных работ» [13].

«Рассчитаем такт выпуска по формуле:

$$T_{\text{д}} = \frac{F_{\text{д}} \cdot 60 \cdot m}{N}, \quad (43)$$

где $F_{\text{д}}$ – 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 200 шт» [13].

$$T_{\text{д}} = \frac{2070 \cdot 60 \cdot 1}{200} = 621 \text{ ч.}$$

Далее составляем технологическую схему сборки.

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 стакана подшипников дифференциала колесного трактора Беларусь представлен в таблице 3.

Таблица 3 – Перечень сборочных работ

Содержание основного и вспомогательного перехода	Время на выполнение операции, мин.
Взять стакан подшипников с валом шестерней	0,1
Осмотреть стакан подшипников с валом шестерней на наличие повреждений и дефектов	0,3
Взять корпус	0,1
Осмотреть корпус на наличие повреждений и дефектов	0,3
Установить стакан подшипников с валом шестерней в корпус	3
Взять подшипник 6-67512АШ2	0,1
Осмотреть подшипник 6-67512АШ2 на наличие повреждений и дефектов	0,3
Запрессовать подшипник 6-67512АШ2 в корпус	2
Взять шестерню ведомую главной передачи	0,1
Осмотреть шестерню ведомую главной передачи на наличие повреждений и дефектов	0,3
Взять болт призонный М12×42 (14 шт.)	0,3
Установить шестерню ведомую главной передачи в корпус при помощи болтов призонных М12×42	7
Взять пластину стопорную	0,1
Осмотреть пластину стопорную на наличие повреждений и дефектов	0,3
Установить пластину стопорную	2
Взять гайку М6-6Н.6.019 (14 шт.)	0,7
Закрутить гайки М6-6Н.6.019 (14 шт.)	7
Взять сателлит в сборе	0,1
Осмотреть сателлит в сборе на наличие повреждений и дефектов	0,3
Установить сателлит в сборе в корпус	3
Взять шестерню полуосевую	0,1
Осмотреть шестерню полуосевую на наличие повреждений и дефектов	0,3
Установить шестерню полуосевую в корпус	2
Взять вал-шестерню	0,1
Осмотреть вал-шестерню на наличие повреждений и дефектов	0,3
Установить вал-шестерню в корпус	2
Взять шайбу опорную	0,1
Установить шайбу опорную на вал-шестерню	0,6
Взять крышку	0,1
Осмотреть крышку на наличие повреждений и дефектов	0,3
Взять подшипник 6-7512АШ2	0,1
Осмотреть подшипник 6-7512АШ2 на наличие повреждений и дефектов	0,3
Запрессовать подшипник 6-7512АШ2 в крышку	2
Взять кольцо 010-015-30-2-3	0,1
Зафиксировать кольцом 010-015-30-2-3 подшипник 6-7512АШ2	0,6

Продолжение таблицы 3

Содержание основного и вспомогательного перехода	Время на выполнение операции, мин.
Взять стакан подшипников	0,1
Осмотреть стакан подшипников на наличие повреждений и дефектов	0,3
Взять прокладку 0,2 мм	0,1
Взять прокладку 0,5 мм	0,1
Осмотреть прокладки на наличие повреждений и дефектов	0,5
Взять крышку	0,1
Осмотреть крышку на наличие повреждений и дефектов	0,3
Взять болт М8-6g×20.88.35.019 (4 шт.)	0,1
Установить на корпус прокладки 0,2 мм, 0,5 мм и при помощи болтов М8-6g×20.88.35.019 установить крышку на корпус	6
Взять манжету 2.2-38×58-1	0,1
Осмотреть манжету 2.2-38×58-1 на наличие повреждений и дефектов	0,3
Запрессовать манжету 2.2-38×58-1 в крышку	2
Проверить качество выполненных операций и выполнить регулировку	10
Итого:	60,91

Рассчитаем общее оперативное время на все виды работ по формуле:

$$t_{on}^{общ} = \sum t_{on1} + t_{on2} + \dots t_{on_n}, \quad (44)$$

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

«Определяем суммарную трудоемкость сборки изделия по формуле:

$$t_{ум}^{общ} = t_{on}^{общ} + t_{on}^{общ} \cdot \left(\frac{\alpha + \beta}{100} \right), \quad (45)$$

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%» [23].

$$t_{ум}^{общ} = 56,4 + 56,4 \cdot \left(\frac{3+5}{100} \right) = 60,91 \text{ мин.}$$

4.2 Проектирование технологического процесса сборки стакана подшипников дифференциала колесного трактора Беларус

Составим последовательность технологических операций с указанием приспособлений и затрачиваемого на выполнение операций времени заносим в таблицу 4.

Таблица 4 – Технологический процесс сборки стакана подшипников дифференциала колесного трактора Беларус

Номер операции	Наименование операции	Номер позиции	Содержание операции, перехода	Оборудование, инструмент, приспособление	Затрачиваемое время, мин.
005	Сборочная	1	Взять стакан подшипников с валом шестерней	Гаечные ключи различных размеров, динамометрический ключ, съемник-установщик колец и защитной обоймы, шестигранные ключи, тиски, молоток, металлическая рейка, индикатор зазора	50,91
		2	Осмотреть стакан подшипников с валом шестерней на наличие повреждений и дефектов		
		3	Взять корпус		
		4	Осмотреть корпус на наличие повреждений и дефектов		
		5	Установить стакан подшипников с валом шестерней в корпус		
		6	Взять подшипник 6-67512АШ2		
		7	Осмотреть подшипник 6-67512АШ2 на наличие повреждений и дефектов		
		8	Запрессовать подшипник 6-67512АШ2 в корпус		
		9	Взять шестерню ведомую главной передачи		
		10	Осмотреть шестерню ведомую главной передачи на наличие		

Продолжение таблицы 4

Номер операции	Наименование операции	Номер позиции	Содержание операции, перехода	Оборудование, инструмент, приспособление	Затрачиваемое время, мин.
		11	повреждений и дефектов		
		12	Взять болт призонный М12×42 (14 шт.)		
		13	Установить шестерню ведомую главной передачи в корпус при помощи болтов призонных М12×42		
		14	Взять пластину стопорную		
		15	Осмотреть пластину стопорную на наличие повреждений и дефектов		
		16	Установить пластину стопорную		
		17	Взять гайку М6-6Н.6.019 (14 шт.)		
		18	Закрутить гайки М6-6Н.6.019 (14 шт.)		
		19	Взять сателлит в сборе		
		20	Осмотреть сателлит в сборе на наличие повреждений и дефектов		
		21	Установить сателлит в сборе в корпус		
		22	Взять шестерню полуосевую		
		23	Осмотреть шестерню полуосевую на наличие повреждений и дефектов		
		24	Установить шестерню полуосевую в корпус		
		25	Взять вал-шестерню		
		26	Осмотреть вал-шестерню на наличие повреждений и дефектов		

Продолжение таблицы 4

Номер операции	Наименование операции	Номер позиции	Содержание операции, перехода	Оборудование, инструмент, приспособление	Затрачиваемое время, мин.
		27	Установить вал-шестерню в корпус		
		28	Взять шайбу опорную		
		29	Установить шайбу опорную на вал-шестерню		
		30	Взять крышку		
		31	Осмотреть крышку на наличие повреждений и дефектов		
		32	Взять подшипник 6-7512АШ2		
		33	Осмотреть подшипник 6-7512АШ2 на наличие повреждений и дефектов		
		34	Запрессовать подшипник 6-7512АШ2 в крышку		
		35	Взять кольцо 010-015-30-2-3		
		36	Зафиксировать кольцом 010-015-30-2-3 подшипник 6-7512АШ2		
		37	Взять стакан подшипников		
		38	Осмотреть стакан подшипников на наличие повреждений и дефектов		
		39	Взять прокладку 0,2 мм		
		40	Взять прокладку 0,5 мм		
		41	Осмотреть прокладки на наличие повреждений и дефектов		
		42	Взять крышку		
		43	Осмотреть крышку на		

Продолжение таблицы 4

Номер операции	Наименование операции	Номер позиции	Содержание операции, перехода	Оборудование, инструмент, приспособление	Затрачиваемое время, мин.
			наличие повреждений и дефектов		
		44	Взять болт М8-6g×20.88.35.019 (4 шт.)		
		45	Установить на корпус прокладки 0,2 мм, 0,5 мм и при помощи болтов М8-6g×20.88.35.019 установить крышку на корпус		
		46	Взять манжету 2.2-38×58-1		
		47	Осмотреть манжету 2.2-38×58-1 на наличие повреждений и дефектов		
		48	Запрессовать манжету 2.2-38×58-1 в крышку		
010	Регулировочная	1	Проверить качество выполненных операций и выполнить регулировку	Гаечные ключи различных размеров, динамометрический ключ, шестигранные ключи, тиски, молоток, индикатор зазора	10

Технологическая схема сборки дифференциала колесного трактора Беларус представлена в графической части ВКР.

Выводы по разделу.

В разделе выполнено обоснование выбора технологического процесса, определена трудоемкость сборки, спроектирован технологический процесс сборки дифференциала колесного трактора Беларус 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 сборки дифференциала колесного трактора Беларус конструктивно-технологической и организационно-технической стороны

В целях наиболее полного рассмотрения характеристики технологического процесса сборки дифференциала колесного трактора Беларус с конструктивно-технологической и организационно-технической стороны необходимо составить технологический паспорт (таблица 5).

Таблица 5 – Технологический паспорт технологического процесса сборки дифференциала колесного трактора Беларус

Технологический процесс	Технологическая операция, вид выполняемых работ	Наименование должности работника, выполняющего технологический процесс, операцию	Оборудование, техническое устройство, приспособление	Материалы, вещества
Сборка дифференциала колесного трактора Беларус	1. Проверить состояние деталей перед сборкой. 2. Установить главную пару. 3. Установить планетарные шестерни. 4. Установить боковые шестерни. 5. Установить крышку дифференциала. 6. Заправить дифференциал маслом. 7. Провести испытания	Слесарь по ремонту автомобилей пятого разряда	Гаечные ключи различных размеров, динамометрический ключ, съемник-установщик колец и защит обойм, шестигранные ключи, тиски, молоток, металлическая рейка, индикатор зазора	Перчатки, ветошь, трансмиссионное масло

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 6 содержит результаты идентификации профессиональных рисков в процессе сборки дифференциала колесного трактора Беларусь.

Таблица 6 – 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 состояние деталей перед сборкой. 2. Установить главную пару. 3. Установить планетарные шестерни. 4. Установить боковые шестерни. 5. Установить крышку дифференциала. 6. Заправить дифференциал маслом. 7. Провести испытания	«Острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях деталей дифференциала	Элементы конструкции базовой машины
	Запыленность и загазованность воздуха	Поднимающаяся пыль от инструмента, ног
	Движущиеся машины и механизмы, подвижные части оборудования	Элементы конструкции базовой машины» [15]
	«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» [15]

Продолжение таблицы 6

Операция	ОиВПФ в соответствии с ГОСТ 12.0.003-2015 ССБТ «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация»	Источник возникновения ОиВПФ
	«Динамические нагрузки. Статические, связанные с рабочей позой	Однообразно повторяющиеся технологические операции. Операции требующие повышенного внимания и точности» [12]
	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)» [12].

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» [12].
- 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» [12].

Для решения выявленных проблем, используем методы и средства, соответствующие действующим нормативным документам. Также предлагаем меры, указанные в таблице 7, для уменьшения профессиональных рисков.

Таблица 7 – 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)» [12].
«Острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях автомобиля	Выполнение на регулярной основе планово-предупредительного обслуживания. Эксплуатация технологического оборудования в строгом соответствии с инструкцией. Санитарно-гигиенические мероприятия: – обеспечение работника СИЗ, смывающими и обеззараживающими средствами; – предохранительные устройства для предупреждения перегрузки оборудования. – знаки безопасности, цвета, разметка по ГОСТ 12.4.026-2015; – обеспечение дистанционного управления оборудованием	Спецодежда, соответствующая выполняемой работе (спецобувь, спецодежда, средства защиты органов дыхания, зрения, слуха)» [12].
«Повышенный уровень шума	Применение звукоизоляции, звукопоглощения, демпфирования и глушителей шума (активных, резонансных, комбинированных); группировка шумных помещений в одной зоне здания и отделение их коридорами;	Защитные противошумные наушники, беруши противошумные» [20].

Продолжение таблицы 7

Профессиональный риск	Мероприятия для уменьшения профессиональных рисков	Средства индивидуальной защиты
	введение регламентированных дополнительных перерывов; проведение обязательных медосмотров	
«Возможность поражения электрическим током	Оформление допуска по электробезопасности, проведение инструктажа по работе с электрическими установками, применение заземляющего устройства	Индивидуальные защитные и экранирующие комплекты для защиты от электрических полей» [12].
«Отсутствие или недостаток естественного света	Устройство дополнительных световых проемов в стенах, фонарей на крыше здания» [28]	—
«Напряжение зрительных анализаторов. Статические нагрузки, связанные с рабочей позой	Оздоровительно-профилактические мероприятия: — медицинские осмотры (предварительный (при поступлении на работу) и периодические (в течение трудовой деятельности) и других медицинских осмотров согласно ст. 212 ТК РФ; — правильное оборудование рабочих мест, обеспечение технологической и организационной оснащенности средствами комплексной и малой механизации; — используемые в работе оборудование и предметы должны быть удобно и рационально расположены на столе» [30].	—
«Монотонность труда	— 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	

Продолжение таблицы 7

Профессиональный риск	Мероприятия для уменьшения профессиональных рисков	Средства индивидуальной защиты
	совмещении профессий следует учитывать перенос (положительное) и интерференцию (отрицательное) взаимодействие навыков новой и совмещаемой профессии» [30]. Должны загружаться различные психофизиологические функции работника; – «внедрение научно обоснованных режимов труда и отдыха для предотвращения возникновения у работающих на монотонных работах отрицательных психологических состояний (психологического пресыщения, скуки, сонливости, апатии); – 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» [20]; – «установление оптимальной длительности ежесуточного пассивного отдыха (сна без перерывов) не менее 7 час (при – отсутствии экстренной необходимости его прерывания); – чередование пассивного отдыха с активным» [15].	

5.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта

Анализируем вероятные источники возможного возникновения пожаров и выявляем опасные факторы, которые могут вызвать их появление (таблица 8).

Таблица 8 – Идентификация классов и опасных факторов пожара

Участок	Оборудование	Класс пожара	Опасные факторы пожара	Сопутствующие проявления факторов пожара
«Агрегатное отделение»	Технологическое оборудование, применяемое в агрегатном отделении	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» [17].

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» [18].

«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 – 1шт.;
- 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» [26].

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 сборке дифференциала колесного трактора Беларусь (таблица 9), в целях обеспечения пожарной безопасности,

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

Таблица 9 – Перечень мероприятий по пожарной безопасности при сборке дифференциала колесного трактора Беларусь

Мероприятия, направленные на предотвращение пожарной опасности и обеспечению пожарной безопасности	Предъявляемые требования к обеспечению пожарной безопасности
«Наличие сертификата соответствия продукции требованиям пожарной безопасности	Все приобретаемое оборудование должно в обязательном порядке иметь сертификат качества и соответствия» [15]
«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» [22]
«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» [24]
«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» [15].
«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» [31]
«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» [15]

5.5 Обеспечение экологической безопасности рассматриваемого технологического процесса сборки дифференциала колесного трактора Беларусь

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 сборки дифференциала колесного трактора Беларусь и сведем их в таблицу 10.

Таблица 10 – Идентификация негативных (вредных, опасных) экологических факторов

Технологический процесс	Антропогенное воздействие на окружающую среду:		
	атмосферу	гидросферу	литосферу
«Сборка дифференциала колесного трактора Беларусь	Мелкодисперсная пыль в воздушной среде, испарения смазочно-охлаждающей жидкости с поверхности новых деталей.	Масло трансмиссионное	Спецодежда пришедшая в негодность, твердые бытовые / коммунальные отходы коммунальный мусор), металлический лом, стружка» [9].

Выполним разработку мероприятий, направленных на снижение негативного антропогенного воздействия при сборке дифференциала колесного трактора Беларусь:

- 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» [22];
- литосферу – внедрение программ по сбору и переработке отходов. Это включает создание системы раздельного сбора мусора, развитие рынка вторсырья.

Выводы по разделу.

В разделе:

- разработан паспорт производственно-технологического процесса сборки дифференциала колесного трактора;
- выявлены профессиональные риски при сборке дифференциала колесного трактора и определены методы и средства их снижения;
- идентифицирован класс и опасные факторы пожара, разработаны мероприятия по обеспечению пожарной безопасности при сборке дифференциала колесного трактора;
- идентифицированы экологические факторы, возникающие при сборке дифференциала колесного трактора и разработаны мероприятия по их снижению.

6 Экономическая эффективность проекта

Для определения финансовых затрат на модернизацию системы блокировки дифференциала колесного трактора Беларусь необходимо учесть следующие факторы:

- стоимость материалов: необходимо определить, какие материалы будут использоваться для создания конструкции, и рассчитать их стоимость;
- трудозатраты: необходимо определить количество человеко-часов, которые будут потрачены на модернизацию системы блокировки дифференциала колесного трактора, и рассчитать стоимость труда в соответствии с тарифами на работу;
- оборудование: необходимо определить, какое оборудование будет необходимо для создания конструкции (например, инструменты, станки и так далее) и рассчитать их стоимость;
- дополнительные расходы: необходимо учесть все дополнительные расходы, такие как аренда помещения, расходы на транспортировку материалов и оборудования, расходы на электроэнергию и так далее.

После того как все факторы были учтены, можно рассчитать общую сумму финансовых затрат на модернизацию системы блокировки дифференциала колесного трактора Беларусь.

«Затраты на модернизацию системы блокировки дифференциала колесного трактора Беларусь определяем по формуле [15]:

$$C_{\text{кон}} = C_{\text{к.д}} + C_{\text{о.д}} + C_{\text{н.д}} + C_{\text{сб.н}} + C_{\text{о.н}}, \quad (46)$$

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.;

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

$C_{о.н}$ – общепроизводственные накладные расходы на изготовление конструкции, р» [7].

«Стоимость изготовления корпусных деталей рассчитывается по формуле:

$$C_{к.д} = Q_k \cdot C_k, \quad (47)$$

где Q_k – масса материала, израсходованного на изготовление корпусных деталей, кг;

C_k – средняя стоимость 1 кг готовых деталей, принимается равной 120,0 р./кг» [7].

Изготовление корпусных деталей в данной разработке не требуется.

«Затраты на изготовление оригинальных деталей определяем по формуле:

$$C_{о.д} = C_{прн} + C_m, \quad (48)$$

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» [7].

«Заработную плату рассчитываем по формуле:

$$C_{пр} = t \cdot C_q \cdot \kappa_t, \quad (49)$$

где t – средняя трудоемкость на изготовление оригинальных деталей,
(кронштейн для крепления датчика 2,0 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» [7].

«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» [7].

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

$$C_{np} = 2 \cdot 156,88 \cdot 1,03 = 323,17 \text{ р.}$$

Определяем дополнительную заработную плату по формуле:

$$C_{\partial} = (5 \dots 12) \cdot C_{np} / 100, \quad (50)$$

$$C_{\partial} = 10 \cdot 323,17 / 100 = 32,31 \text{ р.}$$

Начисления на заработную плату определяем по формуле:

$$C_{соц} = 30 \cdot (C_{np} + C_{\partial}) / 100, \quad (51)$$

$$C_{соц} = 30 \cdot (323,17 + 32,31) / 100 = 106,64 \text{ р.,}$$

$$C_{\Sigma np} = 323,17 + 32,31 + 106,64 = 462,12 \text{ р.}$$

Таким образом, заработная плата на изготовление оригинальных деталей составляет 462,12 р.

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

$$C_M = C \cdot Q_3, \quad (52)$$

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

Q_3 – масса заготовки, кг» [7].

$$C_M = 160 \cdot 1 = 160 \text{ р.}$$

$$C_{o.d} = 462,12 + 160 = 622,12 \text{ р.}$$

Таким образом, затраты на изготовление оригинальных деталей составляют 622,12 р.

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

$$C_{сб.п} = C_{сб} + C_{д.сб} + C_{соц.сб}, \quad (53)$$

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

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

$C_{соц.сб}$ – страховые взносы в фонды, р» [7].

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

$$C_{сб} = T_{сб} \cdot C_{д.сб} \cdot k_t, \quad (54)$$

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

$$T_{сб} = k_c \cdot \Sigma t_{сб}, \quad (55)$$

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

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

По справочным данным принимаем $t_{сб}$ равную 1,0 чел.-ч.

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

Тогда заработная плата производственных рабочих, занятых на сборке определится:

$$C_{сб} = 1,25 \cdot 156,88 \cdot 1,03 = 201,98 \text{ р.},$$

$$C_{д.сб} = 0,1 \cdot 201,98 = 20,19 \text{ р.},$$

$$C_{соп.сб} = 0,3 \cdot (201,98 + 20,19) = 66,65 \text{ р.}$$

$$C_{сб.п} = 201,98 + 20,19 + 66,65 = 288,82 \text{ р.}$$

Таким образом, полная заработная плата производственных рабочих занятых на сборке составит 288,82 р.

«Общепроизводственные накладные расходы на изготовление приспособления определяем по формуле:

$$C_{он} = \frac{(C'_{np} \cdot R_{он})}{100}, \quad (56)$$

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

$R_{он}$ – процент общепроизводственных накладных расходов, %» [12].

$$C'_{np} = (C_{np} + C_{сб}), \quad (57)$$

$$C'_{np} = 462,12 + 201,98 = 664,1 \text{ р.}$$

$$C_{он} = \frac{(664,1 \cdot 15)}{100} = 99,61 \text{ р.}$$

Стоимость покупных деталей, изделий, агрегатов представлены в таблице 14.

Таблица 14 – Затраты по статье «Материалы» на конструкторскую разработку

Значение	Числовое значение, руб.
Датчик скорости вращения колес	3600
Блок ECU с LSI	30000
Цифровой контроллер	6500
Выходной блок	3300
Выходной каскад	4500
Стабилизатор напряжения	3800
Блок управления с микропроцессорами	4800
Соленоидный клапан	1300
Итого:	57800

$$C_{но} = 3600 + 30000 + 6500 + 3300 + 4500 + 3800 + 4800 + 1300 = 57800 \text{ р.}$$

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

Затраты на изготовление конструкции:

$$C_{кон} = 0 + 622,12 + 57800 + 288,82 + 99,61 = 58810,55 \text{ р.}$$

Затраты на изготовление конструкторской разработки блокировки дифференциала колесного трактора Беларусь сведем в таблицу 15.

Таблица 15 – Затраты на изготовление конструкторской разработки блокировки дифференциала колесного трактора Беларусь

Обозначение	Числовое значение, руб.
Стоимость изготовления корпусных деталей	0
Стоимость изготовления оригинальных деталей	622,12
Общая заработная плата на сборку	288,82

Продолжение таблицы 15

Обозначение	Числовое значение, руб.
Общепроизводственные накладные расходы	99,61
Стоимость покупных изделий	57800
Итого:	58810,55

Общие затраты на модернизацию системы блокировки дифференциала колесного трактора «Беларус» равны 58810,55 р.

«Годовая экономия от снижения себестоимости при внедрении конструкции составит:

$$\mathcal{E}_r = C_{\text{пр}} - C_{\text{кон}}, \quad (58)$$

где $C_{\text{пр}}$ – стоимость прототипа, р. [7].

$$\mathcal{E}_r = 85500 - 58810,55 = 26689,45 \text{ р.}$$

Срок окупаемости определяем по формуле:

$$O_{\text{ок}} = \frac{C_{\text{кон}}}{\mathcal{E}_r}, \quad (59)$$

$$O_{\text{ок}} = \frac{58810,55}{26689,45} = 2,2 \text{ года.}$$

Годовой экономический эффект от внедрения конструкции составит:

$$\mathcal{E}_{\text{эф}} = \mathcal{E}_r - 0,15 \cdot C_{\text{кон}}, \quad (60)$$

$$\mathcal{E}_{\text{эф}} = 4266,27 - 0,15 \cdot 10733,73 = 2656,21 \text{ р.}$$

В таблице 16 представлены основные показатели проекта.

Таблица 16 – Основные показатели проекта

Показатели	Единица измерения	Значение	
		До внедрения	После внедрения
Стоимость изготовления конструкции	р.	85500	58810,55
Экономия от снижения себестоимости при внедрении конструкции	р.	–	26689,45
Экономический эффект	р.	–	2656,21
Срок окупаемости	год	–	2,2

Выводы по разделу.

В разделе определена эффективность модернизации системы блокировки дифференциала колесного трактора «Беларус» с экономической стороны.

Стоимость модернизации системы блокировки дифференциала колесного трактора «Беларус» составляет 58810,55 р., срок окупаемости равен 2,2 года, что является допустимым для данной конструкции.

Заключение

В соответствии с утвержденной темой дипломного проекта была проведена модернизация системы блокировки дифференциала колесного трактора «Беларус».

Ключевым вопросом дипломной работы является модернизация системы блокировки дифференциала колесного трактора «Беларус-1523В» с целью повышения эффективности его использования и диагностики его дифференциала.

В ходе выполнения дипломного проекта было сделано следующее:

- рассмотрены пути повышения тягово-сцепных свойств колёсных тракторов, рассмотрены блокирующие устройства, применяемые на тракторах;
- выполнен тягово-динамический расчёт колесного трактора «Беларус»;
- выполнены расчеты подъёмного механизма отвала, поворотного выполнен обзор и анализ систем управления блокировкой дифференциала, выполнено описание работы модернизированной системы блокировки дифференциала, проведены конструкторские расчеты. Данная модернизация позволит повысить не только эффективность использования трактора «Беларус-1523В», но и позволит диагностировать узел, также модернизация не требует переналадки оборудования и значительных капиталовложений;
- выполнено обоснование выбора технологического процесса, определена трудоемкость сборки, составлен технологический процесс сборки прицепного гидравлического грейдера;
- рассмотрены вопросы, касающиеся обеспечения безопасности, экологичности проекта;
- определена целесообразность разработки конструкции прицепного гидравлического грейдера 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, 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, с.

3 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.

4 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.

5 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.

6 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, с.

7 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.

8 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.

9 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, с

10 Кротов С. В. Расчеты на прочность и жесткость элементов конструкций и сооружений с применением ANSYS : учебное пособие / С. В. Кротов ; Росжелдор, Федеральное государственное бюджетное

образовательное учреждение высшего образования "Ростовский государственный университет путей сообщения" (ФГБОУ ВО РГУПС). - Ростов-на-Дону : РГУПС, 2022. - 95 с.

11 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.

12 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, с.

13 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.

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, с.

16 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 Руководство по техническому обслуживанию и ремонту тракторов "БЕЛАРУС" серий 500, 800, 900 / А. А. Пуховой [и др.]. - Москва : Машиностроение, 2007. - 437 с.

18 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.

19 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.

20 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.

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, p.

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

Перв. примен.		Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
						Документация		
A4					23.ДП.01.14.0.61.00.000.ПЗ	Пояснительная записка	1	
A1					23.ДП.01.14.0.61.00.000.СБ	Сборочный чертеж	2	
						Детали		
1					23.ДП.01.14.0.61.00.001	Вал блокировочный	1	
2					23.ДП.01.14.0.61.00.002	Крышка муфты	1	
3					23.ДП.01.14.0.61.00.003	Штуцер	1	
4					23.ДП.01.14.0.61.00.004	Полуось правая	1	
5					23.ДП.01.14.0.61.00.005	Рукав полуоси	1	
6					23.ДП.01.14.0.61.00.006	Вал-торсион правый	1	
7					23.ДП.01.14.0.61.00.007	Вал-торсион левый	1	
8					23.ДП.01.14.0.61.00.008	Датчик скорости	1	
9					23.ДП.01.14.0.61.00.009	Полуось левая	1	
10					23.ДП.01.14.0.61.00.010	Стакан подшипников	2	
11					23.ДП.01.14.0.61.00.011	Муфта блокировки дифференциала	1	
						Стандартные изделия		
13						Болт М8×60 ГОСТ 7790-70	2	
15						Болт М10×40 ГОСТ 7790-70	20	
16						Болт М8×25 ГОСТ 7790-70	1	
17						Манжета ГОСТ 8752-79	1	
18						Шайба 10 ГОСТ 11371-78	7	
19						Шпилька М14×40 ГОСТ 9066-75	1	
20						Шпилька М18×65 ГОСТ 9066-75	4	
					23.ДП.01.14.0.61.00.000			
Изм.		Лист	№ докум.		Подп.	Дата		
Разраб.		Обсянников Д.В.					Лит.	Лист
Проб.		Бодровский А.В.					Д	Листов
								1
Н.контр.		Бодровский А.В.					ТГУ, АТс-1801б	
Утв.		Бодровский А.В.						

Копировал

Формат А4

Продолжение Приложения А

[illegible]

Рисунок А.2 – Спецификация на датчик скорости