

Министерство сельского хозяйства РФ
Департамент научно-технологической политики и образования
ФГБОУ ВО Казанский государственный аграрный университет
Институт механизации и технического сервиса

Направление: «Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов»

Профиль: «Сервис транспортных и транспортно-технологических машин и оборудования (СХ)»

Кафедра: «Тракторы, автомобили и энергетические установки»

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
на соискание степени «бакалавр»

Тема ВКР: «Повышение эксплуатационных свойств трактора МТЗ – 1523 с разработкой устройства для стабилизации его положения на уклонах»

Шифр УСП 18.13.00.ПЗ

Студент	3451с группа	Блинков А.П.
	подпись	Ф.И.О.
Руководитель	ст. преподаватель	Хафизов Р.Н.
	ученое звание	подпись

Обсужден на заседании кафедры и допущен к защите
(Протокол №_6_ от 12__февраля__2018 г.)

Зав. кафедрой	профессор	Хафизов К.А.
	ученое звание	Ф.И.О.

Казань – 2018 г.

Министерство сельского хозяйства РФ
Департамент научно-технологической политики и образования
ФГБОУ ВО Казанский государственный аграрный университет
Институт механизации и технического сервиса

Направление: «Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов»

Профиль: «Сервис транспортных и транспортно-технологических машин и оборудования (СХ)»

Кафедра: «Тракторы, автомобили и энергетические установки»

Утверждаю
Зав. кафедрой
_____ /Хафизов К.А./
_____ 2017 г.

ЗАДАНИЕ
НА ВЫПУСКНУЮ КВАЛИФИКАЦИОННУЮ РАБОТУ

Студенту: **Блинкову Андрею Павловичу**

Тема ВКР: «**Повышение эксплуатационных свойств трактора МТЗ – 1523 с разработкой устройства для стабилизации его положения на уклонах**»

утверждена приказом по вузу от «_12_»__января__2018 г. № 12

2. Срок сдачи студентом законченного ВКР 05 февраля 2018 года

3. Исходные данные к ВКР: Материалы, собранные в период преддипломной практики по данной теме, а также новые технические решения (анализ существующих конструкций, патенты, статьи и др.).

4. Перечень подлежащих разработке вопросов: 1. Аналитическая часть; 2. Технологическая часть; 3. Конструкторская часть; 4. Безопасность жизнедеятельности и охрана труда; 5. Экономическая эффективность конструкции.

5. Перечень графических материалов

Лист 1 – Анализ существующих конструкций; Лист 2 – общий вид трактора МТЗ-1523 с устройством стабилизации положения; Лист 3,4,5 – Сборочный чертеж устройства и чертежи деталей конструкции; Лист 6 – Технико-экономические показатели конструкции.

6. Консультанты по ВКР

Раздел	Консультант
1. Конструктивная часть	Пикмуллин Г.В.

7. Дата выдачи задания _____ 05.12.2017 _____

КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

№ п/п	Наименование этапов дипломного проектирования	Срок выполнения	Примечание
1	Аналитическая часть	20.12.17	
2	Технологическая часть	10.01.18	
3	Конструкторская часть	18.01.18	
4	Безопасность жизнедеятельности и охрана труда	25.01.18	
5	Экономическая эффективность конструкции	01.02.18	

Студент: _____ (Блинков А.П.)

Руководитель ВКР: _____ (Хафизов Р.Н.)

АННОТАЦИЯ

В данной работе рассматривается повышение эксплуатационных свойств трактора МТЗ-1523 при работе на уклонах с помощью устройства для стабилизации положения.

Выпускная квалификационная работа состоит из пояснительной записи на 77 листах компьютерного текста и графической части на 6 листах формата А1.

Записка состоит из введения, пяти разделов, выводов и включает 16 рисунков, 11 таблиц, приложения и спецификация. Список использованной литературы содержит 15 наименований.

В первой части для выбора наиболее рациональной конструкции устройства проведен патентный поиск и информационный анализ существующих технических решений.

Во второй части рассмотрены условия повышения эксплуатационных свойств трактора МТЗ-1523 при выполнении сельскохозяйственных работ по технологии точного земледелия, а также различные способы и теоретические предпосылки повышения эксплуатационных свойств сельскохозяйственных тракторов. Также проведен расчет регуляторной, скоростной и тяговой характеристики трактора.

В третьей части рассмотрена проектируемая конструкция устройства стабилизации положения. Приведены общая схема и принцип работы автоматического устройства стабилизации положения при движении трактора МТЗ-1523. Проведены расчеты основных элементов.

В четвертом разделе спроектирована инструкция по охране труда и технике безопасности. Предусмотрены мероприятия по улучшению экологии окружающей среды.

В пятом разделе приведено экономическое обоснование конструкции.

Записка завершается выводами.

ABSTRACT

In this paper, we consider the hanging of MTZ-1523 tractor's operational properties when working on slopes using a device for position stabilization.

The final qualification work consists of an explanatory note on 77 sheets of computer text and a graphic part on 6 sheets of the A1 format. The note consists of an introduction, five sections, conclusions and includes 16 figures, 11 tables, annexes and specifications. The list of used literature contains 15 titles.

In the first part, to select the most rational design of the device, a patent search and an information analysis of existing technical solutions were carried out.

In the second part, the conditions for increasing the operational properties of the MTZ-1523 tractor in the performance of agricultural operations using precision farming technology, as well as various methods and theoretical prerequisites for improving the performance characteristics of agricultural tractors are considered. Calculation of the regulator, speed and traction characteristics of the tractor was also carried out.

In the third part, the design of the device stabilizing the position is considered. The general scheme and principle of operation of the automatic device are shown. Stabilization of the position during the tractor MTZ-1523 movement. The main elements are calculated.

In the fourth section, a safety and health instruction manual has been designed. Measures are being taken to improve the ecology of the environment.

The fifth section gives an economic justification for the design.

The note concludes with conclusions.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	8
1 АНАЛИТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ.....	10
1.1 Эксплуатационные свойства колесных тракторов.....	10
1.2 Перспективы развития и повышения эксплуатационных свойств сельскохозяйственной техники в системе точного земледелия.....	13
1.3 Стабилизация положения и повышение устойчивости движения колесных тракторов.....	21
1.4 Анализ существующих конструкций.....	25
2 ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ СПОСОБА СТАБИЛИЗАЦИИ ПОЛОЖЕНИЯ ТРАКТОРА МТЗ-1523 ЗА СЧЕТ РЕГУЛИРОВАНИЯ НОРМАЛЬНЫХ НАГРУЗОК НА ВЕДУЩИХ КОЛЕСАХ.....	32
2.1 Общие сведения и исходные данные к теоретическому обоснованию.....	32
2.2 Тяговый расчет трактора.....	33
2.2.1 Основные параметры и исходные данные для тягового расчета.....	33
2.2.2 Расчет и построение регуляторной характеристики дизеля Д - 260.2.....	34
2.2.3 Расчет и построение кривой буксования ведущих колес.....	36
2.2.4 Определение тягово-динамических и топливно-экономических показателей трактора Беларус-1523.....	38
3 ПРОЕКТИРОВАНИЕ И РАСЧЕТ УСТРОЙСТВА ПОВЫШЕНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ СВОЙСТВ ТРАКТОРА БЕЛАРУС-1523 ЗА СЧЕТ СТАБИЛИЗАЦИИ ПОЛОЖЕНИЯ.....	47
3.1 Общая схема и принцип работы автоматического устройства стабилизации положения при движении трактора МТЗ-1523.....	47
3.2 Проектирование и расчет основных элементов конструкции.....	49

3.2.1 Определение основных параметров гидроцилиндра.....	49
3.2.2 Расчёт тяги перемещения дополнительного груза.....	53
4 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНEDEЯТЕЛЬНОСТИ И ОХРАНА ТРУДА.....	56
4.1 Организация работ по охране труда на предприятии.....	56
4.2 Мероприятия по охране окружающей среды.....	58
4.3 Организация пожарной безопасности при эксплуатации трактора.....	59
4.4 Физическая культура на производстве.....	60
5 ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ.....	66
5.1 Технико-экономические показатели конструкции.....	66
ВЫВОДЫ.....	72
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ.....	73
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	74
СПЕЦИФИКАЦИЯ.....	75

ВВЕДЕНИЕ

Процесс развития сельскохозяйственной техники непосредственно связан с увеличением мощностей, производительности, а также эксплуатационных и качественных показателей при выполнении того или иного вида работ в производственном процессе.

Одним из основных видов техники, используемой в сельскохозяйственном производстве являются колесные тракторы.

За период своего развития тракторы из ненадежных, громоздких, неповоротливых машин, расходующих большую часть своей мощности на самопередвижение, превратились в мобильные энергетические средства для выполнения многих производственных операций.

Основными направлениями совершенствования и развития тракторной техники, являются: повышение производительности и экономической эффективности; увеличение надежности и энергонасыщенности; снижение расхода топлива; улучшение условий труда и защита окружающей среды; применение средств автоматики, автоматического регулирования и управления.

Одним из перспективных направлений развития сельскохозяйственной отрасли является система точного земледелия. Точное, или прецизионное, земледелие представляет собой высшую форму адаптивно-ландшафтного земледелия, основанного на научноемких агротехнологиях с высокой степенью технологичности. Широкое внедрение таких технологий в сельскохозяйственное производство требует повышения качественного уровня знаний и опыта специалистов-аграриев.

В соответствии с данными требования к эксплуатационным свойствам сельскохозяйственной техники, и в частности к тракторам предъявляются высокие требования. И одно из основных требований это повышенная устойчивость и управляемость колесного трактора. Что само собой подразумевает внедрение современных автоматических систем управления движением машинно-тракторного агрегата.

Существует множество различных технических решений в данном направлении. Сущность их состоит в том, что вес трактора в процессе работы равномерно перераспределяется на ведущие колеса трактора, что позволяет повысить устойчивость и управляемость, а также снизить буксование и тем самым повысить основные эксплуатационные показатели агрегата.

В данной квалификационной работе рассматривается способ, позволяющий машинно-тракторному агрегату работать на склонах с различной крутизной и конфигурацией опорной поверхности, обеспечивая удовлетворительную собственную и курсовую устойчивость. При этом водитель будет больше внимания уделять качеству выполнения технологического процесса, что снизит его утомляемость. Это позволит, в свою очередь, повысить производительность. Использование данного способа особенно эффективно в условиях сельскохозяйственного производства, в частности при ведении точного (прецзионного) земледелия, где необходимо точное вождение трактора по полю.

Поэтому целью данной работы является повышение эксплуатационных свойств трактора МТЗ-1523 за счет проектируемого автоматического устройства стабилизации положения при движении агрегата по неровной поверхности.

1 АНАЛИТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

1.1 Эксплуатационные свойства колесных тракторов

Колесный трактор это сложное, энергетическое и подвижное техническое средство, используемое для комплексной механизации в агропромышленном комплексе (АПК), а также для внутренних перевозок сельскохозяйственных грузов. В соответствии с необходимыми требованиями, колесные тракторы должны иметь определенные эксплуатационные качества и свойства, которые оцениваются научно обоснованными измерителями-показателями [1].

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

Качество - это совокупность свойств, составляющих такую определенность машины, которая отличает ее от другой машины. Например, вследствие сочетания высоких тягово-цепных свойств трактора, выполненного по колесной формуле 4К4, с улучшенной плавностью хода и повышенной энергонасыщенностью его производительность при прочих неизменных свойствах гораздо выше производительности трактора с колесной формулой 4К2 [1].

Повышение и научно-практическое обоснование новых эксплуатационных свойств колесных тракторов и их измерителей, а также понимание объективной связи между измерителями эксплуатационных свойств и реальными эксплуатационными качествами машин имеет существенное значение для совершенствования структуры машинно-тракторного парка, повышения плодородия почвы и урожая растений, сохранения и увеличения объемов продовольствия и сырья, улучшения социально-бытовых условий сельского населения.

Важнейшими эксплуатационными качествами, изучаемыми в теории трактора и представляющими собой совокупность эксплуатационных свойств,

характеризующих его отдельные стороны, являются производительность, экономичность и проходимость [1].

Для обеспечения эффективной работы колесные тракторы должны обладать также эксплуатационными свойствами такие как надежность, ремонтопригодность, прочность, приспособленность к агрегированию с рабочими машинами и орудиями, к автоматическому управлению и др.

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

Производительность тракторов характеризуется объемом выполненной работы за единицу времени при соблюдении заданных условий технологического процесса и может определяться, например, размером обработанной площади, массой перевозимого груза за единицу времени и др.

Себестоимость выполненных работ зависит от следующих показателей: удельного расхода топлива, смазочных материалов и их стоимости, затрат на заработную плату водителей, расходов на техническое обслуживание и ремонт, размеров отчислений на амортизацию.

Агротехнические (агроэкологические) свойства связаны в основном с проходимостью и маневренностью тракторных агрегатов. В качестве показателей для оценки проходимости используют давление на грунт, буксование, агротехнический и дорожный просвет, тип и конструктивные особенности движителя, габаритные параметры тракторов.

Общетехнические свойства связаны в основном с обеспечением удобства работы и обслуживания, санитарно-гигиенических условий и условий безопасности работы водителей. Они оцениваются рядом показателей: предельным уровнем шума, вибрации, запыленности, загазованности и микроклиматов в кабине; легкостью обслуживания, готовностью к работе и т.д.

Безопасность работы оператора оценивается предельными углами устойчивости, критическими скоростями движения, тормозными качествами и противопожарной безопасностью и др. [7].

В целом тракторы должны отвечать широкому спектру эксплуатационных требований, базирующихся на научно обоснованных свойствах и показателях. К числу этих требований относятся, прежде всего, обеспечение высокой производительности и экономичности, выполнение всего комплекса сельскохозяйственных работ качественно, в наилучшие агротехнические сроки. Важное значение имеют требования агроэкологического характера, связанные с засорением атмосферы вредными компонентами, содержащимися в выпускных газах двигателей, и воздействием ходовой части этих машин на почву. Движители уплотняют и истирают почву, что отрицательно влияет на ее плодородие и урожайность культур. Поэтому снижение отрицательного воздействия колесных тракторов на почву – одно из важнейших эксплуатационных требований [4].

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

В связи с этим производительность агрегата определяется энергонасыщенностью и тягово-цепными свойствами тракторов. Кроме того, производительность зависит от степени утомляемости тракториста, которая, в свою очередь, зависит от плавности хода трактора, защищенности кабины от шума, газов, пыли и температуры окружающей среды, легкости управления и обслуживания, обзорности кабины, то есть от так называемых эргономических свойств тракторов, характеризующих условия труда тракториста и обслуживающего персонала. Интегральный показатель производительности и экономичности трактора – себестоимость выполняемых сельскохозяйственных работ.

Требования, направленные на обеспечение высокой производительности, должны выполняться совместно с агротехническими требованиями. Эти требования взаимосвязаны. К тракторам сельскохозяйственного назначения предъявляют следующие агротехнические требования: обеспечение проходимости машин по любой поверхности и в междурядьях пропашных культур; соблюдение необходимых диапазонов тягового усилия и скорости движения, а также маневренности; минимальное вредное воздействие ходовой части на почву; качественное выполнение технологических процессов.

Для повышения эффективности работ при выполнении точного (прецизионного) земледелия часто прибегают к использованию различных способов стабилизации положения агрегата за счет корректирования вертикальных нагрузок на ведущие колеса трактора. Этот способ позволяет повысить производительность и топливную экономичность за счет снижения буксования движителей, повышения их коэффициента сцепления, увеличения действительной скорости движения [5].

Стабилизация положения при производстве точного земледелия оказывает положительное влияние на такие показатели эксплуатационных свойств тракторов, как управляемость, устойчивость, отклонение от заданной траектории движения и приспособленность к стабилизации прямолинейного движения.

1.2 Перспективы развития и повышения эксплуатационных свойств сельскохозяйственной техники в системе точного земледелия

Суть качественно новой системы земледелия, которое на Западе получило название точного (или прецизионного), состоит в том, что для получения с данного поля (массива) максимального количества качественной и наиболее дешевой продукции для всех растений этого массива создаются одинаковые условия роста и развития без нарушения норм экологической безопасности. Точное земледелие внедряется путем постепенного освоения качественно новых агротехнологий на основе принципиально новых,

высокоэффективных и экологически безопасных технических и агрохимических средств [13].

Ученые и конструкторы понимали, что система точного земледелия должна базироваться на последних достижениях электроники. Однако испытания уже первых экспериментальных образцов показали, что сложные и дорогостоящие электронные приборы не приспособлены для полевых условий, которые характеризуются повышенной запыленностью и влажностью среды, требуют высококвалифицированного обслуживания и ремонта при дефиците запчастей. Но очень скоро были созданы адаптированные к сельскохозяйственным условиям микропроцессоры, электронные, фотоэлектрические, емкостные, электромагнитные, пьезоэлектрические, электромеханические и другие датчики, а также электронные приборы.

Первыми весомых результатов в использовании электронных устройств на сельскохозяйственной технике добились разработчики машин для защиты растений. Например, опрыскиватель Hydroelectron фирмы Теснома, получивший золотую медаль на международной выставке SIMA-1976 в Париже, был оборудован электронным регулятором подачи раствора пропорционально скорости движения агрегата. Аналогичную машину разработала английская фирма Agmet. По сравнению с аналогами в них поддерживается постоянный в единицу времени расход раствора, а норма его внесения на 1 га значительно варьируется при каждом переключении передачи, изменении частоты вращения двигателя и буксования колес, что обеспечивает экономию до 20 % ядохимикатов. А это не только экономический, но и экологический эффект.

Сложнее решались вопросы точного высева семян зерновых колосовых культур. Экспериментальные образцы таких сеялок были показаны на международной выставке в Мюнхене в 1982 г., а серийная машина с электронным регулятором высева фирмы Blanchot появилась лишь через три года и была отмечена на парижской выставке SIMA-1985. Фирма Rider (Германия) пошла еще дальше, создав сеялку Saxonia, которая обеспечивает

заданные не только расстояние между семенами в рядке, но и глубину их заделки.

Значительных успехов в электронизации сельскохозяйственной техники достигли фирмы Amazone, Diadem, Rotina, Lely и др. В машинах центробежного типа они добились независимости дозы внесения удобрений на 1 га от скорости агрегата. Кроме того, частота вращения рассевающих дисков и фактическая доза удобрений, вносимых на 1 га, постоянно высвечиваются на мониторе, причем последнюю тракторист может изменять со своего рабочего места. Применение электронных устройств дало возможность значительно (до $\pm 15\%$) снизить неравномерность внесения удобрений.

В 1986 г. в результате тесного сотрудничества фирм — производителей тракторов и сельхозмашин было признано рациональным многоканальный микропроцессор устанавливать на тракторе, а на машинах использовать лишь унифицированные датчики. Так, например, на тракторе Case стали монтировать микропроцессор и подключать к нему датчики и исполнительные механизмы:

регулирования глубины обработки почвообрабатывающих машин фирмы Landsberg;

оптимизации работы опрыскивателей фирмы Holder;

машин для внесения минеральных удобрений фирмы Rotina;

селялок Saxonia и др.

Причем микропроцессор не только контролирует и регулирует технологические параметры, но и показывает фактическую рабочую скорость агрегата, объем выполненной работы, параметры двигателя и удельный расход топлива.

Для объединения усилий по разработке и освоению в сельскохозяйственном производстве электронных систем в 1992 г. страны ЕС приняли план, предусматривающий ускоренное финансирование из бюджета ЕС перспективных направлений автоматизации и компьютеризации сельскохозяйственной техники. В настоящее время к этой работе присоединились Венгрия, Чехия, Словения и Эстония. Причем в создании

качественно новых, высокоточных и высокопроизводительных машин западноевропейские страны значительно обошли США и Канаду.

Необходимо отметить, что страны — члены СЭВ объединили свои усилия по электронизации сельскохозяйственной техники еще раньше — в 1980 г. Координатором этой работы была Болгария, ну а результаты нам известны.

Благодаря использованию высокоточной техники в странах с развитым земледелием удалось поднять урожайность зерновых культур до 90 ц/га и получить весомую прибыль. Вместе с тем было замечено, что пестрота урожайности на полях, обработанных этой техникой, хотя и значительно уменьшилось, но все-таки сохранилась. Следовательно, такое земледелие еще не соответствует критериям точного. Агрохимический анализ почвы, взятой на участках с различной урожайностью, показал, что по содержанию азота, фосфора и калия они существенно различаются, хотя минеральные удобрения вносились с высокой равномерностью. Причина этого явления в том, что растения питаются не только веществами, вносимыми в почву при выращивании данной культуры, но и теми, что накопились в ней. Поэтому удобрения нужно вносить в почву дифференцированно в зависимости от количества ранее накопленных в ней основных питательных веществ.

Однако внедрение такой технологии с использованием существующих технических средств связано с большими трудовыми и финансовыми затратами. В связи с этим в разных странах начали разрабатывать способы и средства для упрощения и снижения стоимости агрохимического анализа почвы, в том числе через урожайность выращенной культуры на отдельных участках поля. Для этого, например, зерноуборочный комбайн оборудуют электронным прибором, который определяет урожайность, покоординатно записывает ее в бортовой компьютер и распечатывает картограмму. Но картограмма урожайности может служить лишь средством обоснования необходимости дифференцированного применения удобрения или определения аномальных зон и взятия проб почвы для агрохимического анализа лишь в этих зонах. Одно из кардинальных решений этой проблемы предложила английская

фирма KRM — оценивать содержание азота, фосфора и калия в почве путем фотографирования полей в инфракрасных лучах на специальную пленку с помощью самолета или спутника Земли.

Еще более упрощает агрохимический анализ почвы созданный английской фирмой Challeng Agriculture оптический прибор (золотая медаль на парижской выставке в 1994 г.). Содержание в почве азота, фосфора, калия и других элементов определяют путем сравнительного измерения в двух точках отраженного света выбранной полосы спектра. Он может обрабатывать более 30 параметров и запоминать 50 значений. Через четыре года прибор аналогичного назначения разработали китайские специалисты на основе транзисторов, преобразователей, фотодатчиков и других электронных элементов.

Другая сложная проблема — привязка результатов агрохимического анализа к координатам взятия проб и передача этих данных на агрегат для внесения удобрений. Достаточно известное средство определения координат агрегата — ротационное устройство, измерительным элементом которого служит колесо трактора или машины, а регистрирующим — счетчик числа оборотов, шкала которого проградуирована в метрах. Отклонение показаний на длине гона 1000 м не превышает ± 2 м.

Фирма Claas разработала радиосистему, в которую входят компьютеризированная базовая радиостанция с приемником, размещенными в офисе (помещении) фермы, и приемопередающие устройства — на полевых агрегатах. С помощью этой системы можно находить координаты 200 агрегатов, работающих в радиусе до 9 миль, с точностью ± 10 м.

В радиосистеме аналогичного назначения компании Massey Ferguson используют установленные на агрегатах специальные радиоприемники и глобальную спутниковую сеть (GPS). Система с приемлемой точностью определяет географические координаты агрегата, но она достаточно сложна и дорогостояща.

Первый экспериментальный образец двухдисковой центробежной машины для дифференцированного внесения одного вида минеральных удобрений продемонстрировала в 1994 г. на выставке Smithfield Farm Tech английская фирма KRM. Содержание питательных веществ в почве определяется методом инфракрасного фотографирования поля со спутника Земли с построением картограммы поля, а координаты агрегата — с помощью систем GPS. Для непосредственного изменения дозы вносимых удобрений используется электронный прибор Calibrator 2002, функционально соединенный с компьютером (на диске которого записана картограмма удобрения поля) и системой GPS. В 1995 г. фирма Amazone освоила серийный выпуск центробежных машин ZA - Max с аналогичными приборами. Однако из-за дороговизны электронного оборудования (около 50 % цены машины) они не получили широкого распространения.

Пионером освоения точного земледелия является Великобритания, где на ферме в графстве Сафольк на протяжении трех лет проводили картографирование урожайности, покоординатный анализ почвы в аномальных зонах, а удобрения вносились другой машиной фирмы Amazone-M-Tronic. Это обеспечило годовую экономию в среднем по 17,2 фунта стерлингов на каждом гектаре (по сравнению с внесением постоянных доз по всему полю).

На Украине исследования проблем точного земледелия ведутся уже более шести лет. В результате скоординированной работы ученых:

- создана мобильная машина для механизированного взятия проб почвы;
- оборудован устройствами для картографирования урожайности комбайн "Лан";
- переоборудована центробежная машина МВД-900 для дифференцированного внесения минеральных удобрений;
- адаптировано к условиям Украины программное обеспечение FieldStar компании AGCO для картографирования урожайности комбайном Massey Ferguson MF-38;

- созданы мобильный и стационарный аналитико-вычислительные комплексы для обработки и анализа покоординатных данных агрохимического анализа, построения картограмм питательных элементов в почве и определения норм внесения технологических материалов (семян, удобрений, пестицидов), а также урожайности с.-х. культур;
- разработаны три модуля программного обеспечения (Agro-Log, Agro-Dat, Agro-Con) для обслуживания этих комплексов;
- создана передвижная агрохимическая лаборатория для покоординатного забора и анализа образцов почвы;
- создана радиосистема для определения координат работающих с.-х. агрегатов с использованием системы GPS или ГЛОНАСС и базовой радиостанции;
- разработана электромеханическая система для картографирования урожайности к комбайну "Нива";
- составлена картограмма урожайности зерновых культур;
- созданы электромеханические исполнительные устройства для измерения дозы внесения удобрений.

В ИМЭСХ Украины разработана схема двухсистемной машины для дифференцированного удобрения почвы. Машина состоит из бункера, установленного на колесах, с одним из которых соединен датчик для регистрации числа его оборотов. На днище бункера смонтирован пластиначато-прутковый транспортер, над задним концом которого шарнирно закреплена дозирующая заслонка с исполнительным механизмом, а под ним — центробежный рассеивающий диск. К передней стенке бункера прикреплен оптический прибор для агрохимического анализа почвы, а в кабине трактора установлен бортовой компьютер. Датчик, исполнительный механизм и оптический прибор проводами функционально соединены с компьютером [16].

Для обеспечения работы этой машины по первой системе необходимо провести покоординатный анализ почвы одним из описанных способов, разработать ее картограмму, записать на дискету (или чип) и установить ее в

компьютер, а затем задать необходимый уровень содержания элемента (азота, фосфора или калия) в почве после ее удобрения.

Информация о координатах расположения агрегата на поле от датчика (через суммирование сделанных колесом оборотов) и с дискеты о содержании в почве (на месте нахождения машины) соответствующего вносимым удобрениям элемента непрерывно поступает в компьютер. Последний на основании этих данных непрерывно формирует команды, которые поступают на исполнительный механизм. Тот соответствующим образом увеличивает или уменьшает открытие дозирующей заслонки (т. е. изменяет дозу вносимых удобрений). В результате этого содержание в почве накопленного ранее и внесенного машиной, например, калия будет одинаковым по всему полю.

При работе машины по второй системе оптический прибор перманентно ведет агрохимический анализ почвы, результаты которого поступают в компьютер, а последний формирует команды об увеличении или уменьшении дозы внесения удобрений в зависимости от содержания соответствующего элемента в почве.

По первому варианту машину можно использовать уже сейчас, а по второму — после поступления на рынок оптических приборов для агрохимического анализа почвы.

В ряде изученных технических решений известен способ стабилизации положения движущегося колесного транспортного средства на наклонной опорной поверхности, при котором происходит регулирование нормальных нагрузок на ведущих колесах, отличающийся тем, что, с целью повышения его курсовой устойчивости, перемещение в автоматическом режиме расположенных в передней и задней части дополнительных грузов происходит вдоль осей мостов относительно продольной плоскости для создания адекватных нормальных реакций на колесах пропорционально дестабилизирующем моментам [11]. Заявляемый способ позволяет работать на склонах с различной крутизной и конфигурацией опорной поверхности, обеспечивая удовлетворительную собственную и курсовую устойчивость. При

этом водитель будет больше внимания уделять качеству выполнения технологического процесса, что снизит его утомляемость. Это позволит, в свою очередь, повысить производительность за счет снижения буксования колесных движителей. Использование способа особенно эффективно в условиях сельскохозяйственного производства, в частности при ведении точного (прецзионного) земледелия, где необходимо точное вождение трактора по полю.

1.3 Стабилизация положения и повышение устойчивости движения колесных тракторов

Значительный объем сельскохозяйственных работ осуществляется колесными тракторами. Эксплуатационные показатели сельскохозяйственных тракторов и составленных на их базе машинно-тракторных агрегатов, в частности показатели, характеризующие качество выполнения различных технологических операций, находятся в зависимости от устойчивости их движения.

Неравномерность обработки почвы, наличие погрешностей и перекрытий обрабатываемых площадей, глубоких разъемных борозд и высоких свалочных гребней, неполное уничтожение сорняков в межурядьях, повреждения и засыпание культурных растений в рядках являются, как правило, следствием нарушения устойчивости движения и стабилизации положения трактора и других звеньев машинно-тракторного агрегата. Устранение этих нежелательных явлений, сопровождающих работу агрегата, может быть достигнуто путем выбора рациональных значений параметров его звеньев для заданных условий движения. При этом важно осуществить такой выбор на стадии проектирования трактора. Использование современного математического аппарата позволяет решить эту задачу путем проведения теоретических исследований. Определение понятия устойчивости движения механической системы было обосновано А. М. Ляпуновым.

При теоретических исследованиях устойчивости движения составляется система дифференциальных уравнений, описывающих движение тракторного

поезда, трактора или машинно-тракторного агрегата. Затем исследуется устойчивость решения полученной системы уравнений.

Тракторы и машины должны изготавляться в соответствии с требованиями ГОСТ 12.2.019-86 2002 [5].

Углы поперечной статической устойчивости должны быть не менее: 35° – для тракторов тяговых классов 0,9 и более (за исключением хлопководческих) при транспортной комплектации и колее; 25° – для самоходных зерноуборочных комбайнов; 30° – для остальных машин. Для универсальных колесных тракторов предельный угол подъема $\alpha = 35\dots40^\circ$, а предельный угол уклона $\alpha \geq 60^\circ$.

Продольная и поперечная устойчивость при стоянке на подъемах, уклонах и склонах, а также при движении машин без тяговой нагрузки может быть нарушена не только в результате их опрокидывания, но и в результате сползания, когда максимально возможная в данных условиях тормозная или тяговая сила колес P_k недостаточна для удержания машины на наклонной поверхности дороги или поля [12].

В предельных условиях по опрокидыванию сползание не наступит, т.е. раньше будет происходить опрокидывание, при условии, если сила, вызывающая опрокидывание меньше силы сцепления нижних колес машины с почвой.

Таким образом, статическая устойчивость по опрокидыванию и устойчивость по сползанию зависят от ряда геометрических параметров трактора и от сцепления колес с почвой.

При равномерном движении трактора и при движении передним ходом продольная устойчивость снижается под действием момента сопротивления качению, тяговой нагрузки на крюке или веса транспортируемых навесных машин (если они расположены сзади трактора). В связи с этим анализируют зависимость устойчивости от усилия на крюке трактора для заданных почвенных условий путем построения характеристики продольной

устойчивости по опрокидыванию. Кроме того, строят и анализируют характеристику по управляемости.

Раньше, чем наступит опрокидывание трактора (нормальная реакция почвы на передние колеса $Y_n = 0$), нарушается его управляемость из-за недостаточного сцепления передних колес с почвой в поперечном направлении. Для сохранения удовлетворительной управляемости нормальная реакция почвы на передние колеса не должна быть ниже $(0,15\dots0,2)$ G, где G - вес трактора.

Углы подъема, при которых происходит потеря устойчивости или нарушается управляемость, называются критическими, а сила тяги, соответствующая этим углам, - предельной [2].

Устойчивость тракторов характеризуется их способностью работать на продольных подъемах, уклонах и поперечных склонах без опрокидывания и сползания. Различают продольную и поперечную устойчивость.

Наибольший угол подъема или склона, на котором трактор или автомобиль может стоять без опрокидывания, называют предельным статическим углом подъема и склона. Опрокидывание наступает, когда верхние колеса трактора (при подъеме - это передние колеса) полностью разгружаются и действующая на них нормальная реакция дороги равна нулю. Вся весовая нагрузка воспринимается при подъеме задними колесами, при уклоне - передними, а при работе поперек склона - нижними передними и задними колесами.

Неравномерность обработки почвы, наличие погрешностей и перекрытий обрабатываемых площадей, глубоких разъемных борозд и высоких свалочных гребней, неполное уничтожение сорняков в междурядьях, повреждения и засыпание культурных растений в рядках являются, как правило, следствием нарушения устойчивости движения трактора и других звеньев машинно-тракторного агрегата. Устранение этих нежелательных явлений, сопровождающих работу агрегата, может быть достигнуто путем выбора рациональных значений параметров его звеньев для заданных условий движения.

Указанные признаки устойчивости движения трактора относятся к случаям, когда отклонения от основного движения описываются линейными дифференциальными уравнениями с постоянными коэффициентами. Однако при составлении дифференциальных уравнений движения часто получаются нелинейные уравнения.

Большое влияние на характеристики движения оказывает реакция трактора на внешние возмущения. В одних случаях возмущения остаются малыми или же постепенно затухают и исчезают, и система возвращается к основному движению. В других – отклонения от первоначального движения с течением времени увеличиваются и уводят систему от основного движения. Кроме того, может возникнуть незатухающий колебательный процесс или процесс с безгранично возрастающей амплитудой. Таким образом, последствия возмущения могут быть значительными, несмотря на очень малые первичные возмущения, и возмущенное движение может существенно отличаться от невозмущенного. Так как при движении машинно-тракторного агрегата по поверхности поля возмущающие факторы (неровности рельефа, неоднородность почвы по составу, влажности и механическим свойствам, наличие камней, корней растений и т. п.) существуют неизбежно, то выявление характера изменения параметров движения после их возвращения имеет важное практическое значение. Именно это и является основной задачей теории устойчивости движения трактора [2].

Если период колебательного процесса близок к времени реакции системы трактор–водитель, то действия водителя могут быть причиной возбуждения незатухающего процесса. Необходимо, чтобы период колебаний превышал не менее чем в 3...4 раза время реакций указанной системы, т. е. составлял более 4...6 с. Следовательно, строгое решение задачи об устойчивости движения требует совместного рассмотрения системы водитель–машина–грунт, причем может оказаться, что управляемая система будет устойчивой в любых условиях эксплуатации при движении с достаточно высокой скоростью благодаря водителю, который может неустойчивый трактор

перемещать с допустимым отклонением от заданного направления. При устойчивом движении отклонения от заданного направления с течением времени уменьшаются по тому или иному закону, определяемому динамическими свойствами системы машина–дорога. Очевидно, чем меньше отклонения от заданного направления движения получает трактор и чем короче время движения в отклоненном состоянии, тем большей практической устойчивостью обладает данный трактор.

Для работы тракторных агрегатов на полях, расположенных на склонах от 8 до 20° , могут применяться равнинные тракторы, т. е. тракторы обычной конструкции, у которых повышена устойчивость к опрокидыванию путем приспособления ходовой системы, а также специальные тракторы – низкоклиренсные, крутосклонные и горно-равнинные. Следует иметь в виду, что чем больше угол склона, на котором работает трактор, тем меньше допускаемая скорость движения трактора. Например, при работе низкоклиренсных тракторов на склонах до 16° допускается скорость не выше 5-й (2,93 м/с), а при уклоне 20° – не выше 3-й (2,01 м/с) передачи. Для того чтобы повысить устойчивость трактора к опрокидыванию и обеспечить более устойчивый ход при работе на склонах, надо применять следующие мероприятия: устанавливать на всех колесах дополнительные грузы при наибольшей ширине колеи, а в шины наливать воду; устанавливать на тракторе сдвоенные колеса с наиболее возможной шириной колеи; развертывать цапфы передних колес и корпуса конечных передач так, чтобы дорожный просвет был наименее возможным [9].

Таким образом, из проведенного обзора литературы следует, что проблема эффективного использования колесных тракторов в системе точного земледелия является актуальной.

1.4 Анализ существующих конструкций

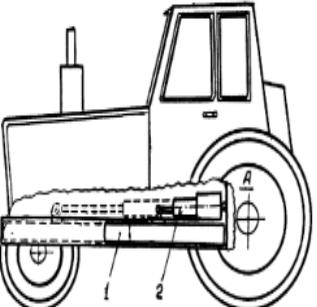
Условия повышение эксплуатационных свойств трактора МТЗ-1523 при выполнении сельскохозяйственных работ по технологии точного земледелия, а

также различные способы и теоретические предпосылки повышения эксплуатационных свойств сельскохозяйственных тракторов рассмотрены в разделе 2 данной работе.

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

В таблице 1.1 представлена информация о патентном поиске.

Таблица 1.1 – Информация по патентной документации.

Предмет поиска	Страна выдачи, вид и номер охранного документа, классификационные индексы	Сущность заявленного технического решения и цели его создания
1	2	3
1. Трактор с регулируемым положением центра тяжести	Патент РФ № 40983 B62D37/04 	Трактор с регулируемым положением центра тяжести, содержащий двигатель, силовую передачу, ходовую часть, механизмы управления, рабочее и вспомогательное оборудование, отличающийся тем, что в нижней части трактора установлены направляющие, в которых имеет возможность перемещаться груз при помощи гидроцилиндра, закрепленного на раме трактора.

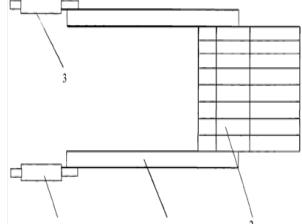
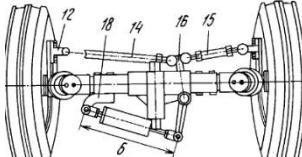
Продолжение таблицы 1.1

1	2	3
2. Устройство для облегчения управления уравновешиванием сельскохозяйственного трактора для повышения его производительности, содержащее удерживающее средство, размещаемое перпендикулярно направлению движения трактора, отличающееся тем, что удерживающее средство содержит центральную часть со средством трехточечного сцепления с передней и задней частями трактора, причем это средство сцепления содержит три соединительных элемента, а именно, верхний средний элемент и два нижних боковых элемента, а также с одной и с другой стороны указанной центральной части боковой выступ, снабженный средством зацепления массы, нагрузки или оборудования.	Патент РФ № 2008134911 B62D49/08	<p>Устройство для облегчения управления уравновешиванием сельскохозяйственного трактора для повышения его производительности, содержащее удерживающее средство, размещаемое перпендикулярно направлению движения трактора, отличающееся тем, что удерживающее средство содержит центральную часть со средством трехточечного сцепления с передней и задней частями трактора, причем это средство сцепления содержит три соединительных элемента, а именно, верхний средний элемент и два нижних боковых элементов, а также с одной и с другой стороны указанной центральной части боковой выступ, снабженный средством зацепления массы, нагрузки или оборудования.</p> <p>Устройство по п.1, отличающееся тем, что зацепляющее средство каждого бокового выступа является трехточечным зацепляющим средством, совместимым с треугольником сцепления сельскохозяйственного оборудования или массы.</p> <p>Устройство по п.1 или 2, отличающееся тем, что зацепляющие средства боковых выступов содержат нижние зацепляющие точки, снабженные откидывающимися фиксаторами для обеспечения удержания масс или оборудования,</p>

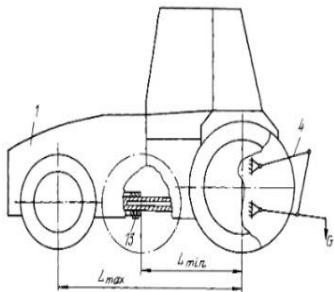
Продолжение таблицы 1.1

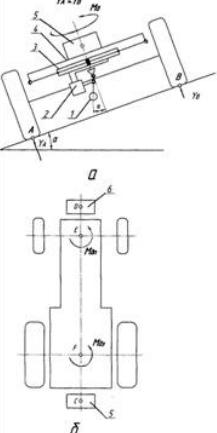
1	2	3
		сцепленных с этими зацепляющими точками.
3. Устройство для управления колесным трактором	Патент РФ № 99103131 B62D17/00	Устройство для управления колесным трактором, включающее механизм стабилизации управляемых колес, представляющий собой совокупность упругих свойств пневматических шин и углов установки управляемых колес: развал колес; наклон шкворней - поперечный и продольный; схождение колес, отличающееся тем, что внутри поворотных кулаков управляемых колес содержится упругий элемент, имеющий упругий контакт в рабочем положении (при повороте колес до 15°) со шкворнем и неподвижным кронштейном поворотного кулака. Устройство, отличающееся тем, что теряется упругий контакт между шкворнем и неподвижным кронштейном при повороте шкворня на угол более 15° путем выдавливания фиксатора в тело неподвижного кронштейна буртиком шкворня через толкател.
4. Устройство для управления трактором на склоновых землях	Патент РФ № 99103130 B62G21/00	Устройство для управления трактором на склоновых землях, включающее рулевое колесо, червяк, сектор, поворотный вал, сошку, поперечные тяги, поворотные рычаги, поворотные кулаки, управляющие колеса, отличающееся тем, что впереди трактора размещается подвижный балластный груз в виде маятника, который приводит в движение

Продолжение таблицы 1.1

1	2	3
		шарнирно связанные с ним вертикальные и диагональные тяги вместе с подвижным кронштейном и фрикционной пластиной.
5. Устройство для управления колесным трактором	Патент РФ № 2163749 A01B69/00, B62D17/00	Устройство содержит управляемые колеса с пневматическими шинами и шкворни. Внутри поворотных кулаков управляемых колес расположен упругий элемент, имеющий упругий контакт при повороте колес до 15° одним концом со шкворнем, а другим с подвижной втулкой. Повышается точность вождения и производительность труда.
6. Устройство для перераспределения нагрузки по осям колесного трактора	Патент РФ № 90960 A01B51/00 	Устройство для перераспределения нагрузки по осям колесного трактора, содержащее балластные грузы, отличающееся тем, что дополнительно содержит раму, на передней части которой навешены балластные грузы, а на ее концах шарнирно установлены гидроцилиндры.
7. Мост транспортного средства	Патент РФ № 2077442 B62D17/00 	Изобретение относится к транспортному машиностроению, в частности, к передним управляемым мостам, преимущественно тракторов. Конструкция содержит полуось колеса с шипом, связанным с поворотной цапфой. Полуось и цапфа выполнены с буртами, между которыми расположена кольцевая ступица плоской опоры. Последняя двумя сварными швами соединяет полуось и поворотную цапфу между собой. Второй конец плоской опоры выполнен с отверстиями для крепления кронштейна, несущего палец со сферической головкой шарнира рулевой

Продолжение таблицы 1.1

1	2	3
		трапеции. Устройство позволяет повысить надежность соединения полуоси колеса с поворотной цапфой и упростить элементы рулевой трапеции.
8. Сельскохозяйственный колесный трактор	Патент РФ № 2162625 A01B63/11 B62D63/02 	Изобретение может быть использовано в сельскохозяйственном машиностроении и предназначено для применения на сельскохозяйственных колесных тракторах. Изобретение заключается в том, что передняя ось трактора выполнена с возможностью ее перемещения относительно остова. Перемещение передней оси осуществляется гидроцилиндром, управляемым от датчика нагруженности с помощью электрогидравлического распределителя. Гидроцилиндр перемещения передней оси установлен в плоскости симметрии трактора параллельно опорной поверхности. Трактор снабжен датчиком положения управляемых колес, блокирующим возможность перемещения передней оси во время поворота.
9. Способ стабилизации и положения колесного транспортного средства	Патент РФ № 2008146172 B62D37/04	Изобретение относится к транспортному машиностроению, в частности к способу стабилизации положения транспортного средства. Способ стабилизации положения движущегося колесного транспортного средства на наклонной опорной поверхности заключается в регулировании нормальных нагрузок на ведущих колесах. Перемещение в автоматическом режиме расположенных в передней и задней части дополнительных грузов происходит вдоль осей мостов относительно продольной плоскости для создания адекватных нормальных реакций на колесах

		<p>пропорционально дестабилизирующими моментам. Достигается повышение эксплуатационной технологичности за счет повышения курсовой устойчивости, при этом транспортное средство вписывается в требуемый коридор движения [11].</p>
--	---	---

Выводы по результатам анализа патентной документации:

1. Справка по патентному поиску содержит основные конструкции устройств повышающих управляемость и стабилизацию положения при движении колесных тракторов.
2. На основании проведенного патентного поиска, следует, что разработан ряд конструкций устройств улучшающих управляемость и стабилизацию положения при движении колесных тракторов, основанных в основном на перераспределении веса машины в зависимости от условий работы.
3. Патентный поиск проведен на глубину пятнадцать лет, поэтому его можно считать исчерпывающим.
4. В данной работе за прототип разрабатываемой конструкции было принято изобретение (Патент РФ №2008146172, МПК B62D37/04) [14]. Этот выбор основан на практической значимости данной конструкции и наиболее рациональном исполнении.

Более подробно работа проектируемого устройства описана в следующем разделе.

2 ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ СПОСОБА СТАБИЛИЗАЦИИ ПОЛОЖЕНИЯ ТРАКТОРА МТЗ-1221 ЗА СЧЕТ РЕГУЛИРОВАНИЯ НОРМАЛЬНЫХ НАГРУЗОК НА ВЕДУЩИХ КОЛЕСАХ

2.1 Общие сведения и исходные данные к теоретическому обоснованию

Из литературных источников установлено, что регулирование нормальных нагрузок на ведущие колеса трактора достигается либо применением догружателей ведущих колес, либо применением системы автоматического распределения веса трактора с использованием дополнительных грузов. Таким образом, за счет перемещения дополнительных грузов обеспечивается возможность создания адекватных нормальных реакций на ведущих колесах трактора пропорционально дестабилизирующем моментам, возникающих в следствии движения агрегата по неровной поверхности [11].

В технических характеристиках тракторов, а также в инструкциях по их эксплуатации приводятся сведения по допустимой степени балластирования и рациональному подбору числа балластных грузов. Однако установка дополнительных грузов приводит к увеличению веса трактора и как следствие росту потерь на качение агрегата. Но для реализации задачи точного земледелия не требуется установка дополнительных грузов с большим собственным весом. Таким образом, их применение не окажет большого влияния на увеличение потерь на качение, но в значительной степени позволит повысить управляемость, а также снизить буксование ведущих колес трактора на 10-15% [11].

В связи с этим цель данных теоретических исследований состоит в обосновании целесообразности применения способа стабилизации положения трактора МТЗ-1221, а также улучшения управляемости и устойчивости прямолинейного движения машинно-тракторного агрегата.

2.2 Тяговый расчет трактора

Тяговым расчетом определяют рациональные значения основных параметров трактора, получают регуляторную характеристику двигателя и тяговую характеристику трактора [6].

В данном дипломном проекте рассчитываем серийный трактор МТЗ-1221, а также трактор МТЗ-1221 с применением на нем автоматического устройства стабилизации положения.

2.2.1 Основные параметры и исходные данные для тягового расчета

К основным параметрам (табл. 2.1), от которых зависит, прежде всего, эксплуатационные свойства тракторов относят: эксплуатационный вес, максимальную мощность двигателя, передаточные числа трансмиссии и размеры ведущих колес [3,5] .

Таблица 2.1 – Техническая характеристика трактора МТЗ-1221

Наименование параметров	Показания
Номинальное тяговое усилие, кН	20
Колесная формула	4x4
Эксплуатационная масса трактора, кг	5150
Номинальная мощность двигателя (260.2 Turbo), кВт	95,6
Частота вращения коленчатого вала при номинальной мощности, мин	2100
Удельный расход топлива при номинальной мощности, г/(кВт*ч)	248
Передаточные числа трансмиссии на основных передачах	92,1(1); 76,1(2); 66,7(3); 55,0(4); 45,4(5)

Исходя из этого, проведем расчет тяговой характеристики для рассматриваемых двух вариантов. Расчет будем проводить для основного почвенного фона – поле под посев ($f = 0,10 \dots 0,16$).

Тяговую характеристику строят в функции от силы тяги на крюке

трактора применительно к установившейся работе на горизонтальном участке поля. По результатам расчета тяговых характеристик видно изменение в зависимости от силы тяги следующих основных показателей: буксование ведущих колес трактора (δ), действительная скорость поступательного движения трактора (V_o), крюковая мощность (N_{kp}), тяговый кпд трактора (η_T) часовой и удельный расходы топлива соответственно (G_T и g_{kp}).

Исходные данные для расчета принимаем из технической характеристики трактора Беларус-1221.[табл.2.1]

2.2.2 Расчет и построение регуляторной характеристики дизеля Д-260.2 [6].

Частота вращения коленчатого вала на холостом ходу (n_x):

$$n_x = (1 + \delta_p) \cdot n_H, \text{мин}^{-1} \quad (2.1)$$

где δ_p - степень неравномерности регулятора числа оборотов (у тракторных дизелей $\delta_p = 0,06\dots0,08$).

$$n_x = (1 + 0,07) \cdot 2100 = 2247 \text{ мин}^{-1}$$

Частота вращения коленчатого вала при максимальном крутящем моменте (n_0):

$$n_0 = \frac{n_H}{K_0}, \text{мин}^{-1} \quad (2.2)$$

где K_0 – коэффициент приспособляемости двигателя по оборотам (у тракторных дизелей $K_0 = 1,3\dots1,6$);

$$n_0 = \frac{2100}{1,45} = 1448 \text{ мин}^{-1}$$

Максимальный крутящий момент на коленчатом валу двигателя ($M_{k,max}$):

$$M_{k,max} = M_{k,n} \cdot K_M, \text{Н}\cdot\text{м} \quad (2.3)$$

где K_M - коэффициент запаса крутящего момента ($K_M=1,19$).

Определим номинальный крутящий момент по следующему выражению:

$$M_{k,n} = 9550 \cdot \frac{N_{eH}}{n_H}, \text{Н}\cdot\text{м} \quad (2.4)$$

$$M_{k,n} = 9550 \cdot \frac{95,6}{2100} = 435 \text{Н}\cdot\text{м};$$

$$M_{k,max} = 435 \cdot 1,19 = 517 \text{Н}\cdot\text{м};$$

Эффективная мощность двигателя при максимальном крутящем моменте N_{eo} :

$$N_{eo} = \frac{M_{k,max} \cdot n_o}{9550}, \text{кВт} \quad (2.5)$$

$$N_{eo} = \frac{517 \cdot 1448}{9550} = 78,5 \text{ кВт}$$

Часовой расход топлива на номинальном режиме (G_{Tmax}):

$$G_{Tmax} = \frac{q_{eH} \cdot N_{eo}}{1000}, \text{кг/ч} \quad (2.6)$$

$$G_{Tmax} = \frac{248 \cdot 95,6}{1000} = 23,7 \text{ кг/ч}$$

Часовой расход топлива на холостом ходу двигателя (G_{TX}):

$$G_{TX} = (0,25 \dots 0,30) \cdot G_{Tmax}, \quad (2.7)$$

$$G_{TX} = 0,27 \cdot 23,7 = 6,5 \text{ кг/ч.}$$

Часовой расход топлива при максимальном крутящем моменте (G_{To}):

$$G_{To} = \frac{q_{eo} \cdot N_{eo}}{1000}, \text{кг/ч} \quad (2.8)$$

где q_{eo} - удельный расход топлива при M_{kmax} .

$$q_{eo} = (1,15 \dots 1,20) \cdot q_{eh} \quad (2.9)$$

$$q_{eo} = 1,175 \cdot 248 = 291 \text{ г/кВт·ч};$$

$$G_{To} = \frac{291 \cdot 78,5}{1000} = 22,9 \text{ кг/ч.}$$

Полученные результаты заносим в таблицу 2.2 и по полученным данным строим регуляторную характеристику дизеля Д-260.2.

Таблица 2.2 – Результаты расчета регуляторной характеристики дизеля Д-260.2

Режим работы	n_d , мин ⁻¹	M_d , Н м	N_e , кВт	G_t , кг/ч	g_e , г/(кВт*ч)
Холостой ход	2247	0	0	6,5	∞
Номинальная мощность	2100	435	95,6	23,7	248
Максимальная перегрузка	1448	517	78,5	22,9	291
$M_d = 0,5 M_{d.h.}$	2174	210	47,8	15,1	316

2.2.3 Расчет и построение кривой буксования ведущих колес

Кривая буксования является общей для всех передач, так как принимается, что буксование ведущих колес зависит только от тягового усилия. Для построения кривой буксования принимаем ряд произвольных значений P_{kp} от нуля до значения, превышающего $P_{kp.h}$ в 1,3...1,5 раза [6].

Определим коэффициент использования сцепления по следующему выражению:

$$\varphi_{kp} = \frac{P_{kp}}{G_{cu}}. \quad (2.10)$$

Так как трактор Беларус-1221 трактор с колесной схемой 4К4, то сцепным весом у него весь эксплуатационный вес.

То есть:

$$G_{cu} = \lambda \cdot g \cdot m_p, \quad (2.11)$$

$$G_{cu} = 1 \cdot 9,81 \cdot 5150 = 50522 H.$$

Кроме того, также следует учесть увеличение сцепного веса трактора за счет использования дополнительных грузов, расположенных на передней и задней частях трактора, которое составляет 8000 Н.

В связи с этим сцепной вес трактора в этом случае будет равен

$$G_{c_u} = 50522 + 8000 = 58522 \text{ Н.}$$

Определим значения коэффициента буксования соответственно серийного и с проектируемым автоматическим устройством стабилизации положения трактора МТЗ-121.

Полученные результаты расчета представлены в таблицах 2.3, 2.4.

Таблица 2.3 – Зависимость буксования от тягового усилия трактора Беларус-1221, почвенный фон – поле под посев ($G_{c_u}=50522$ Н; серийный трактор)

φ_{kp}	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7
P_{kp} , кН	0	5,9	11,7	17,6	23,4	29,3	35,1	41,0
δ , %	0	2	4	7	14	21	32	50

Таблица 2.4 – Зависимость буксования от тягового усилия трактора Беларус-1221, почвенный фон – поле под посев ($G_{c_u}=58522$ Н; с устройством стабилизации положения)

φ_{kp}	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7
P_{kp} , кН	0	6,6	13,1	19,7	26,2	32,8	39,3	45,9
δ , %	0	2	4	7	14	21	32	50

На основании полученных данных построим кривые буксования ведущих колес трактора, причем сплошными линиями – с проектируемым автоматическим устройством стабилизации положения, т.е. когда сцепной вес $G_{c_u}=58522$ Н, а пунктирными линиями – серийный трактор, т.е. когда сцепной вес $G_{c_u}=50522$ Н (рисунок 2.1).

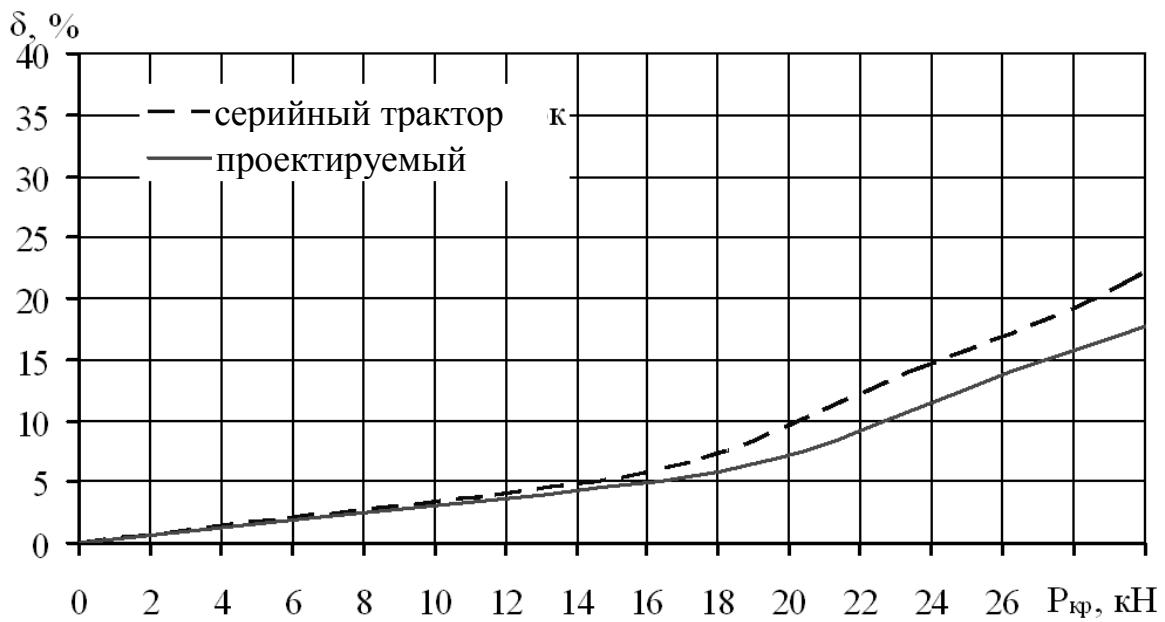


Рисунок 2.1 – Кривые буксования: почвенный фон – поле под посев

2.2.4 Определение тягово-динамических и топливно-экономических показателей трактора Беларус-1221

Для построения теоретической тяговой характеристики необходимо определить на каждой передаче значение тягово-динамических и топливно-экономических показателей трактора, соответствующих трем основным режимам его работы [10]:

- а) холостого хода ($P_{\text{кп}} = 0$)
- б) номинальной нагрузки двигателя ($P_{\text{кп.н}}$, при этом $N_{\text{кп max}}$);
- в) режим максимальной перегрузки ($P_{\text{кп max}}$).

Определим касательную силу тяги по следующему выражению :

$$P_{\kappa.h} = \frac{M_{\partial\theta} \cdot i_{mp} \cdot \eta_{mp}}{r_k}, \text{ кН} \quad (2.12)$$

Находим касательную силу тяги для номинального режима:

$$P_{\kappa.1} = \frac{435 \cdot 92,1 \cdot 0,9}{0,80} = 45071 \text{ Н}$$

$$P_{\kappa.2} = \frac{435 \cdot 76,1 \cdot 0,9}{0,80} = 37241 H$$

$$P_{\kappa.3} = \frac{435 \cdot 66,7 \cdot 0,9}{0,80} = 32641 H$$

$$P_{\kappa.4} = \frac{435 \cdot 55,0 \cdot 0,9}{0,80} = 26916 H$$

$$P_{\kappa.5} = \frac{435 \cdot 45,4 \cdot 0,9}{0,80} = 22218 H$$

- для режима максимальной перегрузки

$$P_{\kappa.1} = \frac{517 \cdot 92,1 \cdot 0,9}{0,80} = 53568 H$$

$$P_{\kappa.2} = \frac{517 \cdot 76,1 \cdot 0,9}{0,80} = 44262 H$$

$$P_{\kappa.3} = \frac{517 \cdot 66,7 \cdot 0,9}{0,80} = 38794 H$$

$$P_{\kappa.4} = \frac{517 \cdot 55,0 \cdot 0,9}{0,80} = 31989 H$$

$$P_{\kappa.5} = \frac{517 \cdot 45,4 \cdot 0,9}{0,80} = 26406 H$$

Теоретическая скорость трактора определяется из следующего выражения [6]:

$$V_T = 0,377 \cdot \frac{n_{\partial\theta.h} \cdot r_{\kappa}}{i_{mp}}, \text{ км/ч} \quad (2.13)$$

- для холостого хода

$$V_{T_1} = 0,377 \cdot \frac{2247 \cdot 0,80}{92,1} = 7,4 \text{ км/ч},$$

$$V_{T_2} = 0,377 \cdot \frac{2247 \cdot 0,80}{76,1} = 8,9 \text{ км/ч.}$$

$$V_{T_3} = 0,377 \cdot \frac{2247 \cdot 0,80}{66,7} = 10,2 \text{ км/ч.}$$

$$V_{T_4} = 0,377 \cdot \frac{2247 \cdot 0,80}{55,0} = 12,3 \text{ км/ч.}$$

$$V_{T_5} = 0,377 \cdot \frac{2247 \cdot 0,80}{45,4} = 14,9 \text{ км/ч.}$$

- для номинального режима

$$V_{T_1} = 0,377 \cdot \frac{2100 \cdot 0,80}{92,1} = 6,9 \text{ км/ч,}$$

$$V_{T_2} = 0,377 \cdot \frac{2100 \cdot 0,80}{76,1} = 8,3 \text{ км/ч,}$$

$$V_{T_3} = 0,377 \cdot \frac{2100 \cdot 0,80}{66,7} = 9,5 \text{ км/ч,}$$

$$V_{T_4} = 0,377 \cdot \frac{2100 \cdot 0,80}{55,0} = 11,5 \text{ км/ч,}$$

$$V_{T_5} = 0,377 \cdot \frac{2100 \cdot 0,80}{45,4} = 13,9 \text{ км/ч.}$$

- для режима максимальной перегрузки

$$V_{T_1} = 0,377 \cdot \frac{1448 \cdot 0,80}{92,1} = 4,7 \text{ км/ч,}$$

$$V_{T_2} = 0,377 \cdot \frac{1448 \cdot 0,80}{76,1} = 5,7 \text{ км/ч,}$$

$$V_{T_3} = 0,377 \cdot \frac{1448 \cdot 0,80}{66,7} = 6,5 \text{ км/ч},$$

$$V_{T_4} = 0,377 \cdot \frac{1448 \cdot 0,80}{55,0} = 7,9 \text{ км/ч},$$

$$V_{T_5} = 0,377 \cdot \frac{1448 \cdot 0,80}{45,4} = 9,6 \text{ км/ч}.$$

Определяем крюковое усилие по следующему выражению [6]:

$$P_{kp} = P_k - P_f, \text{Н} \quad (2.14)$$

где P_f - сила сопротивления качению трактора ($P_f = f \cdot G_p$).

- для номинального режима

$$P_{kp.1} = 45071 - 2341 = 42,7 \text{ кН}; \delta_1 = 0,45,$$

$$P_{kp.2} = 37241 - 2341 = 34,9 \text{ кН}; \delta_2 = 0,28$$

$$P_{kp.3} = 32641 - 2341 = 30,3 \text{ кН}; \delta_3 = 0,22$$

$$P_{kp.4} = 26916 - 2341 = 24,5 \text{ кН}; \delta_4 = 0,15,$$

$$P_{kp.5} = 22218 - 2341 = 19,8 \text{ кН}; \delta_4 = 0,10.$$

- для режима перегрузки

$$P_{kp.1} = 53568 - 2341 = 51,2 \text{ кН}; \delta_1 = 0,75,$$

$$P_{kp.2} = 44262 - 2341 = 41,9 \text{ кН}; \delta_2 = 0,43$$

$$P_{kp.3} = 38794 - 2341 = 36,4 \text{ кН}; \delta_3 = 0,30$$

$$P_{kp.4} = 31989 - 2341 = 29,6 \text{ кН}; \delta_4 = 0,24$$

$$P_{kp.5} = 26406 - 2341 = 24,1 \text{кН} ; \delta_4 = 0,16 .$$

Определяем действительную скорость движения трактора по следующему выражению [6]:

$$V_\delta = V_T \cdot (1 - \delta), \text{ км/ч} \quad (2.15)$$

- для номинального режима

$$V_{\delta.1} = 6,9 \cdot (1 - 0,45) = 3,7 \text{ км/ч},$$

$$V_{\delta.2} = 8,3 \cdot (1 - 0,28) = 5,9 \text{ км/ч}.$$

$$V_{\delta.3} = 9,5 \cdot (1 - 0,22) = 7,4 \text{ км/ч}.$$

$$V_{\delta.4} = 14,5 \cdot (1 - 0,15) = 9,8 \text{ км/ч}.$$

$$V_{\delta.5} = 13,9 \cdot (1 - 0,10) = 12,5 \text{ км/ч}.$$

- для режима максимальной перегрузки

$$V_{\delta.1} = 4,7 \cdot (1 - 0,75) = 1,1 \text{ км/ч}.$$

$$V_{\delta.2} = 5,7 \cdot (1 - 0,43) = 3,2 \text{ км/ч}.$$

$$V_{\delta.3} = 6,5 \cdot (1 - 0,30) = 4,5 \text{ км/ч}.$$

$$V_{\delta.4} = 7,9 \cdot (1 - 0,24) = 6,0 \text{ км/ч}.$$

$$V_{\delta.5} = 9,6 \cdot (1 - 0,16) = 8,1 \text{ км/ч}.$$

Тяговая мощность трактора определяется по следующему выражению:

$$N_{kp} = \frac{P_{kp} \cdot V_o}{3,6}, \text{ кВт} \quad (2.16)$$

- для номинального режима

$$N_{kp.1} = \frac{42,7 \cdot 3,7}{3,6} = 43,9 \text{ кВт}; \quad N_{kp.2} = \frac{34,9 \cdot 5,9}{3,6} = 57,2 \text{ кВт}$$

$$N_{kp.3} = \frac{30,3 \cdot 7,4}{3,6} = 62,3 \text{ кВт}; \quad N_{kp.4} = \frac{24,5 \cdot 9,8}{3,6} = 66,7 \text{ кВт}$$

$$N_{kp.5} = \frac{19,8 \cdot 12,5}{3,6} = 68,76 \text{ кВт}.$$

- для режима максимальной перегрузки

$$N_{kp.1} = \frac{51,2 \cdot 1,1}{3,6} = 15,6 \text{ кВт}; \quad N_{kp.2} = \frac{41,9 \cdot 3,2}{3,6} = 37,2 \text{ кВт}$$

$$N_{kp.3} = \frac{36,4 \cdot 4,5}{3,6} = 45,5 \text{ кВт}; \quad N_{kp.4} = \frac{29,6 \cdot 6,0}{3,6} = 49,3 \text{ кВт}$$

$$N_{kp.5} = \frac{24,1 \cdot 8,1}{3,6} = 54,2 \text{ кВт}.$$

Определяем тяговый кпд трактора по следующему выражению:

$$\eta_T = \frac{N_{kp}}{N_e} \quad (2.17)$$

- для номинального режима

$$\eta_{T.1} = \frac{43,9}{96} = 0,46; \quad \eta_{T.2} = \frac{57,2}{96} = 0,59; \quad \eta_{T.3} = \frac{62,3}{96} = 0,65; \quad \eta_{T.4} = \frac{66,7}{96} = 0,69$$

$$\eta_{T.5} = \frac{68,7}{96} = 0,715.$$

- для режима максимальной перегрузки

$$\eta_{T.1} = \frac{15,6}{78} = 0,2; \quad \eta_{T.2} = \frac{37,2}{78} = 0,48; \quad \eta_{T.3} = \frac{45,5}{78} = 0,58; \quad \eta_{T.4} = \frac{49,3}{78} = 0,63$$

$$\eta_{T.5} = \frac{54,5}{78} = 0,69.$$

Определяем удельный расход топлива по следующему выражению:

$$g_{kp} = \frac{10^3 \cdot G_T}{N_{kp}}, \text{г/кВт}\cdot\text{ч} \quad (2.18)$$

- для номинального режима

$$g_{kp1} = \frac{10^3 \cdot 23,7}{43,9} = 539, \text{г/кВт}\cdot\text{ч}; \quad g_{kp2} = \frac{10^3 \cdot 23,7}{57,2} = 414, \text{г/кВт}\cdot\text{ч}$$

$$g_{kp3} = \frac{10^3 \cdot 23,7}{62,3} = 380, \text{г/кВт}\cdot\text{ч}; \quad g_{kp4} = \frac{10^3 \cdot 23,7}{66,7} = 355, \text{г/кВт}\cdot\text{ч}$$

$$g_{kp5} = \frac{10^3 \cdot 23,7}{68,7} = 345, \text{г/кВт}\cdot\text{ч}.$$

- для режима максимальной перегрузки

$$g_{kp1} = \frac{10^3 \cdot 22,9}{15,6} = 1468, \text{г/кВт}\cdot\text{ч}; \quad g_{kp2} = \frac{10^3 \cdot 22,9}{37,2} = 616, \text{г/кВт}\cdot\text{ч}$$

$$g_{kp3} = \frac{10^3 \cdot 22,9}{45,5} = 503, \text{г/кВт}\cdot\text{ч}; \quad g_{kp4} = \frac{10^3 \cdot 22,9}{49,3} = 464, \text{г/кВт}\cdot\text{ч}$$

$$g_{kp5} = \frac{10^3 \cdot 22,9}{54,2} = 422, \text{г/кВт}\cdot\text{ч}.$$

Для получения сравнительной оценки об улучшении основных тягово-динамических и топливно-экономических показателей трактора при использовании проектируемого автоматического устройства стабилизации положения – проведем аналогичный тяговый расчет на таком же почвенном фоне. При этом $G_{cu}=58522$ Н. По полученным результатам построим теоретическую тяговую характеристику трактора Беларус-1221 (рисунок 2.2), на которой кривые, выполненные сплошными линиями, соответствуют показателям, полученным для проектируемого автоматического устройства стабилизации положения, а пунктирными для серийного трактора [10].

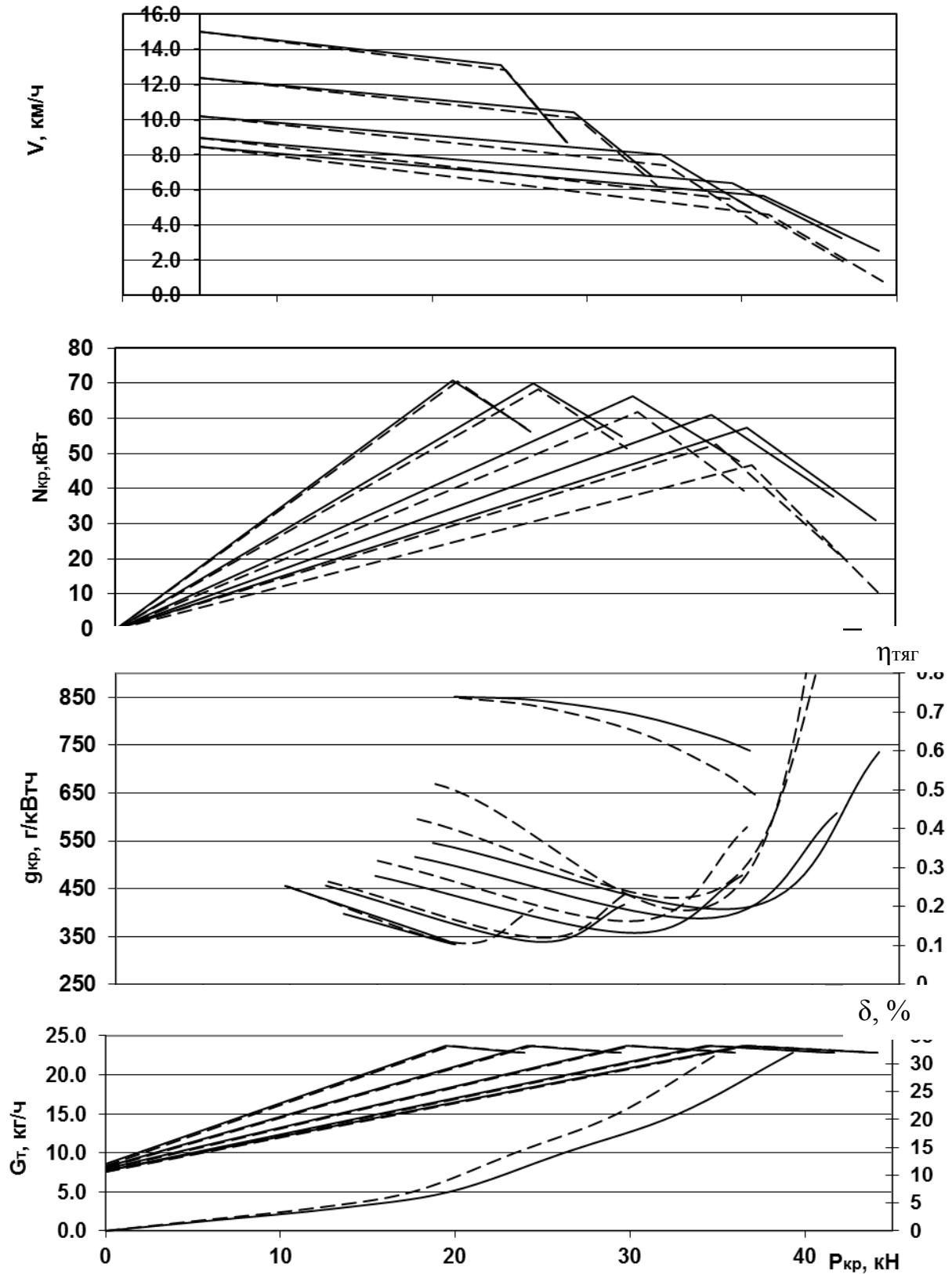


Рисунок 2.2 – Тяговая характеристика трактора Беларус-1221(почвенный фон – поле под посев)

Анализ представленной на рисунке 2.2 теоретической тяговой характеристики трактора МТЗ-1221, построенной для заданного почвенного фона, показывает, что использование проектируемого автоматического устройства стабилизации положения повышает основные тягово-скоростные и топливно-экономические показатели трактора.

Наблюдается значительное снижение буксования ведущих колес трактора МТЗ-1221, рост действительной скорости движения и тяговой мощности, а также снижение удельного крюкового расхода топлива.

Таким образом, результатами расчета показателей теоретической тяговой характеристики трактора МТЗ-1221 обоснована целесообразность его оснащения проектируемым автоматическим устройством стабилизации положения.

3 ПРОЕКТИРОВАНИЕ И РАСЧЕТ УСТРОЙСТВА ПОВЫШЕНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ СВОЙСТВ ТРАКТОРА БЕЛАРУС-1523 ЗА СЧЕТ СТАБИЛИЗАЦИИ ПОЛОЖЕНИЯ

3.1 Общая схема и принцип работы автоматического устройства стабилизации положения при движении трактора МТЗ-1523

Автоматическое устройство стабилизации положения движущегося колесного трактора МТЗ-1523 на наклонной опорной поверхности заключается в регулировании нормальных нагрузок на ведущих колесах. Это способ реализован за счет перемещение в автоматическом режиме расположенных в передней и задней части дополнительных грузов вдоль осей мостов относительно продольной плоскости для создания адекватных нормальных реакций на колесах пропорционально дестабилизирующим моментам. Достигается повышение эксплуатационной технологичности за счет повышения курсовой устойчивости, при этом за счет равномерного распределения веса трактора МТЗ-1523 на ведущие (опорные) колеса снижается буксование и повышается скорость движения.

Конструкция данного устройства представлена на рисунке 3.1.

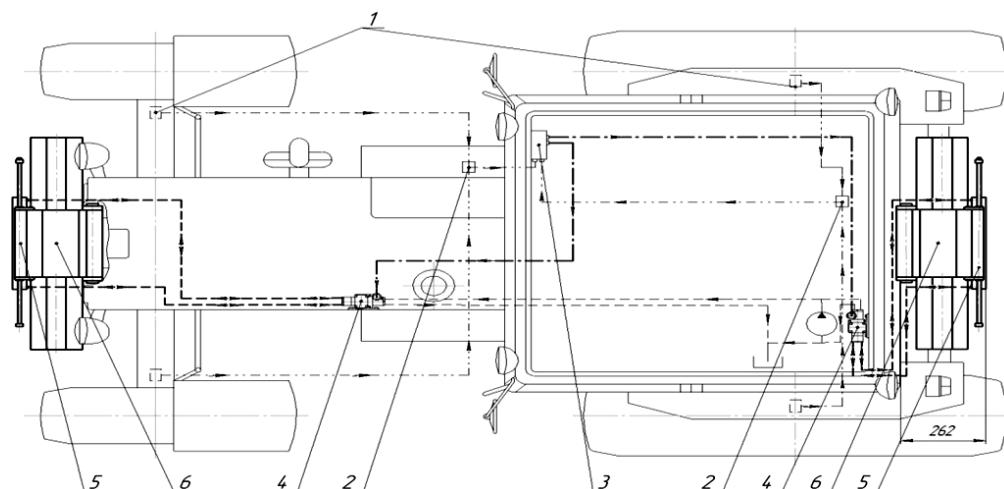


Рисунок 3.1 – Принципиальная схема конструкции

При движении трактора МТЗ-1523 поперек склона с незаблокированным дифференциалом возникающее перераспределение вертикальных реакций на его колеса вызывает появление дестабилизирующих моментов наряду с другими моментами, уводящих трактор от заданного направления, что также приводит к повышению буксования верхних по склону ведущих колес трактора (из-за перераспределения веса трактора на нижние по склону ведущие колеса). В данном устройстве это явление используется как контрявление для обеспечения повышения курсовой устойчивости. Т.е. при движении колесного трактора с незаблокированным дифференциалом нагружаются верхние по склону колеса при помощи установленных на него дополнительных грузов с возможностью их продольного перемещения параллельно оси мостов трактора МТЗ-1523, которые занимают положение относительно его продольной плоскости в зависимости от угла наклона опорной поверхности в режиме автоматического управления таким образом, чтобы вертикальные реакции на верхние колеса были на соответствующую для появления потребных стабилизирующих моментов величину больше вертикальных реакций на нижние по склону колеса.

При этом возникают стабилизирующие моменты, пропорциональные моментам увода, действующие на соответствующие мосты трактора, благодаря чему курсовая устойчивость движения агрегата повышается, а также снижается буксование ведущих колес.

Процесс работы данного устройства происходит следующим образом.

При движении трактора МТЗ-1523 по наклонной поверхности происходит перераспределения веса трактора на ведущие колеса, в следствии чего, увеличивается буксование верхних по склону ведущих колес трактора. Величина буксования ведущих колес трактора МТЗ-1523 фиксируется 4-мя датчиками буксования колес трактора 1. Сигнал от датчиков буксования колес 1 суммируется (сумма торами 2) и поступает на электронный блок управления 3. Который подает сигнал управления на электрогидрораспределители 4.

Электрогидрораспределители 4 управляют рабочими гидроцилиндрами двухстороннего действия 5. С помощью гидроцилиндров 5 происходит перемещение дополнительных грузов 6 параллельно ведущим осям трактора МТЗ-1523. В следствии чего выравнивается баланс веса трактора МТЗ-1523 на ведущие колеса. В результате чего снижается буксование и обеспечивается повышение курсовой устойчивости за счет снижения дестабилизирующих моментов.

Проектируемая конструкция автоматического устройства стабилизации положения позволяет работать на склонах с различной крутизной и конфигурацией опорной поверхности, обеспечивая удовлетворительную собственную и курсовую устойчивость. При этом водитель будет больше внимания уделять качеству выполнения технологического процесса, что снизит его утомляемость. Это позволит, в свою очередь, повысить производительность, в том числе и за счет снижения буксования и увеличения скорости движения. Использование данного устройства особенно эффективно в условиях сельскохозяйственного производства, в частности при ведении прецизионного земледелия, где необходимо точное вождение трактора по полю.

3.2 Проектирование и расчет основных элементов конструкции

3.2.1 Определение основных параметров гидроцилиндра

Основным рабочим элементом конструкции является гидроцилиндр перемещения дополнительных грузов.

В соответствии с поставленной технической задачей – развиваемое усилие при работе силового гидроцилиндра может достигать значения от 500 до 2500 Н. С учетом постепенного износа деталей гидроцилиндра в процессе эксплуатации устройства и повышения величины утечек через создаваемые зазоры между сопрягаемыми деталями, проектировочный расчет необходимо выполнять с учетом коэффициента запаса усилия развивающего гидроцилиндром (приблизительно 10...15%).

Таким образом, при расчете принимаем, что максимальное усилие создаваемое силовым гидроцилиндром должно составлять $P_r = 2875$ Н при скорости прямого и обратного ходов соответственно $V_1 = 0,25$ м/сек, и $V_2 = 0,55$ м/сек. Время разгона при прямом ходе $t = 0,15$ с, рабочее давление гидравлической жидкости в напорной магистрали $P_n = 20$ кгс/см², общий КПД цилиндра $\eta = 0,80$. Рабочая жидкость – минеральное масло.

Определим силу инерции при разгоне поршня

$$P_i = \frac{P_r \cdot V_1}{g \cdot t} \quad (3.1)$$

где g – ускорение свободного падения, $g = 9,81$ м/с²;

$$P_i = \frac{2875 \cdot 0,25}{9,81 \cdot 0,15} = 489 \text{ H.}$$

Фактическая сила на штоке гидроцилиндра

$$P_f = P_r + P_i, \quad (3.2)$$

$$P_f = 2875 + 489 = 3364 \text{ H.}$$

Расчетное усилие

$$P = \frac{P_f}{\eta}, \quad (3.3)$$

$$P = \frac{3364}{0,80} = 4205 \text{ H.}$$

Тогда диаметр поршня гидроцилиндра равен:

$$D = \sqrt{\frac{P \cdot 4}{P_n \cdot \pi}}, \quad (3.4)$$

$$D = \sqrt{\frac{4205 \cdot 4}{2 \cdot 10^2 \cdot 3,14}} = 5,2 \text{ см} = 52 \text{ мм} \approx 50 \text{ мм.}$$

Диаметр штока:

$$d = D \sqrt{1 - \frac{V_1}{V_2}}, \quad (3.5)$$

$$d = 5,0 \sqrt{1 - \frac{0,25}{0,55}} = 3,7 \text{ см} = 37 \text{ мм.}$$

Толщину стенки цилиндра определяем по формуле Ляше [12]:

$$\delta_{st} \geq \frac{D}{2} \left(\sqrt{\frac{[\sigma] + P}{[\sigma] - P}} - 1 \right) \quad (3.6)$$

$$\delta_{st} = \frac{5,0}{2} \left(\sqrt{\frac{100 + 2 \cdot 1,2}{100 - 2 \cdot 1,2}} - 1 \right) \approx 0,1 \text{ см} = 1 \text{ мм.}$$

где $[\sigma]$ – допустимое напряжение растяжения материала для изготовления силового цилиндра $[\sigma] = 100 \text{ Мпа}$ [12].

$P = 1,2 \cdot P_{max}$ – расчетное давление, Па;

P_{max} – максимальное давление, Па.

Толщину плоского дна цилиндра двухстороннего действия определяем по формуле:

$$\delta_o \geq 0,4 \cdot D \sqrt{\frac{P}{[\sigma]}} \quad (3.7)$$

$$\delta_o = 0,4 \cdot 5,0 \sqrt{\frac{2 \cdot 1,2}{100}} = 0,3 \text{ см.}$$

Необходимый расход рабочей жидкости

$$Q = S_p \cdot V_1, \quad (3.8)$$

$$S_p = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \quad (3.9)$$

где S_p – рабочая площадь поршня со стороны поршневой плоскости, см^2 .

$$S_p = \frac{3,14 \cdot 5,0^2}{4} = 19,64 \text{ см}^2.$$

$$Q = 19,64 \cdot 0,25 \cdot 10^2 = 491 \text{ см}^3/\text{с} = 0,491 \text{ дм}^3/\text{с}.$$

Мощность цилиндра при статической нагрузке

$$N_c = P_r \cdot V_1 \quad (3.10)$$

$$N_c = 2875 \cdot 0,25 \cdot 10^{-3} = 0,72 \text{ кВт.}$$

По данным литературы на основании выше приведенных расчетов, принимаем гидроцилиндр ЦД-50М. Рабочий ход штока у цилиндра ЦД-50М равен 550 мм.

Усилие на штоке при давлении в гидросистеме $P_{sh} = 2 \text{ МПа}$ равно:

$$P_{sh} = p \cdot F_p \quad (3.11)$$

где,

$$F_p = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \quad (3.12)$$

$$F_p = \frac{3,14 \cdot 5^2}{4} = 19,64$$

D – диаметр поршня ЦД-50М, D = 50 мм.

$$P = 2 \cdot 10^6 \cdot 19,64 \cdot 10^{-4} = 3928 \text{ H.}$$

Техническая характеристика гидроцилиндра ЦД-50М приведена в таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Техническая характеристика гидроцилиндра ЦД-50М

Показатели	Норма
Давление, Мпа	2
Номинальное	20
Максимальное	0,6
Стравливание не более	0,3
Холостого хода не более	
Скорость поршня:	0,12
номинальная	0,3
максимальная	
КПД:	0,91
механический	0,89
общий	
Характеристика рабочей жидкости, $\text{мм}^2/\text{с}$	60
Номинальная	100
Минимальная	1000
Максимальная	
Температуры: К ($^{\circ}\text{C}$):	293 (+20)
минимальная	353 (+80)
максимальная	M8Г ₂
Рабочая жидкость	ГОСТ8581-78 или аналог
Масса, кг	14,2

3.2.2 Расчёт тяги перемещения дополнительного груза

Расчет тяги перемещения дополнительного груза (рисунок 3.1) устройства стабилизации положения выполним с помощью пакета программы APM Win Machine, представляющей собой систему для расчета и проектирования балок и брусьев *APM Beam*:

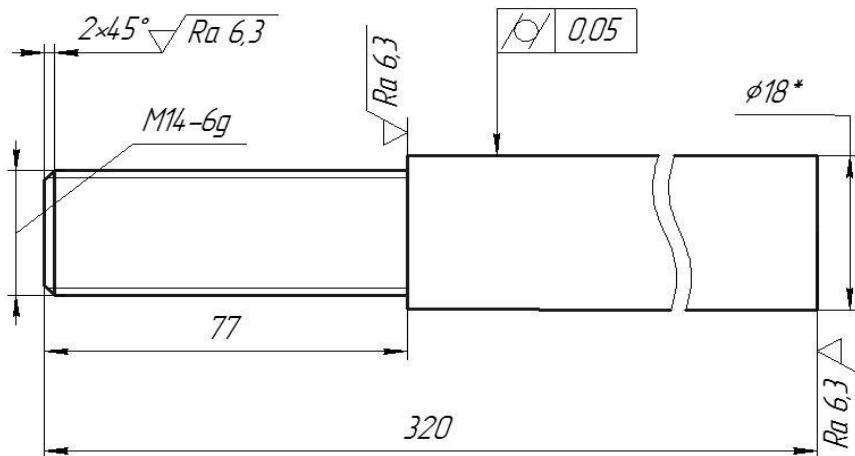


Рисунок 3.2 – Эскиз тяги перемещения дополнительного груза

Расчетная схема представлена на рисунке 3.3.

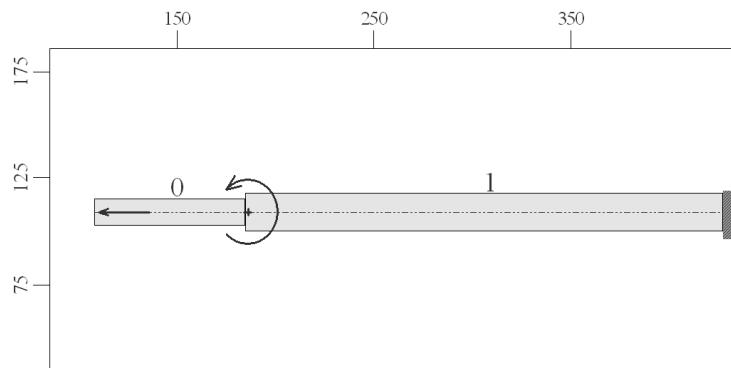


Рисунок 3.3 – Расчетная схема

Таблица 3.2 – Исходные данные

Моменты изгиба

N	Расстояние от левого конца балки, мм	Модуль, Нхм	Угол, град
0	78	150	180

Оевые силы

N	Расстояние от левого конца балки, мм	Значение, Н
0	2	-5000

Таблица 3.3 – Результаты расчета

Изгибные колебания в вертикальной плоскости

N	Частота, рад/с	Частота, Гц
0	980.87	156.11
1	5386.781	857.333
2	13099.488	2084.848
3	25051.198	3987.022
4	42651.534	6788.202

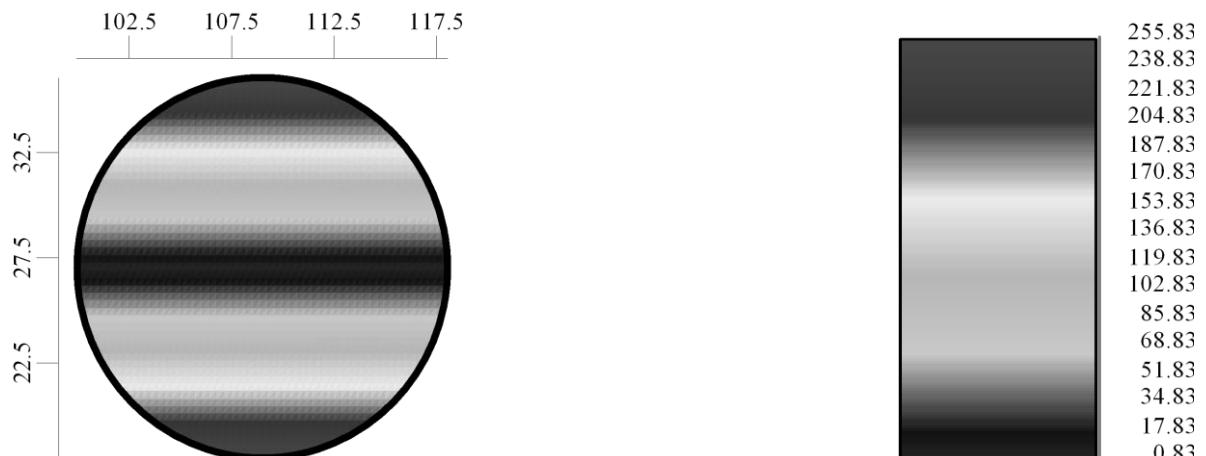
Изгибные колебания в горизонтальной плоскости

N	Частота, рад/с	Частота, Гц
0	980.87	156.11
1	5386.781	857.333
2	13099.488	2084.848
3	25051.198	3987.022
4	42651.534	6788.202

Максимальное напряжение в наиболее опасном сечении 255.828 МПа

Параметры сечений продольной балки

Сегмент 1



Диапазон цветов напряжений [МПа]

Параметры сечения

Площадь 257,43 кв. мм

Центр масс: X= 109,00 Y= 27,00 мм

Момент инерции

вокруг горизонтальной оси 5274 мм⁴

вокруг вертикальной оси 5272 мм⁴

полярный 10547 мм^4

Угол наклона главных центральных осей -45 град

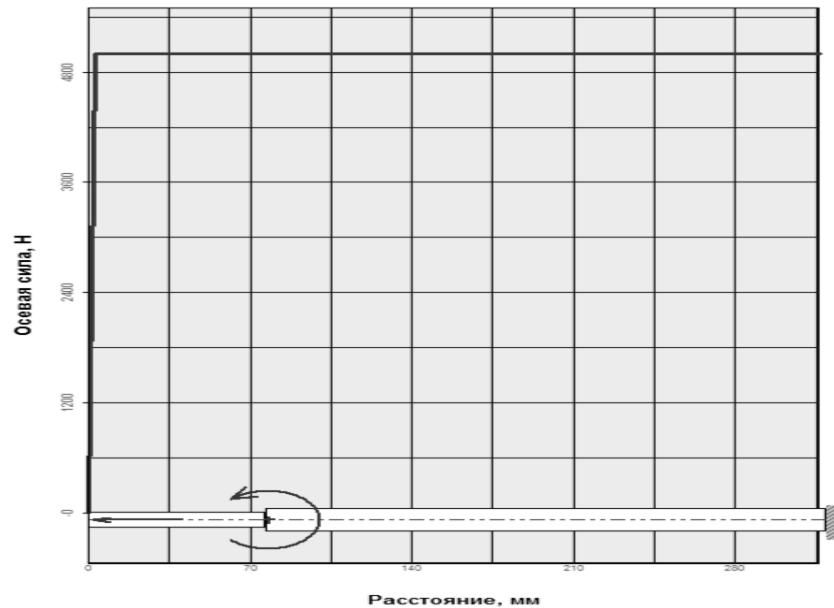


Рисунок 3.4 – Осевая сила

Момент изгиба в вертикальной плоскости

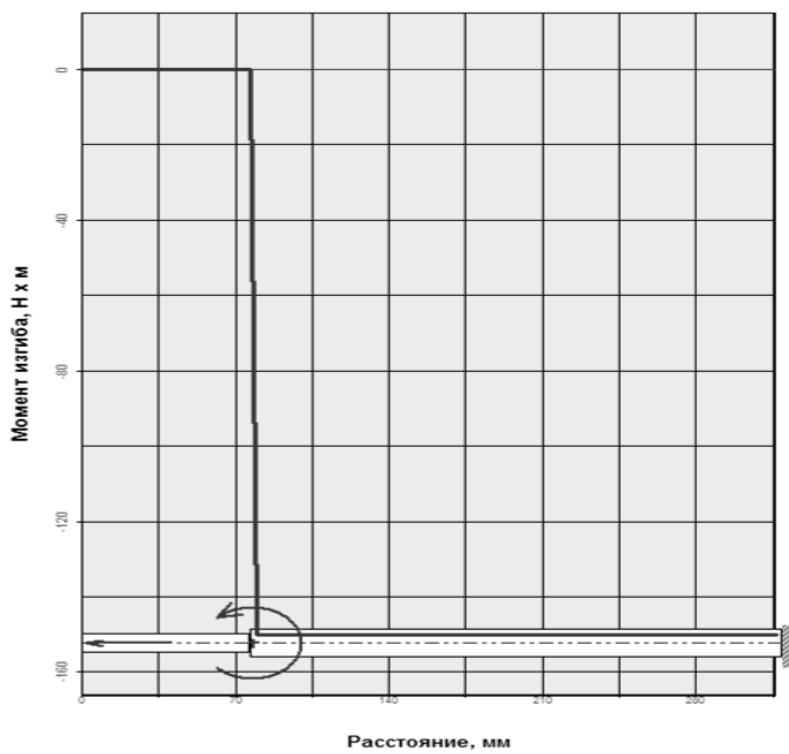


Рисунок 3.5 – Момент изгиба в продольной балке (тяге)

4 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНДЕЯТЕЛЬНОСТИ И ОХРАНА ТРУДА

Научно-технический прогресс неоднозначно влияет на условия труда. Наряду с облегчением труда человека он неизбежно рождает все новые и новые проблемы, связанные с охраной труда, зачастую повышая потенциальную опасность травматизма и профессиональных заболеваний.

Это связано с внедрением более сложной и мощной техники, повышением рабочих скоростей производственных процессов, внедрением интенсивных технологий, применением новых химических препаратов, возрастанием психологических нагрузок на организм рабочего и многих других факторов [7].

В процессе трудовой деятельности человек подвержен воздействию ряда неблагоприятных факторов, которые могут вызвать нежелательные изменения состояния его здоровья.

Максимальный уровень концентрации неблагоприятных факторов производства, не влияющих на состояние здоровья человека, называется предельно допустимой концентрацией (ПДК) вредностей.

Если концентрация хотя бы одного вредного вещества превышает допустимые нормы, то нарушается нормальная жизнедеятельность человеческого организма: это может привести к профессиональным заболеваниям.

4.1 Организация работ по охране труда на предприятиях

Постановлением министерства сельского хозяйства и продовольствия РФ №10-16 от 21 октября 1996 г. утверждено «Временное положение об организации работ по организации работ по охране труда на предприятиях и в организациях агропромышленного комплекса РФ». Это положение определяет общий порядок управления охраной труда, организацией работы, основные права и обязанности, а также ответственность за состояние охраны труда руководителей предприятий, должностных лиц, работников и направлено на

создание условий труда отвечающим требованиям норм и правил безопасности и гарантирующим сохранение жизни и здоровья работников в процессе их трудовой деятельности [7].

Согласно этому положению ответственным лицом за организацию работ по охрану труда и технику безопасности при эксплуатации машинно-тракторного парка является главный инженер. Координация деятельности по вопросам охраны труда, контроль за соблюдением законодательных и иных нормативных правовых актов, совершенствование профилактической работы по охране труда, предупреждению травматизма на производстве и улучшению условий труда работников предприятий, организация обучения и аттестации по указанным вопросам возлагаются на специалистов по охране труда. В должностные обязанности главного инженера входят:

- внедрять прогрессивные технологии производственных процессов, обеспечивающие безопасность труда;
- приостанавливать производство работ в случае возникновения угрозы жизни и здоровью людей, не допускать эксплуатации неисправных машин и оборудования, хранения мобильной техники вне специально отведенных для этих целей стоянок;
- допускать к работе лиц, имеющих право на управление машинами, знающих их устройство, обладающих необходимыми знаниями и навыками по регулировке машин и уходу за ними;
- до начала работы ознакомить обслуживающий персонал с правилами техники безопасности, производственной санитарии и провести инструктаж на рабочем месте;
- не разрешать работу машин без ограждений на цепных, клиноремённых и карданных передачах;
- выдавать механизаторам средства индивидуальной защиты, медицинские аптечки и средства пожаротушения;
- перед началом работы проверять работу тормозов, рулевого управления и механизма коробки передач;

- следить, чтобы очистка, регулировка, ремонт производились при неработающем двигателе;
- запретить проведение каких-либо работ под машинами, если под их колёсами не поставлены металлические тормозные башмаки;
- не допускать к эксплуатации, переоборудованные или вновь изготовленные в порядке рационализации машины, механизмы и приспособления без предварительной их приёмке комиссией;
- не допускать перевода работающих на иной вид работ или на иную машину без проведения инструктажа по охране труда;
- организовывать первую помощь пострадавшим и доставку их в лечебное учреждение, сообщать вышестоящему руководителю о произошедших несчастных случаях [7].

4.2 Мероприятия по охране окружающей среды

Большое значение для предотвращения загрязнения воздушной, водной и почвенной среды имеет правильная регулировка всех систем автомобилей и тракторов. Для этого необходимо своевременно и, главное, качественно проводить техническое обслуживание и ремонт техники.

Помещение участка должно быть оборудовано специальными ящиками с песком и опилками на случай разлива горюче-смазочных материалов.

На участке, где необходима работа двигателя, должны иметься вентиляционные системы. Они должны быть оснащены специальными фильтрами для предотвращения попадания вредных веществ, вырабатываемых в процессе работы двигателя, в воздух. Двигатели не должны работать на холостом ходу без надобности [1,10].

Автотракторные мойки должны быть оборудованы масляными фильтрами. Наилучший вариант - внедрение системы циклическо-циркуляционной мойки техники с использованием одного и того же объема воды с периодическим ее очищением. Недопустима мойка автомобилей,

тракторов и сельскохозяйственной техники на берегах естественных и искусственных водоемов и рек.[7]

Целесообразно для очищения уже попавших вредных веществ в воздух или частичного снижения их концентрации в воздухе провести озеленение территории участка.

4.3 Организация пожарной безопасности при эксплуатации трактора

Во избежание возгорания агрегата необходимо систематически проверять плотности соединения коллектора с головкой двигателя и выхлопной трубы с коллектором, а также исправность искрогасителя на выхлопной трубе.

Не допускать течи топлива и масла.

Электропроводка агрегата должна быть надежно закреплена и изолирована.

Не допускать перегрева двигателя.

Нельзя заправлять топливный бак трактора при работающем двигателе.

При заправке топливом или маслом не допускать их проливания.

При заправке топлива или замере его уровня категорически запрещается пользоваться открытым огнем (спичками, свечками, факелами и т.д.).

В тракторе всегда должен быть огнетушитель ОВП-5 (ОУ-5) и лопата.

Запрещается эксплуатация трактора в пожароопасных местах при снятом щитке коллектора и других защитных устройствах с нагретых частей двигателя.

Нужно предотвращать возможность искрообразования и утечек тока в проводах и клеммах электрооборудования, особенно в местах, где возможно попадание масла или топлива, нельзя находиться возле трактора во время грозы.

Для тушения пожара следует применять огнетушители, песок, брезент и т.п.[7].

4.4 Физическая культура на производстве

Производственная гимнастика как элемент научной организации труда должна массово и прочно войти в режим трудового дня. Ей отводится роль профилактического средства поддержания высокой работоспособности на протяжении рабочего дня. Сеченовский феномен активного отдыха - важное условие для плодотворной интеллектуальной деятельности. Многочисленные научные данные свидетельствуют о том, что чередование умственного труда с выполнением физических упражнений и повышают сопротивляемость организма эмоциональному стрессу и предупреждению процессами, работой анализаторов, точными и быстрыми действиями и т.д.[15]

Основное назначение физических упражнений, которые используются в процессе труда, - снижение профессионального утомления. Оказывая благотворное влияние на организм работающего, физические упражнения регулируют мозговое и периферическое кровообращение. Мышечные движения создают огромное число нервных импульсов, которые обогащают мозг массой ощущений, способствуя устойчивому настроению.

Важно учитывать виды труда, которые отличаются степенью физической нагрузки большим нервно-психическим напряжением (это профессии педагога, врача, инженера, ученого и т.д.).

По степени физической активности и величине нервно-психологического напряжения выделяют медицинских работников, труд которых связан с большой ответственностью за принятие правильного решения, в особенности труд хирургов, отличающийся высоким нервно-эмоциональным напряжением и длительным статическим напряжением мышц в процессе операции.

Перечисленные выше виды труда предъявляют высокие требования к деятельности головного мозга, зрительного анализатора, связанного с напряжением внимания, к продолжительным статическим нагрузкам на мышечный аппарат.

В производственной гимнастики нужно включать специальные упражнения на разгибание туловища, наклоны, вращение в плечевых суставах, повороты, вращение туловищем и другие упражнения [14].

Производственная гимнастика на рабочем месте

Производственная физическая культура - система методически обоснованных физических упражнений физкультурно-оздоровительных и спортивных мероприятий, направленных на повышение и сохранение устойчивой профессиональной дееспособности. Форма и содержание этих мероприятий определяются особенностями профессионального труда и быта человека. Заниматься ПФК можно как в рабочее, так и в свободное время.

В рабочее время производственная физическая культура (ПФК) реализуется через производственную гимнастику.

Производственная гимнастика - это комплексы специальных упражнений, применяемых в режиме рабочего дня, чтобы повысить общую и профессиональную работоспособность, а также с целью профилактики и восстановления.

Основная задача производственной гимнастики - повышение профессиональной работоспособности трудящихся за счет выполнения специально подобранных упражнений, направленных на восстановление работоспособности в процессе труда, снижение утомления. Одним из условий сохранения высокой профессиональной работоспособности является переключение деятельности (феномен активного отдыха И.М. Сеченова). Таким переключением деятельности является производственная гимнастика.

Ее гигиеническое значение заключается в оздоровительном эффекте, в улучшении функциональных показателей физического развития и физической подготовленности при систематическом применении в снижении нервно-психического напряжения. Осложняет проведение производственной гимнастики ограниченность во времени, выполнение физических упражнений непосредственно на рабочем месте, в рабочей одежде и т.д.

Производственная гимнастика имеет следующие основные формы.

Вводная гимнастика направлена на скорейшее включение организма в работу. С ее помощью достигается оптимальная возбудимость центральной нервной системы и привычный рабочий ритм, поэтому подбираются движения и ритм, соответствующие предстоящей деятельности. Комплексы вводной гимнастики состоят из 6- 8 упражнений, выполняемых в течение 5-7 мин в начале рабочего дня [15].

Физкультурная пауза, как форма активного отдыха, позволяет предупредить утомление и способствует поддержанию более высокой работоспособности. Она состоит из 5-7 упражнений и проводится в течение 5-7 мин при появлении первых отчетливых признаков наступающего утомления. Обычно это бывает во второй половине рабочего дня, за 2-2,5 ч до окончания работы. Упражнения для физкультпауз подбираются в зависимости от особенностей трудового процесса.

Физкультурные минутки относятся к малым формам активного отдыха и проводятся в течение 1-2 мин, состоят из 2-3 упражнений. Их целью является снижение местного утомления, возникающего, например, при длительном сидении в рабочей позе, сильном напряжении внимания, зрения и т.п. Чаще всего используются в режиме рабочего дня работников умственного труда - до 5 раз, по мере необходимости в активном отдыхе. Их использование не зависит от того, выполняется физкультпауза и вводная гимнастика или нет.

Микропаузы активного отдыха - самая короткая форма производственной гимнастики, делятся всего 20 - 30 с. Их цель - ослабить утомление.

Физическая нагрузка во время производственной гимнастики зависит от пола, возраста, состояния здоровья и степени подготовленности занимающихся. Поскольку производственный коллектив не однороден, следует ориентироваться на средние показатели по субъективным ощущениям занимающихся во время и после занятий. У них могут возникнуть жалобы на плохое самочувствие, усталость, сердцебиение, головокружение, головную боль и др., а также признаки утомления (покраснение лица, повышенная

потливость, одышка и др.). При появлении тех или иных неблагоприятных симптомов необходимо изменить дозировку упражнений - уменьшить темп движений или количество повторений, а при выраженных случаях утомления и жалобах на сердцебиение и головокружение - направить на консультацию к врачу.

Организация занятий производственной гимнастикой во многом основывается на требованиях гигиены и физиологии труда. Кроме того, необходимы надлежащие гигиенические условия в местах занятий. Гимнастика проводится в цехах, непосредственно у рабочего места, в проходах или расположенных вблизи коридорах и подсобных помещениях, удовлетворяющих гигиеническим требованиям. В теплый период года занятия по возможности следует проводить на открытом воздухе.

Проведение гимнастики на рабочих местах экономит время, но не всегда возможно из-за неудовлетворительного санитарного состояния окружающей среды. Поэтому при организации производственной гимнастики предполагаемое место занятий обследуется в санитарном отношении с привлечением инженера по технике безопасности. Когда это необходимо, проводят специальные гигиенические исследования заводская лаборатория, здравпункт или санэпидемстанция. С целью оценки мест занятий и определения контингента занимающихся в паспортизации отделов и цехов принимают участие медицинский работник и санитарный врач.

При определении условий профессионального труда и наличия вредностей учитывают характер трудового процесса (рабочая поза, степень нервно-психического и мышечного напряжения), особенности технологического процесса и производственного оборудования (степень механизации и автоматизации производственных процессов, герметичность оборудования, удобство его обслуживания и т.п.) и санитарно-гигиеническую обстановку (метеорологические условия, загрязнение воздуха пылью и газами, шум, вибрация, ионизирующая радиация, освещенность и др.).

Запрещается проводить занятия при температуре воздуха выше 25°C и влажности выше 70%, при наличии в воздухе даже незначительных количеств ядовитых веществ, при повышенном или пониженном барометрическом давлении, при шуме свыше 70дБ. Оценка степени загрязнения воздуха производственных помещений газами и пылью проводится на основании сравнения с предельно допустимыми концентрациями этих веществ в рабочей зоне (мг/м³): аммиак - 20, бензин - 300, окись углерода - 20, пары ртути - 0,01, сероводород - 10; пыль нетоксическая, не содержащая двуокиси кремния - до 10, содержащая двуокись кремния - 2, пыль стеклянная и минерального волокна - 4.

В помещениях, где проводится производственная гимнастика, необходимо постоянно поддерживать чистоту, перед занятиями проветривать. В помещениях должно быть достаточно свободной площади. Санитарными нормами на промышленных предприятиях предусматривается ширина проходов между станками не более 1,5 м. Такая же ширина считается минимальной для групповых занятий гимнастикой. В среднем на каждого занимающегося должно приходиться не менее 1,5 м² свободной площади пола.

Место, выбранное для занятий, должно быть безопасным. У станков и машин, находящихся рядом с местами для занятий гимнастикой, все открытые и движущиеся части (гребенки, зубчатые сегменты, маховые колеса и т.п.), а также открытые передачи (шкивы, ремни и др.) и вообще все опасные части должны иметь конструктивные ограждения.

На места занятий гимнастикой распространяются и другие правила безопасности: ограждение проводов высокого напряжения, ограждение от непосредственного влияния лучистой энергии и др.

Во избежание травм при занятиях гимнастикой полы должны быть гладкими, нескользкими, удобными для уборки. Перед занятиями (не позже чем за 30 мин) в производственном помещении следует произвести влажную уборку (перед подметанием посыпать пол влажными опилками) [15].

Заключение

Движение, в широком понимании этого слова, является основным биологическим раздражителем, стимулирующим процессы биологического роста и развития, поддерживающим и развивающим функциональные проявления организма. Ограниченнное использование движений, характерное для режима работы людей умственного труда, нередко приводит к известной дисгармонии между нервно психическими и физическими раздражителями.

Это обстоятельство является одной из причин развития некоторых заболеваний и функциональных отклонений в системах человеческого организма, особенно его нервной системы, что приводит к понижению общей работоспособности.

Серьезным средством предупреждения функциональных расстройств, а также устранения уже имеющихся расстройств (если они не приобрели стойкого характера) являются регулярные занятия гимнастикой.

Систематические занятия физическими упражнениями оказывают всестороннее положительное воздействие на организм человека. Основные черты этого воздействия характеризуются улучшением функциональной деятельности нервной, сердечно сосудистой и дыхательной систем и пищеварительного аппарата, стимуляцией процессов тканевого обмена и укреплением мышечной системы и приводят к повышению общей устойчивости и работоспособности организма.

5 ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ

5.1 Технико-экономические показатели конструкции

Затраты на изготовление и модернизацию конструкции определяют по

$$\text{формуле: } C_{\text{ц.констр.}} = C_k + C_{\text{o.d}} + C_{\text{п.д}} \cdot K_{\text{нац}} + C_{\text{сб.п}} + C_{\text{оп}} + C_{\text{накл}}, \quad (5.1)$$

где,

- стоимость изготовления корпусных деталей, руб.;
- затраты на изготовление оригинальных деталей, руб.;
- цена покупных деталей, изделий, агрегатов по прейскуранту;
- заработка производственных рабочих, занятых на сборке конструкции, руб.;
- общепроизводственные накладные расходы на изготовление конструкции, руб.;
- накладные расходы, руб.;
- коэффициент, учитывающий разницу между прейскурантной ценой и балансовой стоимостью конструкции ($K_{\text{нац}}=1,4\dots1,5$)[8].

Масса конструкции определяется по формуле:

(5.2)

где ,

- масса сконструированных деталей, узлов и агрегатов, кг ;
- массаготовых деталей, узлов и агрегатов, кг ;
- коэффициент учитывающий массу расходуемых на изготовление материалов,

Расчет масс сконструированных деталей, узлов и агрегатов вводим в таблицу 5.1.

Таблица 5.1 – Расчет масса сконструированных деталей

Наименование деталей	Количество	Масса детали, кг
Кронштейн	1	2.5
Палец	8	2.4
Пластина боковая	2	3
Полоз	1	0.5
Пластина опорная	2	3
Пластина усилительная	1	1.9
Плита	1	6
Стойка	2	2.4
Тяга	2	1
Итого	2	22.7

Таблица 5.2 – Массы готовых деталей, узлов, агрегатов

Наименование деталей	Масса деталей, кг
Крепежные изделия	3,3
Устройство стабилизация положения	22.7
Итого	26

Масса сконструированных изделий: ;

Масса готовых изделий и агрегатов:

Масса всей установки [4]:

Балансовая стоимость новой конструкции определяется по формуле [7]:

(5.3)

где C_{60} , C_{61} - балансовые стоимости существующей и проектируемой конструкций, руб.;

- массы существующей и проектируемой конструкций, кг;
- коэффициент учитывающий дешевизну изготовления 0,9-0,95.

Балансовая стоимость проектируемой конструкции вполне приемлема , она на 28%-ов дешевле аналога.

Таблица 5.3 – Технико - экономические показатели.

Наименование показателей	Ед. изм.	Существую щая Конструкци я	Проектируема я конструкция	Проект в % к аналогу
1	2	3	4	5
1.Масса конструкции	Кг	25	28.6	114.4
2.Балансовая стоимость	Руб	60000	42 860	71.4

Продолжение таблицы 5.3

3.Кол-во обслуживающего персонала	Чел	1	1	-
4.Норма амортизации	%	11	10	90
5.Норма затрат на ремонт и ТО	%	12	10	83.3
6.Срок службы	Лет	6	6	-
7.Годовая загрузка	Час	305	305	-
8.Металлоемкость	кг/ ед.	0.11	0.13	118.18
9.Фондоемкость	руб./е д.	1125.6	1171.03	104
10.Трудоемкость	чел.ч./ ед	0,5	0,5	-
11.Уровень эксплуатационных затрат	руб./е д	380	283.8	74.6
12.Уровень приведенных затрат	руб./е д.	743.5	459.45	61.7
13.Годовая экономия	руб.		14640	
14.Годовой экономический эффект	руб.		14464	
15.Срок окупаемости	Лет		2.92	
16.Коэффициент эффективности капиталовложений			0.34	

Металлоемкость процесса определяется по формуле [7]:

(5.4)

где W_q – масса конструкции, кг;

– металлоемкость, кг/шт;

- годовая загрузка, ч;

– срок службы, лет;

– часовая производительность, ед/ч.

Для проектируемой конструкции принимаем примерно $W_q = 0,120$ ед/ч.

Фондоемкость процесса обслуживания определяется по формуле:

$$, \text{ руб./ед} ; \quad (5.5)$$

руб./ ед.

Трудоемкость процесса определяется по формуле:

$$(5.6)$$

где n_p – количество обслуживающих рабочих, чел.

Определяем себестоимость работы выполняемый с помощью проектируемой конструкции по формуле :

$$, \quad (5.7)$$

где – затраты на зарплату, руб./ ед;
– затраты на ремонт и ТО, руб./ ед;
– затраты на амортизацию руб. / ед;
– затраты на электроэнергию руб. /ед.

Затраты на заработную плату определяются:

$$(5.8)$$

где – часовая тарифная ставка, руб.

Затраты на ремонт и ТО определяют по формуле :

$$(5.9)$$

где H_{pto} – суммарная норма затрат на РТО, %.

Затраты на амортизацию определяются по формуле :

$$(5.10)$$

где а - норма амортизации, %.

Затраты на электроэнергию определяют по формуле:

Себестоимость работы выполненный с помощью спроектированной конструкции определяют по формуле [7]:

Уровень приведенных затрат определяют по формуле:

$$, \quad (5.11)$$

где \bar{C} – уровень приведенных затрат, руб.
 E_h – нормативный коэффициент капитальных вложений, $E_h = 0,15$.
 a – удельные капитальные вложения или фондаемость процесса, руб./ед.

Годовую экономию определяют по формуле:

$$, \quad (5.12)$$

где ΔC – себестоимость РТО в хозяйстве и по проекту, руб./ед.

Годовой экономический эффект определяют по формуле:

$$, \quad (5.13)$$

где ΔC – разница приведенных затрат аналога и конструкции, руб./ед.

Срок окупаемости дополнительных капиталовложений находим по формуле:

$$; \quad (5.14)$$

где t – срок окупаемости дополнительных вложений, лет;

Коэффициент эффективности дополнительных капиталовложений определяют по формуле:

$$(5.15)$$

где, η - коэффициент эффективности дополнительных капиталовложений.

Как видно из таблицы 5.3 в результате разработки новой конструкции, звеличилось металлоемкость на 18 %, фондоемкость на 4 %, а следующие показатели знизились уровень эксплуатационных затрат на 25%, а также уровень приведенных затрат на 48%.

Годовая экономия составила 14640 рублей, срок окупаемости дополнительных капитальных вложений составила 2,92 года, а коэффициент эффективности дополнительных капитальных вложений равна 0,34

ВЫВОДЫ

В данной работе в аналитической части проведен патентный поиск который содержит основные конструкции устройств повышающих управляемость и стабилизацию положения при движении колесных тракторов. На основании проведенного патентного поиска, следует, что разработан ряд конструкций устройств улучшающих управляемость и стабилизацию положения при движении колесных тракторов, основанных в основном на перераспределении веса трактора в зависимости от условий работы.

Проведены расчеты для обоснования способа стабилизации трактора МТЗ-1523. Результаты расчетов показали, что использование проектируемого автоматического устройства стабилизации положения повышает основные тягово-скоростные и топливно-экономические показатели трактора. Наблюдается значительное снижение буксования ведущих колес трактора МТЗ-1523, рост действительной скорости движения и тяговой мощности, а также снижение удельного крюкового расхода топлива. Таким образом, результаты расчета показывают что применение проектируемого устройства стабилизации положения на тракторе МТЗ-1523 позволяет не только повысить управляемость но и снизить буксование ведущих колес трактора и тем самым повысить действительную скорость движения, а соответственно и производительность машинно-тракторного агрегата в целом.

Проектируемое устройство стабилизация положения имеет более высокие технологические показатели по сравнению с существующими конструкциями. При использования устройства стабилизации, годовая экономия составит 14640 руб., со сроком окупаемости 2,92 года, а коэффициент эффективности дополнительных капитальных вложений составит 0,34.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Скотников В.А.(ред.)/ Новые тракторы и автомобили/1983.-225с.
2. Виктор Грибнев, Андрей Ворохобин, О.поливаев /Тракторы и автомобили. Теория и эксплуатационные свойства/2013.-264с.
3. Усс И.Н/Трактор БЕЛАРУС. Руководство по эксплуатации/2009.-283 с
4. Карташевич А.Н. Тракторы и автомобили. Конструкция: Учебное пособие / А.Н.Карташевич, О.В.Понталев и др.; Под ред. А.Н.Карташевича - М.: НИЦ ИНФРА-М; Мн.: Нов. знание, 2013. - 313 с
5. Савочкин В.А.- учебное пособие: Тяговая динамика колесного трактора - М.: МГТУ "МАМИ", 2005. – 97с.
6. Хафизов К.А. Выпускная квалификационная работа / Хафизов К.А. Хафизов Р.Н. – Казань: Издательство Казанского ГАУ, 2014. – 280 с.
7. Безопасность жизнедеятельности: Учебник/ под ред. СВ. Белова. М.: Высшая школа, 2004 .- 353 с.
8. Булгариев, Г.Г. Методические указания по экономическому обоснованию дипломных проектов и выпускных квалификационных работ (для студентов ИМиТС) /Г.Г. Булгариев, Р.К. Абдрахманов, А.Р. Валиев. – Казань: Издательство Казанского ГАУ, 2009. – 64 с.
9. Электронный сайт <http://land-tech.net/mtz.htm> –история тракторного завода.
10. Хафизов К.А. Пути снижения энергетических затрат. Изд-во Казанского Университета, 2007. – 272с.
11. Электронный ресурс - <http://www.findpatent.ru/>- патенты и изобретения зарегистрированные в РФ и СССР.
12. Скотников В.А., Машенский А.А., Солонский А.С. Основы теории и расчета трактора и автомобиля , 1986.-383 с.
13. Журнал "Тракторы и сельскохозяйственные машины" В. В. Адамчук,, В.К. Мойсеенко, 2003 год.
14. Основы теории и методики физического воспитания: учебное пособие / отв. Ред. Г.в. Валеева. - УФА: Изд-во УГНТУ, 2010.
15. Физическая культура: учебное пособие / Под редакцией В.А. Коваленко. - М.: Изд-во АСВ, 2000.- 432 с.

Приложения

Спецификация