

На правах рукописи



Ковалев Александр Федорович

**Повышение
безопасности транспортной сельскохозяйственной
самосвальной техники совершенствованием
гидравлического подъемного механизма**

Специальность 05.20.01 – Технологии и средства механизации
сельского хозяйства

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Москва – 2013

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего профессионального образования «Брянская государственная сельскохозяйственная академия» (ФГБОУ ВПО БГСХА)

Научный руководитель

Сакович Наталия Евгениевна
кандидат технических наук, доцент

Официальные оппоненты

Верещагин Николай Иванович – доктор технических наук, профессор, профессор кафедры эксплуатации машинно-тракторного парка ФГБОУ ВПО «Московский государственный агроинженерный университет им. В.П. Горячкина»;

Баранов Юрий Николаевич – доктор технических наук, доцент, профессор кафедры «Сервис и ремонт машин» Института транспорта ФГБОУ ВПО «Государственный университет-учебно-научно-производственный комплекс» г. Орел.

Ведущая организация

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Орловский государственный аграрный университет»

Защита диссертации состоится « 16 » сентября 2013 г. в 16 часов на заседании диссертационного совета Д 220.044.01 при ФГБОУ ВПО «Московский государственный агроинженерный университет им. В.П. Горячкина», по адресу 127550, г. Москва, ул. Лиственничная аллея д. 16а, корпус 3, конференц – зал

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБОУ ВПО «Московский государственный агроинженерный университет им. В.П. Горячкина»

Автореферат разослан « » _____ 2013 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета

А.С. Дорохов

Общая характеристика работы

Актуальность проблемы. Стратегия современного развития сельскохозяйственного производства в РФ предусматривает увеличение, в ближайшие годы, продуктивности полей и ферм в несколько раз (в 2011 году рост производства продукции сельского хозяйства составил более 10%. В том числе в сфере растениеводства – 19, 8%, животноводства – 2,8%). Выполнение данных планов невозможно без применения современной (безопасной) высокопроизводительной транспортной сельскохозяйственной техники. При этом АПК регулярно входит в тройку самых травмоопасных отраслей хозяйствования, где уровень несчастных случаев со смертельным исходом остается недопустимо высоким. За период с 2000 по 2010 год включительно, в АПК погибло 13886 человек. Только в 2009 году в сельском хозяйстве смертельные травмы получили 875 человек, что составило 19,8% от общего числа погибших на производстве в Российской Федерации.

Анализ производственного травматизма в АПК, показывает, что наблюдается тенденция увеличения доли травм связанных с рядом конструктивных недостатков сельскохозяйственной техники, средств технического обслуживания и ремонта, в том числе транспортной сельскохозяйственной самосвальной техники. Ежегодно из-за придавливания гидрофицированными частями сельскохозяйственной техники смертельные травмы получают от 5 до 30 человек.

В полной мере не решают проблему травмоопасности сельскохозяйственной самосвальной техники, вновь разработанные промышленностью автомобили – самосвалы марок «Ермак», КрАЗ – 6510, КамАЗ – 6520, Урал – 5557 – 31, самосвальные прицепы и полуприцепы марок ПС – 60, 2ПТС – 5, 2ПТС – 8, ПУС – 15, на которых система подъема и опускания грузовых платформ кардинально не изменилась.

Цель исследования. Разработка методов и средств повышения безопасности транспортной сельскохозяйственной самосвальной техники, в том числе при разгерметизации гидравлической системы

Анализ состояния проблемы, выводов полученных из анализа, в соответствии с целью, были поставлены следующие **задачи исследования:**

- выполнить анализ летального травматизма при обслуживании и ремонте самосвальных грузоподъемных платформ, выявить факторы и установить причины явления.

- изучить особенности применения основных технических средств безопасности грузоподъемных самосвальных платформ.

- разработать математическую модель функционирования исполнительного гидроцилиндра самосвальных грузоподъемных платформ транспортной сельскохозяйственной техники.

- разработать технические средства предотвращающие самопроизвольное падение грузоподъемных платформ транспортной сельскохозяйственной самосвальной техники.

- оценить социально – экономическую эффективность внедрения конструктивных решений в производство.

Объект исследования. Транспортная сельскохозяйственная самосвальная тех-

ника на базе автомобилей – самосвалов, тракторные прицепы 2ПТС – 4 (модель 887А).

Предмет исследования. Средства предотвращения самопроизвольного падения грузоподъемных самосвальных платформ.

Методы исследования включают анализ источников научно-технической информации, постановку и проведение теоретических и экспериментальных исследований, базирующихся на применении основных положений теории вероятностей, математической статистики, теории информации, гидравлики, логической алгебры, теории планирования эксперимента и обработки результатов экспериментальных данных.

Научная новизна исследований заключается в разработке технических методов и математической модели обоснования и функционирования исполнительного гидроцилиндра поршневого типа грузоподъемных платформ сельскохозяйственной самосвальной техники.

Практическую значимость работы составляют: результаты анализа производственного травматизма с летальным исходом, связанные с самопроизвольным опусканием грузоподъемных самосвальных платформ; результаты анализа существующих и перспективных предохранительных устройств самосвальных платформ; разработанные на патентном уровне новые предохранительные устройства для грузоподъемных платформ транспортной сельскохозяйственной самосвальной техники.

Реализация результатов исследований. Результаты исследований внедрены и используются в учебном процессе ФГБОУ ВПО «Брянская государственная сельскохозяйственная академия», в ОАО «Людиновский агрегатный завод».

Основные положения, выносимые на защиту:

1. Результаты анализа производственного травматизма с летальным исходом из-за придавливания грузоподъемными самосвальными платформами .

2. Математическая модель функционирования исполнительного гидроцилиндра самосвальных платформ транспортной сельскохозяйственной самосвальной техники.

3. Результаты теоретических и экспериментальных исследований предохранительных устройств, предотвращающих самопроизвольное падение грузоподъемной платформы транспортной сельскохозяйственной самосвальной техники.

4. Инженерно – технические устройства, предотвращающие самопроизвольное падение грузоподъемной платформы транспортной сельскохозяйственной самосвальной техники.

Апробация работы. Основные положения диссертационной работы доложены и одобрены на международных, всероссийских и межвузовских научно-практических конференциях в Брянской государственной сельскохозяйственной академии (2009 – 2013 гг.), Московском институте инженеров транспорта (2012 г.), Всероссийском научно – технологическом институте ремонта и эксплуатации машинно – тракторного парка (2012 г), Санкт – Петербургском государственном аграрном университете (2013 г).

Публикации. По теме диссертационной работы опубликовано 15 научных работ, в их числе 4 в изданиях, рекомендованных ВАК, 1 решение о выдаче патента

на полезную модель, 2 заявки о выдаче патента РФ на полезную модель, 8 статей в материалах научных конференций.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, 5 глав основного текста, основных выводов и результатов, списка литературы, включающего 138 наименований. Работа изложена на 154 страницах основного текста, содержит 69 рисунков, 6 таблиц и приложений.

Содержание работы

Во введении обоснована тема диссертации, цель и направления исследований, изложены основные положения, выносимые на защиту.

В первой главе «Состояние вопроса. Цель и задачи исследования» дана оценка состояния проблемы; исследованы причины травматизма операторов при эксплуатации, ремонте и обслуживании транспортной сельскохозяйственной самосвальной техники; проанализированы транспортные самосвальные средства, применяемые в сельском хозяйстве, исследованы грузоподъемные механизмы таких машин; выполнен патентный поиск современных и перспективных средств предотвращения (опускания) падения грузоподъемных платформ транспортной сельскохозяйственной самосвальной техники.

В сельскохозяйственном производстве используют все основные виды транспорта, в том числе самосвальный, которым перевозится от 35 до 40% общего объема сельскохозяйственных грузов. От 20 до 25% грузов перевозится тракторным транспортом, причем внутрихозяйственные перевозки составляют 45% объема.

В настоящее время учеными страны накоплен большой опыт исследований в использовании транспортных средств в АПК. Этой проблеме посвящены работы Н.И. Верещагина, Т.Д. Дзоценидзе, О.Н. Дидманидзе, М.Н. Ерохина, В.М. Кряжкова, А.Г. Левшина и других. Исследования показывают, что транспортные работы являются одними из травмоопасных (на них приходится 18% всех несчастных случаев с летальным исходом в АПК). При техническом обслуживании и устранении отказов гидрофицированных составных частей и механизмов сельскохозяйственных машин за период с 1998 – 2011 гг. (при травматической ситуации – придавливание опускающимися платформами, другими гидрофицированными частями и механизмами), произошло 314 несчастных случаев со смертельным исходом. Наибольший удельный вес летальных исходов (58% всех погибших) заняли тракторы, агрегируемые прицепами 2ПТС – 4 (48 % – колесные и 10 % – гусеничные); автомобили – самосвалы – 23,2%, автомобили бортовые с самосвальными прицепами – 5%, зерноуборочные комбайны – 2,5%, фронтальные погрузчики – 3,7% и другие 7,6%. Причинами отказов самосвальной техники стали: неисправности в системе подъема – опускания грузоподъемных платформ – 59,3%, выход из гнезда шаровых опор – 21,1%, обрыв задней опоры кронштейна – 2,6%, неисправность кузова – 2,6%, другие неисправности – 14,4%

Результаты исследований позволяют сделать вывод о том, что проблема повышения безопасности транспортной сельскохозяйственной самосвальной техники остается актуальной, требует постоянных научных исследований, разработки новых эффективных методов и технических средств безопасности.

Во второй главе «Теоретические исследования путей повышения безопасности транспортной сельскохозяйственной самосвальной техники» исследованы факторы и проанализированы причины самопроизвольного падения грузоподъемных самосвальных платформ; обоснованы конструктивные параметры гидроцилиндра поршневого типа, рабочие давления и скорости движения; разработана математическая модель характеристик гидроцилиндра гидравлического подъемного механизма; выполнено теоретическое обоснование запорно – регулирующих устройств гидропривода транспортной сельскохозяйственной самосвальной техники.

Безопасность транспортной сельскохозяйственной самосвальной техники предусматривает обеспечение безопасности оператора. По отношению к оператору, в процессе эксплуатации обслуживания и ремонта транспортные сельскохозяйственные самосвальные средства несут опасность связанную в первую очередь с придавливанием.

Теоретическое исследование причин придавливания операторов грузоподъемными платформами транспортной самосвальной техники позволило выявить конструктивно – производственные недостатки в гидравлическом подъемном механизме. Расчеты точностных и прочностных характеристик соединительного узла, при которых возникает аварийное рассоединение головки гидроцилиндра с платформой показало, что рассоединение узлов может произойти при нарушении точностных размеров (рисунок 1).

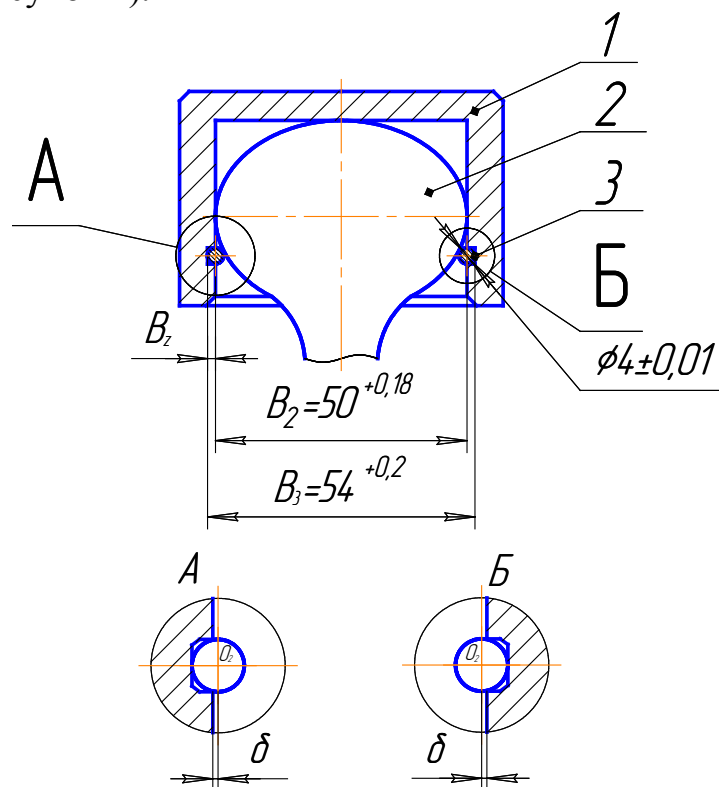


Рисунок 1 – Схема крепления гидроцилиндра к платформе или раме:
 А – положение центра кольца при V_{Zmin} ; Б – положение центра кольца при V_{Zmax} ; 1 – стакан, 2 – шаровая головка гидроцилиндра; 3 – стопорное кольцо.

Согласно расчетам, глубина канавки может принимать размеры от $V_{Zmax} = 2,2$ мм до $V_{Zmin} = 1,8$ мм, диаметр проволоки пружинного стопорного кольца:

$d_{\max} = 4,01$ и мм $d_{\min} = 3,99$ мм. В процессе эксплуатации происходит износ стопорного кольца, что приводит к увеличению действия на него динамических сил со стороны шаровой опоры, возникновению составляющих сил выталкивающих кольцо из канавки и снижению надежности соединения.

Предложено шаровые соединения к платформе и раме автомобиля – самосвала заменить на ушковые соединения.

В настоящее время актуальна проблема расчета основных проектных параметров на этапе проектирования гидравлических подъемных механизмов транспортных сельскохозяйственных самосвальных машин на основе трехсекционного телескопического гидроцилиндра.

Рассмотрим имитационную математическую модель функционирования исполнительного трехсекционного телескопического гидроцилиндра двустороннего действия применяемого в гидравлическом подъемном механизме (рисунок 2)

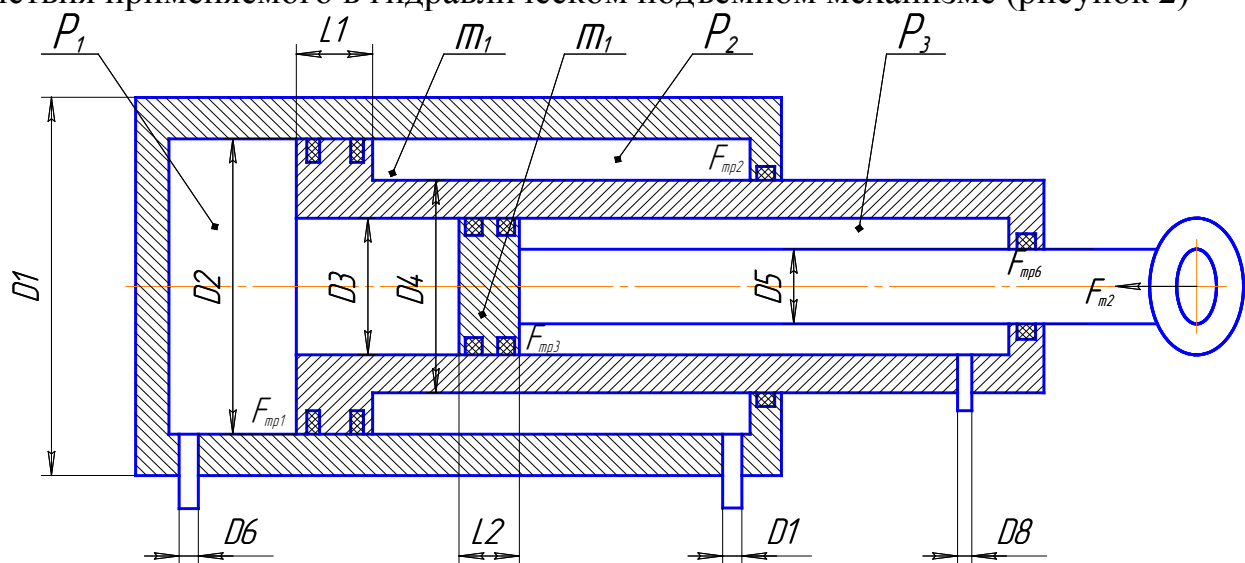


Рисунок 2 – Расчетная схема гидроцилиндра

Уравнение равновесия сил действующих при работе подвижных элементов исполнительного гидроцилиндра:

$$F_{\partial\delta} - F_{ин} - F_{жс} - F_{тр} = \pm F_H \quad (1)$$

где $F_{\partial\delta}$ – движущая сила; $F_{ин}$ – сила инерции подвижных масс; $F_{жс}$ – сила гидравлических сопротивлений течению жидкости; $F_{тр}$ – сила трения в направляющих скольжения и уплотнениях; F_H – сила от нагрузки приложенной к креплению подвижного элемента исполнительного гидроцилиндра.

Полный цикл работы складывается из четырех основных операций:

– выдвигание первой секции:

$$F_{\partial\delta 1} - F_{ин 1} - F_{тр 1} - F_{тр 2} - F_{жс 2} - F_{зс 2} = 0 \quad (2)$$

– выдвигание второй секции:

$$F_{\partial\delta 2} - F_{ин 2} - F_{тр 3} - F_{тр 4} - F_{жс 3} - F_{зс 3} = 0 \quad (3)$$

– втягивание второй секции:

$$F_{\partial\delta 2} - F_{ин 2} - F_{тр 3} - F_{тр 4} - F_{жс 1} - F_{зс 1} = 0 \quad (4)$$

– втягивание первой секции:

$$F_{\partial\delta 1} - F_{ин 1} - F_{тр 1} - F_{тр 2} - F_{жс 1} - F_{зс 1} = 0 \quad (5)$$

Движущая сила возникает вследствие подачи рабочей жидкости, в соответствующую полость гидроцилиндра и определяется произведением давления P_i в данной полости на площадь поперечного сечения S_i подвижных элементов, соприкасающихся с рабочей жидкостью:

$$F_{\partial\partial} = P_i S_i \quad (6)$$

Сила инерции подвижных частей равна произведению массы m_i на ускорение a_i этих частей:

$$F_{un} = m_i a_i \quad (7)$$

Сила инерции рабочей жидкости вычисляется с учетом переменной массы жидкости при изменении координаты перемещения x_i и плотности рабочей жидкости $\rho_{ж}$

$$F_{ж} = \rho_{ж} S_i x_i a_i \quad (8)$$

Сила трения F_{mpi} в i – том уплотнительном узле, приведенная к штоку гидроцилиндра:

$$F_{mpi} = \pi \cdot D_i l_i n_i f_i |\Delta P_i| \quad (9)$$

где D_i – уплотняемый диаметр; l_i – ширина контакта уплотнителя; n_i – количество уплотнителей в штоковом уплотнении; f_i – коэффициент трения в уплотнении; ΔP_i – перепад давления на уплотнителе.

Сила гидравлических сопротивлений от дросселирования рабочей жидкости F_{zc} при вытекании ее из противоположных полостей гидроцилиндра вычисляется по формуле:

$$F_{zc1,2} = S_{l2} P_{cl,2} \quad (10)$$

где $F_{l,2}$ – площадь проходного сечения полостей, определяемая для поршневой полости как: $S_i = \frac{\pi D^2}{4}$, а для штоковой $S_i = \frac{\pi}{4}(D^2 - d^2)$;

$P_{cl,2}$ суммарные потери давления в магистралях, примыкающих к соответствующим полостям гидроцилиндра.

При сливе рабочей жидкости по этим магистралям потери давления определяются размерами магистралей и скоростью течения рабочей жидкости в них:

$$P_{cl,2} = \sum_{i=1}^n k_i V_{жи} \quad (11)$$

где k – коэффициент потерь давления на i – ом участке сливной магистрали; $V_{жи}$ – скорость течения рабочей жидкости на i – ом участке сливной магистрали. Для трубопровода:

$$k_i = \lambda \rho_{ж} \frac{l}{d 2g} \quad (12)$$

где l и d – длина и внутренний диаметр трубопровода, м; $\rho_{ж}$ – плотность рабочей жидкости, кг/м³; g – ускорение свободного падения, м²/с²; λ – коэффициент трения жидкости о стенки трубопровода, зависящий от режима течения жидкости. При ламинарном режиме течения $\lambda = 75 / Re$, при турбулентном $\lambda = 0,3164 Re$.

Здесь $Re = \frac{V_{ж} d}{\nu}$ – критерий Рейнольдса, определяющий режим течения жидкости;

ν – коэффициент кинематической вязкости. При $Re \leq 2200 \div 2300$ - режим течения ламинарный, при $Re > 2200 \div 2300$ - режим течения турбулентный.

Для расчета потерь давления на гидравлических сопротивлениях (ответвления

трубопровода, дроссели, распределители и т.д.) применяют формулу:

$$K_i = \zeta \frac{\rho_{ж}}{2g}, \quad (13)$$

где ζ – безразмерный коэффициент местного сопротивления, определяемый экспериментально.

Приведенная имитационная математическая модель может быть положена в основу математического обеспечения САПР.

В третьей главе «Программа и методики исследований» приведены программа и методики проведения исследований. Программой проведения исследований предусмотрено: изучение состояния проблемы и формирование задач исследования; теоретическое обоснование путей повышения безопасности операторов эксплуатирующих, обслуживающих и ремонтирующих транспортную сельскохозяйственную самосвальную технику; экспериментальные исследования; разработка конструкций предохранительных устройств; формирование выводов и рекомендаций.

Исследования устройства предотвращения самопроизвольного опускания самосвальных платформ (гидроцилиндр с механическим замком) определялись на основе правил приема и методов испытаний гидроцилиндра, определяемых ГОСТ 18464 – 87, который распространяется на одноступенчатые и телескопические гидроцилиндры, предназначенные для объемных гидроприводов.

Исследования проводились на стенде 139.206.8.10.13 (рисунок 3).

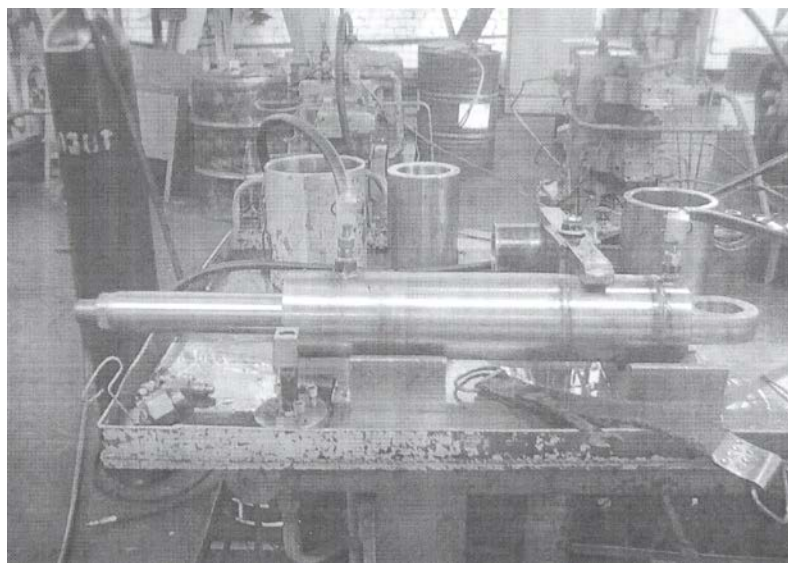


Рисунок 3 – Установка гидроцилиндра на стенде

Стенд обеспечивает: установку, гидравлический зажим испытуемых цилиндров; проверку гидроцилиндров на прочность давлением; определение давления срагивания; определение наибольшего значения холостого хода; проверку наружной герметичности гидроцилиндров при давлении; проверку под нагрузкой (конечной и статической при давлении; освобождение полостей испытуемых гидроцилиндров от рабочей жидкости; автоматическое терморегулирование температуры рабочей жидкости в установленных пределах.

В четвертой главе «Результаты исследований» проанализированы причины

отказов и пути повышения надежности системы подъема – опускания транспортных сельскохозяйственных самосвальных машин, представлены обоснованные и разработанные новые инженерно-технические средства предотвращения самопроизвольного падения грузовых самосвальных платформ.

Исследования позволили сделать вывод о том, что в гидравлическом подъемном механизме грузоподъемных самосвальных платформ транспортной сельскохозяйственной техники наименее безопасными являются, в первую очередь, отказы гидравлических рукавов (рисунки 4).

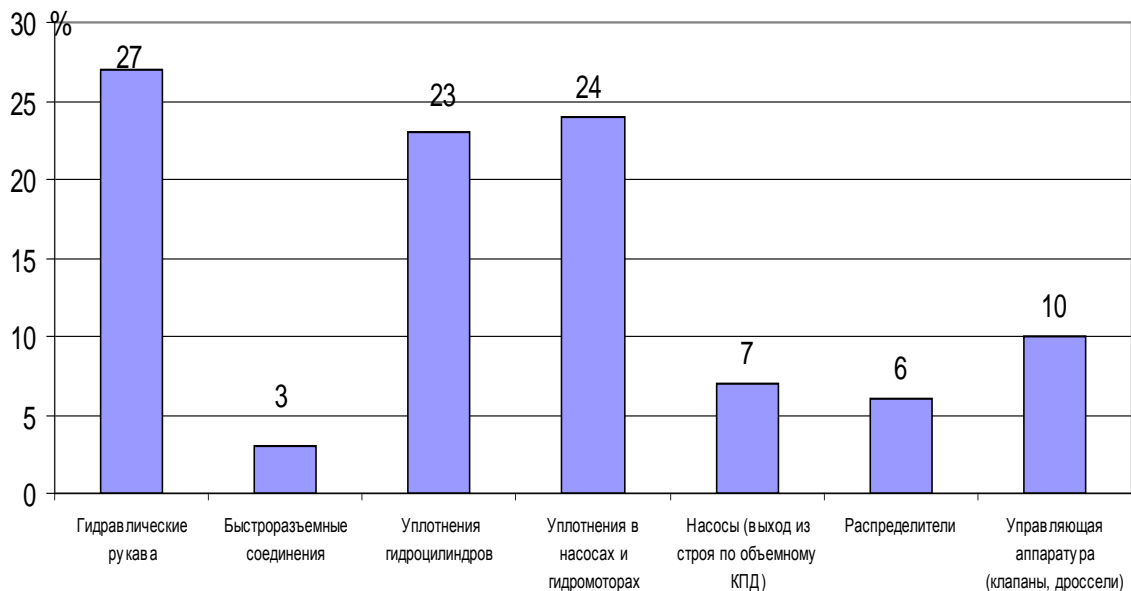


Рисунок 4 – Удельный вес отказов в гидравлическом подъемном механизме

С целью повышения безопасности транспортной сельскохозяйственной самосвальной техники для гидравлического подъемного механизма разработан представленный на рисунке 5 (решение о выдаче патента РФ на полезную модель по заявке № 2012146688/06(075038) силовой гидравлический трехсекционный телескопический цилиндр двустороннего действия с механическими шариковыми замками,

Силовой гидравлический цилиндр работает следующим образом. Для выдвижения штоков рабочая жидкость через штуцер 18 подается в подпоршневые полости, в которых начинает возрастать давление, при этом начинают выдвигаться секции штока поршня. При выдвижении поршня шарики 4 перемещаются и упираются в круговой конусный уступ торца распорного цилиндра 7. Возникает горизонтальная составляющая от силы прижатия шариков к конусной части распорного цилиндра, под воздействием которой распорный цилиндр, сжимая пружину 8, сдвигается в сторону полости цилиндра, соединенной со сливом, при этом шарики установятся напротив сферической выточки кольца замка 6 и под действием вертикальной составляющей усилия прижатия их к конусной части распорного цилиндра, они будут выдвинуты из гнезд сепаратора в кольцевую выточку кольца замка 6, а распорный цилиндр 7 под действием усилия пружины 8 проскользнет под шариками, механический шариковый замок закроется.

Для открытия замка рабочая жидкость поступает в полость (стороны штока) через штуцер 17. В изолированной камере, между поршнем и распорным кольцом возникает нарастающее давление, которое не может сдвинуть поршень, закрытый на шариковый замок, а сжимая пружину, сдвигает распорный цилиндр вправо. Как только шарики замка не будут удерживаться в сферической выточке кольца замка распорным цилиндром, шарики сдвигаются внутрь сепаратора и откроют шариковый замок, после чего поршень начнет вдвигаться в корпус цилиндра.

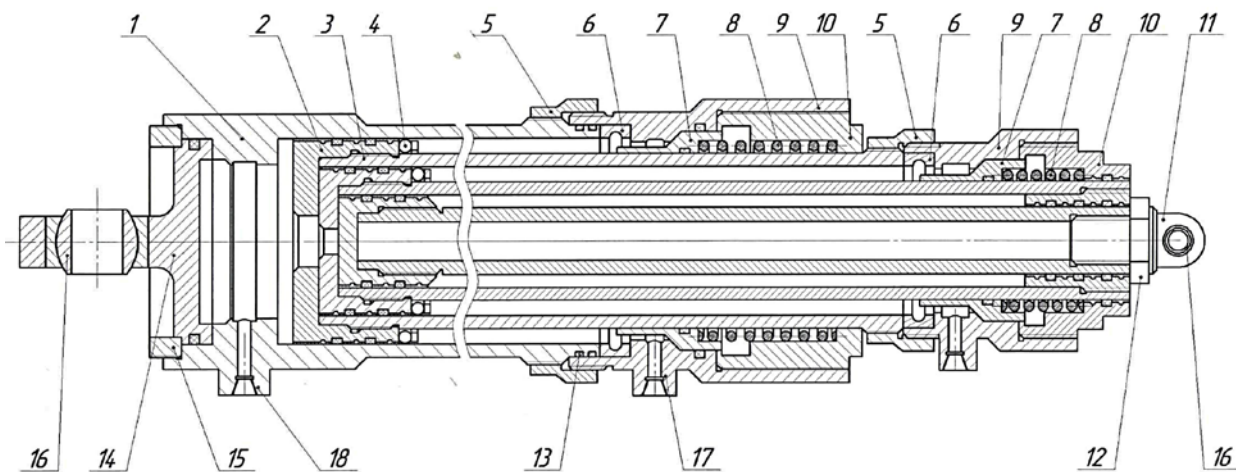


Рисунок 5 – Схема силового гидроцилиндра:

1 – корпус; 2 – шток; 3 – поршень; 4 – шарики; 5 – соединительная гайка; 6 – кольцо замка; 7 – распорный цилиндр; 8 – пружины; 9 – запорные цилиндры; 10 – направляющие секций штока цилиндров; 1, 14 ушковые узлы; 12 – контргайка; 13 – уплотнения; 15 – резьбовая гайка; 16 – сферический шарнир; 17,18 – штуцеры.

Силовой цилиндр при помощи болтов, через сферические шарниры, ушковыми узлами, крепится к кронштейнам на раме и самосвальной платформе.

Надежность работы шарикового замка зависит от многих факторов, среди которых важными являются диаметр шариков сепаратора и размер сферической выточки кольца замка, радиус которой можно рассчитать следующим образом. Замок работает с максимальной надежностью, если центры шарика и радиуса выточки кольца лежат на одной прямой. Задаемся углом α положения точки K контакта замка из этого условия (рисунок 6).

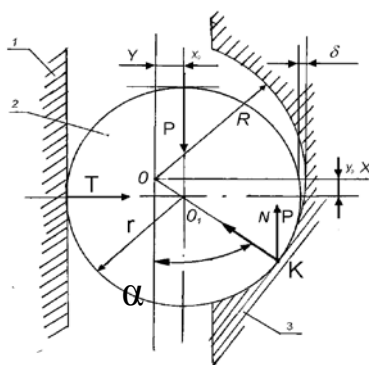


Рисунок 6 – Схема шарикового замка:

1 – распорный цилиндр; 2 – шарик; 3 – кольцо замка. P – сила развиваемая платформой с грузом, N ; N , T – реакции на действие силы.

Выберем начало координат в центре кривизны выточки. Проведем прямую ОК и совместим ее с осью ОХ.

Запишем уравнение, состоящее из элементов, сумма которых равна радиусу R (мм) выточки:

$$R = (R - r)\text{Sin}\alpha + r + \delta, \quad (14)$$

где r – радиус шарика, мм; α – угол положения точки К; δ – зазор между серединой выточки кольца замка, шариком и стенкой распорного цилиндра, мм.

Выразим радиус R выточки через радиус r шарика и δ :

$$\begin{aligned} R &= R\text{sin}\alpha - r\text{Sin}\alpha + r + \delta \\ R(1 - \text{Sin}\alpha) &= r(1 - \text{Sin}\alpha) + \delta \end{aligned}$$

Откуда радиус выточки $R = r + \delta / (1 - \text{Sin}\alpha)$.

Предварительные исследования показали, что оптимальная величина угла $\alpha = 45^\circ$. Тогда $\text{Sin } 45^\circ = 0,707$. Следовательно, при полностью выдавленной смазке необходимо принять $\delta = 0,5$ мм.

Тогда $R = r + \delta / (1 - 0,707) = r + 1,7$ мм.

Используя шариковые замки, которые всегда закрыты, при поднятой платформе, в случае обрыва шланга гидравлической системы платформа не сможет самопроизвольно опуститься и нанести травму оператору, находящемуся в опасной зоне. Макет самосвальной платформы представлен на рисунке 7.



Рисунок 7 – Макет самосвальной платформы

На макете было смоделировано 1000 аварийных ситуаций (N) (вырыв шланга из заделки), шариковый замок дал сбой (n) лишь в двух случаях.

В экспериментальном варианте, вероятность безотказной работы замка составила:

$$P(t) = n/N = 998/1000 = 0,999$$

На отечественной транспортной сельскохозяйственной самосвальной технике, с гидрофицированными частями и механизмами, применяются гидроцилиндры одностороннего действия, обеспечивающие быстрый подъем самосвальных платформ и независимое от внешней нагрузки время опускания. В нашей стране и за рубежом для торможения рабочего цилиндра, опускающего груз, разработаны и используются дроссельные устройства и замедлительные клапаны.

Однако, такие клапаны и калибровочные отверстия, не обеспечивают постоян-

ное время опускания грузоподъемных платформ (рабочих органов) при различной внешней нагрузке.

Для регулирования скорости подъема (опускания) грузовой самосвальной платформы независимо от внешней нагрузки, автором разработано устройство, представленное на рисунке 8 (заявка о выдаче патента РФ на полезную модель № 2013111546/06(017079)).

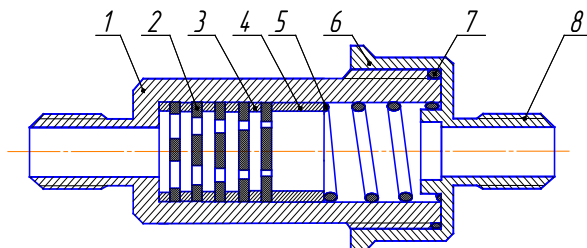


Рисунок 8 – Устройство регулирования скорости подъема (опускания) самосвальной платформы: 1 – корпус; 2 – дроссельные шайбы; 3 – кольца; 4 – втулка; 5 – пружина; 6 – крышка; 7 – уплотнения; 8 – штуцер.

Недостатком данного устройства является невозможность останова платформы при разгерметизации гидросистемы (обрыв шланга высокого давления).

Для решения такой проблемы разработано запорно – регулирующее устройство (рисунок 9).

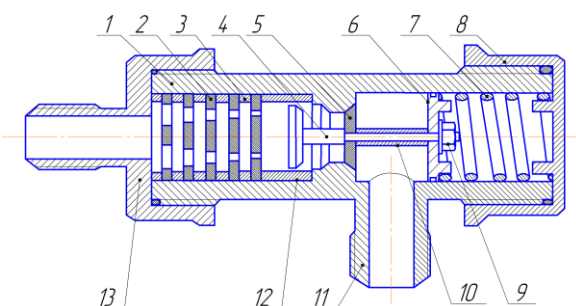


Рисунок 9 – Схема запорно – регулирующего устройства:

- 1 – корпус; 2 – дроссельная шайба; 3 – кольцо; 4 – клапан; 5 – тарелка клапана; 6 – втулка; 7 – пружина; 8 – крышка 9 – гайка с шайбой; 10 – втулка; 11 – штуцер; 12 – втулка; 13 – крышка со штуцером

Устройство работает следующим образом. Для подъема грузоподъемной платформы транспортной сельскохозяйственной самосвальной техники, рабочая жидкость под давлением, через штуцер 11, поступает в полость между тарелкой клапана 5 и втулкой 6. За счет разности площадей клапан 4, сжимая пружину 7, перемещается вправо, клапан 5 откроется, рабочее давление начинает поступать, через штуцер 13, в полость цилиндра, платформа начнет подъем. Площади отверстий каждой дроссельной шайбы различные, они выбираются таким образом, что обеспечить постоянство скорости подъема и опускания платформы при различной нагрузке в пределах расчетной грузоподъемности.

При нештатной ситуации (обрыв шланга) рабочее давление опускающейся платформы закроет клапан 4, падение платформы прекратится.

Характеристики разработанного устройства исследовались на прицепе 2-ПТС –

4 модели 887А, полученные результаты приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Время опускания платформы прицепа

Опускание, t, с						Подъем, t, с					
Масса платфор- мы без груза = 1164			Масса платфор- мы с грузом = 2664			Масса платфор- мы без груза = 1164			Масса платфор- мы с грузом = 2664		
1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
54	40	27	54	30	22	19	20	20	59	62	60
54	42	30	54	32	22	19	20	20	61	62	60
54	41	28,5	54	31	22	19	20	20	60	62	60
54	41	28,5	54	31	22	19	20	20	60	62	60

Примечание: 1 – запорно – регулирующее устройство; 2 – замедлительный клапан; 3 – калибровочное отверстие.

Автором разработан гидравлический подъемный механизм, предотвращающий падение самосвальной платформы при разгерметизации гидросистемы при обрыве шланга (рисунок 10).

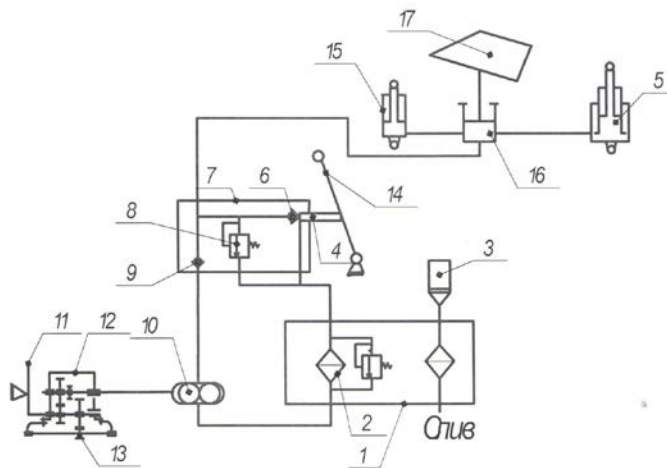


Рисунок 10 – Принципиальная схема гидравлического подъемного механизма

Гидравлический подъемный механизм автомобиля – самосвала состоит из маслобака 1 с заливной горловиной 3, сливного сетчатого фильтра с предохранительным клапаном 2, толкателя клапана опускания платформы 4, телескопического трехсекционного гидроцилиндра 5, клапана опускания платформы 6, крана управления 7 с предохранительным клапаном 8, обратным клапаном 9, насоса шестеренчатого 10, рычага управления коробкой отбора мощности 11, коробки отбора мощности 12, шестерни заднего хода 13, рычага управления коробки 14, гидроцилиндра 15 (который через проушину 3 соединен с секцией 2 предохранительного упора), согласующего клапана 16, грузовой платформы 17

В гидравлическое опрокидывающее устройство входит предохранительный упор, представленный на рисунке 11.

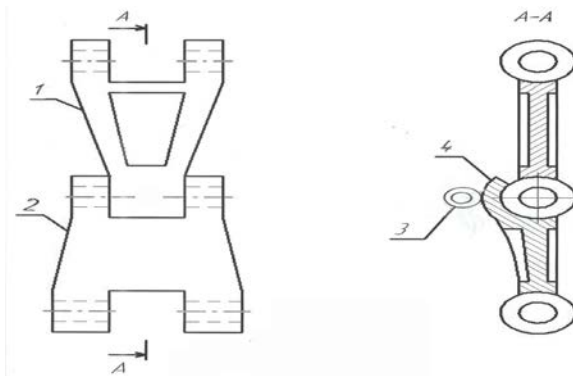


Рисунок 11 – Предохранительный упор для грузовой самосвальной платформы транспортного средства

Предохранительный упор грузовой самосвальной платформы автомобиля – самосвала состоит из верхней 1 и нижней 2 секций. Секции 1 и 2 связаны между собой шарниром, а своими основаниями с платформой и рамой автомобиля. Секция 2 имеет упор 4 и проушину 3. В убранном положении грузовой самосвальной платформы предохранительный упор находится в сложенном положении.

Рабочая жидкость, через открытый канал согласующего клапана 16, поступает в телескопический трехсекционный гидроцилиндр 18, платформа начнет подниматься, вместе с платформой начнут подниматься секции упора.

При полном подъеме платформы открытый канал согласующего клапана 16 закрывается, перепуская рабочую жидкость в гидроцилиндр 15. Шток гидроцилиндра 15 выдвигается, через проушину 3 воздействуя на шарнир предохранительного упора, сдвигая его вправо. При этом верхняя секция 2 остановится на упоре 4 нижней секции, а сам предохранительный упор начинает работать как страховочное устройство, не давая платформе опуститься в случае самопроизвольного падения (рисунок 12).

При опускании грузовой самосвальной платформы, рабочая жидкость через согласующий клапан 16 подается на гидроцилиндр 15, который начинает вдвигаться, сдвигая шарнир предохранительного упора 18 влево, отрывается канал согласующего устройства 16, рабочая жидкость начнет поступать в цилиндр 5, секции гидроцилиндра начинают вдвигаться, секции предохранительного упора складываются, самосвальная платформа, опускается на раму.

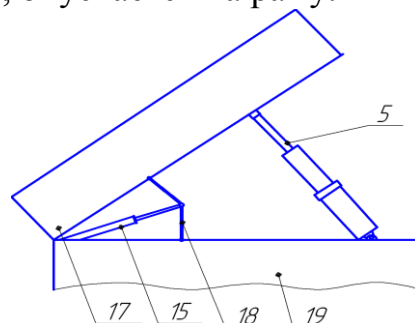


Рисунок 12 – Кинематическая схема :

5 – трехсекционный гидроцилиндр системы подъема - опускания платформы 15 – гидроцилиндр; 17 – грузовая платформа; 18 – упор с шарниром; 19 – рама

Полученные результаты используются при разработке новых предохранительных устройств безопасности грузовых самосвальных платформ

В пятой главе «Внедрение. Социально – экономическая эффективность результатов исследований» представлены внедрения результатов исследования, выполнен расчет социально – экономической эффективности от внедрения предлагаемого предохранительного устройства.

Результаты исследования по повышению безопасности операторов транспортной сельскохозяйственной самосвальной и мобильной техники за счет повышения надежности гидропривода, совершенствованием конструкции гидрофицированных частей используются в учебном процессе Брянской государственной сельскохозяйственной академии, внедрены в производство ОАО «Людиновский агрегатный завод».

Ожидаемый годовой экономический эффект от внедрения разработанного предохранительного устройства с установкой на 100 автомобилей – самосвалов для предотвращения одного несчастного случая с летальным исходом в результате придавливания самосвальной грузовой платформой составит 521000 рублей.

Общие выводы и рекомендации

1. В результате исследований установлено, что существующая на сегодняшний день система обеспечения безопасности транспортной сельскохозяйственной самосвальной техники с гидравлическим подъемным механизмом с гидроцилиндром поршневого типа, не обеспечивает необходимого уровня надежности.

2. Установлено, что в сельскохозяйственных предприятиях Минсельхоза России при техническом обслуживании и ремонте гидравлических подъемных механизмов, за последние десять лет, произошло 314 несчастных случаев с летальным исходом пострадавших, которые связаны с придавливанием самопроизвольно опускающимися грузоподъемными самосвальными платформами (в первую очередь 2-ПТС – 4 модель 887А – 56, 0% от общего числа пострадавших с летальным исходом).

3. Доказано, что доминирующим фактором, влияющим на безопасность операторов стали отказы гидравлических подъемных механизмов (48%), в результате погибло 59,3% пострадавших.

4. С целью повышения безопасности транспортной сельскохозяйственной техники обоснована необходимость установки предохранительных устройств для фиксации грузоподъемных платформ в поднятом положении срабатывание которых не зависит от гидравлической системы и не требует вмешательства оператора.

5. Разработана конструкция силового гидроцилиндра двустороннего действия для самосвальных грузоподъемных платформ с механическими шариковыми замками (решение о выдаче патента РФ на полезную модель по заявке № 2012146688/06(075038) обеспечивающая безопасную работу гидравлического подъемного механизма. Вероятность срабатывания замка равна 0,999.

6. Разработано запорно – регулирующее устройство, позволяющее обеспечить постоянное время подъема - опускания самосвальной платформы при различных нагрузках и стопорение платформы в поднятом положении при случайном обрыве шланга гидравлического подъемного механизма. Результаты стендовых и полевых экспериментальных исследований подтвердили их работоспособность.

7. Разработана математическая модель позволяющие при автоматизированном

проектировании гидравлических подъемных механизмов с гидроцилиндром поршневого типа определять их нагрузочные режимы и работоспособность.

8. Ожидаемый годовой экономический эффект от внедрения разработанного предохранительного устройства с установкой на 100 автомобилей – самосвалов для предотвращения одного несчастного случая с летальным исходом в результате придавливания самосвальной грузоподъемной платформой составит 521000 рублей.

**Основные положения диссертации опубликованы в следующих работах:
Публикации в изданиях, рекомендованных ВАК**

1. Ковалев, А.Ф. Обеспечение безопасности операторов самосвальных грузовых платформ [Текст]/А.Ф. Ковалев, А.А. Кузнецов, Е.Н. Христофоров//Иновации в техническом сервисе. Иновации в механизации животноводства.– М.: Научные труды ГНУ ГОСНИТИ, т. 111 ч.2, 2013. – С. 166 – 170.

2. Ковалев, А.Ф. Современный уровень надежности гидроприводов гидрофицированных машин [Текст]/ А.Ф. Ковалев, А.А. Кузнецов, Е.Н. Христофоров, // Иновации в техническом сервисе. Иновации в механизации животноводства.– М.: Научные труды ГНУ ГОСНИТИ, т. 111 ч.2, 2013. – С. 171 – 175.

3. Ковалев, А.Ф. Обеспечение надежности гидроприводов гидрофицированных машин [Текст] /А.Ф. Ковалев, А.А. Кузнецов, Е.Н. Христофоров, //Тракторы и сельхозмашины. – №1. – 2013. – С. 32 – 34.

4. Ковалев, А.Ф. Повышение безопасности гидроприводов самосвальных платформ [Текст] / А.Ф. Ковалев, А.А. Кузнецов, Е.Н. Христофоров, //Сельский механизатор. – №2. – 2013. – С. 36 – 37.

Патенты

5. Решение о выдаче патента РФ на полезную модель по заявке № 2012146688/06(075038) Силовой гидроцилиндр / А.Ф. Ковалев, Ю.В. Беззуб, А.А. Кузнецов, Е.Н. Христофоров, Н.Е. Сакович.– М.: ФИПС, 2012.

6. Заявка о выдаче патента РФ на полезную модель № 2012146708/06(075059) Силовой гидроцилиндр / А.Ф. Ковалев, А.А. Кузнецов, Е.Н. Христофоров, Н.Е. Сакович, Ю.В. Беззуб. – М.: ФИПС, 2012.

7. Заявка о выдаче патента РФ на полезную модель № 2013111546/06(017079) Устройство регулирования скорости подъема - опускания самосвальной платформы / А.Ф. Ковалев, А.А. Кузнецов, Е.Н. Христофоров, Н.Е. Сакович, А.М. Случевский – М.: ФИПС, 2013.

Публикации в материалах научных конференций

8. Ковалев, А.Ф. Обзор конструктивных схем устройств замедления жидкостного потока используемых в гидроприводах сельскохозяйственных машин [Текст]/А.Ф. Ковалев, Е.Н. Христофоров, А.А. Кузнецов// Вестник ФГОУ ВПО «Брянская ГСХА» №6. – Брянск: Изд-во Брянская ГСХА– 2012 – С. 36 – 39.

9. Ковалев, А.Ф. Современный уровень надежности гидроприводов строитель-

ных и дорожных машин [Текст]//А.Ф. Ковалев, Н.Е. Христофоров, А.А. Кузнецов// Вопросы экономики. Информационные технологии. Экология и безопасность в техносфере. Бюллетень научных работ №2 – М.: МГУПС (МИИТ). – 2012. – С. 70 – 74

10. Ковалев, А.Ф. Повышение надежности гидроприводов гидрофицированных машин применяемых в сельском хозяйстве [Текст]//А.Ф. Ковалев, А.А. Кузнецов//Научное обеспечение развития АПК в условиях реформирования. – С-Пб. : ФГОУ ВПО С-ПБГАУ, 2013. – С. 64

11. Ковалев, А.Ф. Анализ ситуаций возникающих при работе на транспортной сельскохозяйственной самосвальной технике [Текст]/ А.Ф. Ковалев, А.А. Кузнецов, Н.Е. Христофоров// Вестник ФГОУ ВПО «Брянская ГСХА» №2. – Брянск: Изд-во Брянская ГСХА.– 2013 – С. 30 – 33.

12. Ковалев, А.Ф. Выбор компоновки гидроцилиндра грузовой самосвальной платформы для транспортной сельскохозяйственной техники [Текст] / А.Ф. Ковалев, А.М. Случевский// Конструирование, использование и надежность машин сельскохозяйственного назначения. – Брянск: Изд-во Брянская ГСХА, 2013. – С. 101 – 103..

13. Ковалев, А.Ф. Обоснование и расчет ушковых узлов крепления [Текст] / А.Ф. Ковалев, А.М. Случевский// Конструирование, использование и надежность машин сельскохозяйственного назначения. – Брянск: Изд-во Брянская ГСХА, 2013. – С. .103 – 109.

14. Ковалев, А.Ф. Разработка имитационной математической модели исполнительного гидроцилиндра гидропривода грузоподъемных механизмов [Текст] / А.Ф. Ковалев, А.М. Случевский// Конструирование, использование и надежность машин сельскохозяйственного назначения. – Брянск: Изд-во Брянская ГСХА, 2013. – С.109 – 114. .

15. Ковалев, А.Ф. Анализ конструктивных схем, устройств замедления жидкостного потока используемых в гидравлических системах машин сельскохозяйственного назначения [Текст] / А.Ф. Ковалев, А.М. Случевский// Конструирование, использование и надежность машин сельскохозяйственного назначения. – Брянск: Изд-во Брянская ГСХА, 2013. – С. 129 – 133.

Подписано к печати _____ 2013 г. Формат 60×84. Бумага офсетная

Усл. п.л. 1,0. Тираж 100. Изд. _____

Издательство Брянской государственной сельскохозяйственной
академии

243365, с. Кокино, Выгоничского района Брянской области