

УДК 629.33.- 592: 629.3.014.2.047(043)

На правах рукописи

**Самусенко Владимир Иванович**

**УЛУЧШЕНИЕ  
ТОРМОЗНЫХ СВОЙСТВ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ  
ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ ПО УСЛОВИЯМ ОБЕСПЕЧЕНИЯ  
БЕЗОПАСНОСТИ ТРАНСПОРТНЫХ РАБОТ**

Специальность **05.20.01** – Технологии и средства механизации  
сельского хозяйства

**АВТОРЕФЕРАТ**  
диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

**Москва – 2016**

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Брянский государственный аграрный университет» (ФГБОУ ВО БГАУ)

Научный руководитель: **Христофоров Евгений Николаевич**, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры безопасности жизнедеятельности и инженерной экологии ФГБОУ ВО «Брянский государственный аграрный университет»

Официальные оппоненты: **Поливаев Олег Иванович**, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Тракторы и автомобили» ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I».

**Гамаюнов Павел Петрович**, доктор технических наук, профессор кафедры «Организация перевозок и управления на автотранспорте» ФГБОУ ВО «Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.»

Ведущая организация: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Орловский государственный аграрный университет» (ФГБОУ ВО Орловский ГАУ)

Защита состоится « 15 » декабря 2016 г. в 16<sup>00</sup> часов на заседании диссертационного совета Д 220.043.14 на базе ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет–МСХА имени К.А. Тимирязева», по адресу: 127550, г. Москва, ул. Прянишникова, д. 19, тел/факс: 8 (499) 976-21-84.

С диссертацией можно ознакомиться в Центральной научной библиотеке имени Н.И. Железнова ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева» и на сайте Университета [www.timacad.ru](http://www.timacad.ru).

Автореферат разослан « \_\_\_\_\_ » октября 2016 г.

Ученый секретарь  
диссертационного совета

Елена Анатольевна Улюкина

## Общая характеристика работы

**Актуальность проблемы.** Увеличение объема перевозок в агропромышленном производстве Российской Федерации, к 2020 году прогнозируется увеличение объема до 7,2 млрд. т, расширение номенклатуры перевозимых грузов, требует увеличения числа сельскохозяйственных транспортных средств (СТС), повышения их эффективности. Значительным резервом повышения эффективности является увеличение количества перевозимого груза за счет применения автомобилей большой грузоподъемности. Однако применение таких автомобилей в условиях возрастания интенсивности движения на дорогах, особую актуальность вызывают вопросы безопасности. В 2015 году в результате аварий на дорогах Российской Федерации погибло 23114 человек и 231197 человек получили травмы различной степени тяжести, при этом на долю агропромышленного комплекса (АПК), ежегодно приходится от 8 до 10% всех дорожно – транспортных происшествий (ДТП).

Анализ причин дорожно – транспортных происшествий в АПК показывает, что основная доля аварий происходит по вине водителей нарушающих Правила дорожного движения (до 80% всех ДТП). Способствует росту числа ДТП неисправности СТС, причем до 40% происшествий, отнесенных на технические причины, происходит из-за низких тормозных свойств сельскохозяйственных транспортных средств.

Остановить автомобиль большой грузоподъемности, может только высокоэффективная тормозная система, обеспечивающая оптимальное протекание процесса торможения. В перспективе совершенствование тормозных систем сельскохозяйственных транспортных средств связано с установкой дисковых тормозных устройств, позволяющих достичь высокого быстродействия, стабильности характеристик в широком диапазоне температур и давлений, а также установки антиблокировочных систем, улучшающих показатели устойчивости и управляемости при торможении.

**Цель исследований** – улучшение тормозных свойств сельскохозяйственных транспортных средств по условиям обеспечения безопасности транспортных работ.

Для достижения цели поставлены следующие **задачи исследования:**

1. Провести исследования обеспечения безопасности транспортных работ в агропромышленном производстве, выявить факторы, причины, обстоятельства дорожно – транспортных происшествий, связанных с неисправностями систем сельскохозяйственных транспортных средств.

2. Обосновать вероятностную характеристику степени опасности неисправностей сельскохозяйственных транспортных средств, обосновать методы ее количественной оценки.

3. Обосновать математическую модель частного критерия оценки влияния технических устройств, повышающих безопасность транспортных работ в агропромышленном производстве.

4. Обосновать математическую модель критерия оценки эффективности мероприятий, направленных на уменьшение интенсивности неисправностей

систем сельскохозяйственных транспортных средств.

5. По условиям обеспечения безопасности транспортных работ, обосновать показатель эффективности эксплуатации сельскохозяйственных транспортных средств.

6. Разработать конструктивные решения тормозных устройств и антиблокировочных систем, улучшающих тормозные свойства сельскохозяйственных транспортных средств.

**Объект исследования.** Состояние аварийности, процессы влияния технического состояния сельскохозяйственных транспортных средств на обеспечение безопасности транспортных работ.

**Предмет исследования.** Тормозные системы, системы устойчивости и управляемости сельскохозяйственной транспортной техники при торможении.

**Научную новизну исследований составляют:**

- вероятностная характеристика оценки влияния последствий неисправностей сельскохозяйственных транспортных средств на безопасность транспортных работ, методы ее определения;

- математическая модель исследований технических устройств, повышающих безопасность транспортных работ, частный критерий их оценки;

- критерий эффективности эксплуатационных мероприятий, направленных на повышение безопасности транспортных работ в агропромышленном производстве;

- показатель производственной эффективности эксплуатации сельскохозяйственных транспортных средств с учетом обеспечения безопасности транспортных работ.

**Достоверность** результатов обеспечена: постановкой задач исследования с использованием апробированного математического аппарата на основе теории вероятностей и математической статистики; полученными результатами проведенных экспериментов; учетом всех факторов, объективно влияющих на результат исследований, принятыми допущениями и ограничениями; одобрением результатов исследований на научно – технических конференциях международного, всероссийского и межвузовского уровня.

**Практическую значимость работы составляют:**

- результаты состояния аварийности на транспортных работах сельскохозяйственного производства, в том числе из-за неисправностей систем сельскохозяйственных транспортных средств;

- разработанная математическая модель количественной оценки влияния неисправностей сельскохозяйственных транспортных средств на безопасность транспортных работ в АПК;

- разработанные на патентном уровне тормозные устройства, антиблокировочная система автомобиля, датчик антиблокировочной системы, позволяющие повысить тормозные свойства ТС.

**Реализация результатов исследований.** Результаты исследований внедрены в ООО «Брянский автомобильный завод», в учебном процессе ФГБОУ ВО «Брянский государственный аграрный университет», ФГБОУ ВПО «Брянский государственный технический университет», ФГБОУ ВО «Брянский

государственный инженерно - технологический университет».

**К защите представляются следующие научные результаты:**

1. Результаты анализа обеспечения безопасности транспортных работ в агропромышленном производстве.
2. Методика исследований влияния на безопасность транспортных работ, последствий неисправностей сельскохозяйственных транспортных средств, характеристика оценки опасности неисправностей.
3. Частный критерий оценки влияния технических устройств, повышающих безопасность транспортных работ, математическая модель исследования.
4. Критерий оценки эффективности мероприятий, направленных на повышение безопасности транспортных работ обусловленных надежностью сельскохозяйственных транспортных средств.
5. Показатель эффективности эксплуатации сельскохозяйственных транспортных средств, обусловленных обеспечением безопасности транспортных работ.
6. Результаты разработки технических устройств, связанных с тормозными системами, системами устойчивости и управляемости сельскохозяйственных транспортных средств при торможении.

**Апробация результатов исследования.** Результаты исследований, основные положения диссертационной работы доложены и одобрены на международных, всероссийских и межвузовских научно-технических конференциях в Брянском ГАУ (2005 – 2015 гг), Брянском ГТУ (2009, 2014, 2015 г), Ростов ГАУ (2006 – 2010 гг), Государственный университет – учебно – научно – производственный комбинат «ГУ – УНПК», г. Орел (2014 г).

**Публикации.** Основные положения по теме диссертационной работы, опубликованы в 21 научной работе, в их числе 6 научных работ в изданиях рекомендованных ВАК (общий объем 1,27 п.л., автору принадлежит 0,99 п.л.), 1 монография, 7 патентов РФ, 7 работ в материалах научных конференций.

**Структура и объем диссертации.** Диссертация состоит из введения, 4 глав, изложена на 143 страницах основного текста, содержит 41 рисунок, 8 таблиц и приложений на 14 страницах, выводов, списка литературы, включающего 158 наименований.

### **Содержание работы**

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

**В первой главе** «Современное состояние вопроса. Цель и задачи исследования» рассмотрена проблема обеспечения безопасности транспортных работ; выполнен анализ аварийности в РФ, исследованы факторы, причины и обстоятельства дорожно – транспортных происшествий; исследованы причины и последствия аварийности на транспортных работах в агропромышленном производстве; выполнен анализ тормозных устройств и антиблокировочных систем, обоснованы перспективы их развития.

В результате исследований установлено, что проблема безопасности транспортных работ в АПК существует. В результате исследования причин несчастных случаев в АПК видно что, на транспортные работы приходится 18% всех несчастных случаев. При этом 20% несчастных случаев со смертельным исходом приходится на дорожно – транспортные происшествия (рис. 1).

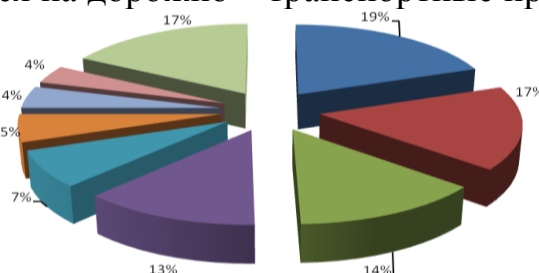


Рисунок 1- Причины несчастных случаев со смертельным исходом в системе АПК, %:

дорожно– транспортные происшествия – 20%; неудовлетворительная организация проводимой работы – 17%; допуск к работе без инструктажа и обучения - 14%; эксплуатация неисправных машин и оборудования – 13%; алкогольное опьянение - 7,5%; нарушение технологии производства работ - 5,6%; нарушение правил пожарной безопасности - 4,5%; убийства - 3,7; прочие 17,5%.

Одной из причин ДТП в сельскохозяйственном производстве стали неисправности СТС (рис. 2).

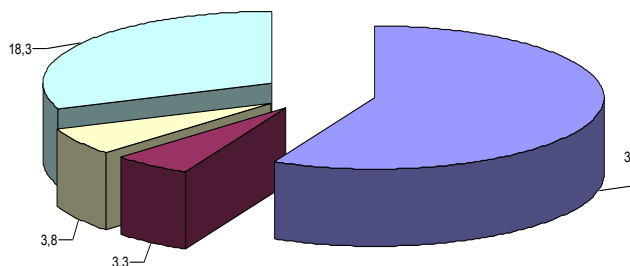


Рисунок 2- Причины ДТП из-за неисправностей СТС, %:  
неисправности рабочей тормозной системы - 34%;  
тормозной системы прицепа - 3,3%; рулевого управления - 3,8%  
внешних световых приборов 18,3% и другие.

Исследования тормозных свойств СТС, патентный поиск тормозных систем, позволяют сделать вывод, что более предпочтительными для СТС являются дисковые тормозные устройства с осевым нажатием, а применение в тормозах биметаллических и металлокерамических фрикционных материалов позволяют улучшить тормозные свойства сельскохозяйственных транспортных средств. Улучшению тормозных свойств СТС способствует наличие антиблокировочной системы (АБС), улучшающей характеристики устойчивости и управляемости при торможении, которая на многих СТС отсутствует.

Полученные результаты исследования безопасности транспортно – технологических процессов в агропромышленном производстве подтверждаются исследованиями А.М. Сысоева, М.Н. Ерохина, Н.И. Верещагина, О.Н. Дидманидзе, Т.Д. Дзоценидзе, Н.Е. Евтюшенкова, А.Ю. Измайлова, Л.П. Корманов-

ского, А.А. Артюхина, М.А. Крюкова, Г.А. Калинкина, Н.А. Майстренко, Е.А. Шиловой и других ученых.

На основании анализа проблемы, в соответствии с целью, были поставлены задачи исследования.

**Во второй главе** «Исследование влияния неисправностей сельскохозяйственных транспортных средств на обеспечение безопасности транспортных работ» обоснована модель действий водителя, направленных на предотвращение последствий неисправностей систем СТС, выполнена оценка степени опасности неисправностей; обоснована математическая модель вероятностного показателя предотвращения последствий неисправностей сельскохозяйственной транспортной техники, обоснованы методы расчета показателя; разработана методика выбора мероприятий, эффективных в обеспечении безопасности транспортных работ, обусловленных надежностью сельскохозяйственной транспортной техники с целью получения максимальных результатов.

Влияние неисправностей СТС на безопасность транспортных работ определяется их интенсивностью  $\lambda_i$  и условными вероятностями предотвращения водителем их последствий  $r_{Ti}$ . Пусть в момент времени  $t_0$  произошла неисправность, которая вызвала изменение параметра движения  $X$ . В некоторый случайный момент времени  $t_B$  водитель вмешивается в управление и предотвращает его нарастание. Вследствие этого параметр  $X$  не достигает своего предельного значения  $X_{пр}$  на величину  $\Delta x$ . Проэкстрополируем закон изменения параметра  $X$  при неисправности в предположении, что водитель не вмешивается в управление (штриховая линия на рис. 3).

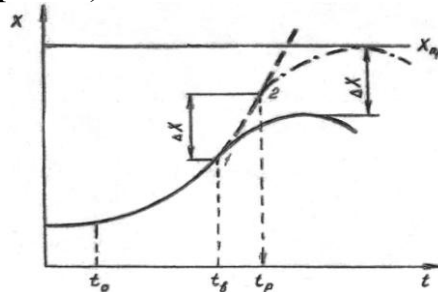


Рисунок 3- Схема вмешательства водителя в управление СТС

Тогда отложив ординату  $\Delta x$  от значения параметра  $X$  в точке 1, соответствующей моменту вмешательства водителя в управление в рассматриваемой реализации, найдем на штриховой линии точку 2, которая будет соответствовать располагаемому времени  $t_p$ . При вмешательстве водителя в управление в момент времени  $t_p$  параметр  $X$  изменялся бы так, как показано штрихпунктирной линией. Заметим, что время вмешательства  $t_B$  случайно, случайна и величина  $\Delta x$ , а располагаемое время  $t_p$  принимается постоянным. Тогда, зная закон распределения случайного времени вмешательства  $f(t_B)$ , получим вероятность предотвращения последствий неисправности по выражению

$$r_T = P(X < X_{пр}) = P(t_B < t_p) = \int_0^{t_p} f\left(\frac{t_B}{i}\right) dt, \quad (1)$$

Если вероятность неисправности проявляется только на начальном этапе

движения, непосредственно следующим за неисправностью, то достаточным условием предотвращения последствий неисправности является своевременное вмешательство водителя в управление и вероятность этого события запишется так

$$r_{T_i} = p(X_i < X_{iPP}) = p(t_B < t_P), \quad (2)$$

где  $X_i$  – критический определяющий параметр.

В зависимости от характера неисправности  $r_T$  может быть определена одним из следующих методов: *расчетным (аналитическим) методом; методом статистических испытаний; методом экспертной оценки.*

Для повышения безопасности транспортных работ, автор предлагает на СТС устанавливать технические устройства, которые позволяют повысить безопасность транспортных работ. Такие устройства должны контролировать работоспособность систем СТС и сигнализировать водителю об их неисправностях. Оценку влияния таких устройств на уровень безопасности транспортных работ можно осуществить с помощью частных критериев, которые должны быть получены с учетом работы этих устройств. Предлагаем на СТС, установить встроенную систему контроля за работой тормозной системы. Требуется оценить эффективность влияния такой системы на снижение вероятности неблагоприятного завершения транспортной работы, связанного с неисправности системы контроля. Для оценки введем следующие обозначения: интенсивность неисправностей тормозной системы  $\lambda_{ТС}$ , системы контроля  $\lambda_K$ ; условные вероятности предотвращения последствий неисправности тормозной системы с работающей системой контроля  $r_{ТСК}$ , без контроля  $r_{ТС}$  и неисправностей  $r_K$ . Соответствующие условности вероятности непредотвращения последствий неисправностей составят:  $s_{ТСК} = 1 - r_{ТСК}$ ;  $s_{ТС} = 1 - r_{ТС}$ ;  $s_K = 1 - r_K$ . Для оценки влияния неисправностей тормозной системы и системы контроля на уровень безопасности транспортных работ воспользуемся теорией цепей Маркова. На рисунке 4 изображен граф состояния системы.

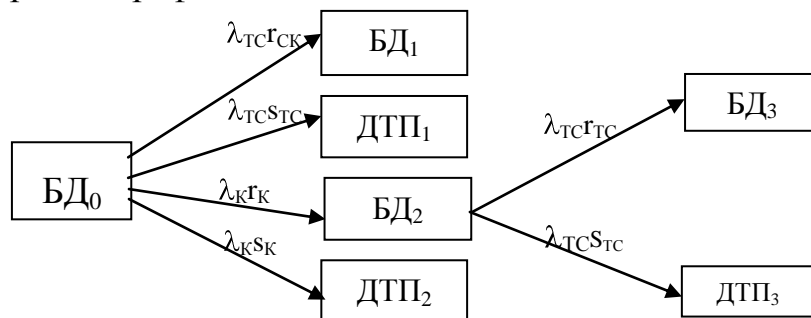


Рисунок 4. Граф состояния системы

Через  $\overline{БД_i}$  ( $i = 0,3$ ) обозначены благополучные исходы движения, а через  $\underline{ДТП_j}$  ( $j = 1,3$ ) – неблагоприятные исходы движения, то есть дорожно-транспортные происшествия.



Состояния БД<sub>1</sub> и ДТП<sub>1</sub> соответствуют исходам движения при неисправностях тормозной системы с работающей системой контроля, БД<sub>2</sub> и ДТП<sub>2</sub> – при неисправности системы контроля, а БД<sub>3</sub> и ДТП<sub>3</sub> – при неисправности тормозной системы с неработающей системой контроля.

Обозначим  $P_i$  вероятности пребывания в состоянии безопасности – БД<sub>*i*</sub>, а через  $Q_j$  – в состоянии ДТП. Вероятности благополучного и неблагоприятного исхода транспортной работы будут равны

$$P = \sum_{i=0}^3 P_i, \quad Q = \sum_{j=1}^3 Q_j, \quad (3)$$

Составив систему дифференциальных уравнений и проинтегрировав эту систему при начальных условиях  $P_0(0) = 1, P_i(0) = Q_j(0) = 0$ , для  $i, j = 1, 3$  и подставив найденные выражения для  $Q_j$  в формулу (3), получим

$$Q = \frac{\lambda_{TC} s_{TCK} + \lambda_K s_K - r_K s_{TC} \lambda_{TCK}}{\lambda_0} (1 - e^{-\lambda_0 t}) + r_K s_{TC} (1 - e^{-\lambda_{TC} t}), \quad (4)$$

Уровень риска при неисправностях тормозной системы без системы контроля в соответствии с формулой полной вероятности будет равен

$$Q_0 = (1 - e^{-\lambda_{TC} t}) s_{TC}$$

Обычно  $\lambda_0 t \ll 1$  и  $\lambda_{TC} t \ll 1$ , поэтому можно принять  $(1 - e^{-\lambda_0 t}) = \lambda_0 t$  и  $(1 - e^{-\lambda_{TC} t}) = \lambda_{TC} t$

Тогда эффективность влияния системы контроля на снижение вероятности неблагоприятного исхода можно оценить соотношением

$$K_Q = \frac{Q_0}{Q} \approx \frac{s_{TC}}{s_{TCK} + \frac{\lambda_K}{\lambda_{TC}} s_K}, \quad (5)$$

Выражение (5) показывает, что на достаточно высоком уровне надежности системы контроля по сравнению с контролируемой системой ее влияние на снижение вероятности неблагоприятного исхода транспортной работы пропорционально отношению  $s_{TC} / s_{TCK}$ , то есть снижению степени опасности неисправности.

Если же система контроля недостаточно надежна ( $\lambda_K > \lambda_{TC}$ ) и неисправности самой системы контроля также опасны, как и неисправности тормозной системы ( $s_K > s_{TC}$ ), то система контроля окажется неэффективной и она повышает уровень неблагоприятного завершения транспортной работы.

Для повышения безопасности транспортных работ, обусловленной надежностью СТС, существуют два пути – повышение надежности, то есть безотказности работы СТС, и повышение отказобезопасности, то есть уменьшение вероятности непредотвращения водителем их последствий. Обеспечение надежности работы СТС – основной путь. Именно на это направлены основные усилия организаций создающих и эксплуатирующих СТС.

Оценим эффективность мероприятий, направленных на уменьшение интенсивности неисправностей систем сельскохозяйственных транспортных средств. Примем за критерий эффективности мероприятий отношение:

$$K_{Q_{\lambda}} = \frac{Q_{T_1}}{Q_{T_2}}, \quad (6)$$

где  $Q_{T_1}, Q_{T_2}$  – уровни риска соответственно до и после проведения мероприятий.

Используя для  $Q_T$  – выражение

$$Q_T = \frac{1 - e^{-\lambda_{00}t}}{\lambda_{00}} \sum_{i=1}^n \lambda_{0i} s_i, \quad (7)$$

и предполагая интенсивности неисправностей систем до проведения мероприятий равными, а после проведения мероприятий  $\lambda_i / K_{\lambda_i}$ , где  $K_{\lambda_i} > 1$  и учтя, что  $e^{-\lambda_{00}t} \approx 1 - \lambda_{00}t$ , получим

$$K_{Q_{\lambda}} = \frac{\sum_{i=1}^n \lambda_i s_{T_i}}{\sum_{i=1}^n \frac{\lambda_i}{K_{\lambda_i}} s_{T_i}} = \frac{1}{\sum_{i=1}^n \frac{Q_{T_i}}{K_{\lambda_i}}}, \quad (8)$$

где  $n$  – число элементов в рассматриваемой системе;

$\overline{Q_{T_i}} = \frac{\lambda_i s_{T_i}}{\sum_{i=1}^n \lambda_i s_{T_i}}$  – удельный вклад неисправностей  $i$ -го элемента в уровень риска, обусловленного возможными неисправностями рассматриваемой системы.

Результат (8) подтверждает тот очевидный факт, что мероприятия по повышению надежности проводятся в первую очередь для тех элементов, которые наиболее сильно снижают уровень безопасности транспортных работ. Оценка эффекта мероприятий по повышению надежности наиболее «аварийного»  $j$ -элемента в системе определяется выражением.

$$K_{Q_{\lambda_j}} = \frac{\sum_{i=1}^{n-1} \lambda_i s_{T_i}}{\sum_{i=1}^{n-1} \lambda_i s_{T_i} + \frac{\lambda_j}{K_{\lambda_j}} s_{T_j}}, \quad (9)$$

Подставив  $\frac{\lambda_j}{K_{\lambda_j}} = \lambda_j + \frac{1 - K_{\lambda_j}}{K_{\lambda_j}} \lambda_j$ , преобразуем формулу (9) к виду

$$K_{Q_{\lambda_j}} = \frac{K_{\lambda_j}}{K_{\lambda_j} (1 - \overline{Q_{T_j}}) + \overline{Q_{T_j}}}, \quad (10)$$

Изменение  $K_{Q_{\lambda_j}}$  в зависимости от  $K_{\lambda_j}$  при различных  $\overline{Q_{T_j}}$  приведено на рисунке 5.

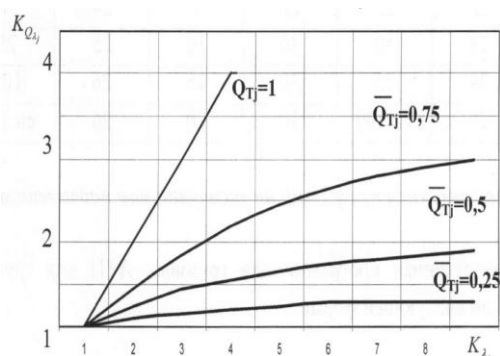


Рисунок 5 – Зависимость критерия эффективности мероприятий, от различных удельных вкладов неисправностей сельскохозяйственных транспортных средств

Из рисунка 5 следует, что увеличение  $K_{\lambda_j}$  приводит к повышению безопасности транспортных работ тем большому, чем больше  $\overline{Q_{T_j}}$ . Если под элементом можно подразумевать всю систему в целом  $\overline{Q_{T_j}}=1$ , то формула (10) принимает вид

$$K_{Q_{\lambda}} = K_{\lambda}, \quad (11)$$

то есть уровень риска снижается во столько раз, во сколько раз уменьшается интенсивность неисправностей.

Эффект от мероприятий, направленных на уменьшение вероятности непредотвращения последствий неисправностей, будет определяться выражениями (9) – (11). В этом можно убедиться, приняв за критерий эффективности мероприятий отношением  $K_{Q_s} = Q_{T_1} / Q_{T_2}$  вероятность непредотвращения последствий неисправностей после проведения мероприятий равными  $S_{T_i} / K_{S_i}$ , где  $K_{S_i} > 1$ .

Таким образом, при равных значениях  $K_{Q_{\lambda}}$  и  $K_{Q_s}$  с количественной точки зрения безразлично, в каком направлении проводить мероприятия, направленные на повышение безопасности транспортных работ: по увеличению надежности сельскохозяйственной транспортной техники или уменьшению степени опасности ее неисправностей.

К числу мероприятий по повышению безопасности транспортных работ можно отнести рекомендации водителям по управлению ТС – в простейшем случае, например держаться за рулевое колесо двумя руками, а не одной (рис. 6).

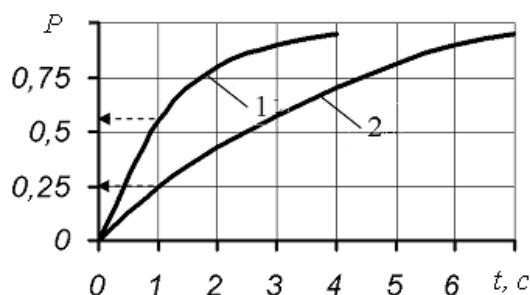


Рисунок 6- График распределения вероятности вмешательства в управление: 1 – двумя руками; 2 – одной рукой.

На этих графиках  $P$  есть вероятность вмешательства водителя в управление за заданное время  $t$ , после появления неисправности. Из графиков следует, что при располагаемом времени 1 с, водитель, с вероятностью 0,58 своевременно вмешивается в управление, если он держался за рулевое колесо двумя руками и только с вероятностью 0,25, если держался одной.

Система «Водитель – система управления – транспортное средство» занимает важнейшее место в работе по обеспечению безопасности транспортных работ. Мы предлагаем математическую модель позволяющую исследовать устойчивость замкнутого контура управления. В результате решения математической модели мы получили искомые вероятности сохранения или потери устойчивости замкнутого контура управления «Водитель – система управления – транспортное средство»:

$$P_y = \prod_{i=1}^n P_i \quad Q_y = 1 - \prod_{i=1}^n P_i, \quad (12)$$

где  $P_y$  – вероятность сохранения устойчивости замкнутого контура;

$Q_y$  – вероятность потери устойчивости замкнутого контура;

$P_i, Q_i$  – вероятности сохранения и потери устойчивости каждого элемента контура.

СТС предназначены для выполнения производственных заданий. Безопасность транспортных работ для такого СТС является не самоцелью, а средством выполнения производственного задания, условием повышения производственной эффективности. За показатель производственной эффективности применения СТС с учетом безопасности транспортных работ принимаем вероятность выполнения производственного задания  $P_{ПЗ}$ .

$$P_{ПЗ} = P_{БЗ} P_{БТР}, \quad (13)$$

где  $P_{БЗ}$  – вероятность выполнения производственного задания, вычисленная при условии отсутствия дорожно – транспортного происшествия;

$P_{БТР}$  – вероятность отсутствия ДТП по причинам не связанным непосредственно воздействием внешних причин.

В качестве примера рассмотрим задачу о назначении ограничения по критической скорости опрокидывания. Предположим, что в результате проверенных исследований получена зависимость вероятности  $P_{БТР}$  от величины критической скорости опрокидывания, изображенной на рисунке 7.

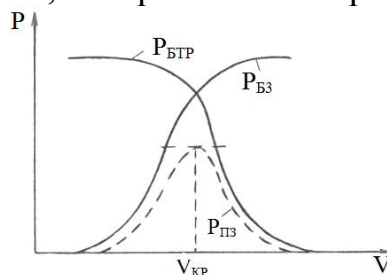


Рисунок 7.- Зависимость вероятности выполнения производственного задания от величины критической скорости опрокидывания

Из рисунка видно, что при увеличении величины скорости, начиная с некоторого ее значения,  $V_{KP}$ , наблюдается уменьшение вероятности  $P_{БТР}$ . Для обеспечения безопасности выполнения поворота требуется уменьшать скорость движения, что может привести к тому, что маневренные, а соответственно эксплуатационные возможности СТС характеризуемые вероятностью выполнения производственного задания  $P_{БЗ}$  станут неудовлетворительными.

Для исследования безопасности транспортных работ, обусловленных неисправностями СТС, предлагаем применить вероятностные и статистические методы, с помощью которых можно решить несколько задач имеющих важное прикладное значение в решении вопросов безопасности транспортных работ, методика применения которых приведены в главе.

В третьей главе “Результаты исследований” представлены разработанные новые технические устройства, позволяющие улучшить тормозные свойства сельскохозяйственных транспортных средств. Результатом исследования является тормозное устройство представленное на рисунке 8 ((патент №82173, №107301).

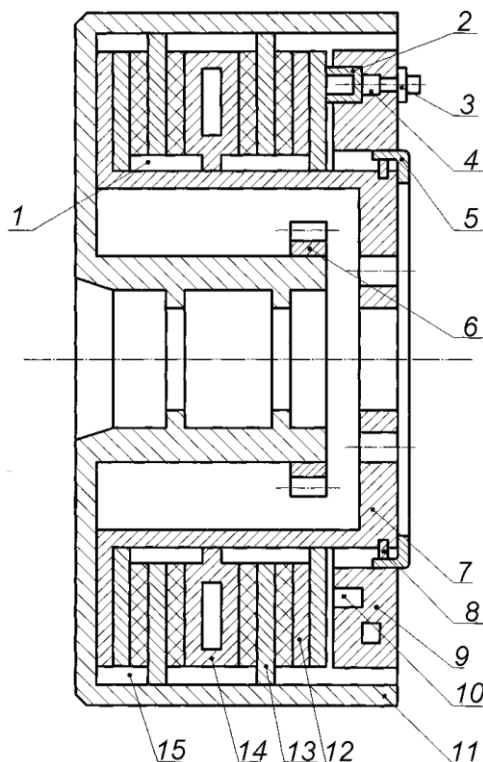


Рисунок 8- Схема тормозного устройства:

- 1 – паз в корпусе; 2 – поршень; 3 – штуцер; 4 – кольцевой канал; 5 – крышка;  
 6 – зубчатый венец; 7 – корпус; 8 – полукольцо; 9 – блок цилиндров;  
 10 – регулятор зазоров; 11 – тормозной барабан; 12 – прижимной диск;  
 13 – подвижный диск; 14 – неподвижный диск; 15 – паз.

Разработанное тормозное устройство (рис. 8) прошло диагностирование в ООО “Евроцентр” на стенде технического диагностирования тормозов марки СТС10У.11.00.000РЭ. Результаты диагностирования приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты диагностирования тормозного устройства

Показатели	Требования ГОСТ Р 51709- 2001	Полученные ре- зультаты
Удельная тормозная сила, $\gamma_T$ , не менее	0,46	0,52
Относительная разность тормозных сил колес оси	20 %	12%
Усилие на органе управления, $P_{II}$ , Н	686	610

Для улучшения динамических характеристик, устойчивости и управляемости при торможении, для данных тормозных устройств разработана антиблокировочная система (рис. 9а. Патент №78744 ).

Одним из элементов предлагаемой АБС является разработанный автором инерционный датчик, схема которого представлена на рисунке 9б (патент №2308384).

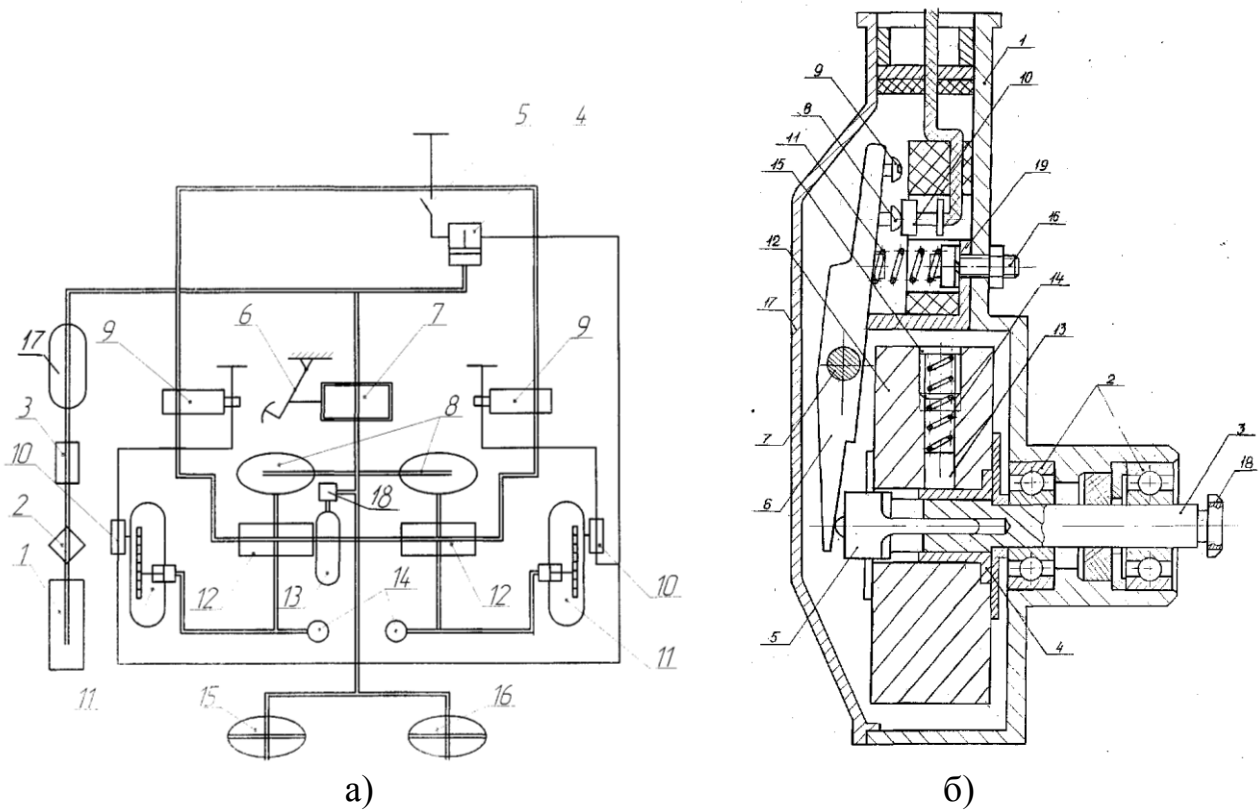


Рисунок 9- Схема антиблокировочной системы:

1 – компрессор; 2 – воздушный фильтр; 3 – редуктор давления;  
4,5 – включатели; 6 – педаль управления тормозами; 7 – тормозной кран;  
7, 8 – тормозные камеры передних колес; 9 – электромагнитные клапана (в соответствии с числом колес.); 10 – инерционный датчик (в соответствии с числом колес); 11 – тормоз колеса; 12 – переключатели; 13 – пневмоаккумулятор;  
4 – датчик давления в тормозной системе; 15,16 – тормозные камеры задних колес; 17 – ресивер; 18 – ускоритель.

Датчик был изготовлен и прошел испытания на работоспособность. Основные технические данные представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Основные технические данные датчика АБС

Напряжение питания, В	12 ±10%
Угловое замедление колеса на которое реагирует датчик, рад/с <sup>2</sup>	450 ±50
Продолжительность электрического импульса при резкой остановке валика, с	0,55

**В четвертой главе** *”Внедрение. Оценка экономической эффективности результатов исследований”* приведены экономические расчеты, результаты которых показывают, что ожидаемый годовой экономический эффект от внедрения тормозного устройства составит 97462,2 рубля на автомобиль в год.

Разработанное тормозное устройство внедрено в ООО ”Брянский автомобильный завод”. Результаты исследований внедрены в учебный процесс ФГБОУ ВО «Брянский ГАУ», ФГБОУ ВО «Брянский ГИТУ», ФГБОУ ВПО «Брянский ГТУ».

### Общие выводы

1. Выполненные исследования позволяют констатировать, что существенное влияние на безопасность транспортных работ оказывает надежность сельскохозяйственных транспортных средств; доказано, что тормозная система является наименее надежной, на ее долю приходится 37,3% от общего числа ДТП из-за технических неисправностей.

2. Доказано, что обоснованная вероятностная характеристика оценки степени опасности неисправностей сельскохозяйственных транспортных средств, предложенные математические методы ее определения, позволяют количественно определить вклад неисправности в обеспечение безопасности транспортных работ.

3. Теоретическими исследованиями доказано, что критерий оценки влияния технических устройств на безопасность транспортных работ, позволяет определить эффективность применения таких устройств; доказано, что такие устройства должны быть, как минимум на порядок, надежнее контролируемых ими систем сельскохозяйственных транспортных средств.

4. Установлено, что предлагаемый критерий оценки эффективности технических мероприятий, направленных на повышение надежности сельскохозяйственных транспортных средств, позволяет повысить эффективность мероприятий на 8 – 10%.

5. Обоснованный показатель эффективности выполнения производственного задания, позволяет разработать критерии эксплуатационных ограничений для сельскохозяйственных транспортных средств, что влияет на безопасность выполнения транспортных работ.

6. Доказано, что разработанное и диагностированное многодисковое тормоз-

ное устройство с осевым нажатием, новизна которых подтверждена патентом Российской Федерации, с замедлением более  $7,5 \text{ м/с}^2$ , по своей эффективности позволяет улучшить показатели тормозных качеств от 12 до 40%, по сравнению с ГОСТ Р 51709 – 2001.

7. Доказано, что разработанные антиблокировочная система для сельскохозяйственных транспортных средств, датчик антиблокировочной системы, времени срабатывания которого, при юзе, равно 0,55 с, что на 10% меньше времени срабатывания аналога, уменьшает тормозной путь, в сложных климатических условиях, на 12 – 20%.

### **Основные положения диссертации опубликованы в следующих работах**

#### **Публикации в изданиях, рекомендованных ВАК**

1. Самусенко, В.И. Обеспечение торможения сельскохозяйственных транспортных средств / В.И. Самусенко, Е.Н. Христофоров, Н.Е. Сакович //Техника в сельском хозяйстве. – №3.- 2007. – С. 14 – 16.

2. Самусенко, В.И. Влияние надежности транспортных средств на безопасность дорожного движения / В.И. Самусенко, Е.Н. Христофоров, Н.Е. Сакович и др. //Тракторы и сельскохозяйственные машины. – №2.- 2008. – С. 50 – 51.

3. Самусенко, В.И. Совершенствование методов анализа ДТП / В.И. Самусенко, Е.Н. Христофоров, Н.Е. Сакович и др. //Тракторы и сельскохозяйственные машины. – №8.- 2008. – С. 45 – 46.

4. Самусенко, В.И. Повышение тормозных качеств автотранспортных средств / В.И. Самусенко, Ю.Н. Баранов, Н.Е. Сакович, А.М. Никитин // Вестник Брянского ГТУ – №2. – 2014. – С. 5 – 8.

5. Самусенко, В.И. Разработка тормозного устройства для повышения тормозных качеств автотранспортных средств / В.И. Самусенко, Ю.Н. Баранов, Н.Е. Сакович // Мир транспорта и технологических машин. – №3(46). – 2014. – С. 47 – 53.

6. Самусенко, В.И. Обеспечение безопасности транспортных процессов определяемых надежностью грузовых автомобилей / В.И. Самусенко, Е.Н. Христофоров, Н.Е. Сакович, А.М. Никитин // Вестник Брянского ГТУ – №2. – 2015. – С. 88 – 92.

#### **Монография**

7. Самусенко, В.И. Системный анализ и моделирование проблем обеспечения безопасности транспортно – технологических процессов в агропромышленном производстве: монография /В.И. Самусенко, Е.Н. Христофоров, Н.Е. Сакович и др.; под общ. ред. Е.Н. Христофорова. – Брянск: Брянский ГАУ, 2015. – 509 с.

#### **Патенты**

8. Пат. 2308384 Российская Федерация, МПК В60Т 8/54. Датчик антиблокировочной системы автомобиля/ Самусенко В.И., Христофоров Е.Н., Сакович,



Н.Е., Гальянов И.В.; заявитель и патентообладатель-ФГОУ ВПО «Брянская государственная сельскохозяйственная академия».- № 2006100228/11; заявл. 10.01.2006; опубл. 20.10.2007; Бюл. №29.-10с.- RU 2308384 С1

9. Пат. 2321505 Российская Федерация, МПК В60К 26/02. Педаль управления/ Самусенко В.И., Христофоров Е.Н., Сакович, Н.Е., Гальянов И.В.; заявитель и патентообладатель-ФГОУ ВПО «Брянская государственная сельскохозяйственная академия».- № 2006112864/11; заявл. 17.04.2006; опубл. 10.04.2008; Бюл. №10.-7с.- RU 23321505 С1

10. Пат. 78744 Российская Федерация, МПК В60Т 1/00. Антиблокировочная система автомобиля / Самусенко В.И., Христофоров Е.Н., Сакович, Н.Е., Букина М.А.; заявитель и патентообладатель-ФГОУ ВПО «Брянская государственная сельскохозяйственная академия».- № 2008112605/22; заявл. 31.03.2008; опубл. 10.12.2008; Бюл. №34.-8с.- RU 78744 U1

11. Пат. 82173 Российская Федерация, МПК В60Т 17/00. Тормозное устройство автомобиля/ Самусенко В.И., Христофоров Е.Н., Сакович, Н.Е., Букина М.А.; заявитель и патентообладатель-ФГОУ ВПО «Брянская государственная сельскохозяйственная академия».- № 2008112284/22; заявл. 31.03.2008; опубл. 20.04.2009; Бюл. №11.-10с.- RU 82173 U1

12. Пат. 107834 Российская Федерация, МПК F16D 55/40, F16D 65/84 В60Т 17/22. Тормоз механических транспортных средств/ Самусенко В.И., Христофоров Е.Н., Сакович, Н.Е., Никулин В.В., Безик Д.А.; заявитель и патентообладатель-ФГОУ ВПО «Брянская государственная сельскохозяйственная академия».- № 2011113100/11; заявл. 05.04.2011; опубл. 27.08.2011; Бюл. №24.-9с.- RU 107834 U1

13. Пат. 107301 Российская Федерация, МПК F16D 55/40, F16D 65/84 В60Т 17/22. Тормоз автомобиля/ Самусенко В.И., Христофоров Е.Н., Сакович, Н.Е., Никулин В.В.; заявитель и патентообладатель-ФГОУ ВПО «Брянская государственная сельскохозяйственная академия».- № 2011113102/11; заявл. 05.04.2011; опубл. 10.08.2011; Бюл. №22.-8с.- RU 107301 U1

14. Пат. 107736 Российская Федерация, МПК В60Т 8/1761, В60Т 8/36, В60Т 8/78. Антиблокировочная система / Самусенко В.И., Христофоров Е.Н., Сакович, Н.Е., Никулин В.В.; заявитель и патентообладатель-ФГОУ ВПО «Брянская государственная сельскохозяйственная академия».- № 2011113581/11; заявл. 07.04.2011; опубл. 27.08.2011; Бюл. №24.-6с.- RU 107736 U1

### **Публикации в материалах научных конференций**

15. Самусенко, В.И. К вопросу повышения тормозной динамичности автотранспортных средств / В.И. Самусенко, Е.Н. Христофоров //Безопасность и экология технологических процессов и производств. – Ростов-на-Дону: Донской ГАУ, 2005. – С. 180 – 183.

16. Самусенко, В.И. Тормоз автомобиля / В.И. Самусенко, Е.Н. Христофоров, Г.В. Гурьянов // Обеспечение и повышение качества машин на этапах их жизненного цикла. – Брянск: Брянский ГТУ, 2005.– С. 35 – 36.

17. Самусенко, В.И. Совершенствование торможения сельскохозяйственных транспортных средств / В.И. Самусенко, Е.Н. Христофоров, Н.Е. Сакович // Безопасность и экология технологических процессов и производств. – Ростов-на-Дону: Донской ГАУ, 2007. – С. 279 – 283.

18. Самусенко, В.И. Антиблокировочные системы автомобилей / В.И. Самусенко, Е.Н. Христофоров, Н.Е. Сакович, М.А. Букина // Безопасность и экология технологических процессов и производств. – Ростов-на-Дону: Донской ГАУ, 2008. – С.347 –350.

19. Самусенко, В.И. Анализ травматизма операторов мобильных энергетических средств сельскохозяйственного назначения / В.И. Самусенко, Е.Н. Христофоров, Н.Е. Сакович // Конструирование, использование и надежность машин сельскохозяйственного назначения. – Брянск: Брянская ГСХА, 2005. – С. 257 – 261.

20. Самусенко, В.И. Анализ аварийности и дорожно-транспортного травматизма в Брянской области / В.И. Самусенко, Н.Е. Сакович, М.А. Букина // Конструирование, использование и надежность машин сельскохозяйственного назначения. – Брянск: Брянская ГСХА, 2010. – С. 143 – 146.

21. Самусенко, В.И. Системный подход в исследованиях проблем обеспечения безопасности дорожного движения / В.И. Самусенко, Е.Н. Христофоров, А.М. Никитин // Актуальные вопросы современных систем энергообеспечения и природопользования. – Брянск: Брянский ГАУ, 2015. – 189 – 193 с.