

На правах рукописи

Шпилёв Евгений Михайлович

**ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ МОБИЛЬНОГО
ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО СРЕДСТВА ЗА СЧЕТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ
ТРЕУГОЛЬНОГО ГУСЕНИЧНОГО ДВИЖИТЕЛЯ**

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

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Благовещенск – 2012

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего профессионального образования «Дальневосточный государственный аграрный университет»

Научный руководитель доктор технических наук, профессор
Емельянов Александр Михайлович

Официальные оппоненты: доктор технических наук, профессор
Самуйло Виктор Вацлавович
кандидат технических наук, доцент
Антонов Геннадий Алексеевич

Ведущее предприятие ГНУ ДальНИИМЭСХ

Защита диссертации состоится 1 марта 2012 года в 9 часов на заседании диссертационного совета Д 220.027.01 при ФГБОУ ВПО «Дальневосточный государственный аграрный университет» по адресу: 675005, г. Благовещенск, ул. Политехническая, 86, корп. 12, ауд. 82.

Тел/факс 8 (4162) 49-10-44

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБОУ ВПО «Дальневосточный государственный аграрный университет»

Автореферат разослан на сайты ДальГАУ и ВАК

Автореферат разослан « » января 2012 года

Ученый секретарь
диссертационного совета

Якименко А.В.

Общая характеристика работы

Актуальность темы. Амурская область является основным производителем сельскохозяйственной продукции по Дальневосточному федеральному округу. На долю области приходится 38% от всей территории Дальнего Востока сельхозугодий и 58% пашни. Всего в сельскохозяйственном использовании в области 2,7 млн. га. земель. Обработка почвы и уборка зерновых культур на Дальнем Востоке, как правило, происходит в период переувлажнения почвы. В годы с избыточным увлажнением наибольшее количество осадков до 150...160 мм выпадает в июле и августе. Переувлажнению подвергается до 95% всех пахотных угодий – это обусловлено, прежде всего, особенностями климатических условий региона.

Вследствие переувлажнения почвы в период проведения сельскохозяйственных работ колесные мобильные энергетические средства вследствие низких тягово-сцепных свойств используются малоэффективно

Наиболее перспективным направлением повышения эффективности использования мобильных энергетических средств является снижение нормального давления на почву и повышение тягово-сцепных свойств за счет установки движителя треугольной формы вместо ведущих пневматических колес мобильного энергетического средства.

Исследования проводились по плану НИР ФГБОУ ВПО ДальГАУ тема №11 «Перспективная система технологий и машин для сельскохозяйственного производства Дальнего Востока России».

Цель работы. Повышение эффективности использования мобильных энергетических средств на сельскохозяйственных работах за счет установки движителя треугольной формы вместо ведущих пневматических колес.

Объект исследования. Процесс взаимодействия колесного и треугольного гусеничного движителя с верхним переувлажненным слоем почвы, подстилаемого жестким основанием.

Методы исследований. Теоретические исследования процесса взаимодействия движителя с почвой проведены с использованием математического аппарата дифференциального и интегрального исчисления, использованы основные положения теоретической механики.

Экспериментальные исследования проведены в полевых условиях. Опытные данные обработаны современными методами теории вероятностей и математической статистики.

Научная гипотеза. Повышение эффективности мобильных энергетических средств может быть получено за счет установки треугольного

гусеничного движителя вместо ведущих пневматических колес. Предлагаемое конструктивное решение позволит повысить тягово-сцепные свойства, снизить техногенное воздействие мобильных энергетических средств на почву.

Научная новизна. Получены аналитические зависимости по определению силы сопротивления движению треугольного гусеничного движителя, силы сопротивления качению пневматических колес управляемого моста. Получен мощный баланс мобильного энергетического средства с треугольным гусеничным движителем. При расчете касательной силы тяги гусеничного движителя в математическом аппарате учтена неравномерность распределения нормального давления по длине опорной поверхности движителя путем использования тригонометрического ряда Фурье.

Практическая значимость работы. Использование в схеме мобильного энергетического средства гусеничного движителя треугольной формы установленного вместо ведущих пневматических колес повышает производительность, улучшает тягово-сцепные свойства, снижает техногенное воздействие на почву.

Внедрение результатов исследования. Методика экспериментальных исследований использовалась на ФГУ «Амурская МИС», Дальневосточном научно-исследовательском институте механизации и электрификации сельского хозяйства, при испытаниях мобильных энергетических средств.

Результаты исследований внедрены в ФГУП «Садовое» Тамбовского района, в СК колхоз «Дим» Михайловского района, в колхозе «Луч» Ивановского района. Полученные результаты по уточнению теории взаимодействия металлогусеничного движителя треугольной формы с почвой внедрены в учебный процесс на кафедре «Тракторы и автомобили» Дальневосточного государственного аграрного университета.

Апробация работы. Результаты диссертационной работы докладывались, обсуждались и были одобрены на научных конференциях ФГБОУ ВПО ДальГАУ (2009 - 2011 г.г.), на региональных научно-практической конференциях БФ АмГУ, г.Биробиджан (2009, 2010 г.г.), на X, XI, XII региональных научно-практических конференциях, «Молодежь XXI века: шаг в будущее» (2009 - 2011 г.г.), на научно-практической конференции Уральской ГАВМ, г.Троицк (2008 г.), на региональной научно-практической конференции ГНУ ДальНИИМЭСХ Россельхозакадемии (2010 г.), на Международной научно-практической конференции молодых ученых «Молодежь и инновации – 2011» Белорусская ГСХА, республика Беларусь, г. Горки (2011 г.), на V Всероссийской научно-практической конференции «Аграрная наука в XXI веке: проблемы и

перспективы» Саратовский ГАУ, г. Саратов (2011г.), расширенном заседании кафедры «Тракторы и автомобили» ДальГАУ (2011 г.).

Публикации. Основные положения диссертации опубликованы в журналах «Механизация и Электрификация сельского хозяйства», «Вестник Алтайского ГАУ» (г. Барнаул), «Вестник Красноярского ГАУ» (г. Красноярск.), в сборниках научных трудов ФГБОУ ВПО ДальГАУ, АмГУ, БФ АмГУ, АГМА, БФ МАП, ГНУ ДальНИИМЭСХ, Уральской ГАВМ, Белорусской ГСХА, Саратовского ГАУ, депонированы в центре информации и технико-экономических исследований агропромышленного комплекса РАСХН ВНИИЭСХ.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, пяти глав, выводов и списка литературы из 202 наименований, в том числе 20 на иностранном языке, приложений.

Общий объем работы составляет 135 стр., 38 рисунков, 10 таблиц.

Содержание работы

Во введении обоснована актуальность темы диссертационной работы, сформулирована цель исследований, приведена научная новизна и практическая значимость работы.

В первой главе «Состояние вопроса. Цель и задачи исследований» выполнен анализ литературных источников по способам улучшения тягово-сцепных свойств колёсных мобильных энергетических средств, рассмотрена классификация гусеничных движителей, рассмотрены закономерности деформации почвы, изучено техногенное воздействие движителей мобильных энергетических средств на почву.

Основам общей теории ходовых систем, а также вопросам повышения их эффективности посвящены работы В.П. Горячкина, В.В. Гуськова, В.В.Кацыгина, И.П. Ксеновича, Е.Д. Львова, В.А. Скотникова, Г.А. Смирнова, Д.А. Чудакова, и других ученых.

Существенный вклад в теорию движителей мобильных энергетических средств внесли работы зарубежных исследователей Беккера М.Г., Gill W.R., Nakansson I., Hart W.E., Kucsewski J., Lines J.A., Sasaki S. и других ученых.

Исследованию движителей уборочных машин в условиях Дальнего Востока посвящены работы Г.В. Антонова, В.Б. Баскина, В.А. Воронина, А.М. Емельянова, В.И. Лазарева, М.В. Кандели, В.Н. Рябченко, С.В. Щитова и других ученых.

В результате анализа исследований процесса взаимодействия ходовых систем с почвой установлено, что наиболее перспективным направлением повышения эффективности использования сельскохозяйственной техники является снижение нормального давления на почву и повышение тягово-сцепных свойств за счет установки гусеничного движителя треугольной формы вместо ведущих пневматических колес мобильного энергетического средства. Это соответствует современным направлениям мирового тракторного и комбайнового машиностроения.

В результате анализа современного состояния проблемы поставлены следующие задачи исследований:

1. Установить закономерности сопротивления перекачиванию пневматических колес управляемого моста, перекачиванию ведущего треугольного гусеничного движителя мобильного энергетического средства.

2. Установить закономерности физической природы образования касательной силы тяги, развиваемой треугольным гусеничным движителем мобильного энергетического средства.

3. Исследовать техногенное воздействие на почву мобильного энергетического средства с колесной ходовой частью и с комбинированной формулой: управляемый мост – колесный движитель, ведущая часть – гусеничный движитель треугольной формы.

4. Определить эксплуатационно-технологические показатели уборки зерновых культур зерноуборочным комбайном с колесной формулой и комбинированной формулой ходовых частей.

5. Определить, экономическую эффективность выполненных исследований.

Во второй главе «Теоретические предпосылки исследований» установлено, что движение мобильного энергетического средства осуществляется за счет взаимодействия движителя с опорным основанием (почвой). За счет крутящего момента на ведущих звездочках (колесах) между движителем и почвой возникают касательные реакции. Касательные реакции, действуя на движитель, толкают машину вперед. Равнодействующая касательных реакций почвы является толкающей силой. В результате взаимодействия движителя с почвой последняя подвергается деформации в разных направлениях. После прохода машины на поле остается колея, глубина которой зависит от физико-механических свойств почвы, типа, конструкции движителя. В конечном итоге физическая картина взаимодействия движителя с почвой определяет тягово-сцепные свойства самоходной машины.

Эффективным направлением повышения тягово-сцепных свойств энергетического средства является установка сменного треугольного гусеничного движителя вместо ведущих пневматических колес.

Рассмотрим принципиальные схемы ходовых систем мобильных энергетических средств, содержащих треугольный гусеничный движитель для трактора класса 1,4 и зерноуборочного комбайна (рис. 1,2).

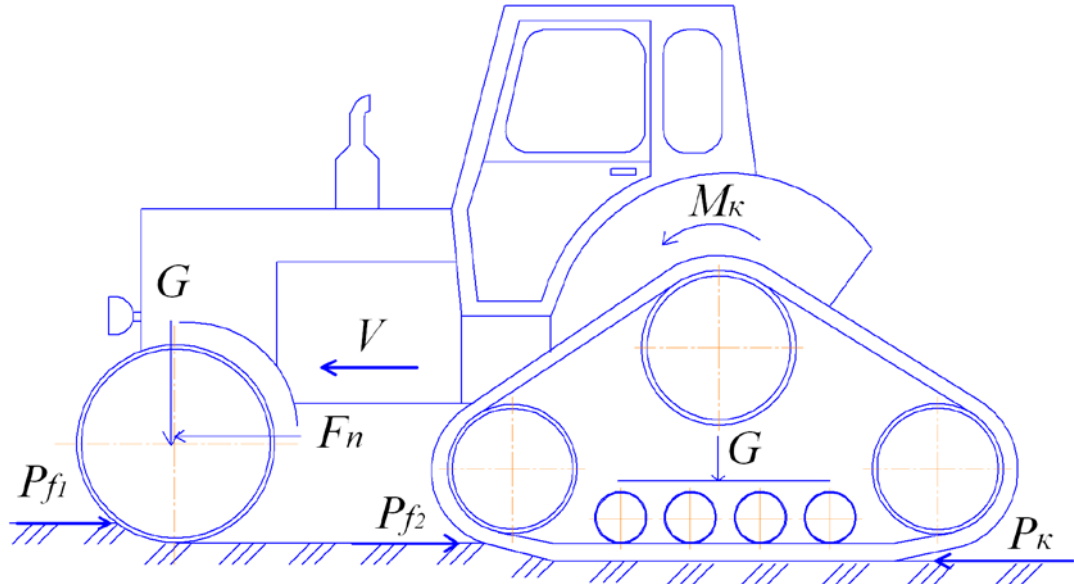


Рис. 1. Принципиальная схема ходовой системы трактора класса 1,4 с ведущим треугольным металлгусеничным движителем

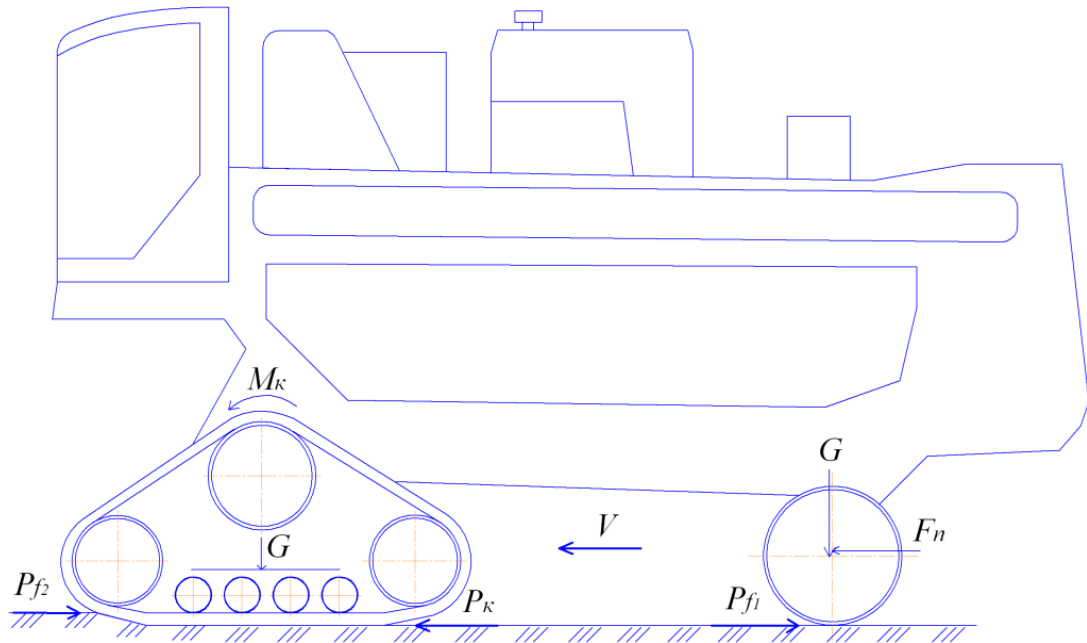


Рис. 2. Принципиальная схема ходовой системы зерноуборочного комбайна с ведущим треугольным металлгусеничным движителем

M_k – крутящий момент на ведущих звездочках; P_k – касательная сила тяги; P_f - сила сопротивлению движению; G - вес МЭС; F_n - толкающая сила; V - скорость движения.

Сила сопротивления движению мобильного энергетического средства вследствие деформации почвы определяется двумя составляющими: сопротивлением перекачиванию колес управляемого моста и сопротивлением перекачиванию гусеничного движителя.

Схема взаимодействия с почвой ведомого колеса представлена на рис.3

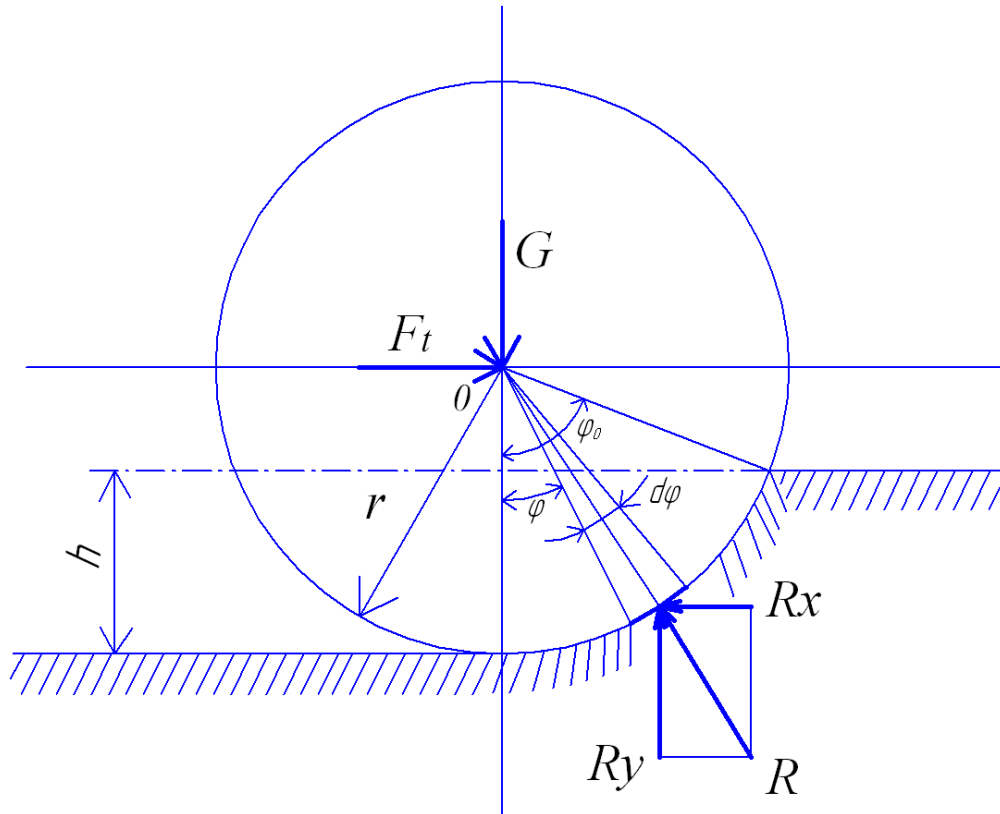


Рис. 3. Схема взаимодействия с почвой ведомого колеса

Элементарная реакция почвы dR , действующая на элементарную площадку dF определяется

$$dR = qdF, \quad (1)$$

где q - нормальное давление.

Зависимость между нормальным давлением и вертикальной деформацией почвы $q = f(h)$ для переувлажненных почв Дальнего Востока, подстилаемых жестким водонепроницаемым основанием определяется линейной зависимостью [А.М. Емельянов]

$$q = c_0 h, \quad (2)$$

где, c_0 - коэффициент объемного смятия почвы.

Тогда элементарная реакция почвы определяется

$$dR = c_0 h dF = c_0 h b r d\varphi. \quad (3)$$

Интегрируя выражение (3), получим

$$R = \int_{\varphi}^{\varphi_0} c_0 h b r d\varphi = c_0 h b r \int_{\varphi}^{\varphi_0} d\varphi = c_0 h b r (\varphi_0 - \varphi). \quad (4)$$

Разложим элементарную реакцию почвы dR на горизонтальную dR_x и вертикальную составляющие dR_y

$$dR^2 = dR_x^2 + dR_y^2. \quad (5)$$

Горизонтальная составляющая реакции почвы dR определяет силу сопротивления качению колеса

$$dR_x = dR \sin \varphi. \quad (6)$$

Сила сопротивления качению колеса определяется как интеграл от выражения (6)

$$R_x = -R \cos \varphi. \quad (7)$$

Подставим в полученное выражение значение реакции почвы R

$$R_x = c_0 h b r (\varphi - \varphi_0) \cos \varphi. \quad (8)$$

Выражая угол обхвата колеса φ с почвой через глубину колеи и динамический радиус колеса получим формулу для определения силы сопротивления качению ведомого колеса

$$R_x = P_f = \left(c_0 h b r \cos \arcsin \frac{h}{r} \right) \cdot \arcsin \frac{h}{r}. \quad (9)$$

Определим сопротивление движению треугольного гусеничного движителя вследствие деформации почвы. Схема деформации почвы направляющим участком движителя приведена на рис.4.

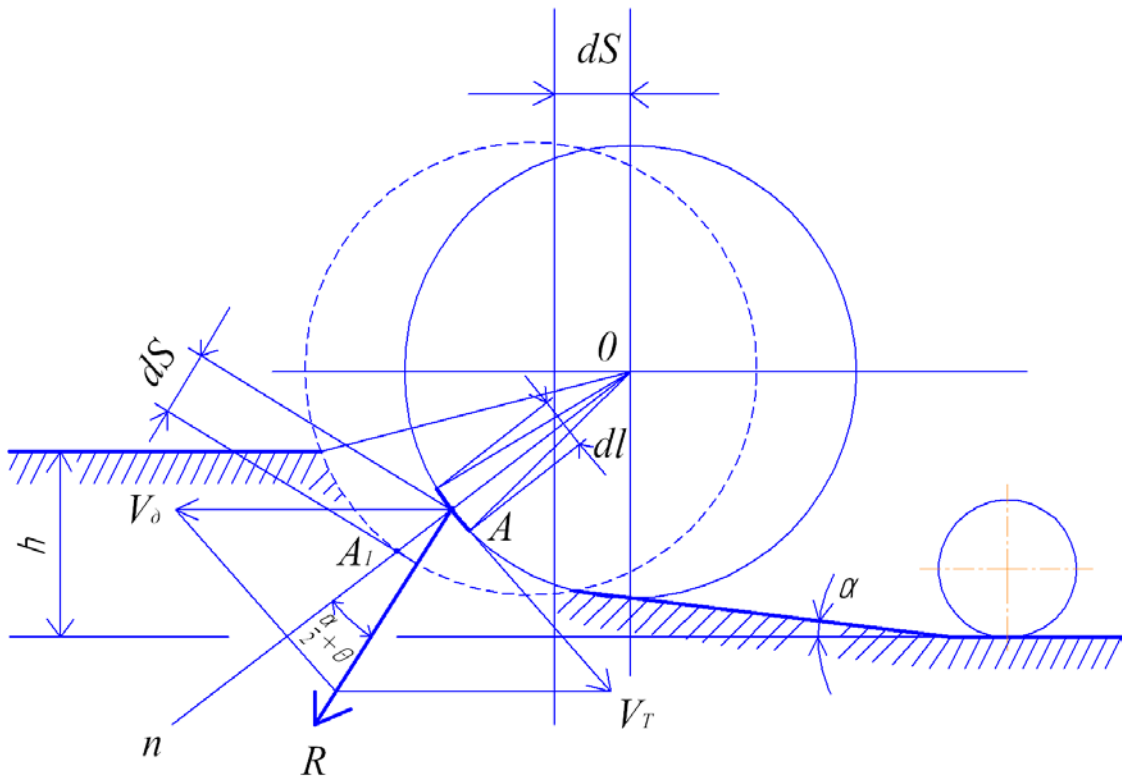


Рис. 4. Схема деформации почвы направляющим участком треугольного гусеничного движителя

При перемещении машины на элементарном отрезке пути dS элементарная работа на перемещение почвы из точки A в точку A_1 (рис. 4) определяется

$$dA = R dh_0, \quad (10)$$

где R - реакция почвы на элементарную площадку направляющего участка гусеницы;

dh_0 - элементарное перемещение почвы по направлению деформации.

Реакция почвы R определяется суммой элементарных реакций почвы dR по площади F лобового участка гусеницы

$$R = \int_F dR = \int_F q dF, \quad (11)$$

Суммарная реакция почвы R на лобовой участок гусеничного движителя

$$R = \int_0^h bc_0 h \frac{\cos(\frac{\alpha}{2} + \theta)}{\sin \alpha} dh. \quad (12)$$

Формула для расчета силы сопротивления движению треугольного гусеничного движителя имеет вид

$$P_f = R \frac{\sin \alpha}{\cos\left(\frac{\alpha}{2} + \theta\right)} = \frac{\sin \alpha}{\cos\left(\frac{\alpha}{2} + \theta\right)} \int_0^a bc_0 h \frac{\cos\left(\frac{\alpha}{2} + \theta\right)}{\sin \alpha} d \int_0^\alpha d\alpha . \quad (13)$$

$$P_f = bc_0 h \int_0^h dh = \frac{bc_0 h^2}{2} . \quad (14)$$

Рассмотрим физическую природу образования касательной силы тяги, развиваемой треугольным гусеничным движителем (рис. 5)

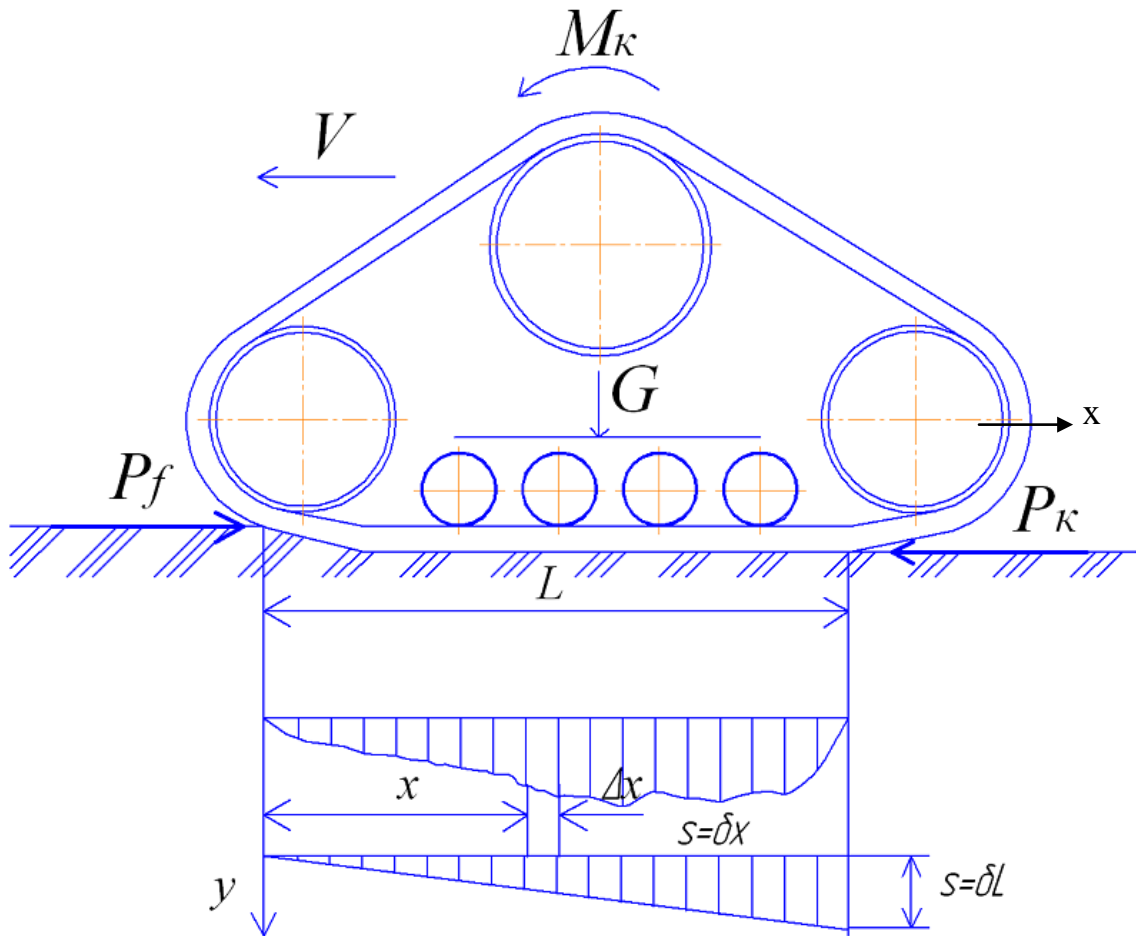


Рис. 5. Схема для расчета касательной силы тяги, развиваемой треугольным гусеничным движителем

При движении гусеничной машины с буксованием происходит смещение звеньев опорного участка относительно почвы. Это вызывает сдвиг верхних слоев почвы. Сдвиг почвы нарастает от нуля для первого звена до значения δL для последнего звена (δ - буксование, L - длина опорной поверхности гусеничного движителя) (рис. 5).

Определим касательную силу тяги, развиваемую треугольным гусеничным движителем. Выделим на опорной поверхности движителя элементарный участок dx . Касательная сила тяги на выделенной элементарной площадке $dF = bdx$ (b - ширина гусеницы)

$$dP = \tau dF, \quad (15)$$

где τ - касательное напряжение сдвига почвы.

Касательная сила тяги гусеничного движителя

$$P_K = 2 \int_0^L \tau dF = 2 \int_0^L \tau b dx. \quad (16)$$

Процесс деформации переувлажненных почв Дальнего Востока в горизонтальной плоскости с достаточной степенью точности описывается зависимостью [А.М. Емельянов]

$$\tau = f_{СК} q th \frac{S}{K\tau}, \quad (17)$$

где $f_{СК}$ - коэффициент трения скольжения;

q - нормальное давление;

S - текущее значение деформации сдвига;

$K\tau$ - коэффициент деформации.

Коэффициент трения-скольжения по формуле Кулона

$$f_{СК} = \operatorname{tg} \rho + \frac{c}{q}. \quad (18)$$

С учетом этой формулы (18) имеем

$$\tau = (c + q \operatorname{tg} \rho) th \frac{S}{K\tau} \quad (19)$$

где c - коэффициент сцепления почвы.

Подставляя значение касательного напряжения в формулу (16), получим

$$P_K = 2b(c + q \operatorname{tg} \rho) \int_0^L th \frac{S}{K\tau} dx \quad (20)$$

Проведя преобразования, запишем формулу для расчета касательной силы, развиваемой треугольным гусеничным движителем

$$P_k = 2b(c + qtg\rho) \frac{K\tau}{\delta} \ln ch \frac{\delta L}{K\tau} \quad (21)$$

В выражение (21) входит величина нормального давления q . Распределение нормального давления по длине опорного участка гусеничного движителя имеет неравномерный характер. В работе Воронина В.А. экспериментально исследовано распределение нормального давления под треугольным металлогусеничным движителем самоходного шасси СШГ-75. При расчете сцепных свойств гусеничного движителя необходимо учитывать неравномерность распределения нормального давления. В предыдущих исследованиях неравномерность распределения нормального давления учитывалась только в первом приближении. Форму эюры нормального давления по длине опорной поверхности гусеничного движителя $q = f(L)$ можно аппроксимировать тригонометрическим рядом Фурье

$$q = f(x) = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n q_k + \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n q_k \sin kx + \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n q_k \cos kx \quad (22)$$

Подставляя в формулу (20) значение нормального давления, получим формулу для расчета касательной силы тяги, развиваемой треугольным гусеничным движителем

$$P_k = 2b \left[c + \left(\frac{1}{n} \sum_{k=1}^n q_k + \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n q_k \sin kx + \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n q_k \cos kx \right) \times \right. \\ \left. \times tg\rho \right] \frac{K\tau}{\delta} \ln th \frac{\delta L}{K\tau} \quad (23)$$

В полученной зависимости учитываются неравномерность распределения нормального давления по длине гусеничного движителя, буксование, геометрические параметры движителя, физико-механические свойства почвы. Образец аппроксимации эюры нормального давления под гусеничным движителем приведен на рис. 6.

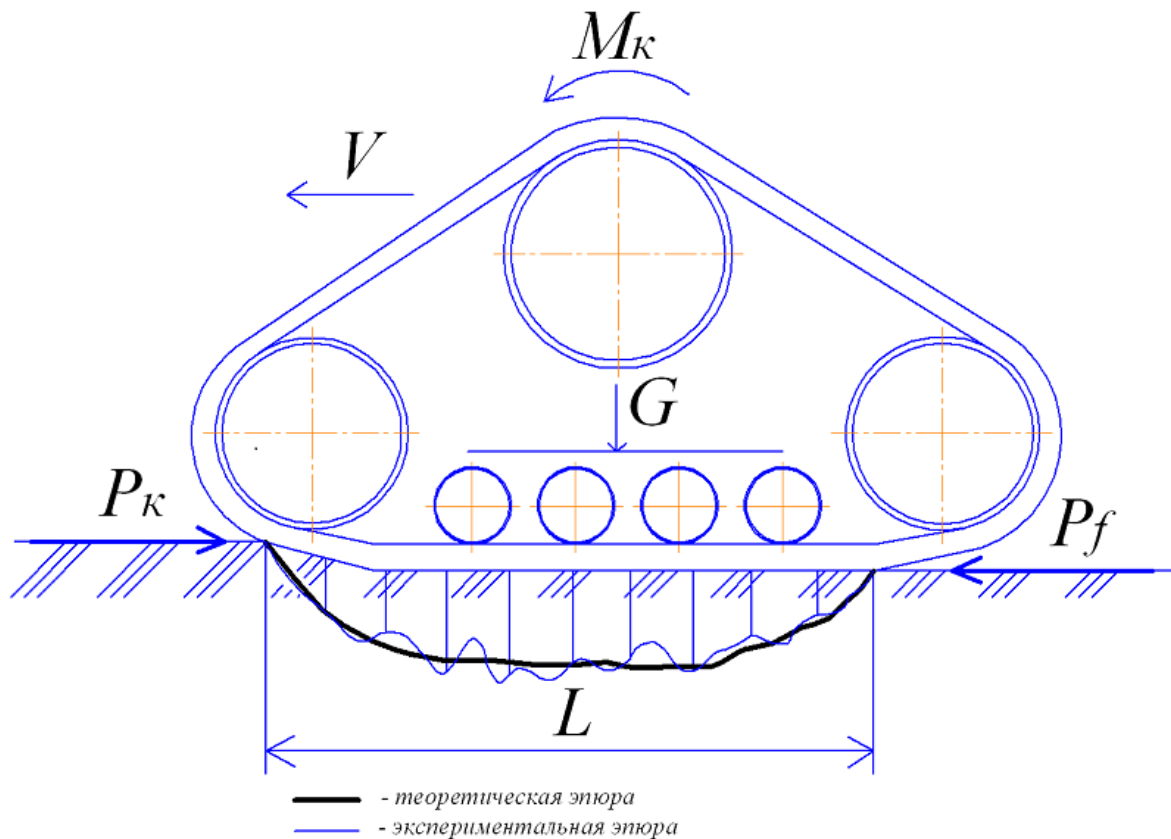


Рис.6. Образец аппроксимации эпюры нормального давления под гусеничным движителем

В третьей главе «Программа экспериментальных исследований» приведены задачи экспериментальных исследований, общая и частные методики экспериментальных исследований, методика математической обработки экспериментальных данных

Объектами исследований являлись трактор МТЗ-80 с треугольным металлогусеничным движителем, серийный трактор МТЗ-80, серийный зерноуборочный комбайн «Енисей КЗС-958» на колесном ходу, комбайн «Енисей КЗС-958» с треугольным металлогусеничным движителем, комбайн «Енисей КЗС-958» с треугольным движителем с резиноармированными гусеницами.

В четвертой главе «Результаты экспериментальных исследований» приведены результаты тяговых испытаний трактора класса 1,4. Тяговые свойства трактора определяются тяговой характеристикой последнего. Тяговая характеристика трактора строится как функция от крюкового усилия при установившемся режиме работы на горизонтальном участке. Тяговая характеристика устанавливает закономерность изменения крюковой мощности, скорости поступательного движения, буксования в зависимости от крюковой

нагрузки. Тяговые испытания трактора с треугольным и серийным двигателями осуществлялись путем торможения серийным трактором.

Экспериментальные тяговые характеристики сравниваемых тракторов приведены на рис 7. Анализ тяговых характеристик трактора с треугольным двигателем и колесным двигателями показывает, что первый обладает более высокими тяговыми свойствами.

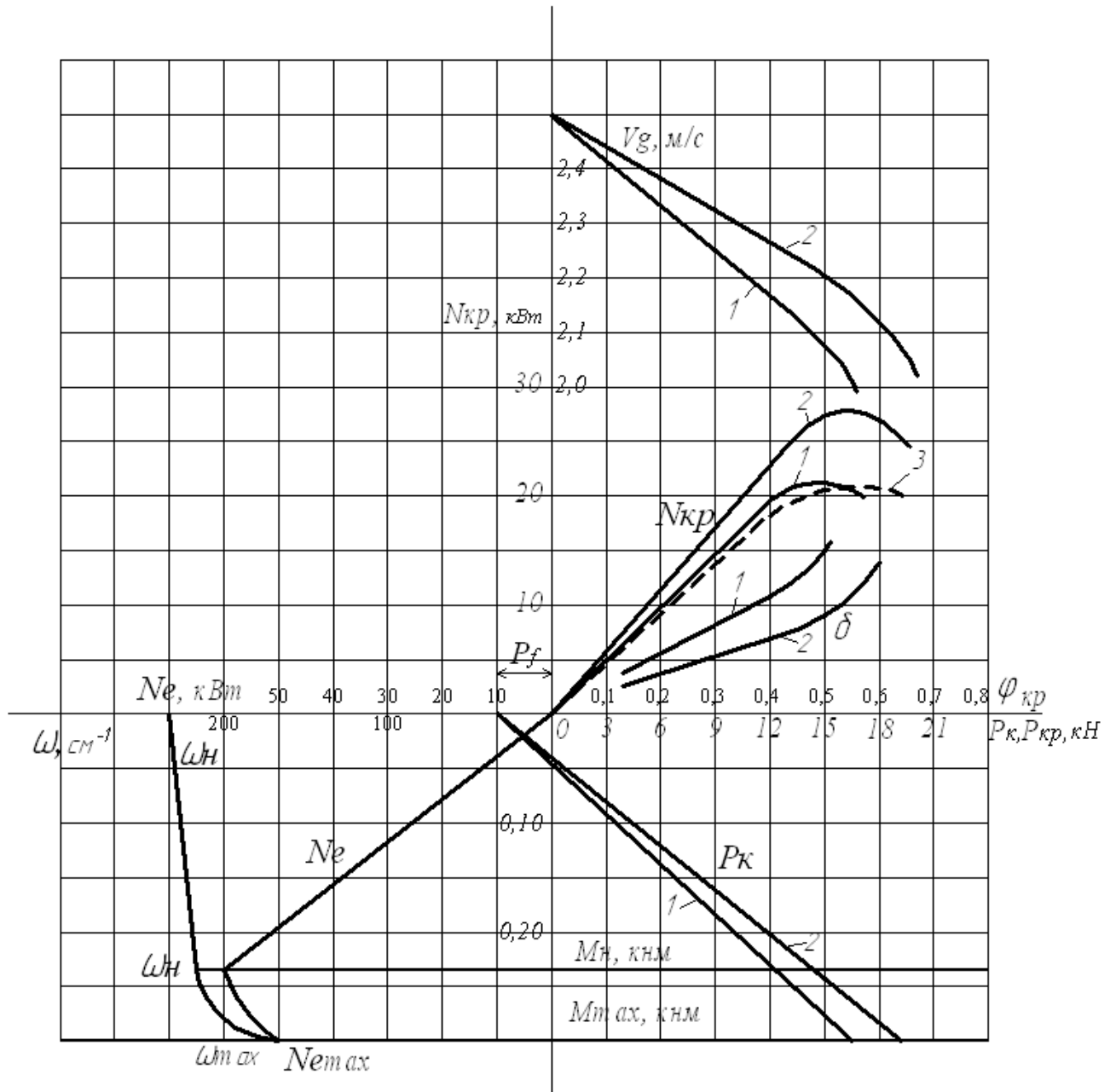


Рис. 7. Тяговые характеристики экспериментального и серийного тракторов

1 – серийный трактор;

2 – трактор на полугусеничном ходу;

3 – теоретическая зависимость $N_{kr} = f(P_{kr})$ трактора на полугусеничном ходу

Кривая буксования $\delta = f(P_{кр})$ для серийного трактора имеет линейный характер до 12 кН, для экспериментального трактора до 14 кН. Крюковая мощность при крюковом усилии 12 кН для экспериментального трактора равна 27,4 кВт для серийного 24,7 кВт. Из тяговых характеристик явно видно, что двигатель экспериментального трактора работает на регуляторной ветви практически до крюкового усилия 16 кН, двигатель серийного трактора до 13 кН.

Мощностной баланс серийного зерноуборочного комбайна «Енисей КЗС-958» и комбайна «Енисей КЗС-958» с треугольным металлогусеничным движителем представлен на рис.8.

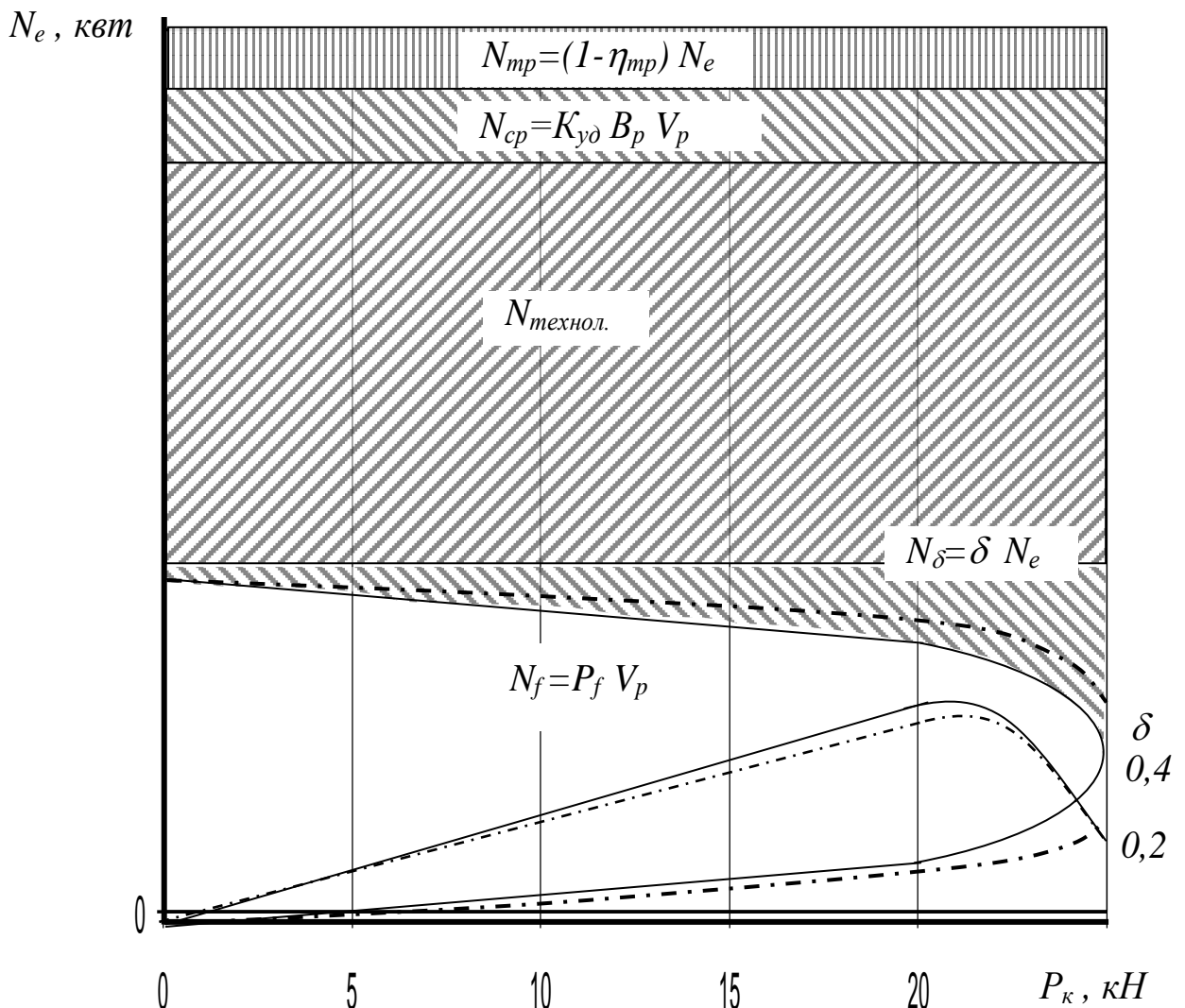


Рис. 8. Совмещенный мощностной баланс серийного зерноуборочного комбайна «Енисей КЗС-958» (—) и зерноуборочного комбайна «Енисей КЗС-958» с треугольным гусеничным движителем (- · -). Агротехнический фон – стерня зерновых, влажность почвы 35...38%

Мощностной баланс зерноуборочного комбайна в наглядной форме позволяет проанализировать составляющие расхода мощности двигателя. Основная составляющая расхода мощности двигателя – мощность, затраченная на выполнение технологического процесса. Значительная часть мощности затрачивается на преодоление сопротивления движению комбайна. Составляющие мощности, расходуемой на буксование двигателя, потери в трансмиссии, срез стеблей зерновых, составляют менее 10% эффективной мощности двигателя.

Лабораторно-полевые испытания зерноуборочного комбайна «Енисей КЗС-958» с треугольным двигателем с резиноармированными гусеницами при прямом комбайнировании сои проведены согласно СТО АИСТ 8.1 и СТО АИСТ 8.20. Урожайность сои составляла 15,2 ц/га. Отношение массы зерна к массе соломы равно - 1:1,8. Высота растений 0,67 м. Высота прикрепления нижнего боба 0,09 м. Влажность зерна 8,6%, незерновой части - 12,98 %. Высота среза жаткой экспериментального комбайна 0,098 м, жаткой серийного комбайна 0,106 м. Потери на уборке сои за жаткой экспериментального комбайна 3,9 %, за жаткой серийного комбайна 4,1 %. Жатка экспериментального комбайна работает более устойчиво, лучше копирует поверхность почвы, достигается более низкий срез.

Таким образом, комбайн «Енисей КЗС-958» с треугольным двигателем с резиноармированными гусеницами на уборке сои выполняет технологический процесс на уровне показателей качества комбайна «Енисей КЗС-958» на колесном ходу и имеет преимущество по потерям зерна за жаткой за счет устойчивой работы жатки вследствие более низкого среза.

В результате проведенных испытаний установлено, что треугольный гусеничный двигатель с резиноармированными гусеницами технологично монтируется на комбайн взамен ведущих пневматических колес, удовлетворительно выполняет технологический процесс за счет плавного хода ходовой системы, обеспечивается устойчивая работа жатки и более низкий срез, двигатель надежен в работе, достаточно хорошо приспособлен к техническому обслуживанию, имеет высокий коэффициент готовности, снижает нормальное давление на почву, что обеспечивает снижение техногенного воздействия на почв.

В пятой главе «Экономическая эффективность выполненных исследований» приведен расчет экономической эффективности от

использования треугольного металлгусеничного движителя в схеме трактора класса 1,4 по сравнению с серийным колесным трактором. Экономический эффект составил 1152 руб./га. Приведен расчет экономической эффективности использования треугольного движителя с резиноармированными гусеницами в схеме зерноуборочного комбайна «Енисей КЗС-958» по сравнению с серийным колесным комбайном «Енисей КЗС-958». Экономический эффект составил 876,8 руб./га, при этом годовой экономический эффект составил 175369 руб.

Выводы

1. Получена закономерность сопротивления перекачиванию пневматических колес управляемого моста, перекачиванию ведущего треугольного гусеничного движителя мобильного энергетического средства вследствие деформации почвы.

2. Установлена закономерность формирования касательной тяги, развиваемой треугольным гусеничным движителем мобильного энергетического средства.

3. Получены экспериментальные тяговые характеристики серийного колесного трактора класса 1,4 и трактора класса 1,4 с треугольным гусеничным движителем. Экспериментальный трактор обладает более высокими тягово-сцепными свойствами. Кривая буксования для серийного трактора имеет линейный характер до 12 кН, для экспериментального трактора до 14 кН. Крюковая мощности при тяговом усилии 12 кН для серийного трактора равна 24,7 кВт, для экспериментального при тяговом усилии 14 кН равна 27,4 кВт.

Получен мощный баланс серийного зерноуборочного комбайна «Енисей КЗС-958» и комбайна «Енисей КЗС-958» с треугольным движителем с резиноармированными гусеницами. Мощностные балансы сравниваемых комбайнов отличаются составляющей мощности на преодоление сопротивления движения. Мощность, затрачиваемая на преодоления сопротивления движению комбайна с треугольным движителем меньше в среднем на 8% по сравнению с серийным комбайном.

Определены эксплуатационно-технологические показатели уборки сои зерноуборочным комбайном «Енисей КЗС-958» с треугольным движителем с резиноармированными гусеницами в сравнении с серийным колесным комбайном «Енисей КЗС-958». Эксплуатационно-технологические коэффициенты сравниваемых комбайнов одинаковы. Коэффициент использования сменного времени экспериментального комбайна 0,94; серийного 0,84, коэффициент эксплуатационного времени экспериментального комбайна 0,81; серийного 0,78. Установлено, что треугольным движитель с резиноармированными гусеницами технологично монтируется на комбайн

вместо ведущих пневматических колес, удовлетворительно выполняет технологический процесс уборки за счет плавного хода ходовой системы, обеспечивается устойчивая работа жатки и более низкий срез растений (уменьшается потери), достаточно хорошо приспособлен к техническому обслуживанию, снижает нормальное давление на почву, что обеспечивает снижение техногенного воздействия на почву.

4. Исследовано техногенное воздействие на почву мобильного энергетического средства с колесной ходовой частью и с комбинированной формулой: управляемый мост – колесная формула, ведущая часть – гусеничный движитель треугольной формы. Техногенное воздействие на почву тракторов с полугусеничным и колесным движителями оценивалось плотностью и твердостью почвы. Исходная плотность почвы до прохода тракторов $0,82 \text{ кг/см}^3$. После прохода серийного трактора $1,14 \text{ кг/см}^3$, экспериментального $1,05 \text{ кг/см}^3$, т.е. уплотнение почвы экспериментальным трактором по сравнению с серийным меньше на 9,2%. Исходная твердость почвы до прохода тракторов $13,2 \text{ кг/см}^2$. После прохода серийного $15,6 \text{ кг/см}^2$, экспериментального $14,8 \text{ кг/см}^2$, т.е. снижение твердости почвы после прохода экспериментального трактора по сравнению с серийным составляет 10,5%.

5. Экономический эффект от использования треугольного металлогусеничного движителя в схеме трактора класса 1,4 по сравнению с серийным колесным трактором составил 1152 руб./га, экономический эффект от использования треугольного движителя с резиноармированными гусеницами на комбайне Енисей «КЗС-958» составил 876,8 руб./га, при этом годовой экономический эффект составил 175369 руб.

Список работ, опубликованных в изданиях, рекомендованных ВАК Минобрнауки РФ

1. Бумбар, И.В. Треугольный металлогусеничный движитель для мобильной сельскохозяйственной техники / И.В.Бумбар, А.М.Емельянов, Е.М.Шпилёв // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – М.:-, 2011. – №9. - С. 28–29.

2. Канделя, Н.М. Использование треугольного металлогусеничного движителя в схеме ходовой части зерноуборочного комбайна «Енисей КЗС-958» / Н.М.Канделя, А.М.Емельянов, Е.М.Шпилёв // Вестник Красноярского ГАУ. – Красноярск: 2011. - №10. - С. 185-191

3. Емельянов, А.М. Повышение эффективности использования трактора тягового класса 1,4 за счет треугольного гусеничного движителя /

А.М.Емельянов, Е.М.Шпилёв // Вестник Алтайского ГАУ. – Барнаул, 2011. - №12.- С. 95-99.

Список работ опубликованных в других изданиях

4. Шпилёв, Е.М. Математическое исследование процесса взаимодействия металлогусеничного движителя треугольной формы с почвой / Е.М. Шпилёв, И.А.Скабелкина // Вклад молодых ученых в реализацию приоритетного национального проекта «Развитие агропромышленного комплекса»: науч.-практич. конф.: Уральская ГАВМ – Троицк: 2008, –С. 186-189.

5. Шпилёв, Е.М. Использование гусеничного движителя в схеме мобильного энергетического средства / Е.М. Шпилёв, В.Р. Курамшин // Молодежь XXI Века: шаг в будущее: сб. науч. тр. X регион. науч. - практич. конф. – Благовещенск: Изд-во Поли-М, 2009. – Книга 1. – С. 216-217.

6. Канделя, М.В. Использование шасси полугусеничного на резиноармированных гусеницах для комбайна «Енисей КЗС - 958» / М.В. Канделя, Н.М.Канделя, А.М.Емельянов, Е.М.Шпилёв // Россия в постреформенный период: региональные аспекты: регион. откр. науч. конф.: БФ АмГУ – Биробиджан: 2009,– С. 90 – 97.

7. Емельянов, А.М. Результаты испытаний сменного треугольного гусеничного движителя в схеме мобильного энергетического средства / А.М. Емельянов, М.В.Канделя, Н.М.Канделя, С.В.Гоменюк, Е.М.Шпилёв // Механизация и электрификация технологических процессов в сельскохозяйственном производстве: сб. науч. тр. ДальГАУ. – Благовещенск: Изд-во ДальГАУ, 2009. - Вып.16. – С. 45 – 52.

8. Шпилёв, Е.М. Анализ закономерностей деформации почвы под нагрузкой в вертикальной и горизонтальной плоскостях / Е.М. Шпилёв // Механизация и электрификация технологических процессов в сельскохозяйственном производстве: сб. науч. тр. ДальГАУ. – Благовещенск: Изд-во ДальГАУ, 2010.- Вып.17. – С. 231 – 237.

9. Шпилёв, Е.М. Совершенствование ходовых систем зерноуборочных комбайнов / Е.М. Шпилёв, В.Р. Курамшин // Молодежь XXI века: шаг в будущее. Сб. матер. XI регион. науч.-практ. конф. – Благовещенск: Изд-во АмГУ, 2010. – С. 54 – 55.

10. Шпилёв, Е.М. Повышение эффективности эксплуатации мобильных энергетических средств за счет использования треугольного металлогусеничного движителя / Е.М. Шпилёв // Агротехнические и биологические исследования в сельскохозяйственном производстве Дальнего Востока: сб. матер. регион. науч.-

практ. конф. - Благовещенск: ГНУ ДальНИИМЭСХ Россельхозакадемии, 2010. – С. 164-168.

11. Емельянов, А.М. Эволюция и стратегия развития гусеничных ходовых систем уборочно-транспортных машин / В.Н. Рябченко, М.В. Канделя, И.В. Бумбар, А.М. Емельянов, Е.М. Шпилёв // Россия в постреформенный период: региональные аспекты: сб. регион. откр. конф. - Биробиджан: БФ АмГУ, 2010.– С. 202-218.

12. Емельянов, А.М. К вопросу о взаимодействии движителя мобильного энергетического средства с опорным основанием / А.М. Емельянов, Е.М. Шпилёв // Депон. рукопись в ЦИ и ТЭИ ВНИИЭСХ РАСХН: вып. 4.3. электр. изд. БД «Агрос» №0220510769 в НТЦ «Информрегистр» за 2010 г., под №15 ВС-2010.– 33 С.

13. Емельянов, А.М. Анализ основных закономерностей деформации почвы в вертикальной и горизонтальной плоскостях / А.М. Емельянов, Е.М. Шпилёв // Депон. рукопись в ЦИ и ТЭИ ВНИИЭСХ РАСХН: вып. 2.1. электр. изд. БД «Агрос» №0220510769 в НТЦ «Информрегистр» за 2010 г., под №16 ВС-2010. 17 С.

14. Емельянов, А.М. Обоснование целесообразности применения гусеничного движителя в схеме уборочных машин на Дальнем Востоке / А.М. Емельянов, Е.М. Шпилёв // Депон. рукопись в ЦИ и ТЭИ ВНИИЭСХ РАСХН: вып. 2.1. электр. изд. БД «Агрос» №0220510769 в НТЦ «Информрегистр» за 2010 г., под №13 ВС-2010. 10 С.

15. Емельянов, А.М. Пути повышения тягово-сцепных свойств колесных тракторов / А.М. Емельянов, Е.М. Шпилёв // Депон. рукопись в ЦИ и ТЭИ ВНИИЭСХ РАСХН: вып. 2.1. электр. изд. БД «Агрос» №0220510769 в НТЦ «Информрегистр» за 2010 г., под №14 ВС-2010. 34 С.

16. Емельянов, А.М. Касательная сила тяги мобильного средства сельскохозяйственного назначения / А.М. Емельянов, Е.М. Шпилёв // Депон. рукопись в ЦИ и ТЭИ ВНИИЭСХ РАСХН: вып. 4.3. электр. изд. БД «Агрос» №0220510769 в НТЦ «Информрегистр» за 2010 г., под №28 ВС-2010. 10 С.

17. Шпилёв, Е.М. Сопротивление качению полугусеничного движителя мобильного энергетического средства сельскохозяйственного назначения / Е.М. Шпилёв // Депон. рукопись в ЦИ и ТЭИ ВНИИЭСХ РАСХН: вып. 4.3. электр. изд. БД «Агрос» №0220510769 в НТЦ «Информрегистр» за 2010 г., под №27 ВС-2010. 14 С.

18. Емельянов, А.М. Математическое исследование определения силы сопротивления движению треугольного металлогусеничного движителя / А.М.

Емельянов, Е.М. Шпилёв // Аграрная наука в XXI веке: проблемы и перспективы. Материалы V Всероссийской науч.-практич. конф.– ФГОУ ВПО Саратовский ГАУ. – Саратов: ООО Издательство«КУБиК», 2011. – С. 94-96.

19. Шпилёв, Е.М. Применение специальных глав высшей математики при исследовании процесса взаимодействия ходовых систем мобильных энергетических средств с опорным основанием / Е.М. Шпилёв // Молодежь XXI века: шаг в будущее. Сб. матер. XII-ой всероссийской науч.-практич. конф. с междунар. участием. –Благовещенск: БФ МАП, 2011 . - С. 83-86.

20. Шпилёв, Е.М. Аппроксимация тригонометрическим рядом Фурье эпюры нормального давления под треугольным гусеничным движителем / Е.М. Шпилёв // Молодежь и инновации – 2011. Материалы Междунар. науч.- практич. конф. молодых ученых. - Белорусская ГСХА.- Горки, - Ч.2. 2011.- С. 83-86.