

На правах рукописи



БАГМАНОВ РУБИН САБИРОВИЧ

**УЛУЧШЕНИЕ КАЧЕСТВА ПРЕДПОСЕВНОЙ
ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ И СНИЖЕНИЕ ЭНЕРГОЗАТРАТ ПУТЕМ
ОБОСНОВАНИЯ ПАРАМЕТРОВ КУЛЬТИВАТОРА
С УПРУГИМИ РАБОЧИМИ ОРГАНАМИ**

Специальность 05.20.01 – технологии и
средства механизации сельского хозяйства

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Москва - 2012

Работа выполнена в Государственном научном учреждении Татарский научно-исследовательский институт сельского хозяйства Российской академии сельскохозяйственных наук (ГНУ ТатНИИСХ Россельхозакадемии)

Научный руководитель: д-р с.-х. наук, проф., чл.-кор. Россельхозакадемии, заслуженный деятель науки РФ
Мазитов Назиб Каюмович

Официальные оппоненты: **Халанский Валентин Михайлович**,
д-р техн. наук, проф., заслуженный деятель науки РФ, ФГБОУ ВПО Российский государственный аграрный университет (РГАУ-МСХА) им. К.А.Тимирязева, профессор кафедры «Механизация растениеводства»

Сизов Олег Александрович,
канд. техн. наук, ст.науч. сотр., Государственное научное учреждение Всероссийский научно-исследовательский институт механизации сельского хозяйства Российской академии сельскохозяйственных наук (ГНУ ВИМ Россельхозакадемии), зав. отделом механизации ресурсосберегающего экологически устойчивого земледелия

Ведущая организация: Федеральное Государственное бюджетное образовательное учреждение Высшего профессионального образования Московский государственный агроинженерный университет им. В.П. Горячкина (ФГБОУ ВПО МГАУ им. В.П.Горячкина)

Защита состоится « 14 » июня 2012 года в 13.00 часов на заседании диссертационного совета Д 006.020.01 при ГНУ ВИМ Россельхозакадемии по адресу: 109428, г. Москва, 1-й Институтский проезд, д.5.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ГНУ ВИМ Россельхозакадемии.

Автореферат разослан « 12 » мая 2012 г. и размещен на официальном сайте ВАК РФ в электронной базе диссертаций и авторефератов « 12 » мая 2012 г.

Ученый секретарь диссертационного совета,
кандидат технических наук

И.А. Пехальский

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы.

Переход сельского хозяйства России к рыночной экономике привел к снижению производства сельскохозяйственной техники, переориентированию основных ремонтно-технических предприятий, массовому внедрению дорогостоящей зарубежной техники. В итоге все эти факторы привели к повышению себестоимости сельскохозяйственной продукции.

В концепции развития сельскохозяйственной техники намечено создание машин нового поколения, обеспечивающих высокую производительность при минимальных затратах средств и выполняющих за один проход агрегата несколько технологических операций без снижения показателей качества работы. При внедрении энергоресурсосберегающей технологии обработки почвы должен решаться комплекс задач, направленных на сохранение и повышение плодородия, сохранение структуры почвы, полное уничтожение сорной растительности, увеличение влагонакопления и т.д. Решение этой совокупности задач является основой для получения высоких урожаев.

Предпосевная обработка представляет собой один из основных агротехнических приемов при возделывании сельскохозяйственных культур. От качества предпосевной обработки существенно зависит полевая всхожесть семян и, соответственно, будущий урожай. В этой ситуации, меры, направленные на существенное повышение эффективности предпосевной обработки почвы, как фундамента всего технологического процесса производства продукции растениеводства на основе обоснованных технических решений, являются актуальными.

Работа выполнена в ГНУ Татарский НИИСХ Россельхозакадемии по программе НИР РАСХН 09.01.02 по этапу 09.01.02.01 (№ госрегистрации 15070.7721022959.06.8.002.3).

Разработанный рыхлитель и компоновка блочно-модульного культиватора КБМ для предпосевной обработки почвы (патент РФ на полезную модель № 96452) изготовлен в ООО «Варнаагромаш» Челябинской области, испытан в ООО «Союз-Агро» Альметьевского района Республики Татарстан с участием ФГУ «Поволжская МИС» (отчет от 30 ноября 2008 года по договору №23/1 спр.-08 от 14.04.2008), одобрен и рекомендован в производство НТС МСХ РФ, протокол № 71 от 28.11.2008).

Цель работы. Повышение качества предпосевной обработки почвы и снижение энергозатрат путем обоснования параметров и создания конструкции культиватора с упругими рабочими органами.

Объект исследования. Технология предпосевной обработки почвы и посева.

Предмет исследования. «S» образные вибрационные рыхлители и культиватор блочно-модульный КБМ для предпосевной обработки почвы.

Методы исследования. Поставленные в диссертационной работе задачи решались методами теории колебаний, классической механики, моделирования, математической статистики, лабораторно-полевых исследований. Лабораторные и полевые экспериментальные исследования проводились на специально изготовленном стенде и оборудовании, а производственные испытания – с участием и Поволжской машиноиспытательной станции с использованием соответствующей

щих ГОСТов и действующих методик. Результаты экспериментов обрабатывались с помощью пакета программ “Atlant” и методов математической статистики.

Научную новизну составляют:

- повышение эффективности вибрационного рыхлителя за счет усиления упругого воздействия на почву одновременно в трех направлениях: продольном, вертикальном и поперечном; и улучшающего в результате суммарного воздействия крошение почвы, самоочистку от залипания и обеспечивающие снижение тягового сопротивления;

- безрамная компоновка широкозахватных модульно-блочных почвообрабатывающих агрегатов комбинированным складированием сначала в поперечно-вертикальной, затем продольно-поперечной и окончательно продольно-вертикальной плоскостях, повышающие маневренные свойства почвообрабатывающих агрегатов и соответственно их производительность (патент РФ на полезную модель № 96452).

Практическая ценность:

- на основе проведенных исследований создана конструкция и обоснованы параметры «S» образного рабочего органа упругого рыхлителя почвы и предложена компоновка блочно-модульного культиватора для предпосевной обработки почвы;

- культиваторы блочно-модульные КБМ-14,4 с предложенными рыхлителями снижают расход топлива на предпосевной обработке почвы (2,5 кг/га) по сравнению с отечественным культиватором КПС-4 (4,1 кг/га) и с зарубежными Синхрожерм (7,8 кг/га), Rubin 9 (13,5 кг/га) и Thorit 9/600 (11,9 кг/га);

- результаты исследований включены в рекомендации к применению «Почвообрабатывающий и посевной комплекс для энерго-, ресурсосберегающего производства продукции растениеводства» (МСХ РФ, Москва, 2008);

- результаты исследований внедрены в ООО «Союз-Агро» Альметьевского района Республики Татарстан, ООО «Варнаагромаш» и в учебный процесс ФГБОУ ВПО Челябинская государственная агроинженерная академия.

Апробация. Основные положения диссертации доложены на научных и научно-практических конференциях Казанского государственного аграрного университета (г.Казань, 2008 г.), Челябинского государственного агроинженерного университета (г.Челябинск, 2009 г.), ГНУ ТатНИИСХ Россельхозакадемии (г.Казань, 2008-2010 г.г.), ФГОУ Татарского института переподготовки кадров и агробизнеса (г.Казань, 2009 г.), информационно-вычислительного центра при Кабинете Министров Республики Татарстан (г.Казань, 2009 г.), Международной академии информатизации - ассоциированного члена ООН (г.Казань, 2009 г.), Всероссийского научно-исследовательского института механизации сельского хозяйства (ГНУ ВИМ Россельхозакадемии, г.Москва, 2011 г.), ГНУ ГОСНИТИ Россельхозакадемии (г.Москва, 2011).

Основные положения, выносимые на защиту:

- теоретические основы повышения эффективности воздействия рыхлителя на почву;

- конструктивная схема компоновки широкозахватного блочно-модульного культиватора и «S» образного вибрационного рыхлителя;

- конструктивные и технологические параметры вибрационного рыхлителя и культиватора блочно-модульного – КБМ;

- результаты экспериментальных исследований и сравнительных приемочных испытаний различных культиваторов и влияния предпосевной обработки почвы культиваторами КБМ на эффективность посева.

Публикации. Основные положения диссертации опубликованы в 15 статьях, в т.ч. 8 статей в изданиях, рекомендованных ВАК, в 2-х патентах РФ на полезные модели № 96452 и № 97589, 7 статей в трудах научных конференций и 1 статья на иностранном языке.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, пяти разделов, общих выводов, списка использованной литературы и приложения. Работа изложена на 173 страницах машинописного текста, содержит 13 таблиц, 85 рисунков, 20 приложений.

Список использованной литературы включает 166 наименований, из них 7 на иностранном языке.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении представлены: актуальность работы, цель, объект, предмет и методы исследования; научная новизна, практическая ценность, апробация работы и основные положения, выносимые на защиту.

В первом разделе «Состояние вопроса и задачи исследований» описаны технологические требования к качеству предпосевной обработки почвы, эволюция совершенствования конструкций рыхлителей культиватора для предпосевной обработки почвы, анализ влияния конструкции упругого рыхлителя на тяговые и агротехнические показатели культивации, а также анализ и тенденции совершенствования отечественных и зарубежных культиваторов.

Значительный вклад в научные основы совершенствования технологии предпосевной обработки почвы и рабочих органов для её реализации внесли: Т.С. Мальцев, Г.Е. Свирский, К.В. Александрян, А.А. Дубровский, А.С. Кушнарев, В.Е. Моргачев, В.Н. Зволинский, В.М. Халанский, А.И. Любимов, В.В. Бледных, Х.С. Гайнанов, В.И. Кирюшин, Э.И. Липкович, Ю.И. Кузнецов, Н.М. Беспамятнова, И.И. Гуреев, Р.С. Рахимов, Я.П. Лобачевский, В.М. Пронин, Н.К. Мазитов, Р.Л. Сахапов, О.А. Сизов, Ф.М. Садриев и др. Известно, что обработка почвы является одной из основных операций во всей технологии производства продукции растениеводства.

Исходя, из анализа конструкций и результатов исследований и в соответствии с поставленной целью предусматривалось решение следующих задач:

- провести анализ почвенно-климатических и эксплуатационных условий работы культиваторных агрегатов для предпосевной обработки почвы в условиях Юго-Востока республики Татарстан;
- разработать конструктивную схему широкозахватного блочно-модульного культиватора, обеспечивающего улучшение эксплуатационно-технологических показателей;
- установить теоретические закономерности возникновения колебательного движения рабочего органа, и условия обеспечения стабильности процесса крошения почвы;

- провести лабораторно-полевые исследования работы упругих рабочих органов с различной жесткостью;
- провести сравнительные производственные испытания культиватора КБМ с новыми рабочими органами в сравнении с отечественными и зарубежными аналогами по их влиянию на эффективность работы посевного агрегата;
- провести оценку технико-экономических показателей работы культиватора КБМ-14,4 по сравнению с классическим агрегатом КПС.

Во втором разделе «Теоретические исследования процесса рыхления почвы и компоновки широкозахватного модульно-блочного агрегата» изучен процесс взаимодействия упругого рабочего органа с почвой, совершающего колебательное движение и предложена компоновка широкозахватного агрегата.

История эволюции рабочих органов культиваторов подтверждает, что наибольшей крошащей способностью при существенном снижении энергозатрат и при надежной самоочистке при больших пределах рабочей зоны по влажности почвы обладают только пружинные вибрационные рабочие органы (Г.Н. Синеков, И.М. Панов, М.Н. Летошнев, И.И. Артоболевский, Н.Д. Лучинский, М.Е. Мацепуро, М.Х. Пигулевский, Н.Г. Дубровин, И.И. Смирнов, А.С. Кушнарев, В.Е. Моргачев, А.А. Зубровский, А.А. Вилде, С.А. Инаекян, В.А. Шмонин, Г.Г. Маслов, О.В. Верняев, Г.Н. Дьяченко и др.).

Для исследования процесса взаимодействия рабочего органа с почвой и определения влияния его параметров на колебательный процесс необходимо описать уравнение его движения.

Рассмотрим систему с двумя степенями свободы, совершающую колебательное движение относительно горизонтальной оси Ox и движущуюся поступательно со скоростью v_c (рисунок 1).

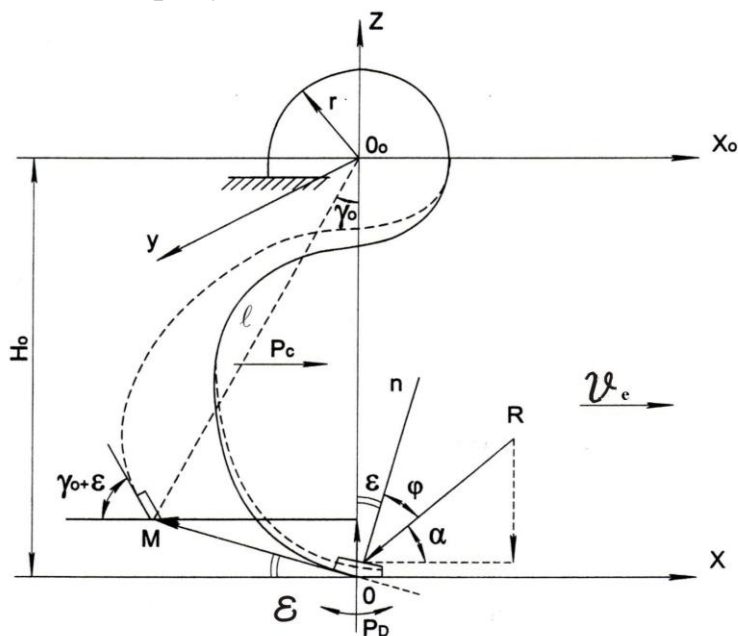


Рисунок 1 – Расчетная схема упругого рыхлителя

Упругий рабочий орган культиватора (стойка) жестко закреплен к раме и под действием приложенных сил совершает колебательное движение. Рассмотрим два случая колебаний:

1. Вначале рассмотрим процесс свободных колебаний упругого органа без учета сил сопротивления. Пусть точка M , после снятия внешней силы растяжения, совершает вращательное движение относительно неподвижной оси O_0 . Дифференциальное уравнение ее движения будет:

$$J \frac{d^2\gamma}{dt^2} = -P_c \cdot l \cdot \sin \gamma, \quad (1)$$

где J – момент инерции стойки относительно оси поворота (O_0Y); P_c – сила упругости стойки; l – расстояние от носка лапы до оси вращения; γ – угол отклонения.

Разделив обе части равенства на J и введя обозначение:

$$\frac{P_c l}{J} = \kappa^2, \quad (2)$$

приведем уравнение к виду:

$$\frac{d^2\gamma}{dt^2} + \kappa^2 \cdot \sin \gamma = 0. \quad (3)$$

Ввиду невозможности решения уравнения в обычных функциях ограничимся рассмотрением малых углов отклонений, считая приближенно $\sin \gamma \approx \gamma$. Тогда получим

$$\frac{d^2\gamma}{dt^2} + \kappa^2 \cdot \gamma = 0. \quad (4)$$

Выражение (4) представляет собой дифференциальное уравнение свободных колебаний при отсутствии сопротивления. Как известно (по И.И. Блехману), общее решение такого уравнения имеет вид:

$$\gamma = C_1 \sin \kappa t + C_2 \cos \kappa t, \quad (5)$$

где C_1 и C_2 – постоянные интегрирования. Полагая, что в начальный момент $t=0$ рабочий орган отклонен на малый угол $\gamma = \gamma_0$ и отпущен без начальной скорости, значения постоянных интегрирования составят: $C_1 = 0$, $C_2 = \gamma_0$. Тогда закон малых колебаний при данных начальных условиях будет:

$$\gamma = \gamma_0 \cos \kappa t. \quad (6)$$

Следовательно, малые колебания упругого органа являются гармоническими. Поэтому период малых колебаний T определяем зависимостью:

$$\kappa T = 2\pi \text{ или } T = \frac{2\pi}{\kappa}. \quad (7)$$

Из выражения (7) получим частоту колебаний ω :

$$\omega = \frac{1}{T} = \frac{\kappa}{2\pi} \text{ или } \omega = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{P_c l}{J}}. \quad (8)$$

Таким образом, частота ω и период свободных колебаний T не зависят от накопленных условий и являются неизменными характеристиками данной колеблющейся системы.

2. Колебательное движение рабочего органа возникает при поступательном движении орудия за счет непостоянства сопротивления почвы. При этом момент от силы реакции почвы полностью уравновешивается моментом, создаваемым упругим рабочим органом.

При движении рабочего органа любые изменения сопротивления почвы вызывают отклонение носка от состояния равновесия на некоторый угол γ . Тогда рабочий орган, выведенный из равновесия, начинает совершать колебательное движение. Энергия этих колебаний будет убывать вследствие неизбежных потерь на трение в почве. Поэтому, можно предположить, что эти колебания являются затухающими. Вместе с тем, непостоянство сопротивления почвы, как неоднородной среды, вызывает восстановление амплитуды колебаний. Следовательно, в результате такого переменного во времени протекающего процесса, система поддерживается в постоянном колебательном движении, однако, с изменяющейся по времени амплитудой.

Отсюда следует, что при поступательном движении упругого рабочего органа в почвенной среде всегда будут существовать колебания его рабочей части (носка).

Если частота колебаний сопротивления почвы (частота возмущающих колебаний) будет совпадать с частотой свободных (собственных) колебаний рабочего органа, то при этом, за счет явления резонанса, амплитуда колебаний будет расти до тех пор, пока также растущие вместе с амплитудой потери на диссипацию энергии в почве не приведут к установившемуся режиму. Поэтому, чтобы система работала с максимально возможной амплитудой, следовательно, с максимальной эффективностью, необходимо иметь возможность регулирования (или подбора) частоты собственных колебаний рабочего органа с учетом конкретных условий работы в данной категории почв. Этого можно достигнуть как за счет создания рабочих органов определенного класса по коэффициенту жесткости, так и путем изменения определяющих параметров формы или геометрических размеров стойки.

Рассмотрим силы, действующие на колебательный рабочий орган культиватора и выделим основные составляющие: сила R , являющаяся горизонтальной проекцией главного вектора сил сопротивления почвы к поступательному движению рассматриваемой стойки, сила P_c , воздействующая на рабочий орган лапы со стороны упругой стойки и стремящаяся вернуть его в исходное равновесное состояние, а также диссипативные силы P_D почвы, противодействующие колебательному движению рыхлителя.

Тогда дифференциальное уравнение колебательного движения рабочего органа представим в следующем виде:

$$J \frac{d^2\gamma}{dt^2} = M_R - M_C + M_D, \quad (9)$$

где M_R – момент силы сопротивления R ; M_C – момент упругой силы стойки P_c ; M_D – суммарный момент диссипативных сил P_D ; J – момент инерции стойки относительно оси поворота (O_0Y).

Как видно из рисунка 1, под действием силы R рабочий орган совершает вращательное движение вокруг оси O_0Y и носок его занимает новое положение в точке M . При этом горизонтальная проекция сил сопротивления будет иметь вид:

$$R_x = R \cdot \cos\alpha = R \cdot \sin(\varphi + \varepsilon + \gamma_0), \quad (10)$$

где R_x – проекция силы R в направлении поступательного движения рабочего органа.

$$\text{Тогда} \quad M_R^x = R \cdot l \cdot \sin(\varphi + \varepsilon + \gamma_0), \quad (11)$$

где l – расстояние от носка рыхлителя до оси вращения.

Силу R_x в свою очередь представим в следующем виде:

$$R_x = K_0 \cdot b, \quad (12)$$

где K_0 – составляющая тягового сопротивления по направлению движения, приходящаяся на единицу ширины захвата рабочего органа (удельное сопротивление лапы), Н/м; b – ширина захвата лапы, м.

После подстановки соответствующих значений получим выражение для расчета момента M_R от сил сопротивления:

$$M_R = \frac{K_0 b l}{\sin(\varphi + \varepsilon + \gamma_0)} \quad (13)$$

В начальный период рабочего процесса под действием момента M_R рабочий орган отклоняется от первоначального положения на некоторый угол γ_0 , при котором моменты где M_R и M_C взаимно уравновешиваются, т.е. $M_R^0 = -M_C^0$. Тогда получим:

$$M_R^0 = \frac{K_0 \cdot b \cdot l \cdot \cos \gamma_0}{\sin(\varphi + \varepsilon + \gamma_0)}, \quad (14)$$

$$M_C^0 = -\frac{K_0 \cdot b \cdot l \cdot \cos \gamma_0}{\sin(\varphi + \varepsilon + \gamma_0)} \quad (15)$$

В процессе движения рабочего органа в почве лапа (стойка) совершает колебательное движение, отклоняясь относительно угла γ_0 на некоторый угол γ (увеличивая или уменьшая этот угол на величину γ), при этом моменты M_R и M_C определим по следующим выражениям:

$$M_R^i = \frac{K_0 \cdot b \cdot l \cdot \cos(\gamma_0 + \gamma)}{\sin(\varphi + \varepsilon + \gamma_0 + \gamma)}, \quad (16)$$

$$M_C^i = -\frac{K_0 \cdot b \cdot l \cdot \cos \gamma_0}{\sin(\varphi + \varepsilon + \gamma_0)} + C \gamma, \quad (17)$$

где C – показатель жесткости упругой стойки.

Диссипация энергии в почве при колебательном движении рабочего органа происходит по закону В.П. Горячкина: главный момент диссипативных сил является квадратичной функцией угловой скорости $\dot{\gamma}$ и противоположен направлению движения его носка:

$$M_D = -(a_1 \dot{\gamma} + a_2 \text{Sgn} \dot{\gamma} + a_3 \dot{\gamma}^2 \text{Sgn} \dot{\gamma}), \quad (18)$$

где a_1, a_2, a_3 – коэффициенты, зависящие от свойств почвы и относящиеся к сухому, вязкому и квадратическому трению, соответственно; $\text{Sgn} \cdot \dot{\gamma}$ – функция Кронекера, равная $-1; 0; 1$ при $\dot{\gamma} < 0, \dot{\gamma} = 0, \dot{\gamma} > 0$, соответственно.

После математических преобразований получим общее уравнение колебательного движения упругого «S» образного рабочего органа культиватора КБМ:

$$J\ddot{\gamma} = K_0 bl \left[\frac{\cos(\gamma_0 + \gamma)}{\sin(\varphi + \varepsilon + \gamma_0 + \gamma)} - \frac{\cos \gamma_0}{\sin(\varphi + \varepsilon + \gamma_0)} \right] + C\gamma - [a_1 \dot{\gamma} + (a_2 + a_3 \dot{\gamma}^2) \text{Sgn} \dot{\gamma}], \quad (19)$$

а характер колебательного движения представлен на рисунке 2.

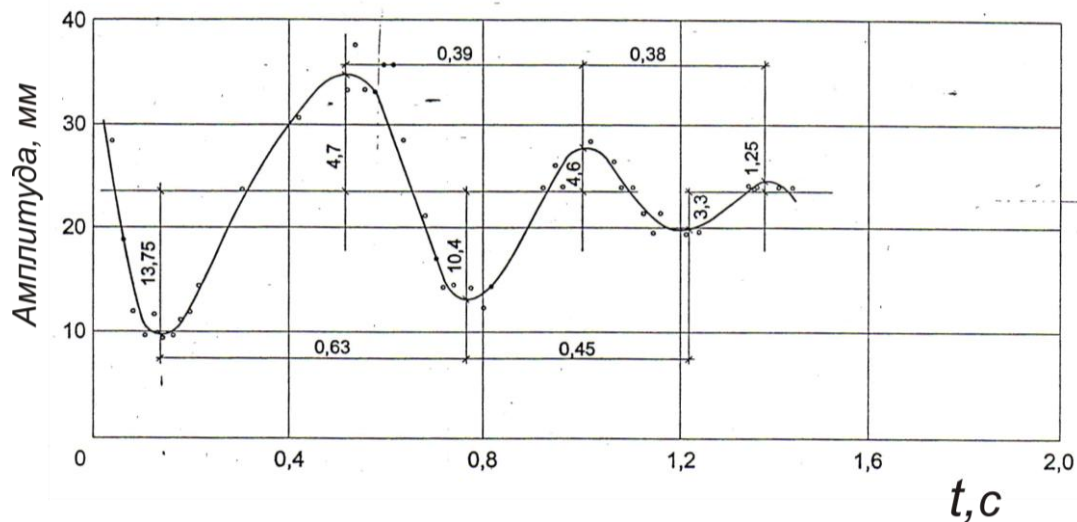


Рисунок 2 – Характер колебательного движения стойки

Таким образом, решение полученных уравнений численным методом базируется только на показателях, характеризующих свойства данной почвы. Характеристики сопротивления почвы наиболее просто и надежно определяются в результате обработки экспериментально полученных виброграмм, записанных при движении рабочего органа с конкретными эксплуатационными параметрами в данной почве.

При обосновании конструктивно-технологической схемы блочно-модульных культиваторов исходим из оптимальной загрузки тракторов различного класса тяги. Как показали испытания количество модулей для трактора любого тягового класса можно определить по следующей зависимости:

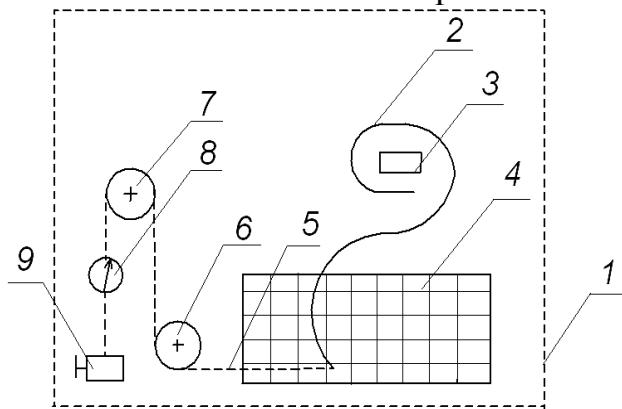
$$N = \frac{N_{\text{тяг}}}{N_{\text{мод}}}, \quad (20)$$

где N – число модулей; $N_{\text{тяг}}$ – тяговая мощность трактора; $N_{\text{мод}}$ – потребная мощность одного модуля.

Предложенная общая компоновка широкозахватного культиватора КБМ (патент РФ на полезную модель №96452) – безрамная (нет поперечных блочных несущих брусьев в центре и по бокам), блоки состоят из парных и дополнительных одинарных модулей, блоки в агрегат укладываются в транспортное положение не на раму (поперечные брусья), а на тяговое средство – сницу с комбинированным многослойным складыванием в поперечно-вертикальной I, продольно-поперечной II и продольно-вертикальной III плоскостях.

В третьем разделе «Методика и программа экспериментальных исследований» представлены программа и методика экспериментальных исследований. Программой исследований предусмотрено получение в лабораторных и полевых условиях необходимых результатов для выбора параметров «S» образного рабочего органа рыхлителя почвы вибрационного действия и обоснование его формы. Для выполнения лабораторных и полевых опытов были изготовлены

специальные экспериментальные установки (рисунок 3 а и б). В лабораторных условиях определяли жесткость упругих стоек в двух плоскостях и амплитудно-частотные характеристики собственных колебаний рабочего органа, а в полевых условиях – зависимости амплитуды и частоты колебаний от скорости агрегата, амплитудно-частотную характеристику, спектральную плотность. Предельная относительная ошибка измерений колебаний составила до 5%.



а – лабораторная

1 – корпус станда; 2 – упругий рабочий орган; 3 – поворотный механизм крепления стойки; 4 – тарировочный экран; 5 – трос; 6, 7 неподвижный и подвижный блоки; 8 – динамометр; 9 – нагрузочное устройство



б – полевая

1 – упругий рабочий орган; 2 – система измерительных приборов Диана -2М датчик вибрации ВК-310А

Рисунок 3 – Экспериментальные установки для исследования упругого рабочего органа

Проведены производственные испытания культиватора КБМ с новыми рабочими органами на полях по агротехническим, энергетическим показателям по методикам полевого опыта Б.А. Доспехова и Поволжской государственной зональной машино-испытательной станции (ПовМИС).

Экспериментальные исследования проведены по общепринятой методике, согласно ГОСТам: 70.4.2-80, 24346-80, 12.1.042-84.

В четвертом разделе «Анализ результатов экспериментальных исследований» приведены результаты лабораторных и полевых исследований.

На лабораторной экспериментальной установке исследовали три типа известных упругих рыхлителей с условными обозначениями «Ж», «ЗН», «2Ч» различных заводов-изготовителей (рисунок 4). Упругие свойства стоек определялись исследованием их деформации при нагрузке, так как аналогично при увеличении скорости движения культиватора увеличивается сила сопротивления, вследствие чего увеличивается деформация рыхлителя.

Как показали исследования рыхлителей на жесткость в двух плоскостях, при нагрузках 250 Н они сильно деформируются и перестают вибрационно работать. Для улучшения качества обработки в почвах тяжелого механического состава при больших нагрузках необходимо усилить жесткость рыхлителя. Увеличить жесткость можно за счет изменения конструктивных параметров, таких как начального радиуса, площади поперечного сечения и т.д. Путем изменения на-

чального радиуса наиболее жесткой стойки «Ж» получили стойку «1К» (рисунок 5), а изменением площади поперечного сечения стойки «1К» получили «2К».



Рисунок 4 – Упругие рыхлители (стойки) «Ж», «3Н», «2Ч» и новый «1К»

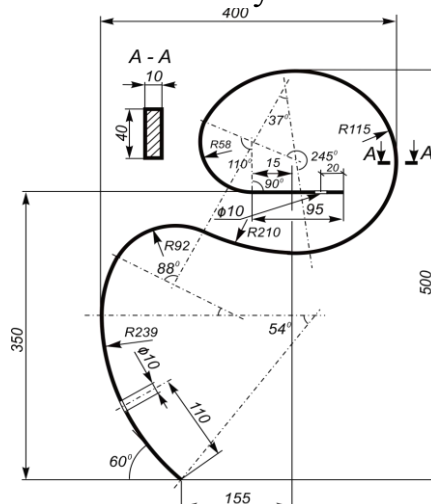


Рисунок 5 – Общий вид рыхлителя «1К»

На рисунке 6 представлены результаты деформаций рыхлителей «1К» и «2К». Большой жесткостью обладает «2К», которая при нагрузке 100 Н деформировалась по горизонтали лишь на 12 мм, по вертикали всего на 3 мм.

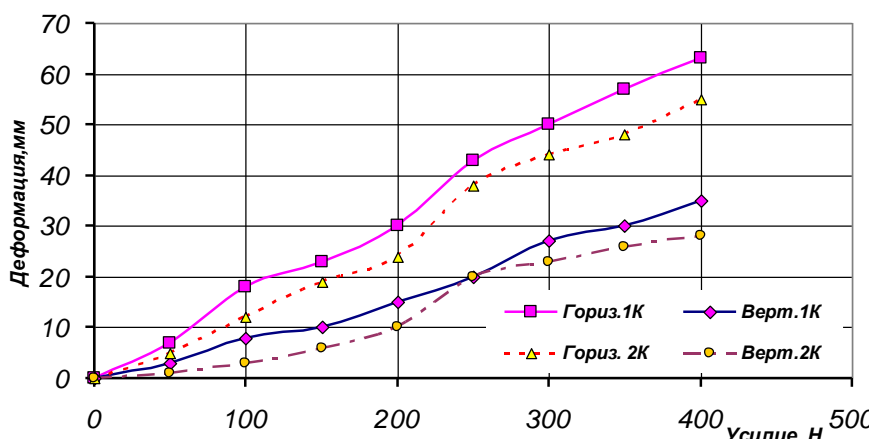


Рисунок 6 – Деформация рыхлителей «1К» и «2К»

Исследование 5 конфигураций S-образных упругих стоек показало, что горизонтальная деформация значительно превосходит вертикальную.

На рисунках 7 и 8 представлены виброграмма и спектральная плотность собственных колебаний стойки «1К».

На рисунках 7 и 8 представлены виброграмма и спектральная плотность собственных колебаний стойки «1К».

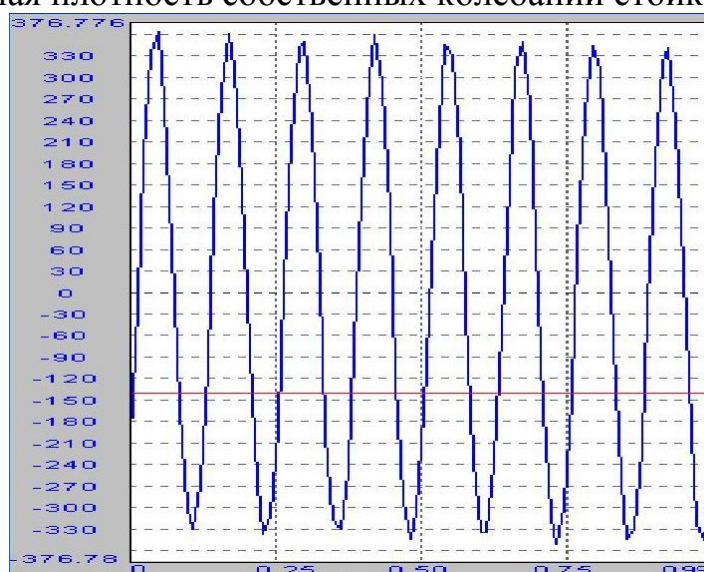


Рисунок 7 – Виброграмма собственных колебаний рыхлителя «1К» (в программе «Atlant»)

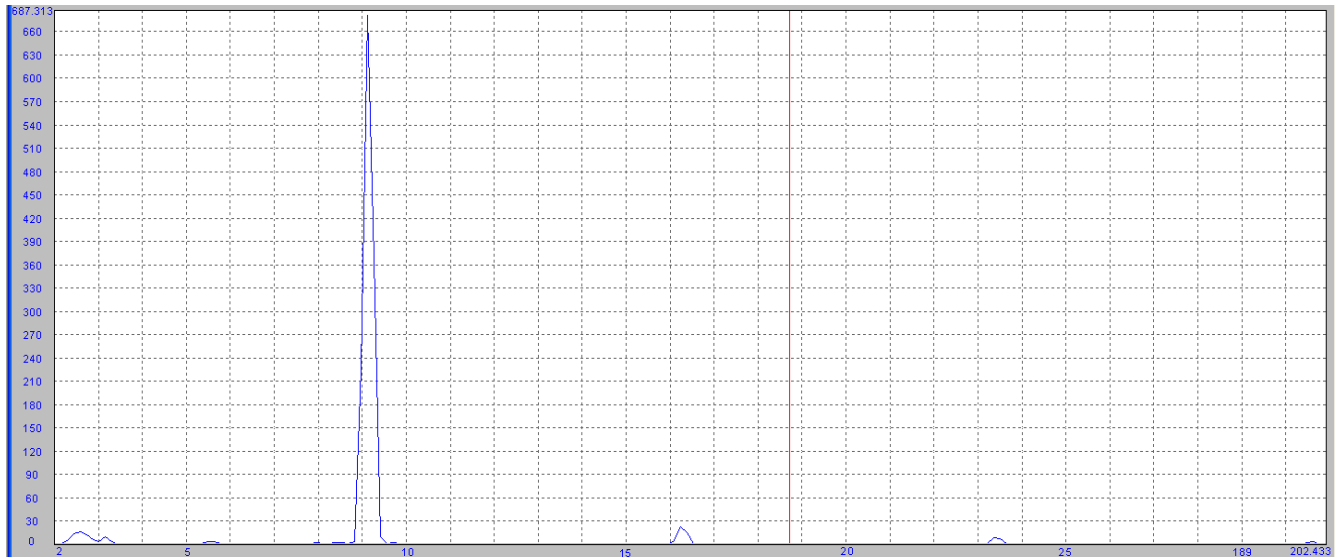


Рисунок 8 – Спектральная плотность собственных колебаний рыхлителя «1К» (в программе “Atlant”)

По графику спектральной плотности видно, что собственная частота колебаний стойки «1К» равна 9 Гц. Частота собственных (свободных колебаний) является одним из основных показателей колебательной системы и всегда учитывается при проектировании технических средств и их узлов.

На рисунке 9 представлены результаты исследований усиленной упругой стойки «2К» при различных скоростях агрегата. При скорости 2,3 м/с, как видно из рисунка 9, амплитуда в продольном направлении y возрастает от 4,5 мм до 6,1 мм, в то время как амплитуда колебаний стойки в поперечном направлении x возрастает от 8,4 мм до 12,9 мм. Амплитуда колебаний носка стойки в вертикальном направлении z практически от скорости не зависит и остается в пределах 3,8...4,0 мм (для расчета вводятся поправочные коэффициенты $K_y=1,18$, $K_x=1,44$ определяющие амплитуды носка стойки в соответствующих направлениях, так как датчики расположены на разных расстояниях от оси качения).

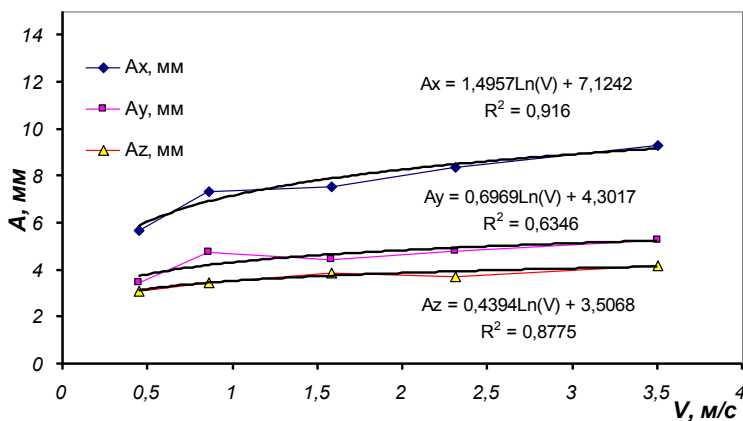


Рисунок 9 – Зависимости амплитуды колебаний рыхлителя «2К» от скорости агрегата

Анализ частот колебаний рыхлителя «2К» (рисунки 10, 11) показывает, что колебания в продольном направлении имеют три экстремальных значения, которые видны на графике спектральной плотности колебаний стойки, и имеют в среднем 20...23 Гц, что соответствует требованиям оптимального режима работы рабочего органа.

Анализ частот колебаний рыхлителя «2К» (рисунки 10, 11) показывает, что колебания в продольном направлении имеют три экстремальных значения, которые видны на графике спектральной плотности колебаний стойки, и имеют в среднем 20...23 Гц, что соответствует требованиям оптимального режима работы рабочего органа.

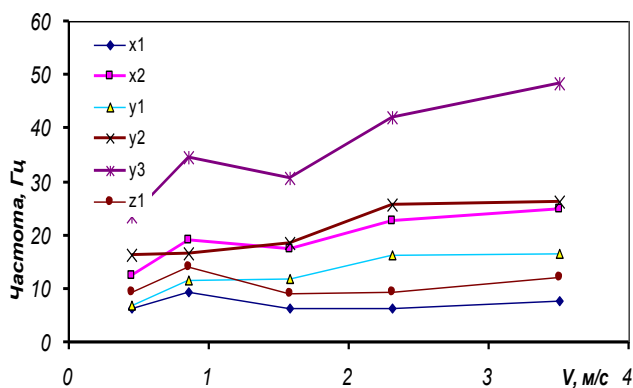


Рисунок 10 – Зависимости частоты колебаний стойки «2К» от скорости агрегата

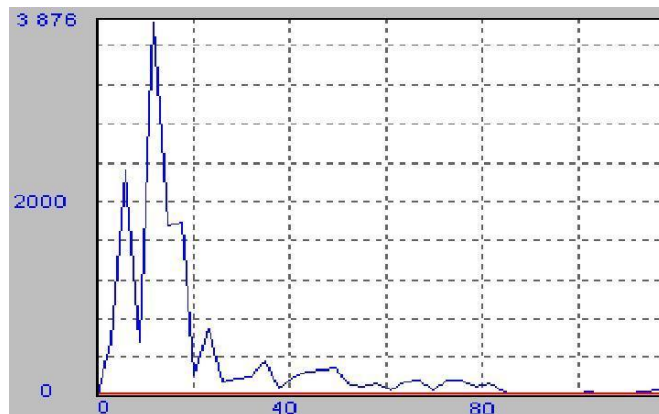


Рисунок 11 – Спектральная плотность колебаний стойки «2К» при $V=0,45$ м/с (в программе «Atlant»)

Амплитуда колебаний в зависимости от скорости стойки «1К» больше чем «2К» (рисунок 12).

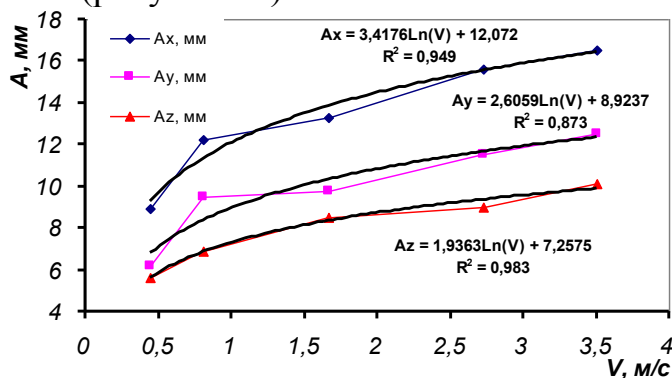


Рисунок 12 – Зависимости амплитуды колебаний «1К» от скорости агрегата

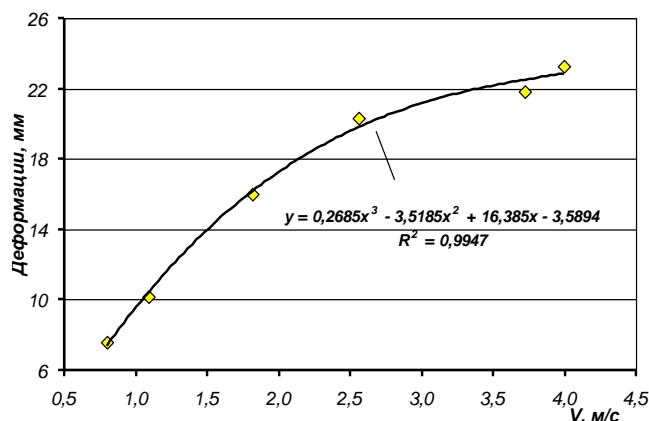


Рисунок 13 – Зависимость деформации упругой стойки «Ж» от скорости агрегата

Как видно из рисунка 13 увеличение скорости движения от 0,5 м/с до 2 м/с приводит к пропорциональному увеличению вертикальной деформации рыхлителя, а при увеличении скорости движения от 2,5 до 4 м/с деформация рыхлителя несколько снижается. Такое явление можно объяснить снижением тягового сопротивления в результате изменения колебаний.

Анализ исследований упругих стоек показывает, что с увеличением жесткости стойки $1K=60$ Н/см до жесткости стойки $2K = 72$ Н/см существенно изменяются амплитудно-частотные характеристики работы стойки в трех направлениях.

Более жесткая стойка «2К» имеет высокие частоты колебания вдоль всех трех осей координат $Y_2 = 23$ Гц, $X_2 = 12$ Гц и $Z_2 = 10$ Гц.

Таким образом, стойка «2К» имеет большую способность к самоочищению и может работать в более влажной почве. Амплитуда колебания в направлениях X и Y $A_y = 5,9$ мм, $A_x = 12$ мм не уменьшает крошащую способность рыхлителя, в то же время малое A_z колебание в направлении оси Z = 3,8 мм создает более ровную подошву во время культивации.

Менее жесткая стойка «1К» имеет частоту колебаний $Y_1= 10$ Гц, $X_1=5$ Гц, $Z_1 = 7$ Гц и соответственно амплитуды колебаний – $A_y = 13$ мм, $A_x = 23$ мм,

$Az = 8$ мм; и имеет не большую крошащую способность, и работает при меньших скоростях при менее влажной почве.

Полевые испытания упругой стойки провели на черноземных почвах тяжелого суглинистого состава при влажности 23...25%.

На основе анализа полученных результатов можно сделать вывод, что для эффективной работы культиватора КБМ на черноземах тяжелого суглинистого состава РТ и скоростях более 10 км/ч (2,77 м/с) необходимо укомплектовать их упругими стойками «2К» (усиленные). Результаты расчета и испытаний показали что упругая стойка «2К» позволяет снизить затраты энергии на 7...8% по сравнению с «1К». Дальнейшее увеличение жесткости стойки «2К» приводит к значительному уменьшению амплитуды колебаний, следовательно к снижению крошащей способности рыхлителя.

Таким образом, оптимальной конструкцией упругого рыхлителя для блочно-модульного культиватора является предложенная для производства в ООО «Варнаагромаш» модель «2К».

В пятом разделе «Технико-экономическая оценка культиваторов для предпосевной обработки почвы с новыми упругими рыхлителями» приводятся параметры эффективности по удельным показателям испытания культиваторов и влияния предпосевной обработки почвы на урожайность яровой пшеницы.

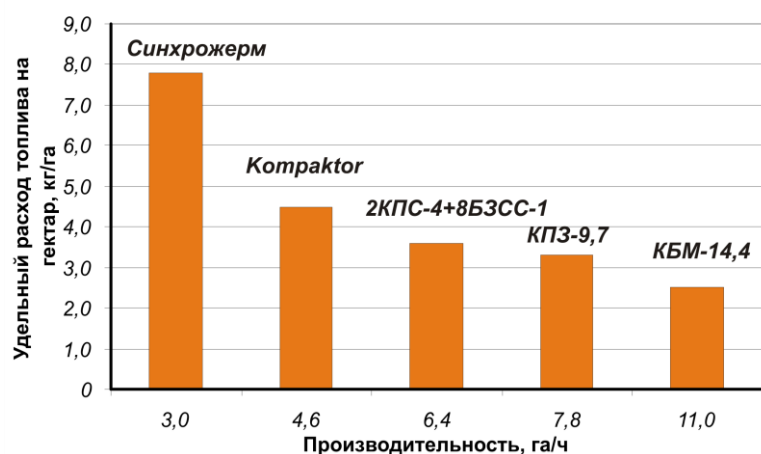


Рисунок 14 – Удельный расход топлива в зависимости от производительности агрегата

Республики Татарстан были заложены полевые опыты совместно с Поволжской МИС в 3-х кратной повторности, в которых деланки обрабатывались различными культиваторами и засеивались одной сеялкой СПБМ-8.

Испытания культиватора КБМ-14,4 с упругими рыхлителями (экспериментальная) проводили в сравнении с отечественным 2КПС-4 и зарубежными культиваторами Thorit 9/600 (Германия) и Rubin 9 (Германия) на посеве яровой пшеницы сорта «Норис».

Предпосевная обработка почвы культиватором КБМ-14,4, как показали исследования, обеспечивает выравненную поверхность с мульчированным покрытием, что способствует сохранению запасов почвенной влаги и появлению дружных всходов семян.

Наибольший урожай получен после предпосевной обработки почвы культиватором КБМ-14,4 – 22 ц/га, после обработки с 2КПС-4 – 18,7 ц/га, Thorit 9/600 – 17,0 ц/га, Rubin 9 – 18,2 ц/га.

Государственные испытания блочно-модульного культиватора КБМ с предложенными упругими рыхлителями (КБМ-14,4), по сравнению с известными культиваторами (Компактор и Синхрожерм), получили лучшие агротехнические, энергетические, эксплуатационные и экономические показатели (рисунок 13).

На полях ООО «Союз-Агро» Альметьевского района

В данном разделе также представлен расчет-обоснование повышения производительности культиваторного агрегата КБМ-14,4 на 28%, по сравнению с агрегатом 2КПС-4 за счет увеличения основного рабочего времени в смене.

Годовой экономический эффект в сравнении с традиционным культиватором КПС-4 от применения культиватора КБМ с упругим рыхлителем при годовом объеме обработки почвы 1000 га составил 246 000 руб в ценах 2011 года.

ОБЩИЕ ВЫВОДЫ

1. Анализ почвенно-климатических и эксплуатационных условий работы почвообрабатывающих машин показал, что сельскохозяйственные земли ООО «Союз-Агро» расположены на Юго-Востоке республики Татарстан в зоне резко континентальных климатических условий почвы, в основном - тяжелосуглинистый чернозем, среднее количество годовых осадков за последние 4 года составило 360...470 мм и характеризуются ежегодной весенней засухой (апрель и май по 19...22 мм/мес). Средний размер основных полей, изреженных дорогами к нефтяным скважинам и нефтесборочным пунктам, составляет 63 га.

2. Предложена новая компоновка широкозахватного блочно-модульного культиватора (Патент РФ на полезную модель №94562), отличающаяся тем, что секции смонтированы возможностью их поочередного быстрого перевода из рабочего положения в транспортное с уменьшением ширины агрегата в транспортном положении до 3,7 раза, что позволяет быстро перебросить агрегат с одного поля на другое по дорогам с асфальтовым покрытием и тем самым значительно увеличить сменную производительность агрегата за счет увеличения количества времени основной работы в смене.

Транспортная ширина КБМ-14,4 составила 4,05 метра, что соответствует требованиям правил дорожного движения.

3. На основе теоретических исследований и частного решения полученного нелинейного дифференциального уравнения колебательного движения упругого S –образного рабочего органа установлено:

- значение угловой скорости колебания рабочего органа «2К» в условиях диссипации энергии в почве параллельно направлению движения составило $\omega_y = 21,8$ Гц, что соответствует стабильности крошения почвы и совпадает с результатами, полученными во время испытаний данной стойки.

4. Результаты лабораторно-полевых исследований показали, что увеличение жесткости упругой стойки культиватора, не дает пропорционального увеличения жесткости в 2-х других плоскостях. Анализы виброграмм и амплитудно-частотных характеристик показали, что при рабочих скоростях 2,5...3,5 м/с (9,0...12,6 км/ч) частота колебания предложенного рабочего органа растет до 12...15 Гц и амплитуда до 10...12 мм в установившихся режимах и обеспечивает хорошее крошение почвы и самоочистку рабочего органа.

5. Предпосевная подготовка почвы культиватором КБМ-14,4 с новыми рабочими органами дала возможность увеличить урожайность яровой пшеницы до 15% при уменьшении себестоимости продукции на 32...41%, по сравнению с подготовкой почвы культиваторами Thorit 9/600 и Rubin 9 немецкой фирмы Lemken.

6. Проведенные исследования позволили разработать новую компоновку широкозахватного культиваторного агрегата (Патент РФ на полезную модель №94562), и обосновать параметры нового упругого рабочего органа, обеспечивающие повышение производительности труда на 28%, снижение энергозатрат на 7...8%, снижение себестоимости продукции на 15,3% при возделывании зерновых культур по сравнению с существующей технологией. Годовой экономической эффект, по сравнению с агрегатом 2КПС-4 составил 246 тыс. рублей, а с агрегатом фирмы Lemken Thorit 9/600 – 1578 тыс.руб.

Основные положения диссертации опубликованы в следующих работах:

а) в изданиях, рекомендованных ВАК РФ:

1. Мазитов Н.К., Сахапов Р.Л., Багманов Р.С. Полевая всхожесть семян и зимостойкость растений при различных способах предпосевной обработки почвы и сева // Достижения науки и техники АПК. 2009. № 3. С.23-24.

2. Мазитов Н.К., Сахапов Р.Л., Багманов Р.С. Эффективность зарубежных и отечественных почвообрабатывающе-посевных комплексов // Тракторы и сельхозмашины. 2009. № 4. С.12-15.

3. Мазитов Н.К., Сахапов Р.Л., Багманов Р.С. Агротехническое и эксплуатационное сравнение зарубежных и отечественных посевных комплексов // Доклады Российской академии сельскохозяйственных наук. 2009. № 4. С.65-67.

4. Мазитов Н.К., Сахапов Р.Л., Багманов Р.С. Посевная техника Россельхозакадемии выгоднее зарубежной // Достижения науки и техники АПК. 2009. № 11. С.65-67.

5. Чекмарев П.А., Мазитов Н.К., Багманов Р.С. Сеялки для ресурсосберегающей противозасушливой технологии // Тракторы и сельхозмашины. 2010. №7. С.12-13.

6. Багманов Р.С. Анализ влияния конструкции упругого рыхлителя на тяговые и агротехнические показатели культивации // Вестник Казанского ГАУ. 2011. № 3 (21). С.71-74.

7. Багманов Р.С., Мазитов Н.К. Уравнение движения упругого рабочего органа // Вестник Казанского ГАУ. 2011. № 3 (21). С.81-84.

8. Багманов Р.С., Мазитов Н.К., Шарафиев Л.З. Экспериментальное исследование различных конструкций упругих рыхлителей культиваторов для предпосевной обработки почвы // Вестник Казанского ГАУ. 2011. № 4 (22). С.81-84.

б) в материалах международных, всероссийских конференций и других изданий:

9. Мазитов Н.К., Гарипов Н.Э., Багманов Р.С. Выбор технологии производства зерна // Сборник докладов Всероссийской научно-практической конференции «Современные проблемы развития сельскохозяйственного производства и пути их решения». Казань, ФГОУ ТИПКА. 2009. С.190-195

10. Тагиров М.Ш., Мазитов Н.К., Багманов Р.С. По карману выбирай технику и технологию посева // Нива Татарстана. 2009. № 3-4. С.42-44.

11. Мазитов Н.К., Багманов Р.С., Добрынин Ю.М. Техничко-экономическая оценка отечественных и зарубежных посевных агрегатов // Техника и оборудование для села. 2009. № 8. С.38-42.

12. Мазитов Н.К., Тагиров М.Ш., Багманов Р.С. Основа ресурсосбережения – правильный выбор техники и технологии посева // Труды X Международного

симпозиума «Энергоресурсоэффективность и энергосбережение» (1-3 декабря 2009 г.). Часть I – Казань: Энергоресурсоэффективность и энергосбережение в республике Татарстан. ИВЦ РТ. 2009. С.419-423.

13. Мазитов Н.К., Сахапов Р.Л., Багманов Р.С. Комплекс блочно-модульных культиваторов серии КБМ // Каталог научно-технической продукции Татарского НИИСХ. Казань. ГНУ ТатНИИСХ. 2011. С.64-65.

14. Мазитов Н.К., Гарипов Н.Э., Багманов Р.С. Выход из кризиса засухи и её последствий только в собственных технологиях на основе отечественного комплекса техники, созданной учеными Казанского государственного аграрного университета // Материалы Всероссийской научно-практической конференции «Инновационное развитие агропромышленного комплекса». Казань. КГАУ. 2011. С.202-211.

1 статья опубликована на английском языке:

15. Mazitov N.K. Agrotechnical and Operating Comparison of Foreign and Domestic Seeding Machines / Mazitov N.K., Sakhapov R.L., Bagmanov R.S. and a. // ISSN 1068.3674, Russian Agricultural Sciences, 2009, Vol. 35, № 4, pp. 289-291. O.Allerson Press, Inc, 2009.

в) изобретения и полезные модели:

16. Патент РФ на полезную модель № 96452 РФ, А 01 В 73/00 Широкозахватный модульно-блочный сельскохозяйственной агрегат / Хаецкий Г.В., Боровицкий М.В., Багманов Р.С. и др. (Россия); заявитель и патентообладатель ОАО ПО «Ярославич» и ГНУ ТатНИИСХ Россельхозакадемии // 2010111081/22; Заявлено 23.03. 2010; Опубл. 10.08.2010. Бюлл. № 22.

17. Патент на полезную модель № 97589 РФ, А 01 С 15/04 Распределительная головка пневматической сеялки / Шарафиев Л.З., Мазитов Н.К., Багманов Р.С. и др. (Россия); заявитель и патентообладатель ГНУ ТатНИИСХ Россельхозакадемии 2009136116/22; Заявлено 29.09.2009; Опубл.20.09.2010. Бюлл. №26.