

На правах рукописи



ШАЙХУДИНОВ АЛЕКСАНДР СЕРГЕЕВИЧ

**ПОВЫШЕНИЕ СТАБИЛЬНОСТИ РАБОТЫ СТРЕЛЬЧАТЫХ ЛАП  
(НА ПРИМЕРЕ СЕЯЛКИ СЗС-2,1)**

Специальность 05.20.01 – Технологии и средства механизации  
сельского хозяйства

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

Барнаул 2009

Работа выполнена в Бийском технологическом институте (филиале) Государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова».

Научный руководитель: доктор технических наук, профессор  
Беляев Владимир Иванович

Официальные оппоненты: доктор технических наук, профессор  
Трухина Вера Дмитриевна

кандидат технических наук, доцент  
Ворона Юрий Степанович

Ведущая организация: ФГОУ ВПО «Кемеровский государственный  
сельскохозяйственный институт»

Защита диссертации состоится 25 декабря 2009 г. в 9<sup>00</sup> часов на заседании диссертационного совета Д 212.004.02 при Алтайском государственном техническом университете им. И.И. Ползунова по адресу: 656038, г. Барнаул, пр. Ленина, 46, факс (3852) 36-71-29.

<http://www.altstu.ru>.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Алтайского государственного технического университета им. И.И. Ползунова.

Отзывы на автореферат (в двух экземплярах), заверенные печатью Вашего учреждения, просим направлять в адрес диссертационного совета на имя ученого секретаря.

Автореферат разослан 24 ноября 2009 г.

Ученый секретарь  
диссертационного совета  
доктор технических наук, профессор



Л.В. Куликова

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность темы.** Обработка почвы является важнейшим звеном в системе земледелия. От качества ее выполнения в значительной степени зависит водный, воздушный режимы почвы и, в конечном счете, урожайность возделываемых культур.

При производстве зерновых культур в засушливых районах страны, особенно в степной зоне Алтайского края, применяются преимущественно минимальные технологии посева. Они предполагают совмещение обработки почвы, посева с другими операциями. Наиболее распространенным рабочим органом посевных машин для минимальных технологий (которых в Алтайском крае более двух тысяч) является стрелчатая лапа.

Широкое внедрение минимальных технологий, позволяет снизить затраты на единицу продукции растениеводства, при строгом соблюдении качества посева. Влияние изменения параметров (изнашивания) рабочих органов (стрелчатых лап) в процессе работы на агротехнические показатели, и в конечном итоге, на урожай будет наиболее значимо.

Изучению влияния изменения параметров рабочих органов почвообрабатывающих машин-орудий на показатели работы посвящено много исследований. Однако полученные результаты неоднозначны. В связи с этим возникает необходимость исследования влияния параметров стрелчатой лапы на энергетические и агротехнические показатели посева при минимальных технологиях.

Работа выполнена в соответствии с государственной целевой научно-технической программой «Техническое перевооружение сельского хозяйства Алтайского края на 2006-2010 годы» от 07.03.2006 г. №11-3С.

**Цель исследования** – повышение эффективности использования стрелчатых лап посевных машин-орудий за счет поддержания их параметров в заданных пределах.

**Объект исследования** – процесс изменения параметров стрелчатых лап посевных машин-орудий при взаимодействии с почвой.

**Предмет исследования** – закономерности изменения агротехнических и энергетических показателей посева при изменении параметров стрелчатых лап в процессе работы.

**Методы исследования** – аналитическое исследование, математическое моделирование, наблюдения, полевой опыт, регрессионный анализ, многофакторный эксперимент и его планирование.

**Научная гипотеза** заключается в том, что между параметрами стрелчатой лапы, энергетическими и агротехническими показателями посева существует взаимосвязь. Для сохранения стабильности работы лап необходимо обосновать предельные значения параметров, изменяющихся при работе.

**Научная новизна.** Выявлены закономерности изменения параметров стрелчатых лап посевных машин, упрочненных различными способами, при прямом посеве (в необработанную почву). Установлены зависимости изменения показателей работы: тягового сопротивления, равномерности

глубины заделки семян, биологической урожайности яровой пшеницы от изменения параметров стрелчатых лап. Разработана методика повышения стабильности работы стрелчатых лап, за счет своевременного воздействия на их параметры. Технология упрочнения рабочего органа защищена патентом РФ на изобретение.

**Практическая значимость работы.** Полученные результаты позволяют определить критический момент снижения стабильности работы стрелчатых лап посевных почвообрабатывающих машин во время посева.

Найденные теоретические и экспериментальные зависимости имеют практическую значимость, как для производителей сельскохозяйственной продукции, так и для производителей рабочих органов.

**Реализация результатов исследований.** Результаты, полученные в ходе исследований, используются в СХА ПЗ «Шумановский» Немецкого национального района Алтайского края в качестве рекомендаций по периодичности замены рабочих органов на посевных машинах. Полученные теоретические и экспериментальные зависимости используются в учебном процессе ФГОУ ВПО АГАУ.

**Апробация работы.** Основные материалы диссертационной работы доложены и одобрены на научно-практических конференциях Алтайского государственного аграрного университета (Барнаул, 2008–2009), на 1-й региональной научно-практической конференции «Перспективы развития наноиндустрии Алтай. Анализ состояния патентно-лицензионной деятельности нанотехнологической сети региона» (Бийск, 2009), на расширенном заседании лабораторий № 2, 6, 7, 8 ГНУ СибИМЭ СО Россельхозакадемии (Краснообск, 2009).

**На защиту выносятся:** 1) результаты аналитического исследования влияния параметров стрелчатых лап на показатели работы; 2) результаты теоретических и экспериментальных исследований влияния изменения параметров стрелчатых лап при посеве на энергетические и агротехнические показатели их работы; 3) технико-экономическая оценка работы стрелчатых лап и рекомендации по поддержанию стабильных показателей.

**Публикации.** По основным положениям диссертационной работы опубликовано пять научных работ, в том числе патент на изобретение и две статьи в изданиях рецензируемых ВАК РФ.

**Структура и объем работы.** Диссертация содержит введение, пять глав, общие выводы, 3 приложения. Работа изложена на 160 страницах машинописного текста, содержит 53 рисунка, 13 таблиц. Список литературы включает 155 наименований, в т.ч. 6 иностранных источников.

## СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

**Во введении** обоснована актуальность темы и показана практическая значимость работы.

**В первой главе** рассмотрены значение стрелчатой лапы в современных технологиях посева, влияние ее конструкции на агротехнические и

энергетические показатели работы, изменение параметров рабочих органов при взаимодействии с почвой, влияние параметров рабочих органов на агротехнические и энергетические показатели работы.

Обзор техники и технологий посева зерновых культур показал, что наиболее широкое распространение при минимальных технологиях получили многооперационные машины, совмещающие за один проход по полю обработку почвы, подрезание сорных растений, посев, внесение удобрений и пестицидов, прикатывание. Основным рабочим органом таких машин-орудий является стрелчатая лапа.

Вопросами почвообработки, механики взаимодействия рабочих органов с почвой занимались Азаров В.М., Беляев В.И., Вилде А.А., Галлямов Р.М., Горячкин В.П., Желиговский В.А., Кушнарев А.С., Летошнев М.Н., Любимов А.И., Мацепуро М.Е., Осадчий А.П., Сакун В.А., Токушев Ж.Е., и др.

Установлено, что для различных физико-механических, технологических свойств почвы и режимов ее обработки, необходима индивидуальная конструкция стрелчатого рабочего органа.

При взаимодействии рабочих органов с почвой во время работы, они изнашиваются, т.е. изменяются их геометрические параметры, с самого начала эксплуатации.

Вопросам изнашивания рабочих органов посвящены работы Бернштейна Д.Б., Виноградова В.И., Каплуна Г.П., Короткевича В.А., Клецкина М.И., Огрызкова Е.П., Осадчего А.П., Прокопцева П.И., Рабиновича А.Ш., Розенбаума А.Н., Севернева М.М., Сидорова С.А., Ткачева В.Н., Шульца В.В. и др.

Анализ работ показал, что основными факторами, определяющими характер изнашивания, являются абразивность почвы и способ изготовления рабочего органа, а также технологические свойства почвы и режимы ее обработки.

Изменение параметров рабочего органа приводит к изменению агротехнических и энергетических показателей его работы. При этом влияние параметров лемехов плуга и культиваторных лап на агротехнические показатели вполне изучено. Однако недостаточно проведено исследований влияния параметров стрелчатых лап на показатели качества посева и урожай при минимальных технологиях.

На основе проведенного анализа поставлены следующие задачи исследования:

1. Исследовать динамику и выявить закономерности изменения параметров стрелчатых лап с различными видами упрочнения при посеве по минимальным технологиям в степной зоне Алтайского края.
2. Обосновать теоретически и подтвердить экспериментально влияние изменения параметров на агротехнические и энергетические показатели работы лап.
3. Разработать рекомендации по повышению стабильности работы стрелчатых лап посевного агрегата.

**Во второй главе** рассмотрены основные процессы, протекающие при взаимодействии стрелчатых лап с почвой, и факторы, влияющие на тяговое сопротивление и агротехнические показатели.

Процесс изменения параметров стрелчатых лап протекает в несколько стадий, характеризующихся степенью износа режущей кромки и размерами затылочной фаски. При изменении параметров затылочной фаски ухудшаются агротехнические показатели работы лапы, и увеличивается тяговое сопротивление. При этом затылочная фаска переуплотняет семенное ложе (дно борозды), замедляя процесс развития растений.

При перемещении стрелчатой лапы в почве наибольшее влияние на тяговое сопротивление оказывает затылочная фаска. Однако однозначности в направлении изменения тягового сопротивления нет, поскольку нет точной теории образования затылочной фаски.

В качестве возможной причины образования затылочной фаски у лемехов отвального плуга выдвигаются версии по аналогии с затуплением металлорежущих инструментов. Однако механизмы взаимодействия металла с металлом и металла с почвой различаются.

Наиболее обоснованной причиной образования затылочной фаски является движение рабочего органа в почве по сложным траекториям, обусловленным перемещением орудия в вертикальном направлении по глубине и поступательным его движением, предложенная Е.П. Огрызковым. Проведенные нами предварительные наблюдения также указывают на это.

Согласно теории Г.Н. Синеокова тяговое сопротивление стрелчатой лапы можно разложить на составляющие, обусловленные силой тяжести пласта почвы, силой инерции, сопротивлением почвы сжатию затылочной фаской и сопротивлением почвы деформации:

$$R_X = R_{GX} + R_{FX} + R_{3X} + R_{DX}, \quad (1)$$

где  $R_{GX}$  – сопротивление, обусловленное силой тяжести пласта почвы  $G_n$ ;

$R_{FX}$  – сопротивление, обусловленное действием силы инерции  $F$ ;

$R_{3X}$  – сопротивление почвы сжатию затылочной фаской;

$R_{DX}$  – сопротивление почвы деформации.

Составляющие тягового сопротивления определяются по зависимостям:

$$R_{GX} = a \cdot b \cdot l \cdot \gamma_{об} \cdot \frac{\sin \varepsilon + f \cdot (\cos \gamma \cdot ctg \gamma + \sin \gamma \cdot \cos \varepsilon)}{\cos \varepsilon - f \cdot \sin \gamma \cdot \sin \varepsilon}, \quad (2)$$

где  $a$  – глубина обработки почвы;

$b$  – ширина захвата лапы;

$l$  – ширина крыла лапы в направлении движения;

$f$  – коэффициент трения почвы о поверхность лапы;

$\gamma_{об}$  – объемный вес почвы.

$$R_{FX} = \frac{a \cdot b \cdot l \cdot \gamma_{об} \cdot V^2 \cdot \sin^2 \gamma \cdot [\sin \varepsilon + f \cdot \sin \gamma \cdot (tg^2 \gamma + \cos \varepsilon)]}{g \cdot (tg \varepsilon - f \cdot \sin \gamma)}, \quad (3)$$

где  $V$  – скорость перемещения лапы;

$g$  – ускорение свободного падения.

$$R_{3X} \leq \lambda \cdot G_M \cdot \frac{\sin \gamma \cdot \sin \varepsilon_3 + f \cdot (\cos \varepsilon_3 \cdot \sin^2 \gamma + \cos^2 \gamma)}{\cos \varepsilon_3 - f \cdot \sin \gamma \cdot \sin \varepsilon_3}, \quad (4)$$

где  $G_M$  – сила тяжести машины, приходящаяся на одну лапу;  
 $\lambda$  – коэффициент, определяющий допустимое значение сопротивления, возникающего в связи с затуплением лезвия ( $\lambda = 0,3 \dots 0,4$ );

$\varepsilon_3$  – угол, образуемый затылочной фаской с дном борозды.

При этом не учитывается сопротивление от хвостовика стрелчатой лапы  $R_c$ . Усилие  $R_{DX}$ , обусловленное сопротивлением почвы деформации, сложно определить расчетным путем. Вместе с тем, анализируя составляющие тягового сопротивления, на которые оказывает влияние изменение параметров лап, приходим к выводу, что среди сил, определяющих тяговое сопротивление, одной из основных будет сила, затрачиваемая на отделение лезвием пласта почвы.

Рассмотрим силы и реакции, возникающие при перемещении стрелчатой лапы в почве. При приложении тягового усилия к стойке и перемещении лапы в почве на нее будут действовать силы, возникающие от трения почвы о поверхность лапы, сила инерции в результате вертикального подъема подрезаемого пласта почвы и сила, затрачиваемая на внедрение лапы в почву и разрушение корней. Составим схему сил, действующих на стрелчатую лапу (рис. 1).

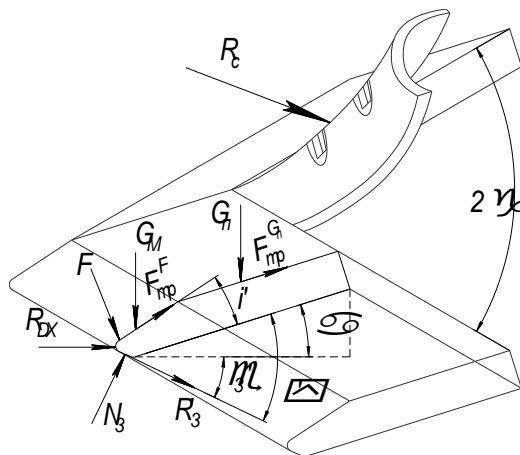


Рис. 1. Схема сил, действующих на стрелчатую лапу при перемещении в почве

Без учета влияния затупления лезвия, при неизменной глубине обработки и скорости перемещения лапы в почве, на изменение тягового сопротивления основное влияние будет оказывать сила трения лезвия о дно борозды  $R'_3$ . Эта сила определяется нормальной к плоскости затылочной фаски составляющей реакции почвы  $N_3$ .

Анализ выражений (2), (3) показывает, что при уменьшении ширины крыла лапы (высоты подъема почвенного пласта) снижается тяговое сопротивление.

Следовательно, наибольшее влияние на изменение тягового сопротивления будут оказывать процессы, происходящие на границе взаимодействия лезвия с дном борозды.

Огрызков Е.П. реакцию  $N_3$  принимает пропорциональной твердости почвы:

$$N_3 = k \cdot \tau \cdot S, \quad (5)$$

где  $k$  – коэффициент пропорциональности;  
 $\tau$  – твердость почвы;  
 $S$  – площадь затылочной фаски.

Реакция  $N_3$  будет определять силу трения почвы о нижнюю кромку лезвия (или о затылочную фаску после ее образования):

$$R'_3 = N_3 \cdot f. \quad (6)$$

Независимо от природы образования затылочной фаски, с физической точки зрения, она образуется под углом, определяемым направлением перемещения почвы относительно режущей кромки. Учитывая, что угол затылочной фаски меняется с увеличением наработки, будет изменяться и горизонтальная составляющая силы трения  $R'_{3X}$ :

$$R'_{3X} = N_3 \cdot f \cdot \cos \varepsilon'_3 = k \cdot \tau \cdot S \cdot f \cdot \cos \varepsilon'_3. \quad (7)$$

Площадь  $S$  затылочной фаски зависит от угла ее наклона и величины износа лезвия (рис. 2), так как на лезвии имеется участок заточки под углом  $i$ .

Зависимость ширины затылочной фаски от ее угла и линейного износа крыла  $U$  на заточенном участке определяется решением треугольников (рис. 2):

$$\begin{cases} b_\phi = \frac{t + U \cdot \operatorname{tg} i}{\sin \psi}, & \text{при } 0 < U < \frac{T - t}{\operatorname{tg} i} \\ b_\phi = \frac{T}{\sin \psi}, & \text{при } U \geq \frac{T - t}{\operatorname{tg} i} \end{cases} \quad (8)$$

где  $T$  – толщина крыла;  
 $t$  – толщина лезвия новой лапы.

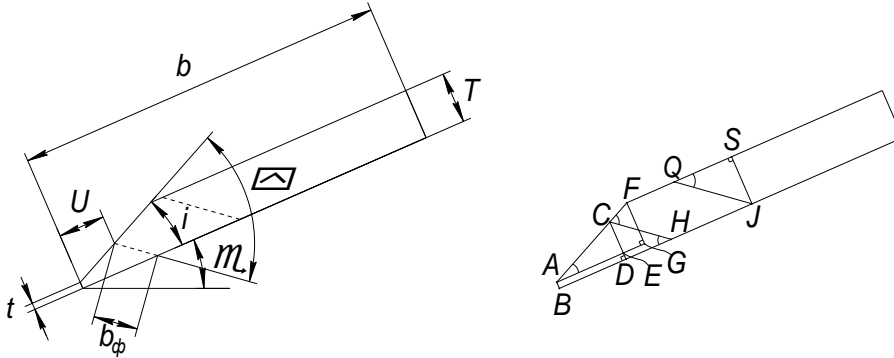


Рис. 2. Схема к определению ширины затылочной фаски

Принимая различные значения угла затылочной фаски, уравнение (8) можно представить графически (рис. 3).

Так как ширина затылочной фаски определяет ее площадь (приняв длину периметра кромки лезвия  $L$  неизменной при изменении других параметров), выражение (7) может быть записано в виде:

$$\begin{cases} R'_{3X} = \frac{k \cdot \tau \cdot L \cdot (t + U \cdot \operatorname{tg} i) \cdot f \cdot \cos \varepsilon'_3}{\sin \psi}, & \text{при } 0 < U < \frac{T - t}{\operatorname{tg} i} \\ R'_{3X} = \frac{k \cdot \tau \cdot L \cdot T \cdot f \cdot \cos \varepsilon'_3}{\sin \psi}, & \text{при } U \geq \frac{T - t}{\operatorname{tg} i} \end{cases} \quad (9)$$



Угол  $\varepsilon_3'$  наклона затылочной фаски к направлению движения определяется как разность углов ( $\psi' - \alpha$ ). Тогда:

$$R'_{3X} = \frac{k \cdot \tau \cdot L \cdot (+U \cdot \text{tgi}) \cdot f \cdot \cos(\psi' - \alpha)}{\sin \psi}, \quad (10)$$

где  $\alpha$  – угол крошения лапы.

Вертикальную реакцию  $R_{3Z}$ , действующую на затылочную фаску лезвия, можно определить по формуле:

$$R_{3Z} = \lambda \cdot G_M. \quad (11)$$

Коэффициент  $\lambda$ , как уже отмечалось выше, не может превышать значений 0,3...0,4. Таким образом, вертикальная реакция не может превышать 0,3...0,4 от веса машины, приходящегося на один рабочий орган.

Следовательно, величина коэффициента  $k$  в формуле (10) является величиной переменной.

Приняв, с некоторым допущением, величину  $R_{DX}$  неизменной при износе лезвия, вычислим коэффициент пропорциональности  $k$ . На основе экспериментальных исследований установлено, что коэффициент пропорциональности  $k$  изменяется от 0,43 до 0,60.

Решая выражение (10) при различном износе крыла лапы по ширине, получаем теоретическую графическую зависимость изменения силы трения, а, соответственно, и тягового сопротивления, от угла затылочной фаски (рис. 4).

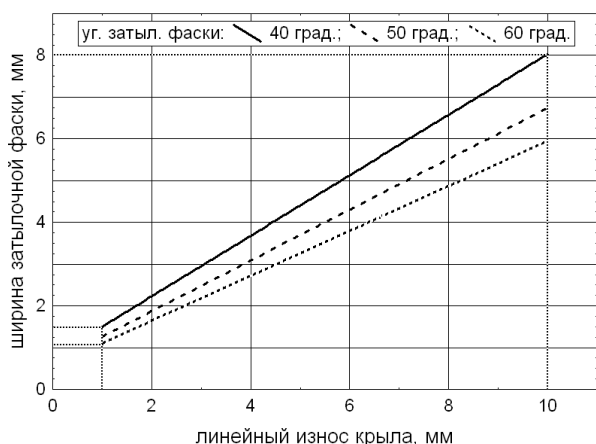


Рис. 3. Зависимость ширины затылочной фаски от линейного износа крыла

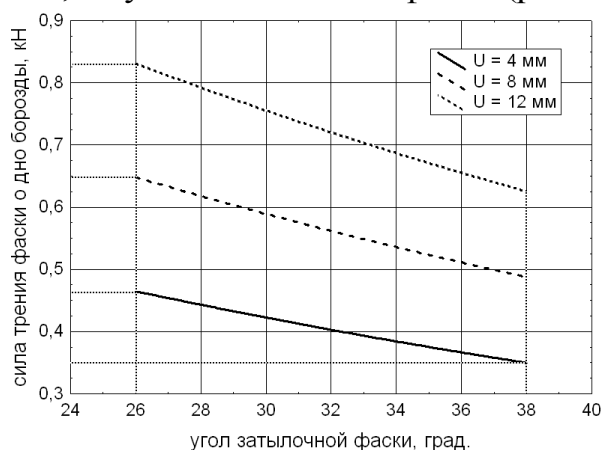


Рис. 4. Зависимость силы трения затылочной фаски о дно борозды от ее угла

Согласно данной зависимости с уменьшением угла наклона затылочной фаски к дну борозды увеличивается горизонтальная составляющая тягового сопротивления. Это изменение также зависит от ширины крыла лапы. В реальных условиях процессы образования фаски и изменения ширины крыла протекают одновременно. Отсюда следует вывод: если уменьшается угол наклона затылочной фаски, то увеличивается ее площадь. Это приводит к увеличению части веса орудия, передаваемого фаской на почву, так как почву сложнее деформировать с увеличением площади опоры, и возрастанию тягового сопротивления. Но одновременно уменьшается ширина крыла, а, соответственно, и глубина обработки, что приводит к некоторому снижению тягового сопротивления. Следовательно, задачами экспериментального

исследования является определение степени влияния на тяговое сопротивление ширины крыла лапы.

Рассмотрим, как изменяется глубина обработки почвы при неравномерном движении лапы. Предполагаем, что в данный момент времени все лапы орудия (или хотя бы две смежных) отклонились на одинаковую величину (рис. 5).

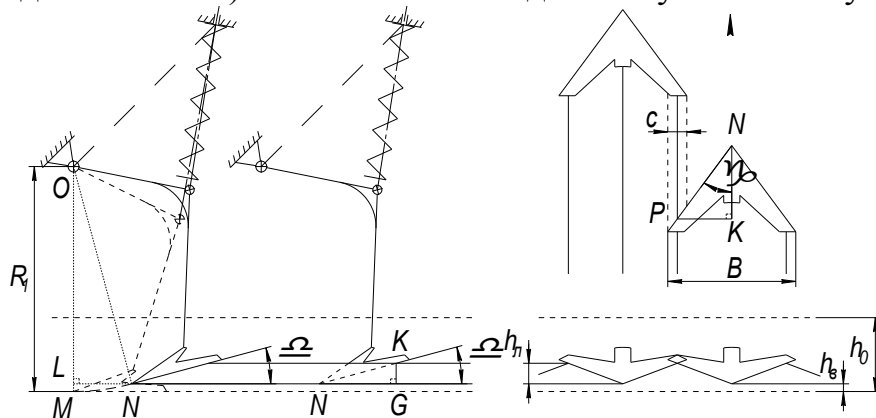


Рис. 5. Схема к определению неравномерности глубины обработки

При этом глубина обработки уменьшится за счет поворота стойки на величину  $h_b$ , за счет поворота лапы и образования гребнистого дна борозды на величину  $h_n$  (рис. 6):

$$\Delta h = h_b + h_n = 2R_1 \cdot \sin^2 \frac{\delta}{2} + \frac{B-c}{2 \operatorname{tg} \gamma} \sin \delta, \quad (12)$$

где  $c$  – величина перекрытия между соседними лапами.

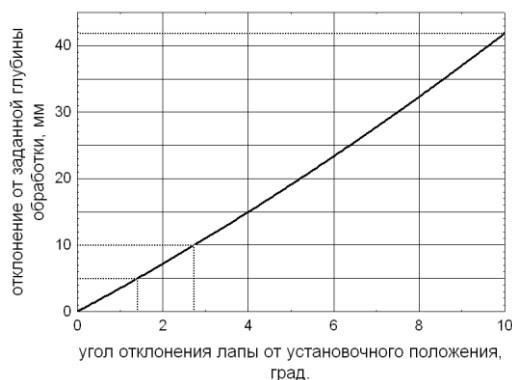


Рис. 6. Отклонение от заданной глубины обработки почвы  $\Delta h$

Кроме величины выглубления  $\Delta h$ , лапа выглубляется из-за наличия затылочной фаски и неравномерного распределения твердости почвенного массива. В результате, с увеличением износа увеличивается площадь затылочной фаски, что затрудняет заглубление рабочего органа в почву. Поэтому наибольшая величина выглубления должна складываться из  $\Delta h$  и выглубления от действия затылочной фаски, причем последнее будет оказывать, большее влияние на неравномерность глубины обработки, что требует экспериментальной проверки.

**В третьей главе** представлена общая методика экспериментальных исследований, включающая:

- 1 выявление закономерностей изменения параметров стрельчатых лап в динамике;

- 2 определение влияния параметров стрельчатых лап на качество посева и урожайность яровой пшеницы;
- 3 определение влияния параметров стрельчатых лап на тяговое сопротивление;
- 4 анализ полученных результатов, определение эффективности использования стрельчатых лап при посеве.

Определение изменения параметров стрельчатых лап в динамике осуществлялось на посеве яровой пшеницы по стерневому агрофону агрегатом К-700А+5СЗС-2,1 через 3-5 га наработки до полного износа с помощью методики «гипсовых слепков». Оценка параметров состояния почвы, агротехнических показателей и биологической урожайности проводилась по стандартным методикам.

Для изучения влияния параметров стрельчатых лап на тяговое сопротивление и проверки теоретических выводов о его взаимосвязи с размерами затылочной фаски, была изготовлена экспериментальная установка (рис. 7).

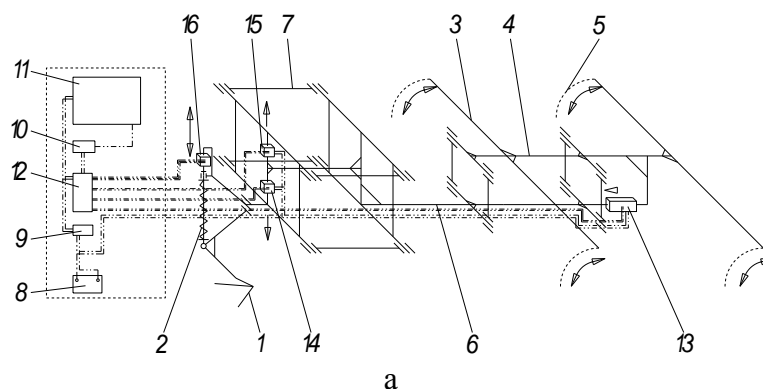


Рис. 7. Экспериментальная установка:

а – принципиальная схема; б – проведение эксперимента по определению тягового сопротивления рабочих органов; 1 – стойка с рабочим органом; 2 – пружина предохранителя рабочего органа; 3 – поперечная несущая балка; 4 – продольная несущая балка; 5 – траектория балок при регулировке глубины обработки почвы; 6 – балка механизма нагружения датчика 13; 7 – механизм нагружения датчиков 14 и 15; 8 – аккумуляторная батарея; 9 – преобразователь напряжения; 10 – преобразователь интерфейса; 11 – компьютер; 12 – аналоговый модуль ввода (АЦП); 13, 14, 15 – тензодатчики; 16 – датчик перемещения.

Экспериментальная установка состоит из стойки сеялки СЗС-2,1, к которой крепится опытный рабочий орган, двух параллелограммных механизмов, нагружающих тензодатчики в горизонтальном и вертикальном направлении,

электронного блока, позволяющего записывать изменения сигналов датчиков через АЦП в компьютер.

Определение тягового сопротивления проводилось для стрелчатых лап изношенных в реальных условиях, а также согласно плану факторного эксперимента, для специально изготовленных лап (таблица 1).

Таблица 1

Факторы и уровни их варьирования

Наименование фактора	Обозначение		Интервал варьирования	Значения факторов соответствующим уровням		
				-1	0	+1
Ширина крыла, мм	$b$	$X_1$	12,5	27	39,5	52
Радиус носка, мм	$r$	$X_2$	15	5	20	35
Толщина лезвия, мм	$t$	$X_3$	2,0	0,5	2,5	4,5

**В четвертой главе** приведены результаты оценки параметров стрелчатых лап в динамике в зависимости от состояния почвы (таблица 2) и способа изготовления лапы (таблица 3).

Установлено, что характер изменения параметров стрелчатых лап, независимо от различающихся условий, одинаков. Однако существует значительная разница в интенсивности изменения параметров. Она зависит от состояния обрабатываемого слоя почвы, и при более сухих и твердых почвах выше в 1,5-2,5 раза по таким параметрам как линейный износ крыла, толщина лезвия, ширина затылочной фаски (рис. 8, 10, 11). Изменение радиуса носка и угла затылочной фаски при изнашивании незначительно различаются в зависимости от состояния почвы (рис. 9, 12), а интенсивность практически одинакова, что говорит о большей зависимости этих параметров от типа почвы, а не от ее состояния.

Таблица 2

Средние значения показателей состояния обрабатываемого слоя почвы

Состояние	Твердость почвы, МПа	Объемный вес почвы, кН/м <sup>3</sup>	Влажность почвы, % об.
1	1,82	12,5	17,5
2	1,55	11,9	22,5

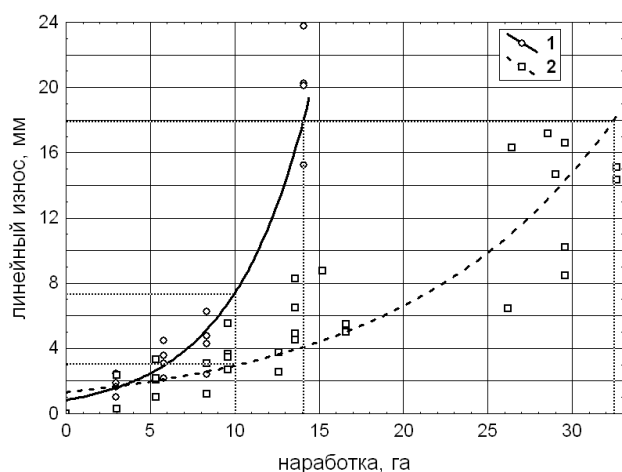


Рис. 8. Линейный износ крыла

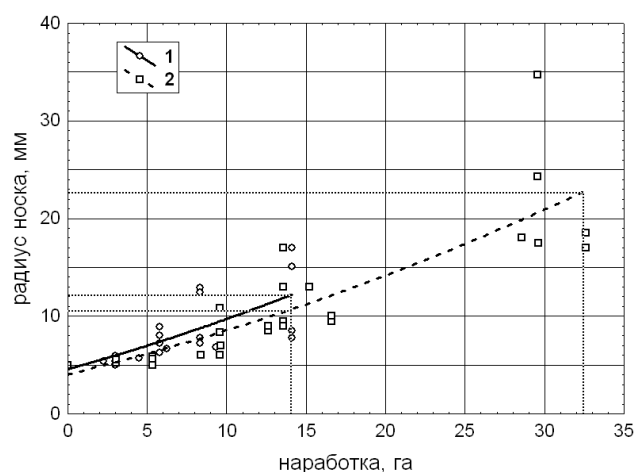


Рис. 9. Изменение радиуса носка

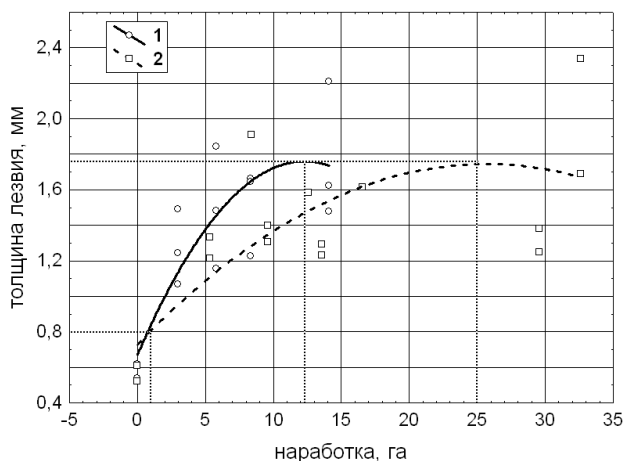


Рис. 10. Толщина лезвия

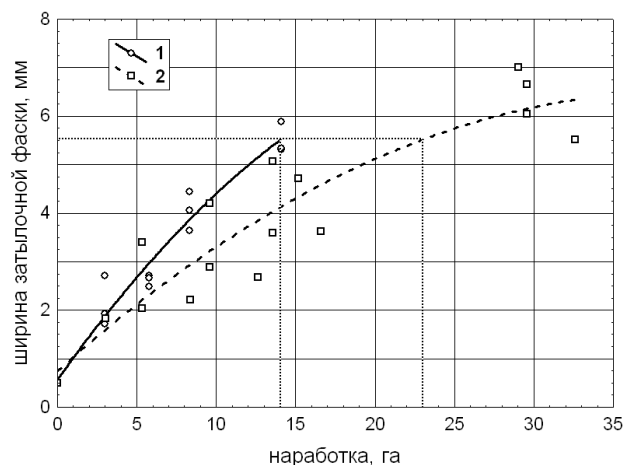


Рис. 11. Ширина затылочной фаски

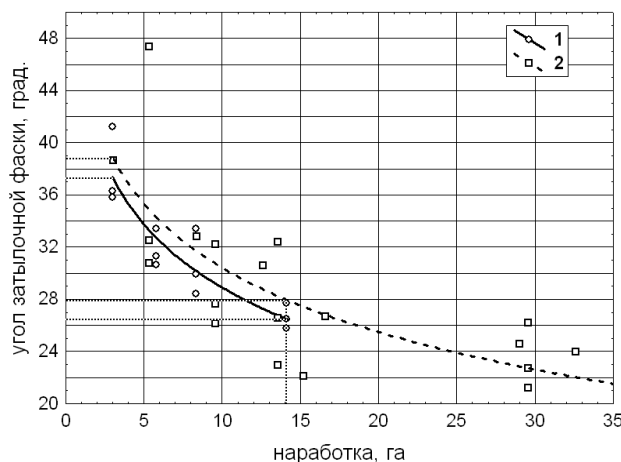


Рис. 12. Угол затылочной фаски

Таблица 3

## Технические характеристики испытываемых стрелчатых лап

Условная маркировка	Исполнение	Марка стали	Упрочнение	Средняя твердость, HRC <sub>3</sub>
А	сварная	50ХГА	электроискровое верхней грани	25
В	штампованая	65Г	индукционная наплавка нижней грани	24/52*
Е	штампованая	50ХГА	электроискровое верхней грани	22

Примечание: \*Твердость наплавленного слоя.

Сравнительная оценка стрелчатых лап, изготовленных различным способом (рис. 13-17), показала, что лапы с электроискровым упрочнением А и Е имеют одинаковый характер изменения по всем параметрам. По радиусу носка преимущество имеют лапы типа А, сварной конструкции, так как сварной шов носка содержит твердый сплав. По ширине крыла и затылочной фаски значительное преимущество имеют лапы с индукционной наплавкой типа В. Однако у этих лап изначально завышена толщина лезвия (около 2 мм), в процессе работы она не достигает величины, требуемой для 100 %-го подрезания сорняков (не более 0,8 мм). Носок рабочих органов В имеет одинаковую износостойкость с крыльями, поэтому при наработке 12-15 га он приобретает форму арки, из-за чего требует выбраковки. Характер изменения

угла затылочной фаски одинаков, поскольку большее влияние на его изменение оказывают почвенно-климатические условия.

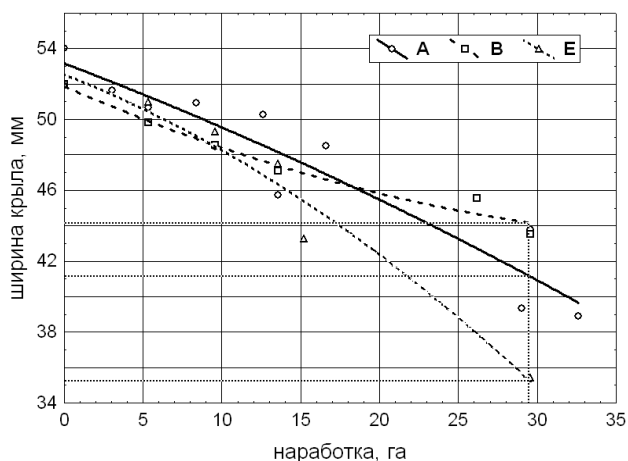


Рис. 13. Ширина крыла

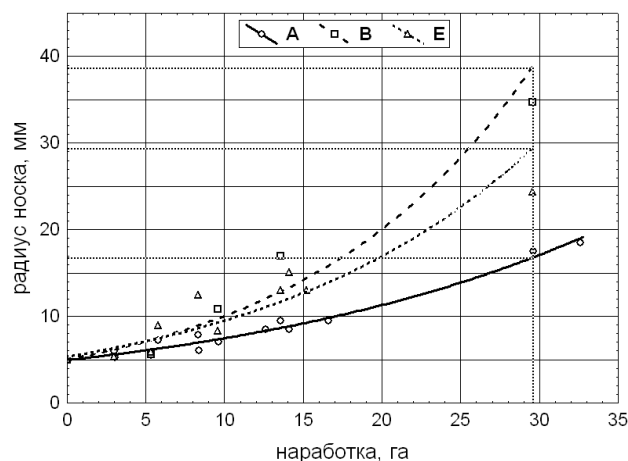


Рис. 14. Радиус носка

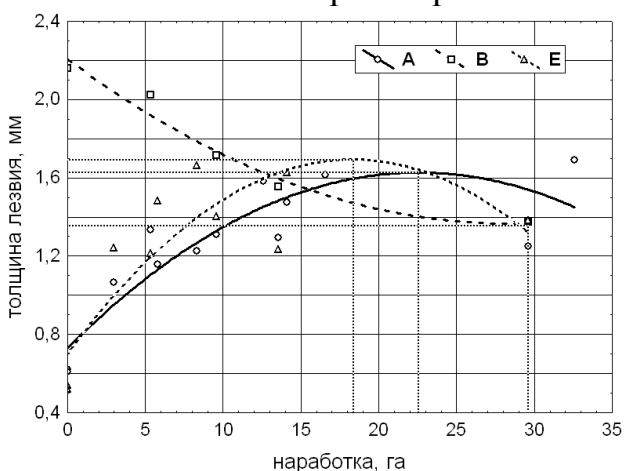


Рис. 15. Толщина лезвия

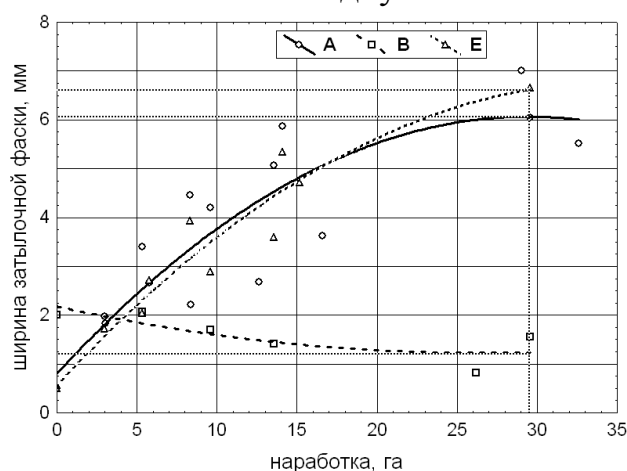


Рис. 16. Ширина затылочной фаски

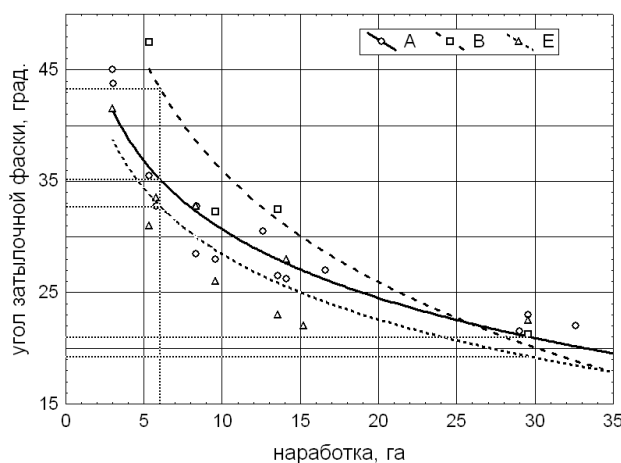


Рис. 17. Угол затылочной фаски

По результатам агротехнической оценки установлено, что на глубину заделки семян и ее равномерность большое влияние оказывает затылочная фаска (рис. 18).

При уменьшении угла затылочной фаски по мере увеличения наработки лап уменьшается глубина заделки семян. При этом возрастает ее неравномерность.

Не установлено значимого влияния изменения параметров лап на качество крошения. Этот показатель в большей степени зависит от состояния почвы.

Оценка биологической урожайности яровой пшеницы, в зависимости от степени износа лап, показала, что с уменьшением угла затылочной фаски при увеличении наработки урожайность снижается (рис. 19)

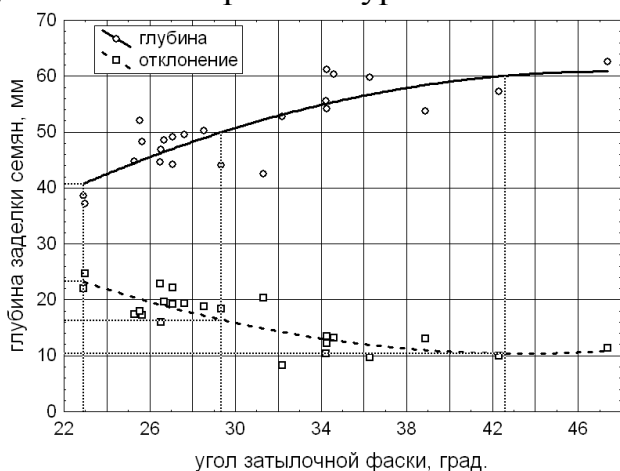


Рис. 18. Глубина заделки семян и ее равномерность

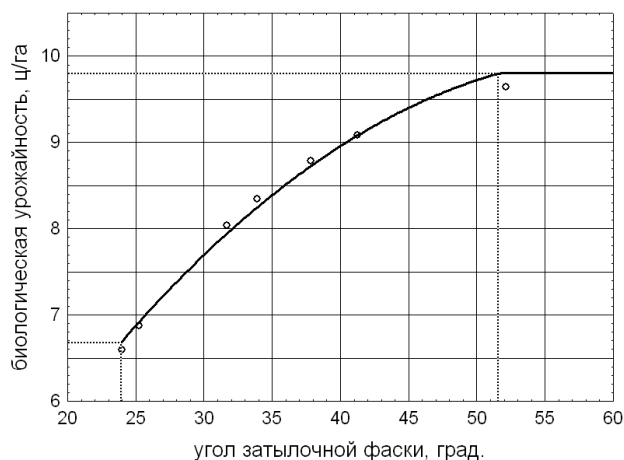


Рис. 19. Зависимость урожайности пшеницы от угла затылочной фаски

Для оценки влияния изменения параметров стрелчатой лапы на тяговое сопротивление был поставлен факторный эксперимент. В результате получена регрессионная модель:

$$\left\{ \begin{aligned} Y &= 178,775 - 4,744 \cdot X_1 + 3,546 \cdot X_2 + 13,233 \cdot X_3 + 4,440 \cdot X_1 \cdot X_2 - 3,614 \cdot X_1 \cdot X_3 - \\ &- 2,367 \cdot X_2 \cdot X_3 + 1,165 \cdot X_1 \cdot X_2 \cdot X_3 + 31,190 \cdot X_1^2 - 11,365 \cdot X_2^2 - 2,407 \cdot X_1^2 \cdot X_2 + \\ &+ 1,528 \cdot X_1^2 \cdot X_3 + 3,458 \cdot X_1 \cdot X_3^2 + 4,041 \cdot X_2^2 \cdot X_3 - 2,958 \cdot X_2 \cdot X_3^2 + 5,045 \cdot X_1^2 \cdot X_2 \cdot X_3 - \\ &- 3,257 \cdot X_1 \cdot X_2 \cdot X_3^2 - 3,804 \cdot X_1^2 \cdot X_2^2 \cdot X_3 + 4,528 \cdot X_1^2 \cdot X_2 \cdot X_3^2 - 4,145 \cdot X_1 \cdot X_2^2 \cdot X_3^2 - \\ &- 7,414 \cdot X_1^2 \cdot X_2^2 \cdot X_3^2 + 8,403 \cdot X_2^2 \cdot X_3^2, \\ X_1 &= \frac{b-39,5}{12,5}, \quad X_2 = \frac{r-20}{15}, \quad X_3 = \frac{t-2,5}{2}. \end{aligned} \right. \quad (13)$$

Исследование влияния факторов на тяговое сопротивление  $R_X$  позволило получить следующие результаты (таблица 4).

Таблица 4

Сочетание факторов для минимума тягового сопротивления лапы

b, мм	r, мм	t, мм	$R_X$ , кН
40	35	0,5	1,61

Анализ поверхности отклика изменения тягового сопротивления при ширине крыла 40 мм (рис. 20) показывает, что при остром лезвии (0,5 мм) увеличение радиуса носка от 5 до 20 мм повышает тяговое сопротивление на 6-8 %, а при затупленном лезвии (4,5 мм) – уменьшает на 4-6 %. Независимо от радиуса носка увеличение толщины лезвия от 0,5 до 2,5 мм увеличивает сопротивление на 12-15 %.

Изменение тягового сопротивления при радиусе носка 35 мм анализировать нецелесообразно, т.к. при этом нарушаются агротехнические показатели посева. У лап сварного типа при изнашивании радиус практически не меняется. При фиксированном радиусе носка 5 мм, поверхность отклика

(рис. 21) имеет выраженный минимум тягового сопротивления при толщине лезвия (0,5 мм) и ширине крыла 38-40 мм. Уменьшение ширины крыла до 27 мм, при неизменной глубине обработки, приводит к возрастанию тягового сопротивления, что обусловлено увеличением сопротивления хвостовика лапы. При максимальной ширине крыла (52 мм) и толщине лезвия 0,5 мм, тяговое сопротивление на 17 % выше минимума. Затупление лезвия от 0,5 до 4,5 мм приводит к увеличению тягового сопротивления на 14-17 %.

Поверхность отклика при толщине лезвия равной 0,5 мм (рис. 22) имеет максимум тягового сопротивления (на 16-17 % больше чем у новой лапы) при наибольшей ширине крыла и радиусе носка 20-25 мм. Это обусловлено увеличением сопротивления внедрению лезвия, при малом изменении глубины обработки, за счет образования арочной формы носка. Увеличение радиуса более 25 мм ведет к уменьшению сопротивления (на 9-10% от максимума), так как уменьшается глубина обработки носком лапы.

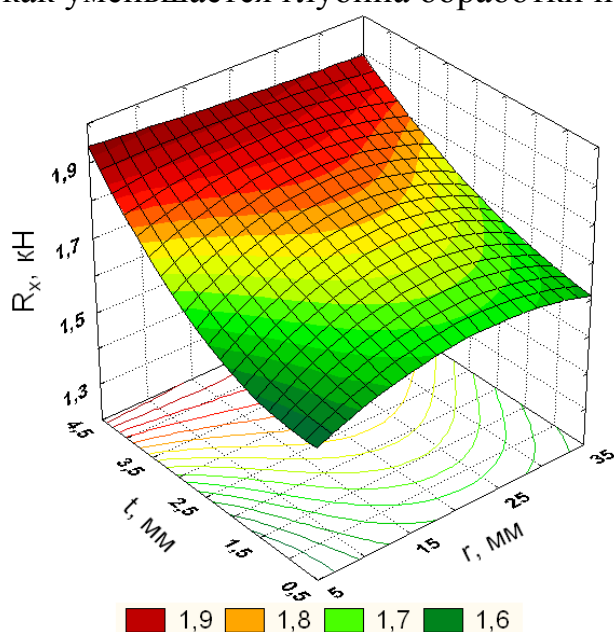


Рис. 20. Ширина крыла 40 мм

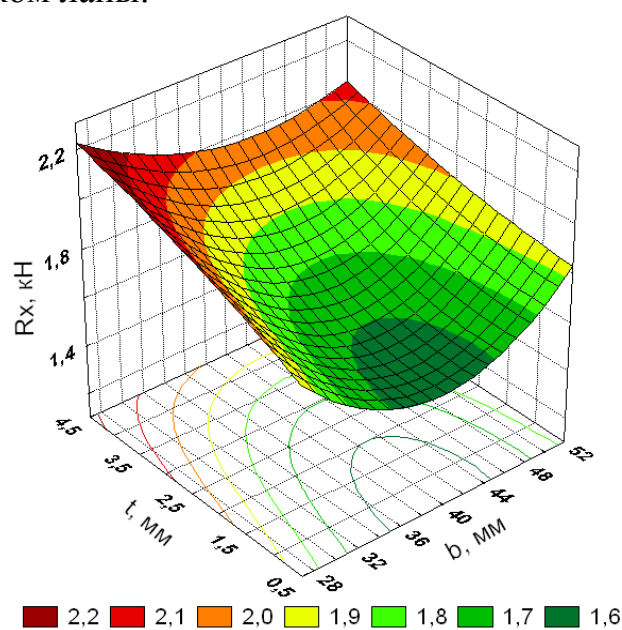


Рис. 21. Радиус носка 5 мм

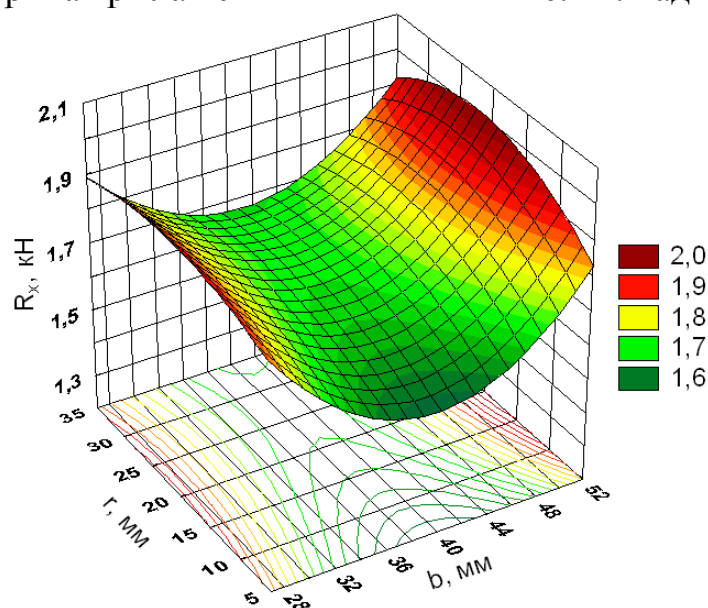


Рис. 22. Толщина лезвия 0,5 мм



Обработка результатов исследований влияния изменения параметров стрелчатых лап на тяговое сопротивление показала, что в большей степени повышают тяговое сопротивление толщина лезвия и закругление носка. При уменьшении ширины крыла наблюдается снижение тягового сопротивления.

Результаты экспериментов показывают наличие взаимосвязи горизонтальной составляющей тягового сопротивления  $R_x$  с углом затылочной фаски (рис. 23). Зависимость имеет крутопадающий характер, в отличие от теоретической. Это обусловлено влиянием на тяговое сопротивление не только затылочной фаски, но и других параметров лап, зафиксировать которые на определенном уровне не представлялось возможным. Тем не менее, характер изменения тягового сопротивления совпадает с теоретическим.

Уменьшение угла затылочной фаски приводит к увеличению тягового сопротивления за счет увеличения давления затылочной фаски на дно борозды, что увеличивает вертикальную (выглубляющую) составляющую тягового сопротивления (рис. 23) и силу трения.

Увеличение вертикальной (выглубляющей) составляющей тягового сопротивления  $R_z$  приводит к повышению неравномерности глубины заделки семян (рис. 24), что подтверждает теоретические выводы.

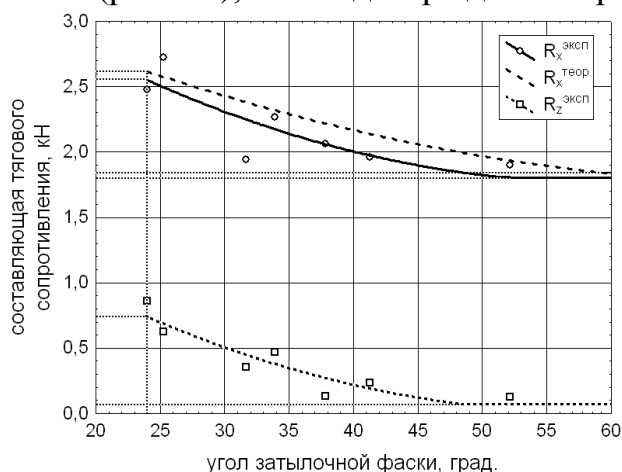


Рис. 23. Зависимость составляющих тягового сопротивления от угла затылочной фаски

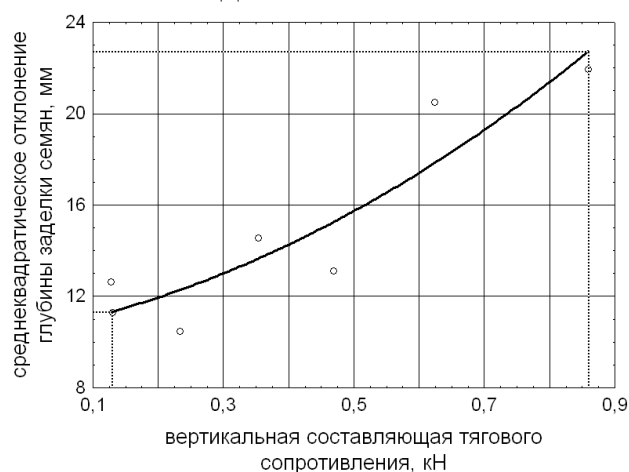


Рис. 24. Зависимость равномерности глубины заделки семян от  $R_z$

**В пятой главе** разработаны рекомендации по повышению эффективности использования стрелчатых рабочих органов сеялки СЗС-2,1. Поскольку основное отрицательное влияние на агротехнические и энергетические показатели стрелчатых лап оказывает образующаяся при работе затылочная фаска, рекомендуется проводить периодическое восстановление режущей кромки лапы до исходного состояния с помощью способа локального нагрева детали до пластического состояния трением о нее роликового инструмента. Применение стрелчатых лап без контроля их параметров в процессе посева приводит к потерям урожая зерновых культур до 30%. Сравнительная технико-экономическая оценка при поддержании параметров лезвия и без него для конкретных условий показала, что в первом случае можно получить экономию 220 руб./га при трехкратном заточивании лап за ресурсный период (30 га).

## ОБЩИЕ ВЫВОДЫ

1. Анализ взаимодействия рабочих органов с почвой, показал, что практически отсутствуют данные о влиянии изменения параметров стрельчатых лап при посеве по минимальным технологиям на показатели качества посева и урожай.
2. Существенное влияние на интенсивность изнашивания оказывают состояние почвы, способ изготовления стрельчатых лап. При средней влажности почвы 17,5 % износ в 1,5-2,5 раза больше, чем при влажности 22,5 %. Изменения радиуса носка у сварных лап практически не происходит в процессе работы. Тогда как носок наплавленных лап достигает предельного состояния при наработке 12-15 га. При этом угол затылочной фаски, образующейся при работе, не зависит от способа упрочнения и состояния почвы.
3. Установлено влияние угла затылочной фаски на глубину и равномерность заделки семян. С уменьшением угла затылочной фаски от 47 до 23° глубина заделки снизилась на 21 %, а неравномерность увеличилась в 3,0-3,5 раза. Значимого влияния износа рабочего органа на качество крошения почвы не обнаружено.
4. Экспериментально установлено, что уменьшение ширины крыла лапы до 38-40 мм снижает тяговое сопротивление, а увеличение радиуса носка лапы и толщины лезвия повышает тяговое сопротивление. Установлено влияние угла затылочной фаски естественно изношенных лап на тяговое сопротивление. Уменьшение угла затылочной фаски до 25° ведет к увеличению горизонтальной составляющей тягового сопротивления, по сравнению с неизношенными лапами на 39 %, а вертикальной составляющей (выглубляющей) на 0,6-0,8 кН.
5. Для повышения стабильности работы стрельчатых лап необходимо проводить их заточку при уменьшении ширины крыла на 2,5-3,0 мм. Установлено, что при превышении этого значения на лезвие крыла стрельчатой лапы образуется затылочная фаска, наличие которой приводит к нарушению равномерности глубины заделки семян и переуплотнению посевного ложе. Трехкратное устранение затылочной фаски за ресурсный период (30 га) позволило получить экономию при посеве яровой пшеницы 220 руб./га за счет стабильной работы лап.

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

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

1. Беляев В.И. Влияние параметров износа рабочих органов сеялки-культиватора на качество посева и урожайность яровой пшеницы [Текст] / В.И. Беляев [и др.] // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2009. – № 7(57). – С. 50-53.

2. Беляев В.И. Обоснование влияния тягового сопротивления на параметры износа стрельчатых рабочих органов [Текст] / В.И. Беляев [и др.] // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2009. – №10(60). – С. 92-95.

*Публикации в описаниях на изобретения, сборниках научных трудов*

1. Кривочуров Н.Т. К обоснованию предельного состояния стрельчатых лап [Текст] / Н.Т. Кривочуров, В.В. Иванайский, А.С. Шайхудинов // Аграрная наука в XXI веке: проблемы и перспективы: мат. 3-й всерос. науч.-практ. конф. – Саратов: ИЦ Наука, 2009. – С.189-190.
2. Кривочуров Н.Т. Исследование влияния наноконплексов (TiCN) на микротвердость твердого сплава [Текст] / Н.Т. Кривочуров, В.В. Иванайский, А.С. Шайхудинов // Перспективы развития nanoиндустрии Алтая. Анализ состояния патентно-лицензионной деятельности нанотехнологической сети региона: мат. 1-й регион. науч.-практ. конф. – Бийск: ФГУП «ФНПЦ «Алтай». – С. 44-45.
3. Плоскорежущий рабочий орган для обработки почвы [Текст]: пат. №2366139 Рос. Федерация: МПК А01В 35/20, А01В 15/04 / Кривочуров Н.Т., Бехтер Е.Н., Иванайский В.В., Шайхудинов А.С.; заявитель и патентообладатель Кривочуров Николай Тихонович; заявл. 05.05.2004; опубл. 10.09.09, Бюл.№25. – 7 с.

ЛР №020648 от 16 декабря 1997 г.

Подписано в печать \_\_. \_\_.20\_\_ г. Формат 60×84/16. Бумага для множительных аппаратов. Печать ризографная. Гарнитура «Times New Roman». Усл. печ. л. 1,0. Тираж 100 экз. Заказ № \_\_\_\_.

Издательство АГАУ,  
656049, г. Барнаул, пр. Красноармейский, 98,  
тел. 62-84-26