

БЕЛОРУССКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ  
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ

УДК 631.312.021.4: 631.512 (043.3)

Дубень Игорь Викторович

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА  
ВСПАШКИ КОРПУСАМИ С ПЛАСТИНЧАТЫМИ ОТВАЛАМИ**

Специальность 05.20.01 – технологии и средства  
механизации сельского хозяйства по техническим наукам

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

Горки – 2002

Работа выполнена в Белорусской государственной сельскохозяйственной академии (БГСХА)

Научный руководитель: доктор технических наук, профессор  
А. В. КЛОЧКОВ  
БГСХА, кафедра сельскохозяйственных машин

Официальные оппоненты: доктор технических наук, профессор  
З. В. ЛОВКИС  
Белорусский научно-исследовательский институт  
пищевой промышленности

доктор технических наук, профессор  
А.М. КОНОНОВ  
БГСХА, кафедра тракторов и автомобилей

Оппонирующая организация: Белорусский государственный  
аграрный технический университет

Защита состоится 31 мая 2002 г. в 10 ч.  
на заседании совета по защите диссертаций Д 05.30.02  
в Белорусской государственной сельскохозяйственной академии  
по адресу: 213410, г. Горки, ул. Мичурина, 5, БГСХА

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке БГСХА

Автореферат разослан 30 апреля 2002 г.

Ученый секретарь  
совета по защите диссертаций

профессор Н.В. Чайчиц

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность темы.** Отвальная вспашка является наиболее распространенным способом основной обработки почв в Республике Беларусь и в других странах. По сравнению с безотвальными способами почвообработки она обладает рядом преимуществ, важнейшим из которых является возможность заделки растительных остатков. Вместе с тем отвальной вспашке присущи существенные недостатки – высокая энергоемкость и большие затраты труда на ее проведение, сохраняется необходимость интенсивных дополнительных операций при подготовке почвы к посеву или посадке. Основные направления совершенствования технологического процесса вспашки связаны с повышением качества обработки почвы и снижением энергетических затрат.

Качество вспашки и удельный расход топлива зависят от конструкции и параметров применяемых плужных корпусов. Широкое распространение за рубежом получают корпуса с неслошной лемешно-отвальной поверхностью (ЛОП), которые характеризуются повышением качества крошения почвы до 15 %. Снижение энергозатрат отмечается только на влажных залипающих почвах, на сухих почвах наблюдается увеличение тягового сопротивления плуга.

Среди известных конструкций рядом преимуществ обладает плужный корпус с изогнутыми пластинами отвала, который оказывает интенсивное воздействие на почвенный пласт благодаря увеличенным кривизне пластин и ширине промежутков между ними. Однако известные методы проектирования изогнутых пластин не позволяют однозначно определять их форму, результатов исследований недостаточно для обоснованного выбора параметров пластинчатого отвала. Влияние геометрических параметров изогнутых пластин на агротехнические и энергетические показатели вспашки также нуждается в изучении.

В связи с вышеизложенным, проведение исследований по совершенствованию технологического процесса вспашки корпусами с изогнутыми пластинами отвала является актуальной задачей.

**Связь работы с научными программами, темами.** Работа выполнена в соответствии с планами НИОКР БСХА, а также совместно с Могилевским заводом «Строммашина» по теме «Разработка и внедрение конструкции плужного корпуса с пластинчатым отвалом» и Минским заводом шестерен по теме «Внедрение конструкции корпуса плуга с пластинчатым отвалом и авторский надзор за производством» в 1995-2000 гг.

**Цель работы** – повышение качества вспашки и снижение энергозатрат при использовании плужных корпусов с пластинчатыми отвалами.

Задачи исследований включают:

- изучение закономерностей взаимодействия пластинчатого отвала с почвой;
- разработку пластинчатого отвала с цилиндрической формой рабочей поверхности пластин;
- обоснование параметров пластинчатого отвала;
- исследование влияния параметров пластинчатой лемешно-отвальной поверхности и режимов вспашки на ее агротехнические и энергетические показатели;
- экономическую оценку применения плугов, оснащенных корпусами с пластинчатыми отвалами.

**Объект и предмет исследований** – технологический процесс взаимодействия пластинчатой лемешно-отвальной поверхности с почвой; серийные и экспериментальные плужные корпуса.

**Методы проведения исследований.** Теоретические исследования проводились с использованием методов моделирования геометрических поверхностей, механики грунтов и математического моделирования. Полевые исследования плужных корпусов проводились по частным методикам, разработанным на основании соответствующих отраслевых стандартов. Энергетические показатели плужных корпусов определялись путем тензометрирования в полевых условиях. Необходимые расчеты выполнялись на ЭВМ с использованием электронных таблиц Microsoft Excel, языков программирования Quick Basic и Visual Basic.

**Научная новизна и значимость полученных результатов.** Установлены основные закономерности взаимодействия пластинчатой лемешно-отвальной поверхности с почвенным пластом. Разработана методика расчета пластинчатой лемешно-отвальной поверхности с цилиндрической формой рабочей поверхности пластин отвала. Получены математические модели, характеризующие влияние параметров пластинчатого отвала на деформацию почвы и перемещение пласта, агротехнические и энергетические показатели вспашки. Предложены методики теоретического обоснования размеров пластин и промежутков между ними.

**Практическая значимость результатов исследований.** Определены рациональные значения параметров отвала, обеспечивающие улучшение крошения почвы в среднем на 10,8 % при требуемой заделке растительных остатков, уменьшение глубистости в 1,9...14,8 раза и снижение удельного тягового сопротивления в среднем на 8,8 % по сравнению с базовым полувинтовым корпусом ПЛП-01. Снижение массы корпуса составляет 13 %, что обеспечивает уменьшение массы 3-5-корпусных плугов общего назначения на 3,8...5,7 %.

Результаты исследований приняты к практическому использованию для проектирования и изготовления новых конструкций плужных корпусов на Минском заводе шестерен, Могилевском заводе «Строммашина» и ОАО «Шкловская райагропромтехника». Осуществлена производственная проверка корпусов с пластинчатыми отвалами в хозяйствах Могилевской области.

**Экономическая значимость полученных результатов.** При использовании корпусов с пластинчатыми отвалами на плугах общего назначения снижение расхода топлива на вспашку составляет 3,8...5,0 %. Экономия эксплуатационных затрат в системе обработки почвы под озимые культуры обусловлена улучшением крошения почвы при вспашке и достигает 21,6 тыс. руб./га.

**Основные положения диссертации, выносимые на защиту:** методика расчета пластинчатой лемешно-отвальной поверхности с цилиндрической формой рабочей поверхности пластин; математические модели, характеризующие влияние параметров пластинчатого отвала на деформацию почвы и перемещение пласта; методики теоретического обоснования размеров пластин и промежутков между ними; рациональные значения параметров пластинчатого отвала; результаты полевых исследований влияния параметров отвала и режимов вспашки на ее агротехнические и энергетические показатели.

**Личный вклад соискателя.** На основе анализа формы рабочей поверхности известных пластинчатых отвалов соискатель разработал методику расчета пластинчатой лемешно-отвальной поверхности с цилиндрической формой рабочей поверхности пластин; предложил математические модели, адекватно описывающие закономерности взаимодействия пластинчатого отвала с почвой; разработал методики теоретического обоснования ширины пластин и промежутков между ними, а также максимальной длины пластин отвала; теоретически и экспериментально обосновал основные параметры пластинчатого отвала; провел экспериментальные исследования влияния параметров пластинчатого отвала и режимов вспашки на ее агротехнические и энергетические показатели.

**Апробация результатов работы.** Основные положения и результаты исследований доложены и обсуждены на II Республиканской научно-технической конференции «Моделирование сельскохозяйственных процессов и машин» (БАТУ, г. Минск, 1996 г.), научно-технической конференции «Современные технологии в АПК» (БАТУ, г. Минск, 1997 г.), Международной научно-практической конференции, посвященной 70-летию академика С.И. Назарова (БСХА, г. Горки, 1998 г.), IV Международной научной конференции студентов и аспирантов (БСХА, г. Горки, 1998 г.), Республиканской конференции студентов и аспирантов (ГТУ, г. Гродно, 1998 г.), конференции профессорско-преподавательского состава и аспирантов СПГАУ (г. Пушкин, 1998 г.), III Международном коллоквиуме МАМПАЭИ (IAMFE) «Полевые эксперименты – для устойчивого землепользования» (СПГАУ, г. Пушкин, 1999 г.), Международной научно-практической конференции, посвященной 160-летию БГСХА и памяти академика С.И. Назарова (БГСХА, г. Горки, 2000 г.).

**Опубликованность результатов.** По теме диссертационной работы опубликовано 10 печатных работ, в том числе научных статей – 1, материалов научно-практических конференций – 8, в том числе международных – 6. Опубликовано заявка на авторское свидетельство № А19980901.

**Структура и объем диссертации.** Диссертационная работа состоит из введения, общей характеристики работы, пяти глав, заключения, списка использованных источников (139 наименований, в том числе 7 – на иностранных языках) и 20 приложений на 37 страницах. Диссертационная работа изложена на 171 странице машинописного текста, включает 70 рисунков и 38 таблиц.

## ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

**Во введении и общей характеристике работы** дана общая оценка проблемы, обоснована актуальность темы, приведена общая характеристика работы.

**В первой главе** «Состояние вопроса и задачи исследований» рассмотрены основные направления совершенствования плужных лемешно-отвальных корпусов; обоснована конструкция корпуса с пластинчатым отвалом; сформулированы цель и задачи исследований.

Проведенный анализ научно-технической и патентной литературы позволил выявить двуединую задачу в развитии технологического процесса вспашки и кон-

струкций плугов – повышение качественных показателей вспашки и снижение ее энергоемкости. Показатели работы плугов определяются конструкцией и параметрами основных рабочих органов – плужных корпусов, их соответствием типу почвы и целям обработки.

История развития и совершенствование конструкций плугов тесно связаны с именами В.П. Горячкина, Н.Д. Лучинского, Л.В. Гячева, Н.В. Щучкина, А.Д. Хорошилова, М.Е. Мацепуро, Ю.Ф. Новикова, А.Т. Вагина, Л.Д. Тураева, А.А. Лептева, А.В. Клочкова, А.В. Короткевича, И.М. Асябрика, А.Н. Чайчица, С.Я. Худякова и других исследователей. Современные направления совершенствования конструкций плужных корпусов можно разделить на три группы: совершенствование сплошной ЛОП; применение несплошной лемешно-отвальной поверхности; использование дополнительных рабочих органов. Основными критериями эффективности применяемых конструктивных решений являются качество крошения и заделки растительных остатков в соответствии с агротехническими требованиями, а также степень снижения энергозатрат.

В настоящее время широкое распространение находят корпуса с несплошной ЛОП, обладающие следующими преимуществами:

- при относительной простоте конструкций возможно повышение качества вспашки и снижение энергозатрат;
- сокращение площади рабочей поверхности способствует снижению непродуктивных энергозатрат и рациональному использованию металла;
- возможна разработка сменных и регулируемых пластинчатых отвалов для оснащения серийных плужных корпусов;
- возможно сочетание с другими конструктивными решениями (антифрикционные материалы, вибрация, дополнительные рабочие органы и др.), способствующими повышению технологических и агротехнических показателей вспашки.

Пластинчатые отвалы плугов, выпускаемых за рубежом фирмами «Lemken», «Rabewerk», «Kwerneland» и другими, в основном получены путем разделения сплошной ЛОП промежутками на отдельные элементы. Форма рабочей поверхности такого отвала несущественно отличается от формы сплошного отвала базового корпуса, ограничение ширины промежутков обусловлено стремлением предотвратить просыпание почвенных комков в борозду. В результате пластинчатый отвал взаимодействует с почвенным пластом аналогично сплошному отвалу, повышение качества крошения почвы не превышает 15%. Снижение энергозатрат установлено лишь на влажных залипающих почвах, на суглинках и сухих почвах отмечен рост удельного тягового сопротивления корпусов на 10...16%.

Эффективность применения пластинчатой ЛОП существенно повышена в конструкции корпуса с изогнутыми пластинами отвала, что становится возможным благодаря увеличенной кривизне пластин и ширине промежутков между ними. Это позволяет повысить интенсивность воздействия отвала на почвенный пласт, в результате крошение почвы улучшается в среднем на 11% при существенном снижении тягового сопротивления по сравнению с серийным корпусом со сплошной ЛОП. Однако известных результатов исследований недостаточно для обоснованного

выбора параметров пластинчатого отвала, использованный способ задания формы пластин продольной и поперечной изогнутостью на участках их длины сложен в практическом использовании и не обеспечивает необходимой точности.

На основании вышеизложенного конструкция корпуса с изогнутыми пластинами отвала была принята для исследований. Разработанная конструкция пластинчатого отвала предполагает его формирование из сплошной части – груди, форма которой идентична груди сплошного отвала базового корпуса, и разделенных промежутками пластин с одинаковым способом образования рабочей поверхности, но индивидуальными параметрами. С учетом результатов анализа состояния вопроса определены дальнейшие цели и задачи исследований.

**Во второй главе** «Обоснование геометрических параметров плужного корпуса с пластинчатым отвалом» предложены математические выражения для расчета пластинчатой лемешно-отвальной поверхности с цилиндрической формой пластин; дан анализ взаимодействия пластинчатого отвала с почвенным пластом; теоретически обоснованы ширина пластин и промежутков между ними, а также допустимая длина пластин.

Геометрические параметры лемеха и сплошной части отвала, к которым прилегают изогнутые пластины, определяются способом построения ЛОП выбранного базового корпуса со сплошным отвалом. При базовой ЛОП цилиндрического типа координаты  $X$  и  $Y$  произвольной точки  $M$  рабочей поверхности лемеха и сплошной части отвала (рис. 1), расположенной на высоте  $Z$  относительно дна борозды, можно определить по выражениям:

$$\begin{cases} X = X_n(Z) + l \cdot \cos \gamma(Z); \\ Y = l \cdot \sin \gamma(Z), \end{cases} \quad (1)$$

где  $X_n(Z)$  – уравнение направляющей кривой, заданной в продольно-вертикальной плоскости  $XOZ$ ;

$l$  – длина горизонтальной образующей от направляющей кривой до точки  $M$ ;

$\gamma(Z)$  – зависимость угла  $\gamma$  наклона горизонтальной образующей к продольно-вертикальной плоскости  $XOZ$  от высоты  $Z$  ее расположения.

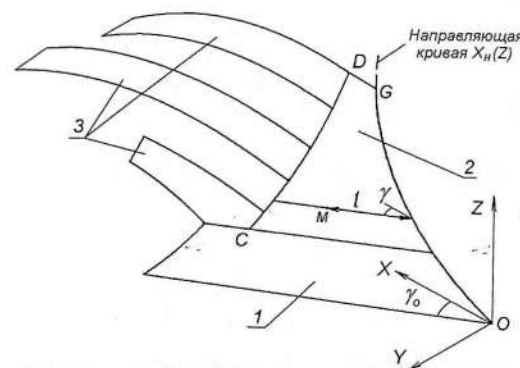


Рис. 1. Параметры произвольной точки  $M$  сплошной части пластинчатой ЛОП:  
1 – лемех; 2 – сплошная часть отвала;  
3 – пластины отвала;  $l$  и  $\gamma$  – длина горизонтальной образующей и угол ее наклона к плоскости  $XOZ$ ;  $\gamma_0$  – угол установки лезвия лемеха к плоскости  $XOZ$ .

Форма пластинчатой части отвала определяется параметрами кривизны пластин и их установочными параметрами на обресе сплошной груди отвала. На основе исследования формы известных вариантов отвалов с изогнутыми пластинами установлено, что рабочая поверхность пластин с достаточной точностью может быть аппроксимирована цилиндрической поверхностью. Предложен способ образования рабочей поверхности пластин отвала в виде совокупности винтовых линий на поверхности кругового несущего цилиндра радиусом  $R$  (рис. 2). Пластины с цилиндрической формой рабочей поверхности являются разворачивающимися, что способствует прилеганию пласта и предотвращению налипания почвы. Кроме того, винтовая форма образующих рабочей поверхности пластины целесообразна с точки зрения гипотезы крошения почвы (С.Я. Худяков, В.В. Бледных), согласно которой относительное движение элементов пласта по винтовым траекториям с различным шагом способствует созданию динамических разрушающих сил внутри пласта и его крошению.

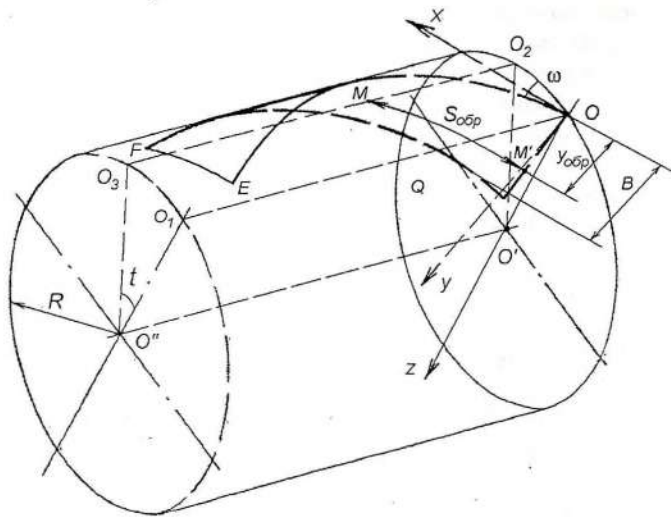


Рис. 2. Образование рабочей поверхности пластины отвала на основе круговой цилиндрической поверхности:  $B$  – ширина пластины;  $R$  – радиус несущего цилиндра;  $\omega$  – угол подъема винтовых линий;  $y_{обр}$  – координата текущей образующей;  $S_{обр}$  – длина винтовой образующей  $M'O$ .

Координаты произвольной точки  $M$  рабочей поверхности пластины в системе координат  $xyz$  (рис. 1) можно определить по выражениям:

$$\begin{cases} x = y_{обр} \operatorname{tg} \omega + R \cos \omega (\sin t + t \cdot \operatorname{tg}^2 \omega); \\ y = y_{обр} + R \sin \omega (t - \sin t); \\ z = R (1 - \cos t), \end{cases} \quad (2)$$

где  $t$  – угол поворота плоскости осевого сечения  $O'O''O_3O_2$  из начального положения  $O'O''O_1O$ , рад.:

$$t = \frac{S_{обр} - y_{обр} \operatorname{tg} \omega}{R \sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 \omega}}; \quad (3)$$

$S_{обр}$  – текущая длина винтовой образующей  $M'O$ , расположенной на расстоянии  $y_{обр}$  от верхнего ребра  $OE$  пластины, м.

В системе координат  $XYZ$  корпуса пространственное положение  $i$ -й пластины отвала определяют следующие параметры (рис. 3):

- угол  $\varepsilon_i$  наклона касательной плоскости, в которой лежит горизонтальная образующая  $G_iO_i$ , ко дну борозды;
- угол  $\gamma_i$  наклона горизонтальной образующей  $G_iO_i$  сплошной части отвала к продольно-вертикальной плоскости;
- высота  $Z_{oi}$  расположения образующей  $G_iO_i$  относительно дна борозды;
- длина  $l_i$  образующей груди  $G_iO_i$ ;
- угол  $\psi_i$  установки верхнего ребра  $O_iE_i$  пластины к образующей груди.

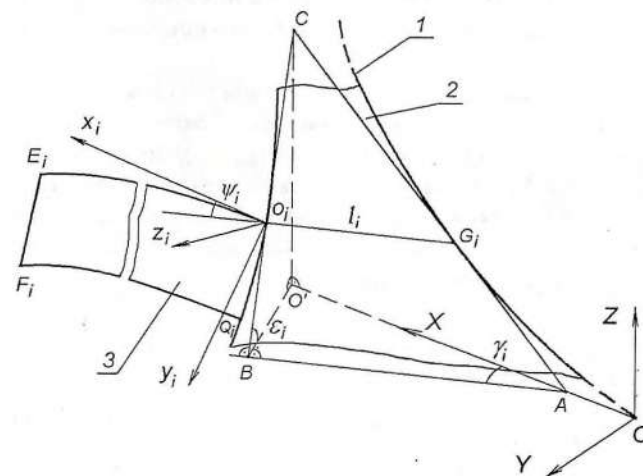


Рис. 3. Положение пластины в системе координат  $XYZ$  корпуса:  $ABC$  – касательная плоскость к сплошной части отвала в начальной точке  $O_i$   $i$ -й пластины; 1 – направляющая кривая в продольно-вертикальной плоскости полевой борозды; 2 – поверхность груди отвала; 3 – пластина.

Координаты произвольной точки рабочей поверхности  $i$ -й пластины в системе координат  $XYZ$  корпуса можно определить по выражениям:

$$\begin{cases} X_i = X_{ни} (Z_{oi}) + \cos \gamma_i (l_i + x_i \cos \psi_i + y_i \sin \psi_i - z_i \sin \varepsilon_i \operatorname{tg} \gamma_i); \\ Y_i = \sin \gamma_i (l_i + x_i \cos \psi_i + y_i \sin \psi_i + z_i \sin \varepsilon_i \operatorname{ctg} \gamma_i); \\ Z_i = Z_{oi} + \sin \varepsilon_i (x_i \sin \psi_i + y_i \cos \psi_i + z_i \operatorname{ctg} \varepsilon_i). \end{cases} \quad (4)$$

Полученные выражения (1-4) позволяют производить расчет пластинчатой ЛОП с цилиндрической формой рабочей поверхности пластин отвала. Моделиро-

вание лемешно-отвальной поверхности проводилось на ЭВМ с помощью специально разработанной компьютерной программы.

Изготовление пластин отвала с заданными параметрами  $R$  и  $\omega$  предполагает изгиб плоской заготовки на цилиндрической поверхности. Для этого разработана конструкция и изготовлен стенд, который был использован при подготовке различных вариантов отвала для экспериментальных исследований.

На основе анализа взаимодействия пластинчатой ЛОП с обрабатываемым пластом сформулированы требования к конструкции и геометрическим параметрам отвала с изогнутыми пластинами; определены основные факторы, способные влиять на агротехнические и энергетические показатели вспашки:

- физико-механические свойства почвы;
- глубина  $a$  и скорость  $V$  вспашки;
- ширина пластин  $B$  и промежутков  $C$  между ними, соотношение между которыми характеризуется относительной шириной пластин  $\delta_B = B / (B + C)$ ;
- радиус  $R$  несущего цилиндра и угол  $\omega$  подъема винтовых линий пластин;
- угол  $\psi$  установки пластин к горизонтальным образующим пластин на развертке отвала.

Теоретическое обоснование ширины  $B$  пластин и промежутков  $C$  между ними проводили путем моделирования напряженного состояния поперечного сечения почвенного пласта, создаваемого при статическом нагружении пластинчатой отвальной поверхностью. На основе условия разрушения почвы Кулона-Мора и теории предельного равновесия предложен критерий деформации почвы  $k_d$ , который характеризует создаваемые в точках рассматриваемого сечения почвенного пласта условия для развития деформаций:

$$k_d = \frac{(\sigma_z - \sigma_y)^2 + 4 \tau_{yz}^2}{[(\sigma_z + \sigma_y) \sin \varphi + 2 C_0 \cos \varphi]^2}, \quad (5)$$

где  $\sigma_y$ ,  $\sigma_z$  и  $\tau_{yz}$  – соответственно нормальные и касательные напряжения в произвольной точке сечения, Па;

$\varphi$  – угол внутреннего трения почвы, рад.;

$C_0$  – сцепление почвы, Па.

При расчете напряжений  $\sigma_y$ ,  $\sigma_z$  и  $\tau_{yz}$  использовали методику И.И. Кандаурова, основанную на вероятностной модели распределения усилий между частицами нагружаемой среды с зернистой структурой. Для вывода результатов расчетов в графическом виде использован метод тоновой визуализации, при котором точкам с большим значением рассматриваемого параметра (критерия деформации  $k_d$ ) соответствует более темная закраска (рис. 4). Чем больше в сечении пласта площадь участков, для которых выполняется условие  $k_d \geq 1$  (ядра деформации), тем лучшие условия для деформации почвы создаются параметрами деформаторов и действующей нагрузкой. Максимум площади ядра деформации  $S_d \rightarrow \max$  принят в качестве критерия эффективности воздействия пластин отвала на почву.

В результате выполненных на ЭВМ расчетов получена регрессионная зависимость рационального значения относительной ширины пластин  $\delta_{B, \text{рац}}$  от давления

$P$  пластин на почву и радиуса  $R_0$  кривизны поперечного сечения рабочей поверхности отвала:

$$\delta_{B, \text{рац}} = - \frac{0,04796}{R_0} + 0,3527 \ln P - 2,225 \cdot 10^{-3} P - 0,9476; \quad (r^2 = 0,958). \quad (6)$$

Поперечное сечение в средней части пластинчатого отвала корпуса, разработанного на базе полувинтового корпуса ПЛП-01, достаточно точно аппроксимируется окружностью с радиусом  $R_0 = 0,683$  м (среднее отклонение координат точек не превышает 0,005 м). При интервале между пластинами  $B + C = 0,13$  м рациональные значения ширины пластин составляют  $B = 0,050 \dots 0,053$  м при ширине промежутков между ними –  $C = 0,077 \dots 0,080$  м.

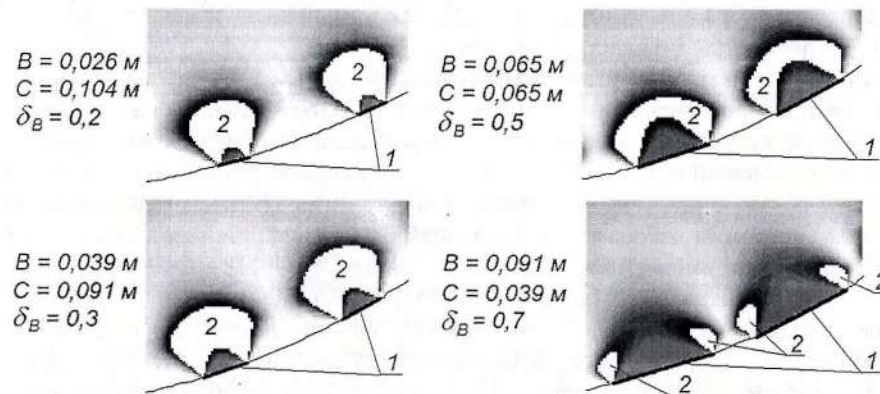


Рис. 4. Форма ядра деформации в зависимости от относительной ширины пластин  $\delta_B$  при давлении  $P = 140$  кПа, интервале между пластинами  $B + C = 0,13$  м и радиусе  $R_0 = 0,683$  м: 1 – сечение пластины; 2 – ядро деформации ( $k_d > 1$ ).

Длина пластин отвала должна быть достаточной для обеспечения интенсивного воздействия на почвенный пласт и его оборота с целью качественного крошения почвы и заделки растительных остатков. В то же время максимальную длину  $L^{\max}$  пластин целесообразно ограничить следующими условиями:

1. Пластины должны взаимодействовать с пластом только до момента его укладки в борозду, в противном случае возможны малопродуктивные затраты энергии и преждевременный их износ. Для этого точка  $F_i$  нижнего ребра  $i$ -й пластины (рис. 3) не должна соприкасаться с отвальным пластом; ее координаты  $x_F$ ,  $y_F$  и  $z_F$ , определяемые по выражениям (2), должны удовлетворять условию:

$$Z_{oi} + x_F (\sin \varepsilon_i \sin \psi_i - \sin \gamma_i \cos \psi_i \operatorname{tg} \alpha_T) + y_F (\sin \varepsilon_i \cos \psi_i - \sin \gamma_i \sin \psi_i \operatorname{tg} \alpha_T) + z_F (\cos \varepsilon_i - \sin \varepsilon_i \cos \gamma_i \operatorname{tg} \alpha_T) + a \operatorname{tg} \alpha_T > 0; \quad (7)$$

где  $Z_{oi}$ ,  $\varepsilon_i$  и  $\gamma_i$  – параметры начальной точки  $O_i$   $i$ -й пластины и касательной плоскости к поверхности отвала в этой точке;

$a$  – глубина вспашки;

$\alpha_T$  – теоретический угол наклона отвального пласта.

2. Во избежание сгуживания почвы вектор относительного движения частиц пласта при его сходе с пластин отвала не должен быть направлен вперед по ходу корпуса, для чего длина  $L_i$   $i$ -й пластины отвала не должна превышать значение

$$L_i^{\max} = t_E R_i \sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 \omega_i}, \quad (8)$$

при ограничении

$$(\cos t_E + \operatorname{tg}^2 \omega_i) \cos \omega_i \cos \psi_i + (1 - \cos t_E) \sin \omega_i \sin \psi_i - \sin t_E \sin \varepsilon_i \operatorname{tg} \gamma_i > 0, \quad (9)$$

где  $t_E$  – угол поворота плоскости осевого сечения несущего цилиндра для точки  $E$  верхнего ребра пластины ( $y_{\text{обр}} = 0$ ), определяемый по выражению (3);

$R_i$  и  $\omega_i$  – параметры  $i$ -й пластины отвала.

Разработанная методика расчета максимальной длины  $L^{\max}$  пластин была использована при проектировании корпуса с пластинчатым отвалом на базе полувинтового корпуса ПЛП-01 и выборе параметров пластин отвалов для проведения полевых исследований.

**В третьей главе** «Программа и методики экспериментальных исследований» приведены программа лабораторных и полевых исследований, методики их проведения, описаны применяемые установки и приборы.

Программа исследований предусматривала: экспериментальное обоснование ширины промежутков между пластинами в условиях динамического нагружения; экспериментально-теоретическое обоснование установочных параметров пластин с использованием метода флюгерков для измерения угла наклона относительных траекторий пласта по пластинам отвала; исследование перемещения почвенных частиц и деформации пласта при вспашке с использованием метода меченых кубиков; исследование влияния параметров пластин и режимов вспашки на агротехнические показатели; оценку энергетических показателей вспашки в зависимости от параметров пластинчатого отвала и скорости плуга.

При разработке частных методик оценки показателей вспашки были использованы ГОСТ 20915-75 «Сельскохозяйственная техника. Методы определения условий испытаний», отраслевые стандарты РД 10.4.1-89 «Машины и орудия для глубокой обработки почвы. Программа и методы испытаний» и РД 10.2.2 «Испытания сельскохозяйственных машин. Методы энергетической оценки». В лабораторных и полевых опытах контролировали глубину и скорость вспашки, абсолютную влажность почвы и ее твердость на глубине до 0,25 м.

При сравнительных агротехнических исследованиях плужных корпусов с различными вариантами отвалов определяли следующие показатели: коэффициенты крошения почвы  $K_{\text{кр}}$  (процентное содержание комков размером менее 0,05 м по массе), глыбистости  $K_{\text{гд}}$  (процентное содержание глыб размером более 0,15 м) и заделки растительных остатков  $K_3$ ; ширину свободного дна борозды  $b_{\text{св}}$ ; угол наклона отвального пласта  $\alpha_{\text{пл}}$ . Измерение тягового сопротивления  $R_{\text{уд}}$  корпусов проводили с помощью динамометрического плуга в агрегате с трактором МТЗ-82, тензометрической аппаратуры и светолучевого осциллографа К-12-22.

**В четвертой главе** «Результаты экспериментальных исследований» приведены результаты лабораторных и полевых опытов, проведенных с целью уточнения параметров отвала и исследования их влияния на показатели вспашки.

Рациональное соотношение ширины  $B$  пластин отвала и промежутков  $C$  между ними уточняли с учетом динамического характера воздействия отвала на пласт, а также влажности  $W_a$  и плотности  $\rho$  почвы. В лабораторных опытах процесс динамического воздействия пластин отвала на почву моделировали путем ударного нагружения двух пластинчатых деформаторов падающим грузом при удельной энергии нагружения  $E_{\text{уд}} = 0,4 \dots 0,8$  кДж/м<sup>2</sup>. В ходе опытов измеряли глубину погружения пластин шириной  $B = 0,05$  м в почву при изменяемом промежутке между ними  $C = 0 \dots 0,12$  м. Полученная регрессионная зависимость энергоёмкости  $A_{\text{уд}}$  (кДж/м<sup>3</sup>) деформации почвы от вышеназванных факторов имеет вид:

$$A_{\text{уд}} = -28,99 + 0,17 W_a^2 - 47,905 E_{\text{уд}}^2 - 949,72 C^2 - 3,906 W_a + 0,047 \rho + 96,13 E_{\text{уд}} + 131,03 C; \quad (r^2 = 0,956). \quad (10)$$

Энергоёмкость деформации почвы  $A_{\text{уд}}$  в изучаемом процессе имеет максимум при промежутке между пластинами  $C = 0,065$  м вне зависимости от других факторов, что свидетельствует об изменении характера деформации почвенных слоев при возрастании ширины промежутков между пластинами. Исследования деформации окрашенных горизонтальных слоев почвы при удельной энергии нагружения  $E_{\text{уд}} = 0,8$  кДж/м<sup>2</sup> выявили зависимость относительной деформации сжатия и сдвига почвенных слоев от ширины промежутка  $C$  в интервале  $0 \dots 0,12$  м. Минимальная деформация почвенных слоев наблюдалась при отсутствии промежутка ( $C = 0$ ). При  $C > 0,08$  м значения относительной деформации сжатия и сдвига приближались к максимальным, каждая пластина создавала в почве изолированную область деформации. Из условий достижения наибольшей относительной деформации почвы и снижения энергоёмкости обоснован интервал рациональных значений относительной ширины пластин  $\delta = 0,35 \dots 0,42$ . При интервале между пластинами  $B + C = 0,13$  м и ширине пластин  $B = 0,045 \dots 0,055$  м рациональные значения ширины промежутков составляют  $C = 0,075 \dots 0,085$  м.

Обоснование рационального значения угла  $\psi$  установки пластин отвала к горизонтальным образующим груди проводили из условия максимальной продолжительности их воздействия на определенные участки пласта. Это целесообразно с учетом характерного для почвы отставания во времени деформаций от прилагаемого усилия – упругого и пластического последствия, определяемого ее реологическими свойствами. Выполнение этого условия обеспечивается при минимальном отклонении траекторий от винтовых образующих пластин:

$$\sum_{i=1}^N (\bar{\tau}_{\text{тр},i} - \psi) \rightarrow \min, \quad (11)$$

где  $\bar{\tau}_{\text{тр},i}$  – среднее значение угла наклона относительных траекторий к горизонтали по длине  $L_i$   $i$ -й пластины:

$$\bar{\tau}_{\text{тр},i} = \frac{1}{L_i} \int_0^{L_i} \tau_{\text{тр}}(S_{\text{обр},i}, \psi) dS_{\text{обр},i}; \quad (12)$$

$S_{обр,i}$  – текущая длина винтовой образующей  $i$ -й пластины,  $0 \leq S_{обр,i} \leq L_i$ ;

$N$  – число пластин на отвале.

По результатам полевых опытов, в которых регистрировали изменение угла  $\tau_{тр}$  наклона относительных траекторий с помощью флюгерков и осциллографа К-12-22 в шести точках рабочей поверхности двух пластинчатых отвалов, различающихся кривизной пластин, были получены регрессионные зависимости  $\tau_{тр} = f(\psi, S_{обр,i})$ . Выполненные на ЭВМ с использованием условия (11) расчеты позволили установить, что вне зависимости от параметров пластин рациональное значение угла их установки составляет  $\psi = 22...23^\circ$ .

Рациональное значение радиуса  $R$  несущего цилиндра пластин, существенно влияющего на кривизну пластин, определяется требуемыми агротехническими показателями работы корпуса и зависит от физико-механических свойств обрабатываемой почвы. Наибольшим деформациям в процессе вспашки подвергается слабосвязная почва, поэтому оценку влияния радиуса  $R$  на деформацию слоев пласта и его перемещение проводили в почвенном канале на бесструктурном суглинке. В поперечное сечение пласта перед проходом корпуса с различными вариантами пластинчатого отвала ( $R = 0,18...0,38$  м), а также базового корпуса ПЛП-01 со сплошным отвалом закладывали меченые кубики. После прохода исследуемого корпуса определяли конечные координаты кубиков в обработанном слое почвы. В результате установлено, что с уменьшением радиуса  $R$  несущего цилиндра перемещение пласта и его деформация увеличиваются. Зависимости средних значений продольного  $\Delta L_{X,CP}$ , бокового  $\Delta L_{Y,CP}$  и пространственного  $\Delta L_{Z,CP}$  перемещений элементов пласта от радиуса  $R$  имеют линейный характер:

$$\Delta L_{X,CP} = -1,550 R + 1,035; \quad (r^2 = 0,981); \quad (13)$$

$$\Delta L_{Y,CP} = -0,265 R + 0,467; \quad (r^2 = 0,898); \quad (14)$$

$$\Delta L_{Z,CP} = -1,395 R + 1,124; \quad (r^2 = 0,994); \quad (15)$$

По результатам опытов получены регрессионные зависимости относительной деформации горизонтальных  $\epsilon_{г,CP}$  и вертикальных  $\epsilon_{в,CP}$  слоев пласта, которые рассчитывали как среднее относительное увеличение расстояния между соседними кубиками соответственно в горизонтальных и вертикальных рядах:

$$\epsilon_{г,CP} = -7,332 R + 4,764; \quad (r = 0,997); \quad (16)$$

$$\epsilon_{в,CP} = -1,875 R + 2,268; \quad (r = 0,710). \quad (17)$$

При радиусе несущего цилиндра  $R < 0,38$  м продольное и поперечное перемещение почвы пластинчатым отвалом больше, чем сплошным, при  $R = 0,28$  м разница достигает 27,0 %, при  $R = 0,18$  м – 47,8 %. Получена регрессионная зависимость, характеризующая влияние перемещения почвы  $\Delta L_{CP}$  на удельное тяговое сопротивление  $P_{уд}$  плужного корпуса с пластинчатым отвалом:

$$P_{уд} = 151,64 \Delta L_{CP}^2 - 171,30 \Delta L_{CP} + 96,91; \quad (r^2 = 0,974). \quad (18)$$

Путем профилирования установлено, что наилучшую выровненность поверхность пашни обеспечивает пластинчатый отвал с радиусом несущего цилиндра пластин  $R = 0,28$  м. При этом относительная деформация горизонтальных слоев

пласта в среднем на 40,6 %, вертикальных – на 85,0 % больше, чем при работе сплошного отвала базового корпуса ПЛП-01. Изменение радиуса  $R$  в интервале 0,18...0,38 м при вспашке слабосвязной почвы несущественно влияет на ширину свободного от просыпавшейся почвы дна борозды.

Для обоснования формы груди отвала проводили исследования агротехнических показателей работы пластинчатого отвала со вставками длиной 0,10...0,13 м, частично заполняющими промежутки между пластинами, и без них. Путем парных сравнений агротехнических показателей вспашки с использованием статистических критериев установлено несущественное влияние формы и размеров сплошной части отвала (в исследованных пределах) на показатели крошения почвы и заделку растительных остатков.

Проверка результатов теоретических и экспериментальных исследований проводилась в полевых опытах на вспашке стерни. С использованием методов планирования эксперимента исследовали влияние ширины  $B$  пластин отвала, радиуса  $R$  несущего цилиндра и угла  $\omega$  подъема винтовых линий на коэффициенты крошения  $K_{кр}$ , глыбистости  $K_{гг}$  почвы (рис. 6) и заделки растительных остатков  $K_z$ . Анализ полученных регрессионных зависимостей позволил установить следующие рациональные значения параметров пластинчатого отвала: ширина пластин –  $B = 0,052...0,059$  м (меньшие значения соответствуют лучшему крошению почвы, большие – минимальной глыбистости), радиус несущего цилиндра пластин –  $R = 0,26...0,28$  м, угол  $\omega$  –  $10^\circ$ ,  $20^\circ$  и  $35^\circ$  соответственно для верхней, средней и нижней пластин. Указанные параметры обеспечили повышение коэффициента крошения почвы в среднем на 10,3 % и снижение глыбистости в 3,1 раза по сравнению с базовым корпусом ПЛП-01.

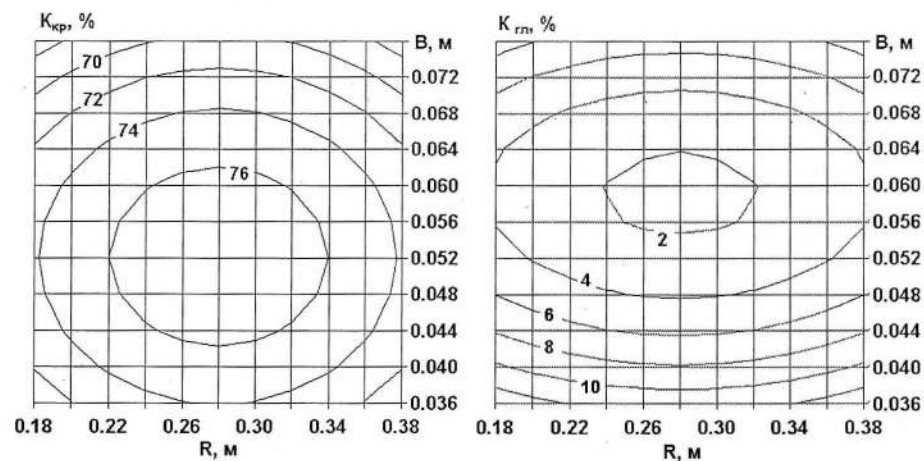


Рис. 6. Зависимость коэффициентов крошения почвы  $K_{кр}$  и глыбистости  $K_{гг}$  от ширины пластин  $B$  и радиуса  $R$  несущего цилиндра пластин отвала.

Рациональное значение относительной ширины пластин, при котором достигается максимум показателя  $K_{кр}$ , составляет  $\delta = 0,40$ , что подтверждает результаты теоретического и экспериментального обоснования ширины пластин и промежутков между ними.

В отдельных опытах исследовали влияние глубины и скорости вспашки на агротехнические показатели работы корпусов с пластинчатыми отвалами. Анализ данных с использованием статистических критериев показал, что изменение скорости (в интервале  $V = 1,85...2,52$  м/с) и глубины вспашки (в интервале  $a = 0,17...0,23$  м) на основные агротехнические показатели работы корпуса с пластинчатым отвалом влияет незначительно.

В среднем по серии сравнительных испытаний различных вариантов корпуса с пластинчатыми отвалами и базового полувинтового корпуса ПЛП-01 установлено повышение качества крошения почвы на 10,8 % и снижение глыбистости в 4,1 раза при скорости пахотного агрегата 1,85...2,50 м/с и глубине вспашки 0,20...0,22 м. В отдельных опытах корпус с пластинчатым отвалом обеспечивал повышение коэффициента крошения почвы до 44,0 % и снижение содержания глыб во вспаханной почве в 1,9...14,8 раз (таблица). Уменьшение ширины свободного дна борозды на 0,01...0,08 м не мешало проходу колес трактора.

### Основные агротехнические показатели работы плужных корпусов

Показатели	Типы отвала		
	Полувинтовой		Пластинчатый
	без углоснима	с углоснимом	
Коэффициент крошения почвы $K_{кр}$ , %	$\frac{69,4}{66,9...73,2}$	$\frac{71,9}{58,0...85,0}$	$\frac{83,3}{74,8...89,3}$
Коэффициент глыбистости $K_{глы}$ , %	$\frac{4,2}{1,5...7,5}$	$\frac{4,1}{0,6...8,9}$	$\frac{1,1}{0...4,3}$
Коэффициент заделки растительных остатков $K_3$ , %	$\frac{90,6}{86,9...93,2}$	$\frac{96,3}{95,1...98,7}$	$\frac{95,6}{92,7...98,3}$

Примечание. В числителе – среднее значение, в знаменателе – интервал варьирования.

Для оценки влияния геометрических параметров  $R$ ,  $\omega$  и  $\psi$  пластинчатого отвала и скорости  $V$  пахотного агрегата на удельное тяговое сопротивление проводили динамометрирование корпусов на трех типах агрофона (рис. 7, 8).

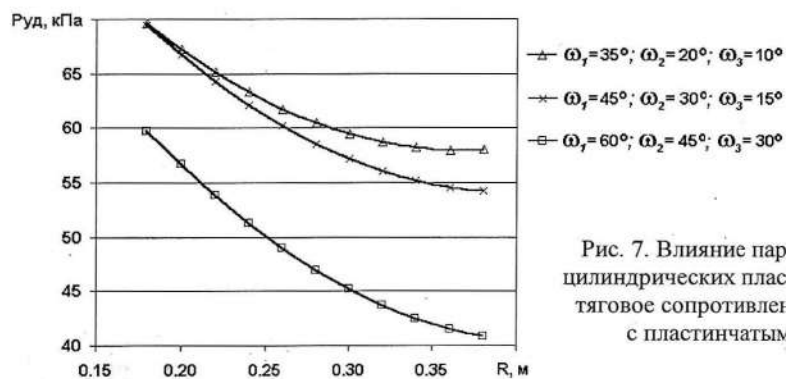


Рис. 7. Влияние параметров  $R$  и  $\omega$  цилиндрических пластин на удельное тяговое сопротивление  $R_{уд}$  корпуса с пластинчатым отвалом.

В результате получены следующие адекватные регрессионные зависимости удельного тягового сопротивления от исследуемых параметров:

– при вспашке слабосвязной почвы:

$$R_{уд} = 295,1 R^2 - 0,01459 \omega^2 - 236,5 R + 0,6271 \omega - 0,5245 \psi + 5,162 V + 91,45; \quad (r^2 = 0,964); \quad (19)$$

– при вспашке стерни:

$$R_{уд} = 333,1 R^2 - 0,02134 \omega^2 - 164,2 R + 1,173 \omega - 0,5659 \psi + 18,36 V - 1,223 R \omega - 26,87 R V + 61,90; \quad (r^2 = 0,941); \quad (20)$$

– при вспашке задернутой почвы:

$$R_{уд} = 395,6 R^2 - 0,02712 \omega^2 - 138,8 R + 1,706 \omega - 0,6072 \psi + 27,01 V - 2,219 R \omega - 37,80 R V + 61,29; \quad (r^2 = 0,919); \quad (21)$$

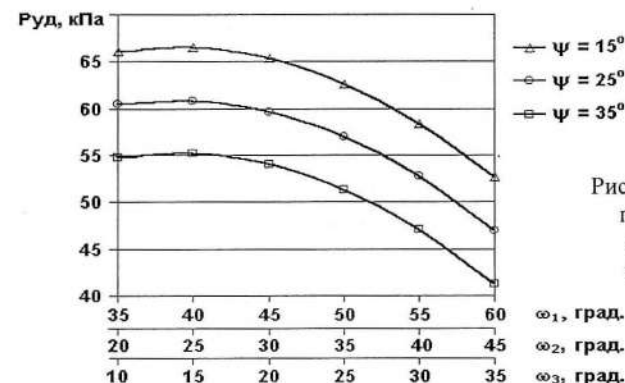


Рис. 8. Влияние параметров  $\omega$  и  $\psi$  пластин на удельное тяговое сопротивление  $R_{уд}$  корпуса с пластинчатыми отвалами.

В опытах отмечено незначительное влияние ширины пластин в интервале  $B = 0,036...0,076$  м на удельное тяговое сопротивление. При рациональных геометрических параметрах пластин снижение удельного тягового сопротивления по сравнению с базовым полувинтовым корпусом ПЛП-01, оснащенный углоснимом, составляет на стерне 8,8 %, на других агрофонах – до 17,4 %.

В пятой главе «Технико-экономическая оценка применения плугов с пластинчатыми отвалами» приведены расчеты технико-экономических показателей применения корпусов с пластинчатыми отвалами в сравнении с базовыми корпусами ПЛП-01 на 3-5-корпусных плугах общего назначения при вспашке стерни. Экономическая эффективность применения пластинчатых отвалов обусловлена повышением качества крошения почвы при качественной заделке растительных остатков и снижением тягового сопротивления. Как показал тяговый расчет пахотных агрегатов, при использовании пластинчатых отвалов на 3-5-корпусных плугах общего назначения снижение удельного расхода топлива составляет 3,9...5,0 %. Вспашка плугами с пластинчатыми отвалами позволяет сократить количество последующих обработок почвы при подготовке почвы к посеву. При распространенной технологии почвообработки под озимые культуры достигается сокращение удельных затрат труда на 14,2 %, расхода топлива – на 17,5 %. Экономия эксплуатационных затрат составляет 21,6 тыс. руб./га.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Совершенствование технологического процесса вспашки и плужных корпусов направлено на повышение качественных показателей и снижение энергоемкости. Относительно простым и эффективным решением является применение пластинчатого отвала с изогнутыми пластинами [1, 2, 7, 10]. Однако известных к настоящему времени исследований недостаточно для обоснованного выбора параметров пластинчатого отвала, существующие методы проектирования не позволяют однозначно определять форму изогнутых пластин отвала и лемешно-отвальной поверхности в целом.

2. Форма изогнутых пластин отвала с достаточной точностью может быть аппроксимирована цилиндрической поверхностью. Предложенный способ образования рабочей поверхности пластин совокупностью винтовых линий на поверхности несущего цилиндра позволяет определять форму пластины отвала с использованием следующих параметров: размеров развертки, радиуса  $R$  несущего цилиндра и угла  $\omega$  подъема винтовых линий [4, 6].

3. Разработанная конструкция пластинчатого отвала с цилиндрической формой рабочей поверхности пластин характеризуется интенсивным крошащим воздействием на почвенный пласт. Получены математические выражения для расчета пластинчатой лемешно-отвальной поверхности с цилиндрической формой рабочей поверхности пластин отвала, которые использованы при проектировании корпуса с пластинчатым отвалом на базе серийного полувинтового корпуса ПЛП-01.

4. Теоретически и экспериментально обоснованы рациональные значения ширины пластин отвала  $B = 0,045 \dots 0,055$  м при интервале между ними  $B + C = 0,13$  м, обеспечивающие условия для интенсивного крошения почвенного пласта [3, 6]. Получены теоретические зависимости, ограничивающие максимальную длину пластин отвала из условий предотвращения сгуживания почвы и отсутствия взаимодействия с отвальным пластом.

5. Рациональные значения угла установки пластин к горизонтальным образующим груди отвала составляют  $\psi = 22 \dots 23^\circ$  вне зависимости от кривизны пластин. Деформация слоев почвенного пласта и его перемещение при работе пластинчатого отвала зависят от радиуса несущего цилиндра пластин, рациональные значения которого  $R = 0,26 \dots 0,30$  м [8]. По результатам исследований агротехнических показателей вспашки на стерневом агрофоне уточнены рациональные значения параметров отвала: ширина пластин  $B = 0,052 \dots 0,059$  м, угол  $\omega$  подъема винтовых линий верхней пластины –  $10^\circ$ , средней –  $20^\circ$  и нижней –  $35^\circ$  [5].

6. Применение пластинчатых отвалов на вспашке стерни обеспечивает улучшение крошения почвы в среднем на 10,8 % и снижение глубистости в 1,9...14,8 раза по сравнению с базовым полувинтовым корпусом ПЛП-01 с углоснимом при заделке 92,7...98,3 % растительных остатков [5]. Снижение удельного тягового сопротивления при рациональных значениях параметров пластин составляет 8,8...17,4 % [9], что позволяет сократить расход топлива при вспашке на 3,8...5,0 %. Экономия эксплуатационных затрат на обработку почвы под озимые зерновые культуры достигает 21,6 тыс. руб./га.

## СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ

1. Клочков А. В., Дубень И. В. Перспективные конструкции плужных корпусов // Пути повышения эффективности сельскохозяйственной и мелиоративной техники: Сб. науч. тр. / Белорус. с.-х. акад. – Горки, 1997. – С. 45-48.

2. Дубень И. В. Исследование трения почвы по пластинам из различных материалов // Эксплуатация, ремонт и восстановление сельскохозяйственной техники: Докл. междунар. науч.-практ. конф. / Белорус. с.-х. акад. – Горки, 1997. – С. 177.

3. Дубень И. В. Моделирование взаимодействия с почвой пластинчатых деформаторов при их взаимном влиянии // Моделирование сельскохозяйственных процессов и машин: Тезисы 2 республ. науч.-техн. конф. / Белорус. аграр. техн. ун-т. – Мн, 1996. – С. 77.

4. Клочков А. В., Дубень И. В. Методика проектирования элементов пластинчатого отвала // Современные технологии в АПК: Тезисы докл. науч.-техн. конф. / Белорус. аграр. техн. ун-т. – Мн, 1997. – С. 16.

5. Дубень И. В. Агротехнические показатели работы пластинчатых плужных корпусов // Повышение эффективности использования с.-х. техники: Материалы междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 70-летию акад. С.И. Назарова / Белорус. с.-х. акад. – Горки, 1998. – С. 68-69.

6. A. V. Klotchkov, I. V. Duben. Modeling of process of tillage by moldboard plates // The Materials of ISTRO Conference. – Pulawy, 1997. – P.121-125.

7. A. Klotchkov, I. Duben. The estimation of energy efficiency of soil tillage technology // Modern ways of soil tillage and assessment of soil compaction and seedbed quality: Proceedings of the 1st International conference of Baltic States Branch of ISTRO. – Tartu, 2001. – P.125-129.

8. Клочков А. В., Дубень И. В. Перемещение почвенных частиц пластинчатым плужным корпусом // Актуал. пробл. механизации с.-х. пр-ва: Материалы междунар. науч.-практ. конф. / Белорус. гос. с.-х. акад. – Горки, 2001. – Т.2. – С.29-33.

9. Дубень И. В. Энергетические показатели работы пластинчатого плужного корпуса с винтовыми пластинами // Актуал. пробл. механизации с.-х. пр-ва: Материалы междунар. науч.-практ. конф. / Белорус. гос. с.-х. акад. – Горки, 2001. – Т.2 – С. 194-198.

10. Корпус плуга. МКИ А 61 В 15/00. Заявка на патент № А19980901 от 29.09.1998. / Клочков А. В., Бакчеев В. Е., Дубень И. В. – Оpubл. офиц. бюл. № 1 (24). – 30.03.2000 г.

## РЕЗЮМЕ

Дубень Игорь Викторович

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА  
ВСПАШКИ КОРПУСАМИ С ПЛАСТИНЧАТЫМИ ОТВАЛАМИ

**Ключевые слова:** отвальная вспашка, отвальный плуг, плужный корпус, пластинчатый отвал.

**Объект исследований:** процесс взаимодействия пластинчатой лемешно-отвальной поверхности с почвой; серийные и экспериментальные плужные корпуса.

**Цель работы:** повышение качества вспашки и снижение энергозатрат при использовании плужных корпусов с пластинчатыми отвалами.

**Полученные результаты и их новизна:** разработана лемешно-отвальная поверхность с цилиндрической формой рабочей поверхности пластин отвала; получены математические модели, адекватно описывающие закономерности взаимодействия пластинчатого отвала с почвой; предложены методики теоретического и экспериментального обоснования ширины пластин и промежутков между ними, допустимой длины и установочных параметров; определены рациональные значения геометрических параметров пластинчатого отвала, обеспечивающие повышение качества крошения почвы в среднем на 10,8 %, снижение глыбистости в 1,9...14,8 раза и сокращение удельного тягового сопротивления в среднем на 8,8 % по сравнению с базовым полувинтовым корпусом ПЛП-01. Экономия эксплуатационных затрат при обработке почвы под озимые зерновые культуры достигает 21,6 тыс. руб./га.

**Степень использования:** результаты исследований приняты к практическому использованию для проектирования и изготовления новых конструкций плужных корпусов на Минском заводе шестерен, Могилевском заводе «Строммашина» и ОАО «Шкловская райагропромтехника»

**Область применения:** обработка почвы с использованием отвальных плугов общего назначения.

## РЭЗЮМЭ

Дубень Ігар Віктаравіч

УДАСКАНАЛЕННЕ ТЭХНАЛАГІЧНАГА ПРАЦЭСУ  
ЎЗОРВАННЯ КОРПУСАМІ З ПЛАСЦІНІСТЫМІ АДВАЛАМІ

**Ключавыя словы:** адвальнае ўзорванне, адвальны плуг, плужны корпус, пласціністы адвал.

**Аб'ект даследванняў:** працэс узаемадзеяння пласціністай лямешна-адвальной паверхні з глебай, серыйныя і эксперыментальныя плужныя корпусы.

**Мэта працы:** павышэнне якасці ўзорвання і паніжэнне энергавыдаткаў пры выкарыстанні плужных корпусоў з пласціністымі адваламі.

**Атрыманыя вынікі і іх навізна:** распрацавана лямешна-адвальная паверхня з цыліндрычнай формай рабочей паверхні пласцін адвала; атрыманы матэматычныя мадэлі, якія адэкватна апісваюць заканамернасці узаемадзеяння пласціністага адвала з глебай; прапанаваны метадыкі тэарэтычнага і эксперыментальнага абгрунтавання шырыні пласцін і прамежкаў паміж імі, дапускаемай даўжыні і ўстаноўчаных параметраў; вызначаны рацыянальныя значэнні геаметрычных параметраў пласціністага адвала, якія забяспечваюць павышэнне якасці крышэння глебы ў сярэднім на 10,8 %, паніжэнне камльжыстасці ў 1,9...14,9 разы і скарачэнне ўдзельнага цягавага супраціўлення ў сярэднім на 8,8 % у параўнанні з базавым паўвінтавым корпусам ПЛП-01. Эканомія эксплуатацыйных выдаткаў пры апрацоўцы глебы пад азимыя збожжавыя культуры дасягае 21,6 тыс. руб/га.

**Ступень выкарыстання:** вынікі даследванняў прыняты да практычнага выкарыстання для праектавання і вырабу новых канструкцый плужных корпусоў на Мінскім заводзе шасцерняў, Магілёўскім заводзе «Строммашына» і ААТ «Шклоўская райаграпрамтэхніка».

**Галіна выкарыстання:** апрацоўка глебы адвальнымі плугамі агульнага прызначэння.

## SUMMARY

Duben Ihar Viktaravich

### IMPROVEMENTS OF TECHNOLOGICAL PROCESS OF PLOWING BY FRAMES WITH LAMELLATE MOULD-BOARDS

**Key words:** turn plowing, turn plow, plowing frame, lamellate mould-board.

**Object of research:** technological process of interaction of lamellate ploughshare mould-board surface with soil; serial and experimental plowing frames.

**The aim of the work:** increase of plowing quality and power inputs reduction while using a plowing frames with lamellate mould-boards.

**The results received and their novelty:** the lamellate mould-board surface with cylindrical form of plates was designed; the mathematical models identically describing interaction laws of lamellate mould-board with soil have been obtained; the methodologies of theoretical and experimental ground of the plates width and gaps between them as well as their permissible length and adjusting parameters were suggested. The rational geometrical parameters of lamellate mould-board were determined, which allows to increase crumbling soil qualities on the average by 10,8 %, to decrease lumpy soil to 1,9... 14,8 times and to decrease specific-coupler resistance on the average by 8,8 % as contrasted to by base PLP-01 frame. The saving of operational expenditures while soil tillage under winter crops reaches to 21600 roubles/ha.

**Degree of use:** the results of research are accepted to practical use for designing and manufacturing of new designs plowing frames at Minsk Pinion Factory, Mogilev Factory «Strommashina» and open joint-stock company «Shklovskaja rajagropromtehnika».

**Area of application:** the soil tillage with mould-board ploughs of general application.

Подписано в печать \_\_\_\_\_.2002 г. Формат 60×84 1/16.  
Бумага для множительных аппаратов. Печать ризографическая.  
Гарнитура «Таймс». Усл. печ. л. 1,0. Заказ № \_\_\_\_\_.  
Тираж 80 экз. Бесплатно.

Отпечатано на ризографе лаборатории множительных аппаратов  
Белорусской государственной сельскохозяйственной академии,  
213410 г. Горки Могилевской обл., ул. Мичурина, 5.