

УДК 631.312.2

<https://doi.org/10.56619/2078-7138-2024-162-2-8-14>

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ВИБРАЦИОННОГО ПЛАСТИНЧАТОГО ОТВАЛА ПЛУГА

**В.П. Чеботарев,***зав. каф. сельскохозяйственных машин БГАТУ, докт. техн. наук, профессор***Д.А. Яновский,***ст. преподаватель каф. сельскохозяйственных машин БГАТУ***Д.Н. Бондаренко,***ст. преподаватель каф. сельскохозяйственных машин БГАТУ***А.А. Зенов,***ст. преподаватель каф. сельскохозяйственных машин БГАТУ***Н.П. Гурнович,***доцент каф. сельскохозяйственных машин БГАТУ, канд. техн. наук, доцент***Г.А. Радишевский,***доцент каф. сельскохозяйственных машин БГАТУ, канд. техн. наук, доцент*

*В статье представлены результаты сравнительных экспериментальных исследований серийного сплошного, пластинчатого и пластинчатого вибрационного отвалов корпуса плуга. Получены математические зависимости, описывающие изменение тягового сопротивления корпуса плуга в зависимости от скорости движения и глубины обработки почвы. Полученные данные подтверждают существенное снижение тягового сопротивления при использовании вибрационного пластинчатого отвала по сравнению со сплошным и пластинчатым.*

*Ключевые слова: вспашка почвы, плуг, корпус плуга, отвал, пластинчатый отвал, вибрационный пластинчатый отвал.*

*The article presents the results of comparative experimental studies of serial solid, slat and vibrating moldboards of the plow frame. Mathematical dependencies that describe the change in the traction resistance of the plow frame depending on the speed of movement and the depth of tillage were obtained. The data obtained confirm a significant reduction in traction resistance when using a vibrating slat moldboard compared to a solid and slat moldboard.*

*Key words: soil plowing, plow, plow frame, moldboard, slat moldboard, vibrating slat moldboard.*

### Введение

Основная обработка почвы лемешными плугами является важным технологическим приемом. Учитывая постоянный рост цен на топливо, поиск всех возможных путей снижения энергозатрат и их реализация обеспечат существенный экономический эффект.

Лемешно-отвальная поверхность (ЛОП) – часть корпуса плуга, которая в процессе работы контактирует непосредственно с почвой, и от ее конструкции и параметров зависит качество обработки, расход топлива и энергоемкость процесса. Поэтому совершенствование и оптимизация параметров ЛОП является одним из основных способов повышения эффективности вспашки.

В последнее время при разработке и производстве плугов ведущими фирмами Европы, США и Канады одним из основных направлений их совершен-

ствования является использование корпусов плуга с пластинчатыми отвалами. Главным достоинством пластинчатых отвалов является уменьшение площади контакта отвала с почвой, что снижает тяговое сопротивление, расход топлива и энергоемкость процесса. Преимуществом такой отвальной поверхности является также лучшее крошение пласта почвы, так как он подвергается растягивающему усилию со стороны веерно расположенных пластин, что приводит к увеличению контактных напряжений, разрушающих слой почвы. Вследствие этого качество крошения почвы повышается на 20 % по сравнению с корпусом со сплошным отвалом. Дополнительным эффектом применения пластинчатого отвала является возможность использования вибрации на пластинах отвала [1].

Вопросам снижения тягового сопротивления при вспашке посвящены работы Клочкова А.В. [2; 5], Бабицкого Л.Ф. [3], Василенко В.В. [4] и других. Ими

разработаны конструкции корпусов плуга для энергосберегающей вспашки.

Целью настоящей работы является оценка эффективности применения корпуса плуга с вибрационным пластинчатым отвалом по сравнению с пластинчатым и сплошным на основании результатов проведенных экспериментальных исследований с использованием методики планирования экспериментов.

### Основная часть

Лемешно-отвальная поверхность корпуса плуга производит отрезание почвенного пласта в горизонтальной и вертикальной плоскостях, подъем и перемещение, крошение, оборот и отбрасывание в борозду. Сопротивление почвы при вспашке плугом оценивается удельным сопротивлением [6]. Его определяют делением тягового сопротивления плуга на площадь поперечного сечения обрабатываемого плугом пласта почвы. Энергия, непосредственно затраченная на выполнение процесса вспашки, распределяется следующим образом: на деформацию почвы – 16 %, поднятие и ускорение перемещения почвенного пласта – 12 %, преодоление сил трения – 60 %, резание почвы – 12 % [7] (рис. 1).



Рисунок 1. Диаграмма затрат энергии на выполнение процесса вспашки

Анализ распределения сопротивлений показывает, что наибольшее количество энергии затрачивается на преодоление сил трения ЛОП о почву, поэтому решению данной проблемы уделяется большое внимание.

С помощью компьютерного моделирования были рассчитаны площади отвалов корпусов плугов ППО-8-40 (Минойтовский РМЗ) и «Juwel-8M» (фирма «Lemken») (рис. 2). Площадь пластинчатого отвала плуга «Juwel-8M» меньше на 0,062 м<sup>2</sup> или на 27 %.

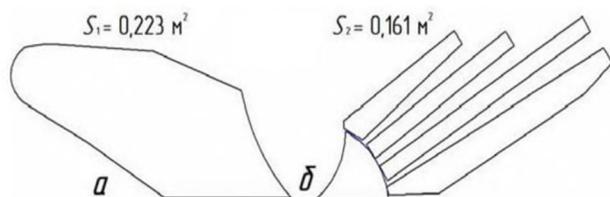


Рисунок 2. Площади отвалов корпусов плугов: а) ППО-8-40; б) Juwel-8M

В соответствии с [8] тяговое сопротивление ЛОП корпуса плуга:

$$R_{\text{ЛОП}} = P_G + P_I + P_{\text{П}}, \quad (1)$$

где  $P_G$  – сопротивление от веса почвы, Н;

$P_I$  – сопротивление от сил инерции почвы, Н;

$P_{\text{П}}$  – сопротивление от прилипания почвы, Н.

Силы сопротивления от веса и инерции почвы:

$$P_G = a_n \cdot b_n \cdot \rho_{\text{п}} \cdot g \cdot k_y \cdot r_n \cdot \lambda; \quad (2)$$

$$P_I = a_n \cdot b_n \cdot \rho_{\text{п}} \cdot k_y^{-1} \cdot v^2 \cdot \xi, \quad (3)$$

где  $a_n$  – глубина вспашки, м;

$b_n$  – ширина захвата корпуса, м;

$\rho_{\text{п}}$  – плотность почвы, кг/м<sup>3</sup>;

$g$  – ускорение свободного падения, м/с<sup>2</sup>;

$k_y$  – безразмерный коэффициент усадки почвы;

$r_n$  – радиус кривизны отвала, м;

$\lambda$  – безразмерный коэффициент влияния угловых параметров ЛОП на сопротивление;

$v$  – скорость агрегата, м/с;

$\xi$  – безразмерный коэффициент влияния угловых параметров ЛОП на сопротивление, вызванное инерцией.

Сопротивление от прилипания почвы согласно [9] равно:

$$P_{\text{П}} = q_{\text{сп}} \cdot S + q \cdot N \cdot S, \quad (4)$$

где  $q_{\text{сп}}$  – удельная сила прилипания почвы к ЛОП, Н/м<sup>2</sup>;

$S$  – площадь контакта с почвой, м<sup>2</sup>;

$q$  – коэффициент интенсивности действия касательных сил прилипания, вызываемых нормальным давлением, 1/м<sup>2</sup>;

$N$  – сила нормального давления, Н.

Подставив в уравнение (1) формулы (3) – (4), получим:

$$R_{\text{ЛОП}} = a_n \cdot b_n \cdot \rho_{\text{п}} \cdot k_y (g \cdot r_n \cdot \lambda + k_y^{-2} \cdot v^2 \cdot \xi) + q_{\text{сп}} \cdot S + q \cdot N \cdot S. \quad (5)$$

Расчеты с использованием формулы (5) произведены при  $a_n = 0,25$  м;  $b_n = 0,4$  м;  $\rho_{\text{п}} = 1,4 \cdot 10^3$  кг/м<sup>3</sup>;  $g = 9,81$  м/с<sup>2</sup>;  $k_y = \lambda = \xi = q = 1$ ;  $r = 0,2$  м;  $v = 2,2$  м/с;  $q_{\text{сп}} = 1$  Н/м<sup>2</sup>;  $S = 0,161 \dots 0,223$  м<sup>2</sup>;  $N = 1000$  Н. Результаты расчетов представлены на рисунке 3.

Анализ графика (рис. 3) показал, что с увеличением площади отвальной поверхности возрастает тяговое сопротивление, что обусловлено увеличением сил нормального давления и трения. В процессе экспериментальных исследований определялось тяговое сопротивление корпусов плуга с различной площадью поверхности, со сплошным, пластинчатым и вибрационным пластинчатым отвалом при различной скорости движения и глубине обработки почвы. Ширина захвата каждого корпуса  $b_n = 0,3$  м. На рисунке 4 представлен изготовленный корпус плуга с пластинчатым вибрационным отвалом.

Исследования проводились в почвенном канале БГАТУ, оборудованном мобильным измерительным усилителем Spider 8 для проведения испытаний по определению тягового сопротивления рабочих органов почвообрабатывающих машин (рис. 5). Рабочий орган закреплялся на тележке почвенного канала, с возможностью изменения глубины обработки и скорости движения [10]. Почвенный канал представлял собой пространство, заполненное почвой 11, с возможностью изменения ее влажности (с помощью полива) и плотности (прикатыванием).

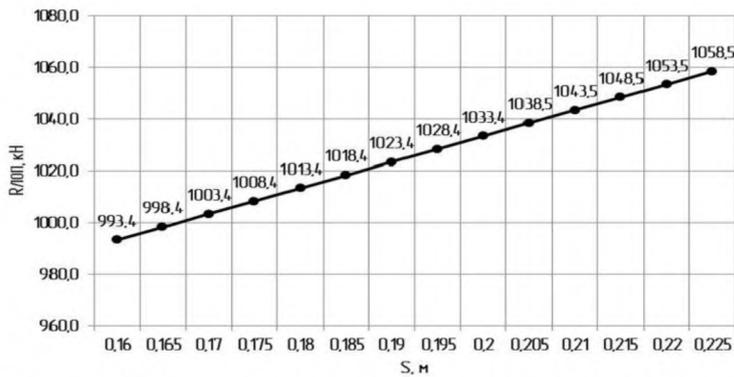


Рисунок 3. Влияние изменения площади поверхности отвала на тяговое сопротивление корпуса плуга

Длина почвенного канала составляла 15 м, глубина – 0,5 м. Вдоль его продольных сторон установлены рельсы 9, по которым передвигается транспорт-

ная тележка 1. На тележке смонтирована навеска 5, аналогичная навеске трактора, на которую установлен корпус навесного плуга 10. Благодаря электродвигателю с винтовым механизмом 6, существует возможность заглублять и выглублять рабочий орган. Передвижение тележки по рельсам почвенного канала осуществляется при помощи тельфера 8. Между тросом тельфера и транспортной тележкой установлен тензометрический датчик силы U2B20 НВМ 7, информацию с которого считывает мобильный измерительный усилитель 3. Обработка информации с датчика происходит на компьютере 2 с помощью программы *Catman Professional 4.5*.

Измерение влажности и твердости почвы производилось перед проведением эксперимента на 5

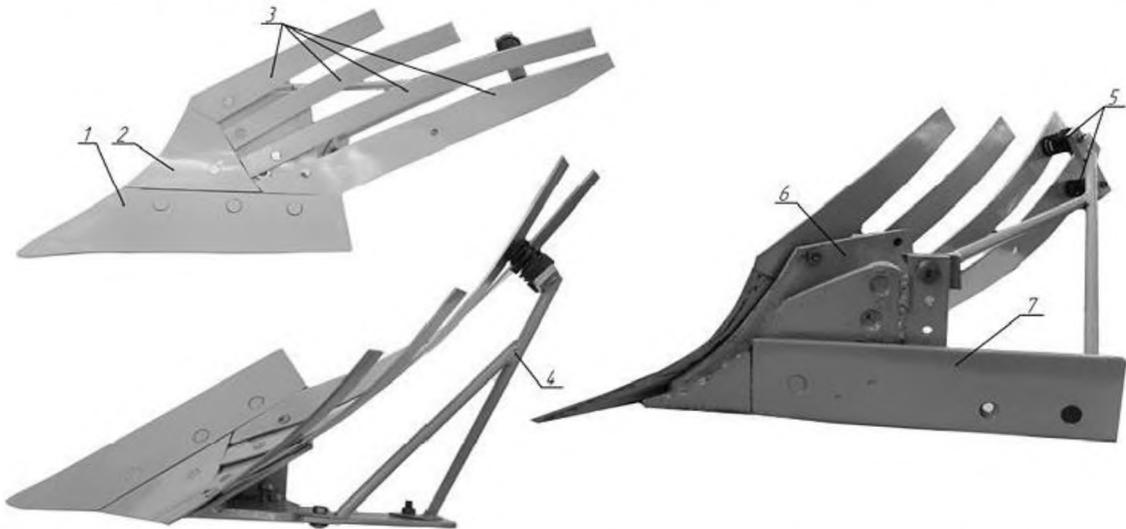


Рисунок 4. Корпус плуга с пластинчатым вибрационным отвалом: 1 – лемех; 2 – грудь отвала; 3 – пластины отвала; 4 – упор; 5 – пружинные элементы; 6 – башмак; 7 – полевая доска

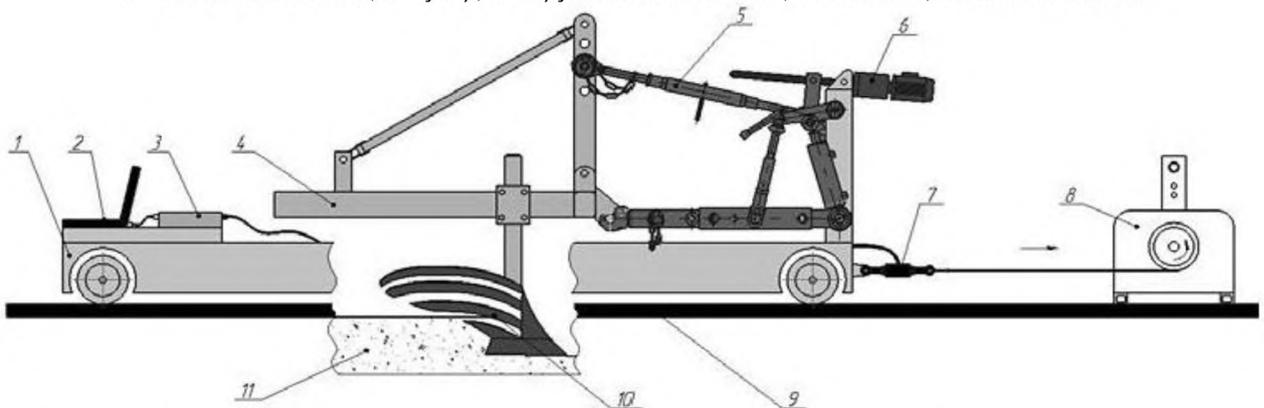


Рисунок 5. Схема лабораторной установки для исследования корпусов плуга: 1 – транспортная тележка; 2 – компьютер; 3 – мобильный измерительный усилитель; 4 – плуг навесной; 5 – навеска; 6 – электродвигатель с винтовым механизмом; 7 – тензометрический датчик силы; 8 – тельфер; 9 – рельсы; 10 – корпус плуга; 11 – почва

участках почвенного канала с помощью влагомера МГ4 и пенетрометра ПГ-3М. Средняя влажность почвы составляла 20,12 %, которая является близкой к оптимальной влажности при вспашке перед посевом. Твердость почвы – 28 Н/см<sup>2</sup>.

В качестве факторов, влияющих на тяговое сопротивление  $F$ , приняты: глубина обработки почвы  $h$ , скорость движения плуга  $v$ . Для сокращения количества опытов применялись методы математического планирования экспериментов [11-13]. Факторы и уровни их варьирования представлены в таблице 1.

**Таблица 1. Факторы и уровни их варьирования**

Варьируемый параметр	$h$	$v$
Единицы измерения	м	м/с
Кодовые обозначения факторов	$x_1$	$x_2$
Верхний уровень ( $x_i = +1$ )	0,3	0,8
Основной уровень ( $x_i = 0$ )	0,22	0,6
Нижний уровень ( $x_i = -1$ )	0,14	0,4
Интервал варьирования	0,08	0,2

Результаты экспериментальных исследований приведены в таблице 2.

Проведенные экспериментальные исследования показали, что вне зависимости от используемого корпуса плуга, тяговое сопротивление возрастает с увеличением скорости движения  $v$  и глубины обработки  $h$ . Для более полного изучения влияния параметров оптимизации на тяговое сопротивление на основании полученных данных составим уравнения регрессии в закодированном виде.

Регрессионные уравнения второго порядка для параметра оптимизации каждого корпуса принимают следующий вид:

для корпуса плуга со сплошным отвалом:

$$y = 3,419 + 0,5574 x_1 + 0,1690 x_2 + 0,0673 x_1 \cdot x_2 - 0,2182 x_1^2 + 0,0653 x_2^2; \quad (6)$$

для корпуса плуга с пластинчатым отвалом:

$$y = 2,8625 + 0,7055 x_1 + 0,3377 x_2 - 0,0848 x_1 x_2 + 0,0409 x_1^2 + 0,0426 x_2^2; \quad (7)$$

для корпуса плуга с вибрационным пластинчатым отвалом:

$$y = 2,6981 + 0,5177 x_1 + 0,1838 x_2 + 0,0264 x_1 x_2 + 0,1190 x_1^2 + 0,0407 x_2^2. \quad (8)$$

Значимость полученных коэффициентов в уравнениях регрессии (6) – (8) проверялась по критерию Стьюдента, адекватность уравнений регрессии экспериментальным данным – по F-критерию Фишера. Согласно условию [10, с. 140], в регрессионных уравнениях второго порядка  $F = f(v, h)$  статистически незначимые коэффициенты отсутствуют, а полученные уравнения адекватно описывают экспериментальные данные.

Для использования в инженерных расчетах уравнений (6) – (8) они были представлены в раскодированном виде путем замены кодового значения факторов  $x_1$  и  $x_2$  на натуральные переменные:

для корпуса плуга со сплошным отвалом:

$$F = 0,7665 + 19,2798 h - 2,134 v + 4,4956 h v - 32,3228 h^2 + 1,6333 v^2; \quad (9)$$

для корпуса плуга с пластинчатым отвалом:

$$F = 0,0751 + 5,8184 h + 1,7255 v - 5,8023 h v + 15,7103 h^2 + 1,0653 v^2; \quad (10)$$

для корпуса плуга с вибрационным пластинчатым отвалом:

$$F = 2,4617 - 6,5335 h - 0,7167 v + 1,8333 h v + 27,4127 h^2 + 1,0167 v^2. \quad (11)$$

Поверхности отклика и их двумерные сечения, построенные по уравнениям регрессии, представлены в таблице 3.

Значение коэффициента детерминации  $R^2$ , рассчитанного с использованием пакета регрессионного анализа *MS Excel*, составляет:  $R^2 = 0,95 \dots 0,98$  для каждого испытуемого корпуса, что характеризует полученные модели как значимые и подтверждающие функциональную зависимость между переменными [13].

Анализ полученных поверхностей отклика и их сечений показал следующее:

- при скорости вспашки 0,4 м/с с увеличением глубины от 0,14 до 0,30 м тяговое сопротивление возрастает: у сплошного отвала с 2,589 до 3,628 кН, у пластинчатого – с 1,742 до 3,396 кН, у вибрационного пластинчатого – с 2,085 до 3,098 кН. Тяговое сопротивление вибрационного пластинчатого отвала снижается по сравнению со сплошным до 24,2 %;

- при скорости вспашки 0,8 м/с с увеличением глубины от 0,14 до 0,3 м тяговое сопротивление возрастает: у сплошного отвала с 2,787 до 4,094 кН, у пластинчатого – с 2,659 до 3,974 кН, у вибрационного пластинчатого – с 2,366 до 3,484 кН. Тяговое сопротивление вибрационного пластинчатого отвала снижается по сравнению с пластинчатым до 14,1 %, со сплошным – до 17,8 %;

- при глубине вспашки 0,14 м с увеличением скорости вспашки от 0,4 до 0,8 м/с тяговое сопротивление возрастает: у сплошного отвала с 2,589 до 2,787 кН, у пластинчатого – с 1,742 до 2,659 кН, у вибрационного пластинчатого – с 2,085 до 2,366 кН. Тяговое сопротивление вибрационного пластинчатого отвала снижается по сравнению со сплошным до 24,2 %, с пластинчатым – до 11 %;

- при глубине вспашки 0,3 м с увеличением скорости вспашки от 0,4 до 0,8 м/с тяговое сопротивление возрастает: у сплошного отвала с 3,628 до 4,094 кН, у пластинчатого – с 3,396 до 3,974 кН, у вибрационного пластинчатого – с 3,098 до 3,484 кН. Тяговое сопротивление вибрационного пластинчатого отвала снижается по сравнению со сплошным до 17,5 %, с пластинчатым – до 14,1 %.

### Заключение

Уменьшение площади контакта поверхности отвала с почвой позволяет снизить тяговое сопротивление в среднем на 10...14 %.

**Таблица 2. Результаты экспериментальных исследований для  $F = f(v, h)$**

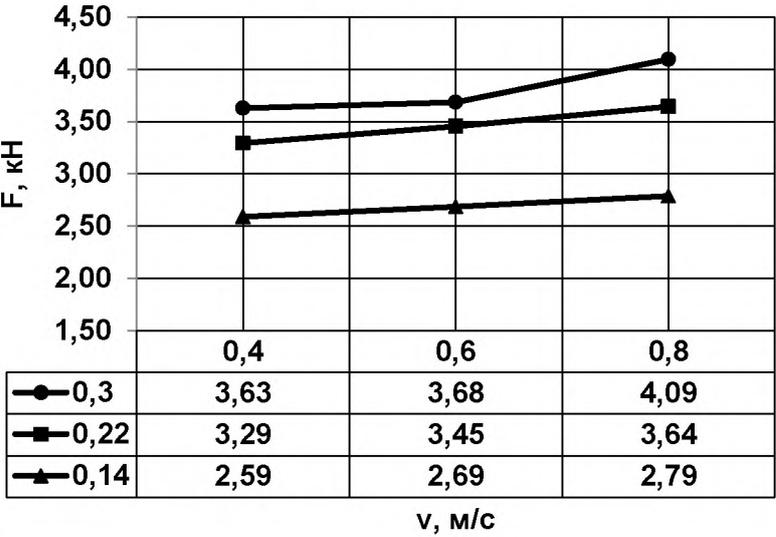
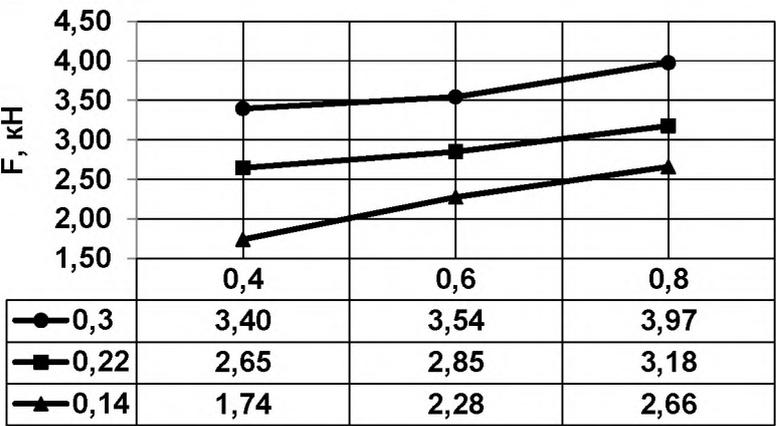
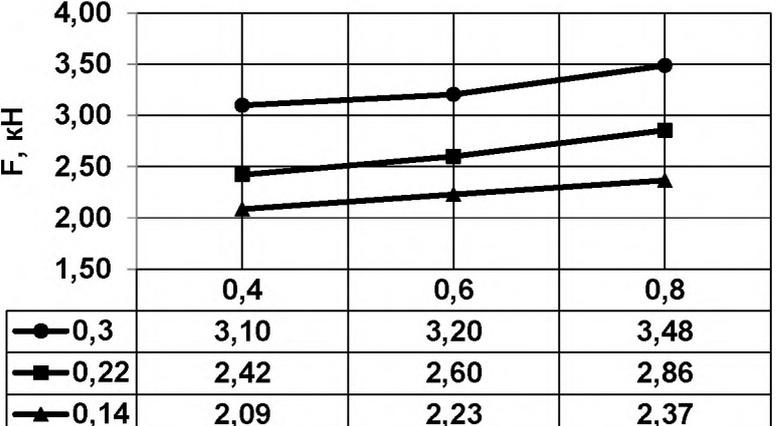
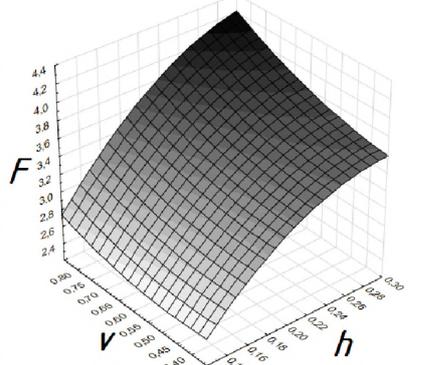
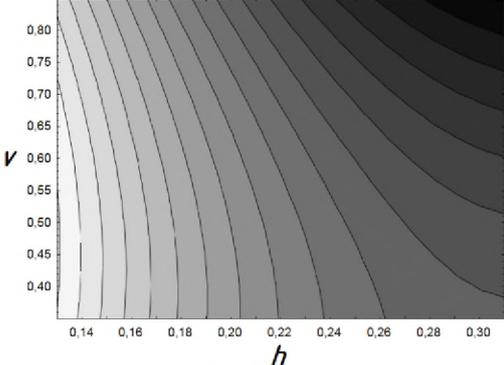
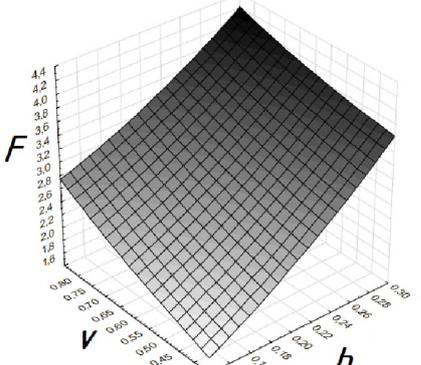
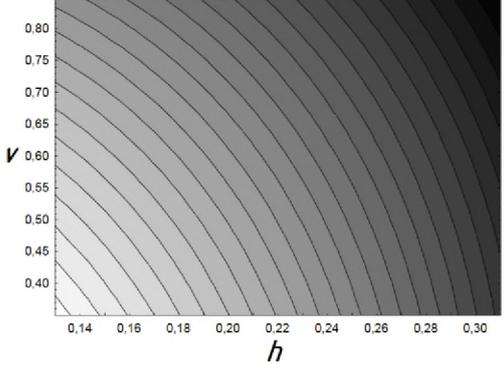
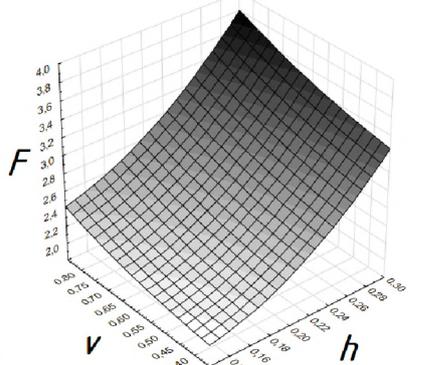
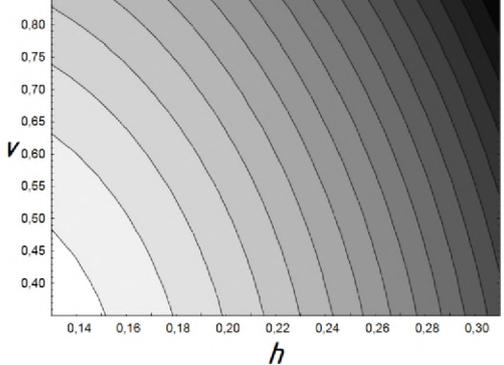
Тип корпуса	Графики $F = f(v, h)$																
<p>Корпус плуга со сплошным отвалом</p> 	 <table border="1" data-bbox="635 627 1398 752"> <thead> <tr> <th></th> <th>0,4</th> <th>0,6</th> <th>0,8</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>● 0,3</td> <td>3,63</td> <td>3,68</td> <td>4,09</td> </tr> <tr> <td>■ 0,22</td> <td>3,29</td> <td>3,45</td> <td>3,64</td> </tr> <tr> <td>▲ 0,14</td> <td>2,59</td> <td>2,69</td> <td>2,79</td> </tr> </tbody> </table> <p style="text-align: center;"><math>v, \text{ м/с}</math></p>		0,4	0,6	0,8	● 0,3	3,63	3,68	4,09	■ 0,22	3,29	3,45	3,64	▲ 0,14	2,59	2,69	2,79
	0,4	0,6	0,8														
● 0,3	3,63	3,68	4,09														
■ 0,22	3,29	3,45	3,64														
▲ 0,14	2,59	2,69	2,79														
<p>Корпус плуга с пластинчатым отвалом</p> 	 <table border="1" data-bbox="635 1137 1398 1263"> <thead> <tr> <th></th> <th>0,4</th> <th>0,6</th> <th>0,8</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>● 0,3</td> <td>3,40</td> <td>3,54</td> <td>3,97</td> </tr> <tr> <td>■ 0,22</td> <td>2,65</td> <td>2,85</td> <td>3,18</td> </tr> <tr> <td>▲ 0,14</td> <td>1,74</td> <td>2,28</td> <td>2,66</td> </tr> </tbody> </table> <p style="text-align: center;"><math>v, \text{ м/с}</math></p>		0,4	0,6	0,8	● 0,3	3,40	3,54	3,97	■ 0,22	2,65	2,85	3,18	▲ 0,14	1,74	2,28	2,66
	0,4	0,6	0,8														
● 0,3	3,40	3,54	3,97														
■ 0,22	2,65	2,85	3,18														
▲ 0,14	1,74	2,28	2,66														
<p>Корпус плуга с вибрационным пластинчатым отвалом</p> 	 <table border="1" data-bbox="635 1657 1398 1783"> <thead> <tr> <th></th> <th>0,4</th> <th>0,6</th> <th>0,8</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>● 0,3</td> <td>3,10</td> <td>3,20</td> <td>3,48</td> </tr> <tr> <td>■ 0,22</td> <td>2,42</td> <td>2,60</td> <td>2,86</td> </tr> <tr> <td>▲ 0,14</td> <td>2,09</td> <td>2,23</td> <td>2,37</td> </tr> </tbody> </table> <p style="text-align: center;"><math>v, \text{ м/с}</math></p>		0,4	0,6	0,8	● 0,3	3,10	3,20	3,48	■ 0,22	2,42	2,60	2,86	▲ 0,14	2,09	2,23	2,37
	0,4	0,6	0,8														
● 0,3	3,10	3,20	3,48														
■ 0,22	2,42	2,60	2,86														
▲ 0,14	2,09	2,23	2,37														

Таблица 3. Поверхности отклика и их двумерные сечения для  $F = f(v, h)$

Тип корпуса	Поверхности отклика $F = f(v, h)$	Двумерное сечение поверхности отклика
Корпус плуга со сплошным отвалом		
Корпус плуга с пластинчатым отвалом		
Корпус плуга с вибрационным пластинчатым отвалом		
<div style="display: flex; justify-content: center; gap: 10px;"> <div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="width: 15px; height: 15px; background-color: black; margin-right: 5px;"></div> <span>&gt; 4,2</span> </div> <div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="width: 15px; height: 15px; background-color: darkgray; margin-right: 5px;"></div> <span>&lt; 3,7</span> </div> <div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="width: 15px; height: 15px; background-color: lightgray; margin-right: 5px;"></div> <span>&lt; 2,9</span> </div> <div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="width: 15px; height: 15px; background-color: gray; margin-right: 5px;"></div> <span>&lt; 4,1</span> </div> <div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="width: 15px; height: 15px; background-color: darkgray; margin-right: 5px;"></div> <span>&lt; 3,3</span> </div> <div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="width: 15px; height: 15px; background-color: white; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></div> <span>&lt; 2,5</span> </div> </div>		

В результате проведенных экспериментальных исследований установлено, что при скорости вспашки 0,4 м/с с увеличением глубины от 0,14 до 0,30 м тяговое сопротивление вибрационного пластинчатого отвала снижается по сравнению со сплошным от 17,1 до 24,2 %, а при скорости вспашки 0,8 м/с снижается по сравнению с пластинчатым от 12,4 до 14,1 % и от 17,5 до 17,8 % по сравнению со сплошным. При глубине вспашки 0,14 м с увеличением скорости от 0,4 до 0,8 м/с тяговое сопротивление вибрационного пластинчатого отвала снижается от 17,8 до 24,2 % по сравнению со сплошным и на 11 % по сравнению с пластинчатым. При увеличении глубины вспашки до 0,3 м и увеличении скорости вспашки от 0,4 до 0,8 м/с тяговое сопро-

тивление вибрационного пластинчатого отвала снижается по сравнению со сплошным от 17,1 до 17,5 % и от 9,6 до 14,1 % по сравнению с пластинчатым.

Полученные данные подтверждают существенное снижение тягового сопротивления при использовании вибрационного пластинчатого отвала плуга по сравнению со сплошным и пластинчатым.

### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Проектирование корпусов плуга с вибрационными пластинчатыми отвалами. Рекомендации / В.П. Чеботарев [и др.]. – Минск: БГАТУ, 2023. – 104 с.

2. Клочков, А.В. Обоснование параметров пластинчатого отвала / А.В. Клочков, И. В. Дубень // Агропанорама. – 2002. – № 3. – С. 25-28.

3. Бабицкий, Л.Ф. Экспериментальные исследования и эффективность использования виброударных почвообрабатывающих рабочих органов / Л.Ф. Бабицкий, В.В. Шевченко, В.Ю. Москалевич // Известия Оренбургского гос. аграрного ун-та. – 2018. – № 6 (74). – С. 93-96.

4. Влияние вибрации на угол трения почвы по рабочему органу / В.В. Василенко [и др.] // Лесотехнический журнал. – 2013. – № 3 (11). – С. 123-126.

5. Клочков, А.В. Сельскохозяйственные машины. Теория и расчет: учеб. пособие / А.В. Клочков, В.Г. Ковалев, П.М. Новицкий. – Минск: ИВЦ Минфина, 2019. – 435 с.

6. Клочков, А.В. Новшества в конкуренциях агрегатов на «Белагро 2021» / А.В. Клочков, О.В. Гордеенко // Наше сельское хозяйство. – 2021. – № 13. – С. 30-35.

7. Халанский, В.М. Сельскохозяйственные машины / В.М. Халанский, И.В. Горбачев. – Санкт-Петербург: Квадро, 2014. – 624 с.

8. Муродов, Н.М. Тяговое сопротивление корпусов двухъярусного плуга / Н.М. Муродов // Тракторы и сельхозмашины. – 2010. – № 4. – С. 34-36.

9. Сидняев, Н.И. Теория планирования экспери-

мента и анализ статистических данных: учеб. пособие для вузов / Н.И. Сидняев. – 1-е изд. – М.: Юрайт, 2011. – 399 с.

10. Измерение тягового сопротивления с помощью мобильного измерительного усилителя «Spider 8» / Д.А. Яновский [и др.] // Техническое и кадровое обеспечение инновационных технологий в сельском хозяйстве: материалы Междунар. науч.-практич. конф., Минск, 24-25 октября 2019 г.: в 2 ч. / Белор. гос. аграр. техн. ун-т; редкол. И.Н. Шило [и др.]. – Минск: БГАТУ, 2019. – Ч. 1. – С. 253-255.

11. Методы планирования и обработки результатов инженерного эксперимента: учеб. пособие / Н.А. Спирин [и др.]; под общ. ред. Н.А. Спирина. – Екатеринбург: ООО «УИНЦ», 2015. – 290 с.

12. Реброва, И.А. Планирование эксперимента: учебное пособие / И.А. Реброва; Федеральное агентство по образованию, ГОУ ВПО «Сибирская гос. автомобильно-дорожная акад. – Омск: СибАДИ, 2010. – 105 с.

13. Суханова, С.Ф. Планирование и организация эксперимента / С.Ф. Суханова, Г.С. Азаубаева, А.Г. Махалов; Курганская государственная сельскохозяйственная академия им. Т.С. Мальцева. – Курган, 2015. – 175 с.

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 12.04.2024

## Радиоволновой влагомер зерна

*Предназначен* для непрерывного измерения влажности зерна в процессе сушки на зерносушильных комплексах.

Влагомер обеспечивает непрерывный контроль влажности зерна в потоке и автоматическую коррекцию результатов измерения при изменении температуры материала, имеет аналоговый выход – 4-20 мА, а также интерфейс – RS-485.



### Основные технические данные

Диапазон измерения влажности зерна	от 9 до 25 %
Основная абсолютная погрешность	не более 0,5 %
Температура контролируемого материала	от +5 до +65 °С
Цена деления младшего разряда блока индикации	0,1 %
Напряжение питания	220 В 50 Гц
Потребляемая мощность	30 ВА