

ауыр жүк көліктерінің қозғалысына тыйым салу, дыбыс экрандары мен бөгеттерін қолдану, жолдарды жақсарту, жолдарды трассалау және т.б. Осы аталған іс-шараларды сақтау автокөлік шуын азайту бойынша маңызды мәселенің шешімін табуға мүмкіндік береді.

#### Әдебиеттер

1. Шумомер интегрирующий-виброметр ШИ-01В. Руководство по эксплуатации.- Москва, 2004.
2. ГОСТ 20444-85 Шум. Транспортные потоки. Методы измерения шумовой характеристики. –М.: Государственный комитет по делам строительства, 1985.
3. Шудың және өзге де жасанды акустикалық әсерлердің нормаларын бекіту туралы Қазақстан Республикасы Үкіметінің 2011 жылғы 1 қарашадағы № 1270 Қаулысы.

Р.М. Касимова

#### МОНИТОРИНГ ШУМОВОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ

В статье рассматриваются проблемы загрязнения городской среды от транспортного шума. Приводится сравнительный анализ данных измерения уровня шума с санитарными нормами.

*Ключевые слова:* транспортный шум, уровни звукового давления, шумомер, акустический дискомфорт, селитебная территория.

R.M. Kassimova

#### NOISE MONITORING IN URBAN ENVIRONMENT POLLUTION

This article discusses about problems of urban environment pollution from transport's noise. There is a comparative analysis with noise measurement with sanitary norms.

*Key words:* transport's noise, sound pressure levels, audio-noise meter, acoustic discomfort, residential area.

УДК 502/504 631.311.5

**С.О. Нукешев<sup>1</sup>, Н.Н. Романюк<sup>2</sup>, С.К. Тойгамбаев<sup>3</sup>, Н.К. Теловов<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Казахский агротехнический университет им. С. Сейфуллина,  
г. Астана, Республика Казахстан;

<sup>2</sup>Учреждение образования «Белорусский государственный аграрный технический университет», г. Минск, Республика Беларусь;

<sup>3</sup>Российский государственный аграрный университет им. К.А. Тимирязева,  
г. Москва, Российская Федерация

#### СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ РАБОЧЕГО ОРГАНА ПЛОСКОРЕЗА-ГЛУБОКОРЫХЛИТЕЛЯ

**Аннотация.** В статье рассматриваются вопросы разуплотнения плодородного слоя почвы и плужной подошвы без оборота пласта и повреждения стерни. Разработана оригинальная конструкция и обоснованы основные параметры рабочего органа двухступенчатого двухрядного глубокорыхлителя, использование которого позволит повысить качество рыхления, разрушить подпахотный уплотненный слой и снизить

энергоёмкость процесса обработки почвы. Проведенные полевые испытания позволили определить количество рабочих органов глубокорыхлителя для тракторов различного тягового класса.

*Ключевые слова:* разуплотнение почвы, плодородный слой, плужная подошва, оборот пласта, оригинальная конструкция, рабочий орган, двухступенчатый двухрядный глубокорыхлитель.

### **Введение**

Изменение строения пахотного слоя, вызванное механической обработкой, обеспечивает наиболее благоприятные условия для протекания биологических, физико-химических, физических процессов в почве, а содержание в ней кислорода и влаги положительно влияет на реакцию почвенного раствора, усиливая активность микрофлоры [1]. Уплотнение почвы является серьезной проблемой, оно характеризуется разрушением структуры, изменением пористости, воздухопроницаемости, влажности и т.д. Переуплотнение приводит к потере плодородия почвы и, в конечном итоге, к нарушению экологии агроэколандшафтов [1, 2, 3].

У почв обычно разделяют три слоя: пахотный горизонт, плужная подошва и подпахотный горизонт (слой ниже плужной подошвы).

При систематической вспашке на одну и ту же глубину, в результате давления опорных плоскостей плужных корпусов, образуется плужная подошва, которая препятствует развитию корневой системы, ведет к нарушению водно-воздушного режима питания растений, что в конечном итоге способствует потере гумуса, а ухудшение физических свойств почвы приводит к эрозии.

Для разуплотнения плодородного слоя и плужной подошвы без оборота пласта и повреждения стерни используются глубокорыхлители.

Целью наших исследований явилась разработка конструкции и обоснование основных параметров рабочего органа глубокорыхлителя.

### **Основная часть**

Проведенный патентный поиск показал, что известны рабочие органы для глубокой обработки почвы, включающие ножевые стойки с закрепленным на них лемехом [4].

Однако они имеют незначительную ширину захвата, а увеличение ширины захвата за счет увеличения количества рабочих органов увеличивает массу и энергоёмкость.

Известен рабочий орган для обработки почвы, включающий наклоненные относительно друг друга симметричные ножевые стойки и соединяющий их в нижней части лемех [5].

Недостатком этого рабочего органа является значительная энергоёмкость и низкое качество работы при рыхлении на большую глубину, так как происходит прессование почвы из-за того, что действие сил резания не доходит до свободной поверхности почвы.

Известен рабочий орган для обработки почвы, имеющий ступенчатые стойки, площадки которых имеют в продольном сечении клинообразную форму с переменным углом заострения, а стойки каждой последующей ступени выполнены с переменным углом наклона [6].

Недостатком этого рабочего органа является низкое качество рыхления из-за непроработки ее в верхней ступени, особенно в ее центральной части.

В Московском государственном университете природообустройства (теперь Российский государственный аграрный университет им. К.А. Тимирязева) разработан оригинальный глубокорыхлитель [7], предназначенный для рыхления почвы на глубину до 0,6м, использование которого позволит повысить качество рыхления почвы, разрушить подпахотный уплотненный слой и снизить энергоёмкость процесса обработки.

При безотвальной технологии взамен зяблевой и весенней вспашек, глубокое рыхление почвы на склонах и паровых полях применяют для послеуборочного рыхления и предпосевной обработки стерневых и мульчированных агрофонов, заплывших почв, а также

для обработки залежных земель и кормовых угодий, виноградников и садов. Предлагается применять глубокорыхлитель с лемехами (рисунок 1) с периодичностью обработки почвы один раз в 3-4 года.

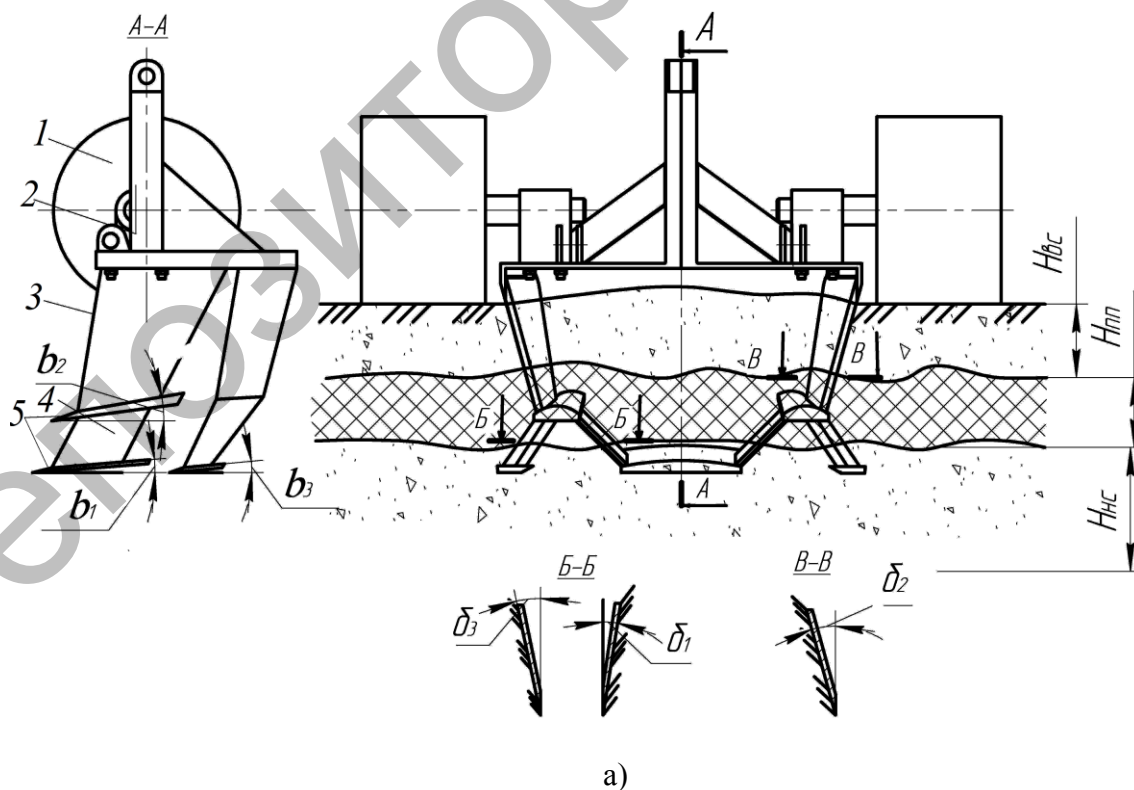
Выбор времени для глубокой обработки уплотнённых почв определяется ротацией культур. Вместе с тем лучше, чтобы глубокая обработка проводилась осенью после уборки урожая и до наступления сезона дождей для аккумуляции влаги.

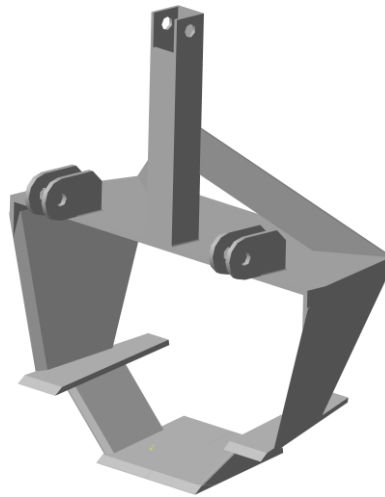
При обработке почвы можно использовать один, два или три рабочих органа. К основным параметрам предлагаемого двухступенчатого двухрядного глубокорыхлителя можно отнести: углы резания лемеха нижней  $b_1$  и верхней  $b_2$  ступеней;  $b_3$  - углы резания лемеха второго ряда стойки;  $\delta_1$  - углы резания нижних боковых стоек;  $\delta_2$  - углы резания верхних боковых стоек;  $\delta_3$  - углы резания нижних боковых стоек второго ряда стойки; ширина лемехов нижней и верхних ступеней ( $c_1$  и  $c_2$ ); углы разворота стоек относительно оси продольного движения ( $\beta_1$  и  $\beta_2$ ).

Влияние перечисленных параметров на тяговое усилие и процесс рыхления почвы практически не изучено.

Проведение исследований “классическим способом” – изменение одного фактора при постоянстве остальных требует большого числа опытов, что занимает много времени и малоэффективно. Использование моделирования для исследований значительно сокращает сроки испытаний и существенно снижает материальные затраты. Моделирование заключается в исследовании моделируемого объекта на специально сформированной модели, которая подобна оригиналу [8].

Исследования проводились по схеме полного многофакторного эксперимента. В качестве переменных факторов были приняты глубина рыхления, влажность, твердость почво-грунта (характеризует его плотность) и углы установки рабочего органа. В качестве параметров оптимизации были приняты два показателя: тяговое сопротивление движению рабочего органа рыхлителя  $F_c$  и качество рыхления  $K_{рх}$ , которое оценивалось на первом этапе величиной вспученности пласта разрыхляемого грунта по центральной продольной оси.





б)

Рисунок 1 – Схема расположения слоев почвы в разрезе: а) вид спереди и сбоку в разрезе двухступенчатого двух рядного объемного глубокорыхлителя:

Нвс – обрабатываемый слой почвы, Нпп - высота уплотненного слоя почвы «плужная подошва», Ннс – подпахотный горизонт; 1- опорное колесо, 2 - рама, 3 - боковая стойка, 4- нижняя боковая стойка, 5- лемеха;

б) общий вид двухступенчатого объемного рыхлителя

При этом приняты углы резания наклонных стоек  $\delta$  относительно оси продольного движения:

- для нижней ступени: 1)  $\delta_1 = 10^0$ ; 2)  $\delta_1 = 25^0$ ; и 3)  $\delta_1 = 20^0$ ;
- для верхней ступени: 1)  $\delta_2 = 10^0$ ; 2)  $\delta_2 = 20^0$  и 3)  $\delta_2 = 15^0$ .
- $\delta_3 = 100$  для всех моделей.

Углы резания лемехов:

- для нижней ступени: 1)  $b_1=30^0$ ; 2)  $b_1=40^0$ ; 3)  $b_1=45^0$ ;
- для верхней ступени: 1)  $b_2=25^0$ ; 2)  $b_2=30^0$ ; 3)  $b_2=35^0$ ;
- $b_3 = 30^0$  для всех моделей.

Предположим, что в рассматриваемой сложной системе существует функциональная связь между параметрами рабочих органов или их моделей и действующими силами. Тогда в общем виде математическое описание процесса представляется зависимостью [9]:

$$Y = f(X_1, X_2, X_3, \dots, X_n), \quad (1)$$

где  $Y$  – зависимая переменная (функция) отклика;

$X_1, X_2, X_3, \dots, X_n$  – независимые переменные.

Полным факторным экспериментом (ПФЭ) называют такой эксперимент, в котором реализуются все возможные, комбинации уровней всех факторов. Примем следующие обозначения:

$X_i^-, X_i^+$  и  $X_{i0}$  – соответственно нижний, верхний и базовый уровни;  $\Delta X_i$  – интервал варьирования.

При планировании эксперимента проводим преобразование размерных управляемых независимых факторов  $X$  в безразмерные, нормированные [9]:

$$Z_i = (X_i - X_{i0})/\Delta X_i. \quad (2)$$

В этом случае в относительных единицах  $Z_i^+ = +1$ ,  $Z_i^- = -1$  независимо от физической природы факторов, значений базовых уровней  $X_{i0}$  и интервалов варьирования факторов  $\Delta X_i$ .

В матрицах обычно ставят знак «+» или «-», опуская единицу. Так как изменения выходной величины (отклика) носят случайный характер, то в каждой точке приходится проводить Z параллельных опытов и по результатам наблюдений  $Y_{i1}, Y_{i2}, Y_{i3}, \dots, Y_{iz}$  находить среднее значение  $Y_{icp}$  (обычно  $Z \geq 3$ ). Матрица планирования полного трехфакторного эксперимента представлена в таблице 1.

Таблица 1 – Матрица планирования полного трехфакторного эксперимента

№	$X_0$	$X_1$ , глубина	$X_2$ , влажность	$X_3$ , твердость	$X_1 X_2$	$X_1 X_3$	$X_2 X_3$	$X_1 X_2 X_3$	Y
1	+	-	-	-	+	+	+	-	$Y_{11}; Y_{12}; Y_{13}$
2	+	+	-	-	-	-	+	+	$Y_{21}; Y_{22}; Y_{23}$
3	+	-	+	-	-	+	-	+	$Y_{31}; Y_{32}; Y_{33}$
4	+	+	+	-	+	-	-	-	$Y_{41}; Y_{42}; Y_{43}$
5	+	-	-	+	+	-	-	+	$Y_{51}; Y_{52}; Y_{53}$
6	+	+	-	+	-	+	-	-	$Y_{61}; Y_{62}; Y_{63}$
7	+	-	+	+	-	-	+	-	$Y_{71}; Y_{72}; Y_{73}$
8	+	+	+	+	+	+	+	+	$Y_{81}; Y_{82}; Y_{83}$

С целью исключения систематических ошибок, вызываемых неконтролируемыми переменными, опыты рандомизируют во времени с помощью таблицы случайных чисел (вводится случайность в последовательность их выполнения). На следующем этапе осуществляется проверка воспроизводимости опытов (проверка гипотезы об однородности дисперсии параллельных опытов).

Оценка дисперсии [9]:

$$S_i^2 = \frac{1}{Z-1} \sum_{n=1}^Z (Y_{in} - Y_i)^2, \quad (3)$$

Для проверки гипотезы об однородности дисперсий воспользуемся критерием Кохрена [9]:

$$G = \frac{S_{i_{\max}}^2}{\sum_{i=1}^L S^2\{Y\}}. \quad (4)$$

Если вычисленное значение критерия окажется меньше критического, то гипотеза принимается, а если больше, то гипотеза отвергается [9]. В нашем случае в качестве переменных факторов будут:  $X_1$  – глубина рыхления (мм);  $X_2$  – влажность грунта (%);  $X_3$  – твердость грунта. Для нахождения твердости грунта использовался ударник ДорНИИ. Твердость определяется количеством ударов  $C_{y0}$ , необходимых для погружения в грунт на глубину 0,1 м плоского цилиндрического наконечника.

Значения уровней факторов представлены в таблице 2, а результаты опытов – в таблице 3.

Таблица 2 – Основные характеристики плана эксперимента

Факторы	$X_1$ , глубина, (мм)	$X_2$ , влажность, (%),	$X_3, C_{y0}$
Базовый	60	17	7
Верхний	80	20	10
Нижний	40	12	4

Таблица 3 – Результаты опытов двухступенчатого двухрядного глубокорыхлителя

№ опытов	1	2	3	4	5	6	7	8	Итого
1-я модель									
Y, Н	90	108	106	143	104	118	104	175	946
$S^2_{i, H^2}$	51	55	53	71	50	69	51	52	452
2-я модель									
Y, Н	95	104	106	133	104	120	104	168	934
$S^2_{i, H^2}$	52	55	52	70	55	68	55	46	453
3-я модель									
Y, Н	99	108	110	138	105	122	107	170	959
$S^2_{i, H^2}$	54	57	59	72	56	69	56	48	471

Величины  $Y_{icp}$  и  $S^2_y$  найдем из трех параллельных опытов [9].

Критерий Кохрена определим по зависимости (9):

$$G = \frac{S^2_{i_{max}}}{\sum_{i=1}^L S^2\{Y\}} = 0,1599.$$

Табличное значение критерия Кохрена [9] для  $f_1=2$ ,  $f_2=8$  и при уровне значимости 5%  $G_{1-p} = 0,5157$ ; то есть  $G < G_{1-p}$ . Следовательно, гипотезу об однородности дисперсии принимаем.

Коэффициенты уравнения регрессии [9]:

$$b_0 = \frac{1}{L} \sum_{i=1}^L X_0 Y_i; \quad (5)$$

1)  $b_0 = (90+108+106+143+104+118+104+175)/8 = 118,5$ ;

2)  $b_0 = (95+104+106+133+104+120+104+168)/8=116,75$ ;

3)  $b_0 = (99+108+110+138+105+122+107+170)/8=119,875$ ;

$$b_i = \frac{1}{L} \sum_{i=1}^L X_{i\delta} Y_{icp}, (i = 1, 2, \dots, m), \quad (6)$$

1)  $b_1 = (-90+108-106+143-104+118-104+175)/8 = 17,5$ ;

2)  $b_1 = (-95+104-106+133-104+120-104+168)/8 = 13,5$ ;

3)  $b_1 = (-99+108-110+138-105+122-107+170)/8= 14,63$ , аналогично для  $b_2$  и  $b_3$ ;

$$b_{ij} = \sum_{i=1}^L Z_{i\delta} Z_{j\delta} Y_{icp} (i, j = 1, 2, \dots, m, i \neq j), \quad (7)$$

1)  $b_{12} = (90-108-106+143+104-118-104+175)/8 = 9,5$ ;

2)  $b_{12} = (95-104-106+133+104-120-104+168)/8 = 8,25$ ;

3)  $b_{12} = (99-108-110+138+105-122-107+170)/8 = 8,13$ , аналогично и для  $b_{23}$   $b_{33}$ .

Подставляя эти коэффициенты в уравнение регрессии, получим:

1)  $Y = 118,5 + 17,5X_1 + 13,5X_2 + 6,75X_3 + 9,5X_1X_2 + 0,75X_2X_3 + 3,75X_1X_3 + 4,75X_1X_2X_3$ , (8)

2)  $Y = 116,75 + 17,5X_1 + 11,0X_2 + 7,25X_3 + 8,25X_1X_2 + 1,0X_2X_3 + 5,5X_1X_3 + 3,75X_1X_2X_3$ ,

3)  $Y = 119,88 + 13,5X_1 + 11,38X_2 + 14,63X_3 + 8,13X_1X_2 + 1,13X_2X_3 + 5,4X_1X_3 + 3,38X_1X_2X_3$ .

Оценка значимости коэффициентов регрессии проводится с помощью критерия Стьюдента [9]:

$$t_{\delta} = \frac{|b_{\delta}|}{S\{b_{\delta}\}}, \quad (9)$$

где  $S^2_{\{b_{\delta}\}} = \frac{1}{LZ} S^2_{ocn}\{Y\}$  - дисперсия оценки коэффициента  $b_{\delta}$ ,

$$S_{\text{очн}}^2\{Y\} = \frac{1}{L} \sum_{i=1}^L S_i^2\{Y\}. \quad (10)$$

Если найденная величина  $t_{\delta}$  превышает значение  $t_{1-p/2}$ , определенное по таблице (квантили распределения Стьюдента  $t_{1-p/2}$ ) для числа степеней свободы  $f = L(Z-1) = 8 \times 2 = 16$  при заданном уровне значимости (обычно 5%), то коэффициент признается значимым. Те коэффициенты, которые являются незначимыми, в дальнейшем исключаются.

В нашем случае средневзвешенная дисперсия воспроизводимости равна:

$$1) S_{\text{очн}}^2\{Y\} = \frac{452}{8} = 56,5; \quad 2) S_{\text{очн}}^2\{Y\} = \frac{453}{8} = 56,625; \quad 3) S_{\text{очн}}^2\{Y\} = \frac{471}{8} = 58,875,$$

с числом степеней свободы  $f = L(Z-1) = 8(3-1) = 16$ ,

$$1) S_{\text{очн}}^2\{Y\} = \frac{1}{8 \cdot 3} * 56,5 = 2,36; \quad 2) S_{\text{очн}}^2\{Y\} = \frac{1}{8 \cdot 3} * 56,625 = 2,359;$$

$$3) S_{\text{очн}}^2\{Y\} = \frac{1}{8 \cdot 3} * 58,875 = 2,45.$$

$$1) S\{b_{\delta}\} = 1,18; \quad 2) S\{b_{\delta}\} = 1,179; \quad 3) S\{b_{\delta}\} = 1,225.$$

По таблице квантилей распределения Стьюдента  $t_{1-p/2}$  [9] для  $f=16$ ,  $p=5\%$ ,  $t_{1-p/2}=2,12$ ; далее получаем:

$$1) |b_i| \geq 2,12 * 1,18 = 2,50; \quad 2) |b_i| \geq 2,12 * 1,179 = 2,499; \quad 3) |b_i| \geq 2,12 * 1,225 = 2,597.$$

Так как  $b_i < 2,597$  то все коэффициенты признаются незначимыми. Таким образом, уравнение регрессии примет вид:

$$1) Y = 118,5 + 17,5 X_1 + 13,5 X_2 + 6,75 X_3 + 9,5 X_1 X_2 + 3,75 X_1 X_3 + 4,75 X_1 X_2 X_3; \quad (11)$$

$$2) Y = 116,75 + 17,5 X_1 + 11,0 X_2 + 7,25 X_3 + 8,25 X_1 X_2 + 5,5 X_1 X_3 + 3,75 X_1 X_2 X_3;$$

$$3) Y = 119,88 + 13,5 X_1 + 11,38 X_2 + 14,63 X_3 + 8,13 X_1 X_2 + 5,4 X_1 X_3 + 3,38 X_1 X_2 X_3.$$

Проверка гипотезы об адекватности результатов эксперимента полученному уравнению регрессии осуществляется по F- критерию Фишера в следующем порядке: рассчитываем выход  $Y_i^1$  для каждого варианта опыта по уравнению регрессии, из которого исключены незначимые члены; находим разность  $Y_i^1 - Y_{\text{ср}}$ , где  $Y_{\text{ср}}$  - среднее значение из параллельных опытов; вычисляем дисперсию адекватности [9]:

$$S_{\text{адек}}^2 = \frac{Z}{L-d} \sum_{i=1}^L (Y_i - Y_i^1)^2, \quad (12)$$

где  $d$ - число членов аппроксимирующего полинома.

Рассчитываем критерий Фишера по формуле [9]:

$$F = \frac{S_{\text{адек}}^2}{S_{\text{очн}}^2\{Y\}} \quad (13)$$

и сравним полученное значение с табличным значением [9].

Если вычисленный критерий меньше табличного для соответствующих степеней свободы [9]:

$$f_1 = L-d, \quad (14)$$

$$f_2 = L(Z-1) \quad (15)$$

при заданном уровне значимости  $p$  (обычно 5%), то уравнение адекватно описывает процесс.

Для нашего случая промежуточные расчеты проверки на адекватность сведены в таблице 4.

Таблица 4 – Результаты промежуточных расчетов

Номер опыта	Y <sub>i</sub> , Н	Ŷ, Н	(Y <sub>i</sub> - Ŷ) <sup>2</sup> , Н <sup>2</sup>
1-я модель			
1	90	89	1
2	108	115	9
3	106	99	49
4	143	144	1
5	104	105	1
6	118	111	49
7	104	111	49
8	175	174	1
			Σ160
2-я модель			
1	95	91	16
2	104	117	169
3	106	85	441
4	133	119	196
5	104	96	64
6	130	113	289
7	104	111	49
8	168	170	4
			Σ1228
3-я модель			
1	99	90	81
2	108	107	1
3	110	93	49
4	138	129	81
5	105	115	100
6	122	119	9
7	107	125	324
8	170	176	36
			Σ681

$$1) \sum (Y_i - \hat{Y})^2 = 160, S^2 = \frac{Z}{L-d} \sum_{i=1}^L (Y_{icc} - Y_i^1)^2 = \frac{3}{8-4} 160 = 120, F = \frac{S^2}{S_{очн}^2\{Y\}} = \frac{120}{56,5} = 2,12$$

$$2) \sum (Y_i - \hat{Y})^2 = 1228, S^2 = \frac{Z}{L-d} \sum_{i=1}^L (Y_{icc} - Y_i^1)^2 = \frac{3}{8-4} 1228 = 921, F = \frac{S^2}{S_{очн}^2\{Y\}} = \frac{921}{56,625} = 16,3$$

$$3) \sum (Y_i - \hat{Y})^2 = 681, S^2 = \frac{Z}{L-d} \sum_{i=1}^L (Y_{icc} - Y_i^1)^2 = \frac{3}{8-4} 681 = 510, F = \frac{S^2}{S_{очн}^2\{Y\}} = \frac{510}{58,9} = 8,66$$

Табличное значение критерия Фишера для  $f_2 = L(Z-1) = 16$ , и  $f_1 = 1$  при  $p = 0,05$ ;  $F_{1-p} = 4,5 \geq 2,12$ .

Таким образом, первое уравнение адекватно описывает процесс. Второе и третье уравнения не адекватно описывают процесс. По результатам, полученным в ходе экспериментальных исследований, можно определить полное сопротивление движения рабочего органа при рыхлении, используя рабочую методику приближенного физического моделирования процессов рыхления грунта без изменения его свойств [8], для рабочего органа в натуральную величину.

Используя максимальные тяговые сопротивления для физической модели, рассчитываем сопротивление рабочих органов натуральных образцов  $F_{CH}$  по формуле [8]:

$$F_{CH} = F_{CM} \cdot z \cdot i^n = 175 \times 3 \times 3^3 = 14175 \text{ Н}, \quad (16)$$



где  $F_{CM}$  – тяговое сопротивление одного модуля модели, полученное экспериментальным путем,  $F_{CM} = 175Н$ ;

$z$  - количество рабочих органов,  $z = 3$ ;

$i$  – торировочный коэффициент рабочего органа модели,  $i = 3$ ;

$n$  – масштабный коэффициент перехода от модели к натурному образцу,  $n = 3$ .

Полное сопротивление  $F_f$  движению базового трактора ДТ-75 при рыхлении глубокорыхлителем определяем по формуле [9]:

$$F_f = mgf_T + F_{CH}, \quad (17)$$

где  $m$  – масса базовой машины с рабочим органом, ( $m = 6500кг$ );

$g$  – ускорение свободного падения,  $м/с^2$ ,

$f_T$  – коэффициент сопротивления движению (для суглинка  $f_T = (0,10...0,12)$  [10]).

$$P_f = mgf_T + F_H = 6500 \cdot 9,81 \cdot 0,12 + 14175 = 21827 Н \approx 22кН.$$

Так как максимальное тяговое сопротивление ДТ-75 – 30кН, то пробуксовывания нет, и тяговые сопротивления преодолеваются базовым трактором с большим запасом.

После оптимизации модели были определены значения углов крошения. Анализ двумерных сечений полученных усилий для рабочих органов с различными углами установки режущих элементов позволил определить рациональную форму и параметры рабочего органа, которые приведены в таблице 5.

Таблица 5 – Основные параметры рабочего органа двухступенчатого двухрядного глубокорыхлителя

Наименование параметра	Значения параметров	
	для нижней ступени	для верхней ступени
Угол резания лемеха, град	$b_1 = 30...35$	$b_2 = 20...25$
Углы резания стоек, град	$\delta_1 = 10$	$\delta_2 = 10$
Углы разворота стоек относительно оси продольного движения, град	$\beta_1 = 5$	$\beta_2 = 3$
Ширина лемеха, м	$c_1 = 0,2$	$c_2 = 0,10$

Проведенные полевые испытания показали:

1. по основным технико-эксплуатационным параметрам глубокорыхлители удовлетворительно агрегируются с основными отечественными пахотными тракторами:

- одномодульный глубокорыхлитель (типа ГР-0,5.1) - с тракторами тяговых классов 1,4 (МТЗ-82, Беларусь-921, Т-70В и Т-70С);

- двухмодульный глубокорыхлитель (типа ГР-0,5.2) с тракторами тяговых классов 3-5, (гусеничные: ДТ-75 ДЭС4, Т-150, Т-250, Беларусь-2103; колесные: Беларусь-2103, 2022, 2522, 2822, 3022, 3023);

- трехмодульный глубокорыхлитель (типа ГР-05.3) – с тракторами тягового класса 7-10, (К-702, К-745, Т-170).

2. Однообразие качественных и энергетических показателей фронтальных глубокорыхлителей обеспечивается на различных типах почв, в условиях умеренного и недостаточного увлажнения.

3. Двухступенчатый двухрядный объёмный глубокорыхлитель рекомендуется использовать при агрегатировании с тракторами класса 3...10 для разрушения в основном «плужной подошвы».

4. В зависимости от тягового класса трактора навесное рабочее оборудование может включать один или три рабочих органа (модуля), расположенных в шахматном порядке (два спереди, один сзади).

### **Заключение**

Разработана оригинальная конструкция и обоснованы основные параметры рабочего органа двухступенчатого двухрядного глубокорыхлителя, использование которого позволит повысить качество рыхления, разрушить подпахотный уплотненный слой и снизить энергоемкость процесса обработки почвы.

### **Литература**

1. Кушнарев, А.С. Механико-технологические основы обработки почвы / А.С. Кушнарев, В.И. Кочев. – Киев : Урожай, 1989. – 144 с.
2. Романюк, Н.Н. Снижение уплотняющего воздействия на почву вертикальными вибродинамическими нагрузками пневмоколесных движителей : дис. ... канд. техн. наук: 05.20.03, 05.20.01 / Н.Н. Романюк. – Минск: 2008. – 206л.
3. Орда, А.Н. Эколого-энергетические основы формирования машинно-тракторных агрегатов : дис. ... д-ра техн. наук : 05.20.03 / А.Н. Орда. – Минск, 1997. – 269 л.
4. Авторское свидетельство SU 376040, А 01 В 39/16, 05.04.73.
5. Авторское свидетельство SU 704488, А 01 В 13/16, 25.12.79.
6. Авторское свидетельство SU 810102, А 01 В 13/16, 07.03.81.
7. Глубококорыхлитель: патент № 2150183 РФ, МКИ А01В13/08, А01В13/16/ Н.К. Теловов, Ю.Г. Ревин, В.С. Казаков /; заяв. 30.04.1999; опубл. 10.06.2000.
8. Баловнев, В.И. Моделирование процессов взаимодействия со средой рабочих органов дорожно-строительных машин / В.И. Баловнев. – М. : Машиностроение, 1994. – 432 с.
9. Практикум по мелиоративным машинам / Ю.Г. Ревин [и др.]. – М.: Колос, 1995. – 204с.
10. Эксплуатация машинно-тракторного парка: учеб. пособие для с.-х. вузов / А.П. Ляхов [и др.]; под ред. Ю.В. Будько. Минск: Ураджай, 1991. – 336с.

УДК 631.15:33

**И.А. Оганезов, А.В. Лукашевич**

*УО Белорусский государственный аграрный технический университет*

### **ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ БУРОГО УГЛЯ НА СЕЛЬСКИХ ТЕРРИТОРИЯХ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**

Бурые угли являются одним из основных энергоносителей, используемых в мире для производства тепловой и электрической энергии. С помощью этого вида топлива вырабатывается примерно 40 % всей электроэнергии. В Беларуси бурый уголь в энергетике не используется, хотя к настоящему времени на ее территории с различной степенью детальности разведано четыре месторождения. Наиболее ценным из них и по качеству угля и по запасам является Лельчицкое месторождение.

В последние десятилетия в мировой экономике наблюдается устойчивая тенденция роста цен на энергоносители. В Беларуси, по данным [1], за последние семь лет стоимость 1 т у.т. увеличилась с \$ 75 до \$ 210, то есть практически в три раза.

Учитывая тот факт, что большую часть энергоносителей Беларусь закупает за рубежом, развитие своей ресурсной базы является насущной задачей народного хозяйства