

ляется в его эгоистических потребностях. Убрать из человека эгоизм, порождающий зло, означает возрождение в человеке духовно-нравственного начала. Многочисленные наблюдения и исследования показывают, что процессу духовного возрождения способствует повышение уровня истинных знаний у простого народа.

Итак, можно сделать вывод о том, чтобы предотвратить процесс движения человечества к катастрофе, необходима активная, наступательная борьба с эгоизмом, заложенным в природу человека. Только объединившись в этой активной борьбе, человек сумеет предотвратить движение человечества к катастрофе.

В целом можно заключить, что процессы движения в Мире управляемы. И если мы хотим изменить движения, нам нужно воздействовать на самую управляющую систему, изменяя ее цели и перестраивая информационные технологии глобального управления. Такова проблема разума, освобожденного от власти автомата — от борьбы, проблема борьбы с эгоизмом человеческой власти.

### Список литературы

1. Федотов А.П., Плотников С.В. Глобалистика. Основы науки о Земной управляемой цивилизации: курс лекций. — М.: Профиль-2С, 2009. — 312 с.
2. Сергованцев В.Т. Глобалистика. Глобальное управление. Презентация лекций: электронное учебно-методическое пособие. — М.: МИГАУ, 2011. — 195 слайдов.
3. Сергованцев В.Т. Автоматы и разум как генераторы движений // Электротехнологии, электрификация и автоматизация сельского хозяйства // Вестник ФГОУ ВПО МГАУ. — 2004. — № 3(8). — С. 27–30.
4. Сергованцев В.Т. Информационные системы в живой природе // Электрификация, автоматизация и компьютеризация сельского хозяйства: сб. науч. тр. — М.: МГАУ, 2000. — С. 111–119.
5. Сергованцев В.Т. Автоматы и антропогенно перегруженная земля // Экология и сельскохозяйственная техника: материалы 3-й науч.-практ. конференции. — СПб.: СЗНИИМЭСХ, 2002. — С. 35–41.
6. Православное осмысление творения мира // Сб. докладов XIV Международных Рождественских образовательных чтений. — М.: Миссионерско-просветительский центр «ШЕСТИДНЕВ», 2006. — Вып. 2. — С. 463.
7. Иллюстрированное собрание сочинений Чарльза Дарвина. Т. 1. Пер. и ред. К.А. Тимирязева. — М.: Изд-во Ю. Лепковского, 1907. — 436 с.

УДК 502/504 631.311.5

*С.К. Тойгамбаев, канд. техн. наук*

*В.А. Шмонин, доктор техн. наук*

Московский государственный агроинженерный университет имени В.П. Горячкина

*Н.К. Теловов*

Московский государственный университет природообустройства

## МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ТЕОРИИ ПЛАНИРОВАНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТОВ ПО ИСПОЛЬЗОВАНИЮ ГЛУБОКОРЫХЛИТЕЛЯ

Основной целью использования глубокорыхлителя является разуплотнение плодородного слоя и плужной подошвы без оборота пласта и повреждения стерни. Применение глубокорыхлителей объемного типа для глубокого рыхления уплотненного слоя почвы с пониженной фильтрацией позволяет достичь улучшения водно-воздушного режима корневого слоя и предотвращения развития эрозии почвы [1–3]. Предлагаемый глубокорыхлитель предназначен для рыхления почвы на глубину 0,5...0,60 м, что позволяет разрушить подпахотный уплотненный слой. 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 глубокорых-

литель с лемехами (рисунок) с периодичностью обработки один раз в 3–4 года [4]. Глубококорыхлитель, включающий наклонные относительно друга симметричные стойки с лемехами, отличающийся тем, что лемеха передних стоек устанавливаются с междуследием таким образом, чтобы высота образующихся гребней не превышала половины суммы ширины междуследия и лемеха, а толщина стоек второго ряда, отогнутых в противоположную сторону, была меньше толщины стоек первого ряда. Такой способ дает возможность уже в первый год после рыхления получать дополнительный урожай [1].

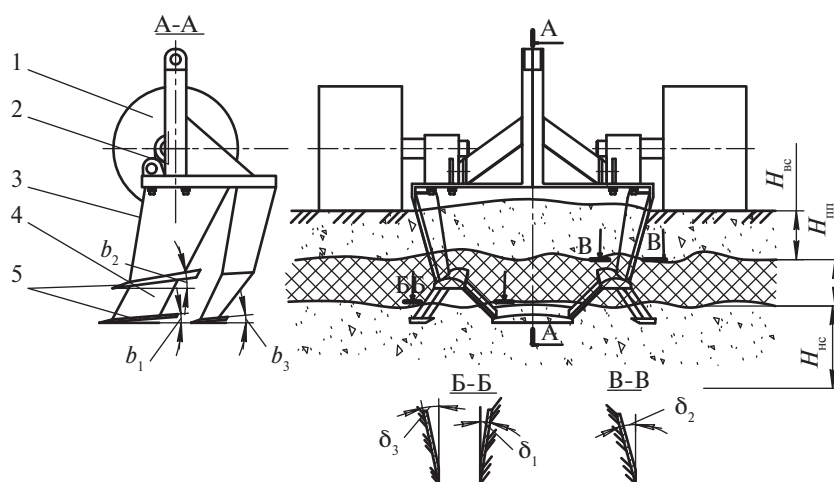
«Плужная подошва» расположена на глубине 0,25...0,30 м, она образуется при длительной сельхозобработке разными движителями от поверхности и составляет примерно 0,10...0,15 м, что вызывает необходимость глубокого рыхления до 0,30...0,60 м. Таким требованиям вполне удовлетворяет рабочий орган (см. рисунок). Если ис-

пользуется 1, 2 или 3 рабочий орган, то будем иметь соответственно одно-, двух- и трехмодульный.

Выбор времени для глубокой обработки уплотненных почв определяется ротацией культур. Вместе с тем лучше, чтобы глубокая обработка проводилась осенью после уборки урожая и до наступления сезона дождей для аккумуляции влаги. К основным параметрам предлагаемого глубокорыхлителя (см. рисунок) можно отнести: углы резания нижней  $b_1$  и верхней  $b_2$  ступеней;  $b_3$  — углы резания второго ряда стойки;  $\delta_1$  — угол нижней боковой режущей стойки;  $\delta_2$  — угол верхней боковой режущей стойки;  $\delta_3$  — угол нижней боковой режущей стойки второго ряда стойки; ширина лемехов нижней и верхних ступеней ( $b_1$  и  $b_2$ ). Влияние этих параметров на тяговое усилие и процесс рыхления практически не изучено.

Были изготовлены три модели глубокорыхлителя в масштабе 1:2,5.

Исследование физических модулей проводилось на грунтовом канале в лаборатории кафедры мелиоративных и строительных машин Московского государственного университета природообустройства [2]. При этом приняты:  $\delta$  — углы резания наклонных стоек относительно оси продольного движения — для нижней ступени: 1)  $\delta_1 = 10^\circ$ ; 2)  $\delta_1 = 25^\circ$ ; и 3)  $\delta_1 = 20^\circ$ . Соответственно, для верхней ступени: 1)  $\delta_2 = 10^\circ$ ; 2)  $\delta_2 = 20^\circ$  и 3)  $\delta_2 = 15^\circ$ ;  $\delta_3$  — углы резания второго ряда на всех моделях  $\delta_3 = 10^\circ$ . Углы резания нижней ступени лемеха, град: 1)  $b_1 = 30^\circ$ ; 2)  $b_1 = 40^\circ$ ; 3)  $b_1 = 45^\circ$ . Углы резания верхней ступени лемехов, град: 1)  $b_2 = 25^\circ$ ; 2)  $b_2 = 30^\circ$ ; 3)  $b_2 = 35^\circ$ ;  $b_3$  — углы резания второго ряда,  $b_3 = 30^\circ$ , на всех моделях и другие параметры тоже изменялись, кроме ширины лемеха. Исследования были проведены по схеме полного многофакторного эксперимента. В качестве переменных факторов были приняты глубина рыхления, плотность, влажность почвы и углы установки рабочего органа. Для оценки указанных выше параметров были проведены экспериментальные исследования этих моделей рыхлителей в лаборатории кафедры мелиоративных и строительных машин. В качестве параметров оптимизации были приняты два показателя: тяговое сопротивление движению рабочего органа рыхлителя  $F_c$  и качество рыхления  $K_{рых}$ , которое оценивалось на первом этапе величиной вспученности пласта разрыхляемого грунта по центральной продольной оси. Проведение исследования «клас-



**Схема расположения грунтов в разрезе, вид спереди и сбоку в разрезе двухступенчатого двух рядного объемного глубокорыхлителя:**

1 — опорное колесо; 2 — рама; 3 — боковая стойка; 4 — нижняя боковая стойка;  $H_{вс}$  — грунт естественный обрабатываемого поверхностного верхнего слоя;  $H_{пл}$  — грунт уплотненный длительным действием сельскохозяйственных агрегатов;  $H_{нс}$  — грунт естественный нижнего слоя;  $b_1$  — угол резания лемеха;  $\delta_1$  — угол нижний боковой режущей стойки;  $b_2$  — угол резания лемехов;  $\delta_2$  — угол верхний боковой режущей стойки;  $b_3$  — угол резания лемеха второго ряда стойки;  $\delta_3$  — угол нижний боковой режущей стойки второго ряда стойки

сическим способом» — изменение одного фактора при постоянстве остальных требует большого числа опытов, что занимает много времени и малоэффективно [3]. Используя теорию планирования эксперимента, была построена математическая модель, связывающая исследуемый параметр со всеми влияющими на него факторами. 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 (1):

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

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 преобразования размерных управляемых независимых факторов  $X$  в безразмерные, нормированные [3]:

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

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 ма-

Таблица 1

Матрица планирования полного трехфакторного эксперимента при  $m = 3$

№	$X_0$	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_1 X_2$	$X_1 X_3$	$X_2 X_3$	$X_1 X_2 X_3$	Y
		Глубина	Влажность	Плотность					
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	+	+	+	+	+	+	+	+	$Y_{81}; Y_{82}; Y_{83}$

трицах 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 табл. 1. 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 такова:

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

Для проверки гипотезы об однородности дисперсий используем критерий Кохрена:

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

Если вычисленное значение критерия окажется меньше критического, то гипотеза принимается, а если больше, то гипотеза отвергается [3]. В данном случае в качестве переменных факторов будут:  $X_1$  — глубина рыхления, см;  $X_2$  — влажность грунта, %;  $X_3$  — плотность грунта. Значения уровней факторов представлены в табл. 2, а результаты опытов — в табл. 3–5.

Величины  $Y_{icp}$  и  $S_y^2$  найдем из трех параллельных опытов [3].

Критерий Кохрена

$$G = \frac{S_{i\max}^2}{\sum_{i=1}^L S_i^2 \{Y\}} = \frac{71}{444} = 0,1599.$$

Табличное значение критерия Кохрена [3] для  $f_1 = 2, f_2 = 8$  и при уровне значимости 5%  $G_{1-p} = 0,5157$ ; т. е.  $G < G_{1-p}$ . Следовательно, гипотезу об однородности дисперсии принимаем.

Коэффициенты уравнения регрессии (5):

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

1)  $d_0 = (90 + 108 + 106 + 143 + 104 + 118 + 104 + 175)/8 = 118,5$ ;

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

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

Таблица 2

Основные характеристики плана многофакторного эксперимента

Фактор	$X_1$ , см, глубина	$X_2$ , %, влажность грунта	$X_3$ , число ударника ДорНИИ
Базовый	6,0	17	7
Верхний	8,0	20	10
Нижний	4,0	12	4

Таблица 3

Результаты опытов 1-й модели двухступенчатого двухрядного глубокорыхлителя

№ опыта	1	2	3	4	5	6	7	8	Итого
Y, Н	90	108	106	143	104	118	104	175	946
$S_i^2, Н^2$	51	55	53	71	50	69	51	52	452

Таблица 4

Результаты опытов 2-й модели двухступенчатого двухрядного глубокорыхлителя

№ опыта	1	2	3	4	5	6	7	8	Итого
Y, Н	95	104	106	133	104	120	104	168	934
$S_i^2, Н^2$	52	55	52	70	55	68	55	46	453

Таблица 5

Результаты опытов 3-й модели двухступенчатого двухрядного глубокорыхлителя

№ опыта	1	2	3	4	5	6	7	8	Итого
Y, Н	99	108	110	138	105	122	107	170	959
$S_i^2, Н^2$	54	57	59	72	56	69	56	48	471

Поэтому

$$b_i = \frac{1}{L} \sum_{i=1}^L X_{i8} Y_{i\text{ср}} \quad (i = 1, 2, \dots, m); \quad (6)$$

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

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

$$3) b_1 = (-99 + 108 - 110 + 138 - 105 + 122 - 107 + 170)/8 = 14,63,$$

аналогично для  $b_2$  и  $b_3$ .

Таким образом,

$$b_{ij} = \sum_{i=1}^L Z_{i8} Z_{j8} Y_{i\text{ср}} \quad (i, j = 1, 2, \dots, m, i \neq j); \quad (7)$$

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

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

$$3) b_{12} = (99 - 108 - 110 + 138 + 105 - 122 - 107 + 170)/8 = 8,13,$$

аналогично и для  $b_{23}$   $b_{33}$ .

Подставляем эти коэффициенты в уравнение регрессии:

$$\begin{aligned} 1) Y &= 118,5 + 17,5X_1 + 13,5X_2 + \\ &+ 6,75X_3 + 9,5X_1X_2 + 0,75X_2X_3 + \\ &+ 3,75X_1X_3 + 4,75X_1X_2X_3; \\ 2) Y &= 116,75 + 17,5X_1 + 11,0X_2 + \\ &+ 7,25X_3 + 8,25X_1X_2 + 1,0X_2X_3 + \\ &+ 5,5X_1X_3 + 3,75X_1X_2X_3; \\ 3) Y &= 119,88 + 13,5X_1 + 11,38X_2 + \\ &+ 14,63X_3 + 8,13X_1X_2 + 1,13X_2X_3 + \\ &+ 5,4X_1X_3 + 3,38X_1X_2X_3. \end{aligned} \quad (8)$$

Оценка значимости коэффициентов регрессии проводится с помощью критерия Стьюдента:

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

где  $S_{\{b_{\delta}\}}^2 = \frac{1}{LZ} S_{\text{восп}}^2 \{Y\}$  — дисперсия оценки коэффициента  $b_{\delta}$ ,

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

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  $f = L(Z - 1) = 8 \cdot 2 = 16$  при заданном уровне значимости (обычно 5%), то коэффициент признается значимым. Коэффициенты, которые являются незначительными, в дальнейшем исключаются. В данном случае средневзвешенная дисперсия воспроизводимости такова:

$$\begin{aligned} 1) S_{\text{восп}}^2 \{Y\} &= \frac{452}{8} = 56,5; \\ 2) S_{\text{восп}}^2 \{Y\} &= \frac{453}{8} = 56,625; \\ 3) S_{\text{восп}}^2 \{Y\} &= \frac{471}{8} = 58,875 \end{aligned} \quad (11)$$

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

$$\begin{aligned} 1) S_{\text{восп}}^2 \{Y\} &= \frac{1}{8 \cdot 3} \cdot 56,5 = 2,36; \\ 2) S_{\text{восп}}^2 \{Y\} &= \frac{1}{8 \cdot 3} \cdot 56,625 = 2,359; \\ 3) S_{\text{восп}}^2 \{Y\} &= \frac{1}{8 \cdot 3} \cdot 58,875 = 2,45; \end{aligned} \quad (12)$$

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

По таблице квантилей распределения Стьюдента  $t_{1-p/2}$  [3] для  $f = 16$ ,  $p = 5\%$ ,  $t_{1-p/2} = 2,12$ ; далее получаем: 1)  $|b_i| \geq 2,12 \cdot 1,18 = 2,50$ ; 2)  $|b_i| \geq 2,12 \cdot 1,179 = 2,499$ ; 3)  $|b_i| \geq 2,12 \cdot 1,225 = 2,597$ . Так как  $b_i < 2,597$ , то все коэффициенты признаются незначимыми. Таким образом, уравнение регрессии примет следующий вид:

$$\begin{aligned} 1) Y &= 118,5 + 17,5X_1 + 13,5X_2 + 6,75X_3 + \\ &+ 9,5X_1X_2 + 3,75X_1X_3 + 4,75X_1X_2X_3; \\ 2) Y &= 116,75 + 17,5X_1 + 11,0X_2 + 7,25X_3 + \\ &+ 8,25X_1X_2 + 5,5X_1X_3 + 3,75X_1X_2X_3; \\ 3) Y &= 119,88 + 13,5X_1 + 11,38X_2 + 14,63X_3 + \\ &+ 8,13X_1X_2 + 5,4X_1X_3 + 3,38X_1X_2X_3. \end{aligned}$$

Проверка гипотезы об адекватности результатов эксперимента полученное уравнение регрессии осуществляется по  $F$ -критерию Фишера в следующем порядке: рассчитывают выход  $Y_i^1$  для каждого варианта опыта по уравнению регрессии, из которого исключены незначимые члены; находят разность  $Y_i^1 - Y_{i\text{ср}}$ , где  $Y_{i\text{ср}}$  — среднее значение из параллельных опытов; вычисляют дисперсию адекватности.

Таким образом,

$$S_{\text{адек}}^2 = \frac{Z}{L - d} \sum_{i=1}^L (Y_i - Y_i^1)^2, \quad (13)$$

где  $d$  — число членов аппроксимирующего полинома.

Рассчитывают критерий Фишера по формуле (14):

$$F = \frac{S_{\text{адек}}^2}{S_{\text{восп}}^2 \{Y\}} \quad (14)$$

и сравнивают полученное значение с табличным [3].

Если вычисленный критерий меньше табличного для соответствующих степеней свободы

$$f_1 = L - d, \quad (15)$$

$$f_2 = L(Z - 1) \quad (16)$$

Таблица 6

Результаты промежуточных расчетов 1-й модели

Номер опыта	$Y_i, Н$	$\hat{Y}, Н$	$Y_i - \hat{Y}, Н$	$(Y_i - \hat{Y})^2, Н^2$
1	90	89	1	1
2	108	115	3	9
3	106	99	7	49
4	143	144	1	1
5	104	105	1	1
6	118	111	7	49
7	104	111	7	49
8	175	174	1	1
				Σ160

Таблица 7

Результаты промежуточных расчетов 2-й модели

Номер опыта	$Y_i, Н$	$\hat{Y}, Н$	$Y_i - \hat{Y}, Н$	$(Y_i - \hat{Y})^2, Н^2$
1	95	91	4	16
2	104	117	13	169
3	106	85	21	441
4	133	119	14	196
5	104	96	8	64
6	130	113	17	289
7	104	111	7	49
8	168	170	2	4
				Σ1228

Таблица 8

Результаты промежуточных расчетов 3-й модели

Номер опыта	$Y_i, Н$	$\hat{Y}, Н$	$Y_i - \hat{Y}, Н$	$(Y_i - \hat{Y})^2, Н^2$
1	99	90	9	81
2	108	107	1	1
3	110	93	7	49
4	138	129	9	81
5	105	115	10	100
6	122	119	3	9
7	107	125	18	324
8	170	176	6	36
				Σ681

при заданном уровне значимости  $p$  (обычно 5%), то уравнение адекватно описывает процесс. Для данного случая промежуточные расчеты проверки на адекватность для удобства сводят в табл. 6–8.

$$1) \sum(Y_i - Y)^2 = 160,$$

$$S^2 = \frac{Z}{L-d} \sum_{i=1}^L (Y_{icc} - Y_i^1)^2 = \frac{3}{8-4} 160 = 120,$$

$$F = \frac{S^2}{S_{восп}^2\{Y\}} = \frac{120}{56,5} = 2,12;$$

$$2) \sum(Y_i - Y)^2 = 1228,$$

$$S^2 = \frac{Z}{L-d} \sum_{i=1}^L (Y_{icc} - Y_i^1)^2 = \frac{3}{8-4} 1228 = 921,$$

$$F = \frac{S^2}{S_{восп}^2\{Y\}} = \frac{921}{56,625} = 16,3;$$

$$3) \sum(Y_i - Y)^2 = 681,$$

$$S^2 = \frac{Z}{L-d} \sum_{i=1}^L (Y_{icc} - Y_i^1)^2 = \frac{3}{8-4} 681 = 510,$$

$$F = \frac{S^2}{S_{восп}^2\{Y\}} = \frac{510}{58,9} = 8,66.$$

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, 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 (по В.И. Баловневу), для рабочего органа (рыхлителя) в натуральную величину. По максимальным тяговым сопротивлениям для модели переходят на натуру (проводят расчет рабочих органов натуральных образцов) по формуле (18):

$$F_H = F_M \chi z^{\alpha}, \tag{18}$$

где  $z$  — количество рабочих органов.

В данном случае для глубокорыхлителя это будет таким: для талых грунтов (почв)

$$F_H = 175 \cdot 3 \cdot 3^3 = 14\,175 \text{ Н.}$$

Отсюда полное сопротивление  $W$  движению базового трактора ДТ-75 при рыхлении глубокорыхлителем (глубина рыхления  $H_p = 0,5$  м) определяем по формуле (19):

$$W = mgk + F_H, \tag{19}$$

где  $m$  — масса базовой машины с рабочим органом, кг;  $g = 9,81 \text{ м/с}^2$ ,  $k$  — коэффициент сопротивления движению, для грунта суглинок  $k = 0,1 \dots 0,2$  [3].

$$W = mgk + F_H = 6500 \cdot 9,81 \cdot 0,15 + 14\,175 = 23\,740 \text{ Н} = 23,74 \text{ кН},$$

$$T = 30 \text{ кН}, T > W, 30 \text{ кН} > 23,74 \text{ кН},$$

$$T < G_{сцф}, 30 \text{ кН} < 30,7 \text{ кН}.$$

Условие соблюдается, пробуксовывания нет, и тяговые сопротивления преодолеваются базовым трактором с большим запасом. После оптимизации модели были определены приемлемые значения углов крошения. Анализ двумерных сечений полученных усилий для рабочих органов с различ-

Таблица 9

**Рекомендуемые основные параметры рабочего органа  
двухступенчатого двухрядного глубокорыхлителя**

Параметр	Значение параметров	
	Для нижней ступени	Для верхней ступени
Угол резания лемеха, град	$b_1 = 30...35$	$b_2 = 20...25$
Углы резания вертикальных стоек относительно оси продольного движения, град	$\delta_1 = 10$	$\delta_2 = 10$
Углы разворота вертикальных стоек относительно оси продольного движения, град	$\beta_1 = 5$	$\beta_2 = 3$
Ширина лемеха, м	$b_1 = 0,2$	$b_1 = 0,10$

ными углами установки режущих элементов позволил выявить рациональную форму и параметры рабочего органа (табл. 9).

Испытания показали следующие результаты. По основным технико-эксплуатационным параметрам глубокорыхлителя удовлетворительно агрегируются с основными отечественными пахотными тракторами:

- одномодульный глубокорыхлитель (типа ГР-0,5.1) — с тракторами тяговых классов 1,4 (МТЗ-82, Т-70В и Т-70С);
- двухмодульный глубокорыхлитель (типа ГР-0,5.2) с тракторами тяговых классов 3–5 (гусеничные ДТ-75, Т-4А, Т-150, колесный РТУ-160);
- трехмодульный глубокорыхлитель (типа ГР-05.3) — с трактором тягового класса 7–10 (К-702, Т-170).

Однообразие качественных и энергетических показателей фронтальных глубокорыхлителей обеспечивается на различных типах почв в условиях умеренного и недостаточного увлажнения. Двухступенчатый двухрядный объемный глубокорыхлитель рекомендуется использовать для рыхления (разрушения) в основном «плужной подошвы» при агрегатирования с тракторами класса 3...10.

В зависимости от класса трактора навесное рабочее оборудование может включать один или три рабочих органа (модуля), расположенных в шахматном порядке (два спереди, один сзади). Сам рабочий орган обладает новизной [4].

### Выводы

Объемное рыхление на глубину до 50 см — технологический процесс, обеспечивающий оп-

тимальный влаговоздушный обмен во взрыхленном слое, улучшает микроклимат в почве и обеспечивает:

- хорошую аэрацию и инфильтрацию дождевых и талых вод;
- в несколько раз увеличивается пористость почвы;
- на 20 % повышается водопроницаемость;
- создаются условия для «всасывания», накопления значительных запасов находящейся влаги в почве и воздухе, а также ее перераспределение.

### Список литературы

1. Черненко В.Я., Брусиловский Ш.И. Глубокое рыхление осушаемых тяжелых почв. — М.: Колос, 1983. — 64 с.
2. Насыров Н.К., Казаков В.С. Руководство по мелиорации почвенного профиля при комплексной реконструкции оросительных систем (на примере Яванской долины). — Тверь: Агропромиздат, 1990. — 68 с.
3. Практикум по мелиоративным машинам / Ю.Г. Ревин [и др.]. — М.: Колос, 1995. — 204 с.
4. Глубокорыхлитель: пат. № 2150183 Рос. Федерации МКИ А01В13/08, А01В13/16 / Н.К. Теловов, Ю.Г. Ревин, В.С. Казаков; заявл. 30.04.1999; опубл. 10.06.2000.

УДК 631.312.021.6

*Н.В. Вольф*

Московский государственный агроинженерный университет имени В.П. Горячкина

## ИЗЫСКАНИЕ СХЕМ И ВСПОМОГАТЕЛЬНЫХ РАБОЧИХ ОРГАНОВ ПЛУГОВ ДЛЯ ГЛАДКОЙ ВСПАШКИ

**П**ахота — важнейший прием обработки почвы. Основное требование к ней — получение слитной выровненной поверхности без свальных гребней, развальных борозд и огрехов при полной заделке пожнивных остатков. Такая пахота сокращает количество последующих обработок и повышает производительность машинно-тракторных агрега-

тов при выполнении последующих операций, обеспечивает повышение урожайности и снижение потерь урожайности сельскохозяйственных культур при уборке.

В настоящее время качество обработки почв и затраты на ее обработку не удовлетворяют производителей сельскохозяйственной продукции.