

УДК 631.314.1

Н.С. Козлов

(РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства», г. Минск, Республика Беларусь)

ИССЛЕДОВАНИЕ КАЧЕСТВА ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ ВЫСОКОСТЕБЕЛЬНЫХ КУЛЬТУР СПИРАЛЬНО-НОЖЕВИДНЫМИ РАБОЧИМИ ОРГАНАМИ

Введение

После уборки длинностебельных культур (кукурузы, подсолнечника и других) на поле остается от 30 до 80 ц/га непродуктивной растительной массы [1]. Исследования показывают [2–6], что частицы длиной более 0,15–0,20 м не только плохо заделываются при пахоте, но и медленно минерализуются, ухудшают водно-воздушное питательное состояние почвы. Поэтому возникает необходимость послеуборочного измельчения пожнивных и корневых остатков с целью полной заделки или мульчирования ими поверхности почвы для удобрения и защиты ее от эрозии.

Методика исследований качества измельчения высокостебельных культур спирально-ножевидными рабочими органами

На основании анализа рабочих органов, используемых для послеуборочного измельчения растительных остатков, были определены рациональные конструктивные параметры спирально-ножевидного катка [7] и разработана экспериментальная установка (рисунок 1).

Техническая характеристика экспериментальной установки спирально-ножевидного рабочего органа представлена в таблице 1.

Исследования [8] измельчения растительных остатков проводились согласно ТКП 080–2007 (02150) на обработке стерни кукурузы, убранной на зерно.

Для определения показателя качества измельчения растительных остатков после прохода трактора с экспериментальной установкой, соглас-



Рисунок 1. – Экспериментальная установка спирально-ножевидного катка

Таблица 1. – Технические параметры спирально-ножевидного катка

Наименование параметров	Значение
Ширина захвата, м	1
Рабочая скорость, м/с	1,4–5,2
Масса установки, кг	120
Количество ножей, шт.	10
Угол наклона ножа относительно продольной оси катка, град.	0
Угол наклона ножа относительно радиуса катка, град.	0
Диаметр катка, м	0,45–0,55

но методике проведения опытов, на каждом учетном участке в трехкратной повторности равномерно по ширине захвата установки накладывалась рамка размером 1×1 м. В пределах рамки собирались с поверхности обработанного слоя растительные остатки. Собранные растительные остатки измерялись и распределялись по длине резки на две фракции, имеющие длину измельченных остатков менее и более 0,15 м, каждая фракция взвешивалась. Долю фракций (качество резания) определяли в процентном соотношении массы i -ой фракции к общей массе пробы по формуле:

$$K_{рез} = \frac{m_i \cdot 10^2}{m}, \%,$$

где m_i – масса i -ой фракции в пробе, кг;

m – общая масса пробы, кг.

Для изучения влияния факторов, таких как скорость движения катка и диаметр катка, на качество измельчения растительных остатков проводилось их кодирование для перевода натуральных факторов в безразмерные величины (таблица 2). Далее составлялась матрица планирования эксперимента.

Таблица 2. – Уровни и интервалы варьирования факторов

Варьируемые параметры	ν	D
Единицы измерения	км/ч	мм
Кодовые обозначения факторов	x_1	x_2
Основной уровень ($x_i = 0$)	12	500
Интервал варьирования	3	50
Нижний уровень ($x_i = -1$)	9	450
Верхний уровень ($x_i = +1$)	15	550

Результаты исследований

Согласно матрице планирования эксперимента проводились опыты. По результатам исследований была составлена общая таблица результатов исследований и матрица планирования эксперимента (таблица 3).

После проведения опытов проверялась однородность полученных данных. Поскольку применялось одинаковое число повторностей опытов, по критерию Кохрена проведена проверка однородности дисперсий (формула (1)).

Дисперсии опытов однородны при соблюдении условия:

$$G_{расч} \leq G_{табл} = G_{0,05;N;f_u}, \quad (1)$$

где

$$G_{расч} = \frac{s_{i_{max}}^2}{\sum_{i=1}^N s_i^2},$$

где $\sum_{i=1}^N s_i^2$ – сумма всех дисперсий; $s_{i_{max}}^2$ – наибольшая дисперсия;

N – число опытов; f_u – число степеней свободы.

Таблица 3. – Матрица планирования и результаты опытов

№ п/п	Уровни факторов						Повторности			$y_{\text{оп}}$	s^2
	x_0	x_1	x_2	$x_1 \cdot x_2$	x_1^2	x_2^2	y_1	y_2	y_3		
1	1	-1	-1	1	0,3333	0,3333	24,1	23,8	24,2	24,03	0,04333
2	1	1	-1	-1	0,3333	0,3333	25,8	25,5	25,1	25,47	0,12333
3	1	-1	1	-1	0,3333	0,3333	21	19,4	19,7	20,03	0,72333
4	1	1	1	1	0,3333	0,3333	20,6	21,1	21,2	20,97	0,10333
5	1	-1	0	0	0,3333	-0,6667	23,5	23,2	23,4	23,37	0,02333
6	1	1	0	0	0,3333	-0,6667	27,8	27,5	27,6	27,63	0,02333
7	1	0	-1	0	-0,6667	0,3333	25,2	25,6	24,9	25,23	0,12333
8	1	0	1	0	-0,6667	0,3333	21,6	22,5	21,4	21,83	0,34333
9	1	0	0	0	-0,6667	-0,6667	27,1	26,4	26,5	26,67	0,14333

Тогда

$$G = \frac{0,723}{1,650} = 0,438 < G_{0,05;9;2} = 0,477.$$

При условии соблюдения однородности дисперсий вычислялась дисперсия воспроизводимости опытов:

$$s_y^2 = \frac{\sum_{i=1}^N s_i^2}{N} = \frac{1,650}{9} = 0,183.$$

Для двухфакторного опыта полное квадратичное уравнение имеет вид:

$$y = b_0 + b_1 x_1 + b_2 x_2 + b_{11} x_1^2 + b_{22} x_2^2 + b_{12} x_1 x_2. \quad (2)$$

После вычисления коэффициентов регрессии уравнение (2) запишется:

$$y = 26,57 + 1,11x_1 - 1,98x_2 - 1,00x_1^2 - 2,96x_2^2 - 0,12x_1 x_2.$$

До проверки адекватности уравнения регрессии проводилась проверка значимости полученных коэффициентов с помощью критерия Стьюдента. Коэффициенты будут оказывать существенное влияние на параметр оптимизации при соблюдении неравенства (3):

$$|b| > \Delta b = t_{0,05;f_y} \cdot s(b_i), \quad (3)$$

где Δb – доверительный предел;

f_y – число степеней свободы дисперсии воспроизводимости, равное

$$f_y = n(m_0 - 1);$$

$t_{0,05;18}$ – критерий Стьюдента при 5 %-ном уровне значимости ($t = 2,1$);

$s(b_i)$ – ошибка в определении i -го коэффициента регрессии, определяемая по формуле:

$$s(b_i) = +\sqrt{s^2(b_i)} = \sqrt{\frac{1}{m_0 N} s_y^2}.$$

Вычисленные коэффициенты регрессии и их доверительные пределы приведены в таблице 4.

Таблица 4. – Коэффициенты уравнения регрессии и их доверительные пределы

Переменная	x_0	x_1	x_2	$x_1 \cdot x_2$	x_1^2	x_2^2
Коэффициент b_i	26,57	1,11	-1,98	-0,12	-1,00	-2,96
Абсолютное значение коэффициента $ b_i $	26,57	1,11	1,98	0,12	1,00	2,96
Доверительный предел коэффициента Δb_i	0,52	0,64	0,64	0,78	1,10	1,10

После проведенного анализа коэффициентов регрессии на значимость согласно неравенству (3) и исключения незначимых уравнение регрессии имело следующий вид:

$$y = 26,57 + 1,11x_1 - 1,98x_2 - 2,96x_2^2. \quad (4)$$

Затем по критерию Фишера F определялась адекватность уравнения регрессии. Уравнение адекватно, если выполняется неравенство:

$$F_{\text{факт}} = \frac{S_{\text{ад}}^2}{S_y^2} \leq F_{0,05; f_{\text{ад}}; f_y}, \quad (5)$$

где $F_{0,05; f_{\text{ад}}; f_y}$ – критерий Фишера при степени значимости 0,05;

$f_{\text{ад}}$ – число степеней свободы дисперсии адекватности,

$$f_{\text{ад}} = n - k - 1 = 9 - 2 - 1 = 6,$$

где k – число факторов;

$S_{\text{ад}}^2$ – дисперсия адекватности.

Дисперсия адекватности находилась по формуле:

$$s_{\text{ад}}^2 = \frac{\sum_{i=1}^N (y_p - y_{u,\text{сп}})^2}{f_{\text{ад}}} = \frac{0,471 + 0,116 + 0,162 + 0,390 + 1,180 + 0,939 + 0,117 + 0,050 + 0,012}{6} = 0,573. \quad (6)$$

Тогда критерий Фишера будет равен:

$$F_{\text{факт}} = \frac{0,573}{0,183} = 3,127 \leq F_{0,05; 6; 18} = 3,160.$$

Поскольку расчетное значение критерия Фишера оказалось меньше табличного, то уравнение регрессии (4) адекватно описывает экспериментальные данные.

Дальнейшая обработка экспериментальных данных проводилась графическим редактором «Statistica». С его помощью было выполнено построение поверхности отклика и линии уровня поверхности отклика (рисунки 2 и 3). На рисунках 2 и 3 изображены зависимости качества резания $K_{\text{рез}}$ от скорости движения катка v_k и диаметра катка D_k .

Анализ графических построений показывает, что с увеличением скорости движения катка v_k с 2 до 4 м/с увеличивается качество резания $K_{\text{рез}}$ с 24 до 27,6 %. Изменение начального диаметра катка D_k с 0,44 до 0,49 м

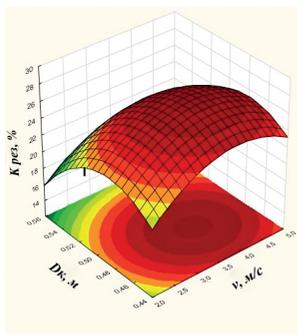


Рисунок 2. – Зависимость качества резания $K_{рез}$ от скорости движения катка v_k и диаметра катка D_k

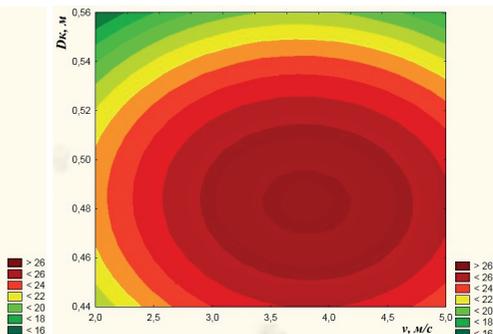


Рисунок 3. – Линии уровня поверхности отклика $K_{рез} = f(v_k ; D_k)$

при скорости движения катка $v_k = 3,9 \text{ м/с}$ приводит к увеличению качества резания $K_{рез}$ с 25 до 27,6 %.

Анализ полученной поверхности отклика (рисунок 2 и 3) и уравнения регрессии (4) позволил выявить, что из варьируемых факторов максимальное влияние на качество резания стеблей $K_{рез}$ оказывает диаметр катка D_k . Это связано с тем, что увеличение диаметра катка D_k с 0,52 до 0,55 м приводит к увеличению расстояния между ножами катка, а следовательно к увеличению длины резки растительных остатков.

Заключение

Разработанная в виде спирально-ножевидного катка установка позволила провести исследования качества измельчения растительных остатков стерни кукурузы, убранный на зерно.

На основании полученных экспериментальных данных установлены оптимальные значения параметров и режимов работы: $v_k = 3,9 \text{ м/с}$, $D_k = 0,485 \text{ м}$, позволяющие получать качество резания в пределах, допустимых агротребованиями.

27.05.2015

Литература

1. Спирин, А.П. Мульчирующая обработка почвы / А.П. Спирин. – М.: ВИМ, 2001. – 135 с.
2. Канивец, И.Д. Комбинированный агрегат для измельчения и запашки пожнивно-корневых остатков / И.Д. Канивец // Кукуруза. – 1973. – № 10. – С. 12–14.
3. Михновская, А. Заделка пожнивных остатков / А. Михновская // Земледелие. – 1972. – № 8. – С. 29.
4. Рыженко, И. Обработка почвы после подсолнечника и кукурузы / И. Рыженко, А. Убоженко, В. Вировец // Техника в сельском хозяйстве. – 1972. – № 9. – С. 26–28.
5. Кочев, В.И. Комбинированная машина / В.И. Кочев // Земледелие. – 1977. – № 9. – С. 47–49.

6. Способы заделки пожнивных остатков кукурузы в почву // Земледелие. – 1978. – № 12. – С. 56.
7. Козлов, Н.С. Обоснование конструктивной схемы спирально-ножевидного рабочего органа / Н.С. Козлов // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. тематич. сб.: в 2 т. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Минск, 2014. – Вып. 48. – Т. 1. – С. 61–65.
8. Машины и орудия для поверхностной и мелкой обработки почвы. Порядок определения функциональных показателей: ТКП 080–2007. – Введ. 21.01.2008. – Минск: Госстандарт: Беларус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 2008. – 39 с.

УДК 631.363

**И.М. Лабоцкий,
С.Н. Конончук**

*(РУП «НПЦ НАН Беларуси по
механизации сельского хозяйства»,
г. Минск, Республика Беларусь)*

**ПОЛУПРИЦЕПЫ
САМОСВАЛЬНЫЕ ТРАКТОРНЫЕ
ГРУЗОПОДЪЕМНОСТЬЮ
15 И 20 ТОНН НА
УНИФИЦИРОВАННЫХ
ДВУХОСНОМ И ТРЕХОСНОМ
ШАССИ**

Введение

Рост объемов производства продукции неизбежно влечет за собой увеличение объемов перевозок сельскохозяйственных грузов. При этом затраты на транспортные, транспортно-технологические, погрузочно-разгрузочные работы варьируют в пределах от 20 до 30 процентов [1]. Вопросам повышения эффективности работы транспорта сельскохозяйственного назначения, снижения себестоимости перевозок и повышения производительности труда придается большое значение.

В условиях ограниченных трудовых ресурсов поставленная задача решается путем увеличения грузоподъемности и энергонасыщенности, а также снижения стоимости транспортных и транспортно-технологических систем за счет применения унифицированных быстросменных узлов и агрегатов (кузовов, шасси, рабочих органов, гидросистем и др.).

Системой машин для комплексной механизации сельхозпроизводства для перевозки сельскохозяйственных грузов предусматривается создание и применение свыше 20 типов тракторных прицепов и полуприцепов, в том числе 6 типов специальных [2]. Следует отметить, что техническое оснащение хозяйств республики для выполнения транспортных работ не превышает 60 % от технологической потребности, особенно недостает специальных транспортных и транспортно-технологических систем, кроме того, необходимо указать на техническое несовершенство применяемых систем: низкую грузоподъемность, маневренность и высокую затратность ресурсов на выполнение работ.