

ТЕХНОЛОГИИ И СРЕДСТВА МЕХАНИЗАЦИИ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА



УДК 631.34

**В.И. Курдюмов,
Е.В. Софронов,
С.Г. Мударисов**

ОПРЕДЕЛЕНИЕ РЕЖИМОВ РАБОТЫ КОМБИНИРОВАННОГО РАБОЧЕГО ОРГАНА ПРОПАШНОГО КУЛЬТИВАТОРА

Ключевые слова: междурядная обработка, параметр оптимизации, лабораторный комплекс, уравнение регрессии, поверхности отклика, рабочий орган, почвенный канал, коэффициент соответствия эталону, пропашные культуры, защитная зона.

Выращивание пропашных культур – очень трудоемкий процесс, так как по сравнению с выращиванием зерновых культур требует проведения междурядной обработки, на которую необходимы дополнительные эксплуатационные затраты и затраты труда. С развитием химической промышленности эти затраты исключали путем применения гербицидов. Но применение гербицидов имеет ряд существенных недостатков: оно ухудшает свойства почвы, не дает возможности вырастить экологически чистые продукты питания и др. Используемые же в настоящее время средства механизации междурядной обработки не вполне совершенны, при определенных условиях не обеспечивают выполнение агротехнических требований.

Поэтому на основании вышеизложенного следует, что задача совершенствования тех-

нологий междурядной обработки пропашных культур и средств механизации для их осуществления является актуальной и имеет большое значение для развития страны.

Анализ существующих способов, средств механизации междурядной обработки и существующих конструкций рабочих органов пропашных культиваторов показал, что междурядья необходимо обрабатывать механическим рыхлением с уничтожением сорняков, а защитные зоны – путем смещения в них слоя почвы определенной толщины.

С учетом изложенного нами был разработан и изготовлен рабочий орган пропашного культиватора. Новизна технических решений предложенного средства механизации защищена патентом РФ № 2406283 на изобретение и № 82983 на полезную модель [1, 2].

Предложенная конструкция рабочего органа имеет следующие диапазоны регулировок:

- глубину обработки h_0 выбирали в соответствии с агротехническими требованиями (при первой междурядной обработке h_0 составляет 60 мм, а при второй – 100 мм);

- скорость движения рабочего органа культиватора изменяли в пределах от 3 до 10 км/ч;

- угол атаки диска изменяли от 0° до 25° с интервалом варьирования 5°;

- диск в горизонтальной плоскости перемещали на расстояние 0-120 мм, данный диапазон перемещения выбрали с учетом конструктивных особенностей рабочего органа.

Для определения оптимальных конструктивно-режимных параметров нами выбран параметр оптимизации [3, 4] – коэффициент соответствия эталону $k_{сэ}$. Данный коэффициент представляет собой отношение площади поперечного сечения гребня, образуемого после прохода испытуемых рабочих органов S_{oc} к площади идеального поперечного сечения гребня $S_{ис}$:

$$k_{сэ} = S_{oc} / S_{ис} \quad (1)$$

В соответствии с агротехническими требованиями идеальную площадь поперечного сечения при первой междурядной обработке будет иметь гребень с толщиной присыпаемого слоя $h = 30-60$ мм и шириной защитной зоны $b = 100$ мм с обеих сторон от растения. При второй междурядной обработке идеальный гребень должен иметь $h = 60-100$ мм при ширине защитной зоны $b = 160$ мм.

Как видно из рисунка 1, идеальное поперечное сечение гребня образует трапецию. Ее площадь:

$$S_{ис} = h(2b - h) / \text{tg}\varphi, \quad (2)$$

где h – толщина присыпаемого слоя почвы (высота трапеции), м;

b – ширина защитной зоны, м;

φ – угол естественного откоса почвы, град.

При полном соответствии площади идеального сечения и площади сечения гребня, образуемого после прохода рабочих органов культиватора, $k_{сэ} = 1$.

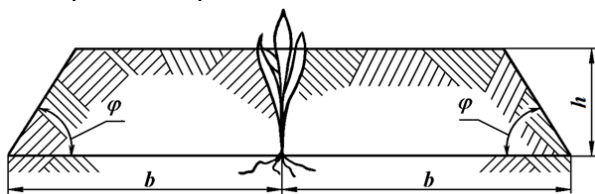


Рис. 1. К определению площади идеального поперечного сечения гребня

Для определения площади поперечного сечения гребня, образуемого после прохода испытуемых рабочих органов S_{oc} , использовали почвенный канал. Для этого на тележку устанавливали два рабочих органа с лево- и правосторонними приваливающими дисками в соответствии с агротехническими требованиями. Расстояние b между

крыльями стрелчатых лап должно соответствовать ширине двух защитных зон: при глубине обработки 60 мм это расстояние равно 200 мм, а при глубине обработки 100 мм

$b = 300$ мм. Также рабочие органы должны быть равноудалены от точки приложения тяговой силы. Это необходимо для равномерного распределения нагрузки на рамку.

После установки рабочих органов подготавливали почву в почвенном канале в соответствии с агротехническими требованиями. Ее выравнивали, уплотняли до плотности, которую обеспечивает прикапывающий каток после своего прохода, увлажняли и давали подсохнуть до образования почвенной корки.

Выполнив подготовку почвенного канала, проводили испытания рабочих органов. На каждом режиме работы рабочих органов были определены геометрические параметры образовавшегося гребня при помощи профиломера (рис. 2).

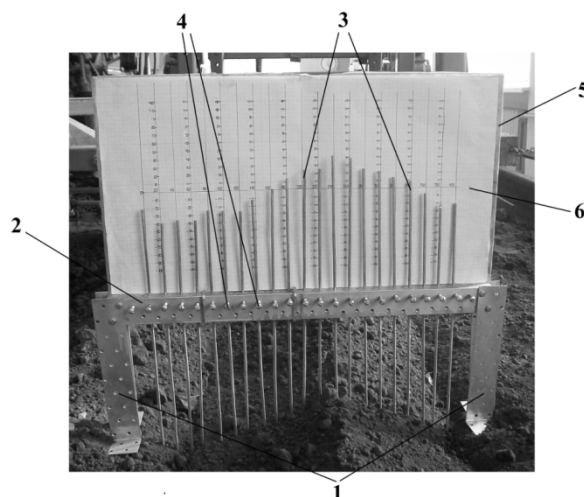


Рис. 2. Профиломер (обозначения в тексте)

Профиломер состоит из ножек 1 с закрепленным на них держателем 2. В держателе 2 через каждые 10 мм просверлены отверстия для стержней 3. Стержни свободно перемещались в просверленных отверстиях, а положение стержней фиксировали с помощью винтов 4. Для контроля показаний профиломера на панель 5 прикрепляли миллиметровую бумагу 6. На миллиметровой бумаге вычерчивали линию отсчета 0-0 и перпендикулярно ей – шкалу с положительными и отрицательными значениями.

Расчет S_{oc} осуществляли с использованием программы «MathCad». Для получения точного профиля формы гребня замеры выполняли через каждые 20 мм ширины гребня. По полученным экспериментальным данным строили матрицу значений высоты гребня по его ширине:

$$b = \begin{pmatrix} b_0 \\ b_1 \\ b_2 \\ b_3 \\ \dots \\ \dots \\ b_k \end{pmatrix} \quad h = \begin{pmatrix} h_0 \\ h_1 \\ h_2 \\ h_3 \\ \dots \\ \dots \\ h_k \end{pmatrix} \quad (3)$$

После построения матрицы значений данных параметров гребня определяли соответствующее уравнение регрессии путем аппроксимации поверхности гребня, получаемой с использованием теоретических данных, к поверхности гребня, образуемой экспериментальным путем. В нашем случае использовали уравнение регрессии восьмой степени, так как поверхность гребня, построенная по данному уравнению, максимально приближена к поверхности, получаемой при экспериментальных исследованиях:

$$H_i = F_{11}(u_i)^8 + F_{10}(u_i)^7 + F_9(u_i)^6 + \dots + F_5(u_i)^2 + F_4(u_i) + F_3, \quad (4)$$

где H_i – теоретическая высота гребня в любой точке ширины гребня;

F_{3-11} – коэффициенты уравнения регрессии;

u_i – координаты точек ширины гребня.

Для определения площади образуемого сечения гребня S_{oc} интегрировали полученное уравнение регрессии в пределах ширины гребня:

$$S = \int_a^c [F_{11}(u)^8 + F_{10}(u)^7 + F_9(u)^6 + \dots + F_5(u)^2 + F_4(u) + F_3] du. \quad (5)$$

Определив площадь S_{oc} на всех режимах исследования рабочего органа культиватора по формуле (1), определяли коэффициент соответствия эталону k_{c3} .

После получения коэффициентов все данные были обработаны с помощью программы «Statistica 6.0».

После обработки данных были получены уравнения регрессии, характеризующие влияние: скорости движения рабочего органа и перемещения диска на коэффициент соответствия эталону k_{c3} ; угла атаки и перемещения диска на k_{c3} ; скорости движения рабочего органа и угла атаки диска на k_{c3} .

Уравнение регрессии, характеризующее влияние скорости движения рабочего органа и перемещения диска на коэффициент соответствия эталону, имеет следующий вид:

$$k_{c3} = 0,4084 + 0,2071v + 0,0018l - 0,0163v^2 - 0,0001v l - 0,00002l^2, \quad (6)$$

где v – скорость движения агрегата, км/ч;

l – перемещение диска в горизонтальной плоскости, мм.

Уравнение (6) в кодированных значениях факторов:

$$Z = 1,059 - 0,0407x_1 - 0,0766x_3 - 0,1998x_1^2 - 0,0234x_1x_3 - 0,0701x_3^2, \quad (7)$$

где Z – коэффициент соответствия эталону;
 x_1 – скорость движения агрегата;
 x_3 – перемещение диска в горизонтальной плоскости.

Анализ уравнения (7) показал, что перемещение диска в горизонтальной плоскости оказывает большее влияние на коэффициент соответствия эталону, чем скорость движения агрегата, причем увеличение обоих из факторов ведет к снижению коэффициента соответствия эталону.

Из графического представления поверхности отклика (рис. 3), характеризующей влияние скорости движения рабочего органа и перемещения диска на коэффициент соответствия эталону, было установлено, что k_{c3} максимален при скоростях движения 3-10 км/ч и перемещении диска в пределах 80-104 мм.

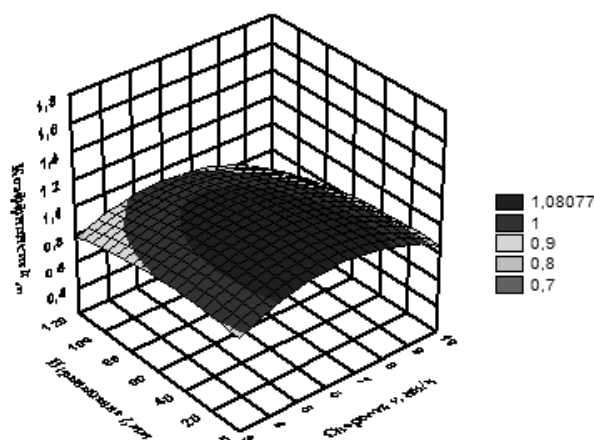


Рис. 4. Поверхность отклика от взаимодействия скорости движения рабочего органа и перемещения диска в горизонтальной плоскости

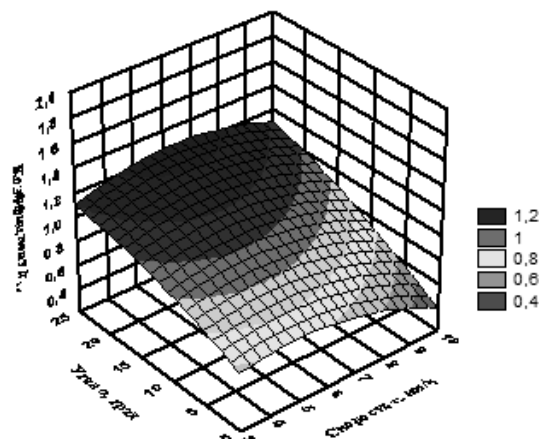


Рис. 5. Поверхность отклика от взаимодействия скорости движения рабочего органа и угла установки приваливающего диска

Уравнение регрессии, характеризующее влияние скорости движения рабочего органа и угла атаки приваливающего диска на коэффициент соответствия эталону, имеет следующий вид:

$$k_{cs} = -0,135 + 0,195v + 0,0507\alpha - 0,0163v^2 + 0,0004v\alpha - 0,0008\alpha^2, \quad (8)$$

где α – угол атаки приваливающего диска, град.

Ниже представлено уравнение регрессии (8) в кодированных значениях факторов:

$$Z = 1,065 - 0,0407x_1 + 0,2986x_2 - 0,1998x_1^2 + 0,0127x_1x_2 - 0,0772x_2^2, \quad (9)$$

где x_2 – угол атаки приваливающего диска.

Анализ уравнения (9) показал, что угол атаки приваливающего диска оказывает большее влияние на коэффициент соответствия эталону, а его увеличение ведет к увеличению этого коэффициента.

Из графического представления поверхности отклика (рис. 4), характеризующей влияние скорости движения рабочего органа и угла установки приваливающего диска на коэффициент соответствия эталону, было установлено, что k_{cs} максимален при скоростях движения агрегата от 3 до 10 км/ч и угле установки диска в пределах 15-25°.

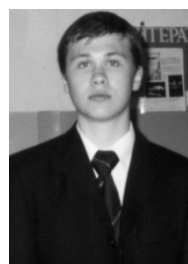
Для дальнейшего определения оптимальных параметров был проведен энергетический анализ на всех режимах работы. Установлено, что при скоростях от 3 до 7 км/ч сопротивление перемещению рабочего органа в почве растет незначительно, а при скоростях с 7 до 10 км/ч происходит резкий рост сопротивления. В результате нами была выбрана скорость 8 км/ч, так как при

меньшей скорости производительность низкая, а при скоростях выше 8 км/ч резко увеличивается сопротивление, вызывая соответствующий рост затрат на топливно-смазочные материалы.

После анализа влияния всех факторов на качество междурядной обработки и на энергетические показатели процесса было установлено, что для обеспечения оптимального режима работы предлагаемого рабочего органа пропашного культиватора скорость его движения должна составлять 8 км/ч, угол установки приваливающего диска – 18°, а перемещение диска в горизонтальной плоскости – 100 мм.

Библиографический список

1. Патент РФ на полезную модель № 82983. Рабочий орган культиватора / В.И. Курдюмов, В.П. Зайцев, Е.В. Софронов; Опубл. 20.05.2009 г.; Бюл. № 14.
2. Патент РФ на изобретение № 2406283. Рабочий орган культиватора / В.И. Курдюмов, Е.В. Софронов; опубл. 20.12.2010 г.; Бюл. № 35.
3. Алиев Т.А. Экспериментальный анализ – М.: Машиностроение, 1991. – 272 с.
4. Курдюмов В.И. Разработка и исследование машин для механизации животноводства и их рабочих органов. – Ульяновск, 2002. – 159 с.



УДК 631:621.436:068.001.05

**А.Л. Новоселов,
К.С. Боков**

ОПРЕДЕЛЕНИЕ УДЕЛЬНОГО ПРИВЕДЕННОГО НОРМООБЪЕМА ПРИ МЕХАНИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ В СКЛАДАХ

Ключевые слова: индикатор, газовое загрязнение, склад, сельскохозяйственный, продукт, выбросы, газ, дизель, мобильный, машина.

Введение

Решение задачи создания безопасных условий труда в складах сельскохозяйственной продукции при механизации производственных процессов с использованием мобильных

машин связано с определением параметров рассеивания отработавших газов в помещениях.

Цель и задачи: показать концепцию и физическую сущность интегрированного индикатора загрязнения атмосферы сельскохозяйственного склада с выхлопными газами дизеля от мобильных машин: стандартный объем, характеризующий воздуш-