

УДК 631.316.22

UDC 631.316.22

**УНИВЕРСАЛЬНЫЙ ПЛУГ ДЛЯ
БЕЗОТВАЛЬНОЙ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ С
ЦИЛИНДРИЧЕСКИМИ ДОЛОТАМИ И
ПОВОРАЧИВАЮЩИМИСЯ ЛАПАМИ И
ОПТИМИЗАЦИЯ ЕГО ПАРАМЕТРОВ ПРИ
ГЛУБОКОМ РЫХЛЕНИИ**

**UNIVERSAL PLOW FOR MOLDBOARDLESS
TILLAGE WITH CYLINDER CHISELS AND
TURN SWEEPS AND EXPERIMENT FOR
DEFINITION OPTIMAL PARAMETERS**

Тарасенко Борис Фёдорович
к.т.н., доцент

Tarasenko Boris Fedorovich
Cand.Tech.Sci., assistant professor

Горовой Сергей Алексеевич
аспирант

Gorovoy Sergey Alekseevich
post-graduate student

Цыбулевский Валерий Викторович
к.т.н., доцент
*Кубанский государственный аграрный универси-
тет, Краснодар, Россия*

Tsibylevsky Valery Viktorovich
Cand.Tech.Sci., assistant professor
Kuban State Agrarian University, Krasnodar, Russia

Представлены анализ механизированных процес-
сов обработки почвы и разработка новой конст-
рукции универсального плуга для безотвальной
обработки почвы с цилиндрическими долотами и
поворачивающимися лапами, а также эксперимент
по оптимизации параметров при глубоком рыхле-
нии

Analysis of mechanize processes of bursting and in-
vention of new construction universal plow for mold-
boardless tillage with cylinder chisels and turn sweeps
and experiment for definition of optimal parameters
without sweeps are presented

Ключевые слова: РЫХЛЕНИЕ ЧИЗЕЛЬНОЕ,
НОВЫЕ РАБОЧИЕ ОРГАНЫ, СТОЙКИ,
ЦИЛИНДРИЧЕСКИЕ ДОЛОТА,
ПОВОРАЧИВАЮЩИЕСЯ ЛАПЫ,
ЭКСПЕРИМЕНТ, ОПТИМАЛЬНЫЕ
ПАРАМЕТРЫ

Keywords: CHISEL, NEW TOOLS, STANDARDS,
CYLINDER CHISELS, TURN SWEEPS,
EXPERIMENT, OPTIMAL PARAMETERS

Из-за несовершенства технологий и технических средств основной обработки почвы, а также отсутствия в полной мере знаний в области антропоцентрического воздействия через механизированные процессы на агроландшафты на Кубани при производстве сельскохозяйственной продукции резко обозначились две проблемы – энергетическая и экологическая. Энергетическая проблема характеризуется наращиванием затрат энергии из-за применения большой номенклатуры машин, многооперационности и т.д., а экологическая из-за механического воздействия на почву (переуплотнения, неправильного изменения структуры, эрозии и т.д.) характеризуется снижением плодородия [1].

Поэтому разработка конструктивно-технологических решений, с

учётom энергосберегающего и почвозащитного критерия весьма актуальна в связи с ростом дефицита топлива, в связи с исчерпаемостью недр, в связи с тем, что затраты энергии при основной обработке почвы почти эквивалентны мощности ежегодно вырабатываемой всеми электростанциями страны, в связи с сохранением плодородия. При этом рациональным направлением является применение безотвальной обработки почвы, а технические средства должны быть комбинированные и универсальные [2].

Целью исследований является снижение сопротивления почвы рабочим органам, повышение многофункциональности и эксплуатационной надёжности устройства, а также качества обработки почвы,

Для решения сложившихся проблем и цели исследований нами поставлены следующие задачи.

1. Проанализировать известные и разработать новый универсальный плуг для безотвальной обработки почвы

2. Оптимизировать конструктивные параметры рабочего органа предложенного средства при глубоком рыхлении.

Реализация задач исследований осуществлена следующим образом.

Из технической и научной литературы известны устройства, предназначенные для безотвального и глубокого рыхления почвы. Например, плуг чизельный ПЧ-4,5, культиваторы-глубокорыхлители типа НР-80Б, ЧКУ-4, КЗУ-03В [3], являющиеся аналогами. Указанные устройства не универсальны, и имеют высокие затраты энергии из-за прямых стоек и плоских долот.

Известен также плуг навесной [4], являющийся прототипом. Он универсальный, потому что предназначен как для глубокого рыхления (на глубину 40-80см), так и плоскорезного. Плуг включает прямоугольную трубную, сварную, снабженную системами трёхточечной навески на трактор и регулировки глубины обработки в виде опорных колес, устанавливаемые на различной высоте, раму с закрепленными на ней стойками, в

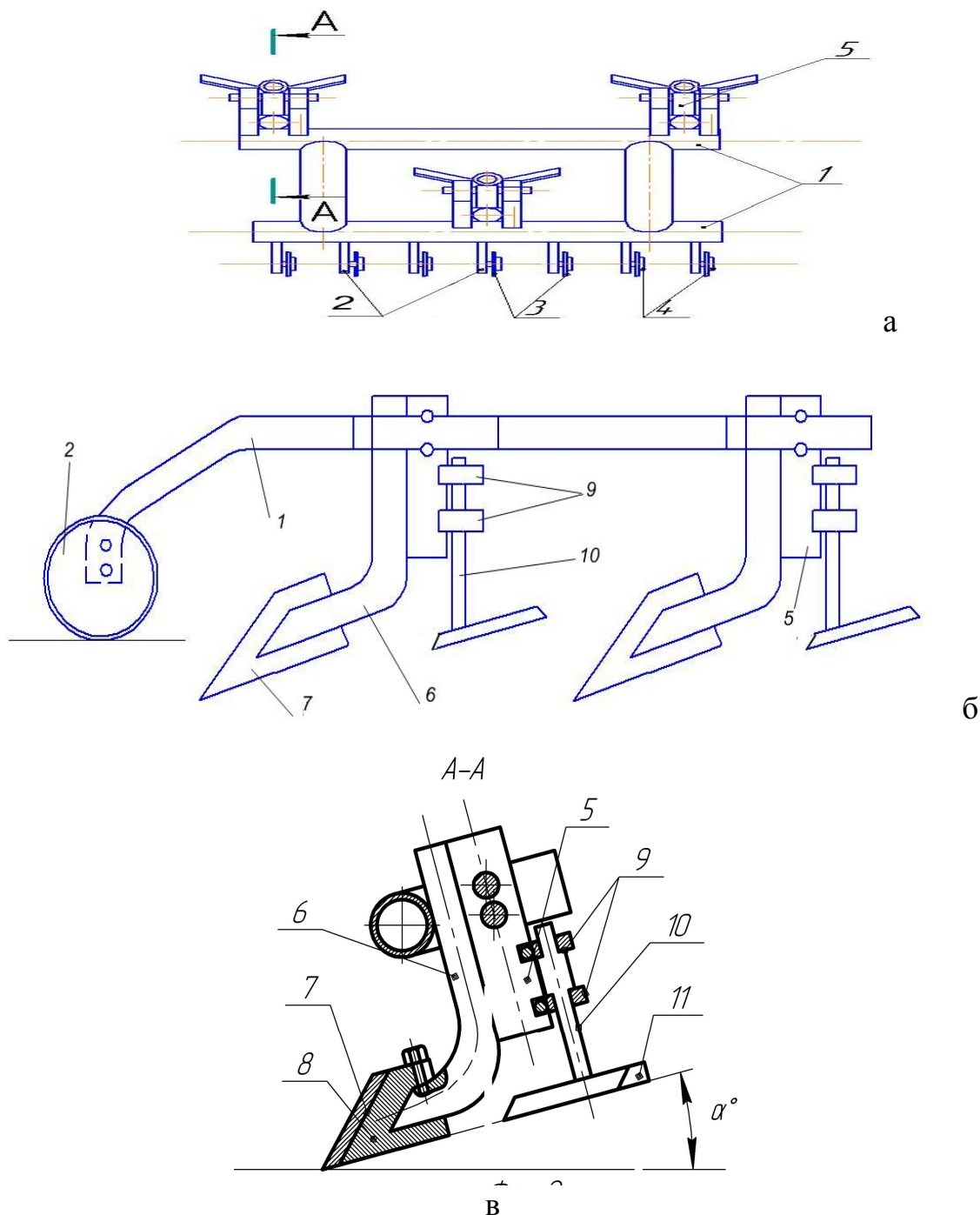
нижней части которых установлены стрелчатые лапы. Его стрелчатые лапы разделены пополам, каждая половина которой имеет прямоугольный вырез и шарнирно закреплена на нижней части пластинчатой расположенной под углом к горизонтали, стойки. Благодаря чему лапы имеют возможность складывания и раскладывания и с последующей фиксацией.

Недостатками данного средства являются высокие затраты энергии при обработке почвы, низкая эксплуатационная надёжность (из-за отсутствия долота между лапами, из-за быстрого износа режущих кромок, из-за поломки рабочих органов при встрече с твердыми предметами в виде камней, брошенного металлолома), а также низкое качество крошения почвы.

Для устранения перечисленных недостатков на основании патентных и поисковых исследований [5] нами разработан универсальный плуг для безотвальной обработки почвы. Новые элементы плуга – это наставка к стойкам, цилиндрическое с заточкой долото и вертикальный вал с жёстко закреплённой внизу стрелчатой лапой. При этом наставка, имеющая круглое сечение и загнутый конец, на котором зафиксировано цилиндрическое с заточкой долото, у которого режущая часть долота оснащена эллиптической напайкой из металлокерамического сплава, приварена спереди к пластинчатым стойкам. Вертикальный вал закреплён шарнирно сзади на стойке, посредством подшипниковых механизмов. Опорные элементы выполнены как батарея дисков с кольцевыми ограничителями глубины обработки почвы. Новизной конструктивно-технологического решения является то, что цилиндрическая форма долота и закрепление его на конце изогнутой цилиндрической наставки обеспечат снижение сопротивления почвы при рыхлении за счёт испарывания и то, что лапа имеет возможность при встрече с препятствием повернуться и обойти его, а опорные элементы предварительно разрезают почву на полосы.

На рисунке 1 показана схема универсального плуга для обработки почвы: а – вид сверху, б – вид сбоку; в – рабочие органы (разрез А-А).

Универсальный плуг для безотвального рыхления почвы содержит раму 1 (система навески на схеме не показана), с опорными элементами 2, имеющими вид батареи дисков 3, с закрепленными на них кольцевыми



а – вид сверху; б – вид сбоку; в – рабочие органы (разрез А-А);

Рисунок 1 – Схема устройства для обработки почвы

ограничителями 4 глубины обработки почвы. На раме 1 жестко закреплены

стойки 5. При этом стойка 5 оснащена приваренной к ней наставкой круглого сечения 6, на загнутом конце которой зафиксировано цилиндрическое долото 7, причем режущая часть долота оснащена эллиптической напайкой 8 из металлокерамического сплава. Сзади стойка 5 имеет шарнирно закрепленный, посредством подшипниковых механизмов 9, вертикальный вал 10, соединённый в конце со стрелчатой лапой 11.

Работа осуществляется следующим образом. После навески на трактор (на схеме не показан) и регулировки глубины обработки и надевания на загнутые концы наставок 6 долот 7 с напайкой 8, выезжают в поле и при помощи гидроцилиндра трактора опускают раму 1 и начинают движение. Батарея режущих дисков 3 с ограничительными ребордами производит заблокированное резание почвы. Одновременно долото 7 внедряется в почву за счет его установки под углом и угла заострения и производит рыхление. При рыхлении круглая форма режущей кромки способствует снижению сопротивления, так как площадь уменьшается и лучшему врезанию в почву. Подрезание почвы за долотом 7 производится при помощи режущих кромок стрелчатых лап 11, шарнирное крепление которых способствует снижению сопротивления почвы, так как при наличии более твердого с любой стороны пласта почвы последние могут отклоняться, т.е. обходить препятствие, а также самоустанавливаться. Режущие кромки лап 11 подрезают корни сорных растений, которые по ним перемещаются в верхние слои пласта. При образовании большого комка сорняков, поворот лап 11 способствует их сбросу, а это также ведёт к уменьшению сопротивления. Продлевает срок эксплуатации долота 1 наличие эллиптической напайки 8.

Плуг в комплекте обеспечивает плоскорезное рыхление почвы. При отсоединённых подшипниковых механизмах 9 и вместе с ними вертикальных валах 10 со стрелчатыми лапами 11 плуг работает как глубокорыхлитель (чизель).

Для оптимизации параметров рабочего органа нами в учебных мастерских Кубанского госагроуниверситета спроектированы и изготовлены загнутые с различным радиусом (R_i) части наставок (рисунок 2), цилиндрические с заточкой различных диаметров (d_j) долота, разработан способ установки (рисунок 3) загнутых частей наставок на существующую стойку,

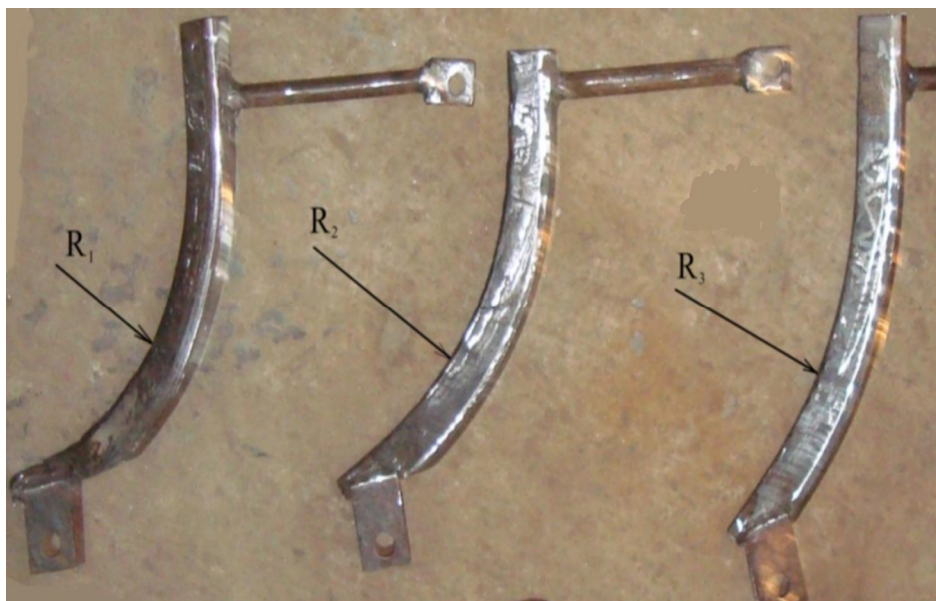


Рисунок 2 – Загнутые части наставок



б

Рисунок 3 – Способ установки загнутых частей наставок на стойку

а также проведены полевые опыты для определения зависимости тягового

сопротивления рабочего органа и определения их оптимальных параметров.

Полевые опыты проводились с использованием методов планирования экспериментов по симметричному композиционному плану типа V_k (звёздные точки равны ± 1) согласно разработанной нами программе для ЭВМ в системе Mathcad [6, 7, 8, 9, 10]. При анализе факторов определено, что существенными (переменными) факторами, влияющими на величину тягового сопротивления, являются конструктивные параметры диаметр долота (d_i , мм) и радиус закругления загнутого конца наставки (R_j , мм). Технологические факторы глубина обработки, скорость обработки были приняты близкими к первичным требованиям 30 ± 1 см, до-9 км/ч соответственно.

Остальные факторы (полевая влажность, полная влагоёмкость, объёмная масса почвы, удельная масса почвы, пористость, плотность почвы, значение средней твёрдости) существенных отклонений не имели. Они проверялись при помощи однофакторных экспериментов, согласно методикам Н.А. Качинского (ГОСТ 20915-75).

Уровни факторов (таблица 1) выбраны «стандартным образом» т.е. так, чтобы их оптимальные значения попадали в центр варьирования.

Таблица – 1 Факторы, интервалы и уровни варьирования

Переменные факторы	Кодированные	Интервал	Уровни факторов		
			+1	0	-1
Диаметр долота X_1 (d_i), мм	x_1	25	120	95	70
Радиус закругления наставки X_2 (R_j), мм	x_2	50	350	300	250

x_1 – кодированное обозначение диаметра цилиндрического долота, которое имеет интервал варьирования от $d_{\min}=70$ мм до $d_{\max}=120$ мм, а за середину

интервала принят диаметр $d_0=95\text{мм}$;

x_2 – кодированное обозначение радиуса закругления наставки с интервалом варьирования от $R_{\min}=250\text{мм}$ до $R_{\max}=350\text{мм}$, а за середину интервала принят радиус закругления $R_0=300\text{мм}$.

Перевод действительных значений в кодированные значения осуществлён согласно формуле

$$x_i = \frac{X_i + X_{i0}}{\Delta_i}, \quad (1)$$

где, X_i – значение действительного i -го фактора; X_{i0} – значение i -го фактора в середине интервала; Δ_i – интервал варьирования.

В таблице 2 представлена матрица планирования двухфакторного эксперимента по программе МНК типа B_k , который проведен рандомизировано во времени, то есть в случайной последовательности для исключения влияния систематических ошибок, вызванных внешними факторами (например, неточный контроль и т.д.).

Таблица 2 – Матрица планирования эксперимента по определению тягового сопротивления рабочего органа с цилиндрическим долотом с верхней заточкой от диаметра долота (d) и радиуса кривизны загнутого конца наставки (R)

п/№	Натуральные значения факторов		Кодированные значения факторов		Отклик, Н
	d , мм	R , мм	x_1	x_2	
1	2	3	4	5	6
1	120	350	+	+	2200
2	120	250	+	-	2420
3	70	350	-	+	1800
4	70	250	-	-	2600

Продолжение таблицы 2

1	2	3	4	5	6
5	120	300	+	0	2000
6	70	300	-	0	1980
7	95	350	0	+	2100
8	95	250	0	-	1900
9	95	300	0	0	2000
10	95	300	0	0	2040
11	95	300	0	0	2170
12	95	300	0	0	1830

В результате математической обработки экспериментальных данных определены коэффициенты, и получено следующее уравнение регрессии в каноническом виде

$$Y(x)=30498-10,9x_1-1538,6x_2+0,13x_1 x_2+0,01x_1^2+21,04x_2^2, \quad (2)$$

где Y – величина тягового сопротивления рабочего органа, Н.

Коэффициенты в уравнении проверялись по критерию Стьюдента, а уравнение – по критерию Фишера.

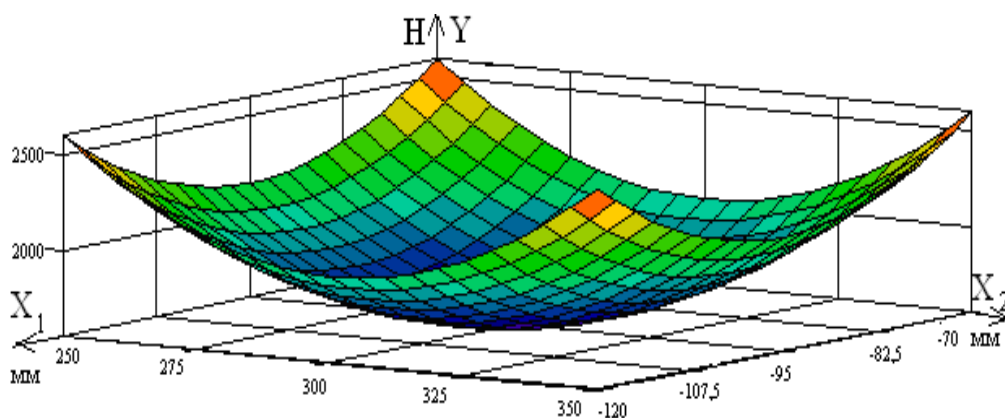
Дифференцируя уравнение, по каждой из переменных и приравнивая производные нулю, получаем систему линейных уравнений. Решив полученную систему, находим координаты центра отклика: в кодированных значениях $x_1=-0,04$ и $x_2=0,14$, что соответствует в действительных значениях $X_1=94\text{мм}$, $X_2=307\text{мм}$. Найденные значения подставляем в исходное уравнение (1) и находим значение параметра в центре поверхности отклика. Значение оптимальной величины тягового сопротивления рабочего органа $Y_s = 1556,5\text{Н}$.

Для анализа факторов после канонического преобразования получаем уравнение

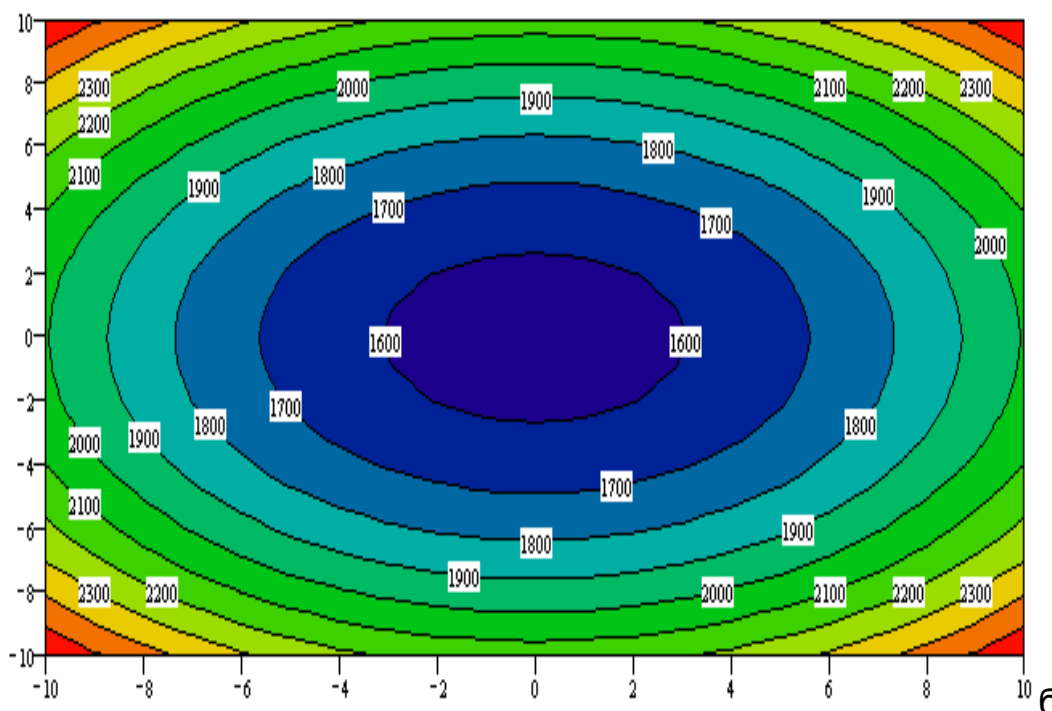
$$Y - Y_s = 0,01x_1^2 + 21,04x_2^2, \quad (3)$$

где $Y_s(H)$ – оптимальная величина тягового сопротивления рабочего органа.

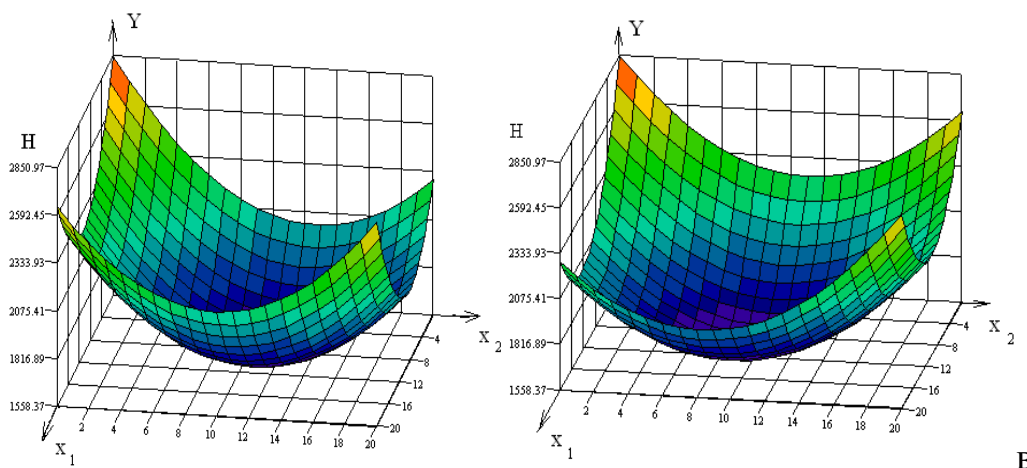
Согласно уравнению (3) поверхность отклика тягового сопротивления рабочего органа от диаметра долота (X_1) и радиуса загнутого конца наставки (X_2), поверхность отклика в изолиниях и графики (рисунок 4) имеют следующие виды.



а

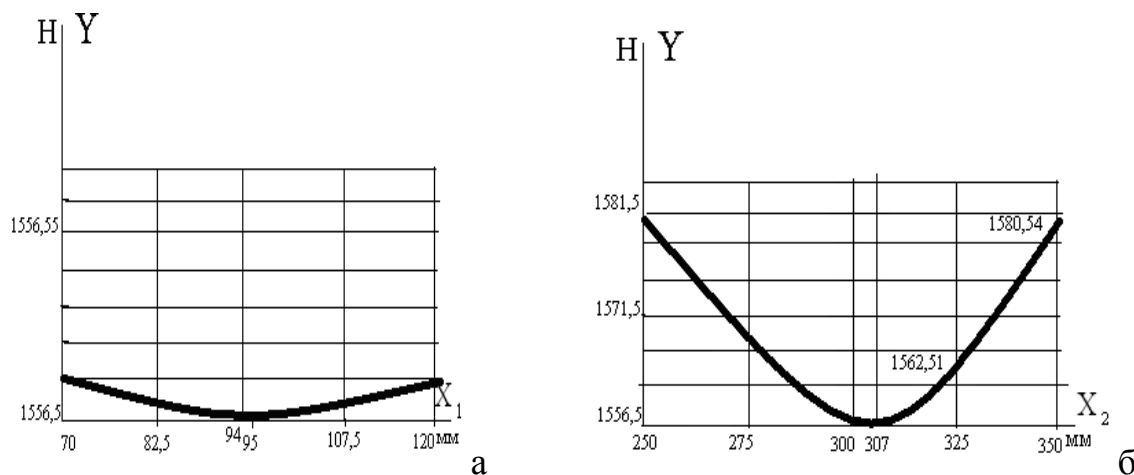


б



а – поверхности отклика; б – двухмерное сечение; в – графики
 Рисунок 4 – Поверхности зависимости тягового сопротивления от диаметра долота и радиуса закругления загнутого конца наставки

При фиксированном значении технологического параметра X_1 или конструктивного параметра X_2 (находящихся в центре плана) величина тягового сопротивления рабочего органа Y определяемая из уравнения (3) максимальна и равна 1556,5Н, а для диаметров долот $d_1=70\text{мм}$, $d_2=120\text{мм}$ или радиуса закругления загнутого конца наставки $R_1=250\text{мм}$, $R_2=350\text{мм}$ величины (Y) равны соответственно 1556,51 и 1580,54Н (рисунок 5).



а – при фиксированном параметре X_2 ; б – при фиксированном параметре X_1 ;
 Рисунок 3 – Зависимость тягового сопротивления рабочего органа от a_i и h_j

Качество плоскорезной обработки почвы универсальным плугом соответствует качеству обработки плугом ПЧН, так как также обеспечива-

ется гладкий и ровный рельеф без заделки стерни и вынос корней сорняков в верхние слои почвы.

Выводы результатов исследований следующие.

1. Проанализированы известные конструктивно-технологические средства для безотвальной обработки почвы, выявлены их недостатки, на основании которых с помощью поисковых исследований разработан универсальный плуг для безотвальной обработки почвы с цилиндрическими долотами и поворачивающимися лапами.

2. Оптимизированы методом планирования эксперимента с использованием V_k плана параметры управляемых факторов экспериментального рабочего органа при глубоком рыхлении почвы. Их результаты: глубина обработки, $a=30\pm 1$ см; скорость обработки до 9км/ч; диаметр долота $d=94$ мм; радиус закругления загнутого конца наставки $R=307$ мм; значение оптимальной величины тягового сопротивления рабочего органа $Y_s=1556,5$ Н.

Список использованной литературы

1. Белюченко, И.С. Агрolandшафтная экология. Краснодар: КубГАУ, НИИ прикладной экологии, 1996, 232с.
2. Петрова Л.Н., Липкович Э.И., Зайцев Д.К. и др. Ресурсосберегающие технологии возделывания сельскохозяйственных культур на Ставрополье. Рекомендации. Экспертный совет при Министерстве сельского хозяйства Ставропольского края, 2006, 24с.
3. Системы земледелия в Краснодарском крае на 1990-1995 годы и на период до 2000 года. Рекомендации. ВАСХНИЛ Всероссийское отделение, Краснодарский НИИ сельского хозяйства им. П. П. Лукьяненко, Кубанский сельскохозяйственный институт, Краснодар, книжное издательство, 1990г., с. 59, 128, 260.
4. Патент РФ №2144749, А01В3/36, 35/26, БИ №3, 2000. Плуг навесной.
5. Свиткин М.З., Рахлин К.М., Мацута В.Д. Методы решения производственных задач. Практическое пособие. Санкт-Петербург: Малое научно-производственное и сервисное предприятие «КОНФЛАКС», 1992, 96с.
6. Адлер Ю.П., Маркова Е.В., Грановский Ю.В. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий. 2-е издание. М.: Наука, 1976, 279с.
7. Асатурян, В.И. Теория планирования эксперимента. Учебное пособие для вузов. М, Радио и связь, 1983, 248 с.
8. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. М, Колос, 1979, 200с.
9. Дьяконов В.П. Абраменкова И.В. Mathcad 7 в математике, физике и в Internet. М, «Нолидж», 1999.
- 10 Дьяконов В.П. Mathcad 2000. Санкт-Петербург, «Питер», 2000.