

УДК 631.312.021

UDC 631.312.021

05.00.00 Технические науки

Technical sciences

**СВЯЗЬ НАУКИ И ТЕХНИКИ В ОБЛАСТИ
РАЗРАБОТОК МАШИН ДЛЯ ОСНОВНОЙ
ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ С ОБОРОТОМ ПЛА-
СТА****CONNECTION OF SCIENCE AND TECHNICS
IN THE FIELD OF WORKING OUT OF MA-
CHINERY FOR MAIN SOIL TREATMENT
WITH LAYER'S CIRCULATION**

Белоусов Сергей Витальевич
старший преподаватель, магистр факультет меха-
низации

Belousov Sergey Vitalyevich
senior lecturer of the Department of Mechanization
SPIN-code:6847-7933

SPIN – код: 6847-7933

SPIN-code:6847-7933

sergey.belousov_87@mail.rusergey.belousov_87@mail.ru

*Кубанский государственный Аграрный Универси-
тет, Краснодар, Россия*

Kuban state Agrarian University, Krasnodar, Russia

Статья посвящена научному подходу при помощи средств автоматизированного проектирования для моделирования процессов взаимодействия почвообрабатывающих орудий с почвой. Статья имеет прикладной характер, выражающийся в том, что был применен метод автоматизированного проектирования в среде Mathcad и при помощи программ САПР КОМПАС 3D. Широко представлены анализы выражений в виде трехмерных графиков и дан их детальный анализ, который может быть использован при выполнении совершенствования конструкции агрегатов, выполняющих основную обработку почвы с оборотом пласта. Определена основная тенденция разработок почвообрабатывающих машин, совершенствования конструкций пахотных агрегатов для улучшения качественных показателей их работы. В результате проделанной работы получена конструкция комбинированного лемешного плуга с дополнительными плоскорезными рабочими органами, составлена матрица планирования эксперимента, получен график зависимости ширины захвата плоскорезающей бритвы от скорости движения пахотного агрегата, из которого видно, что при увеличении коэффициента ширины захвата плоскорезающей бритвы происходит уменьшение производительности, а соответственно, и ухудшение качественных показателей работы лемешного плуга, обоснованы факторы влияния на производительность в результате использования планирования двухфакторного эксперимента по ортогональному плану, определены оптимальные параметры режимов работы лемешного плуга

The article is devoted to the scientific approach by means of automated projecting for modeling of processes of interaction of soil-processing tools with soil. The article has an applied character expressing that the method of automated projecting in Mathcad and with the help of the program SAP COMPAS 3D. There were presented the analyses of expressions as three-dimension graphics and was given their detailed analysis which can be used at implementation of construction of aggregates executing the main soil treatment with layer's circulation. There was the main tendency of working outs of soil-processing machinery, improvement of arable aggregate constructions to make better their qualitative indexes of work. In the result of conducted work there was obtained the construction of combined mouldboard with additional flat-cutting working organs, was made up the matrix of planning of the experiment, was obtained the graph of dependence of the capture's width of flat-cutting razor from the speed of movement of arable aggregate from which we can see that at increase of coefficient of capture's width of flat-cutting razor the decrease of productivity happens, and the worsening of qualitative indexes of work of mouldboard respectively; there were substantiated the factors of influence the productivity; in the result of use of planning of two-factor experiment on orthogonal plan were determined the optimal parameters of work regimes of mouldboard

Ключевые слова: ПЛУГ, ПОЧВА, ШИРИНА ЗАХВАТА, ДАВЛЕНИЕ, КАЧЕСТВО ОБРАБОТКИ, РАБОЧИЙ ОРГАН, ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ, НАГРУЗКА, ОТВАЛ, РАБОЧАЯ ПОВЕРХНОСТЬ, ЭКСПЕРИМЕНТ, КАЧЕСТВО

Keywords: MOULDBOARD, SOIL CAPTURE'S WIDTH, PRESSURE, QUALITY OF TREATMENT, WORKING ORGAN, ENERGY SAVING, LOAD, MOULDBOARD, WORKING SURFACE, EXPERIMENT, QUALITY

В Кубанском государственном аграрном университете на кафедре

«Процессы и машины в агробизнесе» ведутся исследования в области основной обработки почвы. Ряд работ направлены на совершенствование данного процесса, а именно разработка комплекта дополнительных рабочих органов для их установки на существующую конструкцию лемешного плуга, что приводит к совершенствованию процесса основной обработки почвы с оборотом пласта для улучшения количественных и качественных показателей данной технологической операции.

Все процессы работы сельскохозяйственных машин основываются на принципах построения математических моделей, их теоретической проверки, проверки на лабораторных стендах и на проведение полномасштабных полевых опытов.

В случае проведения нашей работы нами предлагается установить комплект дополнительных рабочих органов (рис.1) в виде батарей дисков расположенных на индивидуальных грядилях за каждым корпусом лемешного плуга. Данная конструкция позволит улучшить качественные показатели работы пахотного агрегата, а именно сократить количество проходов сельскохозяйственных машин по полю для подготовки его к посеву.

Работы проводятся на базе патентов РФ № 2491807; 136275; 136674 позволяющих повысить качество оборота пласта при минимальных затратах энергии.

Исследования проводились на территории Краснодарского края. Выбор марки трактора осуществлялся исходя из того что нами был создан рабочий пахотный агрегат марки ПЛН-4-25, и по эксплуатационным характеристикам нам подходил трактор марки МТЗ-80 класса 1,5-2 тонны [1],[2].

Этот трактор пользуется предпочтением у производителей в силу своей универсальности, позволяющей использовать его с высокой степенью загрузки в течение всего года. В отличие, например, от гусе-

ничных тракторов.

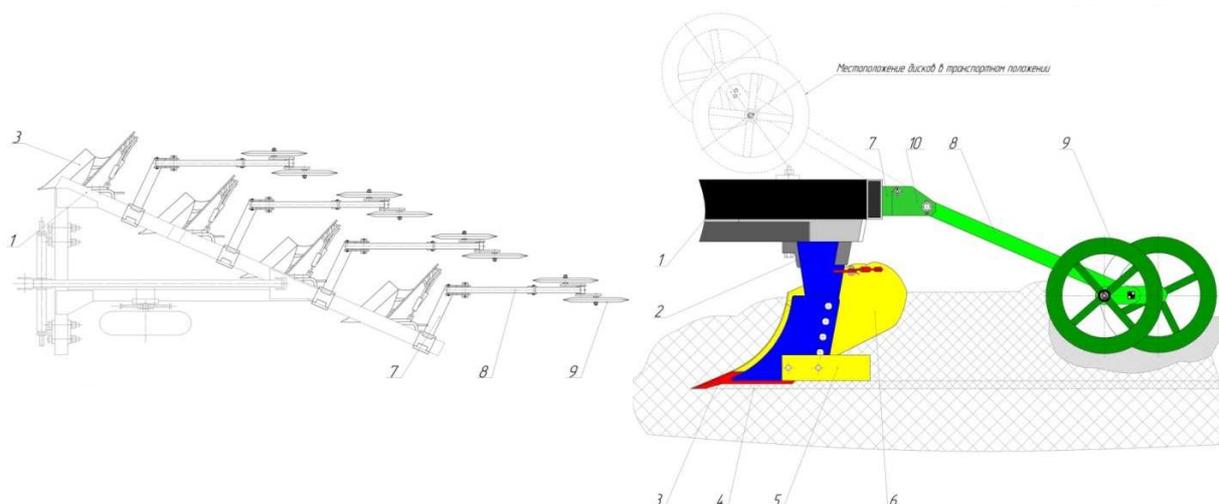


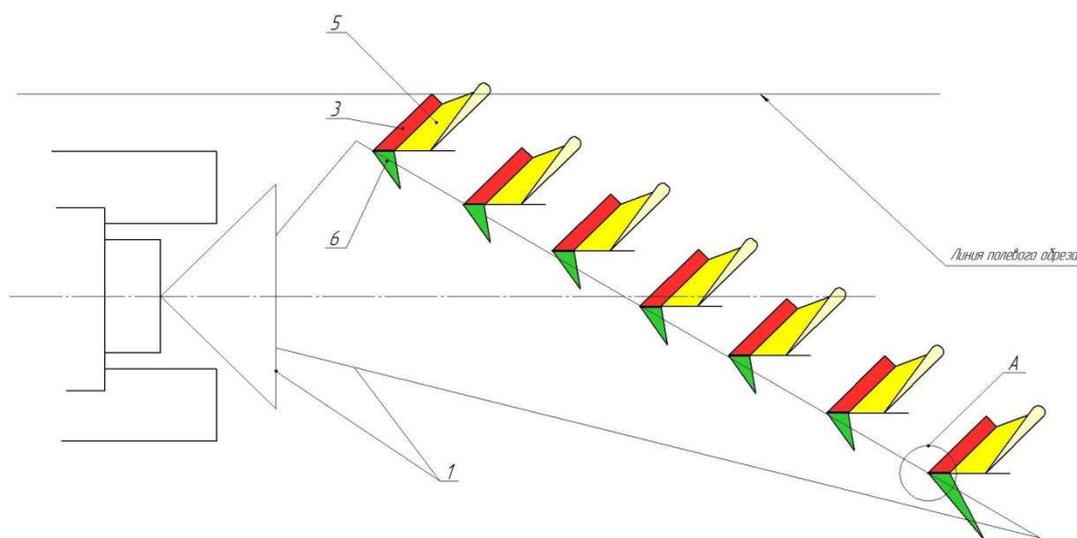
Рисунок 1- Предлагаемое техническое решение модернизация лемешного плуга

Существующий образец в модернизируемом варианте рис. 1, устройство для обработки почвы рисунок 1 работает следующим образом:

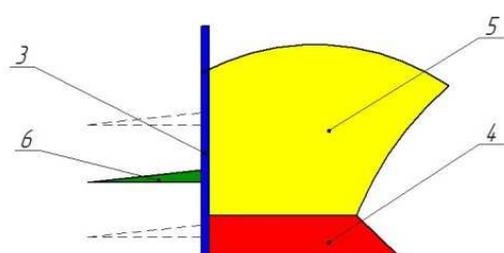
Лемешный плуг, внедряясь в почву корпусами состоящие из стойки 2 лемеха 3 башмака 4 полевой доски 5 отвала 6 отрезает пласт почвы и поднимая его по отвалу 6 корпуса оборачивает его на дно борозды, закрепленные на раме плуга 1 на индивидуальных грядилях 7,8 батареи дисков 9 внедряясь в обернутый пласт почвы своими режущими кромками крошат его на более мелкие фракционные составляющие, и тем самым придавая поверхности поля выровненное строение, закрывая в ней влагу, а заделанные на дно борозды сорняки лишены связи с внешней средой, что ведет к их естественной гибели [2],[3],[4],[5],[6],[7].

Сущность предлагаемой конструкции поясняется чертежом, где на фигуре 1 изображен плуг (вид сверху): на фигуре 2 общий вид корпуса плуга; на фигуре 3 общий вид корпуса плуга в аксонометрии, фиг. 4 - вид А.

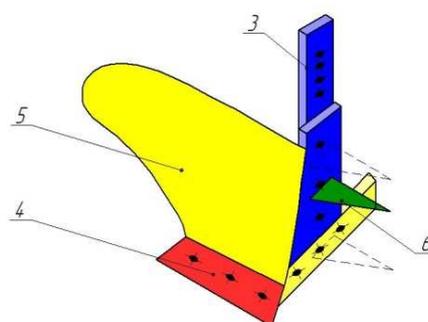
Плуг, содержит раму 1, установленные на ней плужные корпуса 2, каждый из которых состоит из стойки 3, лемеха 4, отвала 5 и регулируемой по высоте плоскорежущей бритвы 6 которая установлена на стойке 3 со стороны полевого обреза под углом $\alpha = 15 - 45^\circ$ (Фигура 4 вид А) к направлению движения плуга противоположно углу наклона лемеха плуга и имеет ширину, равной ширине захвата одного корпуса плуга, такая установка плоскорежущей бритвы обеспечивает зеркальное отображение лемеха плуга. Установка плоскорежущей бритвы под углом $\alpha = 15 - 45^\circ$ обусловлена тем, что работа плоскорежущей бритвы, установленной в заданных пределах, обеспечивает оптимальные параметры крошения почвы на заданной глубине обработки.



Фигура 1



Фигура 2



Фигура 3

Рисунок 2 - изобретения по патенту № 2491807

Согласно патенту плуг RU 2491807 С1 был изготовлен лабораторный образец и проведены его испытания [12]. Плуг рисунок 2 содержит раму с установленными плужными корпусами, каждый из которых состоит из стойки, лемеха, отвала и плоскорежущей бритвы. Плоскорежущая бритва установлена на стойке со стороны полевого обреза под углом 15- 45° к направлению движения плуга с возможностью регулирования по высоте. Плоскорежущая бритва установлена противоположно углу наклона лемеха плуга и имеет ширину, равную ширине захвата одного корпуса плуга. Такое конструктивное выполнение позволит повысить степень крошения почвы за счет ее дифференцированной по глубине обработки основным и дополнительными рабочими органами в зависимости от состояния почвы и предшественника, а также снижение тягового сопротивления плуга за счет снижения давления полевой доски о стенку борозды.

Техническим результатом является снижение металлоемкости по сравнению с лемешными плугами, в которых используется предплужники. Наблюдается снижение тягового сопротивления и повышения качества обработки почвы за счет снижения количественных и качественных показателей корпуса плуга.

Технический результат достигается тем, что в корпусе лемешного плуга рисунок 1, содержащем стойку, крепежный элемент лемеха и отвал на стойке, со стороны полевого обреза установлен режущий рабочий орган, в качестве режущего рабочего органа использована плоскорежущая бритва со стойкой соединенная со стойкой корпуса плуга «П» - образным крепежным элементом с возможностью регулирования по высоте.

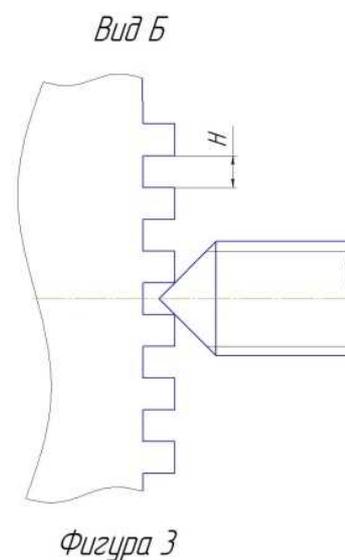
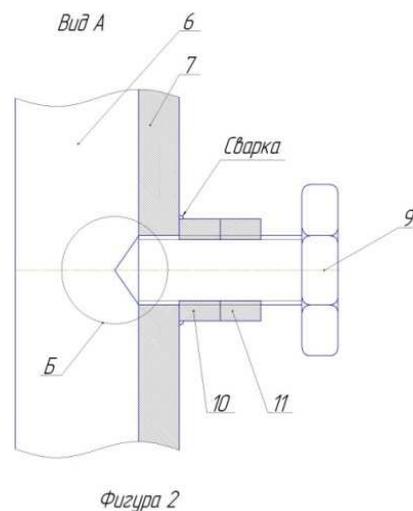
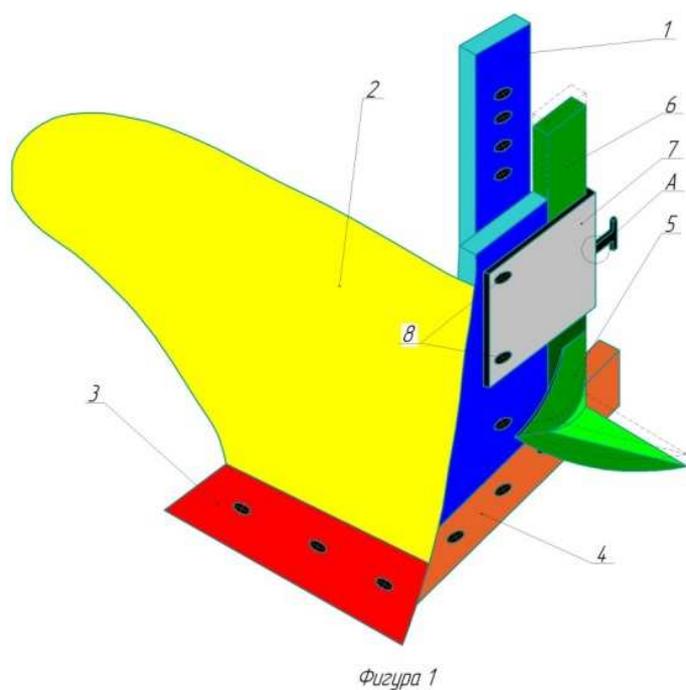
Суть изобретения поясняется рисунком 1, фигурой 1 общий вид корпуса лемешного плуга в аксонометрии, фигура 2 (Вид А) фрагмент крепления стойки плоскорежущей бритвы, на фигуре 3 (вид Б) фрагмент фиксации стойки плоскорежущей бритвы.

Новизна заключается тем, что плоскорежущая бритва установлена со стороны полевого обреза путем закрепления ее за стойкой основного корпуса плуга с возможностью плавной регулировки по глубине обработки в зависимости от почвенных условий.

Корпус лемешного плуга содержит стойку 1 корпуса плуга с отвалом 2, лемехом 3, полевой доской 4. Плоскорежущая бритва 5 со стойкой 6 соединена со стойкой 1 корпуса плуга «П» - образным крепежным элементом 7 с отверстиями 8. «П» - образный крепежный элемент содержит систему крепления состоящую из болта фиксации 9, неподвижной гайки 10 и контр гайки 11, соединяющую стойку 6 плоскорежущей бритвы 7 с основной стойкой 1 корпуса плуга (фигура 2). Плоскорежущая бритва 5 закреплена на стойке 6, непосредственно за основной стойкой 1 корпуса плуга «П» - образным крепежным элементом 7, который крепиться посредством отверстий 8 к основной стойке корпуса плуга 1.

Плавность регулировки в пределах заданной высоты достигается конструктивным элементом стойки 6 (Вид Б фигура 3), который выполнен в виде гребенки 12 для фиксации болта 9 по вертикали в промежутке Н не более 10 мм [9],[10],[11].

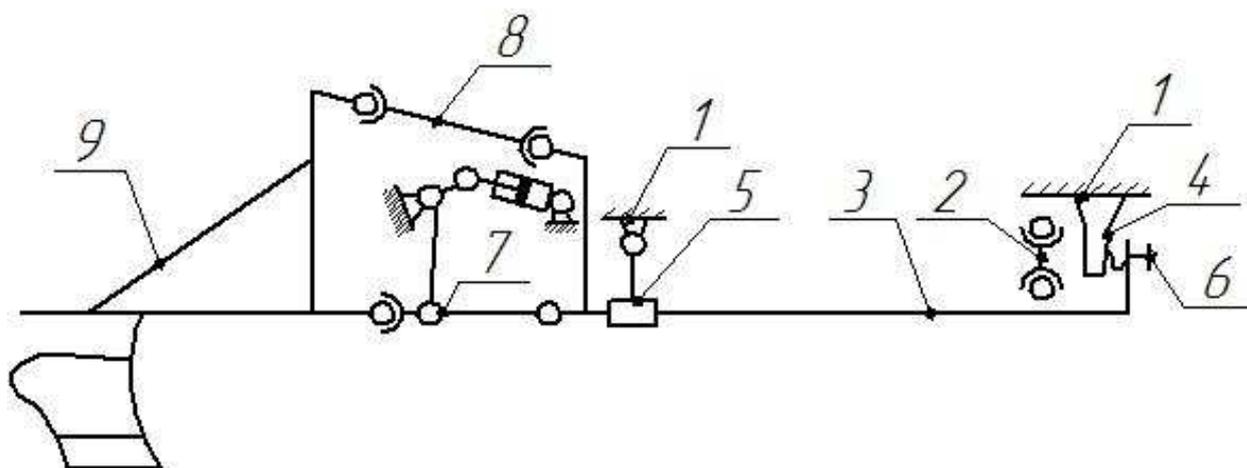
Работает корпус лемешного плуга следующим образом: в процессе движения пахотного агрегата по полю корпус лемешного плуга внедряясь в почву лемехом 3 подрезает пласт почвы и отводит его на отвал 2 который его оборачивает, плоскорежущая бритва 5 установленная на стойке 6 со стороны полевого обреза внедряется в стенку борозды подрезая пласт почвы в горизонтальной плоскости разрушает его для оборота следующим корпусом плуга. Плоскорежущая бритва имеет плавную регулировку по высоте для обработки различных почв.



1 - корпуса плуга; 2 – отвал; 3- лемех; 4 - полевая доска; 5 - плоскорежущая бритва; :6 – стойка; 7 - «П» - образный крепежный; 8 – отверстия; 9- болт фиксации; 10 - неподвижная гайка; 11 - контр гайка.

Рисунок 3 - патент № 136674

Для проведения лабораторных и полевых исследований была изготовлена специальная установка рисунок 2, с помощью которой можно было производить полевые испытания.



1 - остов трактора; 2 - маятниковый узел; 3 (BC) - несущий элемент переходной рамы; 4 - первичный измерительный преобразователь силы (консольная балка) равного сопротивления с тензорезисторами; 5 - подшипники; 6 - регулируемый упор; 7 - продольные тяги трактора; 8 - центральная тяга трактора; 9 - навешиваемая машина с рабочими органами.

Рисунок 4 - Кинематическая схема переходной рамы к трактору МТЗ

Полученные результаты представлены в виде графика, показанного на рис.1. Определение факторов влияющих на производительность и качество обработки. При рассмотрении факторов влияющих на производительность и качество обработки учитывалось их расположение в пространстве относительно друг друга и их геометрические размеры.

Анализ непрерывных симметричных планов второго порядка показал, что максимальное значение определителя информационной матрицы достигается в том случае, когда моменты плана соответственно равны.

Для этого использовали ортогональный симметричный план (звездные точки которого равны ± 1). Изучалось влияние двух факторов и фиксированы их значения на оптимальных уровнях. Факторы, интер-

валы и уровни варьирования представлены в таблице 1

Таблица 1

Факторы, интервалы и уровни варьирования ротационного рабочего органа

Факторы	Кодированное обозначение	Интервал варьирования	Уровни факторов		
			-1	0	+1
Диаметр мм.	x_1	235	0	235	510
Скорость движения км/ч.	x_2	2,7	5,34	8,05	10,76

На качество обработки влияет скорость движения и диаметр ротационного рабочего органа. Уровни факторов выбирали таким образом, чтобы оптимальные их значения, рассчитанные теоретически или учитывающие существующие ограничения, попадали в центр интервала варьирования.

Максимальным значением для первого фактора x_1 являлось диаметр диска равный $n_{\max} = 510$ мм. и снижались до $n_{\min} = 0$ мм, что соответствовало интервалу варьирования.

Для второго фактора x_2 значения, являлось значение скорости движения пахотного агрегата $k_{v \max} = 10,76$ и снижался до $k_{v \min} = 5.34$ что соответствовало интервалу варьирования.

На основании этих рассуждений были выбраны интервалы варьирования и уровни факторов, значения которых занесены в таблицу 1. Матрица планирования представлена в таблице 2. Опыты проводили согласно описанной выше методике. Порядок проведения опытов выполнялся со-

гласно таблице случайных чисел. Средние величины параметров оптимизации представлены в таблице 2.

Таблица 2 - Матрица планирования при оптимизации показателей работы лемешного плуга с ротационными рабочими органами.

№ опыта	x_0	x_1	x_2	x_1	x_2	x_1x_2	x_1^2	x_2^2	Тяговое сопротивление у кН.	
1	+1	0	5.34	+1	+1	+1	+1	+1	13.1	ПФЭ
2	+1	0	8.16	-1	+1	-1	+1	+1	14.37	
3	+1	0	10.15	+1	-1	-1	+1	+1	15.73	
4	+1	420	5.52	-1	-1	+1	+1	+1	11.9	
5	+1	420	8.39	+1	0	0	+1	0	13.0	Звездные точки
6	+1	420	10.61	-1	0	0	+1	0	13.63	
7	+1	510	5.65	0	+1	0	0	+1	11.1	
8	+1	510	8.57	0	-1	0	0	+1	11.9	
9	+1	510	10.76	0	0	0	0	0	12.5	Опыты в центре плана

Анализ обработки дисковым рабочим органом. После математической обработки экспериментальных данных получили следующие уравнения регрессии:

$$Y = 4.49 - 8.95 - 0.09 * X_2 - 12.57 * X_2 * X_2 + 0.074 * X_1^2 - 0.045 * X_2^2 \quad (1)$$

где Y - производительность плуга при взаимодействии 1 и 2 фактора.

Выполняя каноническое преобразование и решая систему линейных уравнений, находим координаты центра поверхности отклика

$$X_1 = -0.0196, \quad X_2 = -0.71172$$

Подставляя найденные значения x_1 , x_2 в уравнение (1) определяем значение параметра оптимизации в центре поверхности отклика.

$$Y_{s_{12}} = 4.537$$

Угол поворота осей α равен -44.73396 градусов, а коэффициенты регрессии в канонической форме равны: $B_{11} = +6.27141$; $B_{22} = -6.27141$.

Уравнение регрессии в канонической форме

$$Y_{12} + 4.537 = +6.27141 * X_1^2 - 6.27141 * X_2^2 \quad (2)$$

Коэффициенты B_{11} и B_{22} имеют разные знаки. Гиперболы вытянуты по той оси, которой соответствует меньшее по абсолютной величине значение коэффициента в каноническом уравнении. В этом случае значение отклика увеличивается при движении из центра фигуры по одной оси, и уменьшается – при движении по другой. Если, например, $B_{11} > 0$, а $B_{22} < 0$, ($y - y_s = B_{11}\tilde{X}_1^2 + B_{22}\tilde{X}_2^2$), то отклик будет увеличиваться при движении из центра s в направлении $+\tilde{X}_1$ и $-\tilde{X}_1$ и уменьшаться при движении в направлении $+\tilde{X}_2$ и $-\tilde{X}_2$. Центр s фигуры называется седлом или минимаксом. Поверхность отклика является гиперболическим параболоидом. Здесь направление движения выбирают в зависимости от того, чего необходимо достичь - максимума или минимума. Как и при крутом восхождении, можно наметить серию мысленных опытов, часть из которых можно реализовать.

Подставим различные значения отклика Y в канонические уравнения (1) было получено семейство сопряженных изолиний (рисунок 5). Расположение элементов производительности в области эксперимента напоминало поверхность типа «эллипса». Центр эксперимента находится в пределах области эксперимента. Максимальная производительность в данном

случае будет при диаметре диска 230,4 мм. и скорости движения 6,15 км/ч.

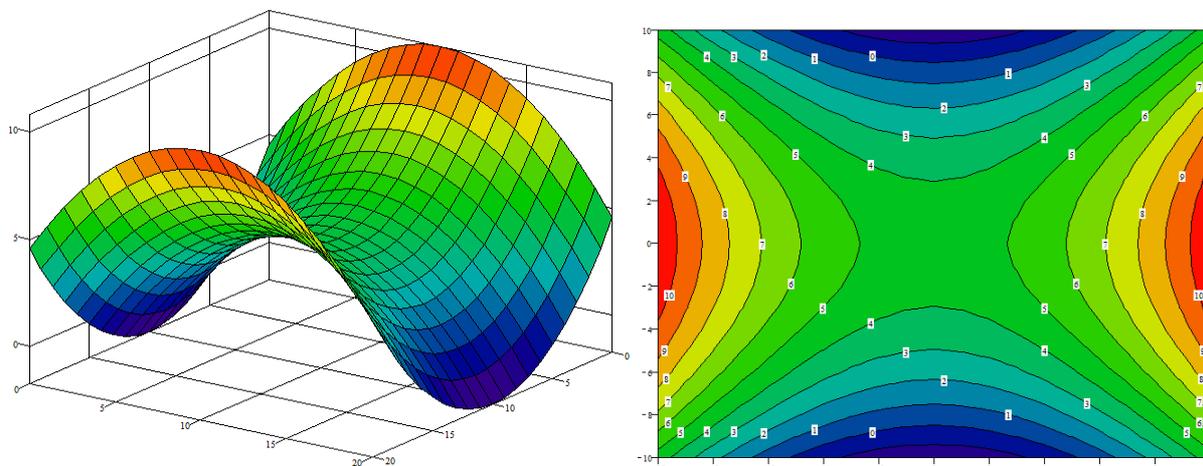


Рисунок 5 - Поверхность зависимости диаметра диска от скорости движения

В результате проделанной работы мы получили:

- Получена конструкция комбинированного лемешного плуга.
- Составлена матрица планирования эксперимента.
- Изучены физикомеханические свойства почвы среднее значение
- Получен график зависимости диаметра диска от скорости движения пахотного агрегат, из которого видно, что при увеличении коэффициента диаметра диска происходит уменьшение производительности, а соответственно и ухудшение качественных показателей работы лемешного плуга с ротационными рабочими органами.

- Были обоснованы факторы влияния на производительность (диаметр диска и скорость движения). С использованием планирования двухфакторного эксперимента по ортогональному плану определены оптимальные параметры режимов работы лемешного плуга при условии выполнения исходных требований к качеству обработки. Согласно полученному уравнению регрессии по критерию максимальной производительности лемешной обработки почвы центр эксперимента находится в пределах области эксперимента при этом максимальная производительность в дан-

ном случае будет при диаметре диска 230,4 мм. и скорости движения 6,15 км/ч.

Также по указанной методике мы проводим исследования плоскорежущих рабочих органов. Так при рассмотрении факторов влияющих на производительность и качество обработки учитывалось их расположение в пространстве относительно друг друга и их геометрические размеры.

Анализ непрерывных симметричных планов второго порядка показал, что максимальное значение определителя информационной матрицы достигается в том случае, когда моменты плана соответственно равны.

Для этого использовали ортогональный симметричный план (звездные точки которого равны ± 1). Изучалось влияние двух факторов и фиксированы их значения на оптимальных уровнях. Факторы, интервалы и уровни варьирования представлены в таблице 3.

Таблица 3 - Факторы, интервалы и уровни варьирования

Факторы	Кодированное обозначение	Интервал варьирования	Уровни факторов		
			-1	0	+1
Диаметр мм.	x_1	150	0	150	300
Скорость движения км/ч.	x_2	2,7	5,34	8,05	10,76

На качество обработки влияет скорость движения и диаметр ротационного рабочего органа.

Уровни факторов выбирали таким образом, чтобы оптимальные их значения, рассчитанные теоретически или учитывающие существующие ограничения, попадали в центр интервала варьирования.

Максимальным значением для первого фактора x_1 являлось ширина захвата плоскорежущей бритвы равной $n_{\max} = 300$ мм. и снижались до $n_{\min} = 0$ мм, что соответствовало интервалу варьирования.

Для второго фактора x_2 значения, являлось значение скорости движения пахотного агрегата $k_{v \max} = 10,76$ и снижался до $k_{v \min} = 5.34$ что соответствовало интервалу варьирования.

На основании этих рассуждений были выбраны интервалы варьирования и уровни факторов, значения которых занесены в таблицу 4. Матрица планирования представлена в таблице 3. Опыты проводили согласно описанной выше методике. Порядок проведения опытов выполнялся согласно таблице случайных чисел. Средние величины параметров оптимизации представлены в таблице 4.

Таблица 4 - Матрица планирования при оптимизации показателей работы лемешного плуга с плоскорежущими рабочими органами.

№ опыта	x_0	x_1	x_2	x_1	x_2	x_1x_2	x_1^2	x_2^2	Тяговое сопротивление y кН.	
1	+1	0	5.34	+1	+1	+1	+1	+1	13.1	ПФЭ
2	+1	0	8.16	-1	+1	-1	+1	+1	14.37	
3	+1	0	10.15	+1	-1	-1	+1	+1	15.73	
4	+1	200	5.52	-1	-1	+1	+1	+1	11.9	
5	+1	200	8.39	+1	0	0	+1	0	13.0	Звездные точки
6	+1	200	10.61	-1	0	0	+1	0	13.63	
7	+1	300	5.65	0	+1	0	0	+1	11.1	
8	+1	300	8.57	0	-1	0	0	+1	11.9	
9	+1	300	10.76	0	0	0	0	0	12.5	Опыты в центре плана

После математической обработки экспериментальных данных получили следующие уравнения регрессии:

$$Y = 13,567 + 0,965 * X_1 + 0,1095 * X_2 - 1236 * X_1 * X_2 - 9,155 * X_1^2 - 3,605 * X_2^2 \quad (3)$$

где Y - производительность плуга при взаимодействии 1 и 2 фактора.

Выполняя каноническое преобразование и решая систему линейных уравнений, находим координаты центра поверхности отклика

$$X_1 = -0,05436, \quad X_2 = -0,02451$$

Подставляя найденные значения x_1 , x_2 в уравнение (3) определяем значение параметра оптимизации в центре поверхности отклика.

$$Y_{s_{12}} = 13,54$$

Угол поворота осей α равен $-6,27$ градусов, а коэффициенты регрессии в канонической форме равны: $B_{11} = 9,22$; $B_{22} = 3,54$.

Уравнение регрессии в канонической форме

$$Y_{12} + 13,54 = +9,22 * X_1^2 - 3,54 * X_2^2 \quad (4)$$

Параболы (рисунок 6). Один из коэффициентов канонического уравнения равен нулю, при этом центр фигуры находится в бесконечности. Поверхность отклика является возрастающим возвышением (гребнем). В этом случае можно поместить начало координат в какую-либо точку (обычно вблизи центра эксперимента) на оси, соответствующей незначимому коэффициенту канонического уравнения, и получить таким образом уравнение параболы. Например, если равен нулю B_{22} то выбрав новый центр s' ,

можно получить уравнение параболы $y - y_s = B_{11}\tilde{X}_1^2 + B_{22}\tilde{X}_2^2$, где B_2 - коэффициент, определяющий крутизну наклона возвышения, т. е. скорость увеличения параметра оптимизации по оси \tilde{X}_2 . В практических задачах часто центр фигуры s удален за пределы той области, где проводился эксперимент, и тогда один из коэффициентов (B_{11} или B_{22}) близок к нулю. В этом случае в зависимости от наклона, поверхность отклика будет аппроксимироваться либо стационарным, либо возрастающим возвышением.

Подставим различные значения отклика Y в канонические уравнения (3) было получено семейство сопряженных изолиний (рисунок 6). Расположение элементов производительности в области эксперимента напоминало поверхность типа «эллипса». Центр эксперимента находится в пределах области эксперимента. Максимальная производительность в данном случае будет при ширине захвата плоскорежущей бритвы равна 190,54 мм. и скорости движения 6,15 км/ч.

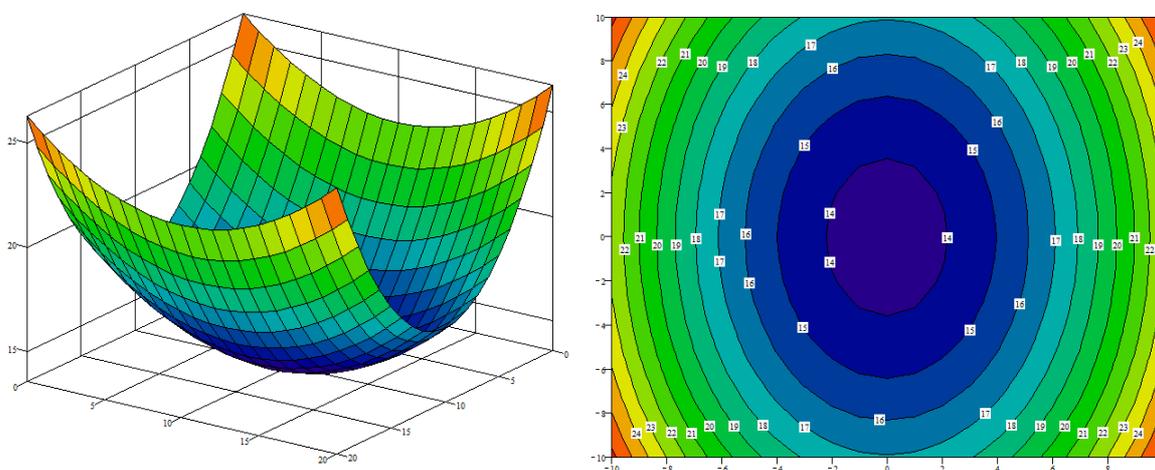


Рисунок 6 - Поверхность зависимости диаметра диска от скорости движения

В результате проделанной работы мы получили:

- Получена конструкция комбинированного лемешного плуга с дополнительными плоскорежущими рабочими органами.

- Составлена матрица планирования эксперимента.
- Изучены физикомеханические свойства почвы и получены их среднее значение.
- Получен график зависимости ширины захвата плоскорежущей бритвы от скорости движения пахотного агрегат, из которого видно, что при увеличении коэффициента ширины захвата плоскорежущей бритвы происходит уменьшение производительности, а соответственно и ухудшение качественных показателей работы лемешного плуга.
- Были обоснованы факторы влияния на производительность (ширина захвата плоскорежущей бритвы и скорость движения). С использованием планирования двухфакторного эксперимента по ортогональному плану определены оптимальные параметры режимов работы лемешного плуга при условии выполнения исходных требований к качеству обработки. Согласно полученному уравнению регрессии по критерию максимальной производительности лемешной обработки почвы центр эксперимента находится в пределах области эксперимента при этом максимальная производительность в данном случае будет при ширине захвата плоскорежущей бритвы 190,54мм. и скорости движения 6,15 км/ч.

Список литературы

1. Устройство для обработки семян защитно–стимулирующими веществами. Маслов Г.Г., Мечкало А.А., Борисова С.М., Трубилин Е.И., Богус Ш.Н. Патент на изобретение RUS 2250589 31.12.2003
2. Белоусов С. В. Междурядная обработка почвы инновационным опрыскивателем [Текст] / С. В. Белоусов, А. И. Лепшина, С. В. Скотников // Молодой ученый. — 2015. — №7.
3. С.В. Белоусов, А.И. Лепшина, М.Е. Трубилин Лемешный плуг для обработки почвы с оборотом пласта Сельский механизатор №3 2015 год стр. 6-7.
4. Лепшина А. И. Способы внесения сухих не органических смесей и устройства для его осуществления [Текст] / А. И. Лепшина, С. В. Белоусов // Молодой ученый. — 2015. — №6. — С. 342-344.
5. Лепшина А. И. Способы внесения сухих не органических смесей и устройства для его осуществления [Текст] / А. И. Лепшина, С. В. Белоусов // Молодой ученый. — 2015. — №6. — С. 342-344.

6. Белоусов С. В. Конструкция комбинированного лемешного плуга и исследование его тягового сопротивления в составе тракторного агрегата [Текст] / С. В. Белоусов, А. И. Лепшина // Молодой ученый. — 2015. — №5. — С. 217-221.
7. Белоусов С. В. Конструкция комбинированного лемешного плуга и исследование его тягового сопротивления в составе тракторного агрегата [Текст] / С. В. Белоусов, А. И. Лепшина // Молодой ученый. — 2015. — №5. — С. 217-221.
8. Пат. №136674 РФ, МПК А01В15/00 А01В15/18 Трубилин Е.И., С.В. Белоусов Заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО Кубанский ГАУ Заявка: 2013123198/13, 21.05.2013 Опубликовано: 20.01.2014 Бюл. №2
9. Пат. № RU 2491807 С1 РФ МПК А01В15/00 Трубилин Е.И., Сидоренко С.М., Белоусов С.В., Сохт К.А., Осипова С.М. Заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО Кубанский ГАУ Заявка: 2012109055/13, 11.03.2012 Опубликовано: 10.09.2013 Бюл. №25
10. Результаты экспериментальных исследований определение степени тягового сопротивления лемешного плуга при обработке тяжелых почв. Белоусов С.В., Трубилин Е.И., Лепшина А.И., Политематический Электронный Научный журнал КубГАУ, №103(09), 2014 года. (14 стр).
11. Экономическая эффективность Отвальной обработки почвы Разработанным комбинированным лемешным плугом Белоусов С.В., Трубилин Е.И., Лепшина А.И., Политематический Электронный Научный журнал КубГАУ, №103(09), 2014 года ВАК (19 стр.)

References

1. Ustrojstvo dlja obrabotki semjan zashhitno–stimulirujushhimi veshhestvami. Maslov G.G., Mechkalo A.A., Borisova S.M., Trubilin E.I., Bogus Sh.N. Patent na izobrenenie RUS 2250589 31.12.2003
2. Belousov S. V. Mezhdurjadnaja obrabotka pochvy innovacionnym opryskivatelem [Tekst] / S. V. Belousov, A. I. Lepshina, S. V. Skotnikov // Molodoy uchenyj. — 2015. — №7.
3. S.V. Belousov, A.I. Lepshina, M.E. Trubilin Lemeshnyj plug dlja obrabotki pochvy s oborotom plasta Sel'skij mehanizator №3 2015 god str. 6-7.
4. Lepshina A. I. Sposoby vnesenija suhij ne organicheskijh smesej i ustrojstva dlja ego osushhestvlenija [Tekst] / A. I. Lepshina, S. V. Belousov // Molodoy uchenyj. — 2015. — №6. — S. 342-344.
5. Lepshina A. I. Sposoby vnesenija suhij ne organicheskijh smesej i ustrojstva dlja ego osushhestvlenija [Tekst] / A. I. Lepshina, S. V. Belousov // Molodoy uchenyj. — 2015. — №6. — S. 342-344.
6. Belousov S. V. Konstrukcija kombinirovannogo lemeshnogo pluga i issledovanie ego tjagovogo soprotivlenija v sostave mashinotraktornogo agregata [Tekst] / S. V. Belousov, A. I. Lepshina // Molodoy uchenyj. — 2015. — №5. — S. 217-221.
7. Belousov S. V. Konstrukcija kombinirovannogo lemeshnogo pluga i issledovanie ego tjagovogo soprotivlenija v sostave mashinotraktornogo agregata [Tekst] / S. V. Belousov, A. I. Lepshina // Molodoy uchenyj. — 2015. — №5. — S. 217-221.
8. Pat. №136674 RF, МПК А01В15/00 А01В15/18 Трубилин Е.И., С.В. Белоусов Заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО Кубанский ГАУ Заявка: 2013123198/13, 21.05.2013 Опубликовано: 20.01.2014 Бюл. №2

9. Pat. № RU 2491807 C1 RF MPK A01V15/00 Trubilin E.I., Sidorenko S.M., Belousov S.V., Soht K.A., Osipova S.M. Zjavitel' i patentoobladatel' FGBOU VPO Kubanskij GAU Zjavka: 2012109055/13, 11.03.2012 Opublikovano: 10.09.2013 Bjul. №25

10. Rezul'taty jeksperimental'nyh issledovanij opredelenie stepeni t'jagovogo soprotivlenija lemeshnogo pluga pri obrabotke t'jzhelyh pochv. Belousov S.V., Trubilin E.I., Lepshina A.I., Politematicheskij Jelektronnyj Nauchnyj zhurnal KubGAU, №103(09), 2014 goda. (14 str).

11. Jekonomicheskaja jeffektivnost' Otval'noj obrabotki pochvy Razrobotannym kombinirovannym lemeshnym plugom Belousov S.V., Trubilin E.I., Lepshina A.I., Politematicheskij Jelektronnyj Nauchnyj zhurnal KubGAU, №103(09), 2014 goda VAK (19 str.)