

УДК 631.319

UDC 631.319

**АГРОТЕХНИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ
КОМБИНИРОВАННОГО ПАХОТНОГО
АГРЕГАТА С АКТИВНЫМ РАБОЧИМ
ОРГАНОМ**

**AGROTECHNICAL EFFICIENCY OF THE
COMBINED ARABLE UNIT WITH ACTIVE
WORKING BODY**

Эркенов Анзор Назирович
инженер

Erkenov Anzor Nazirovich
engineer

Аушев Магамет Хусеинович
инженер

Aushev Magamet Huseinovich
engineer

Шекихачев Юрий Ахметханович
д.т.н., профессор

Shekihachev Yury Ahmethanovich
Dr.Sci.Tech., professor

Хажметов Лиуан Мухажевич
д.т.н., профессор

Hazhmetov Liuan Muhazhevich
Dr.Sci.Tech., professor

Хамоков Хажсет Аскерханович
д.с.-х.н., профессор
*Кабардино-Балкарская государственная сельско-
хозяйственная академия им. В.М.Кокова, Нальчик,
Россия*

Hamokov Hazhset Askerhanovich
Dr.Sci.Agr., professor
*Kabardino-Balkarian state agricultural academy of
V.M.Kokov, Nalchik, Russia*

В статье изложены агротехнические требования к предпосевной обработке почвы. Приведены методика и результаты экспериментальных исследований комбинированного пахотного агрегата с рабочим органом активного действия. Обоснованы параметры и режимы работы агрегата, обеспечивающие качество крошения почвы, удовлетворяющее агротехническим требованиям

In the article, agrotechnical requirements to preseedling processing of soil are stated. The technique and results of experimental researches of the combined arable unit with working body of active action are resulted. Parameters and the operating modes of the unit providing quality of crushing of soil, meeting agrotechnical requirements are proved

Ключевые слова: АГРЕГАТ, ПОЧВА, ОБРАБОТКА, КРОШЕНИЕ ПОЧВЫ, ОПТИМИЗАЦИЯ

Keywords: UNIT, SOIL, PROCESSING, SOILS KROSHENIE, OPTIMIZATION

Предпосевная обработка почв является финишной и наиболее ответственной, так как она создает условия для прорастания и дальнейшего развития растений. Предпосевной обработкой почвы земледелец придает ей такие свойства, которые позволяют добиться наиболее оптимального сочетания необходимых для нормального развития растения факторов - воды, кислорода, тепла.

Эти свойства определяются следующими агротехническими требованиями [1]:

- структура почвы должна быть мелкокомковатой с преобладанием комков диаметром 1...10 мм, комков от 1 до 25 мм должно быть не менее 80%;

- плотность почвы ниже семенного ложа не должна превышать $1,1 \dots 1,3 \text{ г/см}^3$, а слоя почвы над семенами $0,9 \dots 1 \text{ г/см}^3$;
- поверхность поля и семенного ложа должна быть выровненной, высота гребней не должна превышать $3 \dots 4 \text{ см}$;
- семенное ложе должно быть расположено на глубине заделки семян.

Многочисленными агрономическими исследованиями установлено, что наилучшее сочетание названных факторов достигается при расположении семян на границе двух слоев - плотного и рыхлого, толщина которого равна глубине заделки семян ($2 \dots 4 \text{ см}$). В этом случае семя снабжается водой, которая поступает из глубины по капиллярам, а через верхний слой почвы - кислородом и теплом. При этом из почвы свободно удаляется углекислый газ.

Такое идеальное семенное ложе можно сформировать, если предпосевная обработка полностью осевшей почвы после вспашки проводилась на глубину заделки семян $2 \dots 4 \text{ см}$. Однако реально в производственных условиях почва обрабатывается значительно глубже - на $8 \dots 10 \text{ см}$ и более, что является следствием ряда негативных производственных факторов: свежевспаханное поле под озимые, неровная пахота, глубокая колея от колес агрегатов при внесении удобрений, неструктурные самоуплотняющиеся почвы и другие. В этих условиях семенное ложе формируется путем подуплотнения той части взрыхленного слоя почвы, которая расположена ниже глубины заделки семян. Это позволяет в ближайшие дни после посева восстановить разрушенные капиллярные связи и обеспечить подъем влаги к семенам в любую засушливую погоду.

Таким образом, чтобы сформировать посевной слой в соответствии с агротехническими требованиями, необходимо выполнить рыхление, крошение, выравнивание и подуплотнение посевного слоя почвы. Традиционно это достигается культивацией с боронованием в два-три следа, вы-

равниванием (например, с помощью длиннобазовых ковшовых планировщиков П-5, ПА-3, Д-719) и прикатыванием катками (например: КПС-4 + БЗС-1; ЗККШ-6) за 3-4 прохода агрегатов по полю, что ведет к повышенным затратам топлива, живого труда и металла, а также к переуплотнению пахотных и подпахотных слоев почвы.

Меры, принимаемые для предотвращения этого явления, затрагивают многие аспекты: улучшение технологии возделывания плодовых культур, применение средств, повышающих способность почвы противостоять уплотняющим нагрузкам, конструкторские разработки, направленные на совершенствование ходовых систем машин, использование комбинированных агрегатов для уменьшения числа проходов сельскохозяйственных агрегатов по обрабатываемой почве и др. [2...4].

В целях решения проблемы переуплотнения почв, создания благоприятных условий для роста и развития растений, снижения энергоемкости возделывания сельскохозяйственных культур в ФГБОУ ВПО «Кабардино-Балкарская государственная сельскохозяйственная академия им. В.М. Коккова» разработан комбинированный пахотный агрегат с ротационным рабочим органом активного действия (РРОАД) (рис. 1).

Для оценки агротехнической эффективности разработанного комбинированного пахотного агрегата с РРОАД были проведены экспериментальные исследования в ФГУП Племсовхоз «Кенже» КБР в соответствии с ОСТ 10 1.1-98, ОСТ 10 4.2-2001 и ОСТ 70.4.2-80.

На основании анализа априорной информации теоретических исследований установлено, что определяющей характеристикой процесса предпосевной обработки почвы являются качество крошения (количество частиц почвы размером 1...25 мм в верхнем (посевном) слое).



Рисунок 1 - Опытный образец комбинированного пахотного агрегата с РРОАД

Качество крошения почвы определялось по стандартной методике, согласно СТО АИСТ 4.2-2004 «Испытания сельскохозяйственной техники. Машины и орудия для поверхностной и мелкой обработки почвы. Методы оценки функциональных показателей» и СТО АИСТ 10 4.6-2003 «Испытания сельскохозяйственной техники. Машины почвообрабатывающие. Показатели назначения. Общие требования».

Оценка качества крошения почвы включала отбор образцов почвы из центра разрыхленной полосы на глубину рыхления с площади 0,25x0,25 м. Оценку качества крошения определяли исходя из процентного содержания по весу почвенных агрегатов различного размера. Вес пробы составлял не менее 2 кг.

Анализ показал, что наибольшее влияние на качество крошения и тяговое сопротивление агрегата оказывают скорость передвижения агрегата, угловая скорость вращения барабана РРОАД и угол атаки РРОАД (табл. 1).

Таблица 1 – Факторы и уровни их варьирования

Факторы	Скорость передвижения агрегата, км/ч			Угловая скорость вращения барабана РРОАД, с ⁻¹			Угол атаки РРОАД, град		
	X ₁			X ₂			X ₃		
Кодированное значение фактора (безразмерное)	-1	0	+1	-1	0	+1	-1	0	+1
Значение фактора	6,35	7,05	7,75	20	25	30	15	20	25

После проведения опытов по рандомизированной схеме получена табл. 2, в которой имеются все данные для статистического анализа результатов экспериментальных исследований. Для обработки результатов экспериментальных исследований была составлена программа для ЭВМ.

Таблица 2 – Результаты реализации матрицы планирования (критерий оптимизации – качество крошения $K_{кр}$, %)

i	Фактор			Отклик			
	X ₁	X ₂	X ₃	Y ₁	Y ₂	Y ₃	Y _{ср}
1	1	1	0	68,6	68,3	68	68,3
2	1	-1	0	68,9	70,2	68,6	69,23
3	-1	1	0	79,3	76,7	78	78
4	-1	-1	0	75,4	75,4	74,1	74,97
5	0	0	0	85,8	84,5	87,1	85,8
6	1	0	1	70,2	72,8	71,5	71,5
7	1	0	-1	63,7	59,8	61,1	61,53
8	-1	0	1	79,3	78	79	78,77
9	-1	0	-1	70,2	68,9	71,5	70,2
10	0	0	0	85,8	83,2	87,1	85,37
11	0	1	1	79,6	76,7	78	78,1
12	0	1	-1	68,9	67,6	68,9	68,47
13	0	-1	1	79,3	76,7	78	78
14	0	-1	-1	67,6	66,3	66,3	66,73
15	0	0	0	84,5	85,8	84,5	84,93

Значения коэффициентов регрессии приведены в табл. 3.

Таблица 3 – Значения коэффициентов регрессии

Расчетная формула	Значение
$b_0 = a_1 \sum_{u=1}^N Y_{ucp} - a_2 \sum_{u=1}^N (X_{1u}^2 + X_{2u}^2 + X_{3u}^2) \cdot Y_{ucp} ,$	85,3667
$b_1 = a_3 \sum_{U=1}^N X_{1u} Y_{ucp} / N ,$	-3,9225
$b_2 = a_3 \sum_{U=1}^N X_{2u} Y_{ucp} / N ,$	0,4925
$b_3 = a_3 \sum_{U=1}^N X_{3u} Y_{ucp} / N ,$	4,93
$b_{12} = a_4 \sum_{u=1}^N X_{1u} X_{2u} Y_{ucp} ,$	-0,99
$b_{13} = a_4 \sum_{u=1}^N X_{1u} X_{3u} Y_{ucp} ,$	0,35
$b_{23} = a_4 \sum_{u=1}^N X_{2u} X_{3u} Y_{ucp} ,$	-0,41
$b_{11} = a_5 \sum_{u=1}^N X_{1u}^2 Y_{ucp} + a_6 \sum_{u=1}^N (X_{1u}^2 + X_{2u}^2 + X_{3u}^2) \cdot Y_{ucp} - a_7 \sum_{u=1}^N Y_{ucp} ,$	-7,5334
$b_{22} = a_5 \sum_{u=1}^N X_{2u}^2 Y_{ucp} + a_6 \sum_{u=1}^N (X_{1u}^2 + X_{2u}^2 + X_{3u}^2) \cdot Y_{ucp} - a_7 \sum_{u=1}^N Y_{ucp} ,$	-5,2084
$b_{33} = a_5 \sum_{u=1}^N X_{3u}^2 Y_{ucp} + a_6 \sum_{u=1}^N (X_{1u}^2 + X_{2u}^2 + X_{3u}^2) \cdot Y_{ucp} - a_7 \sum_{u=1}^N Y_{ucp} .$	-7,3334

Оценка однородности дисперсии производилась по критерию Кохрена (табл. 4).

Таблица 4 – Результаты расчетов проверки однородности дисперсий

Критерий оптимизации	Значение критерия Кохрена	
	расчетное $G_{РАСЧ}$	табличное $G_{ТАБЛ}$
K_{KP}	0,1794	0,2758

Как видно из табл. 4, расчетное значение критерия Кохрена меньше табличного (критического значения). Следовательно, гипотеза об однородности дисперсий подтверждается при 5% уровне значимости.

Математическая модель в безразмерном виде будет иметь вид:

$$Y_{d_{ПК}} = 85,3667 - 3,9225X_1 + 0,4925X_2 + 4,93X_3 - 0,99X_1X_2 + 0,35X_1X_3 - 0,41X_2X_3 - 7,5334X_1^2 - 5,2084X_2^2 - 7,3334X_3^2. \quad (1)$$

Адекватность полученной модели проверяли по F – критерию Фишера (табл. 5). Из табл. 5 видно, что полученная модель адекватна.

Таблица 5 – Результаты расчетов проверки адекватности аппроксимирующего полинома поверхностям отклика

Параметр оптимизации	Дисперсия адекватности $D_{ад}(y)$	Значение критерия Фишера	
		расчетное $F_{расч}$	табличное $F_{табл}$
$K_{кр}$	0,4093	2,163	2,3593

Для определения значений точек поверхности отклика в промежуточных точках факторного пространства следует перейти к реальным координатам этого пространства. Для этого использовали формулы перехода от кодированных координат к реальным:

$$X_1 = \frac{V_{II} - 7,05}{0,7}, X_2 = \frac{w_B - 25}{5}, X_3 = \frac{g_B - 25}{5}.$$

Подставив в уравнение (1) значения X_1, X_2, X_3 , после несложных преобразований получим математическую модель в натуральном виде:

$$P_{уд} = 685346 - 1324V_{II} - 6,2718w_B - 9,7182g_B + 0,047V_{II}w_B + 0,2143V_{II}g_B - 0,0317w_Bg_B + 8,9686V_{II}^2 + 0,1309w_B^2 + 0,174g_B^2, \quad (2)$$

где V_{II} – скорость передвижения агрегата, км/ч;

w_B – угловая скорость вращения барабана РРОАД, c^{-1} ;

g_B – угол атаки РРОАД, град.

Из (2) определяем оптимальные значения режимных параметров комбинированного почвообрабатывающего агрегата с РРОАД: скорость передвижения агрегата 6,9...7,0 км/ч, угловая скорость вращения барабана РРОАД 25,2...25,3 c^{-1} и угол атаки РРОАД 25,9...26,6°. При этом качество крошения $K_{кр}$ составляет 86,7%, что удовлетворяет агротехническим требованиям.

Наглядно зависимость критериев оптимизации от исследуемых параметров можно оценить по графикам, построенным согласно уравнений, найденных из уравнения (1) (рис. 2...4):

$$Y(X_1) = 86,1979 - 3,866X_1 - 7,3334X_1^2, \quad (3)$$

$$Y(X_2) = 86,6758 + 0,1039X_2 - 5,2084X_2^2, \quad (4)$$

$$Y(X_3) = 85,9032 + 4,7833X_3 - 7,3334X_3^2. \quad (5)$$

Анализ графиков, приведенных на рисунках 2...4, показывает, что наибольшее влияние на критерий оптимизации оказывает угол атаки РРОАД.

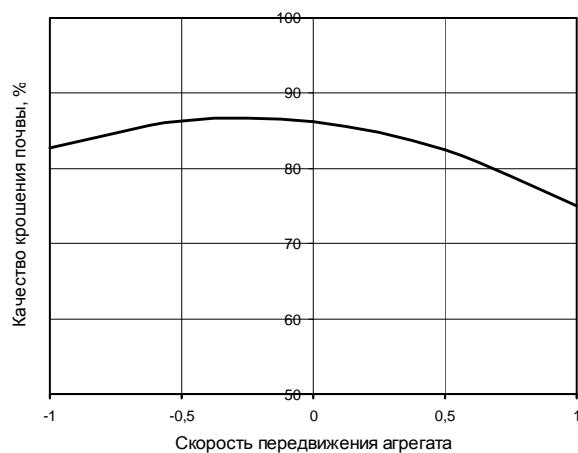


Рисунок 2 – Зависимость качества крошения от скорости передвижения агрегата.

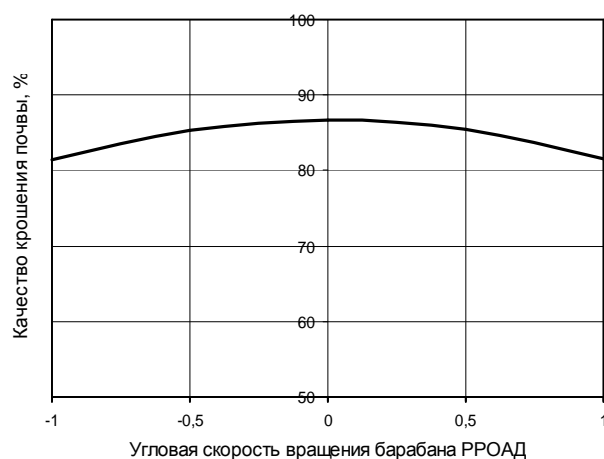


Рисунок 3 – Зависимость качества крошения от угловой скорости вращения барабана РРОАД.

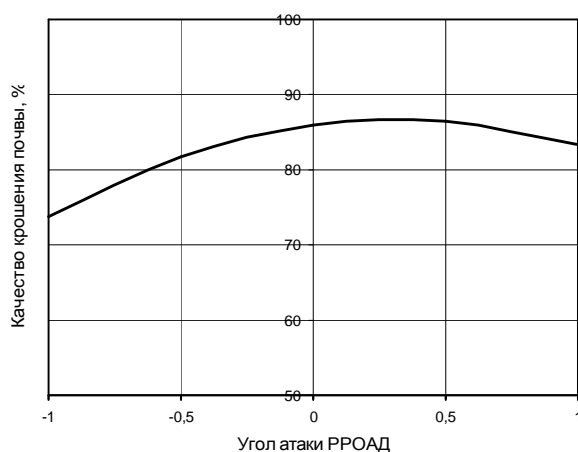


Рисунок 4 – Зависимость качества крошения от угла атаки РРОАД.

Зависимость критерия оптимизации от попарного влияния исследуемых параметров можно представить с помощью линий равного уровня, получаемых из уравнения нелинейной множественной регрессии. Искомые уравнения имеют вид:

$$Y - 86,7 = -6,466X_1^2 - 5,397X_2^2, \quad (9)$$

$$Y - 86,7 = -7,624X_1^2 - 7,473X_3^2, \quad (10)$$

$$Y - 86,7 = -6,471X_2^2 - 6,491X_3^2. \quad (11)$$

С использованием компьютерной программы Mathcad 2000 Professional и полученных данных построены линии равного уровня изменения качества крошения от основных факторов (рис. 5...7).

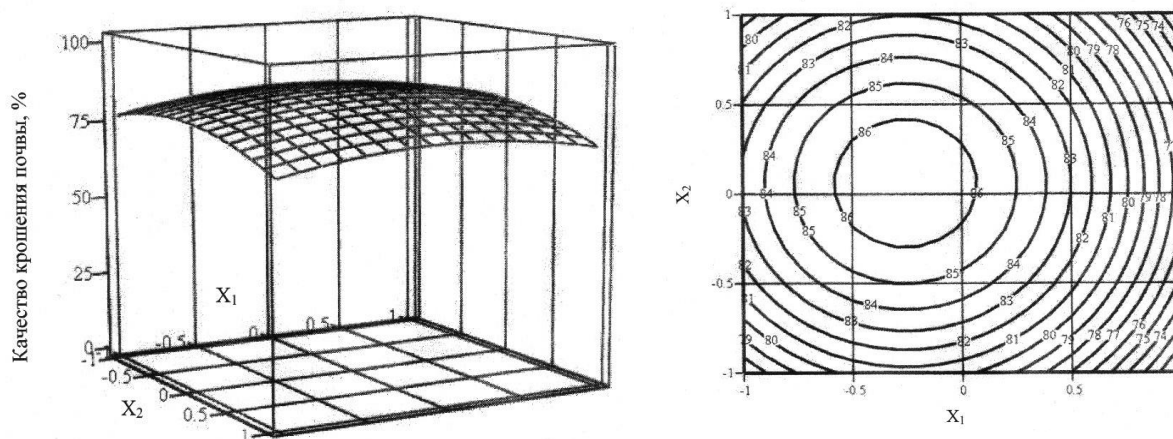


Рисунок 5 – Зависимость качества крошения от скорости передвижения агрегата (\$X_1\$) и угловой скорости вращения барабана РРОАД (\$X_2\$).

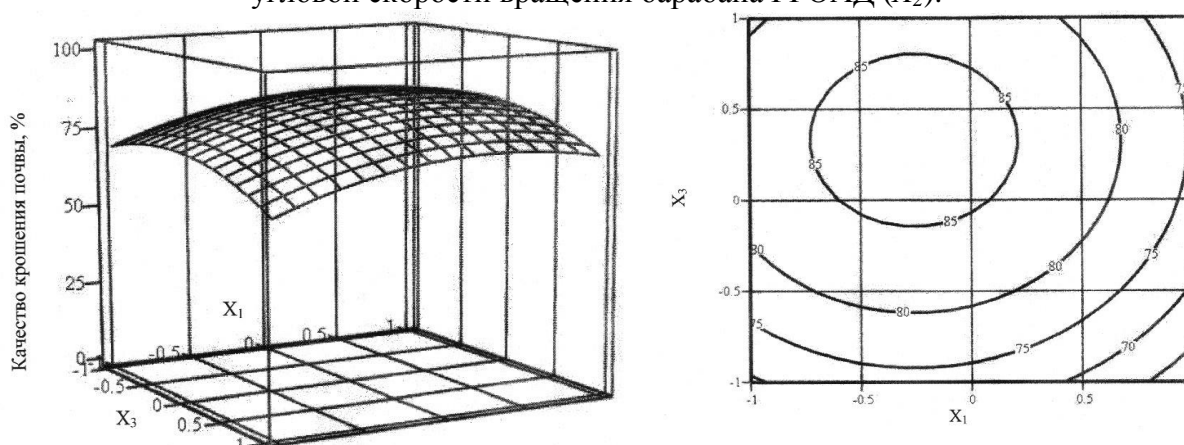


Рисунок 6 – Зависимость качества крошения от скорости передвижения агрегата (\$X_1\$) и угла атаки РРОАД (\$X_3\$).

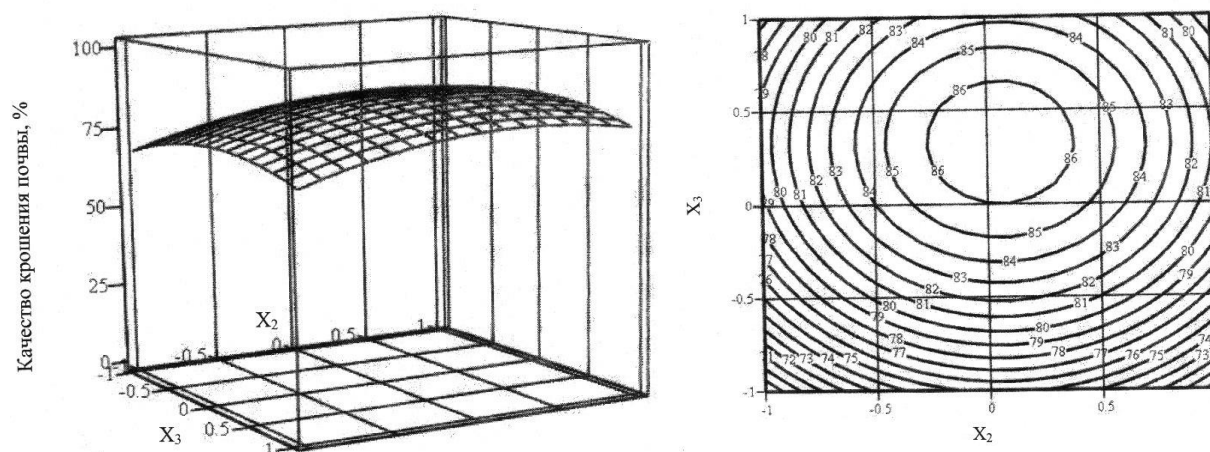


Рисунок 7 – Зависимость качества крошения от угловой скорости вращения барабана РРОАД (X_2) и угла атаки РРОАД (X_3).

Список использованной литературы

1. Заленский, В.А. Обработка почвы и плодородие / В.А. Заленский, Я.У. Яроцкий.– Мн.: Беларусь, 2004.– 542 с.
2. Русанов, В.А. Проблема воздействия движителей на почву и эффективное направление ее решения / В.А. Русанов, Н.М. Антышев, В.П. Кузнецов // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 1994. – №5. – С. 36–38.
3. Ляско, М.И. Высокогорные районы - уплотнение почв под воздействием ходовых систем тракторов / М.И. Ляско, А.М. Есоян // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 1991. – №11. – С. 10–12.
4. Бондарев, А.Г. Переуплотнение почв сельскохозяйственной техникой: прогноз явления и процессы разуплотнения почвы / А.Г. Бондарев, И.В. Кузнецова, П.М. Сапожников // Почвоведение. – 1990. – №4. – С. 58–64.