

Б.Н.Нуралин¹, С.В.Олейников¹, А.Ж.Мурзагалиев¹

¹Западно-Казахстанский агротехнический университет
им. Жангир хана, г. Уральск, Казахстан

ОБОСНОВАНИЕ ФОРМЫ И ПАРАМЕТРОВ РОМБОВИДНОГО РАБОЧЕГО ОРГАНА ПОВОРОТНОГО ПЛУГА ДЛЯ ГЛАДКОЙ ВСПАШКИ

Аннотация. В статье рассмотрены результаты исследований по обоснованию формы и параметров плужного корпуса для ромбовидной пахоты. Симметричный ромбовидный плужный корпус с укороченным отвалом соответствует технологическому процессу для гладкой вспашки, обеспечивает наименьшие энергозатраты, повышает производительность почвообрабатывающих агрегатов и снижает нагрузку на металлоконструкцию плуга. Ромбовидный корпус с симметрично усеченными лезвиями позволяет почвообрабатывающим агрегатам с роторным плугом произвести вспашку без облома и развальных борозд. При этом сохраняется герметизация растений и пожнивных остатков до 94,4 %. Снижается расход топлива на 1 га до 9,5 %, а производительность обработки почвы увеличивается до 20 % за счет уменьшения тягового сопротивления рабочего органа.

Ключевые слова: гладкая вспашка, плуг, земляной пласт, параллелограммный тип, ромбовидный рабочий орган, стенка борозды, тяговое сопротивление, обработка почвы.



Түйіндеме. Мақалада ромб тәріздес егістік үшін соқа корпусының формасы мен параметрлерін негіздеу бойынша нәтижелер қарастырылған. Симметриялық ромб тәріздес қысқа қайырмалы соқа корпусы тегіс жырту технологиялық процесіне сәйкес келеді, энергияны аз жұмсауды қамтамасыз етеді, топырақ өңдеу агрегаттарының өнімділігін арттырады және соқаның металл құрылымына түсетін салмақты азайтады. Қысқа симметриялық жүзі бар ромб тәріздес корпус роторлық соқамен топырақ өңдеу агрегаттарына опырмай, қарықтап жыртуға мүмкіндік жасайды. Сондықтан өсімдіктердің герметизациясы 94,4 %-ға дейін сақталады. Жанар-жағар май бір гектарына 9,5 %-ға дейін үнемделеді, жерді өңдеу өнімділігі болса жұмыс істейтін құралдың тарту күшінің азаюына байланысты 20 %-ға дейін еседі.

Түйінді сөздер: тегіс жырту, соқа, жер қыртысы, параллелограмдық тип, ромб тәріздес жұмыс құралы, соқа аударған іздің қабырғасы, қарсыласу

күші, топырақты өңдеу.



Abstract. The article considers the results of theoretical and experimental studies to the justification of the shape and parameters of the plow for plowing diamond. Installing a symmetrical diamond-shaped plow body with a shorter blade in a universal frame rotary plow with parameters: plowshares installation angle to the bottom of the furrow – 20° ; angle of the coulter to the wall of the furrow – 42° ; rhomboid angle $\alpha=60^{\circ}$, allows to reduce the distance between the working bodies, which ensures reduction in the overall length and reducing metal plow. Using a diamond-shaped body with a symmetrical truncated blade allows the tillage machines with rotary plow provide a shuttle train in the run and smooth moldboard plowing without breakup and open furrows, reduce saltwater surface of arable land by 21 %, to ensure sealing of plant and crop residues to 94.4 % decrease per hectare fuel consumption by 9.5 %, to increase the productivity of soil tillage to 20 % by reducing the traction the working body resistance and rapid moves in the run, i.e. increasing the working time shift.

Key words: smooth plowing, the plow, the excavation formation, parallelogram type, diamond-shaped working body, the wall of the furrow the traction resistance tillage.

Введение. Общеизвестно, что от способа и качества основной обработки почвы в значительной степени зависит урожайность сельскохозяйственных культур. Причем обработка оказывает универсальное воздействие не только на почву, но и на растения и всю окружающую среду, способствуя росту эффективного плодородия почвы [1]. В мировой практике широко известны и апробированы разные технологии основной обработки почвы. При этом ученые приходят к выводу, что в каждом конкретном случае нужна своя научно обоснованная зональная микротехнология, обеспечивающая эффективность данной технологической операции и сельскохозяйственного производства в целом.

В большинстве развитых в аграрном отношении стран доминирующим способом основной обработки почвы является отвальная вспашка, позволяющая осуществлять крошение почвенного пласта с одновременным его оборотом [2]. При этом в пахотный слой возвращаются коллоидные частицы и питательные вещества, вымытые в нижние горизонты.

В Казахстане наряду с почвозащитной системой земледе-

лия также широко применяется отвальная вспашка. Ее ценность возрастает еще и в том плане, что отвальная вспашка является одним из основных способов борьбы с сорной растительностью, с которой невозможно бороться с помощью гербицидов.

Методы исследования. Анализ исследований, проведенных по теории плуга, показывает, что совершенствование технологических процессов основной обработки почвы связано с совершенствованием рабочих органов и они оказывают определяющее влияние на энергетические и качественные показатели пахоты. В полной мере это касается и формы лемешно-отвальных поверхностей. В работах [3, 4] рассматривается движение пластов прямоугольной, параллелограммной и ромбовидной форм. Получены теоретические зависимости и экспериментальные данные, свидетельствующие о снижении тягового сопротивления плужного рабочего органа, отрезающего пласт почвы ромбовидного сечения. Вместе с тем необходимо отметить, что теоретические зависимости получены для единичного случая, достаточно редкого в практических условиях. Так, например, принято допущение, что рассматривается упрощенная модель абсолютно связанного пласта почвы, который сохраняет свою форму при обороте. При этом работу на оборот пласта представляют как сумму работ на перемещение пласта перпендикулярно направлению движения рабочего органа, на поворот пласта на некоторый угол и подъем центра масс элемента пласта на некоторую высоту. Величины перемещения, угла поворота и высоты подъема определяются геометрическими параметрами отрезаемого пласта.

Сопоставляя схемы «а» и «б» (рис. 1), можно наглядно видеть, что углы поворота сечений пластов примерно равные. Расстояние переноса центра масс (ц. м.) у прямоугольного пласта меньше, чем у ромбовидного. Высота подъема центра масс прямоугольного пласта, складывающаяся из величин h_1 и h_2 , несколько выше. Именно это обстоятельство определило, что теоретически работа на оборот ромбовидного пласта меньше, чем у прямоугольного. Экспериментальные данные дают большую величину расхождения между затратами на перемещение рабо-

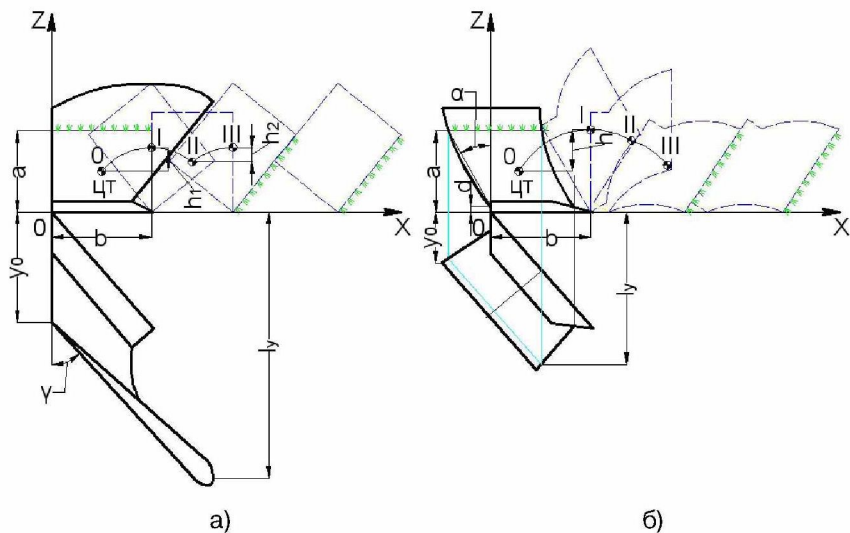


Рис. 1. Схемы оборота прямоугольного (а) и ромбовидного (б) пластов

чих органов, а при исследованиях [5] это различие получено еще более значительным.

Многочисленные наблюдения показывают, что при обработке почвы в состоянии «спелости» (а это состояние наиболее характерно для основной обработки почвы) по схеме «а», вместо второго этапа поворота пласта (II-III) осуществляется сдвиг практически разрушенного пласта крылом отвала в сторону вспаханного поля. Это ведет, как показывают исследования [6], к увеличению тягового сопротивления рабочего органа (рис. 2).

Кроме того, именно это обстоятельство диктует необходимость изготавливать развитое крыло отвала и повышать металлоемкость рабочего органа. Схема «б» отчетливо демонстрирует, что у рабочего органа, отрезающего пласт почвы ромбовидного сечения, при определенном значении угла наклона стенки борозды $\alpha \approx 40^\circ$ этот недостаток отсутствует. При меньших значениях α оборот пласта аналогичен прямоугольному.

В работе [7], посвященной энергетической оценке плужно-

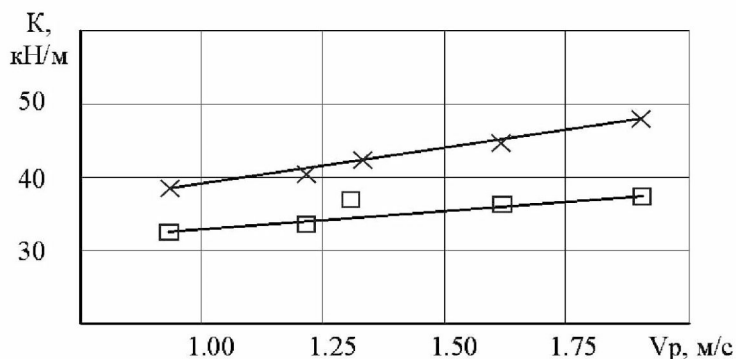
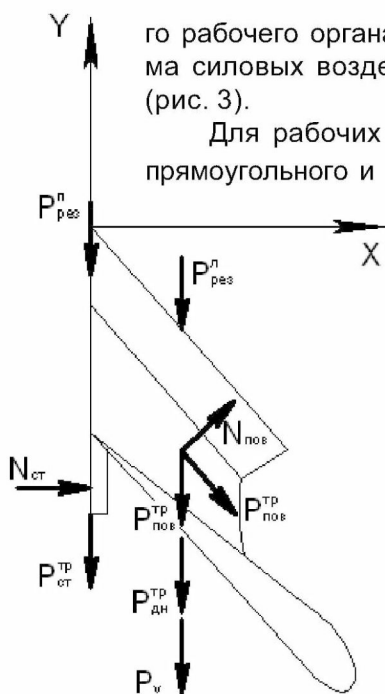


Рис. 2. Зависимость удельного тягового сопротивления пахотных агрегатов от скорости движения: x – плуг с серийным рабочим органом; □ – плуг с укороченным рабочим органом



го рабочего органа, рассматривается следующая схема силовых воздействий на плужный рабочий орган (рис. 3).

Для рабочих органов, отрезающих пласт почвы прямоугольного и ромбовидного сечений, усилие P_v на

придание кинетической энергии пласта в направлении оси X в пределах ошибки имеет одинаковые значения, тогда как усилие резания полевым обрезом кор-

Рис. 3. Схема сил, действующих на корпус плуга: $P_{рез}^n$ – усилие резания лемехом; $P_{рез}^{тр}$ – усилие трения о стенку борозды; $P_{пов}^{тр}$ – усилие трения о поверхность отвала; $P_{дно}^{тр}$ – усилие трения о дно борозды; P_v – усилие на придание кинетической энергии пласта в направлении оси X

пуca $P_{рез}^n$, будет различаться.

При исследовании движения в почве черенковых ножей было установлено, что возникают 2 зоны деформации (рис. 4): деформация верхнего слоя почвы на глубину a_1 , которую условно можно принять в форме трапеции, и деформация нижнего a_2 за счет уплотнения стенок прорези без выноса к дневной поверхности почвы

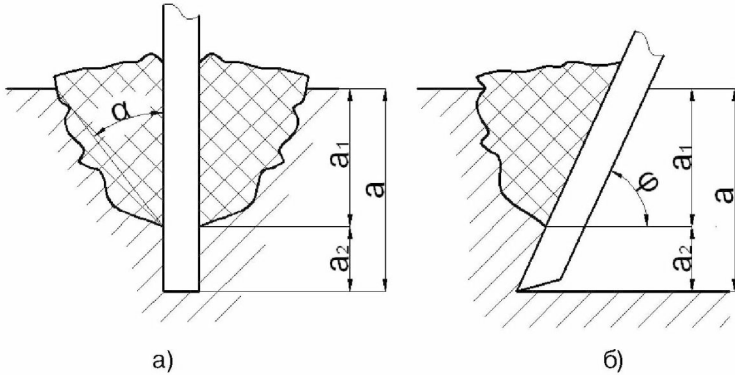


Рис. 4. Воздействие на почву черенкового ножа: а) установка ножа, угол $\varphi=90^0$; б) установка ножа, угол $\varphi<90^0$

[8]. Установка ножа под углом $\varphi<90^0$ (рис. 4б) снижает тяговое сопротивление, поскольку уменьшается толщина уплотняемого слоя a_2 .

Сравнивая форму деформированной почвы (рис. 4а) и форму полевого обреза рабочего органа для ромбовидной пахоты, можно отметить их идентичность. При этом форму полевого обреза можно подобрать такой, чтобы он шел по кромке деформированного участка, что позволило бы уменьшить усилие резания. Однако не только угол наклона ножа, глубина резания применительно к плужным корпусам полевого обреза оказывают влияние на сопротивление резанию. В работе А.Н.Зеленина [9] приведены экспериментальные графические зависимости (рис. 5) влияния отношения периметра режущей кромки L к площади поперечного сечения пласта F на удельное сопротивление резанию.

При глубине пахоты 26 см и ширине захвата корпуса 35 см отношение для традиционного рабочего органа с прямоугольным сечением $L/F=0,37$, величина удельного сопротивления составит $K=2,02 \text{ кг/см}^2$ (рис. 5). Для ромбовидного корпуса при тех же параметрах глубины пахоты и ширины захвата и угле наклона стенки борозды около $\alpha \approx 40^\circ$, $L/F=0,32$, а величина удельного сопротивления уже составит $K=1,84 \text{ кг/см}^2$. Режущую кромку полевого обреза приняли равной 7,5 мм. Таким образом, удельное сопротивление резанию полевым обрезом у ромбовидного рабочего органа меньше почти на 9 %.

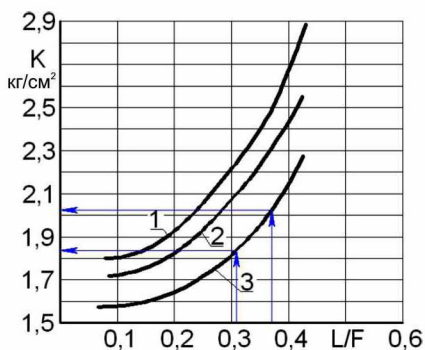


Рис. 5. Зависимость удельного сопротивления резанию K от L/F при различной толщине режущей кромки: 1 – 30 мм; 2 – 22 мм; 3 – 7,5 мм.

Следует отметить, что оборот ромбовидного пласта теоретически и практически осуществляется укороченной лемешно-отвальной поверхностью (рис. 16). Следовательно, рабочий орган для ромбовидной пахоты можно сделать не просто укороченным, но и симметричным относительно центра лемеха. Именно этот принцип заложен при изготовлении одного из рабочих органов универсального рыхлителя [10, 11], в частности, плужного рабочего органа для ромбовидной пахоты. Схема размещения различных рабочих органов приведена на рис. 6. Ромбовидный плужный рабочий орган показан под номером III.

Основные технические параметры корпуса:

Угол установки лемеха ко дну борозды – 20° .

Угол установки лемеха к стенке борозды – 42° .

Ширина лемеха – 120 мм.

Форма лемеха – трапецевидная.

Эффект ромбовидности (снижение удельного сопротивле-

ния по сравнению с прямоугольным) проявляется при глубине 23 см и более.

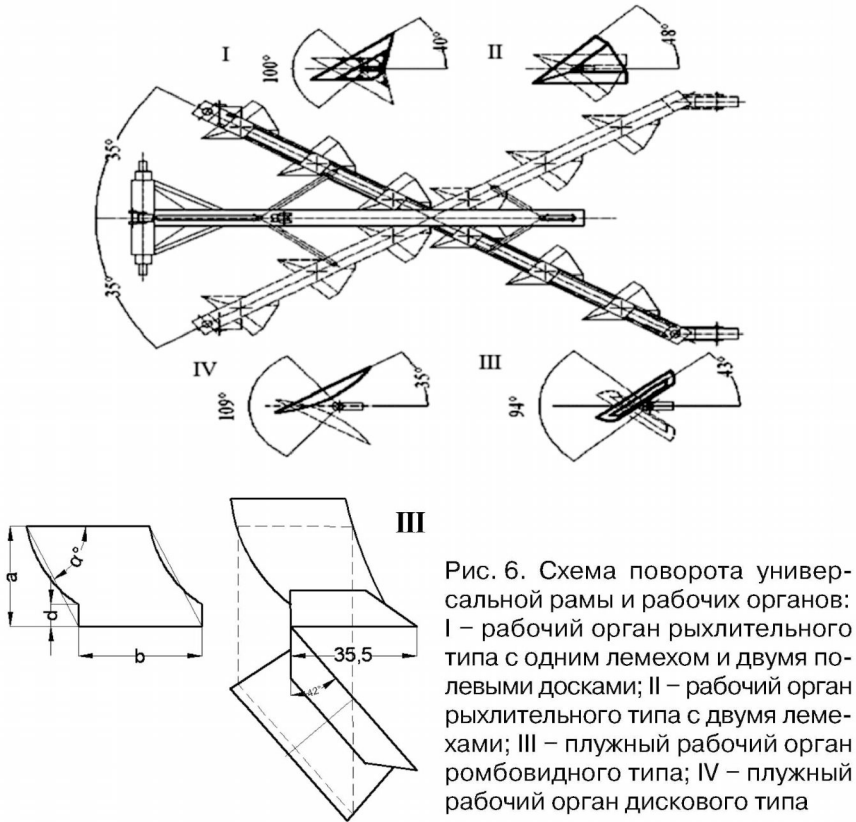


Рис. 6. Схема поворота универсальной рамы и рабочих органов: I – рабочий орган рыхлительного типа с одним лемехом и двумя полевыми досками; II – рабочий орган рыхлительного типа с двумя лемехами; III – плужный рабочий орган ромбовидного типа; IV – плужный рабочий орган дискового типа

Угол ромбовидности $\alpha=60^\circ$.

Величина вертикального участка стенки борозды $d=5$ см.

Ширина отрезаемого пласта $b=35$ см.

Ширина захвата корпуса 35,5 см.

Основные технологические параметры:

- Скорость пахоты – 2,2-3,5 м/с (при скорости меньше ниж-

него предела, оборот пласта становится неустойчивым. При скорости выше верхнего предела, наблюдается «фонтанирование» элементов пласта).

- Глубина пахоты – 28 см.
- Отношение глубины пахоты к ширине захвата, при котором проявляется эффект ромбовидности – $a/b \geq 0,6$.

Использование ромбовидного корпуса с симметричным укороченным отвалом позволяет почвообрабатывающему агрегату с поворотным плугом обеспечивать челночное движение в загоне и отвальную гладкую вспашку без развальных и свальных борозд, возможность повышения производительности почвообрабатывающего агрегата до 20 % за счет снижения тягового сопротивления рабочего органа и холостых ходов в загоне, т. е. увеличения рабочего времени смены.

Выводы

1. Ромбовидный плужный корпус с симметричным укороченным отвалом (без крыла) обеспечивает полный оборот пласта и гладкую вспашку:

- снижение гребнистости поверхности пашни – на 21 %;
- степень крошения – 52,9 %;
- заделка растительных и пожнивных остатков – 94,4 %;
- плотность почвы $0,9-1,1 \times 10^3$ кг/м³;

2. Установка ромбовидного плужного корпуса на универсальной раме поворотного плуга позволяет по сравнению с серийным плугом:

- снизить тяговое сопротивление на 7,2-21,1 %;
- уменьшить погектарный расход топлива на 9,5 %;
- повысить производительность за счет снижения тягового сопротивления рабочего органа на 12,5 %;
- снизить энергоемкость пахоты на 5 %.

Список литературы

1 *Нуралин Б.Н.* Средства механизации для ресурсосберегающих технологий возделывания зерновых культур в Западном Казахстане. – Уральск, УАТ и СО, 2005. – 72 с.

2 *Нуралин Б.Н., Олейников С.В.* Проектирование плужных рабочих органов почвообрабатывающих машин // Совершенствование рабочих органов плугов для гладкой вспашки. – Уральск, Зап.-Каз. аграр.-техн. ун-т им. Жангир хана, 2015. – 246 с.

3 *Олейников С.В.* Влияние формы отрезаемого пласта на затраты энергии при отвальной вспашке: сб. науч. тр. ЧИМЭСХ. – Челябинск, 1983. – С. 24-31.

4 *Олейников С.В.* Обоснование параметров плужного корпуса для ромбовидной пахоты: автореф. дис. канд. техн. наук. – Челябинск, 1986. – 20 с.

5 *Чупин П.В.* Обоснование схемы плуга для ромбовидной вспашки: автореф. дис. канд. техн. наук. – Челябинск, 1987. – 19 с.

6 *Нуралин Б.Н., Мурзагалиев А.Ж.* Результаты исследования орудия для основной обработки тяжелых // Вестн. Саратов. гос. аграр. ун-та. – Саратов. – 2011. – № 8. – С. 47-51.

7 *Бурченко П.Н., Иванов А.Н., Кирюхин А.Г., Орлов Н.М.* Энергетическая оценка корпусов КСЭ-01 и плугов для работы на повышенных скоростях // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 1970. – № 9. – С. 22-25.

8 *Синеоков Г.Н., Панов И.М.* Теория и расчет почвообрабатывающих машин. – М.: Машиностроение, 1977. – 328 с.

9 *Зеленин А.Н.* Резание грунтов. – М.: АН СССР, 1959. – 270 с.

10 Патент на изобретение KZ В 22323 «Рыхлитель для основной обработки почвы» / Б.Н.Нуралин, М.М.Константинов, С.З.Есенжанов, С.В.Олейников // Комитет по правам интеллектуальной собственности Министерства юстиции Республики Казахстан. БИ. № 2 от 15.02.2010 г.

11 *Константинов М.М., Нуралин Б.Н.* и др. Универсальная рама рыхлителя плужного типа для гладкой пахоты // Изв. Оренбург. гос. аграрного ун-та // Теоретический и научно-практический журнал. – 2013. – № 5 (43). – С. 76-80.

Нуралин Бекет Нургалиевич, доктор технических наук,
e-mail: bnuralin@mail.ru

Олейников Сергей Владимирович, кандидат технических наук,
e-mail: oleinikov@mail.ru

Мурзагалиев Ахмет Жакиевич, кандидат технических наук,
тел.: +7(7112)50-10-85