

**АУЫЛ ШАРУАШЫЛЫҒЫН МЕХАНИКАЛАНДЫРУ ЖӘНЕ ЭЛЕКТРЛЕНДІРУ
МЕХАНИЗАЦИЯ И ЭЛЕКТРИФИКАЦИЯ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
AGRICULTURE MECHANIZATION AND ELECTRIFICATION**

МРНТИ 68.85.29

DOI <https://doi.org/10.37884/1-2025/37>

*Б.Н.Нуралин¹, М.С.Галиев^{*1}, Е.М.Джаналиев¹, С.В.Олейников², М.К.Дусенов¹*

¹НАО «Западно-Казахстанский аграрно-технический университет имени Жангир хана», ЗКО, г.Уральск, Республика Казахстан, bnuralin@mail.ru, manarbek-1980@mail.ru,
ernazar.dzhanaiev@mail.ru, dusenov.maksut@mail.ru*

²Западно-Казахстанский инновационно-технологический университет, ЗКО, г.Уральск, Республика Казахстан, oleinikov@mail.ru

**ИССЛЕДОВАНИЕ ТЯГОВОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ ОТВАЛЬНЫХ РАБОЧИХ
ОРГАНОВ ПЛУГА**

Аннотация

Основная обработка составляет основу подготовку почвы к посеву. Она выполняется отвальными плугами, которые имеют низкую производительность, высокие энергозатраты при низком качестве выполнения технологического процесса. *Целью* данной работы является изыскания пути повышения эффективности работы отвальных плугов. Исследования отечественных и зарубежных ученых показали, что управляемые параметры ширина захвата и скорость движения агрегата имеют ограничения по агротехническим и энергетическим показателям, т.к. с их повышением снижается качество вспашки, увеличивается неравномерность хода плуга по глубине и ширине обработки, тяговое сопротивление орудия. Для работы серийных плугов с культурным отвалом характерна: при загонном способе движения оставляет свальные и развальные борозды, не обработанные клинья, низкий коэффициент использования рабочего хода; отвал с удлиненным крылом не позволяет сокращения расстояния между рабочими органами, увеличивая габариты плуга и металлоемкость, оборачивает и отбрасывает пласт, имея высокое тяговое сопротивление. Указанные недостатки снижает производительность и увеличивает общие энергозатраты на подготовку почвы. *Результатами* теоретического исследования схемы оборота пласта установлено, что ромбовидный пласт не требует дополнительного оборота крылом отвала. Поэтому симметричный ромбовидный отвал с укороченным крылом позволяет сократить расстояние между рабочими органами, уменьшая габариты и удельную металлоемкость; обеспечивать работу агрегата в лево – правооборачивающем режиме, совершая челночный способ движения с повышением коэффициента использования рабочего хода. *Заключение.* Симметричный ромбовидный отвал с укороченным крылом снижает тяговое сопротивление на 15÷20%, повышает производительность и сокращает погектарный расход топлива агрегата до 25% по сравнению с серийным плугом.

Ключевые слова. *Загонная вспашка, тяговое сопротивление, производительность, ромбовидный пласт, поворотный плуг, челночное движение.*

Введение

Многочисленные исследования и производственный опыт показывает, что урожайность некоторых зерновых культур на 25...30% зависит от качества обработки почвы [1,2]. Основным средством механизации основной обработки почвы, как в большинстве зон нашей страны, так и за рубежом являются лемешно - отвальные плуги [3,4]. Дальнейший рост производства продукции растениеводства и необходимость снижения затрат труда требует повышения производительности пахотных агрегатов. Основными направлениями повышения

эффективности работы пахотного агрегата является увеличение ширины захвата и повышение рабочей скорости [5]. Сложность решения данной задачи заключается в том, что увеличение ширины захвата плугов неразрывно связано с ростом его длины, который в свою очередь, влечет за собой ухудшение маневренности пахотных агрегатов, увеличение удельной материалоемкости, снижение равномерности хода рабочих органов по глубине, что противоречит агротехническим требованиям. Повышение рабочих скоростей приводит к резкому возрастанию тягового сопротивления плугов, к значительному перерасходу топлива - смазочных материалов и увеличению непроизводительных затрат и, как следствие, к повышению себестоимости единицы продукции растениеводства. С повышением рабочей скорости снижается коэффициент использования рабочего хода, ухудшается процесс оборота почвенного пласта, что приводит к резкому снижению качества пахоты. Выходом из создавшегося противоречия является отыскание новых форм рабочих поверхностей плужных корпусов, обеспечивающий снижение тягового сопротивления рабочих органов и увеличения времени на рабочий ход смены путем выполнения технологического процесса челночным способом [6,7,8,9,10,11,12].

В связи с этим, целью настоящего исследования является обоснование поверхности плужного рабочего органа [13,14], удовлетворяющего технологические требования гладкой вспашки при наименьших энергозатратах, обеспечивающего снижение тягового сопротивления и повышение производительности почвообрабатывающего агрегата.

Методы и материалы

Основными критериями целесообразности использования тех или иных рабочих органов являются их качество обработки и тяговое сопротивление. Проведенные исследования показали, что изменение формы и размеров отрезаемого пласта оказывают определенное влияние на траекторию его движения в плоскости ZOX. Траектория движения точек пласта максимально приближаются к винтовым линиям кругового цилиндра, что упрощает их описания. Но, поскольку при этом изменяется расстояние переноса пласта и высота подъема, то следует оценить целесообразность изменения геометрических характеристик его сечения по тяговому сопротивлению.

Для определения тягового сопротивления рабочего органа и почвообрабатывающей машины в целом, наиболее часто используют рациональную формулу В. П. Горячкина [15]

$$R_T = G \cdot f + a \cdot b \cdot k + a \cdot b \cdot \varepsilon \cdot v^2 \quad (1)$$

где Gf - усилие аналогичное силе трения;

abk - усилие деформации и разрушения почвенного пласта;

$ab\varepsilon v^2$ – усилие, необходимое для сообщения разрушенным частям пласта запаса кинетической энергии, достаточной для отбрасывания их в сторону.

Коэффициенты k и ε не отражают влияния формы сечения пласта, а определение их представляется затруднительным из-за необходимости проведения большого количества опытов в различных условиях. Поэтому необходимо рассмотреть этот вопрос аналитически, используя уравнения Лагранжа II -го рода. Систему почвенный пласт - рабочий орган можно считать голономной с некоторыми допущениями.

Исходя из динамики взаимодействия почвенного пласта с рабочим органом (рис.1), тяговое сопротивление корпуса можно представить зависимостью

$$R_T = (P_{пов}^{mp} + P_{ст}^{mp} + P_{дн}^{mp}) + (P_{рез}^л + P_{рез}^{но}) + P_{кр}, \quad (2)$$

где $P_{пов}^{mp}$ - сила трения пласта о поверхность рабочего органа;

$P_{ст}^{mp}$ и $P_{дн}^{mp}$ - силы трения корпуса о стенку и дно борозды;

$P_{рез}^л$ и $P_{рез}^н$ - усилия лемеха на отрезание пласта в горизонтальной и полевым обрезаем в вертикальной плоскостях;

$P_{кр}$ - усилие, расходуемое на крошение пласта.

Технологический процесс вспашки происходит отрезанием почвы в горизонтальной и вертикальной плоскостях лезвием лемеха и полевым обрезом корпуса. Далее почва, вступая на лемех под некоторым углом к горизонту, испытывает деформацию, зависящую от ее состояния, крошится на отдельные фракции и формируется в пласт. В процессе движения по лемешно - отвальной поверхности элемент пласта $ABCEA_1B_1C_1E_1$ - без деформации поворачивается относительно двух ребер: на первом этапе - EE_1 и на втором - CC_1 (рис. 2).

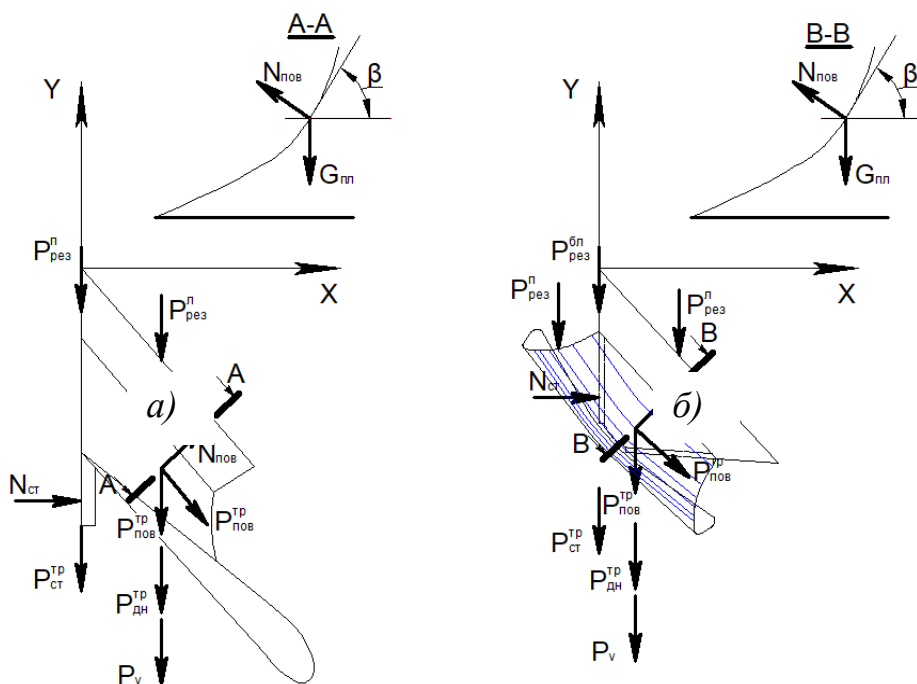


Рисунок 1 - Схемы внешних сил, действующие на плужные корпуса
а.- культурный; б.- ромбовидный;

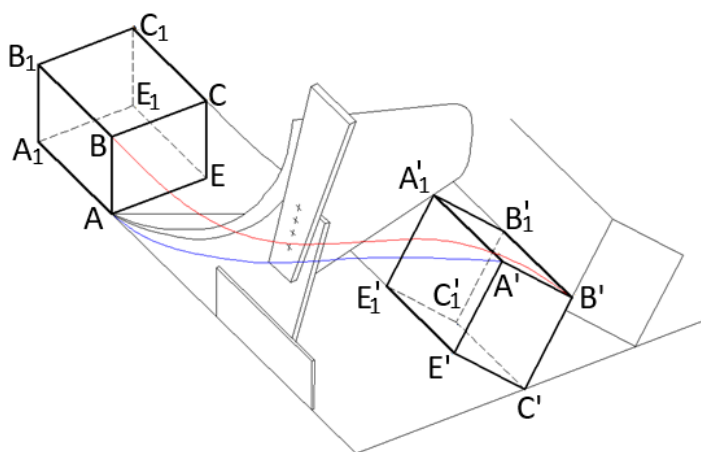


Рисунок 2 - Технологический процесс вспашки

Кинематический происходит поворот пласта относительно линии движения на некоторый угол φ и подъем его центра масс на высоту Δh (рис. 3).

Для прямоугольного пласта

$$\varphi = \pi / 2 + \arctg a / b \quad (3)$$

$$\Delta h = 0.5 \left(\sqrt{a^2 + b^2} - a \right) \quad (4)$$

Для пласта почвы ромбовидного сечения

$$\varphi = \pi - \alpha, \quad (5)$$

$$\Delta h = (a \cdot b \cdot \sin \alpha + d^2 \cos \alpha - a^2) / 2a \quad (6)$$

С момента вступления элемента пласта на лемешно-отвальную поверхность и до схода с нее точка O в плоскости ZOX проходит расстояние L_x :

для прямоугольного сечения

$$L_x = \pi \cdot b / 2 + \left(\pi \sqrt{a^2 + b^2} \right) / 180^\circ \cdot \arctg(a/b), \quad (7)$$

для ромбовидного сечения

$$L_x = \pi \cdot b / 2 \quad (8)$$

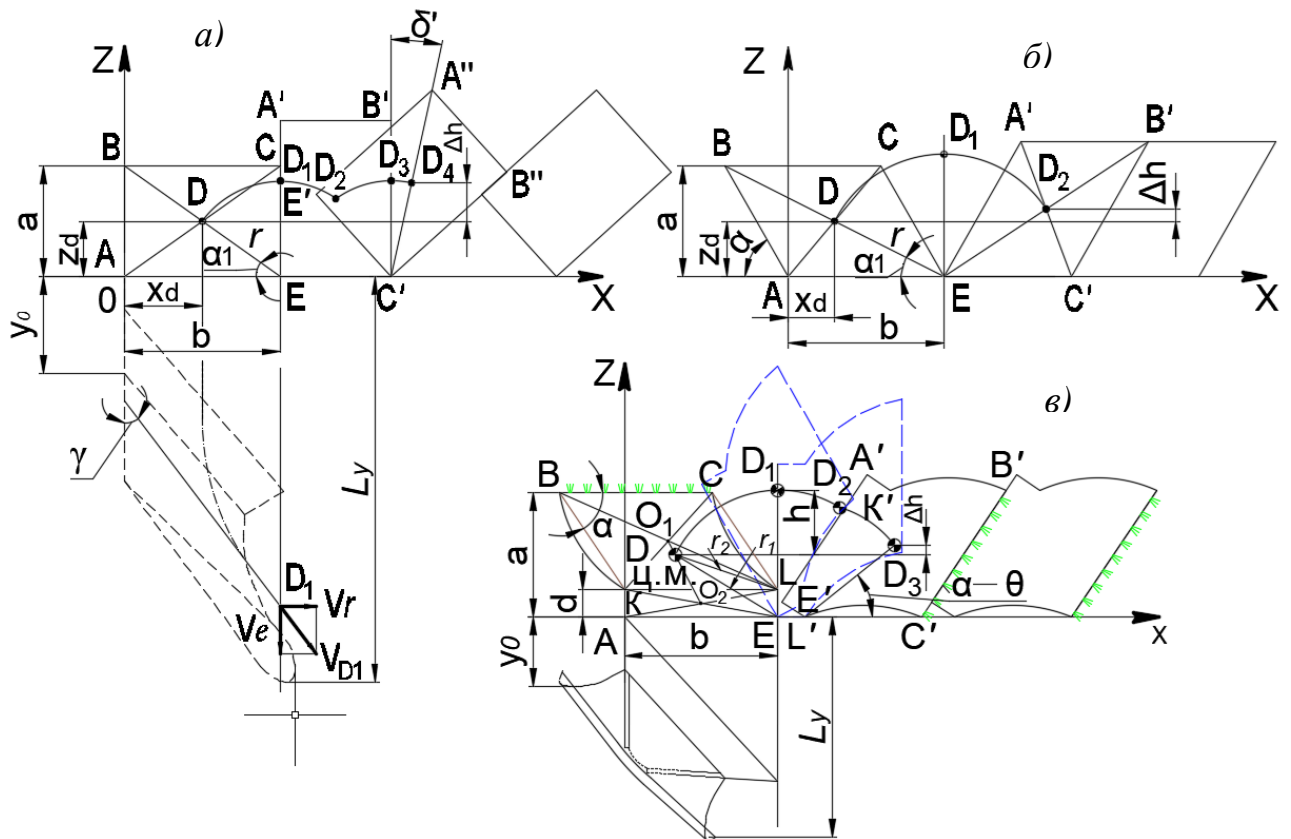


Рисунок 3 - Схемы оборота прямоугольного (а), параллелограммного (б) и ромбовидного (в) пластов

За это время точка O пройдет вдоль оси Y путь равный L_y (рис.3):

для прямоугольного сечения

$$L_y = y_o + (b + a) / \operatorname{tg} \gamma, \quad (9)$$

для ромбовидного сечения

$$L_y = y_o + b / \operatorname{tg} \gamma. \quad (10)$$

Отношение между двумя функциями $L_x / L_y = n_y$ равно отношению их производных

$$v_x = v_{nl} \cdot n_y, \quad (11)$$

где v_{nl} - скорость движения плуга;

Угловая скорость пласта в конце оборота равна

$$\omega = v_{nl} \cdot n_y / r_{ep}, \quad (12)$$

Радиус вращения пласта r_{ep} для различных форм равен
для прямоугольного

$$r_{\text{вп}} = \sqrt{a^2 + b^2}, \quad (13)$$

для ромбовидного

$$r_{\text{вп}} = \sqrt{a^2 + d^2}. \quad (14)$$

Момент инерции сечения пласта относительно полюса вращения e^1 с учетом теории Штебнера [16] равен

для прямоугольного

$$I_{d_1} = m(a^2 + b^2)/3; \quad (15)$$

для ромбовидного

$$I_{d_1} = m(a-d)^2 \left[b^2 \cdot \sin^2 \alpha + b(a-d) \sin 2\alpha + (a-d)^2 + d \left\{ a^2 \cdot \sin^2 \alpha + (a-d)^2 \cos^2 \alpha \right\} + a^2 d \cdot \sin^2 \alpha \left\{ b^2 + (a-d)^2 \right\} \right] / 3 \cdot a^2 \cdot \sin^2 \alpha \quad (16)$$

Суммарная сила трения, действующая на корпус

$$P_{\text{кор}}^{mp} = f_{mp} [G_k + G_{nl} \cdot (1 + \cos \varepsilon \cdot \cos \theta \cdot \cos \gamma + \cos \varepsilon \cdot \cos^2 \theta \cdot \cos^2 \gamma)] \quad (17)$$

где G_k - вес корпуса с учетом части веса всего орудия;

f_{mp} - коэффициент трения;

γ_n - плотность почвы;

θ - угол наклона касательной к поверхности в плоскости ZOY;

γ - угол постановки образующей к стенке борозды.

Силы резания $P_{\text{рез}}^l$ и $P_{\text{рез}}^n$, являясь диссипативными силами, зависят от длины резания, скорости движения плуга, механического состава и состояния почвы, степени затупленности лемехов и полевого обреза и т.д. С некоторыми допущениями примем,

$$P_{\text{рез}} = P_{\text{рез}}^l + P_{\text{рез}}^n = k_{\text{рез}} \cdot v_{nl} \cdot L, \quad (18)$$

где $L = b+a$ - для прямоугольного пласта;

$L = [b+d+(a-d)/\sin \alpha]$ - ромбовидного пласта.

Сила, расходуемая на крошение, является диссипативной силой и пропорциональна скорости

$$P_{kr} = k_{kr} \cdot v_{nl} \cdot n_y \quad (19)$$

Объединив выражения (23) и (24) для диссипативных сил, имеем

$$P_{\text{дисс}} = v_{nl} (k_{kr} \cdot n_y + k_{\text{рез}} \cdot L) \quad (20)$$

Для составления уравнения Лагранжа 2-го рода к рассматриваемой системе рабочий орган-почва, в качестве обобщенной координаты выбираем перемещение корпуса q_i в направлении Y. Тогда обобщенная скорость равна $\dot{q}_i = \dot{y} = v_{nl}$.

Кинетическая энергия системы равна сумме энергий на перемещение, подъем и оборот

$$T_{\Sigma} = T_z + T_x + T_{\text{вп}} \quad (21)$$

При определении энергии подъема выразим скорость по оси Z через скорость плуга и отношение $\Delta h/L_y$, которое обозначим через n_z . Тогда кинетическая энергия пласта в конце оборота будет равна

$$T_{\Sigma} = \frac{1}{2} \left[m \cdot v_{nl}^2 (n_y^2 + n_z^2) + I_{d_1} \cdot \omega^2 \right] \quad (22)$$

Потенциальная энергия системы определится из выражения

$$P = m \cdot g \cdot \Delta h \quad (23)$$

Кинетический потенциал Лагранжа равен

$$L = T_{\Sigma} - \Pi = k_M \cdot y(t) \left\{ v_{nl}^2(t) k_T - 2 \cdot g \cdot \Delta h \right\}, \quad (2.92)$$

где $k_M = \frac{1}{2g} \gamma_n \cdot a \cdot b \cdot \cos \theta \cdot \cos \gamma$, $k_T = n_z^2 + n_y^2 (1 + \rho_{d1}^2 / r_{ep}^2)$, $y(t) = \int_0^t v_{nl}(t) dt$.

Находим частную производную от L по обобщенной скорости и вычислим производную от выражения по времени

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{\partial L}{\partial v_{nl}} \right) = 2k_M \cdot k_T \left[v_{nl}^2(t) + y(t) W(t) \right], \quad (24)$$

где $W(t) = \frac{dv_{nl}(t)}{dt}$ - ускорение.

Производная от кинетического потенциала Лагранжа по обобщенной координате равна

$$\frac{\partial L}{\partial y} = k_M \left[v_{nl}^2(t) k_T - 2g \cdot \Delta h \right] \quad (25)$$

Обобщенная сила равна проекции всех сил, действующие на систему, на обобщенную координату

$$Q = (R_T - P_{корп}^{mp}) + Q_{diss} \quad (26)$$

Обобщенная сила соответствующая диссипативным силам

$$Q_{diss} = - \frac{\partial P_{diss}}{\partial v_{nl}} = -(k_{kp} \cdot n_y + k_{pez} \cdot L) \quad (27)$$

Знак «минус в данном случае» указывает на то, что диссипативные силы направлены против движения корпуса. Тогда уравнение Лагранжа 2-го рода для системы имеет вид

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{\partial L}{\partial v_{nl}} \right) - \frac{\partial L}{\partial y} = Q \quad (28)$$

Учитывая принятые нами ранее допущения о равномерности движения плуга, совместно решая уравнения (24), (25) и (27), из уравнения (28) получим дифференциальное уравнение 2-го порядка для тягового сопротивления

$$R_T = A \cdot \dot{y}^2 + B \cdot \dot{y} + C \cdot y + D, \quad (29)$$

где $A = k_T \cdot k_M$; $B = k_{kp} \cdot n_y + k_{pez} \cdot L$; $D = G_k \cdot f + 2k_M \cdot g \cdot \Delta h$;

$$C = \gamma_n \cdot a \cdot b \cdot f \left[1 + \cos \varepsilon \cdot \cos \theta \cdot \cos \gamma (1 + \cos \theta \cdot \cos \gamma) \right].$$

Полученная зависимость описывает сопротивление рабочего органа с учетом неравномерности его движения в зависимости от размеров отрезаемого пласта, геометрических параметров и режимов работы отвального рабочего органа.

Результаты и обсуждения

Из полученного выражения видно, что характер движения пласта при пахоте определяется многими факторами: типом рабочих органов; размерами пласта, скоростью движения пахотного агрегата; связанностью и влажностью почвы и т.д. Тогда рассмотрим движение пласта различной формы по лемешно-отвальной поверхности и определим затраты энергии оборот пласта. В общем виде относительное движение пласта при вспашке можно рассматривать, как плоскопараллельное, принимая следующие допущения:

1. будем рассматривать упрощенную модель абсолютно связанного пласта почвы, сохраняющего свою форму при обороте;
2. рабочий орган плуга движется равномерно и прямолинейно;
3. почва является однородной средой и, следовательно, масса пласта сосредоточена в центре масс (ц.м.) фигуры сечения.

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.

Тогда работа, затраченная на оборот пласта, может быть определена из выражения:

$$A_{об} = \frac{1}{2} \cdot m \cdot \Delta V_x^2 + \frac{1}{2} \cdot I_x \cdot \omega^2 + m \cdot g \cdot \Delta h, \quad (30)$$

где m - масса пласта, кг;

ΔV_x - проекция приращения скорости ц.м. на ось X, м/с;

I_x - момент инерции пласта относительно оси, проходящей через ц.м. перпендикулярно плоскости вращения, кг·м²;

ω - угловая скорость вращения пласта, с⁻¹;

g - ускорение свободного падения, м/с²;

Δh - приращение координаты ц.м. по высоте, м.

Определяем работу в единицу времени, т.е. мощность, необходимую для оборота пласта в зависимости от его геометрических параметров.

Затраты энергии на оборот прямоугольного пласта ABCE (рис. 3, а).

$$N = 0,5 \cdot V_e \cdot a \cdot b \cdot \gamma_n \left[V_e^2 \cdot \operatorname{tg}^2 \gamma \cdot \left(\cos^2 \delta + \frac{1}{3} \right) + g \cdot \left(\cos \delta \cdot \sqrt{a^2 + b^2} - a \right) \right] \quad (31)$$

где V_e - переносная скорость (скорость орудия), м/с;

γ - угол постановки образующей к стенке борозды, град (примем $\gamma = \text{const}$);

δ - угол наклона диагонали пласта, град;

γ_n - объемный вес почвы, кг/м³;

a, b - размеры пласта, м;

α - угла наклона стенки борозды, град.

Полученное выражение позволяет определить мощность, затрачиваемую на оборот прямоугольного пласта при ранее принятых допущениях.

Затраты энергии на оборот параллелограммного пласта ABCE (рис. 3, б).

При обороте параллелограммного пласта траектория относительного движения ц.м. представляет собой дугу окружности и, следовательно, выражение работы в этом случае примет вид:

$$A_{об} = \frac{1}{2} \cdot I_E \cdot \omega^2 + m \cdot g \cdot \Delta h, \quad (32)$$

где I_E - момент инерции фигуры сечения относительно оси, проходящей через точку (полюс поворота) E перпендикулярно плоскости вращения, определяемая по теореме Гюйгенса.

$$N = 0,5 \cdot V_e \cdot a \cdot b \cdot \gamma_n \left[\frac{4}{3} \cdot V_e^2 \cdot \operatorname{tg}^2 \gamma + g \cdot (b \cdot \sin \alpha - a) \right] \quad (33)$$

Затраты энергии на оборот ромбовидного пласта AKBCLE (рис. 3, в).

Уравнение траектории движения ц. м. ромбовидного пласта, выражая в полярных координатах, получим мощность, затрачиваемая на его оборот:

$$N = \frac{1}{2} \cdot V_e \cdot a \cdot b \cdot \gamma_n \cdot \left[V_e^2 \cdot \operatorname{tg}^2 \gamma \left(\frac{3 \cdot Q^2 + C}{3 \cdot B} \right) + g \cdot \frac{a \cdot b \cdot \sin \alpha + d^2 \cdot \cos \alpha - a^2}{a} \right] \quad (34)$$

где $Q = \sin\alpha \left[a \cdot b \cdot \sin\alpha + (a-d)^2 \cdot \cos\alpha \right] + a(a-2d) \cdot \sin\alpha \cdot \cos\alpha$

$$B = \left[a \cdot b \cdot \sin\alpha + (a-d)^2 \cdot \cos\alpha \right]^2 + a^2 (a-2d)^2 \cdot \sin^2\alpha$$

$$C = (a-d)^2 \cdot \left\{ b^2 \cdot \sin^2\alpha + b(a-d) \cdot \sin 2\alpha + (a-d)^2 + d \cdot \left[a^2 \cdot \sin^2\alpha + \right. \right. \\ \left. \left. + (a-d)^2 \times \cos^2\alpha \right] + a^2 \times d \times \sin^2\alpha \left[b^2 + (a-d)^2 \right] \right\};$$

θ - угол между горизонталью и линией, соединяющей ц.м. со вторым полюсом вращения, град;

d - величина вертикального участка борозды. М.

По полученным уравнениям мощности (31,33,34) построены графики зависимости затрат мощности от глубины пахоты $N = f(a)$ (рис. 4,а) и скорости вспашки $N = f(V_e)$ (рис. 4,б).

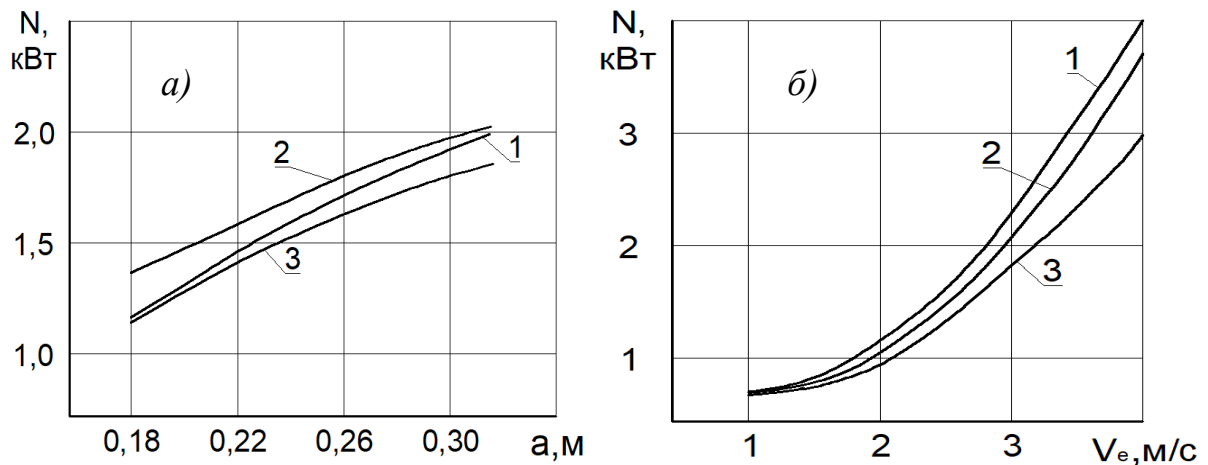


Рисунок 4 - Изменение мощности, потребляемой на оборот пласта, в зависимости: а). от глубины пахоты; б). от скорости движения орудия. Формы пласта: 1 – прямоугольный, 2 – параллелограммный, 3 – ромбовидный

Получены теоретические зависимости, свидетельствующие о снижении тягового сопротивления плужного рабочего органа, отрезающего пласт почвы ромбовидного сечения. Вместе с тем необходимо отметить, что теоретические зависимости получены для упрощенной модели абсолютно связанного пласта почвы, который сохраняет свою форму при обороте. Сопоставляя схемы «а» и «в» (рис. 3), 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 прямо- угольного пласта несколько выше. Именно это обстоятельство определило, что теоретически работа на оборот ромбовидного пласта меньше, чем у прямоугольного. Многочисленные наблюдения показывают, что при обработке почвы в состоянии «спелости» (это состояние наиболее характерно для основной обработки почвы) по схеме «а», вместо второго этапа поворота пласта осуществляется сдвиг практически разрушенного пласта крылом отвала в сторону вспаханного поля. Это ведет, как показывают исследования [6], к увеличению тягового сопротивления рабочего органа. Кроме того, именно это обстоятельство диктует необходимость изготавливать развитое крыло отвала и повышать металлоемкость рабочего органа. Схема «в» отчетливо демонстрирует, что у рабочего органа, отрезающего пласт почвы ромбовидного сечения, при определенном значении угла наклона стенки борозды $\alpha=40^\circ$ этот недостаток отсутствует. При меньших значениях глубины обработки a оборот пласта

аналогичен прямоугольному. Из схемы силовых воздействий на плужный рабочий орган видно (рис.1), что 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 корпуса $P_{рез}$, будет различаться.

Для проверки выдвинутой рабочей гипотезы по снижению тягового сопротивления и повышению производительности отвальных плугов необходимо провести полевые эксперименты для определения силовых, эксплуатационно-технологических параметров и агротехнических показателей почвообрабатывающего агрегата.

Подбор измерительной аппаратуры определяется выбором метода измерения параметров, который, в свою очередь, задачами и целями экспериментального исследования, и требуемой точностью измерений [17,18,19].

В качестве основного устройства измерения и регистрации энергетической, эксплуатационно-технологической оценок машин и тяговых испытаний тракторов принята измерительная информационная система (ИИС), разработанная КубНИИТиМ, которая обеспечивает прием дискретных и аналоговых сигналов от первичных преобразователей любого типа. Связь между электронным блоком и компьютером с программой может осуществляться через кабель последовательного интерфейса (ИП-264), или беспроводным способом по радиоканалу 433МГц (ИП 264БС). Общая схема тензоизмерительной цепи с информационно-измерительной системой представлена на рисунке 5.

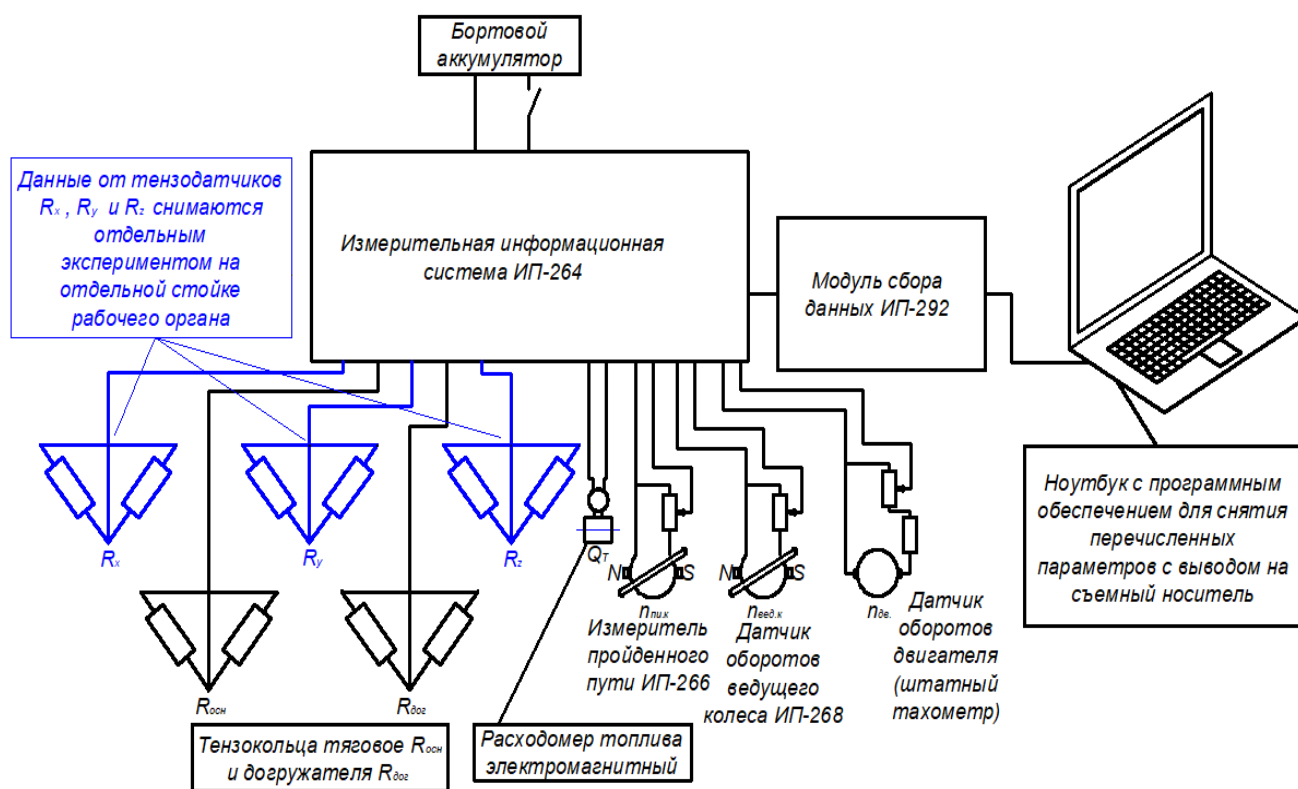


Рисунок 5. Схема тензоизмерительной цепи и измеряемые параметры

Для измерения тягового сопротивления навесных и полунавесных плугов удобнее использовать способ разработанный в ЧИМЭСХ, основанный на использовании двух тяговых тензозвеньев (рис.6). В качестве тензодатчиков принят датчик на растяжение (сжатие) К-Р-20Г с НПИ 3т.

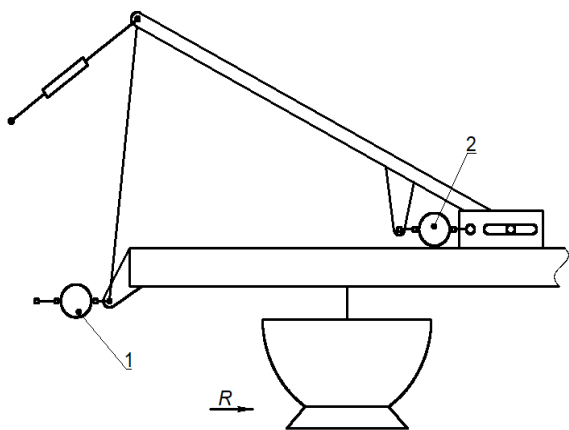


Рисунок 6. Схема установки основного тензодатчика 1 и тензодатчика догрузателя 2.

Для измерения расхода топлива при вспашке и при холостом ходе во время переезда в загонах был принят электромагнитный расходомер KaFLon MAG3000, осуществляющий замер в онлайн режиме непрерывно.

Путь, проходимый агрегатом за опыт, и фактическая скорость движения измеряется измерителем пройденного пути ИП-266, частота вращения ведущих колес тракторов датчиком оборотов ИП-268, принятый по рекомендации КубНИИТиМа. Обороты двигателя трактора будут регистрироваться по показаниям штатного тахометра. Для регулировки величины сигнала в цепь будет добавлен дополнительный регулируемый резистор, параметры которого будут подобраны опытным путем.

Программа «Исследователь», входящая в комплект измерительной системы ИП-264, позволяет записывать показания с датчиков и передавать их в Excel для дальнейшей обработки.

Выводы

Анализ полученных зависимостей показывает, что на оборот ромбовидного пласта требуется меньше затрат энергии на $10 \div 15\%$, чем для обычного прямоугольного и с увеличением глубины пахоты (рис. 4,а) эта разница возрастает.

На малых скоростях движения орудия различие в затратах энергии на оборот пласта между рассматриваемыми формами незначительно (рис. 4,б), но с увеличением скорости до 4 м/с мощность, затрачиваемая на оборот ромбо- видного пласта, на 8% меньше, чем на оборот прямоугольного.

Использование ромбовидных рабочих органов в поворотном плуге не только обеспечивает гладкую вспашку, но и снижает тяговое сопротивление на $15 \div 20\%$ по сравнению с обычным, отрезающим пласт почвы прямоугольного сечения. Форма борозды наиболее полно соответствует форме задних колес трактора, что снижает сопротивление перекатывания и уплотнению ранее вспаханного поля. Крыло отвала и его полевой обрез представляют собой единое целое, что позволяет обеспечивать оборот пласта в право - и левооборачивающих режимах, а челночный способ движения, повышает производительность и сокращает погектарный расход топлива агрегата.

Благодарность. Работа выполнена в рамках государственного заказа на реализацию научного и (или) научно-технического проекта (договор №322/ГФ24-26) по бюджетной программе 217 «Развитие науки», подпрограмме 102 «Грантовое финансирование научных исследований» по приоритету «Устойчивое развитие агропромышленного комплекса и безопасность сельскохозяйственной продукции» и по теме ИРН АР23486643 «Повышение эффективности работы отвальных плугов при основной обработке почвы».

Список литературы

1. Schwartz, R.C., Baumhardt, R.L., Scanlon, B.R., Bell, J.M., Davis, R.G., Ibragimov, N., Jones, O.R., Reedy, R.C. Long-term changes in soil organic carbon and nitrogen under semiarid tillage and cropping practices (2015) Soil Science Society of America Journal, 79 (6), pp. 1771-1781.

2. Демчук, Е.В. Пути повышения урожайности зерновых культур [Текст]/ Е. В. Демчук, М.С. Чекусов, Д.А. Голованов. – М.: Научное и техническое обеспечение АПК, состояние и перспективы развития. –2016. – С. 11 –13. <https://www.webofscience.com/wos/woscc/full-record/WOS:000398818700026>
3. Кузьмин, Д.Е. Показатели и определение качества вспашки [Текст]/ Д.Е. Кузьмин, С.В. Бирков, А.С. Ишутко // Развитие науки и техника: механизм выбора и реализации приоритетов: Междунар. науч.-практ. конф. (22.03.2018, г. Самара). В 3 ч. Ч. 2. – Стерлитамак. – С. 161 –163. <https://www.webofscience.com/wos/woscc/full-record/WOS:000262404600051>
4. Baumhardt, R.L., Jones, O.R., Schwartz, R.C. Long-term effects of profile-modifying deep plowing on soil properties and crop yield (2008) Soil Science Society of America Journal, 72 (3), pp. 677-682.
5. Нуралин, Б.Н. Современная тенденция развития конструкции отвальных плугов [Текст]/ Б.Н. Нуралин, С. В. Олейников, М. С. Галиев // Журнал «Новости науки Казахстана». – Алматы, №2, 2020. – С. 103-113. <https://www.webofscience.com/wos/woscc/full-record/WOS:000659299700143>
6. Кузьмин, Д.Е. Сравнительный анализ видов отвальной вспашки по форме отрезаемого пласта [Текст]/ Д.Е. Кузьмин, П.В. Чупин // Электрон. науч. метод. журн. Омского ГАУ. – № 2(13). – 2018. – С. 6. <https://www.webofscience.com/wos/woscc/full-record/WOS:000520778100001>
7. Zhu, LL, Ge JR, Cheng X, Peng SS, Qi YY, Zhang WW, Zhu DQ. 2017. Modeling of share/soil interaction of a horizontally reversible plow using computational fluid dynamics. J Terramech. 72:1-8.
8. 15 Ruhm, E, Wasseler G, Wassler H, Schatz G. 1978. The trapezoid plow pro and contra. Agrar Ubersicht. 29(11):708-711. (In German).
9. Oluwajobi, A, Chen X. 2012. The effect of the variation of tool end geometry. On material removal mechanisms. In Nan machining Conference: 13th International Conference on Tools (p. 71-76). Miskolc, Hungary.
10. Nagy, M, Cota C, Fechete L. 2011. Modeling the geometric parameters of the equipment explants 500 active body for soil processing. In international symposium. Agricultural Engineering (pp. 69 - 72). Bucharest, Romania.
11. Споданейко, А.А. Плюсы и минусы использования плугов для ромбовидной вспашки [Текст]/ А.А. Споданейко, П.В. Чупин. – М.: Вестн. современных исследований. – 2018. – № 10.1. – С. 201 –202. <https://www.webofscience.com/wos/woscc/full-record/WOS:000371299400044>
12. Споданейко, А. А. Особенности сельскохозяйственных орудий для ром- бовидной вспашки [Текст]/ А.А.Споданейко, Д.Е.Кузьмин, А.Ю.Головин, А.М. Лощинина, П.В.Чупин. – М.: Вестник Омского ГАУ. – 2019. № 1 (33). – С. 155 – 160. <https://www.webofscience.com/wos/woscc/full-record/WOS:000692719200014>
13. Нуралин, Б.Н. Обоснование формы и параметров ромбовидного рабочего органа поворотного плуга для гладкой вспашки [Текст]/ Б.Н. Нуралин, С.В. Олейников, А.Ж. Мурзагалиев // Журнал «Новости науки Казахстана». - Алматы, №2, 2016. - С.186-195.
14. Патент на полезную модель №5143 (KZ). Рабочий орган к поворотному плугу для основной обработки почвы / Нуралин Б.Н., Константинов М.М., Олейников С.В., Галиев М. и др. // Оpubл. 10.07.2020г. Бюл. № 27.
15. Костюченков, Н.В., Плаксин А.М. Эксплуатационные свойства мобильных агрегатов/ Н.В. Костюченков , А.М. Плаксин// Учебное пособие. - Учебное пособие. — Астана: КАТУ, 2010. – 204 с.
16. Бурченко, П. И. К вопросу изыскания новых методов проектирования развертывающихся лемешно – отвальных поверхностей [Текст]/ П. И. Бурченко, В. Л. Найдыш. – Научн. Техн. Бюлл. ВИМа, вып. 55, 1983. – С. 13–17.
17. Белоусов, С.В. Экспериментальное исследование тягового сопротивления лемешного плуга / Белоусов С.В., Трубилин Е.И.// Актуальные проблемы научно-технического прогресса

в АПК. Сборник научных статей XII Международной научно-практической конференции.- Ставрополь, 2016. -С. 23-29.

18. РД 10.2.2-89 Испытания сельскохозяйственной техники. Методы энергетической оценки. М.; 1989. - 27с.

19. ГОСТ Р 52778-2007 Методы: эксплуатационно-технологической оценки: Текст. М.; ФГУП «СТАНДАРТИ11ФОРМ», 2008: - 24 с. •

References

1. Schwartz, R.C., Baumhardt, R.L., Scanlon, B.R., Bell, J.M., Davis, R.G., Ibragimov, N., Jones, O.R., Reedy, R.C. Long-term changes in soil organic carbon and nitrogen under semiarid tillage and cropping practices (2015) Soil Science Society of America Journal, 79 (6), pp. 1771-1781.

2. Demchuk, E.V. Puti povysheniya urozhajnosti zernovykh kul'tur [Tekst]/ E. V. Demchuk, M.S. Chikusov, D.A. Golovanov. – М.: Nauchnoe i tekhnicheskoe obespechenie APK, sostoyanie i perspektivy razvitiya. –2016. – S. 11 –13. <https://www.webofscience.com/wos/woscc/full-record/WOS:000398818700026>

3. Kuz'min, D.E. Pokazateli i opredelenie kachestva vspashki [Tekst]/ D.E. Kuz'min, S.V. Birkov, A.S. Ishutko // Razvitie nauki i tekhnika: mekhanizm vybora i realizatsii prioritetov: Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. (22.03.2018, g. Samara).V 3 ch. CH. 2. – Sterlitamak. – S. 161 –163. <https://www.webofscience.com/wos/woscc/full-record/WOS:000262404600051>

4. Baumhardt, R.L., Jones, O.R., Schwartz, R.C. Long-term effects of profile-modifying deep plowing on soil properties and crop yield (2008) Soil Science Society of America Journal, 72 (3), pp. 677-682.

5. Nuralin, B.N. Sovremennaya tendentsiya razvitiya konstruksii otval'nykh plugov [Tekst]/B.N. Nuralin, S. V. Olejnikov, M. S. Galiev // ZHurnal «Novosti nauki Kazakhstana». – Almaty, №2, 2020. – S. 103-113. <https://www.webofscience.com/wos/woscc/full-record/WOS:000659299700143>

6. Kuz'min, D.E. Sravnitel'nyj analiz vidov otval'noj vspashki po forme otrezaemogo plasta [Tekst]/ D.E. Kuz'min, P.V. Chupin // EHlektron. nauch. metod. zhurn. Omskogo GAU. –№ 2(13). – 2018. –S. 6. <https://www.webofscience.com/wos/woscc/full-record/WOS:000520778100001>
7. Zhu, LL, Ge JR, Cheng X, Peng SS, Qi YY, Zhang WW, Zhu DQ. 2017. Modeling of share/soil interaction of a horizontally reversible plow using computational fluid dynamics. J Terramech. 72:1-8.

8. 15 Ruhm, E, Wasseler G, Wassler H, Schatz G. 1978. The trapezoid plow pro and contra. Agrar Übersicht. 29(11):708-711. (In German).

9. Oluwajobi, A, Chen X. 2012. The effect of the variation of tool end geometry. On material removal mechanisms. In Nan machining Conference: 13th International Conference on Tools (p. 71-76). Miskolc, Hungary.

10. Nagy, M, Cota C, Fechete L. 2011. Modeling the geometric parameters of the equipment explants 500 active body for soil processing. In international symposium. Agricultural Engineering (pp. 69 - 72). Bucharest, Romania.

11. Spodanejko, A.A. Plyusy i minusy ispol'zovaniya plugov dlya rombovidnoj vspashki [Tekst]/A.A. Spodanejko, P.V. Chupin. – М.: Vestn. sovremennykh issledovanij. – 2018. –№ 10.1. – S. 201 –202. <https://www.webofscience.com/wos/woscc/full-record/WOS:000371299400044>

12. Spodanejko, A. A. Osobennosti sel'skokhozyajstvennykh orudij dlya rombovidnoj vspashki [Tekst]/ A.A.Spodanejko, D.E.Kuz'min, A.YU.Golovin, A.M. Loshhinina, P.V.Chupin. – М.: Vestnik Omskogo GAU. – 2019. № 1 (33). – S. 155 – 160. <https://www.webofscience.com/wos/woscc/full-record/WOS:000692719200014>

13. Nuralin, B.N. Obosnovanie formy i parametrov rombovidnogo rabocheho organa povorotnogo pluga dlya gladkoj vspashki [Tekst]/ B.N. Nuralin, S.V. Olejnikov, A.ZH. Murzagaliev // ZHurnal «Novosti nauki Kazakhstana». - Almaty, №2, 2016. - S.186-195.

14. Patent na poleznuyu model' №5143 (KZ). Rabochij organ k povorotnomu plugu dlya osnovnoj obrabotki pochvy / Nuralin B.N., Konstantinov M.M., Olejnikov S.V., Galiev M. i dr.// Opubl. 10.07.2020g. Byul. № 27.

15. Kostyuchenkov, N.V., Plaksin A.M. Ekspluatatsionnyye svoystva mobil'nykh agregatov/ N.V. Kostyuchenkov , A.M. Plaksin// Uchebnoye posobiye. - Uchebnoye posobiye. — Astana: KATU, 2010. – 204 s.

16. Burchenko, P. I. K voprosu izyskaniya novykh metodov proyektirovaniya razvertyvayushchikhsya lemeshno – otval'nykh poverkhnostey [Tekst]/P. I. Burchenko, V. L. Naydysh. – Nauchn. Tekhn. Byull. VIMa, vyp. 55, 1983. – S. 13–17.

17. Belousov, S.V. Eksperimental'noye issledovaniye tyagovogo soprotivleniya lemeshnogo pluga / Belousov S.V., Trubilin Ye.I.// Aktual'nyye problemy nauchno-tekhnicheskogo progressa v APK. Sbornik nauchnykh statey XII Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii.- Stavropol' , 2016. -S. 23-29.

18. RD 10.2.2-89 Ispytaniya sel'skokhozyaystvennoy tekhniki. Metody energeticheskoy otsenki. M.; 1989. - 27s.

19. GOST R 52778-2007 Metody: ekspluatatsionno-tekhnologicheskoy otsenki: Tekst. M;; FGUP «STANDARTII1FORM», 2008: - 24 s.

Б.Н.Нуралин¹, М.С. Галиев¹, Е.М.Джаналиев¹, С.В.Олейников², М.К.Дусенов¹

¹"Жәңгір хан атындағы Батыс Қазақстан аграрлық-техникалық университеті" КЕАҚ, Орал қ., Қазақстан Республикасы, bnuralin@mail.ru, manarbek-1980@mail.ru, ernazar.dzhanaiev@mail.ru

²Батыс Қазақстан инновациялық-технологиялық университеті, Орал қ., Қазақстан Республикасы, oleinikov@mail.ru

СОҚАНЫҢ ҚАЙЫРМА ЖҰМЫС ОРГАНДАРЫНЫҢ ТАРТУ КЕДЕРГІСІН ЗЕРТТЕУ

Аңдатпа

Соқамен өңдеу топырақты егуге дайындаудың негізі болып табылады. Ол өнімділігі, технологиялық процестің сапасы төмен, жоғары энергия шығыны бар қайырмалы соқалармен орындалады. Бұл жұмыстың мақсаты қайырмалы соқалардың жұмысының тиімділігін арттыру жолын іздеу болып табылады. Отандық және шетелдік ғалымдардың зерттеулері басқарылатын параметрлер агрегаттың ені мен қозғалыс жылдамдығының агротехникалық және энергетикалық көрсеткіштер бойынша шектеулері бар екенін көрсетті. Олардың жоғарылауымен жер жырту сапасы төмендейді, өңдеудің тереңдігі мен ені бойынша соқаның біркелкі тегістігі, тарту кедергісі артады. Сериялық соқалардың мәдени пышақпен жұмыс істеуіне тән ерекшеліктер: дәстүрлі әдісімен қозғалыста ол үйінді және құлау жоталарын, өңделмеген сыналарды қалдырады, жұмыс барысын пайдаланудың коэффициентін төмендетеді; ұзартылған қанаты бар пышақ жұмыс органдары арасындағы қашықтықты қысқартуға мүмкіндік бермейді, соқа өлшемдері мен металл сыйымдылығын арттырады, тарту кедергісін жоғарлатады. Көрсетілген кемшіліктер өнімділікті төмендетеді және топырақты дайындауға жұмсалатын жалпы энергия шығынын арттырады. Топырақ қабатын аудару схемасын теориялық зерттеу нәтижелері бойынша ромб тәрізді қабат пышақ қанатымен қосымша аударуды қажет етпейтіні анықталды. Сондықтан, қысқартылған қанаты бар симметриялы ромб тәрізді пышақ жұмыс органдарының арасындағы қашықтықты қысқартуға, соқаның өлшемдері мен металл сыйымдылығын азайтуға мүмкіндік береді; жұмыс барысын пайдалану коэффициентін арттыра отырып, шөрнекті қозғалыс жасауға, қондырғының солға – оңға жұмыс істеуін қамтамасыз етеді. Қорытынды. Симметриялы, қысқартылған қанатты ромб тәрізді қайырма тарту кедергісін 15÷20% - ға төмендетеді, өнімділікті арттырады және қондырғының гектарлық отын шығынын сериялық соқамен салыстырғанда 25% - ға дейін төмендетеді.

Кілт сөздер. Жер жырту, тарту кедергісі, өнімділік, ромб қабаты, бұрылмалы соқа, шөрнекті қозғалыс.

B.N.Nuralin¹, M.S.Galiev¹, Ye.M.Janaliev¹, S.V.Oleinikov², M.K.Dusenov¹

¹NJSC «West Kazakhstan Agrarian and Technical University named after Zhangir khan»,
Uralsk, Kazakhstan, bnuralin@mail.ru, manarbek-1980@mail.ru, ernazar.dzhanaiev@mail.ru,
dusenov.maksut@mail.ru

²West Kazakhstan University of Innovation and Technology, Uralsk, Kazakhstan,
oleinikov@mail.ru

INVESTIGATION OF THE TRACTION RESISTANCE OF THE PLOUGH'S DUMP WORKING BODIES

Abstract

The main processing is the basis for preparing the soil for sowing. It is carried out by dump plows, which have low productivity, high energy consumption and low quality of the technological process. The purpose of this work is to find ways to improve the efficiency of dump plows. Studies by domestic and foreign scientists have shown that the controlled parameters of the gripper width and the speed of movement of the unit have limitations in terms of agrotechnical and energy indicators, because with their increase, the quality of plowing decreases, the unevenness of the plow stroke in depth and width of processing increases, and the traction resistance of the implement increases. The operation of serial ploughs with a cultivated blade is characterized by: with the driving method of movement, it leaves piled and collapsed furrows, untreated wedges, low stroke utilization; a blade with an elongated wing does not allow reducing the distance between the working bodies, increasing the dimensions of the plough and metal consumption, wraps and discards the formation, having a high traction resistance. These disadvantages reduce productivity and increase overall energy consumption for soil preparation. The results of a theoretical study of the formation turnover scheme have established that the diamond-shaped formation does not require additional turnover by the blade wing. Therefore, a symmetrical diamond-shaped blade with a shortened wing makes it possible to reduce the distance between the working bodies, reducing the dimensions and specific metal consumption; to ensure the operation of the unit in left-right rotation mode, performing a shuttle mode of movement with an increase in the utilization rate of the working stroke. Conclusion. The symmetrical diamond-shaped blade with a shortened wing reduces traction resistance by 15-20%, increases productivity and reduces unit fuel consumption by up to 25% compared to a standard plow.

Keywords. Driving plowing, traction resistance, productivity, diamond-shaped formation, rotary plow, shuttle movement.

МРНТИ 68.01.39

DOI <https://doi.org/10.37884/1-2025/38>

*A.C. Усманов, A.C. Рзалиев, Д.М. Кошербай**

*ТОО «Научно-производственный центр агроинженерии», г.Алматы, Казахстан,
as.usmanov@mail.ru; rzaliyev@mail.ru; dauren.d_97@mail.ru**

СОСТОЯНИЕ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ ЮГО-ВОСТОЧНОГО РЕГИОНА КАЗАХСТАНА

Аннотация

В Послании Президента РК К.К. Токаева народу Казахстана поставлена задача, увеличить в ближайшие годы производительность труда в сельском хозяйстве в 3 раза по сравнению с 2020 г. Производительность труда в сельском хозяйстве определяется в значительной мере качественным и количественным составом МТП в агроформированиях и в целом по республике, а также использованием водо-, энерго- и ресурсосберегающих технологий, позволяющих увеличить урожайность сельскохозяйственных культур и