

Техническое обеспечение гладкой вспашки отвальными рабочими органами

Б.Н. Нуралин, д.т.н., профессор, С.В. Олейников, к.т.н., А.Ж. Мурзагалиев, к.т.н., Западно-Казахстанский АТУ; М.М. Константинов, д.т.н., профессор, И.В. Трофимов, аспирант, ФГБОУ ВО Оренбургский ГАУ

От способа и качества основной обработки почвы в значительной степени зависят урожайность сельскохозяйственных культур, затраты труда и расход топлива. Для успешного внедрения рациональных технологий и средств механизации обработки почвы необходимы научные разработки, направленные на совершенствование почвообрабатывающих машин и их рабочих органов.

Наиболее сильной стороной механической обработки является универсальность её воздействия не только на почву, но и на растения и всю окружающую среду, которая направлена на рост эффективного плодородия почвы. Основоположник земледельческой механики академик В.П. Горячкин отмечал, что основная обработка почвы и, в частности, пахота является «... самой важной, самой продолжительной, самой дорогой и самой тяжёлой работой в сельском хозяйстве» [1].

В мировой практике широко известны и апробированы разные технологии основной обработки почвы [2–5]. При этом учёные 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 России и в большинстве развитых в аграрном отношении стран доминирующим способом основной обработки почвы является отвальная вспашка, позволяющая осуществлять крошение почвенного пласта с одновременным его оборотом. При этом в пахотный слой возвращаются коллоидные частицы и питательные вещества, вымытые в нижние горизонты. Кроме того, отвальная вспашка является одним из основных способов борьбы с сорной растительностью, вредителями и некоторыми возбудителями болезней сельскохозяйственных культур. При оборачивании осуществляется заделка в почву растительных остатков, органических и минеральных удобрений, увеличивается скажность, влагопроницаемость и влагоёмкость. Происходит увеличение накопления влаги в осенний и весенний периоды.

Вместе с тем имеется ряд недостатков, присущих отвальной вспашке: высокая энергоёмкость и малая производительность, создание условий для выдувания плодородного слоя в районах, подверженных ветровой эрозии.

Всё это побудило учёных и конструкторов к поиску новых технологий основной обработки почвы, повышающих КПД, надёжность, качество работы, производительность, снижающих энергоёмкость и материалоемкость, повреждаемость почвы, затраты труда, топлива и средств на выполнение работы. Все факторы эффективности взаимосвязаны между собой в большей или меньшей степени. Эти недостатки устранены в почвообрабатывающих орудиях, обеспечивающих гладкую вспашку с ровной поверхностью, без развальных и свальных борозд.

Анализ путей совершенствования конструкции лемешно-отвальных поверхностей показывает, что работу вели в направлении снижения тягового сопротивления при увеличении рабочей скорости, не меняя схемы оборота пласта, без учёта его формы сечения.

С целью совершенствования процесса оборота почвенного пласта был разработан корпус, полевой обрез которого наклонён под некоторым углом в сторону невспаханного поля, отрезающий пласт почвы косоугольного сечения. При этом тяговое сопротивление плуга снизилось на 10–15%, глубина заделки растительных остатков возросла на 3–5 см. Изменение схемы оборота позволило укоротить крыло отвала на 150–200 мм, уменьшить скручивающий момент на стойке и боковую составляющую от силы сопротивления, что позволило уменьшить длину полевой доски.

Для параллелограммного пласта с параметрами a и b (рис. 1) условие свободного оборота двух соседних пластов, по Л.В. Гячеву [6], имеет вид:

$$\alpha \geq \frac{1}{2} \arcsin\left(\frac{a}{b}\right). \quad (1)$$

На графической иллюстрации видно, что угол наклона стенки борозды к вертикали α' с увеличением глубины пахоты должен также увеличиваться. Для стабильной работы плуга на всех глубинах необходимо, чтобы угол отклонения стенки борозды от вертикали был не менее 45° .

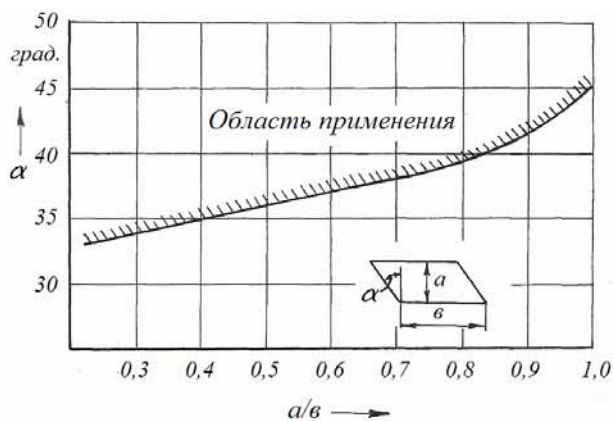


Рис. 1 – Взаимосвязь параметров параллелограммного пласта, обеспечивающих свободный оборот (по Л.В. Гячеву)

М. Nowotny определил [7], что у плуга с ромбовидными рабочими органами межкорпусное расстояние можно уменьшить до 65–80 см против 1 м при обычных корпусах, не нарушая процесса движения пласта почвы. Тяговое сопротивление плуга при этом снижается на 30%. В зависимости от типа почв соотношение глубины пахоты к ширине захвата корпуса должно находиться в пределах от 1:1 до 1:1,4, что обусловлено требованиями оборота пласта.

Противоречивые суждения о целесообразности использования ромбовидных рабочих органов высказывают западногерманские исследователи [8, 9].

Сравнительные испытания, проведённые Н. Wasler на глинистой почве с влажностью около 25%, показали превосходство ромбовидного плуга перед обычным (рис. 2, 3).

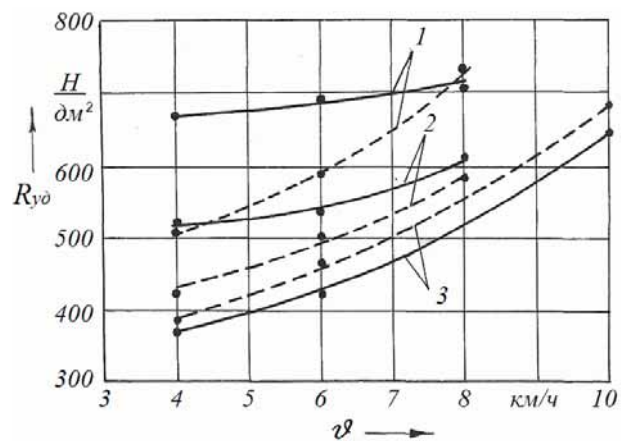


Рис. 2 – Влияние скорости движения на удельное тяговое сопротивление:

— нормальный плуг; - - - ромбовидный плуг; 1 – глубина пахоты – $a = 31$ см, ширина захвата корпуса $b = 41$ см, почва – песчаный суглинок, необработанная залежь; 2 – $a = 30$ см, $b = 39$ см, песчаный суглинок, лущеная стерня; 3 – $a = 23,5$ см, $b = 42$ см песчаный суглинок, необработанное жнивье

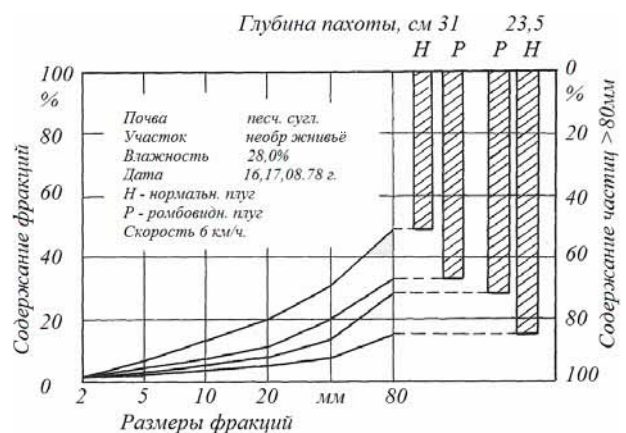


Рис. 3 – Результаты анализа работы плуга по крошению

На основании проведённых испытаний предложены следующие параметры ромбовидного рабочего органа: угол отклонения стенки борозды

от вертикали 35–45°, высота вертикального участка стенки борозды 50 мм, тип рабочей поверхности корпуса – цилиндрическая, крыло отвала короче, чем у обычного корпуса, на 10–15 см.

Данная работа заслуживает внимания, однако параметры рабочего органа выбраны априорно, что не позволяет считать полученные результаты абсолютно достоверными и ограничивает зону их действия.

Эффективность ромбовидной пахоты оценили положительно польские исследователи К. Giliewicz, А. Turski и W. Mendzelewski [10]. Применение ромбовидных корпусов на плуге позволяет:

- уменьшить межкорпусное расстояние и сократить длину плуга;
- снизить скручивающий момент на стойке корпуса путём изменения длины груди отвала и его крыла;
- повысить производительность плуга, снижая тяговое сопротивление корпусов;
- снизить погектарный расход топлива;
- снизить эксплуатационные затраты на следующие операции по подготовке поля.

Подобные сравнительные испытания были проведены немецкими учёными К. Krommer и М. Estler [11], что привело их к аналогичным выводам.

Общим и основным недостатком всех вышеперечисленных работ зарубежных авторов является отсутствие каких бы то ни было теоретических исследований по обоснованию формы рабочих органов и взаимосвязи его параметров.

Первой теоретической работой по обоснованию параметров сечения почвенного пласта и схемы его оборота является исследование западногерманского учёного Н.И. Stübenbock [12]. Для упрощения теоретического описания сложной формы поперечного сечения ромбовидного пласта он заменил параллелограммом ABCD (рис. 4).

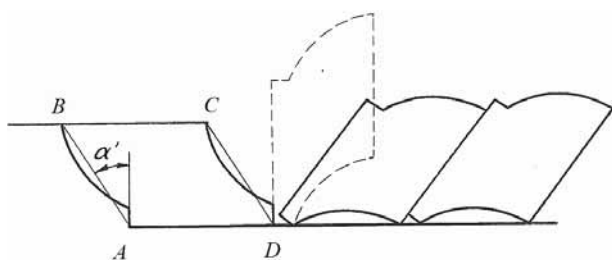


Рис. 4 – Форма сечения ромбовидного пласта и схема его оборота

На рисунке 5 приведены графическая зависимость и аналитические выражения, позволяющие обосновать выбор схемы оборота при определённых параметрах пласта. Зоны *a* и *b* – зоны устойчивого положения пласта. Кривые 2 и 1 являются граничными. При параметрах пласта, ограниченных кривой 1, диагональ пласта занимает вертикальное положение и пласт будет находиться в положении

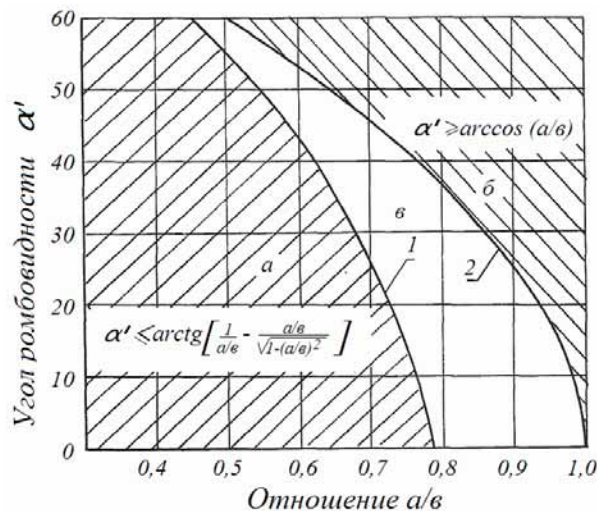


Рис. 5 – К определению схемы оборота параллелограммного пласта (по Н.И. Stübenbock)

неустойчивого равновесия. При параметрах пласта, ограниченных кривой 2, пласт в сечении имеет форму ромба.

Взаимосвязь параметров определяется неравенствами:

$$\alpha' \leq \arctg \left[\frac{1}{\frac{a}{b}} - \frac{\frac{a}{b}}{\sqrt{1 - \left(\frac{a}{b}\right)^2}} \right], \quad (2)$$

$$\alpha' \geq \arccos \left(\frac{a}{b} \right). \quad (3)$$

Высота подъёма центра масс (ц.м.) параллелограммного пласта определяется соотношением его параметров по следующей зависимости:

$$\frac{h}{b} = \frac{1}{2} \left(\frac{a}{b} \right) \left[\frac{1}{\sin \delta} - 1 \right], \quad (4)$$

где δ – угол между горизонталью и большой диагональю параллелограмма.

$$\delta = \arctg \left[\frac{\frac{a}{b}}{1 + \left(\frac{a}{b}\right) \cdot \operatorname{tg} \alpha'} \right]. \quad (5)$$

Графическая иллюстрация данных выражений (рис. 6) показывает, что с увеличением угла отклонения стенки борозды от вертикали и глубины пахоты увеличивается высота подъёма ц.м. Это приводит к возрастанию затрат энергии и необходимости изготавливать отвал большей высоты.

Однако экспериментальные исследования показали обратную картину – тяговое сопротивление ромбовидного корпуса, особенно при глубокой пахоте, ниже, чем у обычного. Причём с уменьшением скорости движения эта разность возрастает (рис. 7).

На основании проведённых теоретических и экспериментальных исследований можно прийти к выводу, что, изменяя форму сечения почвенного пласта, приближая её к ромбу, можно улучшить процесс оборота.

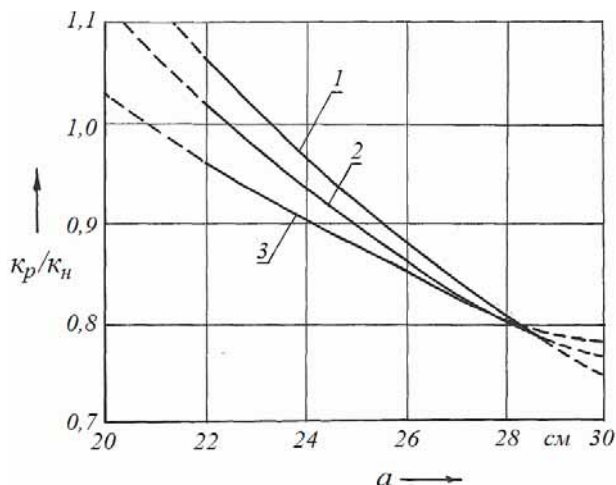


Рис. 6 – Зависимость отношения удельного тягового сопротивления ромбовидного P и нормально-го H плуга от глубины пахоты a и скорости плуга v (по Н.И. Стүбенбок):
 1 – при скорости = 8 км/ч; 2 – при скорости = 6 км/ч; 3 – при скорости = 4 км/ч

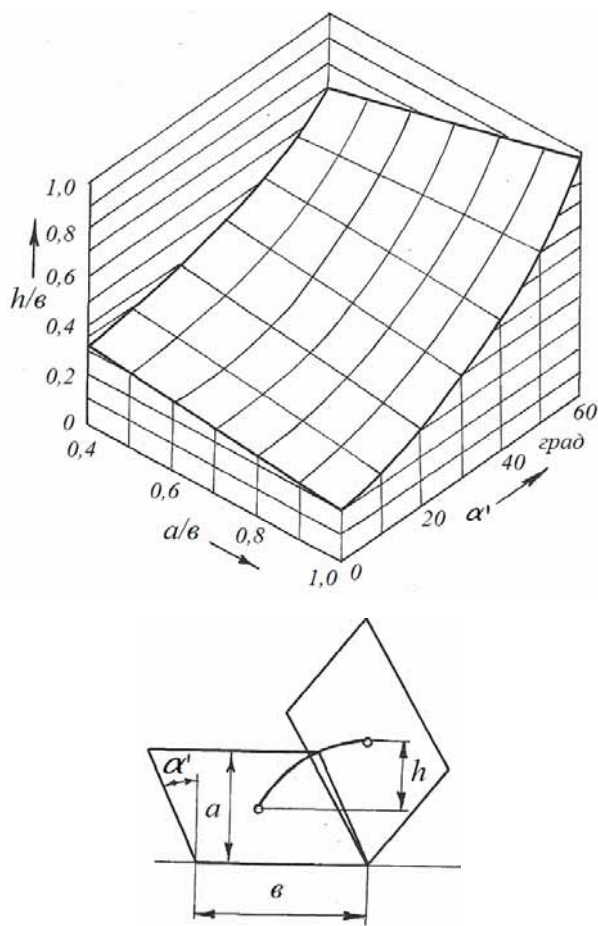


Рис. 7 – Влияние угла отклонения стенки борозды от вертикали и соотношения параметров пласта на высоту подъема центра масс (по Н.И. Стүбенбок)

На основании анализа основных направлений совершенствования плужных рабочих органов, методов проектирования их лемешно-отвальных поверхностей и работ по теории взаимодействия рабочих органов с почвой можно сделать следующие выводы:

1. Дальнейшее повышение производительности плугов возможно на основе совершенствования их конструкции и рабочих органов, обеспечивающих выполнение технологического процесса вспашки с наименьшими энергозатратами.

2. На качественные и энергетические показатели работы пахотного агрегата значительное влияние оказывают параметры отрезаемого пласта и форма лемешно-отвальной поверхности.

3. Наиболее рациональным является технологический процесс гладкой вспашки с оборотом пласта ромбовидными рабочими органами.

4. Существующие методы проектирования лемешно-отвальных поверхностей не позволяют определить параметры рабочей поверхности ромбовидного корпуса в соответствии с изменившимися условиями работы.

Исходя из этого в дальнейшем необходима разработка методов проектирования лемешно-отвальных поверхностей ромбовидного корпуса, обеспечивающего движение почвенного пласта по траектории, обеспечивающей минимальные энергозатраты.

Литература

1. Горячкин В.П. Собрание сочинений. М.: Колос, 1965. Т. 1–3.
2. Константинов М.М., Нуралин Б.Н., Олейников С.В. и др. Универсальная рама рыхлителя плужного типа для гладкой пахоты // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2013. № 5 (43). С. 76–81.
3. Константинов М.М., Дроздов С.Н. Совершенствование комбинированных широкозахватных почвообрабатывающих машин для снижения их тягового сопротивления // Тракторы и сельскохозяйственные машины. 2013. № 6. С. 34–37.
4. Константинов М.М., Нуралин Б.Н., Олейников С.В. Рабочий орган рыхлителя плужного типа для гладкой вспашки // Тракторы и сельскохозяйственные машины. 2010. № 11. С. 5–6.
5. Константинов М.М., Нуралин Б.Н., Есенжанов С.З. Технологические приемы обработки почвы на основе синтеза её оптимальной структуры // Техника в сельском хозяйстве. 2010. № 3. С. 16–19.
6. Гячев Л.В. Обоснование угла отклонения стенки борозды от вертикали для многокорпусных плугов // Механизация и электрификация социалистического сельского хозяйства. 1984. № 5. С. 23–24.
7. Novotny M. Hat der Rautenpflug Zukunft // Agrartechnik international. 56. 1977. № 8. S. 8–9.
8. Blackstein R. Der Rautenpflug / R. Blackstein // Agrartechnik international. 57. 1978. № 1. S. 8–9.
9. Ruhm E. Der Rauten-pflug pro und kontra / E. Ruhm, G. Wasseler, H. Wassler, G. Schätz // Agrar übersicht. 29. 1978. № 11. S. 708–711.
10. Gilewicz K. Analisa efektywnosci orki rombowej / K. Gilewicz, A. Turski, W. Mendzelewski // Maszyny i Ciggniki Rolnicze. 1981. № 11–12. S. 5–7.
11. Krommer K.-H. Moderne pflugbauformen / K.-H. Krommer, M. Estler // Landtechnik. 1981. № 3. S. 112–116, 118.
12. Stүbenbock H.I. Untersuchungen über das Pflügen mit Rautenkörpern / H.I. Stүbenbock // Grundlage Landtechnik. 1981. № 1. S. 1–9.