

УДК 631.312.02

**ОБОСНОВАНИЕ КОНСТРУКТИВНОЙ СХЕМЫ ПОВОРОТНОГО
ПЛУГА ДЛЯ ГЛАДКОЙ ВСПАШКИ**

Нуралин Бекет Нургалиевич

доктор технических наук, профессор

Олейников Сергей Владимирович

кандидат технических наук, доцент

Галиев Манарбек Самигуллиевич

докторант PhD

e-mail:bnuralin@mail.ru

Западно-Казахстанский аграрно - технический университет им. Жангир хана
Казахстан, г. Уральск

Аннотация. Основная обработка почвы обычными серийными отвальными плугами при подготовке почвы к посеву требует дополнительного выполнения работ по выравниванию развальных и свальных борозд, связанные со способом вспашки и непараллельности проходов агрегата и их непрямолинейности (обработка клиньев). Загонная вспашка предусматривает холостые проезды из одного загона на другой с непроизводительными затратами топлива и снижение производительности агрегата. Гладкая вспашка с поворотным плугом исключает вышеуказанные недостатки и обеспечивает повышения производительности почвообрабатывающего агрегата до 20% за счет снижения тягового сопротивления рабочего органа и холостых ходов в загоне, снижение гребнистости поверхности пашни на 21%, уменьшение погектарного расхода топлива на 9,5%. Новизна конструкции поворотного плуга с симметричными укороченными ромбовидными рабочими органами подтверждается патентом на изобретение.

Ключевые слова: Загонная и гладкая вспашка, развальная и свальная борозды, пласт прямоугольной и ромбовидной формы, поворотный плуг,

симметричный укороченный ромбовидный отвальный корпус, гребнистость, тяговое сопротивление, холостые ходы, челночное движение.

В технологии возделывания сельскохозяйственных культур самой трудоемкой и энергоемкой технологической операцией является подготовка почвы. Она выполняется классическими плугами, наиболее приспособленные к загонному способу вспашки с чередованием «всвал» и «вразвал» (рис. 1), характерной чертой которого является образование сваль - ных гребней высотой 12...15 см с непропаханной под ним полосой 3...5 см [1] и развальных борозд. Глубина вспашки под свалом менее двух третьих от заданной приводит к снижению урожайности в два раза и более.

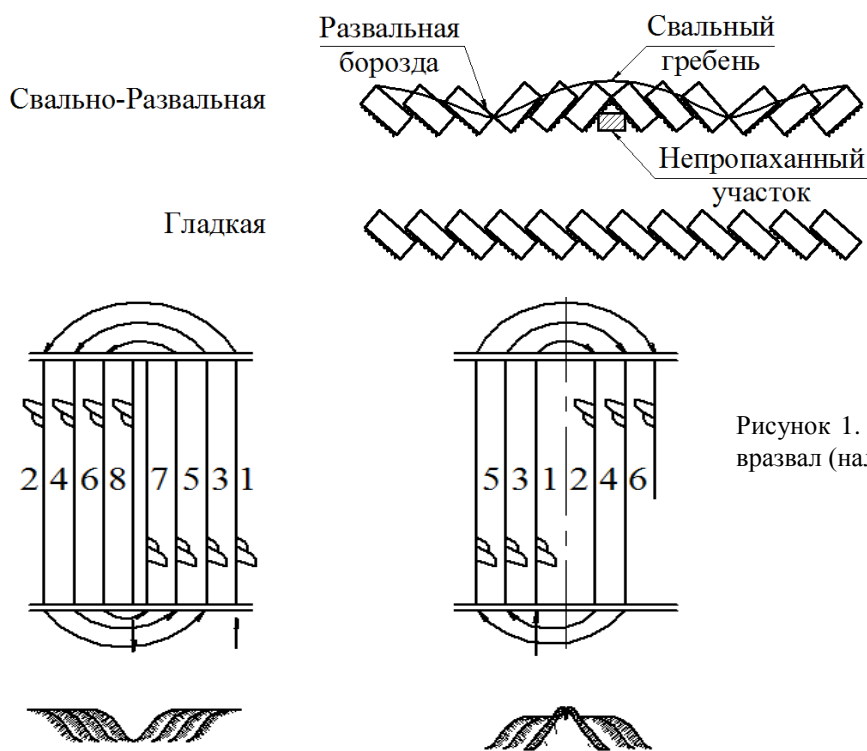


Рисунок 1. Схема загонной вспашки вразвал (налево) и всвал (направо)

Подготовка поля включает правильный выбор ширины загона в зависимости от длины гона и состава агрегата, разбивку поля на загоны вспашки свальных гребней и контрольных борозд. Из-за трудоемкости предварительная разметка поля большей частью не производится. Несоблюдение правил разметки поля перед формированием свального гребня ведет к непараллельности проходов агрегата и их непрямолинейности. А это, в свою очередь, приводит к образованию клиньев или участков другой неправильной формы между загонами. При обработке клина треугольной

формы уплотненная площадь будет являться функцией: типа агрегата, ширины захвата, радиуса поворота и длины гона. Работа агрегата на подобных участках сопровождается увеличением расхода топлива, снижением производительности и ухудшением качества работы за счет уплотнения. При одном-двух уплотнениях дерново-подзолистых почв урожай зерновых снижается на 10% и более [2].

Данный способ вспашки предусматривает переезды с одного загона на другой, требующие холостые ходы связанные с дополнительными затратами горюче-смазочных материалов и времени, что приводит к снижению производительности машино-тракторного агрегата (МТА). Теоретическими исследованиями установлено, что при меньшей длине и ширине загона затраты времени на холостые ходы максимальные, а увеличение их размеров до определенных величин позволяет уменьшить холостые ходы в 2...2.5 раза [3]. Устранение указанных недостатков требует выполнения дополнительных обработок по выравниванию поверхности поля связанные с непроизводительными затратами труда и энергии, что является актуальной проблемой.

Традиционная технология обработки почвы «всвал» и «развал» предусматривает движение агрегата вокруг загона, перемещая почву только в одну сторону. Данный вид движения продиктован конструкцией плуга и его рабочих органов. Вышеуказанные недостатки загонной вспашки устранены при гладкой вспашке.

Эффективную гладкую вспашку осуществляют оборотные и поворотные плуги. Однако в оборотных плугах установлены отдельные лево - и правооборачивающие отвальные корпуса со стойками, которые увеличивают металлоемкость почвообрабатывающих машин и имеют повышенные тяговые сопротивления.

В настоящее время активно проводятся научные исследования по разработке поворотных плугов для гладкой вспашки, которые обеспечивают челночный способ движения агрегата, менее металлоемкие по сравнению с оборотными плугами. Основными недостатками являются: отдельные лево - и

правооборачивающие отвальные корпуса, несовершенные механизмы поворота рамы плуга, которые не обеспечивают угол установки лемеха к стенке борозды 42° , гребнистость поверхности поля из-за прямоугольной формы пласта, созданные серийными отвалами с длинными крыльями [1,4,5,6,7,8,9].

Учитывая все недостатки и преимущества вышеприведенных исследований, нами разработана конструктивная схема поворотного плуга с симметричными ромбовидными отвальными корпусами, обеспечивающая челночный способ движения агрегата и гладкую вспашку [10] (рис.2).

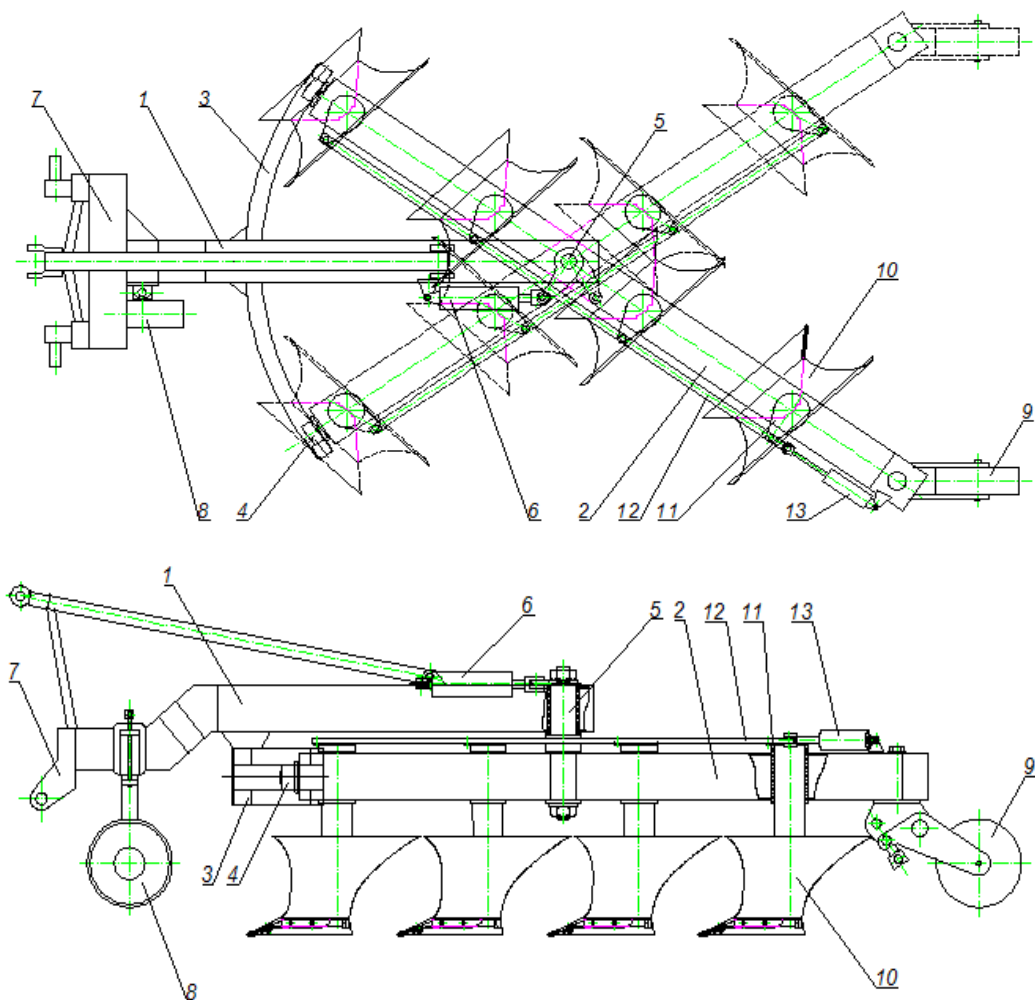


Рис. 2. Схема поворотного плуга

Плуг поворотный для гладкой вспашки содержит брус продольной рамы 1 с механизмом навески 7 и опорным колесом 8, регулируемым по высоте. К брусу продольной рамы крепятся жестко дугообразная направляющая 3 с внутренней дорожкой для движения опорного ролика 4 и посредством шарнира 5 основной рабочий брус 2, на котором также посредством шарниров закреп -

лены рабочие органы – плужные корпуса для ромбовидной пахоты 10. В конце основного рабочего бруса установлено второе опорное колесо 9 флюгерного типа с механизмом регулировки глубины пахоты. Поворот рабочих органов из положения правооборачивающих в левооборачивающие и обратно осуществляется гидроцилиндром 13, кривошипов 11 и соединительной рейки 12. Поворот основного рабочего бруса осуществляется с помощью гидроцилиндра 6 через кривошип. Угол поворота основного рабочего бруса составляет 70° ($\pm 35^\circ$ относительно оси бруса продольной рамы). Угол поворота рабочих органов составляет 94° ($\pm 12^\circ$ относительно оси основного рабочего бруса).

Конструкция плуга разрабатывалась для агрегатирования с тракторами МТЗ и согласована с его техническими характеристиками (рис. 3).

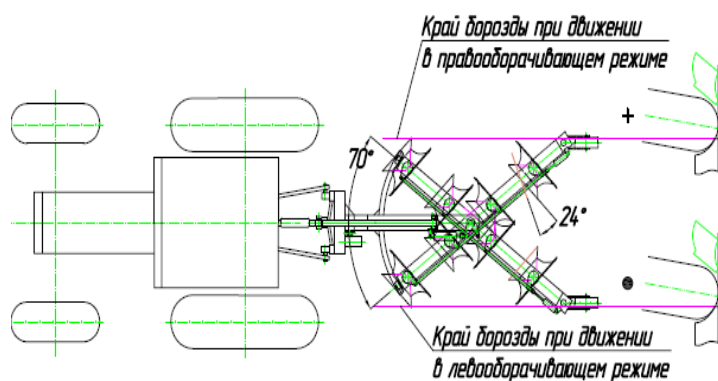


Рисунок 3. Схема агрегата для определения параметров плуга

Первый корпус в лево- и правооборачивающем режиме идет с незначительным ($15 \div 20$ мм) перекрытием. Тогда, угол поворота рабочего бруса 2 составит 70° ($\pm 35^\circ$), а поворот стоек рабочих органов относительно рабочего бруса – 24° ($\pm 12^\circ$). Поворот рабочего бруса осуществляется гидроцилиндром 6 через кривошип 5, а рабочих органов – гидроцилиндром 13 через кривошипы 11 посредством рейки 12.

К бусу продольной рамы жестко крепится дугообразная направляющая 3 с внутренней дорожкой для движения опорного ролика 4. Данная направляющая обеспечивает:

- Компенсацию изгибающего момента на шарнире продольного и рабочего брусьев, увеличивая жесткость конструкции;
- Обеспечивает фиксацию рабочего бруса в том или ином положении.

Для уменьшения габаритов плуга установлены симметричные ромбовидные отвалы, обеспечивающие оборот пласта направо и налево. Это решение принято на основании теоретического изучения кинематики движения пластов прямоугольной и ромбовидной форм (рис.4).

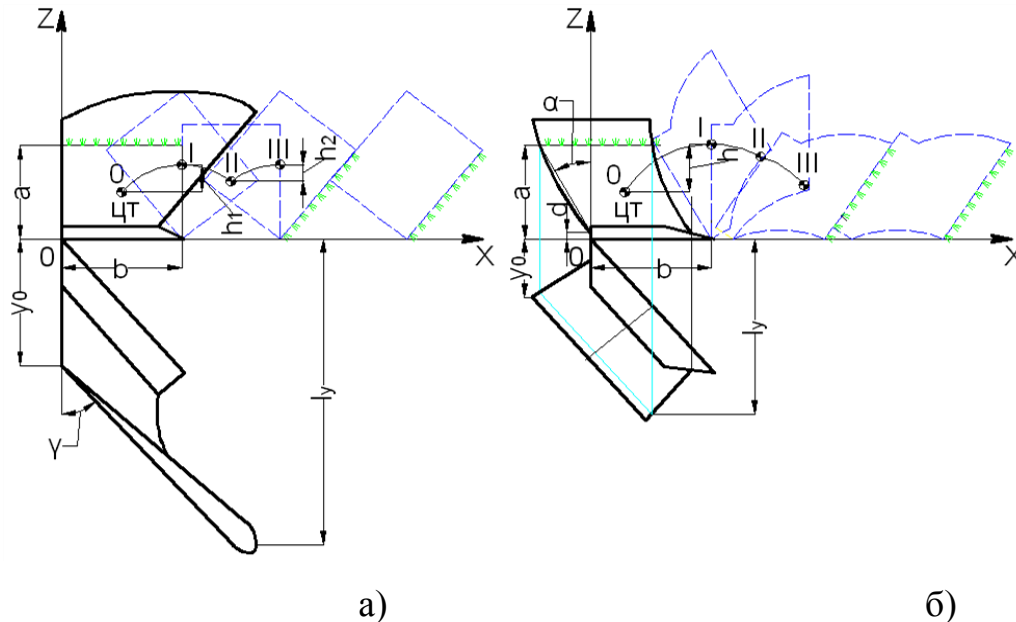


Рисунок 4. Схемы оборота прямоугольного (а) и ромбовидного (б) пластов

Работу на оборот пласта можно представить, 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.4), можно наглядно видеть, что углы поворота сечений пластов примерно равные. Расстояние переноса центра масс (ц. м.) 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 подтверждают расхождения между затратами на перемещение рабочих органов [11,12].

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. Именно это обстоятельство диктует необходимость изготавливать развитое крыло отвала и повышать металлоемкость рабочего органа. Это ведет, как показывают исследования [13], к увеличению тягового сопротивления рабочего органа (рис.4).

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.

Сравнивая форму деформированной почвы и форму полевого обреза рабочего органа для ромбовидной пахоты, можно отметить их идентичность и чтобы он шел по кромке деформированного участка, что позволило бы уменьшить усилие резания.

В работе А.Н. Зеленина [14] приведены экспериментальные зависимости влияния отношения периметра режущей кромки L к площади поперечного сечения пласта F на удельное сопротивление резанию.

При глубине пахоты 26см и ширине захвата корпуса 35см отношение для традиционного рабочего органа с прямоугольным сечением $L/F = 0,37$, величина удельного сопротивления составит $K=2,02$ кг/см². 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 составит $K=1,84$ кг/см². Таким образом, удельное сопротивление резанию полевым обрезом у ромбовидного рабочего органа меньше на 9%.

Следует отметить, что оборот ромбовидного пласта теоретически и практически осуществляется укороченной лемешно - отвальной поверхностью (рис.4,б). Следовательно, рабочий орган для ромбовидной пахоты можно

сделать не просто укороченным, но и симметричным относительно центра лемеха (рис. 5).

Основные технические параметры корпуса:

1. Угол установки лемеха ко дну борозды - 20° ;
2. Угол установки лемеха к стенке борозды - 42° ;
3. Ширина лемеха – 120 мм;
4. Форма лемеха – трапецевидный;
5. Эффект ромбовидности (снижение удельного сопротивления по сравнению с прямоугольным) проявляется при глубине 23 см и более;
6. Угол ромбовидности $\alpha=60^\circ$;
7. Величина вертикального участка стенки борозды $d=5$ см;
8. Ширина отрезаемого пласта $b=35$ см;
9. Ширина захвата корпуса 35,5 см.

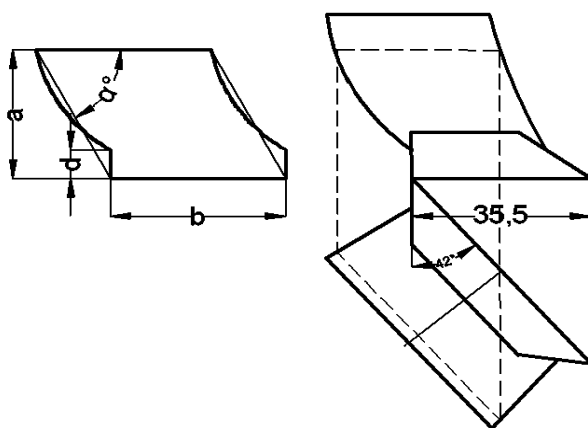


Рисунок 5. Схема симметричного плужного рабочего органа ромбовидного типа с двумя полевыми досками

Основные технологические параметры:

1. Скорость пахоты – 2,2...3,5 м/с (при скорости меньше нижнего предела, оборот пласта становится неустойчивым. При скорости выше верхнего предела, наблюдается «фонтанирование» элементов пласта);

2. Глубина пахоты – 28 см;

3. Отношение глубины пахоты к ширине захвата, при котором проявляется эффект ромбовидности - $\frac{a}{b} \geq 0,6$.

На основе проведенных теоретических и экспериментальных исследований можно сделать следующие выводы:

1. Почвообрабатывающий агрегат с поворотным плугом обеспечивает:

- челночное движение в загоне и отвальную гладкую вспашку без развальных и свальных борозд;

- возможность повышения производительности почвообрабатывающего агрегата на 20...25% за счет снижения тягового сопротивления рабочего органа и холостых ходов в загоне, т.е. увеличения рабочего времени смены;

- уменьшить погектарный расход топлива на 9,5%;

- отсутствие обработки клиньев, свальных гребней и развальных борозд позволяет сокращать в 1.5 раза затраты энергии на подготовку почвы для посева;

2. 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;

Список литературы

1. Марнов С. В. Повышение эффективности вспашки путем использования поворотного плуга с изменяемыми параметрами/ С. В Марнов // Автореферат дисс. канд. тех. наук. – Мичуринск-Наукоград, 2013. – 20с.

2. Стрижов В. А. Сравнительная оценка производительности пахотных агрегатов/ В. А. Стрижов // Сб. науч. трудов ЧИМЭСХ. – Челябинск, 1983. – С.34-37.

3. Нуралин Б.Н. Обоснование эффективности гладкой вспашки поворотным плугом/ Б.Н. Нуралин, М. М. Константинов, М.С. Галиев и др. // Известия Оренбургского госагроуниверситета. – Оренбург, 2019, № 3 (77). – С. 147-150.

4. Сакун В.А. Тенденции развития плугов и орудий для гладкой вспашки: обзорная информ./ В.А. Сакун, Я.П. Лобачевский, М.С. Максименко, Л.М.

Майорова, В.В. Шаров - М.: ЦНИИТЭИтракторосельмаш, 1989. - 36 с. ил. 19. (Сер. Сельскохозяйственные машины и орудия; Вып. 4).

5. Патент 2342819 РФ. Плуг для гладкой вспашки/ СИ. Мухамедшин, П.И. Макаров, Г.С. Юнусов, А.Ф. Ахметов, Р.Х. Марданов. №2007102434; заявл. 22.01.2007; опубл. 10.01.2009. Бюл.№1. 122

6. Зазуля А.Н. Повышение эффективности вспашки поворотным плугом/ А.Н. Зазуля, Ю.А. Тырнов, А.В. Балашов, СВ. Марнов, В.П. Белогорский // Техника в сельском хозяйстве, 1, 2013. - С. 4-6.

7. Патент РФ 2420937. Плуг для гладкой пахоты/ Семенова Е. И., Семенов В. А., Семенов А. В. 20.06.2011г.

8. Патент РФ 2300180. Навесной оборотный плуг/ Кущенко С. Н., Липицкий С. Г.. 10.06.2007г.

9. Патент РФ 2202864. Плуг для гладкой пахоты/ Сизов О.А., Ларионов М.А., Мамедова Л.В., Педай Н.П., Поляков А.Г., Овчинникова Н.И. 27.04.2003г.

10. Патент на полезную модель «Плуг поворотный с ромбовидными рабочими органами для гладкой пахоты»/ Регистр. номер заявки 2019/0710.2// Положительное решение от 22 октября 2019г. Регистр. № 42225 (Нуралин Б.Н., Олейников С.В., Кухта В. С., Галиев М. С.)

11. Нуралин Б. Н. Обоснование формы и параметров ромбовидного рабочего органа поворотного плуга для гладкой вспашки/ Б. Н. Нуралин, С.В. Олейников, А. Ж. Мурзагалиев// Журнал «Новости науки Казахстана» - Алматы, №2, 2016. -С.186-195.

12. Чупин П.В. Обоснование схемы плуга для ромбовидной вспашки / П.В. Чупин// автореф. дисс. канд. техн. наук. - Челябинск, 1987. -19с.

13. Нуралин Б.Н. Результаты исследования орудия для основной обработки тяжелых / Б.Н. Нуралин, А.Ж. Мурзагалиев//Вестник Саратовского государственного аграрного университета.- Саратов, 2011, №8. - С.47-51.

14. Зеленин А.Н. Резание грунтов/ А.Н.Зеленин. – М., изд. Академ. Наук СССР, 1959. - 270 с.

SUBSTANTIATION OF THE DESIGN OF A ROTARY PLOW FOR SMOOTH PLOWING

Nuralin Beket Nurgalievich

doctor of technical Sciences, Professor

Oleynikov Sergey Vladimirovich

candidate of technical Sciences, associate Professor

Galiev Manarbek Samigulloevich

PhD student

e-mail:bnuralin@mail.ru

West Kazakhstan agrarian and technical University. After Zhangir Khan
Kazakhstan, Uralsk

Annotation. The main tillage with conventional serial dump plows when preparing the soil for sowing requires additional work to level the breakup and dump grooves associated with the method of plowing and unparallelism of the passages of the unit and their indirectness (processing wedges). The driven plowing provides for idle transfers from one pen to another with unproductive fuel costs and a decrease in the unit's productivity. Smooth plowing with a rotary plow eliminates the above disadvantages and provides an increase in the productivity of the tillage aggregate up to 20% by reducing the traction resistance of the working body and idling in the paddock, reducing the combing of the arable land surface by 21%, and reducing the hectare fuel consumption by 9.5%. The novelty of the design of the rotary plow with symmetrical shortened diamond-shaped working bodies is confirmed by the patent for the invention.

Keywords: driven and smooth plowing, breakup and dump furrows, rectangular and rhomboid-shaped stratum, rotary plow, symmetrical shortened rhomboid dump body, combing, traction resistance, idling, shuttle movement.

