

КОМБИНИРОВАННАЯ ПОЧВООБРАБАТЫВАЮЩАЯ МАШИНА ДЛЯ ЗАЩИТНОГО ЛЕСОРАЗВЕДЕНИЯ

COMBINED TILLAGE MACHINE FOR PROTECTIVE AFFORESTATION

И.М. БАРТЕНЕВ, д.т.н.

Воронежский государственный лесотехнический
университет имени Г.Ф. Морозова,
kafedramehaniza@mail.ru

I.M. BARTENEV, DSc in Engineering

Voronezh State Academy of Forestry Engineering
n.a. G.F. Morozov, Voronezh, Russia, kafedramehaniza@mail.ru

Основная подготовка почвы под защитные лесные насаждения на сельскохозяйственных полях и тракторопроходимых овражно-балочных склонах крутизной до 12° в регионах недостаточного и неустойчивого увлажнения характеризуется низкой степенью крошения почвенного пласта при вспашке плугами, высокой энергоемкостью и материалоемкостью, многооперационностью (вспашка, глубокое рыхление, разрушение почвенных глыб). Вспашка поперек склонов крутизной более 4–6° производится только под уклон, то есть через каждый рабочий ход следует холостой, что снижает производительность. Предложена конструкция комбинированной почвообрабатывающей машины – плуг-рыхлитель навесной ПРН-40, заменяющий плуги общего назначения ПЛН-4-35 и плантажный ППН-40, рыхлитель навесной РН-80, культиватор КРТ-3 или борону дисковую тяжелую БДНТ-3, производящий глубокую послойную обработку почвы (вспашка на глубину 25...27 см и рыхление подпахотного слоя на 25...40 см) и активный оборот почвенного пласта как вниз, так и вверх по склону крутизной до 12...15°; исключая дополнительную обработку с целью разрушения почвенных глыб. В плуге-рыхлителе ПРН-40 применены рабочие органы пассивного (корпус с укороченным отвалом и глубокорыхлитель) и активного (ротаторный рыхлитель) действия, использующие мощность двигателя трактора через его движители и ВОМ, разделяющие процесс вспашки на отдельные операции, выполняемые с разной скоростью воздействия и подвергающие пласт различным неэнергоемким видам деформации.

Ключевые слова: пласт, крошение, сухие твердые почвы, склон, плуг-рыхлитель, лемешно-отвальный корпус, глубокорыхлитель, роторный рыхлитель, ударное разрушение, активный оборот пласта, совмещение операций.

The main preparation of the soil for protective forest plantations on agricultural fields and tractor pass of gully slopes with the steepness up to 12° in the regions of insufficient and unstable moistening is characterized by a low degree of crumbling of the soil layer, when using plows, high energy and material intensity, multi-operation (plowing, deep loosening, destruction of soil blocks). Plowing across slopes with a steepness of more than 4–6° is made only under a slope, i.e. each working stroke is idle, and this reduces the productivity. The design of a combined tillage machine is offered, it is the hinged ripper plow PRN-40, replacing plows of general purpose PLN-4-35 and the plant PPN-40, the hinged ripper RN-80, the cultivator KRT-3 or the heavy disc harrow BDNT-3, which produces a deep layered cultivation of the soil (plowing to a depth of 25...27 cm and loosening the subsoil layer by 25...40 cm) and active circulation of the soil layer both downward and upward along the slope to 12...15°; excluding additional treatment for the purpose of destroying soil blocks. In the plow-ripper PRN-40, the working parts of the passive (the body with the shortened blade and the deep cutter) and the active (rotary ripper) operation are used. They use power of the tractor engine through its propulsors and PTO separating the plowing process into separate operations performed at different rates of impact and subject to a layer of various non-energy-intensive types of deformation.

Keywords: plast, crumbling, dry hard soils, slope, plow-ripper, plow-dump body, deep ripper, rotary ripper, shock fracture, active formation rotation, alignment of operations.

Введение

Основная площадь полезащитных, приовражных и прибалочных насаждений приходится на сельскохозяйственные регионы недостаточного и неустойчивого увлажнения, в условиях которых лемешно-отвальные плуги при зяблевой вспашке образуют крупноглыбистый пахотный слой и увеличивают количество пылеватых частиц; требуются дополнительные значительные затраты средств и труда для разрушения почвенных глыб и доведения степени крошения почвы до агротехнически эффективного значения.

Другими существенными недостатками существующей технологии подготовки почвы под защитные лесные насаждения являются многооперационность, высокие значения энерго- и материалоемкости. Вспашка и глубокое рыхление, основная и дополнительная обработка почвы выполняются различными однооперационными почвообрабатывающими орудиями, в результате многократных проходов тракторных агрегатов, что ухудшает физико-механические свойства и экологию почв.

Используемые в агролесомелиорации плуги спроектированы подбором параметров применительно к равнинным условиям с уклоном местности в поперечном направлении не более 4°. На склонах большей крутизны нарушается их динамическое равновесие, вследствие чего прицепные и навесные машины и орудия занимают иное геометрическое положение относительно продольной оси трактора и поверхности склона в поперечно-вертикальной плоскости; снижается качество выполняемых работ и увеличивается тяговое сопротивление.

Общим и большим недостатком машин и орудий при работе на склонах является механическая эрозия почвы, то есть сдвиг ее рабочими органами вниз по склону. На склонах более 5...7° плуги оборачивают почвенный пласт только в одну сторону – под уклон, вследствие чего пахотный агрегат через каждый рабочий ход совершает холостой, в результате производительность снижается на 37...45 %.

Цель работы

Снизить энергоемкость и материалоемкость технологических процессов и операций, вредное воздействие техники на почву и номенклатуру почвообрабатывающих машин, повысить качество, производительность и эффективность использования современных

энергонасыщенных тракторов за счет применения неэнергоемких видов деформации почвы, совмещения выполнения основной и дополнительной подготовки почвы за один проход агрегатов и повышения рабочих скоростей.

Методы и результаты

В каком бы состоянии не находилась почва, механическая обработка ее направлена на образование оптимальных условий для посева и посадки, на борьбу с сорной растительностью, на накопление и экономное расходование влаги и защиту почв от эрозии. Это обеспечивается при определенных значениях степени крошения продуктивного слоя почвы и плотности его сложения.

Получать высокую степень крошения почвенного пласта можно только в результате его разрушения, то есть пласт должен быть подвергнут деформациям, при осуществлении которых возникающие напряжения превышают внутренние прочностные связи. Наибольший эффект по степени крошения (75...83 %) достигается при сжатии почвы, находящейся в состоянии физической спелости, то есть когда в почве содержится 40...50 % влаги от полной влагоемкости. Именно, в основном, сжатие положено в форму и параметры рабочей поверхности отвалов полуцилиндрического типа и несколько меньше – полувинтового типа, широко применяемых в плугах общего назначения, а также в специальных – плантажных.

Однако почвы в зоне защитного лесоразведения (черноземы различных типов, каштановый комплекс) большей частью во времени имеют влажность ниже агротехнически допустимых пределов и находятся в полном и слитном состоянии. Поэтому при сжатии таких почв возникает огромная внутренняя энергия, противодействующая деформации пласта, и разрушение их сжатием становится нецелесообразным [1].

По своим физико-механическим и технологическим свойствам связные почвы, находящиеся в состоянии сухих твердых почв, относятся к хрупким материалам. Они обладают малой ударной вязкостью и малым сопротивлением растягивающим их силам, выдерживают в 10...30 раз меньше нагрузки, чем при сжатии [2].

Разрушению внутренних связей сухих твердых почв при действии растягивающих усилий с малыми затратами энергии способствует еще то, что в таких почвах имеются поры, пустоты

и трещины, заполненные воздухом, сумма которых образует в пласте так называемые сечения слабых связей, по линиям которых и происходит разрушение почвенного пласта.

Известны различные способы ударного разрушения почвенного пласта, осуществляемые либо ударником, установленным за лемешно-отвальным корпусом и воздействующим на стенку борозды, либо путем нанесения удара по глыбам почвы, расположенным на поверхности пашни. Менее энергоемким и более эффективным способом разрушения является свободный удар, то есть удар на лету по пласту, поступающему с отвала лемешного корпуса. При этом способе совмещается кинетическое ударное и ударно-отражательное крошение. Ударно-отражательное крошение следует за кинетическим ударным, отброшенные отдельные почвенные пласты ударяются о преграду, которой служит пахотный слой.

Применение свободного удара позволяет, используя кинетическое ударное разрушение, производить транспортировку по воздуху и оборот почвенного пласта. При этом неизменным условием применения свободного удара является предварительное отделение почвенного пласта и подача его к рабочим органам, осуществляющим кинетическое ударное разрушение.

Следовательно, процесс вспашки должен быть разделен на две части, выполняемые различными рабочими органами с разной скоростью. Отделение пласта, подъем и транспортирование его целесообразно проводить, воздействуя на него с обычной скоростью поступательного движения плуга (1,5...2,0 м/с), а крошение, оборот и отвод в борозду в процессе динамического воздействия – со скоростью, как показали исследования [3, 4], большей в кратное число раз – 6...9 м/с.

Данный технологический процесс реализован в конструкции плуга-рыхлителя ПРН-40 (рис. 1), прошедшего испытания и принятого в серийное производство. Плуг ПРН-40 состоит из рамы сварной конструкции, механизма навески, корпуса с укороченным отвалом конической формы, роторного рыхлителя, глубокорыхлителя, двух опорных колес с механизмами регулирования глубины вспашки, привода роторного рыхлителя от ВОМ трактора, карданной и клиноременной передачи и редуктора. Вылет роторного рыхлителя относительно заднего обреза отвала выполнен регулируемым [5]. Правое по ходу движения

опорное колесо объединено с дисковым ножом, отрезающим почвенный пласт в плоскости полевого обреза корпуса плуга. Наличие двух опорных колес обеспечивает устойчивость плуга относительно поверхности склона в поперечно-вертикальной плоскости.

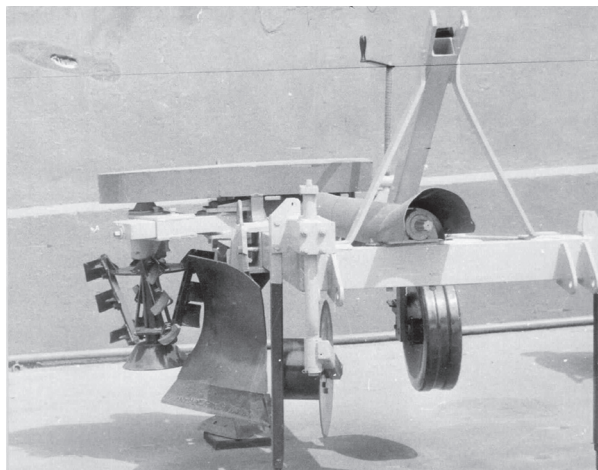


Рис. 1. Плуг-рыхлитель навесной ПРН-40 (общий вид)

Глубокорыхлитель представляет собой стойку, в нижней части которой прикреплен односторонняя рыхлительная лапа. Стойка установлена в плоскости полевого обреза основного корпуса и одновременно выполняет функции полевой доски последнего, то есть снижает удельное давление плуга на стенку борозды, предотвращает разрушение ее и обеспечивает устойчивый ход плуга в горизонтальной плоскости.

Плуг-рыхлитель ПРН-40 агрегируется с тракторами колесными и гусеничными класса 30...40 кН. Совмещает и выполняет за один проход основную и дополнительную обработку почвы, вспашку и глубокое рыхление подпахотного слоя на равнине и склонах крутизной до 12°. Заменяет плуги плантажные ППН-40 и ППН-50, общего назначения ПЛН-4-35, глубокорыхлитель РН-80Б, а также исключает необходимость применения дополнительной обработки почвы, осуществляемой культиватором-рыхлителем КРТ-3 или тяжелой дисковой бороной БДНТ-3 с целью дробления почвенных глыб. Ширина захвата корпуса плуга 40 см, глубокорыхлителя 25 см, глубина вспашки 25...27 см. Общая глубина обработки составляет 50...70 см.

При поступательном движении пахотного агрегата корпус плуга подрезает почвенный

пласт, который скользит по лемешно-отвальной поверхности, поднимается вверх и поворачивается на угол до 80° , а затем при сходе с отвала, за задним обрезом его, попадает под воздействие роторного рыхлителя. Происходит крошение почвенного пласта и его активный оборот (рис. 2).



Рис. 2. Процесс активного оборота почвенного пласта

Активный оборот пласта роторным рыхлителем как вниз, так и вверх по склону обеспечивается его конструктивными особенностями.

Роторный рыхлитель выполнен в виде двух усеченных конусов, соединенных между собой основаниями меньшего диаметра, вращающимися на вертикальной оси с частотой 300 м^{-1} . Нижний конус изготовлен из листовой стали и служит для предотвращения падения пласта за задним обрезом отвала на дно борозды. Верхний конус состоит из стоек, закрепленных между основаниями и отклоненных от образующей конуса в направлении вращения на угол 15° . На стойках в три яруса размещены лопатки под углами к плоскости вращения, увеличивающимися от нижнего яруса к верхнему: нижний ярус 57° ; средний 68° и верхний 80° . Рабочая поверхность лопаток, исходя из условия максимально быстрого спуска находящихся на ней почвенных фракций, выполнена по кривой брахистохрона. Окружная скорость вращения лопаток верхнего яруса $9,0 \text{ м/с}$, среднего $6,3 \text{ м/с}$ и нижнего $4,7 \text{ м/с}$.

Таким образом, благодаря таким особенностям, отличающимся от известных роторных рыхлителей в плугах ПОД-5-35, «Комбинус» и др., в предлагаемой конструкции верхним почвенным частицам сообщается направление перемещения к дну борозды, а нижним, наоборот, вверх. При этом происходит процесс после-

довательного перемещения почвенных слоев, не мешая друг другу, поскольку лопатки верхнего яруса, благодаря отклонению стоек от образующей конуса, входят в контакт с пластом первыми, и они, имея максимальную скорость вращения ($9,0 \text{ м/с}$), сообщают почвенным частицам большие скорости, направляя их на дно борозды предыдущего прохода. За ними следуют частицы среднего слоя и уже за тем нижнего слоя, которые укладываются сверху.

Были проведены испытания плуга-рыхлителя ПРН-40 на Поволжской, Центрально-Черноземной и Северо-Кавказской МИС в условиях светлокаштановых почв твердостью и влажностью верхнего (30 см) слоя $3,56 \text{ МПа}$ и $9,6 \%$, соответственно, и на склоне 11° ($5,03 \text{ МПа}$ и $12,6 \%$); обыкновенного чернозема на склонах $9...10^\circ$ твердостью $3,5 \text{ МПа}$ и влажностью $7,3 \%$. Вспашка производилась поперек склонов с оборотом почвенного пласта вверх и вниз по склону. Для сравнения в качестве аналогов были приняты плуги ПЛН-4-35 и плантажный ППН-40. Общий вид пашни и состав пахотного слоя представлен на рис. 3.

Степень крошения пласта светлокаштановой почвы плугом-рыхлителем ПРН-40 составляет $63,7 \%$, а плугами ПЛН-4-35 и ППН-40 $33,5$ и $37,1\%$, то есть меньше почти в два раза. При этом при вспашке плугом ПРН-40 максимальный размер почвенных комков не превышает 17 см (рис. 3, а), в то время как при вспашке ПЛН-4-35 и ППН-40 масса глыб размеров в поперечнике 40 см и более составляет $54,7$ и $46,4 \%$, соответственно, от общей массы пласта (рис. 3, б, в).

Степень крошения почвы при вспашке плугом-рыхлителем ПРН-40 на овражно-балочных склонах крутизной до 12° не зависит от направления оборота пласта и составляет не менее 70% . Плуг ПЛН-4-35 в аналогичных условиях обеспечивает крошение, равное $41,7 \%$.

Более высокие качественные показатели дает плуг-рыхлитель ПРН-40 на обыкновенном черноземе, степень крошения почвы составляет $94,9 \%$, гребнистость поверхности не превышает 14 см . Сравнимый плуг общего назначения ПЛН-4-35 – $57,1 \%$ и 19 см , соответственно.

При вспашке плугом-рыхлителем ПРН-40 основная масса пласта, состоящая из фракции, комочки которой не превышают 5 см , находится в нижней части пахотного слоя, а поверхность пашни покрыта фракциями размером,



a



b



в

Рис. 3. Качество рыхления почвенного пласта:
a – плугом-рыхлителем ПРН-40; *б* – плугом ПЛН-4-35; *в* – плугом плантажным ППН-40

несколько большим 5 см. Твердость пахотного слоя составляет всего лишь 0,6...0,57 МПа, вспушенность превышает глубину вспашки в 1,6...1,8 раза.

При столь малой твердости пахотного слоя и сепарации фракций пласта с выносом нижних более крупных на поверхность и перемещением мелких на дно создается своего рода «губча-

тый» слой, который хорошо впитывает в себя атмосферные осадки. Этим можно объяснить то, что на участке, подготовленном плугом ПРН-40, влажность почвы в течение всего вегетационного периода не была ниже 14 %, а на участке в аналогичных условиях, подготовленном плантажным плугом ППН-40, в два раза ниже – 6,8 %.

Сравнительные исследования плуга-рыхлителя ПРН-40 и плантажного ППН-50 в условиях светлокаштановой среднесуглинистой почвы показали, что в осенне-зимний период после вспашки было накоплено влаги 94 и 58 мм, соответственно, а в последующем летнем паровании площадей дополнительно поступило 100 и 12 мм влаги. Общие запасы влаги на глубине 70 см на площадях, подготовленных ППН-50 и ПРН-40, составили 90 и 208 мм.

Это отразилось на приживаемости и росте культурных растений. Приживаемость посаженных однолетних сеянцев вяза мелколистного на площадях, подготовленных плугами ПРН-40 и ППН-50 составила 98 и 90 %, соответственно; высота культур 114 и 94 см, прирост 88 и 72 см, диаметр стволика в среднем 15 и 11 см.



a



б

Рис. 4. Качество обработки задернелых почв:
a – плугом-рыхлителем ПРН-40;
б – плугом ПЛН-4-35

Плуг-рыхлитель ПРН-40 даже в условиях сильно задернелых почв обеспечивает оборот пласта и высокую степень его крошения и полную заделку растительной массы (рис. 4, а). Плуг ПЛН-4-35 недооборачивает пласты, значительная часть их возвращается в борозду (рис. 4, б). В условиях среднего и слабого задернения ПРН-40 производит полную заделку растительной массы почвой на глубину не менее 13...17 см, распределяя ее равномерно в нижней части сильно вспушенного пахотного слоя.

Заключение

Разработана комбинированная почвообрабатывающая машина, осуществляющая глубокую послойную подготовку почвы в районах развития защитного лесоразведения на равнине и склонах крутизной до 12°, совмещающая за один проход агрегата вспашку на глубину 25...27 см, рыхление подпахотного слоя на глубину 25...40 см (общая глубина 50...70 см), дополнительную обработку пахотного слоя, обычно выполняемую культиваторами-рыхлителями и тяжелыми дисковыми боронами после вспашки плугами общего назначения и плантажными. Разделение технологического процесса вспашки лемешно-отвальными корпусами на отдельные операции и выполнение их разными рабочими органами пассивного и активного действия с различной скоростью воздействия и использованием мощности двигателя трактора через его движители и ВОМ решают проблемы обработки сухих твердых почв, вспашки поперек склонов крутизной до 12°, исключая холостой ход пахотного агрегата через каждый рабочий, и более эффективного использования современных энергонасыщенных тракторов. Одновременное глубокое рыхление почвы способствует накоплению влаги, повышению приживаемости и хода роста насаждений.

Литература

1. Гудков А.Н. Теоретические основы вспашки твердых почв и обоснование конструкции плуга для обработки твердых почв. Материалы НТС ВИСХОМ «Усовершенствование орудий для основной обработки почвы». М., 1969. Вып. 5. С. 212–241.
2. Гудков А.Н., Зотов Н.В. Теоретические положения к выбору новой системы машин для обработки почвы. Труды Волгоградского СХИ. Волгоград. 1968. Т. XXVI. С. 51–52.
3. Панов И.М., Шмонин В.А. Исследование работы комбинированного плужного корпуса. Тракторы и сельхозмашины. 1969. № 8. С. 29–32.
4. Панов И.М., Шмонин В.А. Крошение почвы плугом с комбинированным плужным корпусом. Тракторы и сельхозмашины. 1970. № 2. С. 18–20.
5. Бартенев И.М., Матвеев И.П. Плуг-рыхлитель. А.С. 349367, МКИ А01В3/46. Оpubл. 04.09.72, Бюл. № 26.

References

1. Gudkov A.N. Theoretical basis for plowing solid soils and justifying the design of a plow for processing solid soils. Materialy NTS VISKHOM «Usovershenstvovanie orudij dlya osnovnoj obrabotki pochvy» [Materials of the Scientific and Technical Council “Improvement of tools for basic tillage”]. Moscow, 1969. Vyp. 5, pp. 212–241 (in Russ.).
2. Gudkov A.N., Zotov N.V. Theoretical provisions for the selection of a new system of machines for tillage. Trudy Volgogradskogo SKHI. Volgograd. 1968. Vol. XXVI, pp. 51–52 (in Russ.).
3. Panov I.M., SHmonin V.A. Study of the combined plow case. Tractors and agricultural machinery. Traktory i sel'hozmashiny. 1969. No 8, pp. 29–32 (in Russ.).
4. Panov I.M., SHmonin V.A. Crumbling of soil with plow with combined plow body. Traktory i sel'hozmashiny. 1970. No 2, pp. 18–20 (in Russ.).
5. Bartenev I.M., Matveev I.P. Plug-ryhlitel' [Ripper-plow]. A.S. No 349367, MKI A01V3/46. Opubl. 04.09.72, Byul. No 26.