

СОВРЕМЕННЫЕ ПУТИ РАЗВИТИЯ ТЕХНОЛОГИИ И ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ДЛЯ ОТВАЛЬНОЙ ВСПАШКИ

Владимир Васильевич Василенко
Сергей Владимирович Василенко
Наталья Митрофановна Дерканосова
Татьяна Николаевна Тертычная
Ким Рубенович Казаров

Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I

Совершенствование технологии вспашки и конструкции плугов преследует две цели – улучшение качества работы и уменьшение затрат энергии. Виды отвальной вспашки различаются по углу оборота почвенных пластов от 135 до 180°. Наиболее качественная вспашка получается при угле оборота 180°, но этого удалось достичь только в последние десятилетия. Наиболее простым и надёжным способом оборота является перекачивание пласта в расширенную борозду. Для расширения борозды можно оснастить плуги специальными щитами. Такое техническое решение практически не требует дополнительных затрат энергии, а устраняет потребность в предплужниках и тем самым облегчает работу плуга. Другое направление модернизации плугов состоит в применении вибрации рабочих органов. Принудительная вибрация эффективна для уменьшения тягового сопротивления, но невыгодна с точки зрения энергетики. Более рациональной является спонтанная вибрация, которая тоже снижает сопротивление плуга на 14–15%. Предложен также способ разделения пласта на верхнюю и нижнюю части, в соответствии с которым верхняя часть оборачивается в борозду, а нижняя подвергается рыхлению и остаётся в борозде, что уменьшает затраты энергии, а также снижает негативное воздействие на экологию. Техническое решение состоит в удалении отвала от лемеха на зазор 50–80 мм. Значительную экономию тягового усилия трактора можно достичь заменой полевой доски на дополнительный лемех. Перспективным является совмещение глубокого рыхления и оборота верхнего слоя почвы. Гладкую вспашку с полным оборотом пластов можно выполнить поворотным плугом с симметричными рабочими корпусами, у которых в качестве полевой доски используются лемеха и отвалы в позиции, когда они не выполняют основную функцию.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: полный оборот пластов, вибрация, сопротивление плуга, дополнительный лемех, разделение пласта.

MODERN WAYS OF DEVELOPMENT OF TECHNOLOGY AND TECHNICAL FACILITIES FOR MOLDBOARD PLOWING

Vladimir V. Vasilenko
Sergey V. Vasilenko
Natalia M. Derkanosova
Tatiana N. Tertychnaya
Kim R. Kazarov

Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great

Improving plowing technology and plow design is intended to enhance the quality of work and reduce energy costs. The types of moldboard plowing differ in the angle of rotation of the soil layers from 135 to 180°. The highest quality is obtained with a rotation angle of 180°, but this has been achieved only in recent decades. The simplest and most reliable way of turning is to roll the layer into a broadened furrow. For this purpose the plows can be equipped with special shields. Such technical solution does not practically require additional energy costs, and eliminates the need for application colters and thereby facilitates the work of the plow. Another direction of modernization of plows is the use of vibration of working bodies. Forced vibration is effective in reducing plowing resistance, but it is not profitable from the point of view of energetics. More rational is spontaneous vibration, which also reduces the resistance of the plow by 14–15%. A method for dividing furrow slice into upper and lower parts is also proposed, according to which the upper part is overturned in a furrow, and the lower part is ripping and remains in the furrow, which reduces energy costs, as well as negative impact on the environment. The technical solution is to remove the plow moldboard from the ploughshare for a gap of 50–80 mm. A substantial

saving in tractor traction can be achieved by replacing the landside plate with an additional ploughshare. The combination of deep ripping and turnover of the topsoil is promising. Flat plowing with a full turn of the layers can be performed with a turning plow with symmetrical working bodies, which instead of landside plate use ploughshares and plow earthboard in the position when they do not perform their main function.

KEYWORDS: full turnover of soil layers, vibration, plow resistance, additional ploughshare, layer dividing.

Введение

После зарождения земледелия вспашка почвы с оборотом пластов стала применяться далеко не сразу. Понадобилось около десяти тысяч лет, чтобы люди осознали, что обрабатываемый слой почвы надо ежегодно переворачивать, чего нельзя сделать ни примитивным копачом, ни мотыгой и даже сохой.оборот пластов стал применяться три с половиной тысячи лет назад с появлением римского плуга. Постепенно плуг стал основным орудием земледельца, он постоянно видоизменялся и совершенствовался. На современном этапе развития земледелия энергообеспеченность технологии возросла настолько, что вспашка вступила в противоречия с требованиями экологии. Одно дело – пахать лошадкой на глубину 1,5 вершка [8], а другое – поднимать, взрыхлять и переворачивать трактором пласты на глубину до 32 сантиметров, подвергая их смыву и выветриванию. На чашу весов поставлены преимущества и недостатки современной отвальной вспашки. Самым главным и единственным преимуществом плуга является то, что это почвообрабатывающее орудие способно оборачивать пласты, заделывая опавшие семена сорняков глубже 10–12 сантиметров, откуда их проростки не дотягиваются до дневной поверхности и погибают. Механизаторы считают плуг «санитаром полей» за то, что он без всяких гербицидов подавляет сорную растительность. Никакое другое орудие этого сделать не может, хотя все остальные задачи основной обработки почвы можно реализовать дисковыми, плоскорезными, чизельными или комбинированными рабочими органами, работа которых менее энергоёмка, чем работа отвального плуга.

В создавшейся ситуации с выбором способа основной обработки почвы есть два варианта компромиссных решений [11]. В почвенно-климатических условиях с недостаточным или рискованным увлажнением (до 500 мм осадков в год) предпочтение следует отдавать минимальной обработке, применяя многорядные дисковые орудия, плоскорезы и комбинированные агрегаты. В зонах с нормальным количеством осадков плугам нет конкуренции. Другое компромиссное решение – это минимальная обработка поля в течение трёх лет, а на четвёртый год, когда подходит очередь сахарной свёклы или другой пропашной культуры, следует применять глубокую отвальную вспашку. Таким образом, плуги не сдают своих позиций, они применяются примерно на половине мировых посевных площадей [11], а западные фирмы-производители плугов, такие как Lemken, Kverneland, Kuhn и другие, не сбавляют темпов своего производства. Развитие технологии воздействия на обрабатываемый слой почвы и конструкции рабочих органов происходит неравномерно друг от друга.

Разновидности способов отвальной вспашки и их технологические особенности

Наиболее древним способом вспашки является так называемый взмёт пластов, когда их угол оборота в большинстве случаев не превышает 135° , а с увеличением глубины обработки он становится ещё меньше. Если ширина захвата рабочего корпуса равна 0,35 м, то угол оборота можно увеличить до 145° , но для этого надо уменьшить глубину вспашки до 0,20 м. Предельной является глубина 0,27 м, при которой угол оборота составляет 130° , а пласт становится в критическое положение на одну точку опоры и готов вернуться в вертикальную позицию. При вспашке на глубину 0,25 м теоретическая высота гребней над впадинами равна 0,17 м. Графический анализ оборота пластов показывает, что при этом сорняки взойдут на 25% поверхности поля, то есть там, где глубина заделки их семян оказалась меньше 0,1 м. При вспашке с увеличенной

до 0,45 м шириной захвата рабочих корпусов критический угол оборота пластов остаётся таким же, 130° , но вспашка возможна до глубины 0,35 м. При обычной глубине вспашки 0,25 м высота гребней возрастает до 0,21 м, а сорняки взойдут на 15% поверхности поля. При взёме пласта во впадинах остаётся незаделанная стерня [7], под гребнями образуются пустоты, почва теряет влагу интенсивным проветриванием.

Вспашка с предплужником называется культурной [13] за лучшее качество работы по сравнению со взёмом пластов. Польза предплужника состоит в том, что он перед оборотом пласта снимает с него примерно четверть его площади сечения как раз в том месте, которое после оборота будет опираться на предыдущий пласт и окажется наиболее близким к дневной поверхности. Эту часть пласта он сбрасывает на дно борозды. В результате угол оборота пласта будет увеличен, вся стерня и семена сорняков упрятаны глубоко, а гребнистость поля заметно уменьшится. Например, при вспашке с шириной пласта 0,45 м на глубину 0,25 м с предплужником, отрегулированным на глубину хода 0,12 м, угол оборота пластов достигает 155° , а высота гребней снижается до 0,18 м. Что касается сорняков, то все их семена оказываются зарытыми на недоступную для прорастания глубину [5, 7]. Несмотря на лучшее качество работы, механизаторы часто снимают предплужники, так как они на 15–20% увеличивают сопротивление плуга [11] и загромаждают рабочие проходы для пластов почвы, увеличивая вероятность забивания плуга землёй и растительными остатками. Из-за этого недостатка вместо предплужников зачастую устанавливают углоснимы. Они выполняют ту же роль, но с худшим качеством.

Полный оборот пластов происходит при вспашке фронтальными плугами. Поскольку метод перекатывания пластов не может обеспечить оборот на 180° , в конструкциях фронтальных плугов применён метод вращения в собственной борозде [11]. Для этого рабочий орган усложнили. Нижний обрез отвала подняли повыше и добавили отдельный элемент, названный заплужником. Если отвал толкает пласт вправо по ходу плуга, то заплужник толкает его влево, причём в нижней части. В результате пласт вращается в борозде и переворачивается на полоборота. При этом способе вспашки появляется масса преимуществ. Предплужники ему не нужны, все рабочие корпуса расположены в поперечную линию, длина плуга стала непривычно короткой, поэтому плуг лёгок на подъём, вспаханная поверхность ровная, без гребней. Но способ оборота в своей борозде имеет низкую технологическую надёжность. Пласт проходит в зазор между отвалом и заплужником, и при увеличении глубины вспашки, превышающем расчётную для плуга, пласт не проходит, и плуг забивается. Он забивается и при работе на засорённом поле.

Оборот пласта в расширенную борозду

Оборот пластов методом перекатывания технологически очень надёжный, так как он происходит в свободном пространстве, и даже плотно стоящие сорняки ему практически не мешают. Мешают завершить оборот нависающие над бороздой угловые части предыдущих пластов (рис. 1, а). При обычной вспашке за каждым рабочим корпусом плуга остаётся открытая борозда с профилем ABCDE, в которую тут же опрокидывается очередной пласт. Но ему мешает угол D предыдущего пласта. Чтобы расчистить траекторию опрокидывания, надо отодвинуть мешающую часть пласта в сторону паханого поля. Для этого нами предложено устанавливать за каждым рабочим корпусом вертикальные щиты с наклоном к направлению движения агрегата. Эти щиты деформируют пласт и перемещают часть почвы во впадину между гребнями и в пустоту под пластом. Образуется прямоугольная широкая борозда ABCF (рис. 1, б), в которой разместится очередной пласт, вплотную к противоположной стенке. Весьма положительным фактом является то, что щиты совершают эту работу только при первом рабочем проходе плуга. В дальнейшем все борозды формируются широкими, и щитам остаётся только подгрести слегка осыпавшуюся почву.

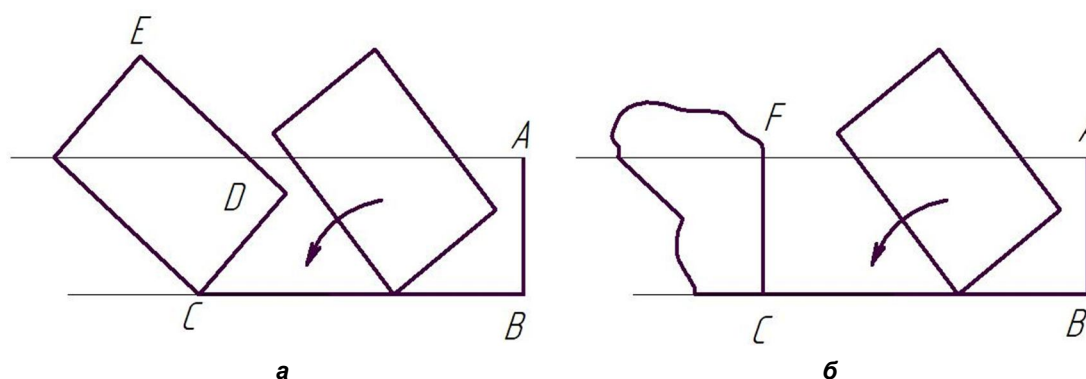


Рис. 1. Схема оборота пласта в обычную (а) и расширенную (б) борозды

Результаты собственных исследований показывают, что при установившемся режиме работы каждый щит создаёт дополнительную силу сопротивления плуга, которую можно вычислить по зависимости

$$P = 0,125a^2 \left(2,32l\psi + \frac{\rho v^2 \sin \gamma \cos \gamma}{f'} \right) \sqrt{1 + f^2} \cdot \cos \left(\operatorname{arctg} \frac{1}{f} - \gamma \right), \quad (1)$$

где a – глубина вспашки, м;

γ – угол наклона щита к направлению движения агрегата;

f – коэффициент внешнего трения почвы;

f' – коэффициент внутреннего трения почвы;

l – рабочая длина щита, м;

ρ – плотность почвы, кг/м³;

ψ – сила веса 1 м³ почвы, Н/м³;

v – скорость движения агрегата, м/с.

Теоретические расчёты и непосредственные измерения в полевых опытах показали, что сила тягового сопротивления одного щита равна 60–70 Н, и только при глубине вспашки 0,30 м она возрастает до 80–85 Н. Для трактора это очень небольшое усилие по сравнению с сопротивлением предплужника, которое доходит до одного килоньютон. При оценке качества работы плуга, оснащённого щитами, было установлено, что 100% стерни и семена сорняков упрятаны на глубину более 0,1 м, пласты перевёрнуты на 175–178°, гребнистость поля практически исчезла, а также заметно уменьшилась глыбистость поверхности поля из-за действия щитов.

Вспашка с расширением борозды выполняется без предплужников, поэтому она менее энергоёмка [4] и более эффективна по агротехническим показателям, поэтому перспективными можно признать и технологию полевой операции, и техническое решение модернизации плуга.

Применение вибрации рабочих органов

Давно замечено и стало общеизвестным, что вибрация инструмента облегчат его внедрение в обрабатываемый материал. Важную роль при этом играют силы трения. Природа сил трения изучена не до конца, хотя получены формулы для точных расчётов, а также известно, что при движении сила трения меньше, чем в покое. У вибрирующего инструмента возникают микроперемещения материала или его частиц по рабочей поверхности, и коэффициент трения уменьшается. Но это только в простейшем представлении. Теоретически можно представить, что коэффициент трения не меняется, а возникают микроперелёты частиц вообще без сил трения, а практический эффект уменьшения силы трения тот же самый. Как бы то ни было, но вибрирующие почвообрабатывающие органы имеют меньшее тяговое сопротивление, чем пассивные. В лабораторных опытах нами установлено, что коэффициент трения почвы по стальной поверхности, равный 0,61, при вибрации с частотой 22–24 Гц и амплитудой 2–4 мм

уменьшается до 0,50, то есть на 18% [6]. Применение вибрации при обработке почвы оказывается эффективным, если правильно выбрано направление колебаний. Его выбор зависит от скорости вибрации [16, 24], которая вычисляется по зависимости [14]

$$V_{виб} = \omega \cdot A = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot A, \quad (2)$$

где $V_{виб}$ – скорость вибрации инструмента или рабочего органа, м/с;

ω – круговая частота кривошипа в механизме привода, c^{-1} ;

A – амплитуда колебаний, м;

f – частота колебаний, или число оборотов кривошипа в секунду, Гц.

Режим колебаний должен допускать мгновенные отрывы инструмента от почвы с последующим ударом. Тогда почва распадается на комочки, их взаимное перемещение облегчается, а это и есть обработка. Если направление колебаний совпадает с направлением движения, то скорость вибрации должна превышать скорость движения, иначе микроотрывов не будет [23]. Различают два типа вибрации – принудительную и спонтанную. Принудительная вибрация возникает от действия механизма привода и требует дополнительных затрат энергии. Обычно это высокочастотная вибрация и, как правило, с небольшой амплитудой. У неё высокая скорость, поэтому она эффективна с любым направлением колебаний. Её эффективность проявляется в уменьшении тягового сопротивления орудия. Но затраты энергии на её привод всегда превышают экономию от снижения тягового сопротивления [12], поэтому она невыгодна из экономических соображений.

Спонтанная вибрация рабочего органа возникает от переменного сопротивления почвы при условии пружинистых свойств его стойки. Этот вид вибрации имеет низкую частоту, не превышающую 10 Гц, и увеличенную амплитуду. Но всё равно, несмотря на амплитуду, скорость спонтанной вибрации меньше скорости движения агрегата, и направление колебаний нежелательно ориентировать по направлению движения плуга, как это предлагается в некоторых запатентованных технических решениях [15, 16, 17]. Известно, что на рабочий корпус плуга действует не только продольная, но и боковая сила. Она тоже пульсирующая и может вызвать колебания рабочего корпуса, закреплённого на пружинной стойке. Стойка может представлять собой пластину или пакет пластин, ориентированных по направлению движения плуга. Такая ориентация позволит им колебаться в поперечном направлении. Поперечные колебания более эффективны, чем продольные.

Нами разработаны и испытаны в полевых условиях вибрирующие стойки (рис. 2, а) на четырёх- и шестикорпусном навесных плугах, спроектированных для изготовления на воронежских предприятиях «Аква-Свар» и «ВСЗ-Холдинг». Вибрирующие рабочие корпуса плуга образуют в почве опережающие трещины, уменьшают коэффициент трения, стряхивают налипшую почву и сорняки, в результате уменьшаются и тяговое сопротивление, и затраты энергии.

В полевых опытах было зарегистрировано уменьшение тягового сопротивления шестирядного плуга на 14,5% по сравнению с сопротивлением плуга с пассивными корпусами. Четырёхкорпусный плуг в условиях длительной эксплуатации показал увеличение производительности на 18%. Простым и эффективным техническим решением является применение стойки в виде витой пластины [18]. Концы стойки повернуты на 90° относительно друг друга. Верхний конец ориентирован по направлению движения, а нижний – в поперечном направлении. При такой ориентации моменты сопротивления стойки в верхнем и нижнем сечениях соответствуют продольному и поперечному изгибающим моментам, и рабочий корпус колеблется в обоих направлениях, а также возможны крутильные колебания. Промежуточное положение между принудительной и спонтанной вибрацией занимают вертикальные толчки, которые наносит всему навесному плугу восьмигранное опорное колесо [19].

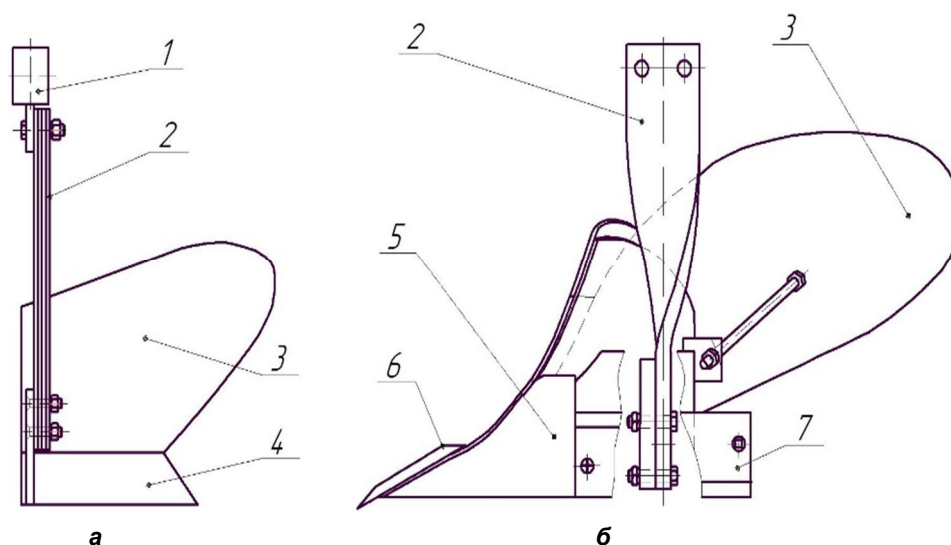


Рис. 2. Варианты пружинных стоек: пакет полос (а) и одна витая полоса (б):
1 – балка рамы плуга; 2 – стойка; 3 – отвал; 4 – лемех; 5 – башмак;
6 – долото; 7 – полевая доска

Частота вибрации зависит от размера восьмигранника и скорости движения агрегата, а амплитуда – только от его размера и деформации почвы под опорными поверхностями. Такое устройство возбуждает вибрацию с частотой 8–12 Гц и амплитудой 15–20 мм.

Оборот только верхней части пласта

В рабочем корпусе плуга полевая доска не является рабочим органом, так как не обрабатывает почву, а лишь является боковой опорой. Но она тоже сопротивляется движению плуга, провоцируя силу трения. Технологию вспашки значительно изменили учёные Саратовского ГАУ [1]. Боковую опору – полевую доску – заменили рабочим органом – левосторонним лемехом (рис. 3, а). Этот лемех только подрезает очередной пласт, но не передаёт его на отвал, а оставляет на месте. Его поднимет и перевернёт следующий рабочий корпус. Дополнительный лемех своим сопротивлением уравнивает боковые силы, и полевая доска в данном техническом решении становится ненужной, при этом энергозатраты снижаются.



Рис. 3. Плужный корпус с дополнительным лемехом (а) и с долотом (б)

Из-за отсутствия предплужников и укороченных отвалов стало возможным уменьшить продольную дистанцию между корпусами и общую длину плуга, а главную балку повернуть на угол 45° вместо прежних 27° . Другой особенностью технологии обработки почвы этим рабочим органом является разделение пласта по его толщине на верхнюю и нижнюю части. Нижняя часть проходит в специально оставленный зазор между лемехом и отвалом и остаётся на дне борозды. Верхнюю часть забирает отвал и оборачивает в борозду. По этому принципу работают плуги серии ПБС с шириной захвата рабочих корпусов до 0,6 м и глубиной вспашки до 0,35 м. Они показывают увеличенную на 20% производительность и такое же уменьшение удельного расхода топлива.

Аналогичная технология основной обработки почвы с разделением пласта на обрабатываемую часть и остающуюся в борозде реализована комбинированным рабочим органом, разработанным в отделе механизации ФГБНУ «Нижне-Волжский научно-исследовательский институт сельского хозяйства» под руководством доктора технических наук И.Б. Борисенко (рис. 3, б). Комбинированный рабочий орган состоит из прямолинейной стойки, на которой закреплены чизельный рыхлитель и плужный отвал [2, 3]. Чизельная стойка с долотом и двумя горизонтальными лезвиями может работать на глубину до 0,45 м, разрыхляя «плужную подошву», а отвал может быть установлен на минимально необходимой высоте в зависимости от степени заделки стерни и семян сорняков. Эта технология основной обработки почвы совмещает глубокое чизелевание со вспашкой на щадящую экологию глубину, при этом одна операция равнозначна двум отдельным. В результате экономятся затраты времени и топлива, вследствие чего новая технология и конструкция рабочего органа являются перспективными.

Гладкая вспашка поворотным плугом

В большинстве случаев гладкая вспашка выполняется оборотными плугами. Но они металлоёмкие и тяжёлые на подъём. По этим показателям их превосходят поворотные плуги, так как левые и правые корпуса расположены на одной стойке. Расположение обеих рабочих поверхностей на одной стойке придаёт плугу возможность заменить полевые доски на опоры с гораздо большей площадью контакта со стенкой борозды [20, 21]. При этом стенка меньше деформируется, и опора скользит по ней с меньшей силой трения [10, 22]. Это ещё более облегчает плуг, так как опорой с увеличенной площадью является рабочая поверхность лемеха или отвала, которые в данный момент свободны от своей главной работы [9, 24]. На этом же рабочем органе можно установить щиты для полного оборота пластов (рис. 4). Таким образом, поворотный плуг превращается в орудие для гладкой вспашки с полным оборотом пластов и с уменьшенной металлоёмкостью.

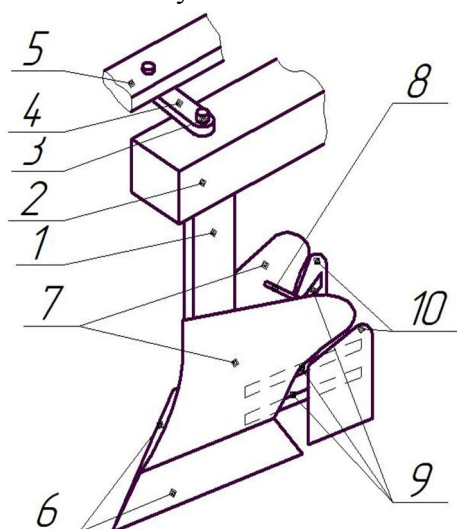


Рис. 4. Рабочий корпус поворотного плуга: 1 – поворотная стойка; 2 – балка рамы; 3 – ось поворота стойки; 4 – кривошип стойки; 5 – шатун; 6 – лемеха; 7 – отвалы; 8 – распорка; 9 – крепёжные уголки; 10 – щиты

Выводы

1. Приоритетными направлениями развития технологии основной обработки почвы методом отвальной вспашки являются вспашка с полным оборотом пахотного слоя, разделение пласта по толщине на верхнюю и нижнюю части, из которых одна оборачивается, а другая остаётся на дне борозды, и совмещение оборота верхнего слоя почвы с чизельной обработкой глубинных слоёв.

2. Перспективными направлениями модернизации плугов являются использование приспособлений для расширения борозды перед укладкой пласта, применение спонтанной вибрации рабочих корпусов, применение дополнительного лемеха, расстановка лемеха и отвала с зазором 50–80 мм, комбинирование чизельных рабочих органов с отвалами и придание функции широкой боковой опоры лемехам, отвалам и щитам на поворотных плугах.

Библиографический список

1. Бойков В.М. Новые способы и технические средства основной обработки почвы / В.М. Бойков. – Саратов : Изд-во Саратовского государственного университета, 1998. – 53 с.
2. Борисенко И.Б. Комплексное орудие для основной обработки почвы / И.Б. Борисенко, В.И. Пындак, В.Ф. Лобойко // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2009. – № 1. – С. 9–10.
3. Борисенко И.Б. Ресурсосберегающий «анти-нулевой» чизельный орган «РАНЧО» – универсальный помощник аграриям / И.Б. Борисенко // Научно-агрономический журнал. – 2010. – № 2 (87). – С. 48–50.
4. Василенко В.В. Затраты мощности на расширение борозды при вспашке / В.В. Василенко, С.В. Василенко, А.Н. Хахулин // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика : сб. науч. тр. по материалам международной заочной науч.-практ. конф. – Воронеж : Воронежский государственный лесотехнический университет, 2014. – Т. 2, № 3–4 (8–4). – С. 402–406.
5. Василенко В.В. Технологические особенности плугов серии «Богатырь» / В.В. Василенко // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2008. – № 5. – С. 7.
6. Влияние вибрации на угол трения почвы по рабочему органу / В.В. Василенко, Д.Н. Афоничев, С.В. Василенко, Д.В. Стуров // Лесотехнический журнал. – 2013. – № 3 (11). – С. 123–126.
7. Вспашка почвы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://k-a-t.ru/sxt/2-pochva2vspashka/index.shtml> (дата обращения: 20.09.2020).
8. Горячкин В.П. Собрание сочинений : в 3 т. / В.П. Горячкин. – 2-е изд. – Москва, 1968. – Т. 2. – 455 с.
9. Действие сил на рабочие органы поворотного плуга с переменной шириной захвата и его тяговое сопротивление / А.Н. Зазуля, А.В. Балашов, В.П. Белогорский и др. // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. – 2013. – № 1. – С. 56–62.
10. Исследование показателей работы поворотного плуга для гладкой вспашки почвы / А.Н. Зазуля, Ю.А. Тырнов, А.В. Балашов, В.П. Белогорский // Техника в сельском хозяйстве. – 2013. – № 1. – С. 23–24.
11. Лобачевский Я.П. Современное состояние и тенденции развития почвообрабатывающих машин / Я.П. Лобачевский, Л.М. Колчина. – Москва : ФГНУ «Росинформагротех», 2005. – 116 с.
12. Мяло В.В. Энергосберегающие технологии при обработке почвы / В.В. Мяло, В.В. Мазуров // Вестник Омского государственного аграрного университета. – 2016. – № 3 (23). – С. 242–244.
13. Обработка почвы в Центрально-Черноземном регионе : учеб. пособие / С.И. Коржов, Т.А. Трофимова, В.А. Маслов и др. – Воронеж : Воронежский государственный аграрный университет, 2010. – 200 с.
14. Общие сведения о вибрации [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://mydocx.ru/11-59104.html> (дата обращения: 20.09.2020).
15. Пат. 385543 СССР, МПК А01В 11/00, А01В 11/00, А01В 15/00 (2000.01). Корпус плуга / А.Г. Дегтярёв ; заявитель и патентообладатель Московский институт инженеров сельскохозяйственного производства им. В.П. Горячкина. – № 1441317/30-15 ; заявл. 25.05.1970 ; опубл. 14.06.1973, Бюл. № 26. – 3 с.
16. Пат. 2276491 Российская Федерация, МПК А01В 35/06, А01В 35/24, А01В 61/04 (2006.01). Культиватор / А.Б. Кудзаев, В.А. Хадаев, А.Э. Цгоев ; заявитель и патентообладатель Горский государственный аграрный университет. – № 2003120295/12 ; заявл. 02.07.2003 ; опубл. 20.05.2006, Бюл. № 14. – 3 с.
17. Пат. 2280343 Российская Федерация, МПК А01В 35/06, А01В 35/24, А01В 61/04 (2006.01). Секция культиватора / А.Б. Кудзаев, В.А. Хадаев, А.Э. Цгоев ; заявитель и патентообладатель Горский государственный аграрный университет. – № 2005104526/12 ; заявл. 18.02.2005 ; опубл. 27.07.2006, Бюл. № 21. – 4 с.

18. Пат. 2435342 Российская Федерация, МПК А01В 15/00 (2006.01). Корпус плуга / Н.Ф. Скурятин, Д.С. Баглай, В.В. Капустин ; заявитель и патентообладатель ФГОУ ВПО «Белгородская государственная сельскохозяйственная академия». – № 2010123607/13 ; заявл. 09.06.2010 ; опубл. 10.12.2011, Бюл. № 34. – 4 с.
19. Пат. 2478270 Российская Федерация, МПК А01В 11/00, А01В 3/36 (2006.01). Навесной вибрирующий плуг / В.В. Василенко, С.В. Василенко, А.А. Мухин ; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО Воронежский ГАУ. – № 2011141674/13 ; заявл. 13.10.2011 ; опубл. 10.04.2013, Бюл. № 10. – 6 с.
20. Пат. 2490844 Российская Федерация, МПК А01В 15/00 А01В 3/28 (2006.01). Плужный корпус / Ю.А. Тырнов, А.В. Балашов, В.П. Белогорский, С.В. Марнов ; заявитель и патентообладатель ГНУ ВНИИТиН Россельхозакадемии. – № 2012125297/13 ; заявл. 18.06.2012 ; опубл. 27.08.2013, Бюл. № 24. – 7 с.
21. Пат. 2506732 Российская Федерация, МПК А01В 3/30 (2006.01). Плуг поворотный с переменной шириной захвата / Ю.А. Тырнов, А.В. Балашов, В.П. Белогорский, С.В. Марнов ; заявитель и патентообладатель ГНУ ВНИИТиН Россельхозакадемии. – № 2012138513/13 ; заявл. 07.09.2012 ; опубл. 20.02.2014, Бюл. № 5. – 8 с.
22. Повышение эффективности вспашки поворотным плугом / А.Н. Зазуля, Ю.А. Тырнов, А.В. Балашов, С.В. Марнов // Техника в сельском хозяйстве. – 2013. – № 1. – С. 4–6.
23. Федоренко И.Я. Теория взаимодействия вибрационных рабочих органов с почвой / И.Я. Федоренко // Тракторы и сельхозмашины. – 2016. – № 3. – С. 15–19.
24. Эффективность использования поворотных плугов для гладкой вспашки почвы / А.Н. Зазуля, А.В. Балашов, В.П. Белогорский и др. // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. – 2013. – № 1. – С. 48–52.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ Принадлежность к организации

Владимир Васильевич Василенко – доктор технических наук, профессор кафедры сельскохозяйственных машин, тракторов и автомобилей ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», Россия, г. Воронеж, e-mail: vladva.vasilenko@yandex.ru.

Сергей Владимирович Василенко – кандидат технических наук, доцент кафедры прикладной механики ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», Россия, г. Воронеж, e-mail: tuli-fruli@mail.ru.

Наталья Митрофановна Дерканосова – доктор технических наук, профессор, врио проректора по учебной работе, зав. кафедрой товароведения и экспертизы товаров ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», Россия, г. Воронеж, e-mail: kommerce05@list.ru.

Татьяна Николаевна Тертычная – доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры технологии хранения и переработки сельскохозяйственной продукции ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», Россия, г. Воронеж, e-mail: tertychnaya777@yandex.ru.

Ким Рубенович Казаров – доктор технических наук, профессор кафедры сельскохозяйственных машин, тракторов и автомобилей ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», Россия, г. Воронеж, e-mail: smachin@agroeng.vsau.ru.

Дата поступления в редакцию 12.11.2020

Дата принятия к печати 22.12.2020

AUTHOR CREDENTIALS Affiliations

Vladimir V. Vasilenko, Doctor of Engineering Sciences, Professor, the Dept. of Agricultural Machinery, Tractors and Cars, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Russia, Voronezh, e-mail: vladva.vasilenko@yandex.ru

Sergey V. Vasilenko, Candidate of Engineering Sciences, Docent, the Dept. of Applied Mechanics, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Russia, Voronezh, e-mail: tuli-fruli@mail.ru.

Natalia M. Derkanosova, Doctor of Engineering Sciences, Professor, Acting Vice Rector for Academic Affairs, Head of the Dept. of Merchandizing and Expert Examination of Goods, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Russia, Voronezh, e-mail: kommerce05@list.ru.

Tatiana N. Tertychnaya, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, the Dept. of Storage and Processing of Agricultural Products Technologies, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Russia, Voronezh, e-mail: tertychnaya777@yandex.ru.

Kim R. Kazarov, Doctor of Engineering Sciences, Professor, the Dept. of Agricultural Machinery, Tractors and Cars, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Russia, Voronezh, e-mail: smachin@agroeng.vsau.ru.

Received November 12, 2020

Accepted after revision December 22, 2020