

3. Добышев, А. С. Энергосберегающие технологии и машины для возделывания сельскохозяйственных культур : монография / А. С. Добышев, Ф. Ф. Зубиков, К. Л. Пузевич ; М-во сел. хоз-ва и продовольствия Респ. Беларусь, Гл. упр. образования, науки и кадров. — Горки : БГСХА, 2014. — 160 с

4. Демшин, С. Л. Результаты исследований почвообрабатывающе-посевного агрегата / С. Л. Демшин, Д. А. Черемисинов // Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве : материалы Междунар. науч.-техн. конф. (Минск, 16—17 окт. 2013 г.) : в 3 т. — Минск, 2014. — Т. 1. — С. 131—138.

5. Заяц, Э. В. Сельскохозяйственные машины : учеб. для студентов учреждений высш. образования по агроном. специальностям / Э. В. Заяц. — Минск : ИВЦ Минфина, 2019. — 451 с.

УДК 631.316.22

А. Н. Новик, Д. А. Нагорный, В. А. Шейпак

Учреждение образования «Барановичский государственный университет», Барановичи, Республика Беларусь

СПОСОБЫ СНИЖЕНИЯ ЭНЕРГОЗАТРАТ ПРИ ГЛУБОКОМ РЫХЛЕНИИ ПОЧВЫ

Введение. Глубокорыхление — самый оптимальный агроприем, позволяющий накопить и запастись влагой в глубоких слоях почвы. Любое орудие, работающее со смещением почвы, борона, культиватор или плуг, способствует созданию такого негативного фактора как плужная подошва. Это уплотнение приводит к тому, что влага не может попасть в более глубокие слои почвы и напитывает только верхние ее слои, что при большом количестве осадков приводит к заболачиванию полей. К числу очевидных негативных последствий переуплотнения почв так же относится увеличение энергоемкости процесса почвообработки. Повышение плотности и твердости почвы вызывает рост тягового сопротивления почвообрабатывающих машин и орудий.

Потребление дизельного топлива согласно данным Национального статистического комитета Республики Беларусь с 2017 на 2018 г. увеличилось на 282 тыс. т или на 10 %, а потребление дизельного топлива в сельском хозяйстве увеличилось резко увеличилось в 2017 г. по сравнению с 2016 на 114 тыс. т и показало небольшой спад в 2018 на 7 тыс. т [1]. Учитывая постоянный рост цен на топливо поиск самых разнообразных путей снижения энергозатрат при почвообработке, даже на несколько процентов, гарантирует большой экономический эффект.

Основная часть. На основании анализа глубокорыхлителей ведущих мировых производителей было выявлено два направления снижения тягового сопротивления: дополнительное воздействие на рабочие органы и оптимизация параметров рабочих органов.

В качестве дополнительного воздействия на рабочий орган в первую очередь следует отнести вибрацию. Еще в начале 30-х годов в России для борьбы с залипанием стали применять вибрацию рабочих органов. При работе глубокорыхлителя совершаются колебания с малой амплитудой, но с большой частотой что позволяет снизить плотность почвы, повысить степень ее крошения, достичь снижения удельных энергозатрат. Вопросу влияния вибрационного воздействия на величину и характер рыхления почвы, а так же тяговое сопротивление, посвящено большое количество работ, наибольшие исследования в плане разработки вибрирующих рабочих органов сделаны А. А. Дубровским [2].

Анализ литературных источников, теоретических и экспериментальных исследований по данной тематике показывает, что любое вибрационное воздействие на рабочий орган делится на активное и пассивное. Активно вибрирующие рабочие органы получают колебательную энергию от дополнительного привода, с помощью которого можно задать частоту и амплитуду колебаний. Известно большое количество таких конструкций активно колеблющихся рабочих органов, но большинство из них нашло применение только в виде экспериментальных моделей. Причина этого в сложной конструкции привода, который усложняет конструкцию глубокорыхлителя. Так же с увеличением скорости движения мощность, потребляемая виброприводом, оказывается больше получаемого от него снижения мощности, так как эффект от вибрации, согласно исследованиям А. А. Дубровского наблюдается лишь до скоростей 0,6...1,0 м / с.

В плане реального практического использования принудительно вибрирующего органа, следует упомянуть итальянскую фирму *Badalini*, которая выпускает глубокорыхлитель VT/TA *Vibrasoil* или глубокорыхлители GP-1-60 и GP-2-60 выпускаемые ООО «Южно-Российский технический центр сельскохозяйственного машиностроения» (Россия) а так же ряд фирм, таких как *Sugano* (Япония), *Jinyuan Machinery* (Китай), *Huai Machinery* (Китай) которые так же выпускают машины с вибрационными рабочими органами (рисунок 1) [3]. Вибрационное воздействие в этих машинах обеспечивается эксцентриковым ротационным механизмом, который приводится в движение от ВОМ трактора и обеспечивает снижение тягового сопротивления.

Несмотря на то, что принудительная вибрация имеет более высокую частоту и амплитуду колебаний, пассивная имеет ряд преимуществ, это простота и дешевизна конструкции, низкая энергоемкость и материалоемкость чем у машин, рабочие органы которых оснащены активным вибратором. Простейшим примером пассивного вибрирующего привода является рабочий орган с пружинным креплением, воспринимающий попеременное сопротивление почвы.

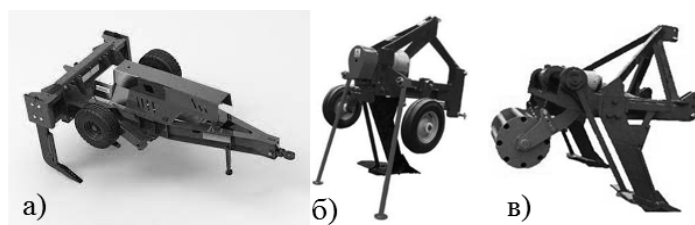


Рисунок 1 — Глубокорыхлители с активными вибрирующими рабочими органами: а — VT/TA *Vibrasoil*; б — GP-1-60; в — GP-2-60

Впервые пружинное крепление рабочего органа было применено в 20-х годах в Европе, благодаря достижениям металлургии в получении легированных пружинных сталей. Пружинное крепление применялось в культиваторах для повышения надежности крепления, так как пружинная стойка способна смягчить удары и давала возможность пружинному органу обходить препятствия, однако потом было замечено, что пружинная стойка способна снижать и тяговое сопротивление.

Значительный вклад в разработку пассивно вибрирующих рабочих органов внес Л. Ф. Бабицкий, который в своих трудах [4] писал, что преимущество вибрационных рабочих органов почвообрабатывающих машин заключается в том, что, концентрируя энергию во времени, они дают возможность использовать ее более рационально и эффективно, а следовательно, являются более экономически выгодными. Однако разработка и внедрение вибрационной техники в почвообработке и других технологических процессах отстает от многих отраслей промышленности. Это объясняется тем, что сельскохозяйственные технологические процессы в большинстве случаев более сложны и более разнообразны, чем промышленные, так как в них принимают участие "живые" объекты — почва, растения, микроорганизмы. В своих трудах Бабицкий Л. Ф. предложил и научно обосновал множество виброударных рабочих органов, работающих в режиме автономной работы без использования дополнительного привода (рисунок 2). Основным конструктивным узлом этих рабочих органов является новый виброударный механизм, который создает силовое поле согласно с фазами деформации и разрушения грунта.

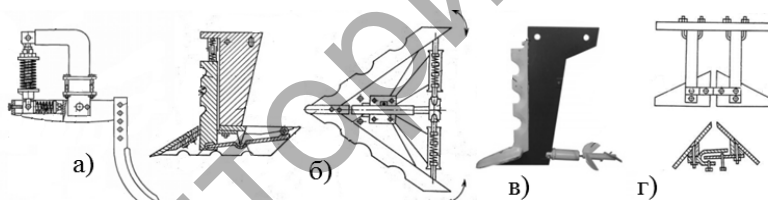


Рисунок 2 — Схемы виброударных рабочих органов: а — по патенту CN 108353540; б — по авторскому свидетельству SU 1243641; в — по патенту RU 2479969; г — по авторскому свидетельству SU 1782362

При работе виброударного рабочего органа периодические изменения силы сопротивления почвы реализуются в данной плоскорезной лапе благодаря зубчатым лемехам, которые осуществляют колебания в горизонтальной плоскости. Для реализации фазы деформации и разрушения почвы увеличивается количество пружинных элементов и вводятся между ними жесткие тела. Они при соударении создают дополнительные импульсные колебания рабочего органа, что влечет за собой более интенсивное разрушение блока почвы и снижение тягового сопротивления орудия (рисунок 2, б). Импульсные колебания могут возбуждаться не только соударением подпружиненных жестких элементов, но и элементами самой конструкции (рисунок 2, г) или подпружиненной стойкой (рисунок 2, в).

Что касается оптимизации параметров глубокорыхлителя, то существуют исследования по изменению формы двух составляющих рабочего органа: долота и стойки. В результате исследования баланса тягового сопротивления чизельных рабочих органов установлено, что наиболее энергоемким элементом конструкции рабочего органа с наклонной стойкой является долото — 56 % от общей энергоемкости, а у рабочего органа с криволинейной стойкой наиболее энергоемка сама стойка — 58 %. Тяговое сопротивление рабочего органа с криволинейной стойкой на 14...17 %, а с наклонной стойкой на 27...29 % меньше, чем серийного долотообразного органа с прямой стойкой [5].

Глубокорыхлители *Digger* фирмы *Farmet* (Чехия) выпускаются с наклонной стойкой, что по данным производителя позволяет значительно снижать тяговое сопротивление (рисунок 3). Чешская фирма *Opal-Agri* выпускает глубокорыхлитель *Hektor 2,5* отличительной особенностью которого является уникальная форма долот, обеспечивающая косой срез почвы и пониженное тяговое сопротивление. Немецкая фирма *Bednar* выпускает глубокорыхлители *Terraland TO* с улучшенной геометрией стоек и возможностью изменять угол работы долот с целью адаптации под различный режим работы [6].

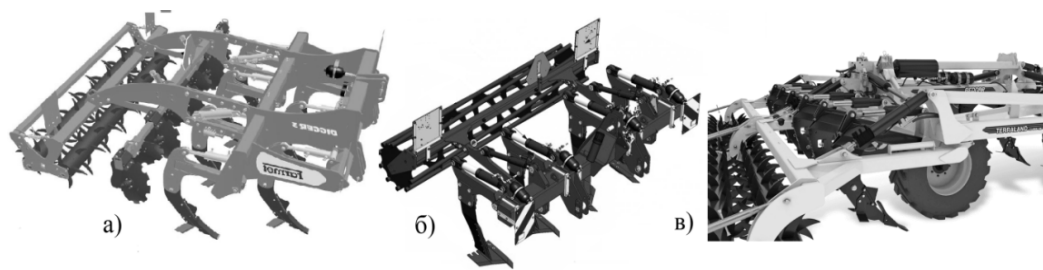


Рисунок 3 — Глубокорыхлители с оптимизированными рабочими органами:
a — Digger (Чехия); *б* — Hektor 2,5 (Чехия); *в* — Terraland TO (Германия)

Заключение. В настоящее время мировые производители техники для глубокого рыхления практически отказались от использования базовых стоек с прямым углом вхождения в почву, заменяя их криволинейными или наклонными, так же изменяется геометрия долот с целью снижения энергозатрат на обработку почвы и лучшего ее крошения. Существует достаточное количество конструкций глубокорыхлителей с применением вибрации стоек, которая по источнику возникновения может быть активной либо пассивной. Вибрация обеспечивает колебания стоек с малой амплитудой и высокой частотой, для лучшего разуплотнения и снижения сопротивления проникновению рабочего органа в почву.

Список цитируемых источников

1. Конечное потребление топливно-энергетических ресурсов по видам топлива и энергии [Электронный ресурс] // Нац. стат. ком. Респ. Беларусь. — Режим доступа : https://www.belstat.gov.by/upload-belstat/upload-belstat-excel/Official_statistika/Godovwe/Konechene_potrebl_TER_po_vidam_topлива-19.xlsx . — Дата доступа : 25.04.2022.
2. Дубровский, А. А. Вибрационная техника в сельском хозяйстве / А. А. Дубровский. — М. : Машиностроение, 1968. — 204 с.
3. Каталог продукции Badalini [Электронный ресурс] // Machine Agricole BADALINI. — Режим доступа : <https://www.badalini.it/machine-agricole/#tipuntatori> . — Дата доступа : 25.04.2022.
4. Бабицкий, Л. Ф. Біонічні напрями розробки ґрунтообробних машин / Л. Ф. Бабицкий. — К. : Урожай, 1998. — 164 с.
5. Тряпичин, Д. А. Чизельные орудия с наклонными стойками рабочих органов / Тракторное и сельскохозяйственное машиностроение: Экспресс-информ. — М. : ЦНИИТЭИ, 1986. — Вып. 12. — 7 с.
6. Каталог продукции «Farmet» [Электронный ресурс] // Официальный сайт Farmet a.s. — Режим доступа : <https://www.farmet.cz/ru/deep-cultivator-digger#tab-CustomTab-882> . — Дата доступа : 19.03.2020

УДК 631.316.22

А. Н. Новик, В. А. Шейпак, Д. А. Нагорный

Учреждение образования «Барановичский государственный университет», Барановичи, Республика Беларусь

ОБЗОР РАБОЧИХ ОРГАНОВ КУЛЬТИВАТОРОВ ДЛЯ ГЛУБОКОЙ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ

Введение. Как известно, обработка почвы является самым энергоемким процессом, на которую приходится до 40 % энергозатрат от всего объема полевых работ. Основным критерием экономической эффективности любого приема обработки почвы является повышение урожайности возделываемых культур. В современных условиях в результате использования энергонасыщенной и тяжелой техники вследствие ее многократного прохода на полях происходит уплотнение почвы на значительную глубину. Уплотненная почва и «плужная подошва» появляются после ежегодной вспашки отвальными плугами на постоянную глубину, препятствуют проникновению корневой системы в нижние слои почвы и способствуют застою воды в пахотном горизонте, ухудшают водно-воздушный режим корневой системы растений и в конечном итоге приводят к снижению урожайности [1, 2]. Эти отрицательные явления можно устранить, используя глубокое рыхление почвы на глубину 35...40 см и более, при помощи различных глубокорыхлителей и культиваторов для глубокой обработки почв.

Основная часть. Был проведен патентный поиск и анализ конструкций рабочих органов культиваторов для глубокой обработки почвы Беларуси, России и Европы. Патентный поиск был выполнен по классам МПК (A01B 13/16 — универсальный глубокорыхлитель; A01B 35/26, A01B 13/16 — рабочий орган для щелевания почвы; A01B 35/26, A01B 15/00, A01B 13/00 — рабочий орган глубокорыхлителя). На рисунке 1 изображены рабочие органы культиваторов-глубокорыхлителей по исследованным патентам.