УДК 68.85.29

Поступила в редакцию 09.01.2025
Received 09.01.2025

Н. Д. Лепешкин[1], В. В. Мижурин[1], Ю. В. Синяк[2]

[1]РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»
г. Минск, Республика Беларусь
E-mail: mehposev@mail.ru
[2]УО «Белорусский государственный аграрный университет»
г. Минск, Республика Беларусь

К ОБОСНОВАНИЮ ПРИНЦИПИАЛЬНОЙ СХЕМЫ И ТИПА РАБОЧИХ ОРГАНОВ АГРЕГАТА ДЛЯ ОСНОВНОЙ БЕЗОТВАЛЬНОЙ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ

Аннотация. В статье приведено обоснование технологического процесса, принципиальной схемы и типа рабочих органов перспективного агрегата почвообрабатывающего модульного для основной безотвальной обработки почвы. Агрегат должен иметь три установленных в следующей последовательности модуля: первый – измельчающий модуль с дисковыми сферическими или волнистыми дисками; второй – рыхлительный, с рабочими органами чизельного типа; третий – выравнивающе-прикатывающий модуль с выравнивающими рабочими органами и прикатывающими катками.

Ключевые слова: почвообрабатывающий агрегат, принципиальная схема, почвообрабатывающий модуль, рыхлительные рабочие органы, дисковые рабочие органы, выравнивающе-прикатывающие рабочие органы.

N. D. Lepeshkin[1], V. V. Mizhurin[1], Y. V. Sinyak[2]

[1]SUE "SPC NAS of Belarus for Agricultural Mechanization"
Minsk, Republic of Belarus
E-mail: mehposev@mail.ru
[2]IE "Belarusian State Agrarian Technical University"
Minsk, Republic of Belarus

ON THE JUSTIFICATION OF THE PRINCIPAL DIAGRAM AND TYPE OF WORKING ENGINES OF THE UNIT FOR BASIC NON-MILLBOARD SOIL TILLAGE

Abstract. The article provides a rationale for the technological process, schematic diagram and type of working parts of a promising modular tillage unit for basic non-moldboard tillage. The unit must have three modules installed in the following sequence: in front – a grinding module with spherical or wavy disks, then – a loosening module with chisel-type working bodies, at the back – a leveling and compacting module with leveling working bodies and compacting rollers.

Keywords: soil-cultivating unit, schematic diagram, soil-cultivating module, loosening working elements, disk working elements, leveling and compacting working elements.

Введение

Одним из направлений совершенствования системы обработки почвы в современном земледелии, которая в основном базируется на отвальной обработке почвы и сопровождается увеличением мощности и производительности машин, является ее минимализация. Необходимость такой обработки почвы предусмотрена Национальным планом действий по предотвращению деградации земель (почв) на 2021–2025 гг., утвержденным постановлением Совета Министров Республики Беларусь 15 июня 2021 г. № 341 (пункт 19) [1].

Для осуществления безотвальных (минимальных) приемов обработки почвы в последние годы в республике разработан и освоен в производстве ряд комбинированных почвообрабатывающих агрегатов с дисковыми, рыхлительными и прикатывающими рабочими органами, выполняющих

в основном либо поверхностные и мелкие обработки, либо обычные и глубокие обработки почвы, что ведет к увеличению как парка сельхозмашин, так и тракторов для их агрегатирования. Поэтому требуется разработка и освоение агрегата почвообрабатывающего, обеспечивающего как мелкие, так и глубокие обработки.

В связи с этим целью исследований, представленных в данной статье, является обоснование для условий Республики Беларусь принципиальной схемы и типа рабочих органов агрегата почвообрабатывающего для основной безотвальной обработки почвы на глубину от 6 до 30 см.

Основная часть

Агрегат почвообрабатывающий модульный должен применяться для основной безотвальной обработки почвы, в том числе и на склонах, под озимые, яровые, промежуточные культуры и под зябь при абсолютной влажности почвы не более 25 % и твердости не более 4,5 Мпа и обеспечивать глубину обработки от 6 до 30 см. При этом должно быть обеспечено полное подрезание стерни и сорных растений. Гребнистость поверхности почвы после прохода агрегата не должна превышать 4 см. Не менее 50 % пожнивных остатков должно быть заделано в слое почвы от 0 до 10 см. Плотность почвы в слоях (катки) должна быть 0,95–1,3 г/см^3. Рабочие органы агрегата должны обеспечивать степень крошения почвы (размер комков – до 25 мм включительно) не менее 80 %. При этом не должно увеличиваться содержание эрозионно опасных частиц в слое 0–5 см. Забивание рабочих органов не допускается [2].

С учетом агротехнических требований разработаем технологический процесс основной обработки почвы.

На рисунке 1 представлена схема профиля необработанного поля, который включает:

– растительные остатки в виде стерни *1*;

– полову и измельченную солому *2*;

– пахотный слой *3*;

– плужную подошву *4*;

– подпахотный слой *5*.

Технологический процесс, который должен выполнять агрегат, с учетом схемы профиля необработанного поля (рисунок 1) можно представить в виде схемы (рисунок 2), где выполнение процесса будет осуществляться дисковыми, рыхлительными и прикатывающими рабочими органами в несколько этапов. При выполнении этапа 1 (рисунок 2, *а*) дисковыми рабочими органами *1* производится мульчирующая обработка верхнего слоя почвы *2* на глубину $a_1 < 12$ см.

На этом этапе происходит полное подрезание стерни и сорняков, а также их измельчение и перемешивание с почвой. При этом мульчирующая обработка производится равномерно по всей глубине слоя a_1.

На втором этапе (рисунок 2, *б*) рыхлительные рабочие органы *3* производят нарезание щелей *4* в пахотном слое на глубину a_2 (до 20–22 см), а при необходимости (в случае наличия плужной подошвы) на глубину a_3 (до 30 см).

Одновременно с нарезанием щелей производится крошение почвы на всю глубину щели под углом (α) к дну обрабатываемого слоя, равным примерно 45°. Поскольку щели нарезаются на определенном расстоянии друг от друга, то под дном борозды образуются неразрушенные гребни 5, которые способствуют накоплению влаги, особенно на склонах. Наряду с крошением, образованием щелей и гребней при выполнении этапа 2 происходит перемещение раскрошенной почвы на дневную поверхность поля. В результате образуются валики *6*. Для обеспечения требуемой гребнистости поверхности поля и плотности в слоях производится 3-й (рисунок 2, *в*) и 4-й (рисунок 2, *г*) этапы. При выполнении этапа 3 дисковым *7* или другим рабочим органом производится выравнивание валиков *6* до гребнистости не более 7 см. Окончательное выравнивание поверхности до гребнистости (*h*) не более 4 см, крошение (размер комков до 25 мм не менее 80 %) и уплотнение в слое (катки) до 0,95–1,3 г/см^3 производится при выполнении этапа 4 (рисунок 2, *г*) с помощью прикатывающих катков *8*.

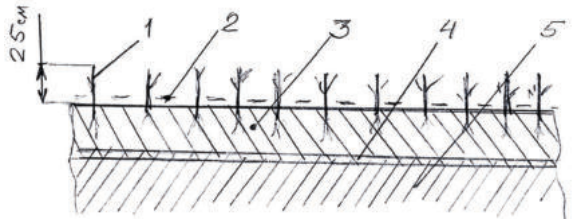
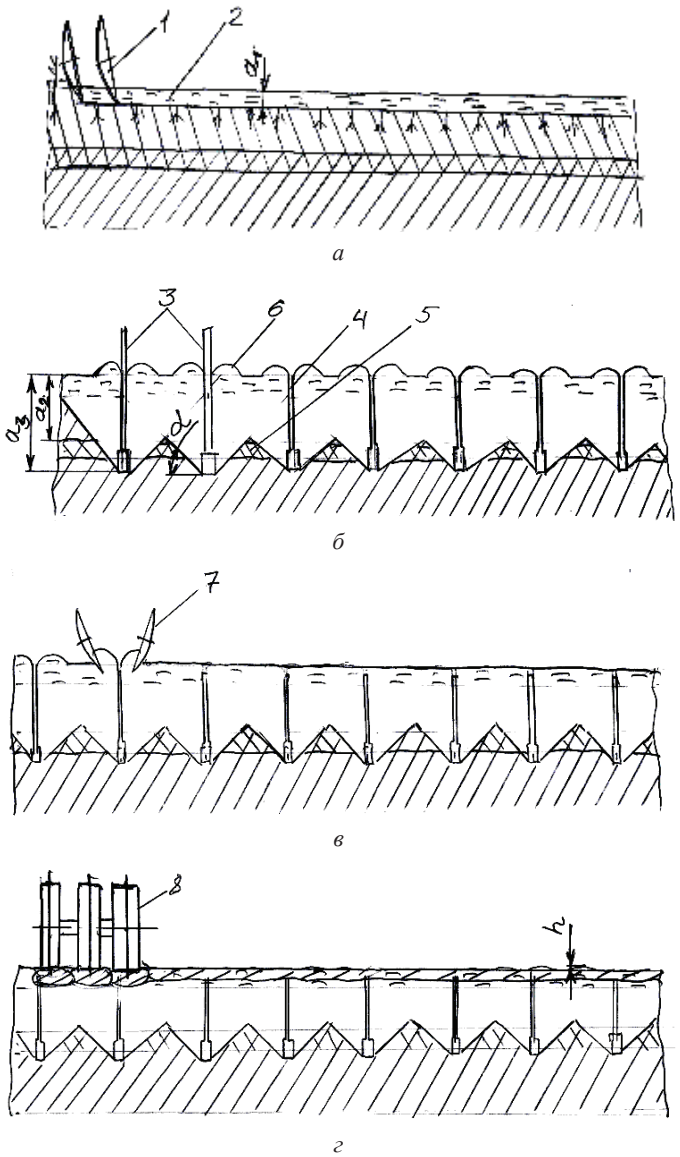


Рисунок 1 – Схема профиля необработанного слоя: *1* – стерня; *2* – полова, измельченная солома; *3* – пахотный слой; *4* – плужная подошва; *5* – подпахотный слой



а

б

в

г

Рисунок 2 – Схемы выполнения технологического процесса основной безотвальной обработки почвы: *а* – этап 1; *б* – этап 2; *в* – этап 3; *г* – этап 4; *1* – дисковый рабочий орган; *2* – мульчирующий слой; *3* – рыхлительный рабочий орган; *4* – щель; *5* – гребень; *6* – валик; *7* – выравнивающий рабочий орган; *8* – прикатывающий рабочий орган

Анализ профиля (рисунок 2, *г*) после проведения четырех этапов показывает, что он будет содержать выровненный и подуплотненный верхний мульчирующий слой, состоящий из раскрошенной почвы, стерни, измельченной соломы и других растительных остатков. Ниже мульчирующего слоя почва будет раскрошена на требуемые фракции. При этом в обработанном слое будут присутствовать щели, по которым влага будет поступать в обработанный слой почвы, а на

дне обработанного слоя почвы будут присутствовать гребни, которые будут способствовать накоплению влаги.

В случае проведения только поверхностной обработки (до 8 см) этап 2 и 3 исключается, а при обработке профиля поля, на котором отсутствует растительность (зябь), исключается этап 1.

Предложенная рациональная технология основной безотвальной обработки почвы является базой для разработки принципиальной схемы агрегата.

К настоящему времени для безотвальной обработки почвы, в том числе и с участием РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства» разработан ряд почвообрабатывающих агрегатов, способных за один проход выполнять рассмотренный выше технологический процесс основной обработки почвы. Такими агрегатами, производимыми в республике, являются диско-лаповые культиваторы КДЛ-4 (ОАО «Амкодор» – управляющая компания холдинга»), чизельно-дисковый культиватор КЧД-6 (ОАО «Лунинецкий ремонтный завод»), агрегат безотвальной обработки почвы АБТ-4 (ОАО «Витебский МРЗ»), агрегат для минимальной обработки почвы АКМ-6 (ОАО «Пинский ЭРЗ»), АПМ-6 (ОАО «Бобруйскселькмаш»).

Анализ этих агрегатов показал, что основными признаками, характеризующими их принципиальные схемы, являются тип, последовательность размещения и взаиморасположение рабочих органов на раме, их связь с рамой и регулировки, а также комплектация агрегатов сменными рабочими органами.

Данные агрегаты, как правило, комплектуются дисковыми, рыхлительными, выравнивающими и прикатывающими рабочими органами. При этом (за исключением агрегата АПМ-6) их дисковые и рыхлительные рабочие органы бессменно устанавливаются на раме (рисунок 3) и имеют различную последовательность размещения.

На рисунке 3, *а* представлен чизельно-дисковый культиватор КЧД-6 с рыхлительными рабочими органами, размещенными перед дисковыми рабочими органами, на рисунке 3, *б* и 3, *в* – агрегаты АКМ-6 и АБТ-4 с рыхлительными рабочими органами, установленными между дисковыми рабочими органами, на рисунке 3, *г* – культиватор диско-лаповый КДЛ-4 с рыхлительными рабочими органами, установленными за дисковыми рабочими органами.

Наряду со схемами, которые предусматривают бессменную установку на раме дисковых и рыхлительных рабочих органов, определенный интерес представляет конструкция многофункционального агрегата АПМ-6, в которой возможна смена мест установки на несущей раме дисковых и рыхлительных рабочих органов (рисунок 4), что позволяет устанавливать на агрегате в зависимости от почвенных условий и фона блок рыхлительных рабочих органов после блока дисков и наоборот.

Вместе с тем практика использования в условиях Республики Беларусь агрегатов с различными схемами расстановки дисковых и рыхлительных рабочих органов показывает, что с учетом фитосанитарного состояния полей и обрабатываемых агрофонов наиболее приемлемой является схема, где дисковые рабочие органы установлены перед рыхлительными. Только при такой расстановке рабочих органов агрегат может обеспечить как качество, так и надежность выполняемого им технологического процесса при обработке засоренных агрофонов и агрофонов после уборки длинностебельных культур. Наряду с этим, дисковые рабочие органы при их одинаковом заглублении более интенсивно крошат неразрыхленный пласт, чем разрыхленный. Кроме того, такая схема наиболее полно обеспечивает выполнение предложенной выше технологии. Следует также отметить, что установка дисков перед рыхлительными рабочими органами предусматривает использование принципа послойной обработки почвы, что позволяет снизить тяговое сопротивление рыхлительных рабочих органов.

Что касается установки рыхлительных рабочих органов перед дисками, то она предпочтительнее только при обработке уплотненных почв (более 3,5 МПа), ввиду трудной заглубляемости дисков на таких почвах.

Агрегаты с рыхлительными рабочими органами, установленными между дисками (рисунок 2) также эффективны только при обработке уплотненных почв, в том числе и фонов с пожнивными остатками.

а

б

в

г

Рисунок 3 – Отечественные почвообрабатывающие агрегаты и культиваторы с разной последовательностью расположения рыхлительных и дисковых рабочих органов: *а* – культиватор чизельный КЧД-6; *б* – агрегат для минимальной обработки почвы АКМ-6; *в* – агрегат для безотвальной обработки почвы АБТ-4; *г* – культиватор диско-лаповый КДЛ-4

Рисунок 4 – Многофункциональный почвообрабатывающий агрегат АПМ-6

Таким образом, с учетом условий республики, где преобладают легкие почвы, а агрофоны в большинстве своем засорены неизмельченными растительными остатками, рыхлительные рабочие органы на новом агрегате следует устанавливать после дисковых, а для обработки уплотненных почв предусматривать возможность выглубления дисков.

Анализ импортных аналогов с рыхлительными рабочими органами, установленными после дисковых, например, культиватора Tiger TM (Horsch, Германия) и культиватора TopDown (Vaderstad, Швеция) показывает, что их отличительной особенностью является то, что они имеют модульную конструкцию, позволяющую производить во время работы раздельную регулировку глубины обработки дисковых и рыхлительных рабочих органов. При этом обработка дисковыми рабочими органами может производиться на глубину до 15 см, а рыхлительными – от 5 до 25 см (TopDown фирмы Vaderstad, Швеция) или от 5 до 35 см (Tigger TM фирмы Horsch, Германия). Кроме того, особенностью данных агрегатов является и то, что при необходимости два ряда передних дисков могут выглубляться.

Используя результаты анализа конструкций почвообрабатывающих агрегатов для основной обработки почвы, а также схему рационального технологического процесса основной безотвальной обработки почвы (рисунок 2), предлагаем принципиальную схему агрегата для безотвальной обработки почвы, которая изображена на рисунке 5.

Агрегат (рисунок 5) должен содержать три последовательно установленных модуля:

– I – измельчающий с дисковыми рабочими органами;

– II – рыхлительный с рыхлительными рабочими органами;

– III – выравнивающе-прикатывающий с выравнивающими и прикатывающими рабочими органами.

В последние годы создано значительное количество различных конструкций рабочих органов, которые можно использовать в модулях. Ранее проведенные исследования по выбору типа рабочих органов, которые изложены в работах [3–5] показывают, что с учетом достоинств и недостатков различных рабочих органов при комплектовании почвообрабатывающего агрегата для основной безотвальной обработки почвы целесообразно использовать следующие их типы.

Дисковые рабочие органы для работы в системе традиционного земледелия должны включать сферические вырезные диски, а для работы в системе почвозащитного земледелия включать волнистые диски, т. е. быть волнистого типа. При этом искривление волны должно проходить не от центра диска, а на некотором расстоянии по радиусу и под углом к нему. Рыхлительные рабочие органы должны быть чизельного типа и состоять из криволинейной жесткой стойки, наральника (долота) и съемной лапы, которая устанавливается при сплошной обработке почвы. Выравнивающие рабочие органы должны быть в виде вырезных дисков, подпружиненных планок или рессорных выравнивателей. Прикатывающие рабочие органы должны быть в виде кольчатого катка с U- или Т-образными кольцами.

Таким образом, обоснованные для условий Республики Беларусь принципиальная схема и тип рабочих органов, способных обеспечивать предъявляемые к ним требования, могут стать основой для разработки конструкции нового агрегата.

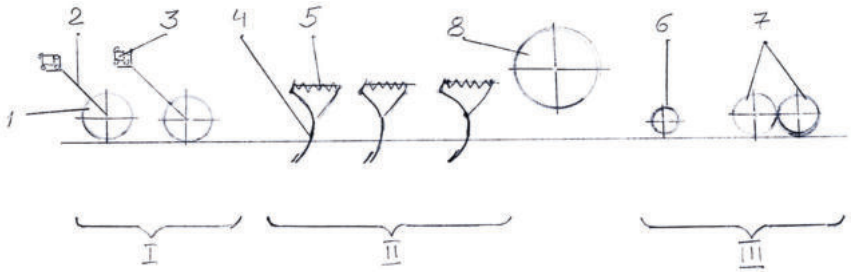


Рисунок 5 – Принципиальная схема модульного агрегата для безотвальной обработки почвы:
I – измельчающий модуль; II – рыхлительный модуль; III – выравнивающе-прикатывающий модуль; *1* – диск;
2 – стока; *3* – амортизатор; *4* – жесткая стойка; *5* – пружинная защита; *6* – выравнивающие рабочие органы;
7 – прикатывающие рабочие органы

Заключение

В результате проведенных исследований по обоснованию принципиальной схемы и типа рабочих органов агрегата почвообрабатывающего модульного для безотвальной обработки почвы установлено, что агрегат должен содержать три последовательно установленных модуля:

– измельчающий с дисковыми рабочими органами в виде сферических или волнистых дисков;

– рыхлительный с рабочими органами чизеленного типа;

– выравнивающе-прикатывающий с выравнивающими рабочими органами и катками.

Конструктивными особенностями предложенной схемы агрегата являются:

1. Широкий диапазон глубины обработки (от 6 до 30 см), что увеличивает годовую загрузку агрегата и уменьшает номенклатуру агрегатов для основной безотвальной обработки почвы.

2. Модульная конструкция, где рабочие органы установлены на трех модулях: измельчающий с дисковыми рабочими органами; рыхлительный с чизельными рабочими органами и выравнивающе-прикатывающий с выравнивающими рабочими органами и катками. Такая конструкция позволяет комплектовать агрегат, в зависимости от условий, модулями с различными рабочими органами. Например, измельчающий модуль – сферическими или волнистыми дисками, выравнивающе-прикатывающий – кольчатыми или шинными катками.

3. Установка модуля с дисками перед модулем с рыхлительными рабочими органами обеспечивает послойное рыхление почвы, что снижает тяговое сопротивление агрегата. При этом обеспечивается надежная работа агрегата на почвах с большим количеством растительных остатков.

4. Предусмотрена возможность выглублять модуль с дисками, что позволяет использовать агрегат даже на почвах с твердостью более 3,5 МПа, т. е. расширяет его функциональные возможности.

5. При необходимости можно также отсоединять или выглублять выравнивающе-прикатывающий модуль для подготовки почвы на зябь.

6. Имеется возможность раздельного регулирования глубины хода рабочих органов, в том числе и во время работы агрегата.

Список использованных источников

1. Постановление Совета Министров Республики Беларусь от 15 июня 2021 г. № 341 / Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь. – URL: https://pravo.by/document/?guid=12551&p0=C22100341 (дата обращения: 27.12.2024).

2. ТКП 079-2007 (02150) СТОАИСТ 10 4.6-2003. Сельскохозяйственная техника. Машины почвообрабатывающие. Правила установления показателей назначения. – Минск : РУП «Белорусский научный институт внедрения новых форм хозяйствования в АПК». – 2007. – 27 с.

3. Лепешкин, Н. Д. К обоснованию типа дискового рабочего органа почвообрабатывающего агрегата для влагонакопления и влагозадержания на склоновых землях / Н. Д. Лепешкин // Механизация и электрификация сельского хозяйства : межвед. темат. сб. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Минск, 2022. – Вып. 55. – С. 148–157.

4. Лепешкин, Н. Д. К обоснованию типа рыхлительных рабочих органов почвообрабатывающего агрегата для влагонакопления и влагозадержания на склоновых землях / Н. Д. Лепешкин, В. В. Мижурин // Механизация и электрификация сельского хозяйства : межвед. темат. сб. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Минск, 2022. – Вып. 55. – С. 138–147.

5. Лепешкин, Н. Д. К обоснованию типа катковых рабочих органов почвообрабатывающего агрегата для влагозадержания и влагонакопления на склоновых землях / Н. Д. Лепешкин, В. К. Клыбик, В. В. Мижурин // Механизация и электрификация сельского хозяйства : межвед. темат. сб. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Минск, 2022. – Вып. 55. – С. 121–127.