

4. Необходимо создание нового поколения прицепного льнокомбайна для уборки семеноводческих посевов с возможностью оперативного изменения скоростных режимов работы их теребильных аппаратов, а также создание нового поколения самоходного двухпоточного комбайна.

5. Необходим дальнейший выпуск ворошилок-вспушителей лент льна ВВЛ-3, обеспечивающих качественное вспушивание трех лент льна за один проход агрегата, а также освоение производства отечественного самоходного пресс-подборщика ПЛС-1, оборудованного системами гидропривода и оперативного управления рабочим процессом.

#### Список использованных источников

1. Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по механизации сельского хозяйства [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://belagromech.by>. – Дата доступа: 24.06.2022.

УДК 631.333

Поступила в редакцию 05.10.2022  
Received 05.10.2022

**Э. В. Дыба<sup>1</sup>, В. В. Микульский<sup>1</sup>, Л. И. Трофимович<sup>1</sup>, А. И. Пунько<sup>2</sup>, А. Ч. Свидович<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»  
г. Минск, Республика Беларусь  
E-mail: [dibua-18@mail.ru](mailto:dibua-18@mail.ru)

<sup>2</sup> УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»  
г. Минск, Республика Беларусь  
E-mail: [punko@tut.by](mailto:punko@tut.by)

### ОБОСНОВАНИЕ ОСНОВНЫХ КОНСТРУКТИВНЫХ И КИНЕМАТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ КОМБИНИРОВАННОГО РАБОЧЕГО ОРГАНА ДЛЯ ВНЕСЕНИЯ МЕЛИОРАНТОВ

*Аннотация.* В статье изложены результаты расчетов и конструктивных и кинематических параметров конструкции для обоснования комбинированного рабочего органа к отечественной транспортно-технологической системе СТТ-25.

*Ключевые слова:* кислотность почвы, известкование, мелиоранты, сыромолотый доломит, дефекаат, разбрасыватель органических удобрений, рабочие органы.

**E. V. Dyba<sup>1</sup>, V. V. Mikulski<sup>1</sup>, L. I. Trofimovich<sup>1</sup>, A. I. Punko<sup>2</sup>, A. C. Svidovich<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> RUE "SPC NAS of Belarus for Agriculture Mechanization"  
Minsk, Republic of Belarus  
E-mail: [dibua-18@mail.ru](mailto:dibua-18@mail.ru)

<sup>2</sup> EI "Belarusian State Agrarian Technical University"  
Minsk, Republic of Belarus  
E-mail: [punko@tut.by](mailto:punko@tut.by)

### JUSTIFICATION OF THE MAIN STRUCTURAL AND KINEMATIC PARAMETERS OF A COMBINED WORKING BODY FOR MELIORANT APPLICATION

*Abstract.* The article describes the results of calculations and structural and kinematic parameters of the structure to justify the combined working body to the domestic transport and technological system of the STT-25.

*Keywords:* soil acidity, liming, meliorants, raw ground dolomite, defecate, organic fertilizer spreader, working organs.

#### Введение

Целью выполняемого научного проекта является обоснование конструктивных и кинематических параметров комбинированного рабочего органа, обеспечивающих агротехнические требования внесения новых видов мелиорантов (сыромолотого доломита, дефеката).

Техническая сущность модернизации комбинированного рабочего органа транспортно-технологической системы СТТ-25 заключается в использовании на бiteraх сегментов с фрезерными зубьями для более качественного измельчения любых сельскохозяйственных материалов, а также изменение конструкции шибера разбрасывателя для обеспечения подачи как твёрдых органических удобрений, так и известковых материалов.

### Основная часть

Для выполнения поставленных задач – внесения таких мелиорантов, как сыромолотый доломит и дефекат – предложена новая конструкция комбинированного рабочего органа.

В соответствии с рис. 1 он состоит из фрезерного агрегата 1, дискового распределителя 2, клапана 3, предохранительного щитка 4 с левым и правым талрепами 5 и ограничителя распределения материалов 6, который приводится в движение от гидросистемы трактора через гидроцилиндр 7. Предохранительный щиток служит для предохранения от попадания в комбинированный рабочий орган крупных посторонних предметов. Осуществляется данный процесс путём откидывания щитка в момент удара постороннего предмета о внутреннюю часть самого предохранительного щитка. После вылета постороннего предмета закрытие щитка производится автоматически посредством пружин 8.

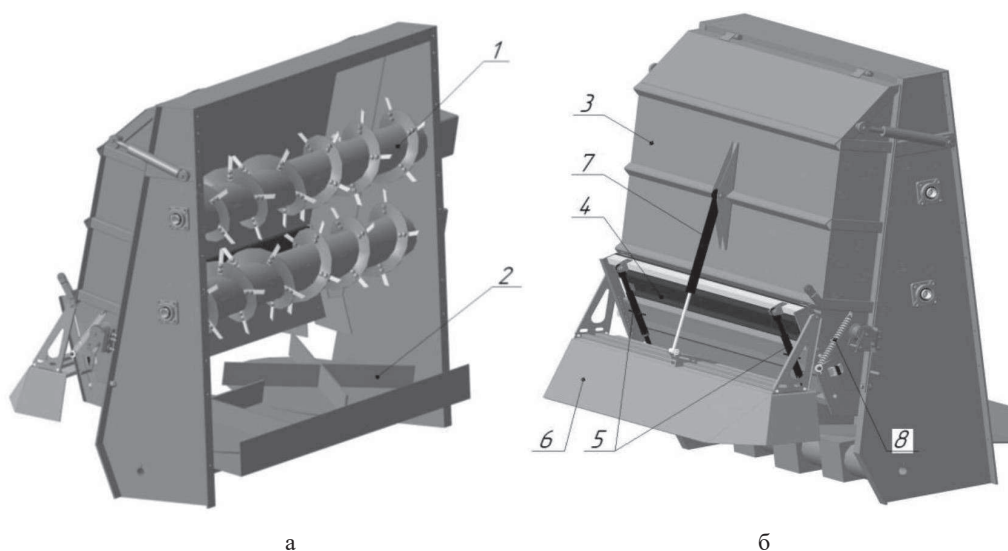


Рис. 1. Схема комбинированного рабочего органа для внесения мелиорантов:  
а – вид сзади; б – вид спереди; 1 – фрезерный агрегат; 2 – дисковый распределитель; 3 – клапан;  
4 – предохранительный щиток; 5 – талрепы; 6 – ограничитель распределения; 7 – гидроцилиндр; 8 – пружины  
предохранительные

Привод комбинированного рабочего органа для внесения мелиорантов осуществляется от ВОМ трактора. Регулировка зазора между нижней частью предохранительного щитка и верхней частью лопатки диска осуществляется ручным способом при помощи левого и правого талрепов 5.

Форма лопаток, а также форма сегментов фрезерного агрегата и их количество будут определены экспериментально.

Технологический процесс работы системы с комбинированным рабочим органом для внесения мелиорантов протекает следующим образом: при поступательном движении агрегата верхняя ветвь транспортера, перемещаясь с небольшой скоростью назад вдоль кузова, подводит слой удобрений к вращающимся шнековым барабанам. Нижний измельчающий барабан шнековой лентой с прерывистым зубчатым профилем разрыхляет, измельчает массу и ровным слоем перебрасывает через себя. Верхний разбрасывающий барабан, вращаясь в том же направлении, что и нижний, принимает от него удобрения, выравнивает, дополнительно измельчает, подаёт на разбрасывающие диски, которые распределяют удобрения по поверхности поля.

Рассмотрим совместную технологическую схему работы фрезерного агрегата и подающего транспортера (рис. 2).

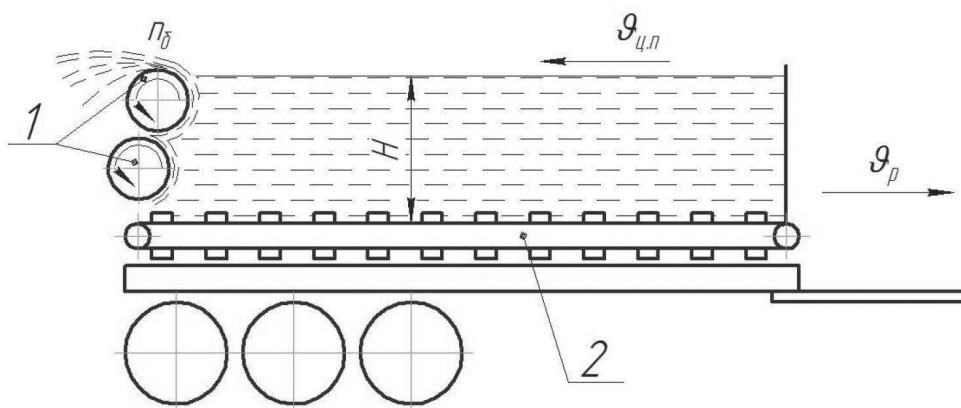


Рис. 2. Технологическая схема работы фрезерного агрегата и подающего транспортера:  
1 – фрезерный агрегат; 2 – подающий цепочно-планчатый транспортёр

Из рис. 2 видно, что скорость движения транспортера необходимо определять исходя из секундной подачи материала [1]. В свою очередь, масса сброшенных на поле материалов в секунду составит:

$$Q_{ц.п.} = \vartheta_{ц.п.} \cdot H \cdot L_{\delta} \cdot \gamma \cdot k, \quad (1)$$

где  $\vartheta_{ц.п.}$  – скорость перемещения транспортера, м/с;  $H$  – высота слоя материала на цепочно-планчатом транспортере, м;  $L_{\delta}$  – длина шнекового барабана, м;  $\gamma$  – насыпная плотность материала, кг/м<sup>3</sup>;  $k$  – поправочный коэффициент.

Норма внесения материала  $Q_n$  на единицу площади находится в прямой зависимости от секундного расхода:

$$Q_n = \frac{Q_{ц.п.}}{B_p \cdot \vartheta_p}, \quad (2)$$

где  $B_p$  – рабочая ширина захвата машины, м;  $\vartheta_p$  – рабочая скорость агрегата, м/с.

Принимая во внимание выражение (1) и подставляя значение  $Q_{ц.п.}$  в формулу (2), получим:

$$Q_n = \frac{\vartheta_{ц.п.} \cdot H \cdot L_{\delta} \cdot \gamma \cdot k}{B_p \cdot \vartheta_p}.$$

Для определённых марок машин величины  $H$ ,  $L_{\delta}$ ,  $B_p$  постоянны, поэтому их можно выразить в виде постоянного коэффициента

$$C = \frac{H \cdot L_{\delta}}{B_p}. \quad (3)$$

Тогда норма внесения может быть определена следующим образом:

$$Q_n = C \frac{\vartheta_{ц.п.} \cdot \gamma \cdot k}{\vartheta_p}. \quad (4)$$

Из формулы (4) следует, что количество материала, вносимого на поле, можно регулировать, изменяя скорость движения транспортера и машины. Кроме того, это количество зависит от насыпной плотности материала, на которую влияют влажность и состав материала. Отсюда следует, что регулировка необходима в каждом отдельном случае при изменении влажности и других физико-механических свойств материала, включая липкость.

Работу комбинированного рабочего органа можно представить как работу дозатора, в котором процесс перемещения материала совмещен с расходом (дозированием) по его длине через распределяющие диски, расположенные в нижней части комбинированного рабочего органа. При этом происходят три взаимосвязанных поочередных процесса: приём материала, перемещение его внутри комбинированного рабочего органа и дозирование, – характеризующихся производительностью подающего цепочно-планчатого транспортера –  $Q_{ц.п.}$ , измельчающих винтовых барабанов –  $Q_{б.}$  и распределяющих дисков –  $Q_{д.}$  соответственно. В этом случае для обеспечения достаточного заполнения распределяющих дисков необходимо, чтобы выполнялось следующее условие:

$$Q_{ц.п.} \leq Q_{б.} \leq Q_{д.}, \quad (5)$$

В связи с тем, что любая машина должна обеспечивать внесение материала в широком диапазоне доз, дальнейшую взаимоувязку параметров выполним, исходя из условия обеспечения внесения максимальной погектарной дозы.

Суммарная производительность распределяющих дисков определяется по формуле:

$$Q_{ц.п.} = 10^{-4} D_{\max.вн.} \cdot B_p \cdot \vartheta_p, \quad (6)$$

где  $D_{\max.вн.}$  – максимальная доза внесения материала, кг/га.

Подставив в формулу (5) формулы (1) и (6), получим:

$$\vartheta_{ц.п.} \cdot H \cdot L_{б.} \cdot \gamma \cdot k \leq 10^{-4} D_{вн.} \cdot B_p \cdot \vartheta_p$$

Откуда скорость перемещения цепочно-планчатого транспортера, с учетом формулы (3), при которой будет обеспечиваться максимальная требуемая производительность  $Q_{ц.п.}$ :

$$\vartheta_{ц.п.} \leq \frac{10^{-4} D_{\max.вн.} \cdot \vartheta_p}{C \cdot \gamma \cdot k}.$$

Производительность измельчающих барабанов определяется по формуле:

$$Q_{б.} = b \cdot h \cdot \vartheta_0 \cdot \gamma, \quad (7)$$

где  $b$  – ширина захвата массы шнековым барабаном, м;  $h$  – высота захвата массы шнековым барабаном, м;  $\vartheta_0$  – окружная скорость шнекового барабана, м/с.

Окружную скорость шнекового барабана можно определить по формуле

$$\vartheta_0 = \frac{\pi \cdot n_{б.} \cdot d_{б.}}{60},$$

где  $n_{б.}$  – частота вращения шнекового барабана, мин<sup>-1</sup>;  $d_{б.}$  – диаметр шнекового барабана, м.

Тогда, подставляя значение  $\vartheta_0$  в формулу (7), с учетом неравенства (5) и преобразований получим:

$$n_{б.} \geq \frac{3600 \cdot \vartheta_{ц.п.} \cdot H \cdot L_{б.} \cdot k}{b \cdot h \cdot \pi \cdot d_{б.}},$$

где высоту захвата массы шнековым барабаном (рис. 2) можно определить по формуле

$$h = \sqrt{4 \cdot \left[ \left( \frac{d_{б.}}{2} \right)^2 - \left( \frac{d_{б.}}{2} - a \right)^2 \right]},$$

где  $a$  – длина выхода ножа, м.

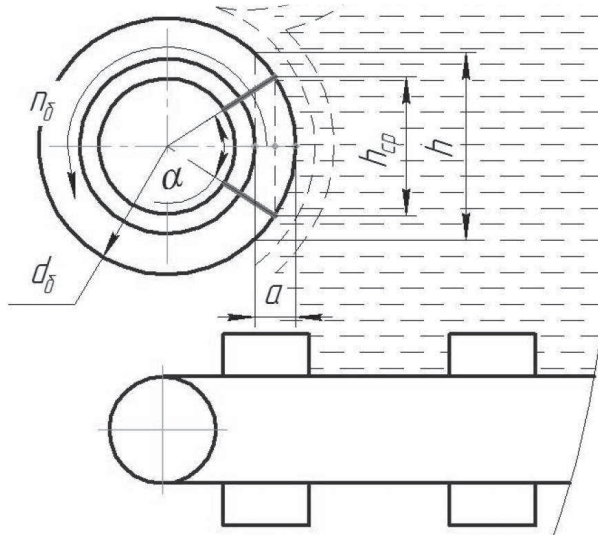


Рис. 3. Схема взаимодействия шнекового барабана и подаваемого материала

Для обеспечения непрерывного, равномерного срезания и измельчения материала фрезерным агрегатом необходимо, чтобы каждый последующий нож шнекового барабана входил в материал после выхода предыдущего. Таким образом, следующим параметром, подлежащим определению, является шаг расстановки ножей  $S$  на шнековом барабане. Для последующего удобства расчета необходимого количества ножей на барабане шаг расстановки ножей целесообразнее определять через центральный угол, образованный режущими кромками смежных ножей на шнековом барабане, который можно определить по известной формуле

$$\alpha = 2 \cdot \arcsin\left(\frac{h}{d_{\delta}}\right). \quad (8)$$

Однако из рис. 3 следует, что при завершении срезания режущей кромкой ножа материала, подаваемого из кузова системы подающим транспортером, последний переместится в сторону шнекового барабана на глубину  $a/2$ . Причем данное расстояние не может превышать половины выхода ножа из барабана, так как в данном случае при подходе следующего ножа к месту максимального скопления материала длина режущей кромки будет меньше глубины материала, подлежащего срезанию и измельчению. Тогда из приведенного выше рассуждения формулу (8) справедливо записать в следующей редакции:

$$\alpha = 2 \cdot \arcsin\left(\frac{h_{cp}}{d_{\delta}}\right),$$

где  $h_{cp}$  – половина высоты захвата массы шнековым барабаном, м, которая определяется по следующей формуле

$$h_{cp} = \sqrt{4 \cdot \left[ \left(\frac{d_{\delta}}{2}\right)^2 - \left(\frac{d_{\delta}}{2} - \frac{a}{2}\right)^2 \right]}.$$

Тогда, зная количество навинок (шагов  $n_{ш.б.}$ ) на шнековом барабане, можно определить необходимое количество ножей  $n_{нож}$  для непрерывного выполнения технологического процесса срезания и измельчения материала, подаваемого из кузова системы

$$n_{нож} = n_{ш.б.} \cdot \frac{360}{\alpha}.$$

Далее рассмотрим параметры дисковых распределяющих рабочих органов комбинированного рабочего органа. Ранее отмечалось, что производители зарубежных универсальных разбрасывателей применяют диски с 4–6 лопатками, которые на диске могут располагаться как радиально, так и под углом к осевой линии, при этом формы лопаток разнообразны. Очевидно, что данные параметры влияют на неравномерность внесения материала, поэтому данные параметры целесообразно определять экспериментальным путем.

Как известно, частота вращения дисков  $n_o$  находится в прямой зависимости от частоты вращения шнековых барабанов  $n_b$  фрезерного агрегата, и у транспортно-технологической системы данная зависимость характеризуется следующим соотношением:

$$\frac{n_o}{n_b} = 1,134. \quad (9)$$

Тогда из формулы (9) частота вращения дисков  $n_o$  равна:

$$n_o = 1,134 \cdot n_b.$$

Рабочую ширину захвата  $B_p$  двухдискового центробежного разбрасывателя с достаточно высокой точностью можно определить по следующей формуле [2]:

$$B_p = 2 \cdot X_{\max} + l - \Delta B, \quad (10)$$

где  $X_{\max}$  – максимальная дальность полёта частицы материала, м;  $l$  – расстояние между центрами дисков, м;  $\Delta B$  – перекрытие зоны разбрасывания, м.

Дальность полёта частицы материала вычисляется из выражения

$$X_{\max} = \frac{\ln\left(\vartheta_a \cdot K_n \cdot \sqrt{2 \cdot H_o / g} + 1\right)}{K_n}, \quad (11)$$

где  $\vartheta_a$  – абсолютная скорость частицы материала в момент схода с диска, м/с;  $K_n$  – коэффициент парусности частицы материала;  $H_o$  – высота установки дисков, м;  $g$  – ускорение свободного падения частицы материала, м/с<sup>2</sup>.

Абсолютная скорость частицы материала в момент схода с диска равна

$$\vartheta_a = \sqrt{\vartheta_r^2 + \vartheta_o^2}, \quad (12)$$

где  $\vartheta_r$  – относительная скорость движения частиц удобрений, м/с;  $\vartheta_o$  – окружная скорость диска, м/с.

Относительная скорость движения частиц удобрений принимается 6–12 м/с и зависит в основном от частоты вращения диска, которая обычно находится в диапазоне 400–800 мин<sup>-1</sup>.

Окружная скорость диска определяется по формуле

$$\vartheta_o = \frac{\pi \cdot n_o \cdot d_o}{60}, \quad (13)$$

где  $d_o$  – диаметр диска, м.

Следует отметить, что для регулирования неравномерности распределения удобрений по ширине захвата место подачи гранул на диск изменяют. При подаче ближе к оси вращения диска увеличивается количество высеваемого материала по краям захватываемой полосы, при подаче дальше от оси вращения – в средней части захватываемой полосы. С увеличением частоты вращения дисков материал распределяется равномернее, а при увеличении диаметра дисков равномерность ухудшается. Наклон лопастей к радиусу в сторону вращения на 10–12° способствует более равномерному распределению материала.

Таким образом, полученные результаты расчетов позволяют определить основные геометрические, кинематические и технологические параметры комбинированного рабочего органа, при которых будет обеспечено качественное внесение таких мелиорантов, как сыромолотый доломит, дефекал.

## Заклучение

В результате расчета основных конструктивных и кинематических параметров комбинированного рабочего органа получены следующие результаты: скорость подающего транспортера  $v_{ц.п.} = 0,012$  м/с, частота вращения шнекового барабана  $n_{\sigma} = 11$  мин<sup>-1</sup> (принято исходя из технических возможностей привода фрезерного агрегата, системы  $n_{\sigma} = 428$  мин<sup>-1</sup>), количество ножей на шнековом барабане  $n_{нож} = 56$  шт, частота вращения дисков  $n_{\delta} = 483$  мин<sup>-1</sup>), количество лопаток на диске 4 шт., рабочая ширина захвата машины  $B_p = 10$  м.

### Список использованных источников

1. Клочков, А. В. Сельскохозяйственные машины. Теория и расчет: учебное пособие / А. В. Клочков, В. Г. Ковалев, П. М. Новицкий. – Минск : ИВЦ Минфина, 2019. – С. 105–108.
2. Бердышев, В. Е. Сельскохозяйственные машины / В. Е. Бердышев [и др.] // 2-е изд. – СПб: Проспект науки, 2018. – С. 51–53.

УДК 631.51

Поступила в редакцию 25.08.2022  
Received 25.08.2022

**Н. Д. Лепешкин, В. В. Мижурин**

*РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»  
г. Минск, Республика Беларусь  
E-mail: mehposev@mail.ru*

### **ПОЧВОВЛАГОСБЕРЕГАЮЩИЕ МАШИНЫ ДЛЯ ОСНОВНОЙ БЕЗОТВАЛЬНОЙ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИХ РАЗВИТИЯ (ДЛЯ УСЛОВИЙ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ)**

*Аннотация.* Разработанные РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства» машины для основной безотвальной обработки почвы предназначены для почвовлагосберегающей обработки почвы преимущественно на склоновых землях. В статье показаны особенности и преимущества новых машин, приведены сведения об их назначении, устройстве, рабочих органах, результатах испытаний, а также об инновационных решениях, использованных при разработке этих машин, и перспективах их развития.

*Ключевые слова:* основная обработка почвы, почвовлагосбережение, многофункциональный почвообрабатывающий агрегат, луцильник, агрегат для безотвальной обработки почвы, патенты, рабочие органы.

**N. D. Lepeshkin, V. V. Mizhurin**

*RUE “SPC NAS of Belarus for Agricultural Mechanization”  
Minsk, Republic of Belarus  
E-mail: mehposev@mail.ru*

### **SOIL-WATER-SAVING MACHINES FOR THE BASIC DOUBLE-STOPPING SOIL TILLAGE AND PROSPECTS FOR THEIR DEVELOPMENT (FOR THE CONDITIONS OF THE REPUBLIC OF BELARUS)**

*Abstract.* The machines for basic non-moldboard tillage developed by RUE “SPC NAS of Belarus for Agricultural Mechanization” are designed for soil-moisture-saving tillage mainly on sloping lands. The article shows the features and advantages of new machines, provides information about their purpose, device, working bodies, test results, as well as information about innovative solutions used in the development of these machines and the prospect of their development.

*Keywords:* basic tillage, soil-moisture conservation, multifunctional tillage unit, cultivator, unit for non-moldboard tillage, patents, working bodies.