

Л. Я. Степук, В. В. Микульский

*РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»
г. Минск, Республика Беларусь*

К ВОПРОСУ СОЗДАНИЯ ПЕРСПЕКТИВНОГО ПАССИВНО-АКТИВНОГО СКРЕПЕРА К МОБИЛЬНЫМ НАВОЗООБОРОЧНЫМ МАШИНАМ

В статье приводится аналитическое доказательство ограниченного применения зарубежных машин с пассивными скреперами, изложены требования к последним для условий Беларуси, предложено пассивные отвалы оснастить открытыми винтовыми конвейерами, что позволит расширить сферу применения мобильных машин в условиях Республики Беларусь.

Ключевые слова: навозооборочная машина, пассивно-активный скрепер, расчет отвала скрепера.

L. J. Stepuk, V. V. Mikulski

*RUE «SPC NAS of Belarus for Agriculture Mechanization»
Minsk, Republic of Belarus*

ON THE ISSUE OF CREATING A PROMISING PASSIVE-ACTIVE SCRAPER FOR MOBILE MANURE COLLECTION MACHINES

The article provides analytical evidence of the limited use of foreign machines with sowing scrapers, outlines the requirements for the latter for the conditions of Belarus, suggests passive dumps to be equipped with open screw conveyors, which will expand the scope of mobile machines in the Republic of Belarus.

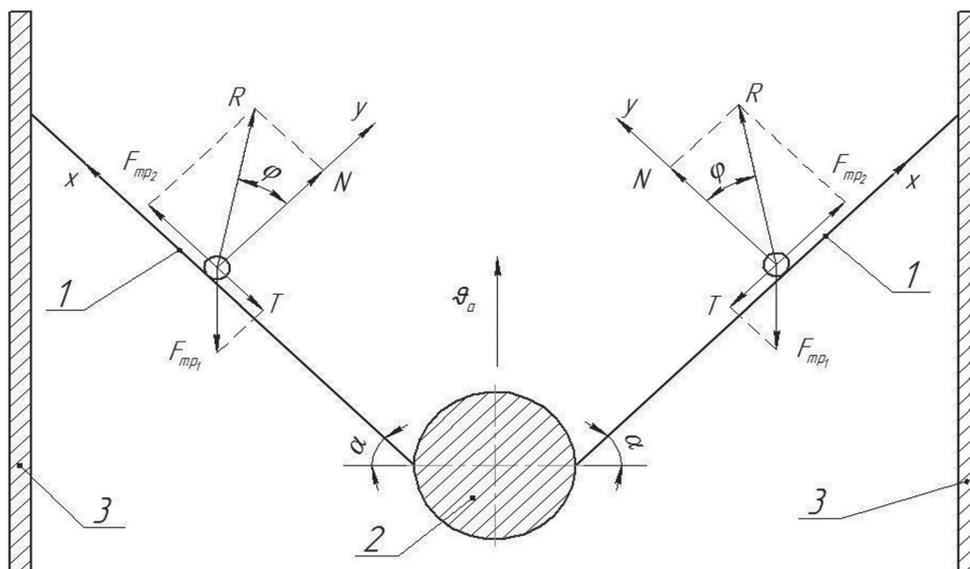
Введение

В статье «Новое направление в механизации удаления навоза из помещений молочно-товарных ферм и комплексов» [1] нами показано, что для условий Беларуси с широкой номенклатурой животноводческих предприятий по их назначению, размерам, системам содержания животных, средствам механизации производственных процессов, технологическим решениям животноводческих зданий, определяющих получение различных видов навоза (твердого, полужидкого, жидкого), рассмотренные ниже зарубежные мобильные машины Honey-Vac и Honey-Loader канадской фирмы Loewen работоспособны только на полужидком навозе. На белорусских молочно-товарных фермах и комплексах удаление полужидкого навоза из помещений осуществляют стационарными дельта-скреперными установками, а сменяемую подстилку более чем на 700 фермах страны удаляют бульдозером. Зарубежные аналоги на этих фермах неработоспособны. Поэтому главной проблемой при создании отечественного мобильного многофункционального агрегата является изыскание принципиально нового скреперного устройства, работоспособного на всех видах навоза, удаляемого из коровников. Покажем, что такая проблема действительно существует.

Основная часть

При движении машины по навозному каналу небольшая часть полужидкого навоза, находящегося между отвалами скрепера, поступает непосредственно к загрузочной горловине всасывающей трубы пневматической машины Honey-Vac [2] или к загрузочному отверстию вертикального элеватора машины Honey-Loader [3]. Остальная часть навоза соскребается отвалами с лотка канала и направляется к приемной горловине машины, при этом сужается поток с ширины захвата скрепера до диаметра всасывающей трубы.

Определим условие, при котором частицы навоза будут перемещаться движущимися отвалами в зону приемной горловины. Рассмотрим силы, действующие на частицу (рисунок 1).



1 – отвалы скрепера; 2 – всасывающая горловина загрузочной трубы; 3 – стенки навозного канала
Рисунок 1. – Силы, действующие на частицу навоза при перемещении ее скрепером в зону приемной горловины

На рисунке 1 видно, что при соприкосновении частицы с движущимся скрепком на нее действуют следующие силы:

- сила трения частицы о дно навозного канала F_{mp1} ;
- сила трения частицы о рабочую поверхность отвала F_{mp2} ;
- сила нормальной реакции частицы на отвал N .

Очевидно, что для перемещения частицы в зону приемной горловины необходимо, чтобы сумма всех сил была также направлена в зону приемного транспортера.

Для этого расположим систему прямоугольных координат таким образом, чтобы ось абсцисс Ox была направлена вдоль рабочей поверхности отвала скрепера, и спроецируем на нее все силы:

$$T - F_{mp2} = 0, \quad (1)$$

где T – сила, смещающая частицу материала вдоль рабочей поверхности отвала скрепера в зону приемной горловины и являющаяся составляющей силы F_{mp1} на ось Ox . Она равна:

$$T = F_{mp1} \cdot \sin \alpha, \quad (2)$$

где α – угол вхождения отвала в навозный канал, град.

Из формулы (1) следует, что перемещение частицы вдоль рабочей поверхности отвала скрепера в зоне приемной горловины будет обеспечено, с учетом формулы (2), при

$$F_{mp1} \cdot \sin \alpha > F_{mp2}. \quad (3)$$

Силу трения частицы о дно навозного канала определим по формуле:

$$F_{mp1} = P \cdot f_1, \quad (4)$$

где P – сила веса сдвигаемой отвалом частицы, H ; f_1 – коэффициент трения частицы о дно навозного канала.

Силу трения частицы о рабочую поверхность отвала определим по формуле:

$$F_{mp2} = N \cdot f_2, \quad (5)$$

где f_2 – коэффициент трения частицы о рабочую поверхность отвала.

Тогда, подставив формулы (4) и (5) в неравенство (3), получим:

$$N \cdot f_1 \cdot \sin \alpha > N \cdot f_2 \quad (6)$$

Нормальную реакцию от давления частицы на отвал скрепера найдем из суммы сил, спроецированных на ось ординат OY (рисунок 1):

$$N = P \cdot f_1 \cdot \cos \alpha \quad (7)$$

Подставив полученную формулу (7) в (6) и сделав некоторые преобразования, получим:

$$\operatorname{tg} \alpha > f_2 \quad (8)$$

Известно, что коэффициент трения f_2 частицы о дно навозного канала есть $\operatorname{tg} \varphi$, тогда окончательно получим:

$$\alpha > \varphi \quad (9)$$

где φ – угол трения частицы о рабочую поверхность отвала скрепера, град.

Следовательно, для перемещения навоза по рабочей поверхности отвала скрепера в зону всасывания загрузочной трубы необходимо, чтобы угол, образуемый нормалью N к рабочей поверхности отвала и реакцией R , был больше угла трения о данную поверхность.

Конечно же, вполне возможно определить угол α и угол φ и выполнить условие (9), но это будет один единственный конкретный случай. Практически ширина навозных каналов на фермах и комплексах крупнорогатого скота в Беларуси устраивается в пределах от 2,4 до 3,2 м. Необходимо соответственно устанавливать и рабочую ширину захвата скрепера, что повлечет изменение и углов α , и углов φ . Кроме того, физико-механические свойства навоза на каждой ферме тоже не являются стабильными, одинаковыми.

Поэтому приведенные рассуждения являются методически верными, но могут не иметь практического применения. Тем не менее они абсолютно убеждают в неработоспособности зарубежных аналогов при удалении полужидкого навоза с солоmistыми, травянистыми включениями, а тем более при удалении периодически сменяемой подстилки из навозных каналов, нередко представляющей собой в зимних условиях смерзшиеся комья, получаемые из замерзших влажных соломенных тюков или рулонов, «измельченных» с помощью обычных топоров.

Дело в том, что теоретические рассуждения базировались на рассмотрении взаимодействия одной материальной точки с пассивным отвалом, причем без учета противодействующих сил со стороны противоположного отвала. В действительности же навоз, находящийся между двумя отвалами пассивного скрепера, при его движении по навозному каналу должен сужаться отвалами от ширины захвата (канала) до диаметра загрузочной всасывающей трубы. По мере приближения навоза к загрузочной трубе происходит процесс изменения потока массы и по ширине, и по высоте. А это может происходить только с хорошо текучим полужидким навозом. Математически описать данный процесс не представляется возможным, тем более перенести приведенные выше математические выкладки с материальной точкой на навозную массу.

Как показано выше, скрепер мобильного агрегата для удаления навоза из помещений является важнейшим рабочим органом, определяющим не только работоспособность агрегата в целом на полужидком навозе, сменяемой подстилке, но и качество уборки.

Очевидно, что скрепер многофункционального агрегата должен состоять из пассивных отвалов, оснащенных активными рабочими органами-питателями. Назначение пассивных отвалов – при движении агрегата соскребать навоз со всей ширины навозного канала, накапливая его впереди внутренних стенок. Назначение активных питателей – принудительно проталкивать накапливающийся навоз к загрузочному отверстию вертикального элеватора.

Учитывая то, что эксплуатироваться питатель будет в ограниченной зоне, он должен быть компактным, предельно просто устроенным и надежным в работе. В процессе работы агрегата сечение слоя убираемого навоза перед скрепером непрерывно изменяется. В связи с этим питатель должен работать в условиях различных режимов: перемещать навоз слоем различной высоты, самозагружаться по всей длине контакта с ним.

В результате изучения существующих питателей погрузочно-разгрузочных машин непрерывного действия, применяемых в различных отраслях народного хозяйства, установлено, что

в качестве питателя навозоуборочной машины приемлем винтовой питатель открытого типа (без кожуха), который наиболее полно удовлетворяет указанным выше требованиям.

На рисунке 2 показана принципиальная схема многофункционального агрегата для удаления навоза из помещений молочно-товарных ферм и комплексов, оборудованных перспективным скрепером, на рисунке 3 – скрепер, на рисунке 4 – пассивно-активный отвал.

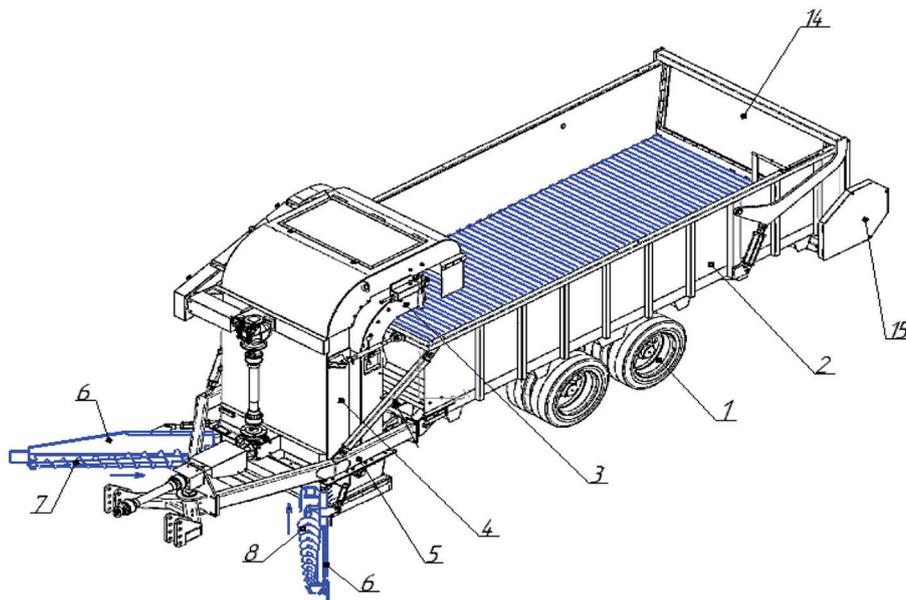


Рисунок 2. – Механическая машина для уборки навоза Honey Loader с пассивно-активным скрепером (фирма Loeven)

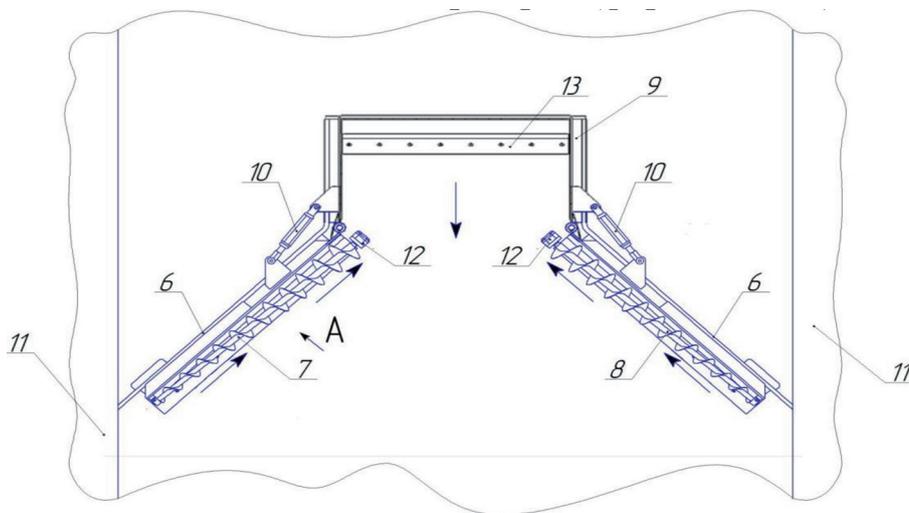


Рисунок 3. – Схема перспективного пассивно-активного скрепера

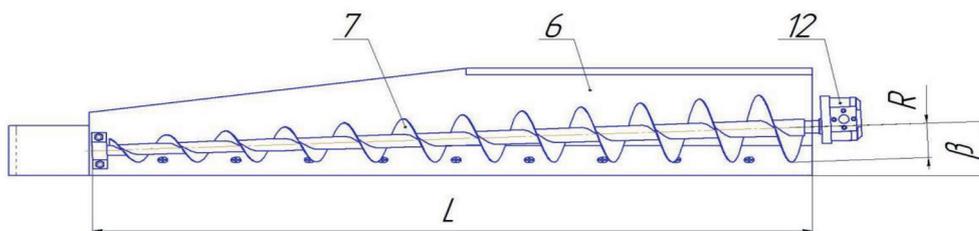


Рисунок 4. – Схема пассивно-активного отвала скрепера

Агрегат состоит из шасси 1, кузова 2, вертикального цепочно-планчатого элеватора, состоящего из подающей 3 и возвратной 4 ветвей, присоединенного талрепами к переднему борту кузова 2 и к прицепной снице 5, с нижней частью которого функционально закреплен скрепер, состоящий из двух пассивных отвалов 6 с присоединенными к ним с внутренней стороны правым 7 и левым 8 коническими винтами, большими диаметрами направленными к остову 9 скрепера (рисунок 3), а меньшими – к свободным концам пассивных отвалов 6, которые разводятся посредством гидроцилиндров 10 до ширины навозного канала. Причем винты закреплены на пассивных отвалах таким образом, что их оси расположены под углом β к горизонтали или по отношению к нижней горизонтальной грани отвала (рисунок 4), определяемым по выражению:

$$\beta = \operatorname{arctg} \frac{R}{L}. \quad (10)$$

Агрегат работает следующим образом. Заехав через въездные ворота в начало навозного канала, механизатор разводит пассивные отвалы 6 с винтами 7 и 8 с помощью гидроцилиндров 10 до соприкосновения с его стенками 11 (рисунок 3) и опускает загрузочное устройство вместе со скрепером до соприкосновения с дном канала. Далее механизатор включает гидромотры 12 привода винтов 7 и 8, соответствующую передачу трактора, и агрегат начинает движение по каналу. Слой навоза, находящийся в створе пассивных отвалов, сгребается со дна канала, сужается и одновременно увеличивается по высоте. При этом навоз перемещается подобно тому, как это делает бульдозер. При увеличивающейся высоте слоя вращающимися винтами 7 и 8 навоз подается к загрузочному отверстию подающей ветви цепочно-планчатого элеватора, где захватывается его планками 13 и по той же ветви транспортируется в кузов 2 агрегата. После заполнения кузова агрегат переезжает к навозохранилищу, механизатор открывает задний борт 14, включает привод донного транспортера 15 (рисунок 2) и выгружает содержимое кузова в хранилище.

Заключение

1. Показано, что пассивные скреперы известных зарубежных мобильных машин, удаляющих навоз из коровников, имеют ограниченное применение – работают только на удалении полужидкого навоза.
2. Для условий Беларуси востребована прифермская многофункциональная машина, способная удалять из коровников не только полужидкий навоз, но и сменяемую подстилку, убираемую в настоящее время бульдозером, очищать выгульные площадки с твердым покрытием, удалять остатки корма с кормовых столов.
3. Предложен вариант усовершенствования известного скрепера путем оснащения пассивных отвалов открытыми винтовыми конвейерами, делающими их работоспособными на всех перечисленных выше материалах.
4. РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства» в 2019 году представит опытный образец многофункциональной машины с активно-пассивным скрепером на приемочные испытания.

Литература

1. Яковчик, С. Г. Новое направление в механизации удаления навоза из помещений молочно-товарных ферм и комплексов / С. Г. Яковчик, Л. Я. Степук, Н. Д. Лепешкин // Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве: материалы Междунар. науч.-техн. конф. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Минск, 2018 – С. 118–123.
2. Пневматическая машина с лопастным подгребателем фирмы Nuhn // Nuhn Industries Ltd [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://nuhn.ca/products/manure-tanks/alley-vac>. – Дата доступа: 12.06.2018.
3. Apparatus for collecting material from a surface: US8997 (B2). Loewen Welding & Manufacturing Ltd. (CA) – Appl. No. 13/335,321; Filed: December 22, 2011; Patented 04.07.2015.