

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРИСПОСОБЛЕНИЯ К НАВОЗОРАЗБРАСЫВАТЕЛЮ ДЛЯ ЛОКАЛЬНОГО ВНЕСЕНИЯ НАВОЗА ПОД БАХЧЕВЫЕ КУЛЬТУРЫ

БАЛАБАНОВ ВИКТОР ИВАНОВИЧ, докт. техн. наук, профессор¹

E-mail: vbalabanov@rgau-msha.ru

ЛИ АФАНАСИЙ, докт. техн. наук, старший научный сотрудник²

E-mail: as_lee@mail.ru

¹ Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева; 127550, Российская Федерация, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49.

² Ташкентский институт инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства; 100000, Республика Узбекистан, г. Ташкент, ул. Кари Ниязий, д. 39.

Рассмотрен рациональный способ внесения навоза под бахчевые культуры. Теоретические исследования моделирования движения частицы навоза от навозоразбрасывателя до поверхности почвы выполнены с учётом технологических особенностей процесса внесения и физико-механических свойств навоза. Указана необходимость локализации вносимого навоза в три ряда с помощью специального приспособления к навозоразбрасывателю. Перечислены показатели для более равномерного внесения навоза: рациональное сочетание угла установки и длины делителей, а также место и угол установки лотков. Приведена зависимость линейной скорости движения ленты выносного транспортёра от технологических характеристик. Установлено, что скорость массы навоза в кузове отстаёт от скорости транспортёра навозоразбрасывателя, поэтому при расчёте производительности вводится поправочный коэффициент $K_0 = 0,5 \dots 0,6$, причём меньшее значение соответствует минимальной подаче, а большее – максимальной. Для разделения потока навоза на три равные части, необходимо установить крепления нижней кромки делителей на высоте 0,64 м и скорость ленточного транспортёра в пределах 0,25...0,44 м/с.

Ключевые слова: теоретические исследования, частицы навоза, удобрение, навозоразбрасыватель, технологический, процесс, ленточный, внесение, приспособление, определение, параметр, режим.

Формат цитирования: Балабанов В.И., Ли А. Теоретические исследования приспособления к навозоразбрасывателю для локального внесения навоза под бахчевые культуры // Вестник ФГОУ ВПО «МГАУ имени В.П. Горячкина». 2020. № 1(95). С. 10-13. DOI: 10.26897/1728-7936-2020-1-10-13.

THEORETICAL STUDIES OF A DESIGN OF MANURE SPRAYING IMPLEMENT FOR LOCAL MANURE APPLICATION UNDER GOURDS

VIKTOR I. BALABANOV, DSc (Eng), Professor¹

E-mail: vbalabanov@rgau-msha.ru

AFANASIY LI, DSc (Eng), Senior Research Engineer²

E-mail: as_lee@mail.ru

¹ Russian Timiryazev State Agrarian University; 127550, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya Str., 49.

² Tashkent Institute of Agricultural Irrigation and Mechanical Engineering; 100000, Republic of Uzbekistan, Tashkent, Kari Niyaziy Str., 39.

The paper outlines a rational method of introducing manure under gourds. The authors carried out theoretical studies with modeling the movement of a manure particle from a manure spreader to the soil surface taking into account the technological features of the application process and the physicomachanical properties of manure. Based on the study results it has been recommended to localize the introduced manure in three rows using a special extention to the manure spreader. The authors provide indicators for a more uniform manure application: rational combination of the installation angle and the length of dividers, as well as the location and installation angle of trays. The paper contains a relationship between the linear speed of the conveyor belt and technological characteristics. It has been established that the travel speed of manure mass along the body lags behind the speed of the manure spreader conveyor, therefore, when calculating the performance, a correction factor $K_0 = 0.5 \dots 0.6$ should be introduced. Its lower value corresponds to the minimum feed, and the upper limit – to the maximum. To divide the manure stream into three equal parts, it is necessary to install the fasteners of the lower edge of dividers at a height of 0.64 m and maintain the belt conveyor speed within 0.25...0.44 m/s.

Key words: theoretical studies, manure particles, fertilizer, manure spreader, technological process, belt, application, adaptation, determination, parameter, mode.

For citation: Balabanov V.I., Li A. Theoretical studies of a design of manure spraying implement for local manure application under gourds. *Vestnik of Moscow Goryachkin Agroengineering University*, 2020; 1(95): 10-13. DOI: 10.26897/1728-7936-2020-1-10-13 (In Rus.).

Введение. В настоящее время агрономической наукой и передовой практикой доказано, что одним из рациональных способов использования удобрений является внесение их в рядки, гнёзда или лунки, т.е. локально. Внесение удобрений является составной частью питания растений, оно охватывает большой круг вопросов, касающихся оптимального расположения всех видов удобрений в почве для обеспечения максимального удовлетворения потребности растений в различные моменты вегетационного периода [1-2].

В связи с изложенным, одной из основных задач сельскохозяйственной науки является создание принципиально новых технологических процессов и машин, обеспечивающих значительное повышение эффективности использования удобрений [3].

Цель исследований – анализ взаимодействия рабочих органов навозоразбрасывателя и приспособления для локального внесения навоза для обоснования его параметров и режимов работы, обеспечивающих качественный технологический процесс работы.

Материал и методы. Теоретические исследования по обоснованию параметров приспособления для ленточного внесения навоза выполнены с использованием общих законов механики, математического моделирования и статистики с учётом технологических особенностей процесса внесения и физико-механических свойств навоза [3-5, 7].

Результаты и обсуждение. Цепочно-планчатые транспортёры передвижных навозоразбрасывателей, находящиеся в кузове, представляют собой разновидность конвейеров сплошного волочения, в которых рабочий орган полностью погружен в перемещаемый насыпной груз, заполняющий всё полезное пространство кузова разбрасывателя. Поэтому и для этих транспортёров могут быть применены законы движения сыпучих тел при транспортировании их методом сплошного волочения.

Подачу навоза цепочно-планчатым транспортёром при практических расчётах определяют по формуле [4-5]:

$$q = \gamma \cdot H_y \cdot B_k \cdot V_{тр} \tag{1}$$

где γ – насыпная плотность навоза, кг/м³; H_y – высота слоя подаваемого навоза, м; B_k – ширина кузова, м; $V_{тр}$ – скорость транспортёра, м/с.

Скорость цепочно-планчатого транспортёра определяем из условия необходимого количества навоза на единицу длины вала (ленты) [3]:

$$V_{ц.пл.тр} = (V_a q_n / 3,6 q_k) n, \tag{2}$$

где V_a – скорость агрегата, м/с; q_n – количество навоза на одном метре длины вала в кг; q_k – количество навоза на одном метре длины кузова в кг; n – количество одновременно вносимых лент навоза.

Однако теоретический расход, подсчитанный по формуле (1), не соответствует действительному [3], так как

формула не учитывает фактическую скорость подачи навоза, которая отстаёт от скорости транспортёра на всём пути её перемещения. В связи с тем, что слой навоза находится в движении, его высота уменьшается из-за обрушений при проскальзывании верхних слоёв относительно нижних. При этом скорость нижнего слоя навоза по высоте планки численно равна скорости самой планки транспортёра, а скорость верхнего слоя приблизительно равна нулю (рис. 1).

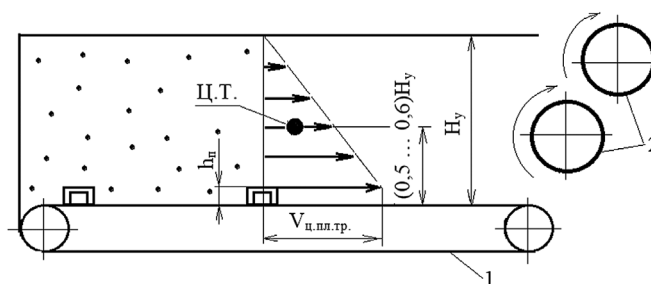


Рис. 1. Схема движения навоза в кузове под действием планок транспортёра:

- 1 – цепочно-планчатый транспортёр;
- 2 – измельчающий и разбрасывающий барабаны

Fig. 1. The pattern of manure movement in the body under the action of conveyor slats:

- 1 – a chain-slat conveyor; 2 – chopping and scattering drums

Согласно рисунку 1 средняя скорость движения массы навоза по высоте кузова близка к скорости центра тяжести эпюры скоростей.

Центр тяжести эпюры скоростей с учётом уменьшения высоты слоя навоза от совместных действий статического обрушения по углу естественного откоса и факторов движения определяем из выражения [3]:

$$H_{цт} = (0,5 \dots 0,6) H_y. \tag{3}$$

Экспериментальными исследованиями установлено, что при норме внесения навоза 20 т/га, максимальной загрузки машины 4650 кг, скорости движения агрегата $V_a = 1,81$ м/с фактическое время разгрузки кузова при длине 4,15 м составляет 195 ± 2 с, а скорость движения массы 0,021 м/с [6-7].

Теоретическая скорость движения цепочно-планчатого транспортёра, рассчитанная согласно выражению (2) для ширины захвата машины $B_m = 4,2$ м, равна 0,041 м/с и время разгрузки кузова 101,22 с.

Проведённые расчёты позволили установить, что средняя скорость движения массы навоза вдвое ниже скорости транспортёра. Отсюда следует, что при определении производительности механизмов, подающих навоз из кузова при помощи цепочно-планчатого транспортёра, необходимо внести поправку – коэффициент, характеризующий

степень отставания массы навоза от движущегося транспортёра:

$$K_o = \frac{V_n}{V_{н.пл.тр}} = 0,5 \dots 0,55, \quad (4)$$

где V_n – фактическая скорость движения массы навоза, м/с.

С учетом выражения (4), формула для определения подачи цепочно-планчатый транспортёром, стабильной на протяжении всего времени опорожнения кузова, примет вид:

$$q = \gamma \cdot N_y \cdot B_k \cdot V_{н.пл.тр} \cdot K_o, \quad (5)$$

Далее, подаваемый цепочно-планчатый транспортёром навоз, через специальное приспособление, вносится локально тремя рядами (лентами) на поверхность почвы. Однако следует отметить, что все три подаваемых ленты потока удобрений имеют существенные различия между собой по массе, что сильно влияет на равномерность распределения и снижает соответственно эффективность их использования. Это обусловлено конструкцией измельчающего и разбрасывающего битеров навозоразбрасывателя. Поэтому для более равномерного внесения навоза за битерами навозоразбрасывателя устанавливаются специальные делители внутри кожуха приспособления (рис. 2).

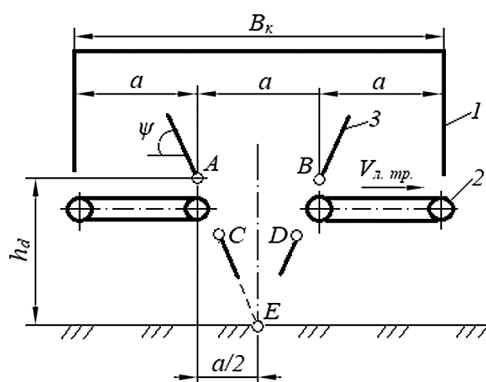


Рис. 2. К определению высоты установки делителей:

- 1 – кожух приспособления;
- 2 – выносной ленточный транспортёр; 3 – делители

Fig. 2. On the determination of the installation height of dividers:

- 1 – an extension casing;
- 2 – a remote conveyor belt;
- 3 – dividers

Однако, при $\psi \leq \varphi$, где φ – угол трения частиц удобрения по металлу, может происходить залипание навоза на поверхность делителей. Следовательно, для равномерного распределения потока удобрений на три части необходимо выполнение следующего условия:

$$\psi < \varphi < 90^\circ. \quad (6)$$

Необходимая равномерность распределения потока удобрений может быть достигнута за счёт рационального сочетания угла (ψ) установки и длины делителей, которое может быть установлено экспериментально.

На равномерность распределения потока удобрений также влияют место и угол установки лотков (для высева среднего ряда). Условие (6) и для них остаётся в силе,

но при этом необходимо, чтобы лотки направляли частицы удобрений к середине ленты, т.е. к точке E.

Для надёжного протекания технологического процесса необходимо выполнение следующего условия:

$$\psi = \arctg \frac{2h_d}{a}. \quad (7)$$

Из этого условия можно определить высоту расположения нижней кромки делителя:

$$h_d \leq \frac{a}{2} \operatorname{tg} \psi,$$

где a – расстояние между двумя точками крепления делителей, м.

При известных значениях угла установки $\psi = 60^\circ$ и расстояния между нижними точками крепления делителей, равного 600 мм:

$$h_d = 0,64 \text{ м.}$$

Выносные ленточные транспортёры приспособления, как было отмечено выше, выполняют функцию рабочих органов для внесения крайних (боковых) рядков навоза на поверхность почвы. Секундная подача каждого из выносных транспортёров равна соответственно 1/3 общей массы вносимого удобрения навозоразбрасывателем.

Требуемую секундную подачу навоза одним выносным транспортёром можно определить, зная технологическую скорость движения агрегата, ширину захвата машины и норму внесения навоза [3]:

$$q_{тр} = [B_m \cdot V_a \cdot Q \cdot 10^{-1}] / n, \quad (8)$$

где B_m – ширина захвата машины, м; V_a – поступательная скорость движения агрегата, м/с; Q – норма внесения удобрений, т/га; n – количество одновременно вносимых рядов навоза.

При локальном внесении навоза под бахчевые культуры ширина междурядий по основанию рядов удобрений составляет $S_n = 1,2 \text{ м}$ [6-7].

Поэтому, общая ширина захвата машины с учётом ширины стыковых междурядий равна

$$B_m = (n - 1) \cdot S_n + S_{ст},$$

где S_n – ширина междурядий по основанию лент (валков) удобрений, м; $S_{ст}$ – ширина стыковых междурядий (пушта), м.

Исходя из этого, выражение (8) может быть представлено в следующем виде

$$q_{тр} = \{[(n-1) S_n + S_{ст}] / n\} V_a \cdot Q \cdot 10^{-1}. \quad (9)$$

С другой стороны, искомую секундную подачу навоза можно определить, исходя из параметров и режима работы самого выносного транспортёра,

$$q_{тр} = V_{л.тр} \cdot B_{щ} \cdot h_{щ} \cdot \gamma \cdot K_3, \quad (10)$$

где $V_{л.тр}$ – линейная скорость движения ленты выносного транспортёра, м/с; $B_{щ}$ – ширина выпускной щели (окна), м; $h_{щ}$ – высота выпускной щели (окна), м; K_3 – коэффициент, характеризующий степень заполнения выносного ленточного транспортёра приспособления ($K_3 = 0,85 \dots 0,95$).

Скорость транспортёра следует определять из условия необходимого количества навоза на единицу длины ленты, т.е. из равенства выражений (9) и (10) находим

линейную скорость движения ленты выносного транспортёра приспособления:

$$V_{л.тр} = \frac{V_a Q 10^{-1}}{B_{щ} h_{щ} \gamma K_3} \left\{ [(n-1)S_n + S_n] / n \right\}. \quad (11)$$

Ширина выпускного окна

$$B_{щ} = B_{тр} - 2b_n, \quad (12)$$

где $B_{тр}$ – ширина ленты транспортёра, м; b_n – ширина полосы прижима ленты выносного транспортёра, м.

По экспериментальным данным $B_{тр} = 0,5$ м, b_n из практики берётся равным 0,020 м. Используя принятые значения параметров и ограничения, входящие в формулу (11), получим

$$V_{л.тр} = 0,25 \dots 0,44 \text{ м/с.}$$

Библиографический список

1. Ли А.С., Чуянов Д.Ш. и др. О локальном внесении органических удобрений (навоза) под овощебахчевые культуры // Проблемы механики. 2009. № 4. С. 32-34.
2. Ли А.С. Технология и машины для возделывания бахчевых культур. Овощеводство и бахчеводство открытого грунта. Проблемы и перспективы развития // Материалы международного научно-практического семинара. Солёное Займище. 2016. С. 3-8
3. Ли А.С. Обоснование технологической схемы и параметров приспособления для ленточного высева органических удобрений под бахчевые культуры в условиях поливного земледелия: дис. ... канд. техн. наук. Янгиль, 1994. 129 с.
4. Догановский К.Г., Козловский Е.В. Машины для внесения удобрений. Конструкция, теория, расчёт и испытания. М.: Колос, 1976. С. 141-142.
5. Марченко Н.М., Личман Г.И., Шебалкин А.Е. Механизация внесения органических удобрений. М.: Агропромиздат, 1990. 207 с.
6. Босой Е.С., Верняев О.В. и др. Теория, конструкция и расчёт сельскохозяйственных машин. Машиностроение, 1978. С. 218-219.
7. Халанский В.М., Балабанов В.И., Березовский Е.В. и др. Механизация растениеводства: учебник. М.: Из-во РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева, 2014. 524 с.

Критерии авторства

Балабанов В.И., Ли А. выполнили теоретические исследования, на основании полученных результатов провели обобщение и написали рукопись. Балабанов В.И., Ли А. имеют на статью авторские права и несут ответственность за плагиат.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Статья поступила 11.11.2019

Опубликована 27.02.2020

Если предположить, что все параметры, входящие в уравнение (11), величины постоянные, то норму внесения приспособления можно изменить за счёт изменения высоты выпускной щели.

Выводы

1. Скорость массы навоза в кузове отстаёт от скорости транспортёра навозоразбрасывателя, следовательно, при расчёте производительности необходимо ввести поправочный коэффициент $K_0 = 0,5 \dots 0,6$, причём меньшее значение соответствует минимальной подаче, а большее – максимальной.
2. Для разделения потока навоза на три равные части необходимо установить крепления нижней кромки делителей на высоте 0,64 м и скорость ленточного транспортёра в пределах 0,25...0,44 м/с.

References

1. Li A.S., Chuyanov D.Sh. et al. O lokal'nom vnesenii organicheskikh udobreniy (navoza) pod ovoshchebakhchevyye kul'tury [On local application of organic fertilizers (manure) for gourds and vegetables]. *Problemy mekhaniki*, 2009; 4: 32-34. (In Rus.)
2. Li A.S. Tekhnologiya i mashiny dlya vozdelvaniya bakhchevykh kul'tur. Ovoshchevodstvo i bakhchevodstvo otkrytogo grunta. Problemy i perspektivy razvitiya [Technology and machines for the cultivation of gourds. Vegetable and gourd open ground farming. Problems and development prospects]. *Materialy mezhdunarodnogo nauchno-prakticheskogo seminara*. Solenoye Zaymishche. 2016: 3-8. (In Rus.)
3. Li A.S. Obosnovaniye tekhnologicheskoy skhemy i parametrov prispособleniya dlya lentochnogo vyseva organicheskikh udobreniy pod bakhchevyye kul'tury v usloviyakh polivnogo zemledeliya: dis. ... kand. tekhn. nauk [Rationale for a technological scheme and parameters of a belt distributor of organic fertilizers for gourds in conditions of irrigated agriculture: PhD (Eng) thesis]. Yangiyul', 1994: 129. (In Rus.)
4. Doganovskiy K.G., Kozlovskiy Ye.V. Mashiny dlya vneseniya udobreniy. Konstruktsiya, teoriya, raschot i ispytaniya [Fertilizer distributors. Design, theory, calculation, and testing]. Moscow, Kolos, 1976: 141-142. (In Rus.)
5. Marchenko N.M., Lichman G.I., Shebalkin A.Ye. Mekhanizatsiya vneseniya organicheskikh udobreniy [Mechanization of the introduction of organic fertilizers]. Moscow, Agropromizdat, 1990: 207. (In Rus.)
6. Bosoy Ye.S., Vernyayev O.V. et al. Teoriya, konstruktsiya i raschot sel'skokhozyaystvennykh mashin [Theory, design and calculation of agricultural machinery]. Mashinostroyeniye, 1978: 218-219. (In Rus.)
7. Khalanskiy V.M., Balabanov V.I., Berезovskiy Ye.V. et al. Mekhanizatsiya rasteniyevodstva: uchebnik [Mechanization of crop production: Study manual]. Moscow, Iz-vo RGAU-MSKhA im. K.A. Timiryazeva, 2014: 524. (In Rus.)

Contribution

Balabanov V.I., Li A. performed theoretical studies, and based on the results obtained, generalized the results and wrote a manuscript. Balabanov V.I., Li A. have copyrights for the paper and are responsible for plagiarism.

Conflict of interests

The authors declare no conflict of interests regarding the publication of this paper.

The paper was received on November 11, 2019

Published 27.02.2020