

3. Рапинчук, А. Л. Состояние и перспективы развития механизации картофелеводства Республики Беларусь/ А. Л. Рапинчук, В.В. Азаренко // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. тем. сб., вып. 38. – Мн., 2004. – С. 132–140.

4. Кононученко, Н.В. Зависимость урожайности и семенных качеств картофеля от способов предуборочного удаления ботвы/ Н.В. Кононученко, В.П. Ковшер // Картофелеводство: селекция, семеноводство, агротехника: сб. науч.тр. / БелНИИКПО.— Мн., 1986. – С. 129-136.

5. Кострома, С. П. Обоснование рабочих органов для измельчения ботвы картофеля/ С. П. Кострома// Весці нацыянальнай акадэміі навук беларусі: Сер. аграрных навук –№ 5, 2006

6. Kaminski J., Kaminski E Technika oprusku roztworami azotowymi. III Symposium «Inzynieria Systemow Bioagrotechnicznych». – 1993-09-20/21. Politechnica Warszawska, Plock, 1993. Zeszyt 3. – P. 243-250.

7. Каталог сельхозмашин LMK-2006 [Электронный ресурс]. – Электрон. текстовые дан. и прогн. (416 Мб). – Landwirtschaftsverlag GmbH, Dr.Gottfried Eikel, Redaktion profi. – электрон. опт.

диск (CD-ROM).

8. Ивакин, О.В. Обоснование технологического процесса и рабочих органов тросового ботводробителя: автореф. ... дис. канд. техн. наук / О.В.Ивакин; Новосибирск. обл., 1996. – 18с.

9. Константинов, В.А. Исследование работы цепового измельчителя. Конструирование и производство сельскохозяйственных машин/ В.А. Константинов// Труды РИСХМа. – Ростов н/Д: университетское изд-во, 1964. – С. 106 – 113.

10. Механизация технологических процессов сельскохозяйственного производства: науч. - техн. бюл./ РАСХН. Сиб. от-ние. – Новосибирск: СибИМЭ, 1997. – Вып. 1. – С. 36 – 38.

11. РД. 10.1.1 Испытания сельскохозяйственной техники. Основные положения. Номенклатура показателей.

12. РД 10.8.5. Испытания сельскохозяйственной техники. Машины для уборки и послеуборочной обработки картофеля. Программа и методика испытаний.

13. РД 10.2.2. Испытания сельскохозяйственной техники. Методы энергетической оценки.

УДК [634.1.055:631.319.4]:632.931

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 23.06.2008

## **К ВОПРОСУ ОБОСНОВАНИЯ РАЦИОНАЛЬНОГО ВЗАИМНОГО РАСПОЛОЖЕНИЯ ПОДАЮЩЕГО И РАСПРЕДЕЛЯЮЩЕГО УСТРОЙСТВ МАШИНЫ ДЛЯ ВНЕСЕНИЯ МУЛЬЧИРУЮЩИХ МАТЕРИАЛОВ В САДАХ**

А.А. Жешко, аспирант (РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»)

### Аннотация

*Предложены формулы, позволяющие определить координаты рационального взаимного расположения оси ротора относительно оси поперечного транспортера машины для внесения мульчирующих материалов, обеспечивающие минимальные габаритные размеры машины по ширине.*

### Введение

Ввиду того, что мульчирование приствольных полос проводится один раз в 2-3 года, изготовление специальных машин для внесения мульчирующих материалов является нецелесообразным. Наиболее перспективным техническим решением является изготовление дополнительных распределяющих устройств, которые позволяют использовать серийно выпускающиеся в Республике Беларусь кузовные сельхозмашины для мульчирования путем их нетрудовой перенастройки.

В качестве базовой машины целесообразно использовать кормораздатчик КР-Ф-10. Это объясняется тем, что использование данной машины, ширина которой составляет 2,2 м, исключает возможность повреждения штамбов, а вместимость кузова 10 м<sup>3</sup> позволяет формировать ленту без дозагрузки машины на длине гона 100 – 130 м.

Однако применение распределяющего устройства (адаптера) приводит к дополнительному увеличению ширины машины [1, с.157]. Поэтому важно расположить это устройство таким образом, чтобы ширина машины была минимальной, при этом технологический процесс протекал устойчиво и качественно. Решению этой задачи посвящена настоящая работа.

### Основная часть

Объемная производительность  $Q_M$  машины для внесения мульчи определится как

$$Q_M = H \cdot B \cdot u, \quad (1)$$

где  $H$  – ширина ленты, м;

$B$  – высота слоя материала в ленте, м;

$u$  – скорость движения агрегата по саду, м/с.

С другой стороны, объемную производительность  $q$  поперечного транспортера кормораздатчика

КР-Ф-10 в случае непрерывной выгрузки можно определить через интеграл от текущего значения расхода  $Q_o(t)$  по известной зависимости:

$$q = \int_t^{t+\Delta t} Q_o(t) dt = \int_t^{t+\Delta t} S_o(t) \cdot V_o(t) dt, \quad (2)$$

где  $S_o(t)$  – средняя площадь сечения слоя материала,  $m^2$ ;

$V_o(t)$  – средняя скорость в определяющем сечении,  $m/c$ .

Поскольку в рассматриваемом случае форма сечения слоя близка к прямоугольной, то площадь определяется как

$$S_o \approx b_{ТП} \cdot h_c, \quad (3)$$

где  $b_{ТП}$  – ширина поперечного транспортера,  $m$ ;

$h_c$  – высота слоя мульчирующего материала на поперечном транспортере,  $m$ .

Учитывая выражение (3) и допуская, что средняя скорость в определяющем сечении  $V_o(t)$  равна линейной скорости планки транспортера  $v_{ТП}$ , формула (2) примет вид:

$$q = k \cdot b_{ТП} \cdot h_c \cdot v_{ТП}, \quad (4)$$

где  $k$  – поправочный коэффициент, который при расчете подающих рабочих органов принято представлять в виде [2, с.165]:

$$k = k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4,$$

где  $k_1$  – коэффициент, учитывающий разницу между средней фактической скоростью материала и скоростью транспортера;

$k_2$  – коэффициент уплотнения материала;

$k_3$  – коэффициент, учитывающий степень использования площади выгрузного отверстия;

$k_4$  – скоростной коэффициент производительности, характеризующий влияние объема рабочего органа на его производительность.

Необходимо отметить, что варьирование параметра  $b_{ТП}$  приведет к существенным затратам на переоборудование кормораздатчика КР-Ф-10 (изготовление нового транспортера). Более целесообразным является варьирование частоты вращения вала привода транспортера и, как следствие, изменение линейной скорости планки транспортера  $v_{ТП}$ . Исходя из этого, будем считать, что ширина транспортера изменяться не будет, т.е.  $b_{ТП} = const$ .

Приравняв формулы (1) и (4) получаем зависимость  $v_{ТП} = f(h_c)$ , или

$$v_{ТП} = \frac{H \cdot B \cdot u}{b_{ТП} \cdot h_c \cdot k}. \quad (5)$$

В соответствии с выражением (5) и с учетом того, что ширина поперечного транспортера остается неизменной ( $b_{ТП} = const = 0,6$  м), построим номограмму для допустимых скоростей движения агрегата по саду  $v \leq 1,39$   $m/c$  (рис. 1). Поправочный коэффициент при этом принимаем согласно рекомендациям [2, с.165]  $k = 0,92$ .

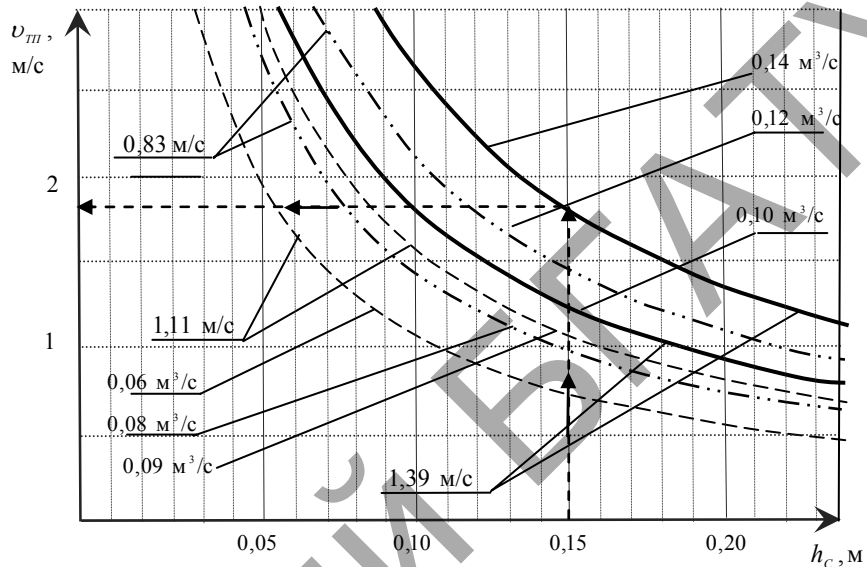


Рисунок 1. Номограмма к выбору линейной скорости планки транспортера  $v_{ТП}$  в зависимости от высоты слоя материала на нем  $h_c$  и поступательной скорости движения агрегата по саду  $u$ .

Номограмма позволяет выбрать необходимое соотношение скорости  $v_{ТП}$  и высоты слоя материала на транспортере  $h_c$ , обеспечивающих формирование ленты заданных геометрических параметров. Линии, соответствующие одной группе поступательных скоростей агрегата, построены для формирования лент с минимальными ( $H=0,12$  м,  $B=0,60$  м) и максимальными ( $H=0,15$  м,  $B=0,75$  м) геометрическими параметрами. Кривые выделены одним типом линий (основная, штриховая и штрихпунктирная), которые соответствуют скоростям агрегата  $v=1,39, 1,11$  и  $0,83$   $m/c$ .

Например, необходимо определить требуемую линейную скорость планки транспортера при высоте слоя материала  $h_c = 0,15$  м, обеспечивающую формирование ленты с максимальными допустимыми геометрическими параметрами (высота  $H= 0,15$  м и ширина  $B=0,75$  м). Опуская перпендикуляр от значения высоты слоя на кривую, находим точку пересечения и определяем значение ординаты, соответствующее точке пересечения  $v_{ТП} = 1,88$   $m/c$ . Поступательная скорость движения агрегата составляет при этом  $v = 1,39$   $m/c$ , а производительность машины  $Q = 0,14$   $m^3/c$ .

Увеличение скорости транспортера  $v_{ТП}$  вызовет отбрасывание частиц на большее расстояние, что потребует смещения ротора от подающего рабочего органа и приведет к увеличению ширины машины

(увеличение горизонтальной координаты взаимного расположения).

Из номограммы видно, что формирование ленты требуемых геометрических параметров может быть достигнуто при различных режимах работы машины.

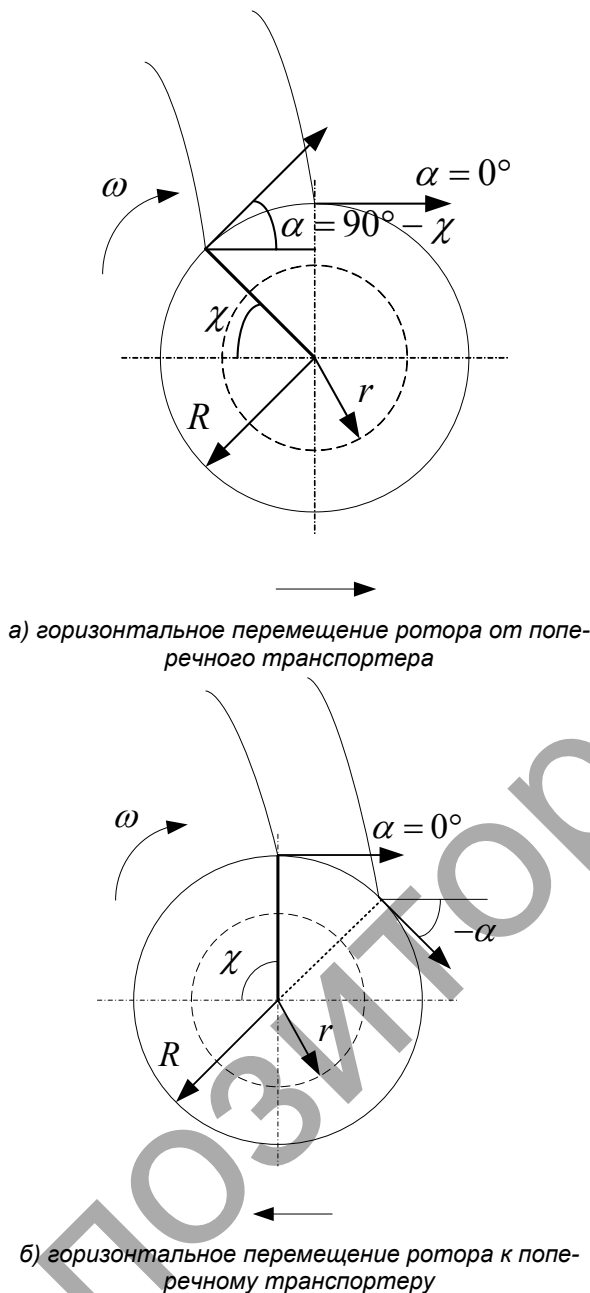


Рисунок 2. Схема к обоснованию взаимного расположения ротора относительно поперечного транспортера и определению угла входа лопасти в поток.

Известно, что, выбирая форму определяющего отверстия, нужно стремиться к уменьшению длины неподвижных кромок, ограничивающих поток материала сверху. Для сокращения флуктуаций (кратковремен-

ных отклонений расхода) необходимо, чтобы соблюдалось условие [3, с. 48]:

$$\delta_{cp} \cdot P \leq 0,025 \cdot S_o, \quad (6)$$

где  $\delta_{cp}$  – средний диаметр частиц материала, м;

$P$  – часть периметра сечения материала, образованная неподвижными кромками, м.

Поскольку для прямоугольного отверстия  $P = 2h_c + 2b_{ТП}$ , с учетом формулы (3) из неравенства (6) получим:

$$\frac{2\delta_{cp} \cdot b_{ТП}}{0,025 \cdot b_{ТП} - 2\delta_{cp}} \leq h_c. \quad (7)$$

Тогда при  $\delta_{cp} = 1,5 \cdot 10^{-3}$  м из неравенства (7) находим  $h_c = 0,15$  м.

Если ротор отодвигать от транспортера (рис. 2а), то большая часть подаваемого материала будет разгружаться по восходящим траекториям, дальность полета частиц при этом существенно увеличится.

Перемещение ротора в направлении к поперечному транспортеру вызовет уменьшение дальности полета частиц (рис. 2б), поскольку в этом случае угол вылета  $\alpha$  начнет принимать отрицательные значения для большинства частиц счесываемых лопастью.

Преимуществом случая, представленного на рисунке 2б, является то, что при приближении ротора к транспортеру уменьшается ширина машины, что весьма важно для работы в садах с плотной схемой посадки деревьев. Однако полная разгрузка лопасти будет протекать значительно позднее, что приведет к забрасыванию частиц, попавших в межлопастное пространство под ротор. Поэтому наиболее рациональным расположением оси ротора относительно транспортера будет вариант, приведенный на рисунке 2а.

Дальность полета частицы  $L$ , выбрасываемой поперечным транспортером кормораздатчика КР-Ф-10, ориентировочно можно определить по известной формуле:

$$L = v^2 \sin 2\alpha / g,$$

где  $g$  – ускорение свободного падения, м/с<sup>2</sup>;

$\alpha$  – угол вылета частицы, отсчитываемый от горизонтали.

Из формулы видно, что максимальная дальность полета будет достигнута при  $\alpha = 45^\circ$ , поскольку в этом случае  $\sin 2\alpha = 1$ . Выброс частиц под углом  $\alpha = 45^\circ$  будет осуществляться, если угол между лопастью и горизонталью в момент ее вхождения в поток будет составлять  $\chi = 90^\circ - \alpha = 45^\circ$  (рис. 2а). Поэтому для теоретических расчетов принимаем значение угла входа лопасти в поток  $\chi = 45^\circ$ .

Согласно схеме, приведенной на рисунке 3, определить вертикальную координату взаимного расположения  $h_p$  можно по формуле:

$$h_p = h_l - h_c - r_{ТП} + R \sin \chi, \quad (8)$$

где  $h_l$  – расстояние от начала координат до определяющего сечения потока, м;

$h_c$  – высота слоя материала на поперечном транспортере, м;

$r_{ТП}$  – радиус звездочки привода поперечного транспортера, м;

$R$  – радиус, описываемый лопастью ротора, м;  
 $\chi$  – угол вхождения лопасти в поток.

Тогда для определения горизонтальной координаты взаимного расположения  $l_p$  (рис. 3) можно записать:

$$l_p = x_a + R \cos \chi, \quad (9)$$

где  $x_a$  – горизонтальная координата, которую можно определить из уравнения движения частицы, выбрасываемой поперечным транспортером:

$$y = h_c + \frac{g(-2k_{II}x + e^{2k_{II}x} - 1)}{4k_{II}^2 v_{ТП}^2}. \quad (10)$$

Для определения горизонтальной координаты  $x_a$  в уравнение (10) необходимо подставить значение ординаты  $y=h_l$  и решить его относительно  $x$ .

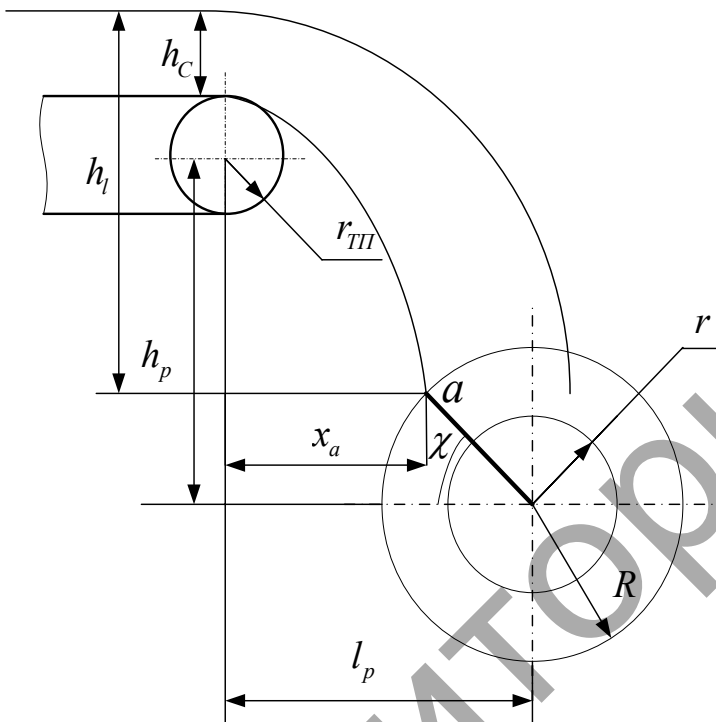


Рисунок 3. Схема к расчету координат расположения ротора относительно поперечного транспортера.

Полученные уравнения (8) – (9) позволяют определить координаты рационального взаимного расположения ротора относительно транспортера. Приведем в качестве примера расчет для определения взаимного расположения оси ротора относительно ведущей оси транспортера на кормораздатчике КР-Ф-10.

Исходные данные:

- коэффициент парусности (среднее значение для опилок)  $k_{II} = 0,50 \text{ м}^{-1}$ ;
- высота слоя материала на поперечном транспортере  $h_c = 0,15 \text{ м}$ ;
- линейная скорость планки транспортера  $v_{ТП} = 1,88 \text{ м/с}$  (принято по номограмме – рис.1);
- расстояние от начала координат до определяемого сечения потока  $h_l = 0,4 \text{ м}$ ;

– радиус звездочки привода поперечного транспортера  $r_{ТП} = 0,1 \text{ м}$ ;

– радиус, описываемый лопастью ротора,  $R = 0,17 \text{ м}$ .

Определяем горизонтальную координату. Для этого в уравнение движения частицы (10) подставляем значение ординаты  $h_l$  и известные величины

$$0,4 = 0,15 + \frac{9,8 \cdot (-2 \cdot 0,5 \cdot x + e^{2 \cdot 0,5 \cdot x} - 1)}{4 \cdot 0,5^2 \cdot 1,88^2},$$

откуда находим значение горизонтальной координаты  $x = x_a = 0,39 \text{ м}$ .

Вертикальная координата взаимного расположения составит:

$$h_p = 0,4 - 0,15 - 0,1 + 0,17 \cdot \sin 45^\circ = 0,27 \text{ м}.$$

Горизонтальная координата взаимного расположения:

$$l_p = 0,39 + 0,17 \cdot \cos 45^\circ = 0,51 \text{ м}.$$

### Выводы

1. Построена номограмма (рис. 1) для выбора рационального соотношения высоты слоя материала и линейной скорости планки поперечного транспортера кормораздатчика КР-Ф-10, которая является основой для определения координат взаимного расположения оси ротора относительно ведущей оси поперечного транспортера.

2. Получены формулы (8) и (9), позволяющие определить координаты рационального взаимного расположения оси ротора относительно оси поперечного транспортера кормораздатчика, обеспечивающие минимальные габаритные размеры машины по ширине. Теоретически определено и экспериментально подтверждено расстояние между осями ротора и поперечного транспортера в вертикальной и горизонтальной плоскостях (соответственно 0,27 м и 0,51 м).

### ЛИТЕРАТУРА

1. Жешко, А.А. Эколого-экономические аспекты внесения мульчирующих материалов в приствольные полосы /А.А. Жешко// Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве: материалы Междунар. науч.-практ. конф., Минск, 17–19 октября 2007 г./ РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»; редкол.: В.Н. Дашков[и др]. – Мн., 2007. – С. 154-158.
2. Догановский, М.Г. Машины для внесения удобрений: учеб. пособие / М.Г. Догановский, Е.В. Козловский. – М.: Машиностроение, 1972. – С. 223-229.
3. Видинеев, Ю.Д. Дозаторы непрерывного действия: учеб. пособие / Ю.Д. Видинеев. – М.: Энергия, 1978. – С.46-50.