

Введение

Лопастной барабан является основным рабочим органом двухступенчатого выравнивателя потока минеральных удобрений центробежного рассеивателя РУ-7000, влияющим на равномерность подачи удобрений в туконаправитель и далее на распределяющие рабочие органы [1].

Производительность лопастного барабана можно определить по известной формуле [2], однако ее применение к исследованию процесса бросания минеральных удобрений затруднено, так как здесь не учитываются агротехнические и технологические требования к работе удобрительных машин.

В настоящей работе выведена формула для определения производительности лопастного барабана двухступенчатого выравнивателя потока удобрений.

Основная часть

Непрерывная, устойчивая работа выравнивателя потока удобрений будет протекать в том случае, если будет выполняться следующее условие:

$$Q_{тр} \leq Q_б \leq Q_{выр.тр},$$

где $Q_{тр}$ – производительность подающего транспортера, кг/с;

$Q_{выр.тр}$ – производительность выравнивающего транспортера, кг/с;

$Q_б$ – производительность лопастного барабана, кг/с.

Производительность подающего транспортера определяется по выражению:

$$Q_{тр} = V_{тр} \cdot B_{тр} \cdot H_{н.тр} \cdot \gamma, \quad (1)$$

где $V_{тр}$ – скорость движения подающего транспортера, м/с;

$H_{н.тр}$ – высота слоя удобрений на подающем транспортере, м;

$B_{тр}$ – ширина подающего транспортера, м;

γ – насыпная плотность удобрений, кг/м³.

Производительность выравнивающего транспортера определяется по выражению:

$$Q_{выр.тр} = V_{выр.тр} \cdot B_{выр.тр} \cdot H_{выр.тр} \cdot \gamma,$$

где $V_{выр.тр}$ – скорость движения выравнивающего транспортера, м/с;

$H_{выр.тр}$ – высота слоя удобрений на выравнивающем транспортере, м;

$B_{выр.тр}$ – ширина выравнивающего транспортера, м.

Зная необходимую дозу внесения удобрений и производительность машины, можно записать:

$$Q_{mp} = \frac{D \cdot W}{3600}, \quad (2)$$

где D – доза внесения удобрений, $кг/га$;

W – производительность машины, $га/ч$.

Приравнивая выражения (1) и (2), найдем скорость движения подающего транспортера:

$$V_{mp} = \frac{k \cdot D \cdot W}{3600 \cdot B_{mp} \cdot H \cdot \gamma}. \quad (3)$$

Производительность машины можно записать следующим образом:

$$W = 0,1 \cdot B_m \cdot \mathcal{G}_m, \quad (4)$$

где \mathcal{G}_m – рабочая скорость движения машины, $км/ч$;

B_m – рабочая ширина захвата машины, $м$.

С учетом формулы (4) выражение (3) примет вид:

$$V_{mp} = \frac{0,1 \cdot D \cdot B_m \cdot \mathcal{G}_m}{3600 \cdot B_{mp} \cdot H \cdot \gamma}. \quad (5)$$

Для того чтобы барабан полностью захватывал и отбрасывал удобрения, поступающие с подающего транспортера, необходимо, чтобы его ширина была больше либо равна ширине подающего транспортера, то есть

$$B_{mp} \leq B_{\delta},$$

где B_{δ} – ширина лопастного барабана, $м$.

Подающий транспортер за время совершения лопастным барабаном одного оборота пройдет расстояние:

$$S_1 = \frac{60 \cdot V_{mp}}{n},$$

где S_1 – расстояние, проходимое подающим транспортером за время одного оборота барабана, $м$;

n – частота вращения лопастного барабана, $мин.^{-1}$.

Продольное сечение слоя удобрений F_y , подаваемого на лопастной барабан, за один его оборот:

$$F_y = H \cdot S_1.$$

Сечение поперечного слоя удобрений F_n близко к прямоугольнику и равно:

$$F_n = H \cdot B_{mp}.$$

Объем удобрений q' , бросаемых барабаном за 1 оборот:

$$q' = F_y \cdot B_{mp} = H \cdot S_1 \cdot B_{mp},$$

а объем удобрений q'_z , приходящихся на одну лопасть:

$$q'_z = \frac{H \cdot S_1 \cdot B_{mp}}{z},$$

где z – количество лопастей барабана, *шт.*

Чрезмерное увеличение этого объема нарушает компактность струи, брошенной барабаном.

Как уже отмечалось выше, во многих современных машинах подача удобрений к распределяющим рабочим органам осуществляется цепочно-скребковым или цепочно-прутковым транспортером, для которых характерна пульсирующая подача материала. Это означает, что на барабан через определенный промежуток времени будет обрушиваться какая-то часть удобрений. Поэтому при расчете производительности барабана необходимо учитывать максимальное количество материала, который может поступить на него.

Изучение процессов, происходящих при метании материала барабаном, показывает, что материал, по мере вращения лопасти, продвигаясь к сбросной ее кромке, размещается на ней в виде тела волочения, имеющего в сечении плоскостью, перпендикулярной оси вращения барабана, форму, близкую к треугольнику [3]. Так, при работе барабана в конце лопасти образуется трехгранная призма, высота которой равна ширине лопасти. Тогда объем призмы

$$q = S \cdot B_{\delta}, \quad (6)$$

где S – площадь основания призмы, м^2 .

Площадь основания призмы можно определить исходя из производительности лопастного барабана, которая должна быть не меньше производительности подающего транспортера:

$$Q_{\delta} = 60 \cdot q \cdot z \cdot n = 60 \cdot S \cdot B_{mp} \cdot z \cdot n.$$

Отсюда

$$S = \frac{Q_{\delta}}{60 \cdot B_{mp} \cdot z \cdot n}. \quad (7)$$

С другой стороны,

$$Q_{\delta} = 60 \cdot H \cdot B_{mp} \cdot V_{mp}.$$

Подставляя производительность барабана в выражение (7), получим:

$$S = \frac{H \cdot V_{mp}}{z \cdot n}. \quad (8)$$

Подставив в формулу (6) формулы (5) и (8), получим:

$$q = \frac{0,1 \cdot D \cdot B_M \cdot g_M}{3600 \cdot n \cdot z \cdot \gamma}. \quad (9)$$

Объем подаваемых удобрений на одну лопасть барабана прямо пропорционален скорости движения подающего транспортера и поперечного слоя удобрений на нем и обратно пропорционален количеству лопастей на барабане и частоте его вращения.

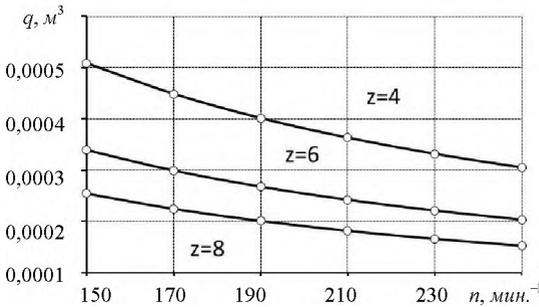


Рисунок 82 – Изменение объема удобрений (q), бросаемых одной лопастью, в зависимости от частоты вращения барабана при различном количестве лопастей

(падение их с подающего транспортера) и вращательного движения лопастного барабана приводит к счесыванию с обрушающегося массива удобрений некоторого слоя (рисунок 83).

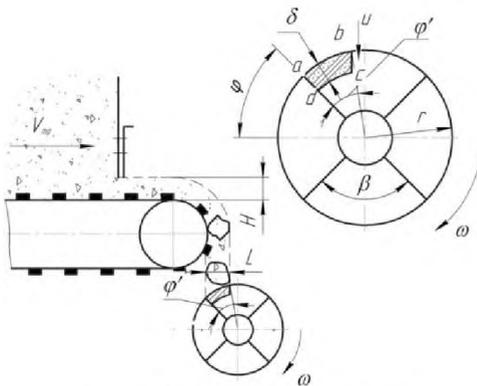


Рисунок 83 – К описанию работы лопастного барабана

t_z – время поворота барабана на угол между лопастями, с.

Время прохождения отрезка bc равно времени поворота барабана на угол между лопастями, который определяется из выражения:

$$\beta = 2 \cdot \pi / z,$$

где β – угол между лопастями барабана, рад.

Следовательно, чем больше лопастей на барабане, тем меньше время t_z :

$$t_z = t_{об} / z,$$

Из графика (рисунок 82), построенного с использованием формулы (9), следует, что количество удобрений, бросаемых одной лопастью барабана, снижается с увеличением частоты его вращения и количества лопастей на нем.

Сочетание поступательного движения удобрений

Без учета сопротивления воздуха, падающий массив удобрений проникает в барабан на расстояние bc (рисунок 83) от линии окружности, очерченной концом лопасти, до точки соприкосновения с последней:

$$bc = \frac{g \cdot t_z^2}{2}, \quad (10)$$

где g – ускорение свободного падения, м/с^2 ;

где $t_{об}$ – время, за которое барабан совершает один оборот, с.
С другой стороны,

$$t_z = \frac{2 \cdot \pi}{z \cdot \omega} = \frac{60}{z \cdot n}, \quad (11)$$

где ω – угловая скорость лопастного барабана, c^{-1} .

Подставив (11) в (10), получим:

$$bc = \frac{g}{2} \cdot \left(\frac{2 \cdot \pi}{z \cdot \omega} \right)^2 = \frac{g}{2} \cdot \left(\frac{60}{z \cdot n} \right)^2. \quad (12)$$

Однако вследствие соударения с частицами, бросаемыми лопастями барабана, а также под действием сопротивления воздушной среды и воздушных потоков, создаваемых лопастями барабана, величина проникновения (bc) основной массы удобрений за линию окружности концов лопастей барабана будет несколько меньше.

Обозначим среднюю скорость движения удобрений на отрезке bc через u . Тогда

$$bc = u \cdot t. \quad (13)$$

Время t проникновения частиц в межлопастное пространство определится из выражения:

$$t = \frac{\beta}{\omega} = \frac{30 \cdot \beta}{\pi \cdot n}. \quad (14)$$

С учетом формулы (14) формула (13) примет вид:

$$bc = \frac{30 \cdot \beta \cdot u}{\pi \cdot n}.$$

Принимая во внимание незначительную скорость подающего транспортера (0,04–0,06 м/с), заключаем, что скорость частиц, ссыпающихся на барабан, при встрече с ним не превышает 2–3 м/с. При таких скоростях сопротивление воздуха пропорционально скорости. Поэтому для дальнейших рассуждений используем формулу (12).

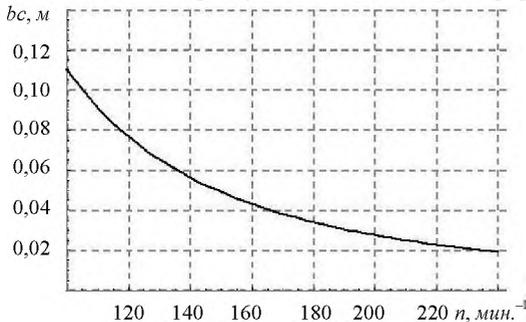


Рисунок 84 – Изменение глубины проникновения частиц от частоты вращения барабана

С использованием формулы (12) построены графики (рисунки 84, 85) зависимости изменения глубины проникновения частиц от частоты вращения лопастного барабана и количества лопастей на нем. Из графиков видно, что с увеличением как частоты вращения лопастного барабана, так и количества лопастей на

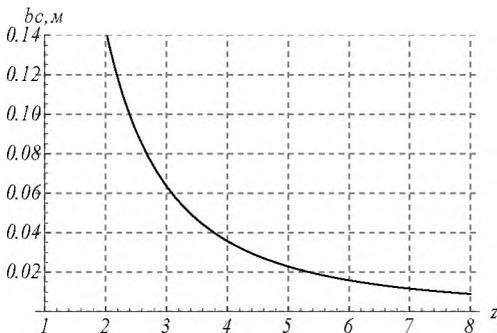


Рисунок 85 – Изменение глубины проникновения частиц от количества лопастей на барабане

нем уменьшается глубина проникновения частиц в межлопастное пространство. Это означает, что частицы удобрений будут находиться у края лопасти, и при сходе с нее будет наблюдаться слабый рассев по длине выравнивающего транспортера.

Площадь продольного слоя удобрений, ссылаемых одной лопастью, можно представить

как площадь части кругового кольца $abcd$ (рисунок 83):

$$F = \frac{(r^2 - r_1^2) \cdot \varphi'}{2}, \quad (15)$$

где φ' – угол поворота лопасти в потоке удобрений, rad ;

r_1 – расстояние от центра барабана до наиболее приближенной к нему частицы, m ;

r – радиус барабана, m ,

$$r_1 = r - \delta, \quad (16)$$

где $\delta = bc \cdot \sin \varphi$ – толщина срезаемого слоя удобрений, m ;

φ – угол входа лопасти в поток удобрений, rad .

В процессе работы лопастного барабана толщина срезаемого слоя δ на протяжении дуги ab (рисунок 83) будет переменна, так как лопасть входит в очередной падающий массив удобрений последовательно различными участками скошенной грани и последовательно выходит из него. При расчетах удобнее пользоваться ее средним значением:

$$\delta \approx \delta_{\varphi} = \frac{bc \cdot l}{r \cdot \varphi'} = \frac{2 \cdot g \cdot l \cdot \pi^2}{z^2 \cdot \omega^2 \cdot r \cdot \varphi'}, \quad (17)$$

где l – толщина слоя удобрений, ссыпающихся на барабан, m .

Величину l с некоторым допущением можно принять равной H – высоте слоя удобрений на подающем транспортере:

$$l = H. \quad (18)$$

Производительность лопастного барабана можно представить в следующем виде:

$$Q_b = \frac{n \cdot z \cdot F \cdot B_b \cdot \gamma}{60}. \quad (19)$$

Подставив в формулу (19) формулы (15), (16), (17) и (18), после некоторых преобразований получим конечную формулу для определения производительности лопастного барабана:

$$Q_6 = \frac{B_6 \cdot \gamma \cdot g \cdot H \cdot \pi}{z \cdot \omega} \cdot \left(1 - \frac{g \cdot H \cdot \pi^2}{r^2 \cdot z^2 \cdot \omega^2 \cdot \phi'} \right).$$

Выводы

Получена формула для определения производительности лопастно-го барабана выравнивающего устройства, учитывающая дозы внесения минеральных удобрений, их виды и физико-механические свойства. Она может быть использована при определении производительности машин броскового типа.

09.09.13

Литература

1. Бегун, П.П. О снижении продольной неравномерности внесения минеральных удобрений центробежными разбрасывателями / П.П. Бегун, Л.Я. Степук // Перспективная техника и технологии–2009: материалы V-й междунар. науч.-практ. конф. студентов и молодых ученых / МДАУ. – Николаев, 2009. – С. 54–57.
2. Исафилов, Н.А. Обоснование оптимальных параметров и режима работы роторных канавоочистительных машин / Н.А. Исафилов // Вопросы сельскохозяйственной механики. – 1964. – Минск: «Ураджай». – Т. 14. – 278 с.
3. Губанов, А.А. Элементы теории центрального питателя бросковых вентиляторов / А.А. Губанов // Труды ВИМ. – М., 1971. – Т. 55.

УДК 631.333:631.174

В.А. Кудря

(НПЦ «ИМЕСТ»,

п.г.т. Глеваха, Киевская обл., Украина)

А.Н. Калнагуз

(Сумской национальный аграрный университет, г. Сумы, Украина)

РЕЗУЛЬТАТЫ

ИССЛЕДОВАНИЙ

ЭНЕРГОЗАТРАТ АГРЕГАТА ДЛЯ ВНЕСЕНИЯ ТВЕРДЫХ ОРГАНИЧЕСКИХ УДОБРЕНИЙ С БОКОВЫМ ВЫБРОСОМ

Введение

Одним из основных факторов, влияющих на экономическую эффективность работы агрегата, являются затраты энергии на выполнение технологической операции. В свою очередь, одним из основных факторов, от которого зависят затраты энергии, является тип рабочих органов машины, применяемых на разбрасывателях органических удобрений. Поэтому необходимо провести исследования в данном направлении, которые позволят более эффективно использовать различные рабочие органы, снижающие затраты энергии.

Анализ последних исследований и публикаций

Учеными Rainer Frick, Jakob Heusser и Matthias Schick из европейского сертификационного центра «Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft»