

УДК 625.76 08

Земдиханов М.М. – кандидат технических наук

E-mail: mr.minsur@mail.ru

Казанский (Приволжский) федеральный университет

Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Кремлевская, д. 18

Габдуллин Т.Р. – кандидат технических наук, доцент

E-mail: talgat2204@mail.ru

Казанский (Приволжский) федеральный университет

Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зелёная, д. 1

Обоснование схемы и параметров центробежного разбрасывателя песка и реагентов

Аннотация

В статье проведен анализ существующих центробежных разбрасывающих устройств и отражателей. На основе анализа предложено теоретическое обоснование формы сечения и размеров высевной щели, установленной над разбрасывающим диском. Также получены формулы, определяющие форму и конструктивные параметры отражателя. Отражатель имеет форму параболы, на фокусе которой размещен разбрасывающий диск. Приведен пример расчета параметров разбрасывающего устройства для конкретной конструкции машины, а также общий вид навесного центробежного разбрасывателя.

Ключевые слова: центробежный разбрасыватель, равномерность распределения, разбрасывающий диск, отражатель, высевная щель, парабола.

Создание более совершенных машин по обслуживанию дорожного покрытия является важнейшей задачей разработчиков дорожной техники.

Улучшение качества работы машин для разбрасывания песка и реагентов, а именно повышение равномерности распределения материала по поверхности дорожного покрытия, имеет важное значение по обеспечению безопасности дорожного движения, а также по экономическим и экологическим показателям [1].

Известны конструкции разбрасывателей, а также отражателей, целью которых является повышение равномерности распределения материала по поверхности дороги [2...5]. Повышение равномерности распределения материала, при использовании данных устройств, не имеет достаточного обоснования.

В статье теоретически обоснованы форма сечения и размеры высевной щели, расположенной на дне бункера над разбрасывающим диском, которая обеспечивает подачу потока материала на поверхность данного диска. Получены уравнения, описывающие форму высевной щели. При этом за разбрасывающим диском машины установлен отражатель, имеющий в горизонтальной плоскости форму параболы. Разбрасывающий диск находится в фокусе параболического отражателя, и частицы отражаются от его поверхности в направлении поступательного движения машины, а не хаотично, что также улучшает равномерность распределения материала по ширине захвата машины.

Также определены численные значения параметров высевной щели и размеры отражателя для конкретного примера исполнения конструкции разбрасывателя.

Ниже приведены обоснования основных параметров центробежного разбрасывателя.

Угловое перемещение частицы во время пребывания на разбрасывающем диске определяется по выражению:

$$\alpha = \omega \cdot t_{\text{пр}}, \quad (1)$$

где ω – угловая скорость вращения разбрасывающего диска;

$t_{\text{пр}}$ – время нахождения частицы на диске, с.

При определении $t_{пр}$, для горизонтального, вращающегося относительно вертикальной оси диска с прямыми и вертикально укрепленными радиальными лопатками, необходимо значение наружного радиуса R_n разбрасывающего диска подставить в следующее уравнение [6]:

$$R_n = \left(\frac{fg}{\omega^2} + r_0 \right) \left[\frac{1}{\lambda_2 - \lambda_1} (\lambda_2 e^{\lambda_1 t_{пр}} - \lambda_1 e^{\lambda_2 t_{пр}}) - 1 \right] + R_0, \quad (2)$$

где f – коэффициент трения частицы материала о поверхность диска; g – ускорение свободного падения, м/с; R_0 – средний радиуса подачи материала от оси вращения диска.

Для определения λ_1 и λ_2 необходимо использовать формулы [6]:

$$\lambda_1 = \omega \left(\sqrt{1+f^2} - f \right), \quad (3)$$

$$\lambda_2 = \omega \left(-\sqrt{1+f^2} - f \right). \quad (4)$$

Из выражения (2), можно определить $t_{пр}$, и затем угол α .

Частицы материала, попадая на поверхность диска на расстоянии R_0 от его оси вращения, выходят из разбрасывающего диска, после его поворота на угол α . Поэтому, высеивная щель должна быть развернута по отношению к отражателю на этот угол против направления вращения разбрасывающего диска.

Абсолютная скорость частицы в момент ее схода с диска определяется по выражению:

$$v_a = v_e + v_r, \quad (5)$$

где v_e – переносная скорость, м/с; v_a – относительная скорость, м/с.

Так как величина v_r незначительна по сравнению v_e , то можно принять, что в момент схода частицы с диска $v_a = v_e$.

После схода с разбрасывающего диска, на частицу в полете будут действовать сила тяжести $P = mg$ (рис. 1) и сопротивление воздуха:

$$R_{xy} = mk_n v_a^2, \quad (6)$$

где k_n – коэффициент парусности частицы; m – масса частицы.

При ориентировочных расчетах, без учета сопротивления воздуха, движение частиц в вертикальной плоскости может быть определено параметрическими уравнениями [7]:

$$\begin{aligned} x &= v_a t; \\ y &= \frac{gt^2}{2}. \end{aligned} \quad (7)$$

Исключив время, получим уравнение траектории движения:

$$x = v_a \sqrt{\frac{2y}{g}}. \quad (8)$$

Это также уравнение параболы, описывающее траекторию полета частицы материала в вертикальной плоскости (рис. 1). Хотя X_{min} и X_{max} расположены взаимно перпендикулярных направлениях, для наглядности показаны на одной плоскости.

$$l_{max} = v_a \sqrt{\frac{2H}{g}}. \quad (9)$$

Далее для определения ширины отражателя в вертикальной плоскости, используем также формулу 8.

Выразив y через x , получим:

$$y = \frac{x^2 g}{2v_a^2}. \quad (10)$$

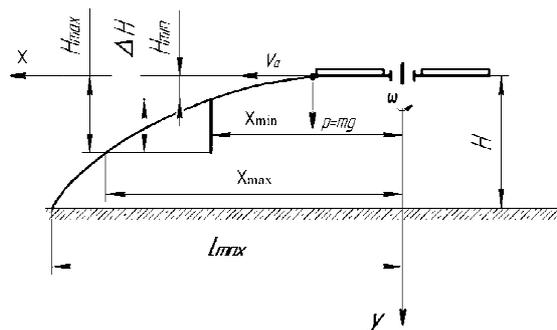


Рис. 1. Схема к определению дальности полета частицы материала

Как известно, уравнение параболы, описывающее форму отражателя в горизонтальной плоскости (рис. 2) в полярной системе координат имеет вид [8]:

$$r = \frac{p}{1 - \cos \varphi}, \tag{11}$$

здесь r – полярный радиус параболы; φ – полярный угол, когда полярная ось проходит через продольную ось симметрии агрегата и направлена вдоль направления его движения; p – фокальный параметр параболы.

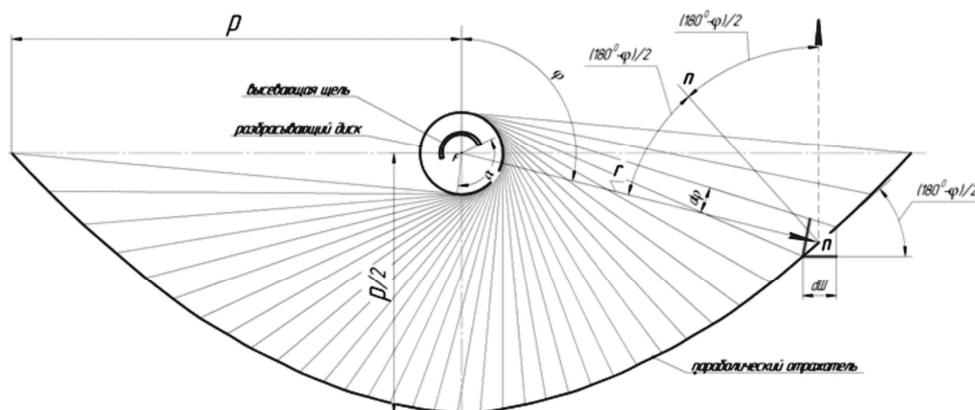


Рис. 2. Схема отражателя

Как видно из рис. 2, ширина захвата машины, в данном случае, $B = 2p$. Следовательно, минимальная дальность полета частицы материала от центра диска до отражателя $x_{min} = p/2$, максимальное значение $x_{max} = p$.

Тогда, подставив в формулу 10 значения x_{min} и x_{max} можем определить $H_{min} = y_{min}$ и $H_{max} = y_{max}$.

Далее минимальная ширина отражателя ΔH в вертикальной плоскости определяется по выражению (рис. 1):

$$\Delta H = H_{max} - H_{min}. \tag{12}$$

Рассмотрим далее теоретическое обоснование параметров высевочной щели, размещенной на дне бункера над разбрасывающим диском (рис. 3).

На малом угловом секторе $d\varphi$ обозначим ширину высевочной щели E и длину dL , которая соответствует угловому сектору $d\varphi$. Песок и реагенты, высеванные через высевочную щель с площадью сечения $dS = EdL$ при угле $d\varphi$, попадают на разбрасывающий диск, и далее отбрасываются на поверхность отражателя и затем распределяются на полосу дорожного покрытия шириной $d\Pi$ (рис. 2). Так как $dL = R_0 d\varphi$, то $dS = ER_0 d\varphi$. С другой стороны $d\Pi = rd\varphi$.

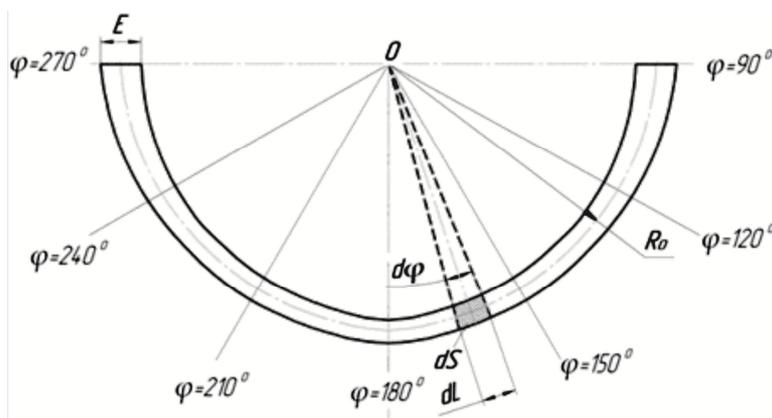


Рис. 3. Схема к определению размеров высевной щели

Для обеспечения равномерного внесения материала по ширине дороги должно выполняться условие:

$$k = \frac{dS}{d\Pi} = \text{const.} \tag{13}$$

Подставив, получим:

$$k = \frac{dS}{d\Pi} = \frac{R_0 d\varphi E}{r d\varphi} = \frac{R_0 E}{r}, \tag{14}$$

где k – постоянная; r – расстояние от центра вращения диска до отражателя.

Подставив из формулы (11) выражение для r, преобразуем формулу (14) к виду:

$$E = k \frac{P}{R_0(1 - \cos\varphi)}. \tag{15}$$

Рассмотрим пример расчета размеров высевной щели. Так как в середине агрегата радиус r отражающего кожуха наименьший, и равен r/2, то и ширина высевной щели E, в средней ее части также будет наименьшим, поэтому величину E в середине высевной щели можно задать из конструктивных соображений, например равной 0,015м. Также надо задать размеры R₀ и B например, R₀ = 0,1 м и B = 7 м. Тогда r_{min} = 1,75 м.

Для машины с заданными параметрами определим величину постоянной k:

$$k = \frac{R_0 E}{r_{\min}} = \frac{0,1 \cdot 0,015}{1,75} = 0,00086 \text{ м.}$$

В таблице приведены параметры ширины высевной щели через каждые 30° для данного значения k .

Таблица

Параметры ширины высевной щели

φ, град	90°	120°	150°	180°	210°	240°	270°
r, м	3,50	2,33	1,88	1,75	1,88	2,33	3,50
E, м	0,03	0,02	0,016	0,15	0,016	0,02	0,03

Разработан чертеж общего вида навесного разбрасывателя песка и реагентов, который приведен на рис. 4.

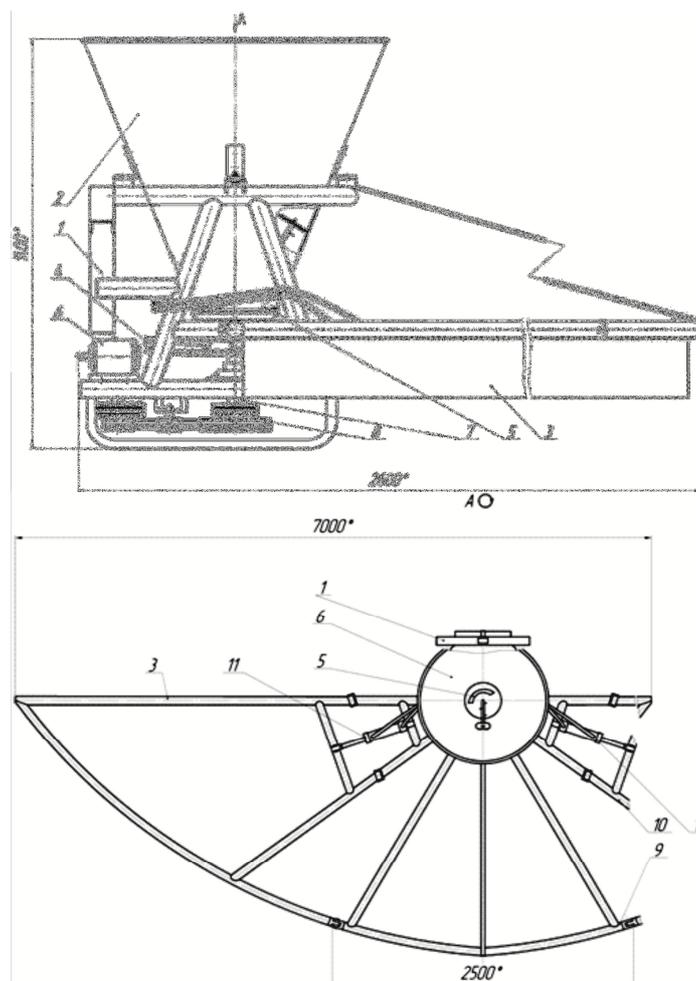


Рис. 4. Общий вид навесного разбрасывателя песка и реагентов:

- 1 – рама; 2 – бунер; 3 – щит отражающий левый; 4 – диск разбрасывающий;
 5 – диск с высевающей щелью; 6 – редуктор привода; 7 – вал диска разбрасывающего;
 8 – передача ременная; 9 – щит отражающий центральный; 10 – щит отражающий правый;
 11 – гидроцилиндр подъема правый; 12 – гидроцилиндр подъема правый

Список библиографических ссылок

- Сахапов Р.Л., Абсялямова С.Г. Инновационная пауза как шанс на технологическую модернизацию российской экономики // Известия КГАСУ, 2013, № 4 (26). – С. 92-100.
- Устройство для поверхностного рассева минеральных удобрений и других сыпучих материалов: пат. 2177216 Рос. Федерация. № 2000106333/13; заявл. 14.03.00; опубл. 27.12.01. Бюл. № 36. – 5 с.
- Рабочий орган для рассева сыпучих материалов: пат. 2177218 Рос. Федерация. № 2000106407/13; заявл. 14.03.00; опубл. 27.12.01. Бюл. № 36. – 3 с.
- Распределитель противогололедных материалов: пат. 2083755 Рос. Федерация. № 95102007/03; заявл. 09.02.95; опубл. 10.07.97. Бюл. № 19. – 3 с.
- Распределитель противогололедных материалов: пат. 93026031 Рос. Федерация. № 93026031/33; заявл. 19.05.93; опубл. 10.08.95. Бюл. № 22. – 3 с.
- Василенко П.М. Теория движения частицы по шероховатой поверхности сельскохозяйственных машин. – Киев: Изд-во украинской академии сельскохозяйственных наук, 1990. – 283 с.
- Тарг С.М. Краткий курс теоретической механики. – М.: Высш. шк., 2010. – 415 с.
- Бронштейн И.Н., Семендяев К.А. Справочник по математике для инженеров и учащихся втузов. – М.: Наука, 1986. – 545 с.

Zemdikhanov M.M. – candidate of technical sciences

E-mail: mr.minsur@mail.ru

Kazan (Volga Region) Federal University

The organization address: 420008, Russia, Kazan, Kremlevskaia st., 18

Gabdullin T.R. – candidate of technical sciences, associate professor

E-mail: talgat2204@mail.ru

Kazan State University of Architecture and Engineering

The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

Justification of the scheme and the parameters spinner reagents and sand

Resume

The article analyzes the existing centrifugal spreader devices and reflectors. Based on the analysis, the authors offer a theoretical basis for cross-sectional shape and size of the calibration slot mounted above the spreading discs. We also obtain formulas that determine the shape and the design parameters of the reflector. The reflector has the shape of a parabola, which is placed on the focus of spreading disc. An example of calculating the parameters of the spreading device for a particular design of the machine, as well as a general view of the attachment spinner is given.

Keywords: centrifugal spreader, uniform distribution, spreading disc, reflector, seeding slot, parabolic reflector.

Reference list

1. Sahapov R.L., Absyalyamova S.G. Innovation pause as a chance for the technological modernization of the Russian economy // News of the KGASU, 2013, № 4 (26). – P. 92-100.
2. Sieving device for surface mineral fertilizers and other bulk materials: the patent 2177216 Russian Federation. № 2000106333/13; it is declared 14.03.00; it is published 27.12.01. The bulletin № 36. – 5 p.
3. Working body for screening bulk materials: the patent 2177218 Russian Federation. № 2000106407/13; it is declared 14.03.00; it is published 27.12.01. The bulletin № 36. – 3 p.
4. Distributor anti-icing materials: the patent 93026031 Russian Federation. № 2083755/03; it is declared 09.02.95; it is published 10.07.97. The bulletin № 19. – 3 p.
5. Distributor anti-icing materials: the patent 93026031 Russian Federation. № 93026031/33; it is declared 19.05.93; it is published 10.08.95. The bulletin № 22. – 3 p.
6. Vasilenko P.M. The theory of motion of a particle on a rough surface of agricultural machinery. – Kiev: Izd Ukrainian Academy of Agricultural Sciences, 1990. – 283 p.
7. Targ S.M. A short course of theoretical mechanics. – M.: higher education, 2010. – 415 p.
8. Bronstein I.N., Semendyaev K.A. Spravochnik of mathematics for engineers and students of technical colleges. – M.: Nauka, 1986. – 545 p.