



## МНОГОКОМПОНЕНТНЫЙ ВИБРАЦИОННЫЙ ДОЗАТОР СЫПУЧИХ КОРМОВ

Н. С. СЕРГЕЕВ,  
доктор технических наук, профессор,  
В. Н. НИКОЛАЕВ,  
кандидат технических наук, доцент,  
А. В. ЛИТАШ,  
аспирант, Челябинская государственная агроинженерная академия  
(454080, г. Челябинск, пр. Ленина, д. 75)

**Ключевые слова:** животноводство, комбикорма, дозатор, многокомпонентное дозирование, псевдооживление, вибрация, амплитуда, частота.

Разработка и создание ресурсосберегающих машин и технологий для приготовления сыпучих кормовых смесей высокого качества непосредственно в сельскохозяйственных предприятиях, является на сегодняшний день одной из главных задач. Дозирование, имеет ключевое значение в приготовлении сыпучей смеси, так как без точного ввода компонентов не будет достигнуто высокого качества конечного продукта. Высокоточное дозирование сыпучих компонентов для получения однородной смеси является научно-производственной проблемой. Из анализа существующих конструкций разработано устройство многокомпонентного вибрационного дозатора сыпучих кормов. Он состоит из корпуса в виде клина с секциями, установленного жестко на раме. Система возбуждения включает в себя эксцентриковый вибровозбудитель с шатунами, имеющими разные эксцентриситеты. Во избежание сгущивания материалов в каждой секции бункера установлены активаторы. Заданная подача каждой секции устанавливается при помощи заслонок, расположенных вертикально на передней стенке бункера перемещающихся по направляющим, положение которых задает толщину слоя дозируемого материала. Материал внутри каждой секции бункера приводится в состояние «псевдооживления», что позволяет за счет снижения сил трения получить равномерное истечение. Исследование проводилось с целью повышения эффективности процесса дозирования сухих кормовых смесей и комбикормов непосредственно в сельскохозяйственных предприятиях. В результате определяющими качественными и количественными показателями были выбраны следующие: количество секций — 5, ширина выпускного отверстия  $b = 0,1$  м, количество активаторов, в виде цилиндрических пружин  $k = 25$  шт., амплитуда колебаний бункера  $A = 0,001 \dots 0,003$  м, угловая частота колебаний бункера  $\omega = 270 \dots 300$  с<sup>-1</sup>, угол наклона днища бункера  $\alpha = 45$  град, коэффициент наполнения  $\psi = 0,8$ . Получены формулы по определению скорости истечения сыпучего корма и производительности предлагаемого дозатора.

## MULTICOMPONENT VIBRATORY BATCHER OF LOOSE FEED

N. S. SERGEEV,  
doctor of technical science, professor,  
V. N. NIKOLAEV,  
candidate of technical science, associate professor,  
A. V. LITASH,  
graduate student, Chelyabinsk State Agroengineering Academy  
(75 Lenin Av., 454080, Chelyabinsk)

**Keywords:** animal husbandry, compound feed, batcher, multicomponent dosing, fluidisation, vibration, amplitude, frequency.

The design and the development of resource-saving machines and the technologies for the high quality bulk feed mixtures preparation directly in agricultural enterprises is one of the main tasks at present. Batching is a crucial process in the bulk mixture preparation since a high quality of the final product will not be achieved without the precise input of the components. High-precision dosing of loose components for obtaining a homogeneous mixture is a research and production problem. From the analysis of existing designs, a device of multicomponent vibratory batcher of loose feed is developed. It consists of a body in the form of wedge with sections. It is firmly mounted to the frame. Excitation system includes an eccentric vibration exciter with rods which have different eccentricities. Some activators are installed to avoid congestion of the material in each section of the batcher. Desired delivery of each section is set by the dampers placed vertically on the front wall of the batcher and moved along the guides whose position determines the layer thickness of the material dosed. The material within each batcher section is provided in a state of "fluidization" which enables to obtain a uniform outflow by reducing the friction force. The aim of research is to increase the efficiency of dry feed mixtures and compound feed dispensing directly in agricultural enterprises. As a result the determining qualitative and quantitative indicators have been chosen as follows: the number of sections is 5, the width of the outlet is  $b = 0.1$  m, the number of activators in the form of cylindrical springs is  $k = 25$  pc, the oscillation amplitude of the batcher is  $A = 0.001 \dots 0.003$  m, the angular frequency of the batcher oscillation is  $\omega = 270 \dots 300$  s<sup>-1</sup>, the slope of the batcher bottom is  $\alpha = 45^\circ$ , the filling ratio is  $\psi = 0.8$ . We have obtained the formulas of velocity determination of loose feed and the efficiency of the proposed dispenser.

Положительная рецензия представлена Ю. П. Пометун, кандидатом технических наук, начальником управления Гостехнадзора Челябинской области.

Продуктивность животных напрямую зависит от их питания, которое должно быть сбалансированным и приготавливаться высокого качества на высокопроизводительном оборудовании с низкими затратами энергии.

При производстве комбикормов необходимо поддерживать не только абсолютную величину расхода каждого ингредиента дозаторами, но и их соотношение в соответствии с рецептом. При многокомпонентном дозировании, значительного повышения точности соблюдения требуемой рецептуры, можно добиться путем применения связанного дозирования [1].

Проведенный анализ наиболее распространенных типов дозаторов и комбикормовых агрегатов для приготовления сыпучих кормосмесей позволяет отметить, что высокая точность дозирования обеспечивается дозаторами, использующими вибрацию.

С учетом всех выявленных недостатков эффективных вибрационных дозаторов сыпучих кормов, нами на кафедре ТМЖ Челябинской ГАА, разработан новый многокомпонентный вибрационный дозатор (рис. 1) [2].

Устройство работает следующим образом. Секции корпуса 1 заполняются сыпучими компонентами в требуемом соотношении. В зависимости от требуемого соотношения компонентов до загрузки бункера сначала устанавливается величина открытия выпускных окон с помощью заслонок 10, которые регулируются в направляющих пазах 12 плиты 11 на необходимый ход фиксаторами 9 в ползунах 8. Регулируемые заслонки 10 и ползуны 8 перемещаются совместно в одних и тех же направляющих пазах

12. Ползуны 8 находятся на одном горизонтальном уровне, также как и зубчатые колеса 3 на валу 6 ручного привода 4. При включении электродвигателя 21 через гибкую передачу 22 передается крутящий момент на вал 19, закрепленный в подшипниковых опорах 24. Шатуны 18, насаженные на вал 19 и имеющие разные эксцентриситеты, создают колебательные движения упругого дна 20 каждой секции корпуса 1. От вибрирующей поверхности упругого дна каждой секции корпуса передаются колебательные движения активаторам 13. Активаторы 13 приводят в состояние «псевдооживления» сыпучие компоненты в секциях корпуса, особенно интенсивно на скошенной стороне. Состояние «псевдооживления» исключает сводообразование сыпучих материалов в корпусе, повышается их сыпучесть, что положительно влияет на их равномерное истечение и этому способствует установка шатунов с разными эксцентриситетами, шарнирно соединенными с дном каждой секции, что позволяет регулировать параметры вибрации: амплитуду колебаний  $A$ ,  $m$ ; частоту колебаний  $\omega$ ,  $s^{-1}$  упругого дна в каждой секции в зависимости от физико-механических свойств материала. Заслонки 10 открываются одновременно при движении вверх рукоятки ручного привода 4, которая соединена с валом колес 3. Зубчатые колеса 3 вращаются и поднимают зубчатую рейку 7 вместе с ползунами 8 и заслонками 10 в направляющих пазах 12 плиты 11. При открытии заслонок происходит равномерное одновременное истечение сыпучих компонентов из секций корпуса 1 через выпускные окна 16. Для закрытия заслонок 10 необходимо ру-

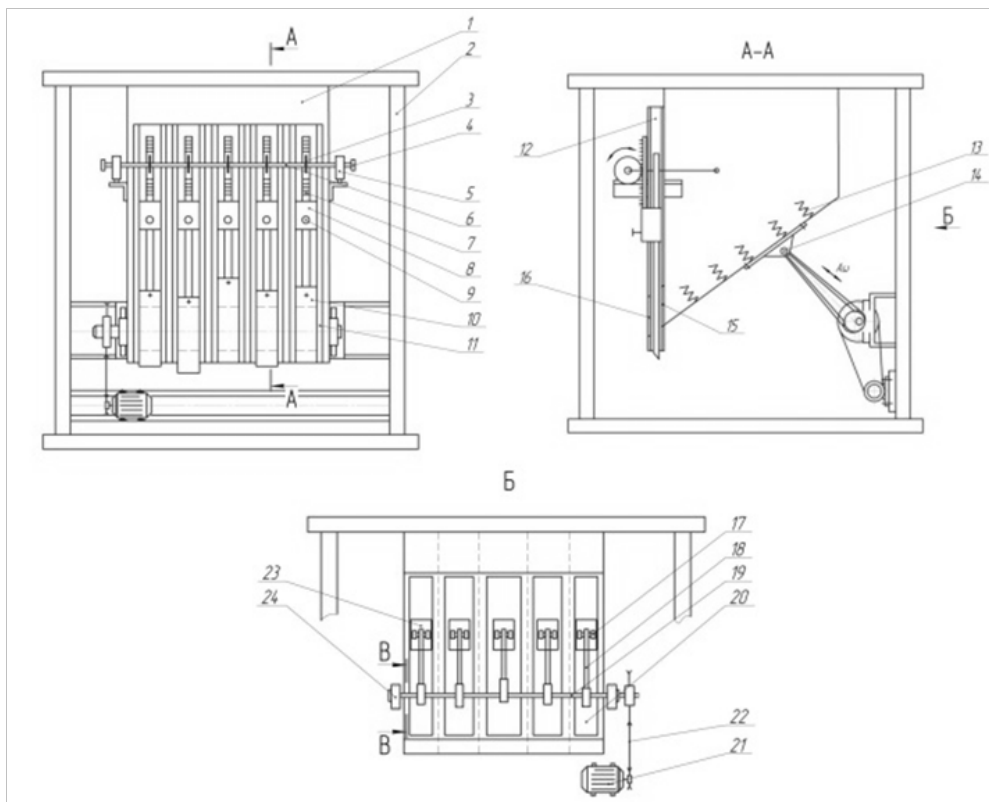


Рисунок 1

Многокомпонентный вибрационный дозатор: 1 — бункер с секциями; 2 — рама; 3 — зубчатые колеса; 4 — привод ручной; 5 — подшипниковые опоры; 6 — вал ручного привода; 7 — зубчатые рейки; 8 — ползуны; 9 — фиксаторы; 10 — заслонки; 11 — плита; 12 — направляющие; 13 — активаторы; 14 — пальцы; 15, 16 — выпускные окна; 17 — пружины; 18 — шатуны; 19 — вал эксцентрикный; 20 — упругое дно; 21 — электродвигатель; 22 — ременная передача; 23 — пластины; 24 — подшипниковые опоры



коятку ручного привода 4, имеющего фиксатор хода, опустить вниз.

**Цель и методика исследований.**

Цель работы заключается в теоретическом определении подачи многокомпонентного вибрационного дозатора сыпучих кормов.

Процесс истечения и движения сыпучего материала в бункере при воздействии вибрации на сегодняшний день изучен не достаточно, что существенно усложняет дальнейшие исследования и не позволяет разработать стройную методику инженерного расчета рабочих органов вибрационных дозаторов, особенно при многокомпонентном дозировании.

Условиями приведения сыпучих кормов в «псевдооживленное» состояние в вибрационном дозаторе являются:

1. Обеспечение прямолинейных наклонных колебаний упругого дна в секциях бункера в сторону выпускного окна.

2. Обеспечение оптимальной активной вибрационной поверхности побудительной системы.

Для нормальной эксплуатации клиновидных бункеров большое значение имеет правильный выбор угла наклона стенок  $\alpha$  и размеров выпускного окна. Угол  $\alpha$  должен быть несколько больше угла естественного откоса  $\alpha_0$  материала в покое. На практике разница между ними составляет 5...10°. При определении наименьшего допустимого размера выпускного отверстия бункера  $A_0$  (м) должно выдерживаться следующее соотношение [3]:

$$A_0 \geq (3 \dots 6) a', \tag{1}$$

где  $a'$  — наибольший размер частицы дозируемого корма, м.

Минимальная величина открытия заслонки  $h_{min}$ , при постоянной ее ширине в каждой секции бункера зависит от рецепта смеси и определяется из условия:

$$h_{min} > \sqrt[3]{l_{max} \times b_{max} \times d_{max}}, \tag{2}$$

где  $l_{max}$ ,  $b_{max}$ ,  $d_{max}$  — соответственно наибольшие длина, ширина и толщина частиц дозируемых компонентов смеси, м.

Скорость истечения  $v_u$ , м/с при боковой разгрузке насыпных материалов без вибрации определяется по формуле [3]

$$v_u = \lambda \times \sin \alpha \times \sqrt{2g \times \left( 2,1R - \frac{3,4\tau_0}{\gamma \times g} \right)}, \tag{3}$$

где  $\lambda$  — коэффициент истечения;  $\alpha$  — угол наклона к горизонту днища бункера в зоне расположения выпускного отверстия, град;  $R$  — гидравлический радиус условного отверстия истечения, являющегося проекцией действительного выпускного отверстия на плоскость  $d-d$ , перпендикулярную к направлению движения струи сыпучего материала, м;  $\tau_0$  — начальное сопротивление сдвигу, Па;  $\gamma$  — объемная масса, кг/м<sup>3</sup>.

В вибрирующем бункере при соблюдении условия, когда силы инерции  $ma$ , действующие на частицы сыпучего материала превышают силы тяжести  $mg$  и трения  $fmg$  на скорость истечения сыпучего

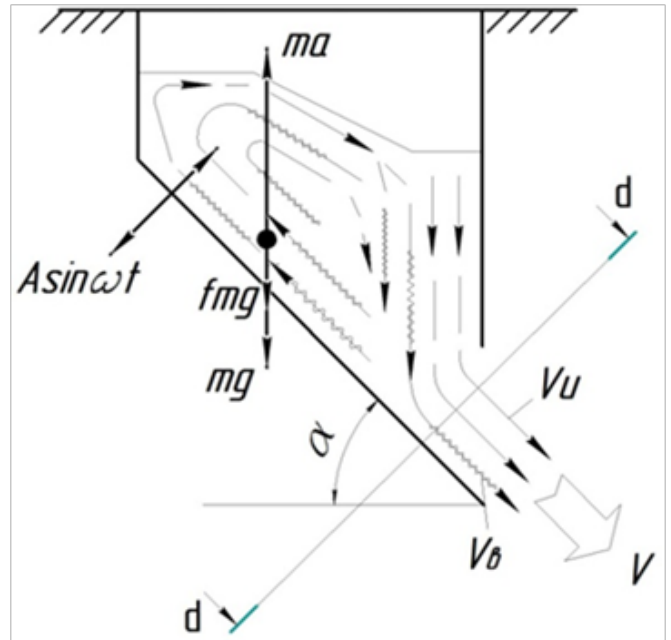


Рисунок 2  
Схема истечения сыпучего материала при вибрации

материала влияют параметры вибрации (рис. 2), а также факторы, учитывающие передачу скорости от вибрирующей поверхности к материалу, толщину слоя, угол наклона вибрирующей поверхности, восприятие материала импульсов вибрации. Это, в общем, учитывает вибрационная скорость  $v_s$  м/с сыпучего материала, характеризующая его интенсивную циркуляцию в вибрирующем бункере [4].

$$v_s = A \times \omega \times K_s, \tag{4}$$

где  $A$  — амплитуда колебаний м ( $A = 0,001 \dots 0,005$ );  $\omega$  — частота колебаний, с<sup>-1</sup> ( $\omega = 100 \dots 500$  с<sup>-1</sup>);  $K_s = k_{nc} \times k_{mc} \times k_{vh} \times k_{sc}$  — эмпирический коэффициент, соответственно состоящий из коэффициентов передачи скорости от вибрирующей поверхности к материалу, толщины слоя, угла наклона вибрирующей поверхности, восприятия материала импульсов вибрации.

С учетом изложенного скорость истечения  $v$ , м/с сыпучего материала из вибрирующего бункера будет определяться как сумма скоростей  $v_u$  и  $v_s$

$$v = \lambda \times \sin \alpha \times \sqrt{2g \times \left( 2,1R - \frac{3,4\tau_0}{\gamma \times g} \right)} + A \times \omega \times K_s. \tag{5}$$

Пропускная способность бункера  $Q_H$ , т/ч непрерывного действия измеряется количеством насыпного материала, которое может пройти через выпускное отверстие в единицу времени, то есть

$$Q_H = 3600 \times v \times \gamma \times S, \tag{6}$$

где  $v$  — скорость истечения насыпного корма из отверстия бункера, м/с; — объемная масса насыпного корма, т/м<sup>3</sup>;  $S = h_s \times b_s$  — площадь отверстия истечения, м<sup>2</sup>, равная произведению высоты на ширину выпускного отверстия, м.

С учетом формулы (5) выражение (6) имеет вид для многокомпонентного вибрационного дозатора

$$Q = 3600 \times \left( \lambda \times \sin \alpha \times \sqrt{2g \times \left( 2,1R - \frac{3,4\tau_0}{\gamma \times g} \right)} + A \times \omega \times K_s \right) \times \gamma \times S. \tag{7}$$

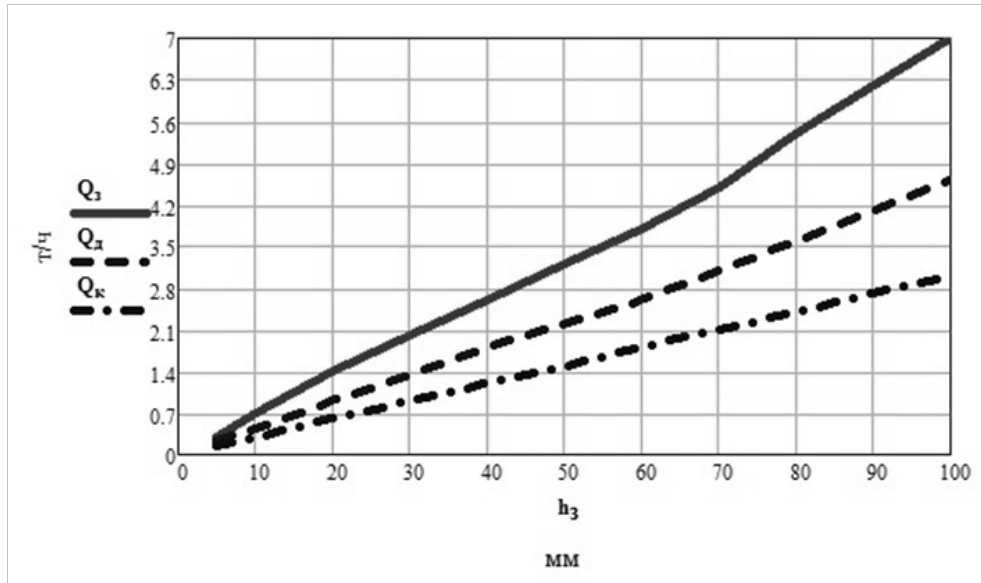


Рисунок 3  
Зависимость подачи вибродозатора от изменения величины открытия заслонки одной секции:  $Q_z$  — зерносмесь;  $Q_d$  — дерть зерносмеси;  $Q_k$  — комбикорм рассыпной

### Результаты исследований.

Исходя из рецептов приготовления кормовых сыпучих смесей в условиях сельскохозяйственных предприятий, количество сырья в рецепте не превышает пяти основных зерновых компонентов, в соответствии с этим количество секций принимаем равным пяти. На упругом дне каждой секции корпуса устанавливаются активаторы в виде цилиндрических пружин, их количество и расстояние между ними подбирается из условия невозможности зацепления их между собой. Принимаем их в количестве 25 шт. Ширина выпускных окон  $b$  принимается равной 0,1 м.

Выявлены условия приведения сыпучего корма в псевдооживленное состояние и рациональные параметры многокомпонентного вибрационного дозатора, которые находятся в следующих пределах: амплитуда колебаний бункера  $A = 0,001 \dots 0,003$  м, частота колебаний бункера  $\omega = 270 \dots 300$  с<sup>-1</sup>, угол на-

клона дна бункера к горизонту  $\alpha = 45$  град, высота открытия заслонки  $h_3 = 0,003 \dots 0,1$  м, коэффициент наполнения бункера  $\psi = 0,8$ . Теоретическая подача одной секции вибродозатора до 7 т/ч.

Задавшись значениями основных параметров на основании выражения (7) в системе MathCAD определена зависимость подачи многокомпонентного вибрационного дозатора от изменения открытия заслонки на разных сыпучих кормах (рис. 3).

### Выводы.

Разработан новый многокомпонентный вибрационный дозатор, позволяющий варьировать его конструктивно-режимные параметры и выдерживать постоянство циркуляционного движения сыпучего материала внутри бункера, что способствует равномерной подаче материала из секций дозатора. Теоретически определена формула подачи многокомпонентного дозатора сыпучих кормов.

### Литература

1. Васильев С. Н. и др. Производство и использование комбикормов в коллективных и фермерских хозяйствах : учебное пособие / под общ. ред. И. Я. Федоренко. Барнаул, 2003. 150 с.
2. Николаев В. Н., Сергеев Н. С., Вишневецкая К. А., Литаш А. В. Вибрационный дозатор : пат. РФ № 2410649. Опубл. в БИ № 3. М., 2011.
3. Леонтьев П. И. и др. Технологическое оборудование кормоцехов. М. : Колос, 1984. 157 с.
4. Сергеев Н. С., Николаев В. Н. Истечение сыпучих кормов из бункера многокомпонентного вибрационного дозатора // Достижения науки и техники АПК. 2010. № 10.

### References

1. Vasiliev S. N. et al. Production and use of compound feeds in the collective and private farms : textbook / ed. by I. Y. Fedorenko. Barnaul, 2003. 150 p.
2. Nikolaev V. N., Sergeev N. S., Vishnevskaya K. A., Litash A. V. Vibrating batcher : pat. Russian Federation № 2410649. Publ. in BI № 3. M., 2011.
3. Leontiev P. I. et al. Technology equipment of feed mill. M. : Kolos, 1984. 157 p.
4. Sergeev N. S., Nikolaev V. N. Outflow of loose feed from the bunker of multicomponent vibratory batcher // Achievements of Science and Technology in AIC. 2010. № 10.