

АЭРОДИНАМИЧЕСКИЙ СМЕСИТЕЛЬ СЫПУЧИХ КОРМОВ

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

Ключевые слова: смеситель, сыпучие корма, аэродинамический, пневмотранспорт, псевдооживление, вентиляторное колесо, концентрация.

Предлагается устройство аэродинамического смешивания сыпучих кормов, которое содержит конический корпус, крышку с коробами для выхода воздуха, камеру смешивания с несколькими входными тангенциальными патрубками для совместной подачи воздуха и сыпучих кормов, центробежное вентиляторное колесо с лопатками и патрубком выпуска частиц. Цель работы заключается в теоретическом определении производительности аэродинамического смесителя сыпучих кормов и обоснованы его основные параметры, а также получена зависимость изменения производительности смесителя от скорости движения аэросмеси во всасывающих патрубках. Для всасывающего устройства аэродинамического смесителя выявлены основные рациональные конструктивные параметры: диаметр камеры смешивания $D_0 = 0,12 \dots 0,16$ м; внутренний диаметр лопастей вентиляторного колеса $D_1 = 0,14 \dots 0,16$ м; высота вентиляторной камеры $B_k = 0,08 \dots 0,12$ м; высота лопастей вентиляторного колеса $b = 0,04 \dots 0,048$ м при внешнем диаметре лопастей вентиляторного колеса смесителя $D_2 = 0,4$ м, а также необходимое и достаточное количество лопаток вентиляторного колеса, равное 6. Установлено, что для требуемой производительности аэродинамического смесителя 1,5–2 т/ч, необходимая концентрация смеси должна составлять от 3 до 3,5, при этом диапазон изменения диаметра трубопроводов должен находиться в пределах от 25 до 50 мм, а рекомендуемая длина должна составлять от 3 до 5 м.

AERODYNAMIC MIXER OF BULK FEED

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

Keywords: mixer, bulk feed, aerodynamic, pneumatic transport, fluidization, fan wheel, mixture concentration.

Provides apparatus aerodynamic mixing bulk feed, it includes a conical body, a cover with the ducts for air outlet, a mixing chamber with several inlet tangential nozzles for air and bulk materials joint delivery, a centrifugal fan wheel with blades and a nozzle for particles outlet. The aim of this work is the theoretical definition of the performance of bulk materials aerodynamic mixer. Based on the studies we have designed an aerodynamic mixer of bulk feed and substantiated its basic parameters. Besides we have found the dependence of changes in mixer productivity from the aeromixture speed in the suction pipes. The main rational design parameters have been identified for the suction device of an aerodynamic mixer: the diameter of a mixing chamber is $D_0 = 0.12 \dots 0.16$ m; the inner diameter of fan wheel blades is $D_1 = 0.14 \dots 0.16$ m; the height of a fan chamber is $B_k = 0.08 \dots 0.12$ m; the height of fan wheel blades is $b = 0.04 \dots 0.048$ m while the outer diameter of fan wheel blades is $D_2 = 0.4$ m, besides the necessary and sufficient number of fan wheel blades is equal to 6. We have proved that for the required efficiency of 1.5–2 t/h aerodynamic mixer, the necessary concentration of mixture should be from 3 to 3.5, and the variation range of pipe diameter should be in the range of 25 to 50 mm while the recommended length should be from 3 to 5 m.

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

На основе анализа машин по пневмотранспортированию и смешиванию сыпучих материалов нами предлагается аэродинамический смеситель сыпучих кормов (рис. 1), который содержит конический корпус, крышку с коробами для выхода воздуха, камеру, установленную над крышкой с несколькими входными тангенциальными патрубками для подачи воздуха, центробежное вентиляторное колесо с лопатками, установленное под крышкой, полый конус с отверстием в вершине, закрепленный под центробежным вентиляторным колесом днищем вверх и патрубком выпуска частиц. Боковые поверхности крышки выполнены в виде полой усеченной сферы с параллельными основаниями разного диаметра, крышка установлена на конический корпус большим диаметром, соответствующим большому диаметру конуса [1, 2].

Аэродинамический смеситель работает следующим образом. Потoki воздуха с взвешенными в нем отдельными компонентами смеси одновременно засасываются за счет создания разрежения лопатками 8 центробежного вентиляторного колеса 7 через входные тангенциальные патрубки 5, установленные на боковой поверхности рабочей камеры 4. В рабочей камере 4 потоки воздуха с взвешенными в нем компонентами смеси приобретают вращательное движение, что приводит к смешиванию компонентов смеси. Винтообразный поток сыпучей смеси за счет разрежения и силы тяжести поступает на вращающиеся лопатки 8 центробежного колеса 7. Здесь происходит дополнительное смешивание компонентов смеси, которые вместе с воздухом отбрасываются к внутренней поверхности крышки 2 и далее в конический корпус 1 [1, 2].

В коническом корпусе 1 устройства, под действием вихревого потока, образованного формой крышки 2, центробежных сил, сил трения и тяжести, происходит эффективное разделение сыпучей смеси и воздуха. Сыпучая смесь заполняет конический корпус 1 до определенного уровня, который находится ниже конуса 9, и выпускается из конического корпуса 1 через патрубок 10. Воздух поступает в конус 9 и удаляется через выходные патрубки 3.

Цель — теоретическое определение производительности аэродинамического смесителя сыпучих кормов.

Материалы и методы исследований.

Способ смешивания сыпучих материалов в предлагаемом аэродинамическом смесителе [2], включает одновременную подачу воздуха и компонентов смеси тангенциально в емкость и перемешивание их во взвешенном состоянии. Подачу воздуха и отдельных компонентов смеси осуществляют совместно посредством всасывания за счет создания разрежения в емкости с

помощью лопаток центробежного вентиляторного колеса с одновременным дозированием тангенциальными патрубками разного диаметра, установленными в одной плоскости и последующим смешиванием компонентов смеси в одной рабочей зоне. Предлагаемая схема обеспечивает повышение эффективности процесса смешивания сыпучих материалов и увеличение производительности аэродинамического смесителя за счет тангенциальной подачи путем всасывания воздуха и компонентов смеси с одновременным их дозированием.

При разработке конструкции аэродинамического смесителя с рациональными конструктивно-кинематическими параметрами рабочей камеры необходимо иметь аэродинамическую схему и характеристику модели вентиляторного колеса. Используя принцип подобия для вентиляторных колес, возможно определить рациональные размеры и число оборотов вентиляторного колеса аэродинамического смесителя, которые обеспечат получение необходимой производительности и напора.

Из практики проектирования и эксплуатации вентиляторов сельскохозяйственных машин [5] нами установлены следующие соотношения параметров аэродинамического смесителя: $V_k/D_2 = 0,2 \dots 0,3$; $D_1/D_2 = 0,35 \dots 0,4$; $D_0/D_2 = 0,3 \dots 0,4$; $b = (0,1 \dots 0,12)D_2$.

При выборе минимального диаметра всасывающего патрубка d_{Ti} , м, следует учитывать поперечный размер сыпучего материала, например зерна, для исключения забивания.

Наименьший диаметр материалопровода должен удовлетворять условию $d_{Tmin} \geq 3a$, где a — размер типичной частицы сыпучего материала. Учитывая разнообразие и сложность формы зерен сельскохозяйственных культур, вместо размера типичной частицы a необходимо использовать средний эквивалентный диаметр зерен [4]

$$d_g = 2\sqrt[3]{(abc)^2 / \pi}, \quad (1)$$

где a, b, c — средние значения их длины, ширины и толщины, м.

Следовательно, имеем $d_{Tmin} \geq 3d_g$.

Рациональную скорость движения V_p , м/с, аэро-смеси в материалопроводе, при котором исключается выпадение частиц сыпучего материала, приводящего к закупорке принимают из соотношения [5]

$$V_p = 15,75 + 0,85v_{вит}, \quad (2)$$

где $v_{вит}$ — скорость витания однородного сыпучего груза, м/с, то есть наименьшая скорость выходящего воздушного потока, в котором частицы груза находятся во взвешенном состоянии.

Зная величины d_{Tmin} и V_p можно определить расход воздуха V , м³/с, для транспортирования сыпучего корма по материалопроводу аэродинамического смесителя по формуле

$$V = \pi d_{Tmin}^2 \min V_p / 4. \quad (3)$$

Наконец, задавшись величиной коэффициента массовой концентрации смеси воздуха с транспортируемым сыпучим материалом μ определим наименьшую подачу Q_{min} , т/ч, компонента кормосмеси.

$$Q_{min} = 3,6V\mu\rho_v, \quad (4)$$

где ρ_v — плотность воздуха, кг/м³ (в нормальных условиях 1,25; для всасывающих установок 0,8–0,95; для нагнетательных установок 1,6–2,0) [4].

Итак, имея наименьшие значения подачи различных сыпучих компонентов кормосмеси всасывающими патрубками можно подобрать их величины «живого» сечения для одновременного и равномерного дозиро-

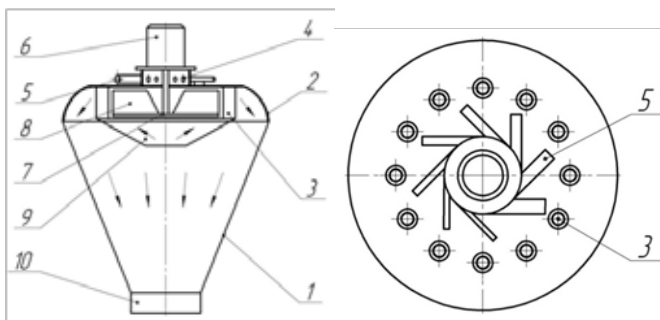


Рисунок 1

Аэродинамический смеситель сыпучих кормов: 1 — конический корпус; 2 — крышка; 3 — выходные патрубки; 4 — рабочая камера; 5 — тангенциальные патрубки; 6 — электродвигатель; 7 — вентиляторное колесо; 8 — лопатки; 9 — конус; 10 — патрубок

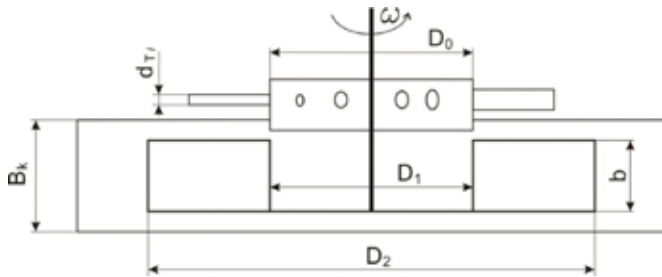


Рисунок 2

Аэродинамическая схема всасывающего устройства: d_{ti} — диаметр всасывающих патрубков, м; D_0 — диаметр камеры смешивания, м; D_1 — внутренний диаметр лопастей вентиляторного колеса, м; D_2 — внешний диаметр лопастей вентиляторного колеса, м; b — высота лопастей вентиляторного колеса, м; B_k — высота вентиляторной камеры, м; ω — частота вращения вентиляторного колеса, с⁻¹ вания компонентов в требуемом соотношении согласно рецепту в камеру смешивания аэродинамического смесителя сыпучих кормов. Постоянное разрежение, создаваемое вентиляторным колесом, минимальные местные потери разрежения во всасывающих патрубках и рабочей камере смешивания, обеспечивают надежное всасывание компонентов.

С увеличением расхода воздуха пропорционально растет производительность установки, при этом увеличение концентрации смеси ведет к снижению производительности. Из анализа теоретических исследований по обоснованию конструктивных параметров вентиляторных колес следует [6], что для аэродинамического смесителя целесообразно применить конструкцию вентиляторного колеса с отогнутыми назад лопастями.

Производительность аэродинамического смесителя Q , кг/с, с учетом вышеизложенного определим по формуле:

$$Q = 0,25\pi d_{t2}^2 k_{рв} \mu V_p \quad (5)$$

где d_{t2} — диаметр всасывающих патрубков, м;

$\rho_{в}$ — плотность воздуха, кг/м³;

μ — концентрация аэросмеси;

V_p — скорость движения аэросмеси, м/с;

k — коэффициент, учитывающий число лопаток вентиляторного колеса.

Скорость движения сыпучего материала составляет не менее $0,85 V_p$.

Результаты исследований.

Для всасывающего устройства аэродинамического смесителя выявлены основные рациональные конструктивные параметры: диаметр камеры смешивания $D_0 = 0,12 \dots 0,16$ м; внутренний диаметр лопастей вентиляторного колеса $D_1 = 0,14 \dots 0,16$ м; высота вентиляторной камеры $B_k = 0,08 \dots 0,12$ м; высота лопастей вентиляторного колеса $b = 0,04 \dots 0,048$ м при внешнем диаметре лопастей вентиляторного колеса смесителя $D_2 = 0,4$ м, а также необходимое и

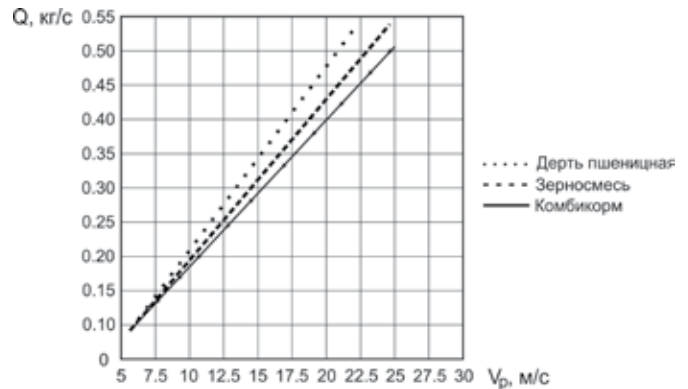


Рисунок 3

Зависимость производительности Q , кг/с, аэродинамического смесителя от скорости движения аэросмеси во всасывающих патрубках V_p , м/с

достаточное количество лопаток вентиляторного колеса, равное 6, для обеспечения безударного входа компонентов смеси на вентиляторное колесо рабочей камеры смесителя входные кромки лопастей необходимо выполнить отогнутыми назад. Такое исполнение лопаток вентиляторного колеса позволит добиться повышения производительности и снижению шума, хотя при этом габариты рабочей камеры аэродинамического смесителя несколько увеличатся.

Установлено, что для требуемой производительности аэродинамического смесителя 1,5–2 т/ч, необходимая концентрация смеси должна составлять от 3 до 3,5, при этом диапазон изменения диаметра трубопроводов должен находиться в пределах от 25 до 50 мм, а рекомендуемая длина должна составлять от 3 до 5 м.

Рассматривая общие энергозатраты на процесс приготовления и транспортирования кормовой сыпучей смеси, необходимо отметить, что применение горизонтально расположенного материалопровода позволит создавать меньшее необходимое разрежение для стабильного всасывания частиц материалов.

В результате расчетов были получены теоретические данные производительности аэродинамического смесителя от скорости смеси V_p при угловой скорости вращения рабочего колеса $\omega = 100 \dots 400$ с⁻¹ (рис. 3), при этом увеличение скорости вращения рабочего колеса приводит к повышению скорости транспортирования сыпучего корма в аэросмесителе, а значит и его производительности. Скорость транспортирования по всей длине всасывающего патрубка постоянна, но зависит от физико-механических свойств сыпучего корма.

Выводы.

Разработана новая конструкция аэродинамического смесителя сыпучих кормов и выявлены основные параметры, а также теоретически определена его производительность.

Литература

1. Николаев В. Н., Сергеев Н. С., Шатруков В. И., Зязев Е. В. Аэродинамический смеситель : Пат. РФ № 104480.
2. Сергеев Н. С., Николаев В. Н. Способ смешивания сыпучих материалов и аэродинамическое устройство для его осуществления : Пат. РФ № 2294795.
3. Ерохин М. Н., Карп А. В., Выскребенцев Н. А. и др. Проектирование и расчет подъемно-транспортных машин сельскохозяйственного назначения / под ред. М. Н. Ерохина, А. В. Карпа. М. : Колос, 1999. 228 с.
4. Гальперин Н. И., Айнштейн В. Г., Кваша В. Б. Основы техники псевдооживления. М. : Химия, 1967. 664 с.
5. Фирсов М. М., Пышкин В. К. Пневматические транспортеры зерна : конструкция, теория, расчет. М. : ВИСМА, 2001. 223 с.
6. Калинушкин М. П. Насосы и вентиляторы : учеб. пособие. 6-е изд. М., 1987. 176 с.

References

1. Nikolaev V. N., Sergeev N. S., Shatrukov V. I., Zyazev E. V. Aerodynamic mixer : Patent RF № 104480.
2. Sergeev N. S., Nikolaev V. N. Method of mixing bulk materials and aerodynamic device for its implementation : Patent RF № 2294795.
3. Erokhin M. N., Karp A. V., Vyskrebentsev N. A. et al. Design and calculation of handling machines for agricultural purposes / ed. by M. N. Erokhin, A. V. Karp. M. : Kolos, 1999. 228 p.
4. Galperin N. I., Aynshyteyn V. G., Kvasha V. B. Fundamentals of fluidization technique. M. : Chemistry, 1967. 664 p.
5. Firsov M. M., Pyshkin V. K. Pneumatic Conveyors of Grain : design, theory, calculation. M. : VISMA, 2001. 223 p.
6. Kalinushkin M. P. Pumps and fans : study guide. 6th ed. M., 1987. 176 p.