

Научная статья  
УДК 631.365.2

## К ОБОСНОВАНИЮ КОНСТРУКЦИИ ПРИЕМНОГО УСТРОЙСТВА ПНЕВМОТРАНСПОРТЕРА СУШИЛКИ АЭРОДИНАМИЧЕСКОГО НАГРЕВА

Алексей Иванович Купреенко, Хафиз Мубариз-оглы Исаев, Андрей Григорьевич Ялоза,  
Олег Алексеевич Купреенко

ФГБОУ ВО Брянский ГАУ, Брянская область, Кокино, Россия

**Аннотация.** Для улучшения условий истечения зерна из выпускного устройства и его дальнейшей транспортировки было предложено усовершенствовать приемное устройство пневмотранспортера сушилки аэродинамического нагрева путем установки под выпуском выгрузного устройства пассивного вибратора в виде горизонтально расположенной подпружиненной пластины, делящей поперечное сечение материалопровода пополам. Целью исследования являлось установление влияния пассивного вибратора на производительность пневмотранспортера и массовую концентрацию транспортируемой смеси при различных сечениях материалопровода. Результаты исследования показали, что установка пассивного вибратора в материалопроводе круглого сечения диаметром 110 мм дает рост производительности пневмотранспортера до 42 %, массовой концентрации смеси - до 37 %. При установке пассивного вибратора в материалопроводе прямоугольного сечения размером 108x50 мм обеспечивается рост производительности пневмотранспортера до 17 %, за исключением максимального зазора в выпуске, снижение массовой концентрации смеси до 22 %. Таким образом, установка пассивного вибратора в приемном устройстве пневмотранспортера дает однозначно положительный эффект для материалопровода круглого сечения диаметром 110 мм. Для прямоугольного сечения размером 108x50 мм необходимо уменьшить высоту выпуска, чтобы улучшить характеристики работы пневмотранспортера.

**Ключевые слова:** пневмотранспортер зерна, производительность пневмотранспортера, массовая концентрация смеси, сушилка аэродинамического нагрева.

**Для цитирования:** К обоснованию конструкции приемного устройства пневмотранспортера сушилки аэродинамического нагрева / А.И. Купреенко, Х.М. Исаев, А.Г. Ялоза, О.А. Купреенко // Вестник Брянской ГСХА. 2025. № 1 (107). С. 58-61.

Original article

## TO SUBSTANTIATION OF THE DESIGN OF THE PNEUMATIC CONVEYOR RECEIVER OF AN AERODYNAMIC HEATING DRYER

Alexei I. Kupreenko, Khafiz M. Isaev, Andrei G. Yaloza, Oleg A. Kupreenko

Bryansk State Agrarian University, Bryansk Region, Kokino, Russia

**Abstract.** To improve the conditions of grain flow from the exhaust device and its further transportation, it was proposed to improve the receiving device of the pneumatic conveyor of the aerodynamic heating dryer by installing a passive vibrator under the outlet of unloading device in the form of a horizontally positioned spring-loaded plate dividing the cross section of the material pipeline in half. The aim of the research was to establish the effect of a passive vibrator on the performance of the pneumatic conveyor and the mass concentration of the transported mixture at different sections of the material pipeline. The results of the research showed that the installation of the passive vibrator in a circular material pipeline with a diameter of 110 mm increases the performance of the pneumatic conveyor by up to 42%, and the mass concentration of the mixture by up to 37%. When installing the passive vibrator in the rectangular material pipeline with a size of 108x50 mm, the performance of the pneumatic conveyor increases to 17%, with the exception of the maximum clearance in the outlet, and the mass concentration of the mixture decreases to 22%. Thus, the installation of the passive vibrator in the receiving device of the pneumatic conveyor gives definitely positive effect for a circular material pipeline with a diameter of 110 mm. For a rectangular section with a size of 108x50 mm, it is necessary to reduce the outlet height in order to improve the performance of the pneumatic conveyor.

**Key words:** pneumatic grain conveyor, pneumatic conveyor performance, mass concentration of the mixture, aerodynamic heating dryer.

**For citation:** To substantiation of the design of the pneumatic conveyor receiver of an aerodynamic heating dryer / A.I. Kupreenko, Kh.M. Isaev, A.G. Yaloza, O.A. Kupreenko // Vestnik of the Bryansk State Agricultural Academy. 2025. 1 (107): 58-61.

**Введение.** Предложенная схема модульной сушилки аэродинамического нагрева, имеющей камеру для сушки плодово-ягодного сырья и дополнительный модуль в виде сушильной шахты для зерна, в ходе испытаний в Брянском ГАУ показала свою работоспособность [1-4].

В качестве выгрузного устройства дополнительного модуля используется бесприводная

конструкция в комбинации с пневмотранспортером, работающим за счет отбора части сушильного агента из рабочей камеры ротора-нагревателя [5-7].

Были исследованы три варианта сечения материалопровода пневмотранспортера [8]. Установлено, что максимальную производительность и массовую концентрацию смеси обеспечивает трубопровод прямоугольного сечения с дополнительной вставкой. Однако исследования показали не стабильность истечения материала из выпускного устройства сушильной шахты; при большой подаче зерна, особенно при скорости воздушного потока в пределах 13...14 м/с, во всех вариантах часто наблюдалось забивание материалопровода.

Одной из причин наблюдаемых явлений, как показала замедленная видеосъемка, является особенность аэродинамики в зоне выпускного устройства. Для улучшения условий истечения зерна из выпускного устройства и его дальнейшей транспортировки было предложено усовершенствовать приемное устройство пневмотранспортера путем установки под выпуском выгрузного устройства пассивного вибратора в виде горизонтально расположенной подпружиненной пластины, делящей поперечное сечение материалопровода пополам (рис. 1).

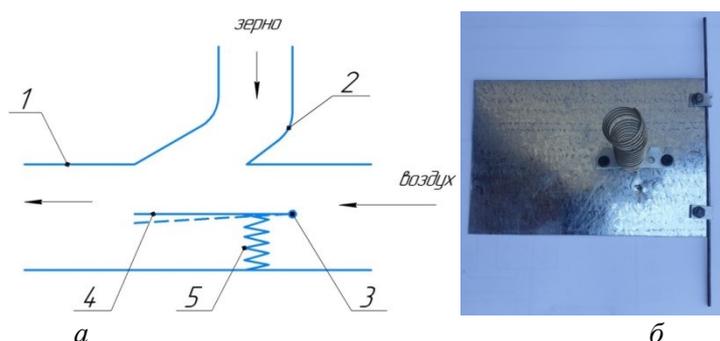


Рисунок 1 – Пассивный вибратор (а – схема установки; б – экспериментальный вибратор):

1 – материалопровод; 2 – выпуск; 3 – ось крепления вибратора; 4 – пластина вибратора; 5 – пружина

**Целью исследования** является установление влияния пассивного вибратора на производительность пневмотранспортера при различных сечениях материалопровода.

**Материалы и методы.** Исследования проводились на установленном отдельно от сушильной шахты выгрузном устройстве (рис. 2) для двух вариантов сечения трубопровода без вибратора и с вибратором (рис. 3).



Рисунок 2 – Общий вид экспериментальной установки



Рисунок 3 – Материалопровод пневмотранспортера с пассивным вибратором: а - прямоугольного сечения 108x50 мм; б – круглого сечения диаметром 110 мм

Испытание пневмотранспортера производили для четырех сечений выпускного отверстия бесприводного выгрузного устройства сушильной шахты. Проходное сечение выпускного отверстия формировалось открытием двух оппозитных заслонок соответственно до зазора в выпуске 18, 28, 38, 48 мм. Для определения производительности в процессе испытаний с помощью фильтровального мешка производился сбор транспортируемого зерна за фиксированное время опыта. Каждый опыт проводился в трех повторностях. Также прибором МЭС-200 измерялась скорость воздушного потока в материалопроводе пневмотранспортера.

**Результаты исследования и их обсуждение.** Результаты эксперимента по определению производительности пневмотранспортера и массовой концентрации смеси при различной величине зазора в выпуске с использованием пассивного вибратора и без него представлены в табл.

Анализ данных таблицы показывает, что установка пассивного вибратора для обоих сечений материалопровода повышает производительность пневмотранспортера. Для круглого сечения рост производительности составляет от 17 до 42 %. Также на 15...37 % повышается значение массовой концентрации смеси.

Таблица 1 – Производительность пневмотранспортера  $Q$  и массовая концентрация смеси  $\mu$

Величина зазора выпуска, мм	Прямоугольное сечение 108x50 мм				Круглое сечение диаметром 110 мм			
	без вибратора		с вибратором		без вибратора		с вибратором	
	$Q$ , кг/ч	$\mu$ , кг/кг	$Q$ , кг/ч	$\mu$ , кг/кг	$Q$ , кг/ч	$\mu$ , кг/кг	$Q$ , кг/ч	$\mu$ , кг/кг
18	72,0	0,13	84,5	0,13	86,6	0,13	123,1	0,15
28	213,6	0,40	247,9	0,39	198,7	0,32	281,2	0,44
38	303,1	0,56	319,4	0,51	273,1	0,43	365,7	0,58
48	416,4	0,77	396,2	0,63	338,6	0,54	397,7	0,63

Для прямоугольного сечения за исключением максимального зазора выпуска рост производительности составил 5...17 %. При максимальном зазоре с вибратором производительность на 5 % ниже. Значение массовой концентрации смеси при использовании вибратора на 5...22 % ниже.

Снижение массовой концентрации смеси при использовании вибратора на прямоугольном сечении связано с большей скоростью воздушного потока в материалопроводе из-за того, что местное сопротивление в зоне выпуска оказывает влияние не на весь поток воздуха, а только на ту часть, которая движется над вибратором. Воздушный поток, движущийся под вибратором, сохраняет исходную скорость и в результате суммарная средняя скорость потока оказывается выше.

Для круглого сечения, имеющего на 60 % большую площадь, данный фактор оказывает меньшее влияние, поэтому снижения массовой концентрации смеси не происходит.

Рост производительности при использовании пассивного вибратора связан с больше начальной скоростью движения зерна, которое после схода с вибратора попадает в воздушный поток, движущийся с исходной скоростью. Поэтому на дно материалопровода зерно падает уже с большей составляющей поступательной скорости.

Без использования вибратора зерно вначале падает на дно материалопровода, и только потом начинает разгоняться, испытывая трение о его стенки.

Некоторое уменьшение производительности на максимальном сечении выпуска при использовании вибратора в прямоугольном материалопроводе связано с большим значением статического давления воздушного потока под выпуском, затрудняющим истечение зерна. Для устранения этого негативного момента необходимо уменьшить высоту выпуска, максимально приблизив зерновые заслонки к верхней стенке материалопровода пневмотранспортера.

**Выводы.** Результаты исследования показали, что установка пассивного вибратора в материалопроводе круглого сечения диаметром 110 мм дает рост производительности пневмотранспортера до 42 %, массовой концентрации смеси - до 37 %.

При установке пассивного вибратора в материалопроводе прямоугольного сечения размером 108x50 мм обеспечивается рост производительности пневмотранспортера до 17 %, за исключением максимального зазора в выпуске, снижение массовой концентрации смеси до 22 %.

Таким образом, установка пассивного вибратора в приемном устройстве пневмотранспортера дает однозначно положительный эффект для материалопровода круглого сечения диаметром 110 мм. Для прямоугольного сечения размером 108x50 мм необходимо уменьшить высоту выпуска, чтобы улучшить характеристики работы пневмотранспортера.

#### Список источников

1. Сушилка аэродинамического нагрева модульного типа / А.И. Купреенко, Х.М. Исаев, С.М. Михайличенко и др. // Конструирование, использование и надежность машин сельскохозяйственного назначения. 2022. № 1 (21). С. 218-222.

2. К определению скорости истечения зерна из сушильной шахты в пневмотранспортер сушилки / А.И. Купреенко, Х.М.О. Исаев, А.Г. Ялоза, О.А. Купреенко // Современные тенденции развития аграрной науки: сб. науч. тр. II междунар. науч.-практ. конф. Брянск, 2023. С. 203-208.

3. Сравнительная эффективность использования модульной сушилки аэродинамического нагрева / В.Н. Ожерельев, А.И. Купреенко, Х.М.О. Исаев, О.А. Купреенко // Современные тенденции развития аграрной науки: сб. науч. тр. II междунар. науч.-практ. конф. Брянск, 2023. С. 199-203.

4. Моделирование движения зерна в пневмотранспортёре зерносушилки аэродинамического нагрева / А.И. Купреенко, Т.В. Панова, М.В. Панов и др. // Современные тенденции развития аграрной науки: сб. науч. тр. II междунар. науч.-практ. конф. Брянск, 2023. С. 208-214.

5. Сушилка: пат. 192350 Рос. Федерация / Купреенко А.И., Исаев Х.М., Исаев С.Х.; заявка № 2019103013; заявл. 04.02.19; опубл. 13.09.19, Бюл. № 26.

6. Купреенко А.И., Исаев Х.М., Исаев С.Х. Снижение энергоёмкости сушилки аэродинамического нагрева // Тракторы и сельхозмашины. 2021. № 1. С. 81-88.

7. Купреенко А.И., Исаев Х.М., Исаев С.Х. Результаты испытания сушилки аэродинамического подогрева с комбинированным теплообменником // Инновации и технологический прорыв в АПК: сб. науч. тр. междунар. науч.-практ. конф. Ч. 2. Брянск, 2020. С. 211-214.

8. Сравнительные испытания пневмотранспортера сушилки аэродинамического нагрева / А.И. Купреенко, Х.М. Исаев, С.Х. Исаев и др. // Конструирование, использование и надежность машин сельскохозяйственного назначения. 2024. № 1 (23). С. 35-41.

#### **Информация об авторах:**

**А.И. Купреенко** – доктор технических наук, профессор, профессор кафедры технологического оборудования животноводства и перерабатывающих производств ФГБОУ ВО Брянский ГАУ, kupreenkoai@mail.ru.

**Х.М. Исаев** – кандидат экономических наук, доцент, заведующий кафедрой технологического оборудования животноводства и перерабатывающих производств ФГБОУ ВО Брянский ГАУ, haf-is@mail.ru.

**А.Г. Ялоза** – соискатель кафедры технологического оборудования животноводства и перерабатывающих производств ФГБОУ ВО Брянский ГАУ, yalozaag@mail.ru.

**О.А. Купреенко** – аспирант кафедры технических систем в агробизнесе, природообустройстве и дорожном строительстве ФГБОУ ВО Брянский ГАУ, 89996212885@mail.ru.

#### **Information about the authors:**

**A.I. Kupreenko** - Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of the Department of technological equipment of animal husbandry and processing industries, Bryansk State Agrarian University, kupreenkoai@mail.ru.

**Kh.M. Isaev** - Candidate of Economic Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Technological Equipment Animal Husbandry and Processing Industries of the Bryansk State Agrarian University, haf-is@mail.ru

**A.G. Yaloza** – Candidate of the Department of Technological Equipment Animal Husbandry and Processing Industries of the Bryansk State Agrarian University, yalozaag@mail.ru.

**O.A. Kupreenko** - Postgraduate Student of the Department of Technical Systems in Agribusiness, Environmental Management and Road Construction of the Bryansk State Agrarian University, 89996212885@mail.ru.

Все авторы несут ответственность за свою работу и представленные данные. Все авторы внесли равный вклад в эту научную работу. Авторы в равной степени участвовали в написании рукописи и несут равную ответственность за плагиат. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

All authors are responsible for their work and the data provided. All authors have made an equal contribution to this scientific work. The authors were equally involved in writing the manuscript and are equally responsible for plagiarism. The authors declare that there is no conflict of interest.

**Статья поступила в редакцию 18.11.2024, одобрена после рецензирования 27.01.2025, принята к публикации 29.01.2025.**

**The article was submitted 18.11.2024, approved after reviewing 27.01.2025, accepted for publication 29.01.2025.**

© Купреенко А.И., Исаев Х.М., Ялоза А.Г. Купреенко О.А.