

ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ

УДК 631.3-1/-9:631.365.22

<https://doi.org/10.26897/2687-1149-2025-4-25-33>

Влияние конструктивных параметров приемного устройства пневмотранспортера сушилки аэродинамического нагрева на его производительность

А.И. Купреенко^{1✉}, Х.М. Исаев², А.Г. Ялоза³, О.А. Купреенко⁴, С.Х. Исаев⁵

^{1,2,3,4,5} Брянский государственный аграрный университет; Брянская область, Россия

¹ kupreenkoai@mail.ru[✉]; <https://orcid.org/0000-0002-3781-9592>

² haf-is@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0003-4912-9908>

³ yalozaag@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-4295-2419>

⁴ 89996212885@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-1765-7282>

⁵ Samir.isaev.94@inbox.ru; <https://orcid.org/0000-0002-6877-3128>

Аннотация. Сушильная шахта модульной сушилки аэродинамического нагрева оснащена выпускным устройством в виде комбинации бесприводного выпускного устройства механического типа и пневмотранспортера. Установлено, что большое влияние на производительность пневмотранспортера оказывает конструкция его приемного устройства. Целью исследований является оценка влияния конструктивных параметров приемного устройства пневмотранспортера на его производительность. При транспортировании зерна пшеницы испытали 5 вариантов конструкций приемных устройств для материалопровода прямоугольного сечения размером 120 × 60 мм и материалопровода круглого сечения диаметром 110 мм. Установили, что максимальную производительность 422,3 кг/ч и массовую концентрацию смеси 0,9 кг/кг обеспечивает материалопровод прямоугольного сечения с защитной вставкой. Прямой выпуск и прямоугольное сечение материалопровода размером 120 × 60 мм с пассивным вибратором обеспечивают максимальную производительность 416,4 кг/ч и массовую концентрацию смеси 0,7 кг/кг. Использование выпуска длиной 3 см вместо 6 см позволяет получить производительность пневмотранспортера 466,8 кг/ч и массовую концентрацию смеси 0,89 кг/кг. Приемное устройство пневмотранспортера экспериментальной модульной сушилки аэродинамического нагрева для обеспечения его стабильной работы и производительности до 450 кг/ч должно быть снабжено прямым выпуском сечением 60 × 60 мм длиной не более 3 см, соединяющим выпускное отверстие сушилки с входным отверстием материалопровода прямоугольного сечения размером 120 × 60 мм, оборудованным пассивным вибратором. Скорость воздушного потока на входе пневмотранспортера должна быть в пределах 15,7...17,0 м/с. Использование защитной вставки в выпуске является перспективным направлением повышения производительности пневмотранспортера при условии повышения начальной скорости воздушного потока на его входе.

Ключевые слова: сушильная шахта; пневмотранспортер; приемное устройство пневмотранспортера; выпуск; выпускное отверстие; пассивный вибратор; производительность

Для цитирования: Купреенко А.И., Исаев Х.М., Ялоза А.Г., Купреенко О.А., Исаев С.Х. Влияние конструктивных параметров приемного устройства пневмотранспортера сушилки аэродинамического нагрева на его производительность // *Агроинженерия*. 2025. Т. 27, № 4. С. 25-33. <https://doi.org/10.26897/2687-1149-2025-4-25-33>

ORIGINAL ARTICLE

Influence of the design parameters of the intake of a pneumatic conveyor of an aerodynamic heating dryer on its efficiency

A.I. Kupreenko^{1✉}, *Kh.M. Isaev*², *A.G. Yaloza*³, *O.A. Kupreenko*⁴, *S.K. Isaev*⁵

^{1,2,3,4,5} Bryansk State Agrarian University; Bryansk, Russia

¹ kupreenkoai@mail.ru[✉]; <https://orcid.org/0000-0002-3781-9592>

² haf-is@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0003-4912-9908>

³ yalozaag@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-4295-2419>

⁴ 89996212885@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-1765-7282>

⁵ Samir.isaev.94@inbox.ru; <https://orcid.org/0000-0002-6877-3128>

Abstract. Drying shaft of the modular dryer of aerodynamic heating is equipped with an outlet in the form of a combination of a non-driven mechanical outlet and a pneumatic conveyor. It is established that the design of its intake has a great impact on the performance of the pneumatic conveyor. The research purpose was to assess the influence of design parameters of the intake of a pneumatic conveyor on its performance. When studying the transportation of wheat grain, the authors tested five design options of the intake for a material pipeline of a 120 × 60 mm rectangular cross-section and a material pipeline of a 110 mm circular cross-section. It was found that the maximum capacity of 422.3 kg/h and mass concentration of the mixture 0.9 kg/kg are provided by the rectangular cross-section material pipeline with a protective insert. The direct discharge and the rectangular cross-section of the 120 × 60 mm material pipeline with a passive vibrator ensure the maximum capacity of 416.4 kg/h and a mass concentration of the mixture of 0.7 kg/kg. When using the outlet with a length of 3 cm instead of 6 cm, one can obtain a capacity of 466.8 kg/h and a mass concentration of the mixture of 0.89 kg/kg. To ensure stable operation and a capacity up to 450 kg/h, the intake of the pneumatic conveyor of the experimental modular dryer of aerodynamic heating should be equipped with a direct outlet of a 60 × 60 mm cross-section with a length of not more than 3 cm, connecting the dryer outlet with the intake of the material pipeline of a rectangular 120 × 60 mm cross-section, equipped with a passive vibrator. The air flow velocity at the intake of the pneumatic conveyor should be within 15.7 to 17.0 m/s. The use of a protective insert in the outlet is a promising way to increase the capacity of the pneumatic conveyor under the condition of increasing the initial air flow velocity at its intake.

Keywords: drying shaft; pneumatic conveyor; pneumatic conveyor intake; outle; outlet pipe; passive vibrator; performance

For citation: Kupreenko A.I., Isaev K.M., Yaloza A.G., Kupreenko O.A., Isaev S.K. Influence of the design parameters of the intake of a pneumatic conveyor of an aerodynamic heating dryer on its efficiency. *Agricultural Engineering (Moscow)*. 2025;27(4):25-33 (In Russ.). <https://doi.org/10.26897/2687-1149-2025-4-25-33>

Введение

Пневмотранспорт широко используется в технологиях послеуборочной обработки и переработки зерна¹ [1, 2] для обеспечения процесса сепарирования² [3] и транспортировки зерна [4, 5].

Аэрожелоба как разновидность пневмотранспорта применяются и в качестве сушильных установок [6-8], а также как выгрузное устройство шахтной сушилки³.

¹ Дзядзио А.М., Кеммер А.С. Пневматический транспорт на зерноперерабатывающих предприятиях. М.: Колос, 1967. 295 с. <https://m.eruditor.one/file/1653977/>

² Терехова О.Н. Пневмоинерционное сепарирование дисперсных материалов в процессах переработки зерна: Монография. Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2011. 200 с. EDN: QNIVSD.

³ Атаназевич В.И. Сушка зерна. М.: Агропромиздат, 1989. 240 с. <http://ilmiy.bmti.uz/blib/files/79/Сушка%20зерна.PDF>.

При разработке модульной сушилки аэродинамического нагрева на базе экспериментальной плодово-ягодной сушилки ПАПРКТО дополнительный модуль сушильной шахты для зерна был оснащен выпускным устройством в виде комбинации бесприводного выпускного устройства механического типа и пневмотранспортера с отбором воздушного потока из рабочей камеры ротора-нагревателя [9].

Испытания выпускного устройства показали его работоспособность [10]. Конструкция приемного устройства пневмотранспортера оказывает большое влияние на его производительность и другие характеристики [11-13]. Установлено, что характер истечения зерна в выпуске бесприводного выпускного устройства механического типа определяется аэродинамикой воздушного потока в зоне приемного

устройства пневмотранспортера [14]. Предложено также для снижения вихреобразования в зоне выпуска уменьшить его длину [15].

На аэродинамику в зоне выпуска можно повлиять установкой в нем защитной вставки или изменением угла наклона выпуска относительно материалопровода пневмотранспортера. В связи с этим необходимо проведение дальнейших исследований.

Цель исследований: оценить влияние конструктивных параметров приемного устройства пневмотранспортера на его производительность.

Материалы и методы

При разработке новых образцов машин для снижения их стоимости желательно использовать стандартные детали и узлы. Поэтому исследовали 2 типа производимых промышленностью материалопроводов: круглый из пластмассовых канализационных труб диаметром 110 мм и прямоугольный из пластмассовых вентиляционных воздуховодов сечением 120×60 мм.

Предварительные испытания показали, что при использовании материалопроводов меньшего сечения производительность снижается. Материалопровод большего сечения способствует снижению скорости воздушного потока и возможному нарушению работоспособности пневмотранспортера, а также увеличению удельного расхода воздуха на транспортировку зерна, снижению массовой концентрации смеси. При этом увеличение сечения заборного патрубка вследствие особенностей рабочего процесса сушилки аэродинамического нагрева ведет к увеличению сброса сушильного агента через пневмотранспортер, необходимости увеличения подсоса атмосферного

воздуха и, соответственно, понижению температуры сушильного агента.

Сечение выпуска бесприводного выпускного устройства механического типа приняли как 60×60 мм – аналогично ширине выпускного отверстия выпускного механизма зерносушилки А1-УЗМ.

Защитную вставку изготовили из отвода с углом 45° канализационной трубы диаметром 50 мм путем разреза по сгибу отвода под углом 45° .

Ширина пластины вибратора (рис. 1) равна ширине профиля материалопровода в среднем его сечении с зазором 1 мм по краям. Длина пластины вибратора была принята равной 150 мм исходя из экспертной оценки характера его работы, и в дальнейшем требуется соответствующее обоснование.

Скорость воздушного потока на входе пневмотранспортера не регулировалась и определялась характеристиками работы ротора-нагревателя и сопротивлением пневмотранспортера. Без пневмотранспортера на обрете заборного патрубка максимальная скорость воздушного потока на выходе из рабочей камеры ротора-нагревателя составляла 20 м/с.

В материалопроводе выполнили смотровые окна из листового поликарбоната, через которые осуществляли видеосъемку процесса движения зерна в приемное устройство пневмотранспортера. Исследовали 5 вариантов конструкции приемных устройств:

1 – прямой выпуск и прямоугольное сечение материалопровода размером 120×60 мм (рис. 2а);

2 – прямой выпуск с защитной вставкой и прямоугольное сечение материалопровода размером 120×60 мм (рис. 2б);

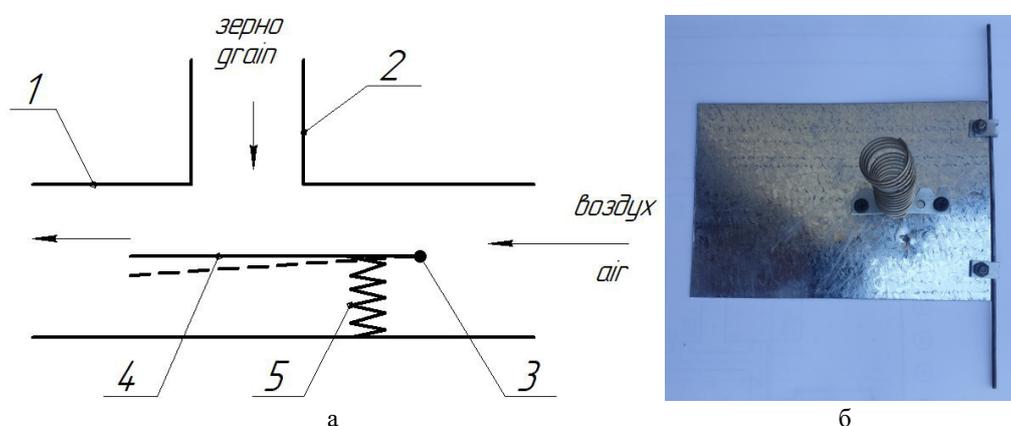


Рис. 1. Схема установки пассивного вибратора (а) и его общий вид (б):

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

Fig. 1. Installation diagram of the passive vibrator (a) and a general view of the vibrator (б):

1 – material line; 2 – outlet; 3 – vibrator mounting axis; 4 – vibrator plate; 5 – spring

3 – прямой выпуск и прямоугольное сечение материалопровода размером 120 × 60 мм с пассивным вибратором (рис. 2в);

4 – наклонный выпуск, круглое сечение материалопровода диаметром 110 мм с пассивным вибратором (рис. 3а);

5 – прямой выпуск, круглое сечение материалопровода диаметром 110 мм с пассивным вибратором (рис. 3б).

Общий вид компоновки сушилки при исследовании материалопровода прямоугольного сечения представлен на рисунке 4.

Принцип работы сушилки следующий (рис. 5). Зерно загрузочным шнековым транспортером подается в зерновой бункер сушильной шахты 8 и, распределяясь между подающими и отводящими сушильный агент коробами, под действием силы тяжести движется вниз к бесприводному выгрузному устройству. Засасываемый вследствие работы ротора-нагревателя 5 атмосферный воздух проходит через каналы комбинированного теплообменника 1,

подогревается за счет солнечной энергии и через патрубки верхнего и нижнего подсосов 3 поступает в сушильную камеру 4.

В сушильной камере 4 подогретый атмосферный воздух смешивается с отработанным сушильным агентом, поступающим из сушильной шахты 8 по отводящему воздуховоду 9, проходит через ротор-нагреватель и направляется по подводящему воздуховоду 7 в сушильную шахту 8. Часть сушильного агента отводится в материалопровод пневмотранспортера 10, обеспечивая транспортировку зерна, поступающего через зерновые заслонки, регулирующие сечение выпускного отверстия бесприводного выгрузного устройства, в выпуск, и далее – в материалопровод пневмотранспортера. В зависимости от влажности зерна на выходе пневмотранспортера оно направляется или обратно в сушильную шахту, или на выгрузку.

Испытание пневмотранспортера проводили для четырех сечений выпускного отверстия бесприводного выгрузного устройства сушильной шахты (рис. 6).

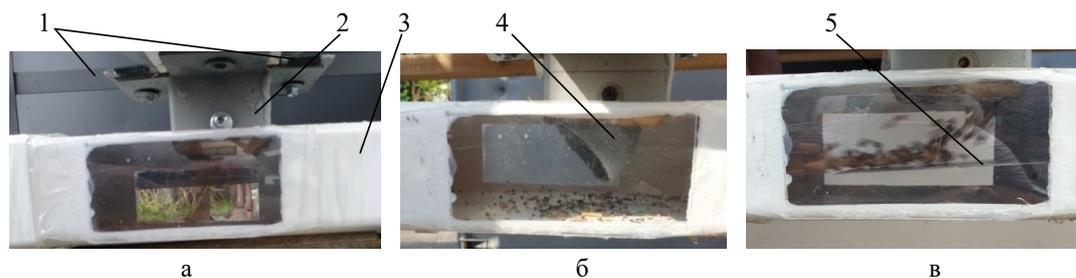


Рис. 2. Приемное устройство пневмотранспортера для материалопровода сечением 120 × 60 мм:

а – прямой выпуск без защитной вставки; б – прямой выпуск с защитной вставкой; в – прямой выпуск с пассивным вибратором; 1 – зерновые заслонки; 2 – прямой выпуск; 3 – материалопровод; 4 – защитная вставка; 5 – пластина вибратора

Fig. 2. Intake of the pneumatic conveyor for a material pipeline with a cross-section of 120 × 60 mm:

а – direct outlet without a protective insert; б – direct outlet with a protective insert; в – direct outlet with a passive vibrator; 1 – grain flaps; 2 – direct outlet; 3 – material pipeline; 4 – protective insert; 5 – vibrator plate

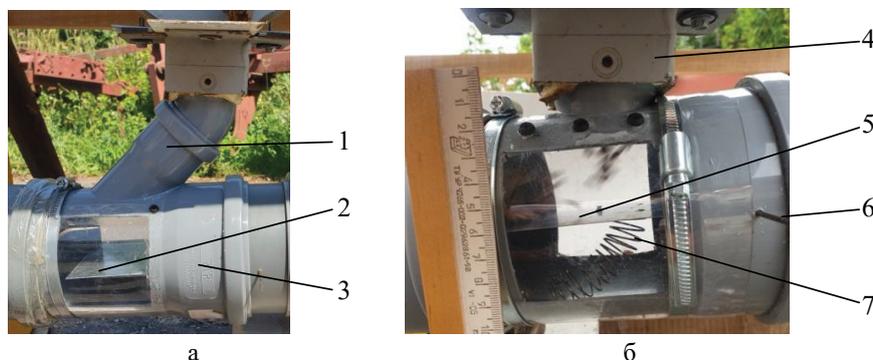


Рис. 3. Приемное устройство с пассивным вибратором для материалопровода диаметром 110 мм:

а – наклонный выпуск под углом 45°; б – прямой выпуск под углом 90°; 1 – наклонный выпуск; 2, 5 – пластина вибратора; 3 – материалопровод; 4 – прямой выпуск; 6 – ось крепления вибратора; 7 – пружина вибратора

Fig. 3. Intake a with passive vibrator for a 110 mm diameter material pipeline:

а – inclined discharge at an angle of 45°; б – direct outlet at an angle of 90°; 1 – inclined outlet; 2, 5 – vibrator plate; 3 – material pipeline; 4 – direct outlet; 6 – vibrator mounting axis; 7 – vibrator spring



Рис. 4. Сушилка с материалопроводом пневмотранспортера прямоугольного сечения 120 × 60 мм:

- 1 – комбинированный теплообменник; 2 – сушильная камера; 3 – отводящий воздуховод;
- 4 – шкаф привода ротора-нагревателя; 5 – подводящий воздуховод; 6 – заборный патрубок пневмотранспортера;
- 7 – бесприводное выгрузное устройство механического типа; 8 – материалопровод пневмотранспортера;
- 9 – сушильная шахта; 10 – фильтрующее ограждение

Fig. 4. Dryer with a pneumatic conveyor line of 120 × 60 mm rectangular cross section:

- 1 – combined heat exchanger; 2 – drying chamber; 3 – outlet air duct; 4 – rotor-heater drive cabinet;
- 5 – inlet air duct; 6 – intake pipe of the pneumatic conveyor; 7 – non-water discharge device of a mechanical type;
- 8 – material pipeline of the pneumatic conveyor; 9 – drying shaft; 10 – filter enclosure

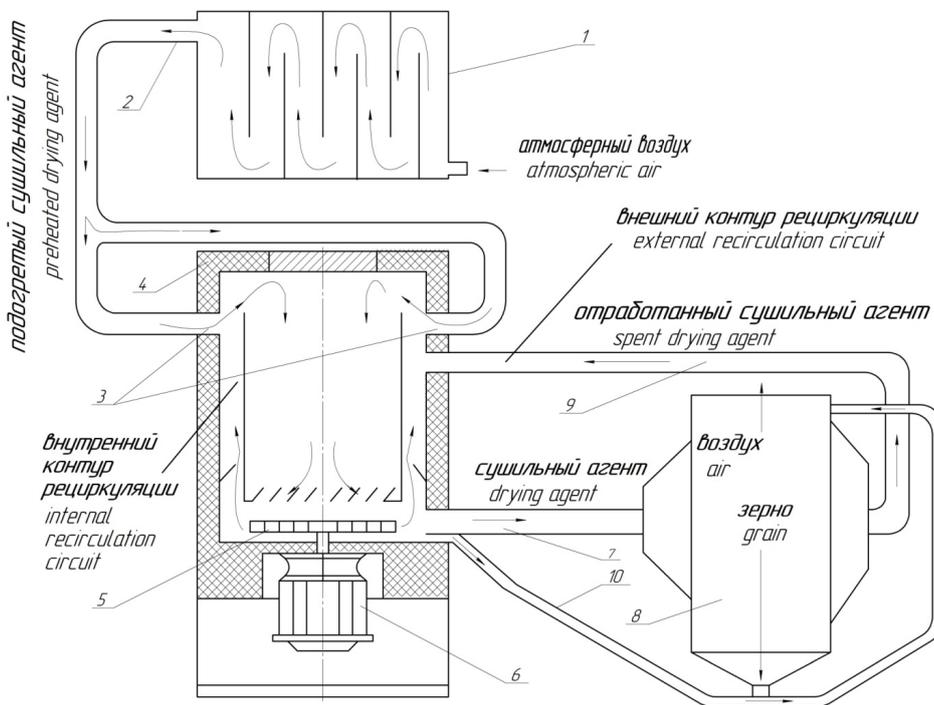


Рис. 5. Конструктивно-технологическая схема модульной сушилки:

- 1 – комбинированный теплообменник; 2 – воздуховод; 3 – патрубки верхнего и нижнего подсосов;
- 4 – сушильная камера; 5 – ротор-нагреватель; 6 – приводной электродвигатель; 7 – подводящий воздуховод;
- 8 – сушильная шахта; 9 – отводящий воздуховод; 10 – материалопровод пневмотранспортера

Fig. 5. Design and technological diagram of the modular dryer:

- 1 – combined heat exchanger; 2 – air duct; 3 – upper and lower suction pipes;
- 4 – drying chamber; 5 – rotor-heater; 6 – driven electric motor; 7 – supply air duct; 8 – drying shaft;
- 9 – exhaust air duct; 10 – material pipeline of the pneumatic conveyor

Проходное сечение выпускного отверстия формировалось открытием двух оппозитных заслонок до зазора в выпуске 18, 28, 38, 48 мм соответственно.

Производительность пневмотранспортера оценивали массой зерна, поступившей из пневмотранспортера в фильтровальный мешок в бункере сушильной шахты при различных сечениях выпускного отверстия за фиксированное время. Для определения массовой концентрации транспортируемой зерно-воздушной смеси с помощью метеометра МЭС-200 выполняли замер скорости воздушного потока на входе пневмотранспортера и с учетом площади сечения материалопроводов производили пересчет на массовый расход воздуха.

Результаты и их обсуждение

На входе пневмотранспортера скорость воздушного потока в материалопроводе круглого сечения составляла от 15,7 м/с, для прямоугольного – до 17,0 м/с.

Результаты определения производительности пневмотранспортера и массовой концентрации смеси при различной ширине выпускного отверстия в зависимости от конструкции приемного устройства представлены на рисунках 7, 8.

Анализ рисунков 7, 8 показывает, что максимальную производительность 422,3 кг/ч и массовую концентрацию смеси 0,9 кг/кг обеспечивает вариант 2 (материалопровод прямоугольного сечения с защитной вставкой). Однако при максимальном сечении выпускного отверстия происходит завал материалопровода вследствие большой подачи зерна и недостаточной в этом случае скорости воздушного потока.

Увеличить скорость воздушного потока можно за счет увеличения притока воздуха на вход ротора-нагревателя, однако в этом случае снижается температура сушильного агента. Другой вариант – использование отдельного нагнетательного вентилятора для пневмотранспортера, что связано с дополнительными затратами. Однако в процессе сушки от пневмотранспортера не требуется обеспечения максимальной производительности. Время сушки зерна в дополнительном модуле составляет порядка 60...120 мин в зависимости от влажности зерна и температуры сушильного агента [13]. Данное время сушки при вместимости сушильной шахты 450 кг соответствует производительности пневмотранспортера 225...450 кг/ч. Поэтому задача пневмотранспортера – обеспечить надежную циркуляцию зерна по сушильной шахте либо его разгрузку в течение этого времени при минимальных затратах на процесс и механических воздействиях на зерно.

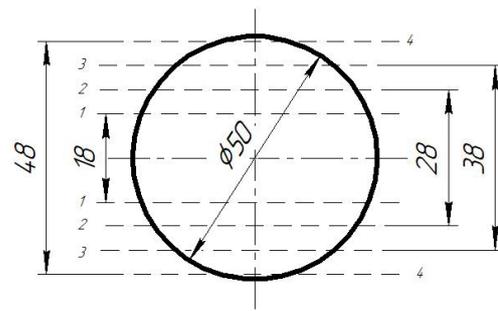


Рис. 6. Сечения выпускного отверстия (размеры, мм)

Fig. 6. Outlet cross-sections (dimensions in mm)

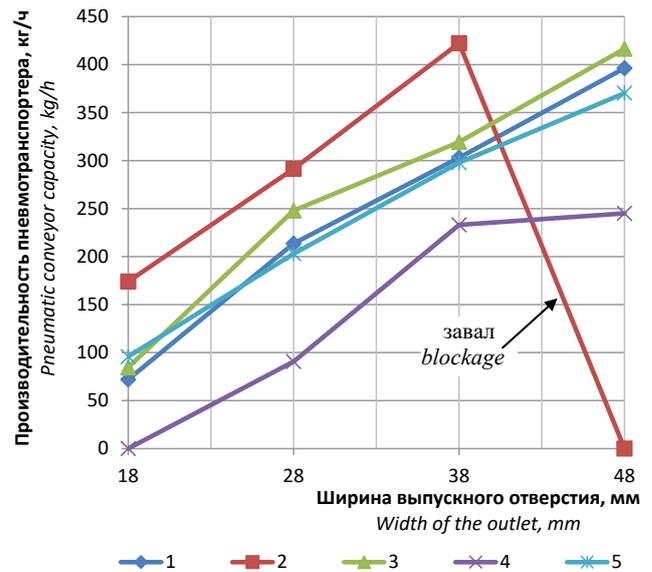


Рис. 7. Производительность пневмотранспортера в зависимости от варианта исполнения приемного устройства материалопровода

Fig. 7. Performance of the pneumatic conveyor depending on the pipeline intake design

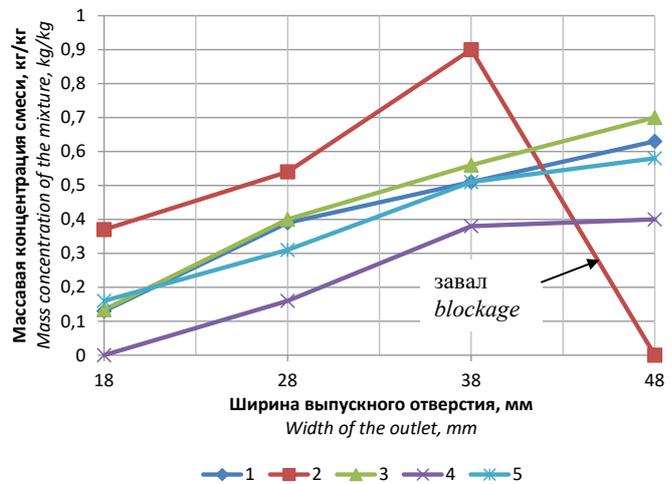


Рис. 8. Массовая концентрация смеси в зависимости от варианта исполнения приемного устройства материалопровода

Fig. 8. Mass concentration of the mixture depending on the pipeline intake design

Максимальная производительность пневмотранспортера требуется при разгрузке последней партии зерна из сушильной шахты. В данном случае при открытии двери сушильной камеры обеспечивается максимальный приток воздуха на вход ротора-нагревателя, скорость воздушного потока в материалопроводе составляет порядка 20 м/с, и производительность пневмотранспортера достигает своего максимального значения в зависимости от конструкции приемного устройства.

Кроме выпуска с защитной вставкой, максимальную производительность 416,4 кг/ч и массовую концентрацию смеси 0,7 кг/кг обеспечивает вариант 3 (прямой выпуск и прямоугольное сечение материалопровода размером 120 × 60 мм с пассивным вибратором).

Примерно равные характеристики с вариантом 1 (прямой выпуск и прямоугольное сечение материалопровода размером 120 × 60 мм) имеет вариант 5 (прямой выпуск и круглое сечение материалопровода диаметром 110 мм с пассивным вибратором).

Наименьшую производительность и массовую концентрацию смеси показал вариант 4 (наклонный выпуск с круглым сечением материалопровода диаметром 110 мм и пассивным вибратором). Здесь определяющую негативную роль сыграл наклонный выпуск, создающий большее сопротивление истечению зерна. Тем не менее наличие пассивного вибратора и в этом случае повышает производительность пневмотранспортера за счет улучшения условий истечения зерна из выпуска.

С целью снижения турбулентности воздушного потока в зоне выпускного отверстия длину выпуска уменьшили с 6 до 3 см так, чтобы оставалась возможность для крепления приемного устройства материалопровода круглого сечения.

Проведенные исследования (рис. 9) показали, что использование выпуска длиной 3 см и пассивного вибратора позволяет получить максимальную производительность пневмотранспортера 466,8 кг/ч и максимальную массовую концентрацию смеси 0,9 кг/кг, что больше на 8,8 и 23,8% соответствующих значений выпуска длиной 6 см с пассивным вибратором.

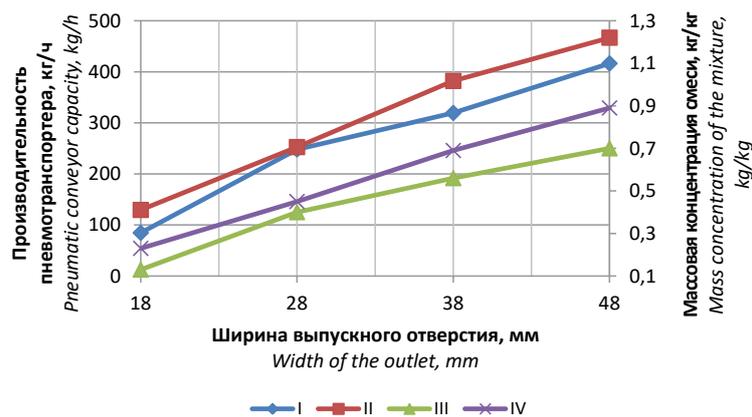


Рис. 9. Зависимость производительности пневмотранспортера и массовой концентрации смеси от ширины выпускного отверстия:

I – производительность при длине выпуска 6 см; II – производительность при длине выпуска 3 см;
III – массовая концентрация смеси при длине выпуска 6 см; IV – массовая концентрация смеси при длине выпуска 3 см

Fig. 9. Dependency of the pneumatic conveyor performance and the mass concentration of the mixture on the outlet width:

I – performance with an outlet length of 6 cm; II – performance with an outlet length of 3 cm;

III – mass concentration of the mixture with an outlet length of 6 cm;

IV – mass concentration of the mixture with an outlet length of 3 cm

Выводы

Приемное устройство пневмотранспортера экспериментальной модульной сушилки аэродинамического нагрева производительностью до 450 кг/ч должно быть снабжено прямым выпуском сечением 60 × 60 мм длиной не более 3 см, соединяющим выпускное отверстие сушилки с входным отверстием материалопровода прямоугольного сечения размером 120 × 60 мм, оборудованным пассивным вибратором. Скорость воздушного потока на входе

пневмотранспортера должна быть в пределах 15,7...17,0 м/с. При отмеченных параметрах приемного устройства пневмотранспортера обеспечиваются его стабильная работа и требуемая производительность.

Использование защитной вставки в выпуске является перспективным направлением повышения производительности пневмотранспортера при условии повышения начальной скорости воздушного потока на его входе.

Список источников

1. Kazakbaev S.Z., Karymsakov N.S. Progressive machines for pre-cleaning of grain. *ISJ Theoretical & Applied Science*. 2022;5(109):870-879. <https://doi.org/10.15863/TAS.2022.05.109.84>
2. Сычугов Ю.В., Казаков В.А. Новые технологии и технические средства после уборочной обработки и переработки зерна // Проблемы интенсификации животноводства с учетом охраны окружающей среды и производства альтернативных источников энергии, в том числе биогаза. Варшава: Технологический институт, национальный исследовательский институт, 2021. Т. XXVII. С. 199-205. EDN: WYWDYL
3. Бурков А.И., Глушков А.Л., Лазыкин В.А., Мокиев В.Ю. Исследование инерционного отделителя пневмозагрузчика клеверотерки // Агроинженерия. 2023. Т. 25, № 5. С. 4-10. <https://doi.org/10.26897/2687-1149-2023-5-4-10>
4. Непочатой В.Н., Черныш А.П., Дубоделов Р.Н. Исследование изменения скорости течения псевдооживленного зернового слоя от угла наклона плоскости рабочего органа зерносушилки // Тенденции сельскохозяйственного производства в современной России: Материалы XII Международной научно-практической конференции. Кемерово: Кемеровский государственный сельскохозяйственный институт, 2013. С. 14-18. EDN: RJONKV
5. Афанасьев А.И., Потапов В.Я., Костюк П.А. Основы расчета пневматических устройств (ПУ) для транспортирования сыпучих смесей // Фундаментальные исследования. 2015. № 10-1. С. 9-11. URL: <https://fundamental-research.ru/ru/article/view?id=39115> (дата обращения: 24.02.2025).
6. Волженцев А.В., Коношин И.В., Булавинцев Р.А. и др. Псевдооживление как система агент сушки – зерно // Агротехника и энергообеспечение. 2020. № 1 (26). С. 14-19. EDN: HTZHSI
7. Волженцев А.В., Коношин И.В., Булавинцев Р.А., Звекон А.М. Сушка зерна в псевдооживленном слое // Агротехника и энергообеспечение. 2020. № 4 (29). С. 42-48. EDN: HLOLZY
8. Кузнецов Ю.А., Кравченко И.Н., Сиротов А.В. и др. Проектирование зерносушилок с псевдооживленным зерновым слоем // Сельский механизатор. 2018. № 5. С. 22-23. EDN: UWPJLW
9. Купреенко А.И., Исаев Х.М., Михайличенко С.М. и др. Сушилка аэродинамического нагрева модульного типа // Конструирование, использование и надежность машин сельскохозяйственного назначения. 2022. № 1 (21). С. 218-222. EDN: XMSPYM
10. Ожерельев В.Н., Купреенко А.И., Исаев Х.М.О., Купреенко О.А. Сравнительная эффективность использования модульной сушилки аэродинамического нагрева // Современные тенденции развития аграрной науки: Сборник научных трудов II Международной научно-практической конференции. Брянск, 2023. С. 199-203. EDN: NPYJLF
11. Тарасов В.П., Мухопад К.А. Влияние характеристик приемно-питающих устройств на устойчивость пневмотранспортирования сыпучих материалов // Ползуновский вестник. 2012. № 2-2. С. 127-130. EDN: PADXUD
12. Тарасов В.П., Левин О.Л. Влияние способа загрузки материалопровода на параметры процесса пневмотранспортирования // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. 2003. № 4 (275). С. 92-94. EDN: QCPJOJ
13. Купреенко А.И., Исаев Х.М.О., Ялоза А.Г., Купреенко О.А. К определению скорости истечения зерна из сушильной шахты в пневмотранспортер сушилки // Современные тенденции развития аграрной науки: Сборник научных трудов

References

1. Kazakbaev S.Z., Karymsakov N.S. Progressive machines for pre-cleaning of grain. *ISJ Theoretical & Applied Science*. 2022;5(109):870-879. <https://doi.org/10.15863/TAS.2022.05.109.84>
2. Sychugov Yu.V., Kazakov V.A. New technologies and technical means of post-harvesting grain treatment and processing. *Problems of Intensification of Animal Production including Environment Protection and Alternative Energy Production as well as Biogas*. Vol. XXVII. Warsaw: Institute of Technology and Life Sciences, National Research Institute. 2021. Pp. 199-205. (In Russ.)
3. Burkov A.I., Glushkov A.L., Lazykin V.A., Mokiev V.Yu. Study of the inertial separator of the clover thresher with a pneumatic loader. *Agricultural Engineering (Moscow)*. 2023;25(5):4-10. (In Russ.) <https://doi.org/10.26897/2687-1149-2023-5-4-10>
4. Nepochatoy V.N., Chernysh A.P., Dubodelov R.N. Study of changes in the flow velocity of a fluidized grain layer depending on the inclination angle of the plane of the working tool of the grain dryer. *Trends in Agricultural Production in Modern Russia*. Proceedings of XII International Scientific and Practical Conference. Kemerovo. 2013. Pp. 14-18. (In Russ.)
5. Afanasyev A.I., Potapov V.Ya., Kostyuk P.A. Basis of calculation of a pneumatic device (pd) for transporting bulk mixtures. *Fundamental Research*. 2015;10-1:9-11. <https://fundamental-research.ru/ru/article/view?id=39115> (accessed: 02/24/2025). (In Russ.)
6. Volzhentsev A.V., Konoshin I.V., Bulavintsev R.A. et al. Fluidization as a system of the drying agent grain. *Agrotehnika i Energoobespechenie*. 2020;1(26):14-19. (In Russ.)
7. Volzhentsev A.V., Konoshin I.V., Bulavintsev R.A., Zvekov A.M. Drying of wheat grain in a fluidized bed. *Agrotehnika i Energoobespechenie*. 2020;4(29):42-48. (In Russ.)
8. Kuznetsov Yu.A., Kravchenko I.N., Siroto A.V. et al. Designing grain dryers with fluidized grain layer. *Selskiy Mekhanizator*. 2018;5:22-23. (In Russ.)
9. Kupreenko A.I., Isaev Kh.M., Mikhailichenko S.M. et al. Modular type aerodynamic heating dryer. *Konstruirovaniye, Ispolzovaniye i Nadezhnost Mashin Selskokhozyaystvennogo Naznacheniya = Design, Use and Reliability of Agricultural Machinery*. 2022;1(21):218-222. (In Russ.)
10. Ozherelev V.N., Kupreenko A.I., Isaev Kh.M.O., Kupreenko O.A. Comparative efficiency of using a modular dryer for aerodynamic heating. *Current Trends in the Development of Agricultural Science. Proceedings of the II International scientific and practical conference*. Bryansk, 2023. Pp. 199-203. (In Russ.)
11. Tarasov V.P., Mukhopad K.A. The influence of characteristics of receiving and feeding devices on the stability of pneumatic conveying of bulk materials. *Polzunovskiy Vestnik*. 2012;2-2:127-130. (In Russ.)
12. Tarasov V.P., Levin O.L. Influence of the material pipeline loading method on the parameters of the pneumatic conveying process. *Izvestiya Vuzov. Food technology*. 2003;4(275):92-94. (In Russ.)
13. Kupreenko A.I., Isaev Kh.M.O., Yaloza A.G., Kupreenko O.A. On determining the rate of grain outflow from the drying shaft into the pneumatic conveyor of the dryer. *Current Trends in the Development of Agricultural Science. Proceedings of the II International scientific and practical conference*. Bryansk, 2023. Pp. 203-208. (In Russ.)
14. Kupreenko A.I., Isaev H.M., Isaev S.H. Comparative tests of the pneumatic conveyor of the aerodynamic heating dryer. *Konstruirovaniye, Ispolzovaniye i Nadezhnost Mashin Selskokhozyaystvennogo Naznacheniya = Design, Use and Reliability of Agricultural Machinery*. 2024;1(23):35-41. (In Russ.)

II Международной научно-практической конференции. Брянск, 2023. С. 203-208. EDN: DCDGNY

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

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

Информация об авторах

¹ Купреенко Алексей Иванович, д-р техн. наук, профессор; kupreenkoai@mail.ru[✉];

<https://orcid.org/0000-0002-3781-9592>;
SPIN-код: 9985-0975, AuthorID: 702385

² Исаев Хафиз Мубариз-оглы, канд. экон. наук, доцент, заведующий кафедрой; haf-is@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0003-4912-9908>;
SPIN-код: 1420-4155, AuthorID: 332446

³ Ялоза Андрей Григорьевич, инженер; yalozaag@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-4295-2419>

⁴ Купреенко Олег Алексеевич, аспирант; 89996212885@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-1765-7282>;
SPIN-код: 7925-2899, AuthorID: 1247347

⁵ Исаев Самир Хафизович, канд. техн. наук, доцент; Samir.isaev.94@inbox.ru; <https://orcid.org/0000-0002-6877-3128>;
SPIN-код: 3228-5096, AuthorID: 1128147

^{1, 2, 3, 4, 5} Брянский государственный аграрный университет; 243365, Российская Федерация, Брянская область, Выгоничский район, с. Кокино, ул. Советская, д. 2а

Вклад авторов

А.И. Купреенко – разработка общей концепции, проведение исследований;

Х.М. Исаев – формальный анализ и верификация данных;

А.Г. Ялоза – создание черновика рукописи, проведение исследований;

О.А. Купреенко – визуализация, проведение исследований;

С.Х. Исаев – доработка рукописи и ее редактирование.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов и несут ответственность за плагиат

Статья поступила 25.02.2025, после рецензирования и доработки 06.03.2025; принята к публикации 10.03.2025

15. Kupreenko A.I., Isaev Kh.M., Yaloza A.G. To substantiation of the design of the pneumatic conveyor receiver of an aerodynamic heating dryer. *Vestnik Bryanskoy GSKhA*. 2025;1(107):58-61. (In Russ.)

Author Information

Aleksey I. Kupreenko¹, DSc (Eng), Professor;

kupreenkoai@mail.ru[✉];
<https://orcid.org/0000-0002-3781-9592>

Khafiz M. Isaev², CSc (Econ), Associate Professor;

haf-is@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0003-4912-9908>

Andrey G. Yaloza³, engineer; yalozaag@mail.ru;

<https://orcid.org/0000-0002-4295-2419>

Oleg A. Kupreenko⁴, PhD student; 89996212885@mail.ru;

<https://orcid.org/0000-0002-1765-7282>

Samir Kh. Isaev⁵, CSc (Eng); Associate Professor;

Samir.isaev.94@inbox.ru;

<https://orcid.org/0000-0002-6877-3128>

^{1,2,3,4,5} Bryansk State Agrarian University; Russia, 243365, Bryansk region, Vygonichi district, Kokino, Sovetskaya Str., 2a

Author Contribution

A.I. Kupreenko – conceptualization, investigation;

Kh.M. Isaev – formal analysis and data verification;

A.G. Yaloza – writing – original draft, investigation;

O.A. Kupreenko – visualization, investigation;

S.H. Isaev – writing – review and editing of the manuscript.

Conflict of interests

The authors declare no conflict of interests regarding the publication of this article and bear equal responsibility for plagiarism.

Received 25.02.2025; Revised 06.03.2025; Accepted 10.03.2025