

Научная статья
УДК 631.861
doi: 10.28983/asj.y2021i12pp124-126

Влияние конструктивно-режимных параметров на производительность транспортирования зерна комбинированными пневмовинтовыми конвейерами

Павел Иванович Павлов, Татьяна Владимировна Овчинникова, Николай Алексеевич Ченцов

Саратовский государственный аграрный университет им. Н.И. Вавилова, г. Саратов, Россия

pavlovsgau@yandex.ru

Аннотация. В статье приведены результаты исследований влияния конструктивно-режимных параметров комбинированных пневмовинтовых конвейеров на производительность транспортирования зерна. Исследованиями получены уравнения регрессии и графические зависимости производительности при изменении частоты вращения шнека, скорости воздушного потока, а также угловой скорости и шага шнека. Установлены значения исследуемых параметров, при которых производительность имеет наибольшее значение.

Ключевые слова: шнек; частота вращения; конструктивно-режимные параметры; угловая скорость.

Для цитирования: Павлов П. И., Овчинникова Т. В., Ченцов Н. А. Влияние конструктивно-режимных параметров на производительность транспортирования зерна комбинированными пневмовинтовыми конвейерами // Аграрный научный журнал. 2021. № 12. С. 124–126. <http://dx.doi.org/10.28983/asj.y2021i12pp124-126>.

Agricultural engineering
Original article

Influence of design and mode parameters on the productivity of grain transportation by combined pneumatic screw conveyors

Pavel I. Pavlov, Tatyana V. Ovchinnikova, Nikolay A. Chentsov

Saratov State Agrarian University named after N.I. Vavilov, Saratov, Russia

pavlovsgau@yandex.ru

Abstract. The article presents the results of studies of the influence of the design and mode parameters of combined pneumatic screw conveyors on the productivity of grain transportation. Researches have obtained regression equations and graphical dependences of productivity when changing the rotation frequency of the screw, the speed of the air flow, as well as the angular speed and pitch of the screw. The values of the investigated parameters are determined, at which the productivity is of the greatest importance.

Keywords: screw; rotation frequency; design and operating parameters; angular velocity.

For citation: Pavlov P. I., Ovchinnikova T. V., Chentsov N. A. Influence of design and mode parameters on the productivity of grain transportation by combined pneumatic screw conveyors. Agrarnyy nauchnyy zhurnal = Agrarian Scientific Journal. 2021;(12): 124–126. (In Russ.). <http://dx.doi.org/10.28983/asj.y2021i12pp124-126>.

Введение. Для транспортирования зерна серийно выпускаются различные типы конвейеров, транспортеров, метателей, перегружчиков и др. Значительную часть таких устройств представляют винтовые конвейеры (шнеки). Преимущества шнеков заключаются в их компактности, простоте эксплуатации и обслуживания, высокой производительности, возможности транспортирования под большим углом наклона к горизонту. Однако ряд недостатков сдерживают их более широкое применение. К таким недостаткам относятся снижение производительности при подъеме зерна вертикально или при большом угле к горизонту. Также недостатком работы винтовых конвейеров является снижение производительности и травмирование зерна при большой частоте вращения винта. Для повышения эффективности транспортирования зерна разработаны конструкции комбинированных конвейеров [1], сочетающих принцип транспортирования шнеком и потоком воздуха.

Методика исследований. Экспериментальные исследования выполнялись на вертикальном и наклонном пневмовинтовых конвейерах с диаметром шнеков 86 мм, внутренним диаметром кожуха 90 мм. Наклонный пневмовинтовой конвейер изготовлен с возможностью изменения угла наклона. Шаг винтовой навивки составлял от 66 до 102 мм. Кожух шнеков сопрягался с всасывающим радиальным вентилятором с максимальным давлением разрежения до 1,1 кПа и регулировкой путем изменения диаметра воздуховода на входе в кожух вентилятора. Исследования пневмоспирального конвейера выполнялись при диаметре спирали 44 мм и внутреннем диаметре кожуха 50 мм.

Важнейшим критерием эффективности конвейеров является производительность Q , кг/с. Производительность численно равна отношению массы зерна, перемещаемой пневмовинтовым конвейером ко времени работы конвейера. На производительность влияет ряд факторов, которые разделяются на режимные факторы, определяющие скорости движения рабочих органов и сред; и конструктивные, характеризующие конструкцию рабочих органов. В отличие от обычных шнековых конвейеров, в кожух пневмовинтового конвейера подается всасывающий воздушный поток, существенно изменяющий процесс транспортирования.

В исследованиях использовались шнеки с различным шагом K_p , частота вращения шнека n , мин⁻¹, комбинированного конвейера замерялась с помощью тахометра, скорость воздушного потока v , м/с, замерялась с помощью чашечного анемометра. Необходимая частота вращения шнека устанавливалась подбором диаметров ведущего шкива,



устанавливаемого на валу электродвигателя и ведомого шкива, устанавливаемого на валу шнека. Скорость воздушного потока регулировалась одновременным изменением частоты вращения электродвигателя привода вентилятора, и рукояткой изменения диаметра сечения воздуховода. Производительность в исследованиях определялась путем замера массы, перемещаемой конвейером, и времени, за которое данное перемещение осуществлялось.

Результаты исследований. По полученным экспериментальным данным для производительности наклонного пневмовинтового конвейера [2, 3] и их обработки получены уравнение регрессии (1) и соответствующая графическая зависимость (рис. 1) производительности от частоты вращения шнека и скорости воздуха.

$$Q = 0,178 + 0,031v + 0,004n - 0,002v^2 + 1,119 \times 10^{-4}vn - 2,79 \times 10^{-6}n^2. \quad (1)$$

Полученная зависимость показывает, что при подаче всасывающего воздушного потока в кожух шнека производительность возрастает линейно от его скорости. При скорости воздушного потока 3,2 м/с производительность увеличивается на 22...25 %. Однако производительность при увеличении частоты вращения возрастает до определенного значения, затем рост прекращается и в дальнейшем производительность снижается.

Наряду с наклонным комбинированным конвейером проведены исследования вертикального комбинированного конвейера при транспортировании зерна [4, 5]. В результате экспериментов получены зависимости производительности от угловой скорости и шага винта в виде уравнения регрессии (2) и графическая зависимость (рис. 2).

$$Q = -0,000119\omega^2 + 0,028359\omega - 4,166667K_p^2 + 8,757223K_p - 5,013296. \quad (2)$$

Исследование влияния угловой скорости и шага винта на производительность пневмовинтового конвейера показывает, что с увеличением угловой скорости до 100 рад/с производительность возрастает, однако далее рост прекращается.

В соответствии с уравнением регрессии можно сделать вывод, что при дальнейшем росте угловой скорости производительность начнет снижаться. Влияние шага винта на производительность транспортирования зерна комбинированным конвейером характеризуется плавным ростом Q при увеличении коэффициента шага от 0,8 до 1,01. Максимальная производительность отмечена при коэффициенте шага 1,07–1,10. С дальнейшим увеличением шага производительность плавно снижается.

Аналогично наклонному и вертикальному пневмовинтовым конвейерам проведены исследования пневмоспирального конвейера [6], в котором транспортирующим рабочим органом является спираль или пружина. По результатам экспериментальных исследований построено уравнение регрессии (3), достоверно описывающее производительность пневмоспирального конвейера при изменении частоты вращения спирали n , мин⁻¹, и давления воздушного потока внутри гибкого кожуха p , кПа:

$$Q = -5,8 + 0,064n - 1,904 \cdot 10^{-5}n^2 + 0,066p - 2,708 \cdot 10^{-4}p^2 + 5,568 \cdot 10^{-5}p \cdot n. \quad (3)$$

Графически уравнение может быть представлено в форме поверхности отклика (рис. 3).

Результаты исследований. Результаты исследований показывают, что с ростом частоты вращения спирали производительность пневмоспирального конвейера возрастает до определённых значений, затем снижается. Такая же зависимость имеет место и с ростом давления разрежения. Однако, в сравнении с обычным пружинным транспортером, область наибольшей производительности наблюдается при более высоких значениях режимных параметров, и достигается более высокая производительность. Дальнейшее увеличение частоты вращения комбинированного пневмоспирального конвейера не приводит к увеличению производительности. При большой частоте вращения в загрузочном окне спиральный шнек отбрасывает транспортируемый материал от кожуха, он не захватывается и не транспортируется. Всасывающий воздушный поток существенно уменьшает указанный эффект «отбрасывания» и большее ко-

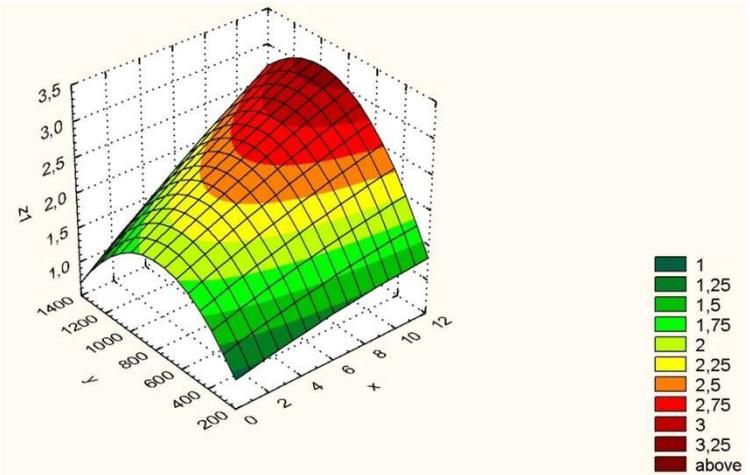


Рис. 1. Влияние скорости воздушного потока x и частоты вращения шнека y на производительность пневмовинтового конвейера

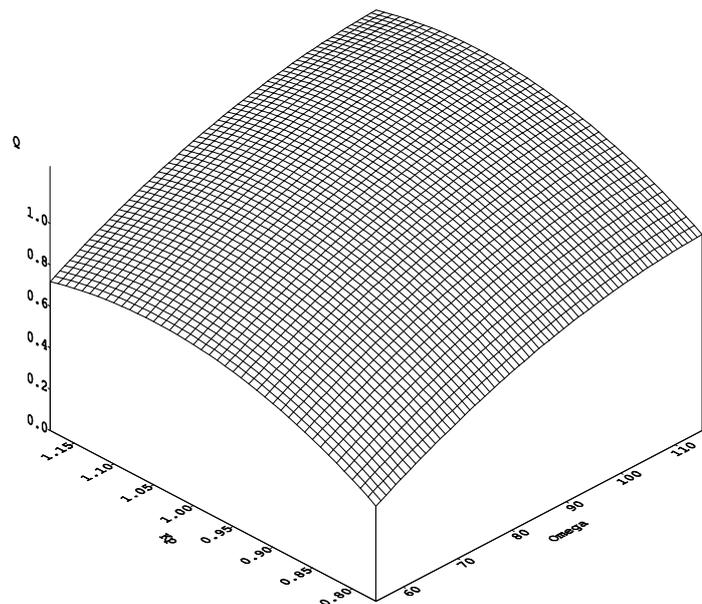


Рис. 2. Зависимость производительности от угловой скорости и шага шнека для вертикального комбинированного конвейера



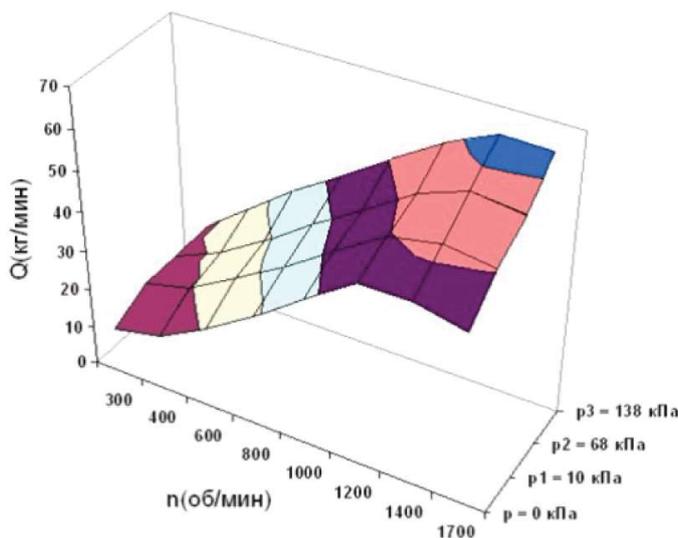


Рис. 3. Зависимость производительности пневмоспирального конвейера от частоты вращения и давления воздуха при транспортировке зерна

ния, способствуя уменьшению сил трения. Благодаря этому возможно транспортирование при большем коэффициенте шага шнека по сравнению с обычным винтовым конвейером. Увеличение шага винта увеличивает осевую скорость перемещения, за счет этого производительность возрастает. Анализ полученных экспериментальных зависимостей показывает, что оптимальное значение коэффициента шага составляет $K_p = 1,07-1,10$. Например, увеличение коэффициента шага с 0,9 до 1,07 (при угловой скорости 110 рад/с) увеличивает производительность с 0,95 до 1,18 кг/с (на 24 %).

Производительность пневмовинтовой установки увеличивается с ростом скорости воздушного потока. При увеличении скорости более 6,4 м/с процесс транспортирования становится комбинированным – одновременно винтовой поверхностью шнека и потоком воздуха. Максимальная производительность достигается при большей частоте вращения шнека. При скорости $v = 6,4$ м/с производительность достигает максимума 2,56 кг/с при $n = 700...800$ мин⁻¹. При $v = 9,6$ м/с и $n = 900...1000$ мин⁻¹ производительность достигает максимума 2,75 кг/с. Производительность пневмовинтового конвейера на 30...35 % выше производительности стандартного шнекового транспортера.

Анализ результатов экспериментальных исследований комбинированного пневмоспирального конвейера, при транспортировании зерна позволяет обосновать его режимные параметры. Максимальная производительность пневмоспирального конвейера с диаметром спирали 44 мм при транспортировании зерна отмечена при значениях режимных параметров: $p = 138$ кПа; $n = 1450$ мин⁻¹. Производительность составила 63,5 кг/мин.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Патент на полезную модель РФ № 54579. Пневмовинтовая установка для транспортирования сыпучих грузов / А. Н. Салихов, П. И. Павлов – заявка: 2005141767/22, 30.12.2005; Опубликовано: 10.07.2006 Бюл. № 19.
2. Овчинникова Т. В., Павлов П. И. Результаты исследований производительности и мощности привода пневмовинтовой установки // Научное обозрение. 2014. № 10. С. 18–20.
3. Овчинникова Т. В., Павлов П. И. Результаты экспериментальных исследований влияния шага шнека и скорости воздушного потока на производительность и суммарную мощность привода пневмовинтовой установки // Научное обозрение. 2015. № 8. С. 10–23.
4. Павлов П. И., Демин Е. Е., Нестеров С. А. Обоснование оптимального шага вертикального пневмовинтового конвейера // Вестник Саратовского госагроуниверситета им. Н.И. Вавилова. 2010. № 2. С. 38–41.
5. Павлов П. И., Салихов А. Н., Нестеров С. А. Исследование движения зерна в канале пневмовинтового конвейера // Вестник Саратовского госагроуниверситета им. Н.И. Вавилова. 2007. № 4. С. 54–55.
6. Павлов П. И., Чаплынская А. А. Рациональные режимные параметры пневмоспирального транспортера // Вестник саратовского госагроуниверситета им. Н.И. Вавилова. 2010. № 8. С. 49–50.

REFERENCES

1. Patent for a useful model of the Russian Federation No. 54579. Pneumatic screw installation for transporting bulk cargo / A. N. Salikhov, P. I. Pavlov, application: 2005141767/22, 30.12.2005; Published: 10.07.2006 Bul. No. 19. (In Russ.).
2. Ovchinnikova T. V., Pavlov P. I. The results of research into the performance and power of the pneumatic screw installation drive. Scientific Review. 2014; 10: 18–20. (In Russ.).
3. Ovchinnikova T. V., Pavlov P. I. Results of experimental studies of the effect of the screw pitch and air flow rate on the productivity and total power of the pneumatic screw installation drive. Scientific Review. 2015; 8: 10–23. (In Russ.).
4. Pavlov P. I., Demin E. E., Nesterov S. A. Substantiation of the optimal pitch of the vertical pneumatic screw conveyor. Bulletin of the Saratov State Agrarian University named after N.I. Vavilov. 2010; 2: 38–41. (In Russ.).
5. Pavlov P. I., Salikhov A. N., Nesterov S. A. Investigation of the movement of grain in the channel of the pneumatic screw conveyor. Bulletin of the Saratov State Agrarian University named after N.I. Vavilov. 2007; 4: 54–55. (In Russ.).
6. Pavlov P. I., Chaplynskaya A. A. Rational operating parameters of a pneumospiral conveyor. Bulletin of the Saratov State Agrarian University named after N.I. Vavilov. 2010; 8: 49–50. (In Russ.).

Статья поступила в редакцию 28.05.2021; одобрена после рецензирования 12.06.2021; принята к публикации 20.06.2021.
The article was submitted 28.05.2021; approved after reviewing 12.06.2021; accepted for publication 20.06.2021.

