ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СКОРОСТИ ОСЕВОГО ВОЗДУШНОГО ПОТОКА НА ЭНЕРГОЕМКОСТЬ ТРАНСПОРТИРОВАНИЯ ЗЕРНА ПНЕВМОВИНТОВОЙ УСТАНОВКОЙ

ПАВЛОВ Павел Иванович, Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова

КОРСАК Виктор Владиславович, Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова

ОВЧИННИКОВА Татьяна Владимировна, Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова

Транспортные процессы составляют значительную часть технологического процесса производства и хранения зерна. Применение на зерноскладах и элеваторах пневмовинтовой установки позволяет совместить процессы транспортирования и очистки зерна. В статье изложены экспериментально установленные зависимости влияния скорости осевого воздушного потока, частоты вращения и шага шнека на энергоемкость транспортирования зерна пневмовинтовой установкой. Приведены значения указанных параметров, при которых достигается обоснованная энергоемкость транспортирования. При реализации двухфакторного эксперимента получены графические зависимости энергоемкости транспортирования зерна и описывающие их уравнения регрессии. Зависимости влияния скорости осевого воздушного потока, частоты вращения и шага шнека на энергоемкость транспортирования зерна пневмовинтовой установкой имеют нелинейный характер и описываются уравнениями регрессии второго порядка. Анализ результатов показывает, что осевой воздушный поток обеспечивает увеличение заполнения межвиткового пространства зерном при большой частоте вращения, чем обуславливается более высокая производительность установки. Энергоемкость с ростом коэффициента шага вначале снижается, затем возрастает при всех скоростях воздушного потока, что позволяет установить значение коэффициента шага, при котором энергоемкость минимальна. Проведенный анализ уравнения регрессии и графической зависимости позволяет сделать вывод, что при наличии воздушного потока энергоемкость имеет минимум при большем шаге шнека. Рациональная энергоемкость достигается при коэффициенте шага шнека 1,07...1,11. Осевой воздушный поток в пневмовинтовой установке позволяет увеличить частоту вращения и шаг шнека, что обуславливает более высокую производительность и позволяет получить экономический эффект за счет снижения трудовых затрат.

Транспортные процессы составляют значительную часть технологического процесса производства и хранения зерна. Применение на зерноскладах и элеваторах пневмовинтовой установки [1–3, 8–10] позволяет совместить процессы транспортирования и очистки зерна от легких примесей. Процесс транспортирования производится одновременно шнеком и осевым воздушным потоком, создаваемым вентилятором, установленным на кожухе шнека. Воздушный поток подается в кожух шнека для повышения производительности и удаления легких примесей [3–6].

Наряду с производительностью одним из основных показателей эффективности является энергоемкость *E*, Дж/кг, показывающая количество энергии, затрачиваемой на перемещение единицы массы груза. Экспериментальными исследованиями получены

зависимости описывающие влияние скорости осевого воздушного потока υ , м/с, частоты вращения n, мин $^{-1}$, и шага шнека p, мм, на значения энергоемкости пневмовинтовой установки при транспортировании зерна пшеницы.

В результате обработки экспериментальных данных получены уравнение регрессии (1) и графическая зависимость (рис. 1) энергоемкости от скорости осевого воздушного потока и частоты вращения шнека.

$$E = 141,816 + 14,961\upsilon - 0,119n + 0,604\upsilon^{2} - 0,025\upsilon n + 2,032\cdot10^{-4}n^{2}.$$
 (1)

Адекватность уравнения (1) опытным данным проверяли по критерию Фишера.

Анализ показывает, что изменение энергоемкости от указанных параметров носит

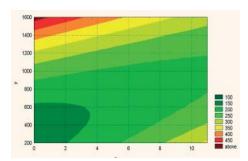


Рис. 1. Зависимость энергоемкости транспортирования зерна пневмовинтовой установкой от скорости воздушного потока х и частоты шнека у

нелинейный характер. Без использования воздушного потока пневмовинтовая установка работает как обычный винтовой конвейер, минимум затрат энергии на единицу массы перемещаемого зерна (117,6 Дж/кг) достигается при частоте вращения шнека 480...520 мин⁻¹. С включением в работу электродвигателя вентилятора энергоемкость возрастает. При скорости воздушного потока 3,2 м/с энергоемкость составляет 127,9 Дж/кг, а при 6,4 м/с – 151,6 Дж/кг. При этом производительность пневмовинтовой установки увеличивается в 1,3–1,4 раза: в первом случае она составила 2,26 кг/с, во втором – 2,46 кг/с [3]. Максимального значения энергоемкость транспортирования зерна достигает при скорости осевого потока воздуха 9,6 м/с. При данной скорости и частоте вращения шнека 280 мин⁻¹ она составляет 250 Дж/кг, при 560 мин⁻¹ – снижается до 180 Дж/кг. При увеличении n более 600 мин-1 энергоемкость пневмовинтовой установки вновь возрастает. При 840 мин-1 E = 199,6 Дж/кг, при 1120 мин⁻¹ E = 223Дж/кг [3].

Полученные зависимости показывают, что рациональная энергоемкость при n шнека более 600-700 мин⁻¹ достигается при скорости воздушного потока 6,0-6,5 м/с. Осевой воздушный поток обеспечивает большее заполнение межвиткового пространства зерном [7] при большой частоте вращения (более 700 мин⁻¹), чем обусловливается более высокая производительность установки.

Проведенные исследования влияния шага шнека р и скорости потока воздуха на транспортирования зерна энергоемкость пневмовинтовой установкой позволили получить графическую зависимость (рис. 2) и уравнение регрессии (2). Шаг задавался относительной величиной – коэффициентом

Регрессионное уравнение имеет следующий вид:

$$E = 293,911 + 9,115_{\text{U}} - 426,281K_{\text{p}} + + 0,546_{\text{U}}^2 - 11,615_{\text{U}}K_{\text{p}} + 271,389K_{\text{p}}^2.$$
 (2)

Анализ результатов показывает, что энергоемкость с ростом коэффициента шага вначале снижается, затем возрастает при всех скоростях воздушного потока. Таким образом, можно установить значение коэффициента шага, при котором энергоемкость минимальна. При скорости всасывающего потока воздуха 3,2 м/с минимальное значение энергоемкости 127,9 Дж/кг достигается при коэффициенте шага $K_{\rm p}$ = 0,91...0,95. С дальнейшим ростом *v* оптимальный по энергоемкости шаг также увеличивается. Например, при $\upsilon = 6.4 \text{ м/с}$ шаг, при котором E снижается до минимума (142,7 Дж/кг), равен 97...98 мм (коэффициент шага 1,07...1,1). При скорости воздушного потока 9,6 м/с минимальная энергоемкость соответствует коэффициенту шага шнека 1,14. Величина Е при этом равна 174,1 Дж/кг. Проведенный анализ уравнения регрессии (2) и графической зависимости (см. рис. 2) позволяет сделать вывод, что при скорости воздушного потока более $\upsilon = 6 \text{ м/c}$ энергоемкость имеет минимум при большем шаге шнека.

Воздушный поток создает внутри кожуха шнека дополнительную осевую силу, действующую на частицы зерна. Благодаря этому снижается энергоемкость при большей частоте вращения и большем шаге шнека в сравнении с винтовым конвейером. Рекомендуемое значение шага соответствует коэффициенту шага 1,1-1,15. Рациональная скорость воздушного потока составляет 6,0...6,5 м/с.

Таким образом, осевой воздушный поток в пневмовинтовой установке позволяет увеличить шаг шнека соответствующий минимальной энергоемкости транспортирования зерна, что обуславливает более высокую производительность и позволяет получить экономический эффект за счет снижения трудовых затрат.

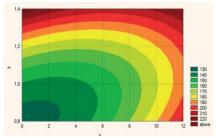


Рис. 2. Влияние скорости воздушного потока х и коэффициента шага шнека у на энергоемкость транспортирования зерна пневмовинтовой установкой





СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1. Теоретическое обоснование конструктивно-технологической схемы пневмовинтовой установки / М. Г. Загоруйко [и др.] // Научное обозрение. 2016. N° 4. С. 61–65.
- 2. *Овчинникова Т.В.* Обоснование параметров и режимов работы пневмовинтовой установки для транспортирования зерна с устройством для удаления легких примесей: дисс. ... канд. тех. наук. Саратов, 2016. 137с.
- 3. *Овчинникова Т.В., Павлов П.И.* Результаты исследований производительности и мощности привода пневмовинтовой установки // Научное обозрение. 2014. № 10. С. 18–20.
- 4. 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. $2015. N^{\circ} 8. C. 10-23.$
- 5. Исследование влияния скорости горизонтального воздушного потока на производительность отделения легких примесей из зерновой массы при транспортировании / П.И. Павлов [и др.] // Аграрный научный журнал 2016. N° 3. C. 49–50.
- 6. Павлов П.И., Салихов А.Н., Нестеров С.А. Исследование движения зерна в канале пневмовинтового конвейера // Вестник саратовского госагроуниверситета им. Н.И. Вавилова. $2007. N^2 4. C. 54-55.$
- 7. *Павлов П.И.*, *Чаплынская А.А.* Рациональные режимные параметры пневмоспирального транспортера // Вестник саратовского госагро-

- университета им. Н.И. Вавилова. 2010. № 8. С. 62–64.
- 8. Пневмовинтовая установка / Павлов П.И., Салихов А.Н., Овчинникова Т.В. // Патент на полезную модель № 91989, заявка № 2009139457/22; опубл. 10.03.2010, Бюлл. № 7.
- 9. Пневмовинтовой конвейер / Салихов А.Н., Овчинникова Т.В. Мигунов И.А., Миленко Р.С. // Патент на полезную модель $N^{\circ}107517$, заявка $N^{\circ}2011114497/11$; опубл. 20.08.11, Бюлл. $N^{\circ}23$.
- 10. Пневмовинтовая установка для подъема сыпучих грузов / Павлов П.И., Демин Е.Е., Салихов А.Н., Нестеров С.А., Кузнецов А.В. // Патент на изобретение N° 2376233, заявка 2008119807/11, 19.05.2008; опубл.: 20.12.2009, Бюлл. N° 35.

Павлов Павел Иванович, д-р техн. наук, проф. кафедры «Механика и инженерная графика», Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова. Россия.

Корсак Виктор Владиславович, д-р техн. наук, проф. кафедры «Природоустройство и водопользование», Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова. Россия.

Овчинникова Татьяна Владимировна, ассистент кафедры «Механика и инженерная графика», Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова. Россия.

410056, г. Саратов, ул. Советская, 60. Тел.: (8452) 74-96-50.

Ключевые слова: пневмовинтовая установка; зерно; шнек; воздушный поток; энергоемкость; частота вращения.

THE STUDY OF THE INFLUENCE OF THE AXIAL AIR FLOW VELOCITY ON ENERGY INTENSITY OF GRAIN TRANSPORTATION WITH PNEUMATIC SCREW UNIT

Pavlov Pavel Ivanovich, Doctor of Technical Sciences, Professor of the chair "Mechanics and Engineering Graphics', Saratov State Agrarian University named after N.I. Vavilov. Russia.

Korsak Victor Vladislavovich, Doctor of Technical Sciences, Professor of the chair "Environmental Engineering and Water Use", Saratov State Agrarian University named after N.I. Vavilov. Russia.

Ovchinnikova Tatyana Viadimirovna, Assistant of the chair "Mechanics and Engineering Graphics", Saratov State Agrarian University named after N.I. Vavilov. Russia.

Keywords: pneumatic screw unit; grain; screw; air flow; energy intensity; rotation rate.

Transport processes constitute a significant part of the technological process of production and storage of grain. Use of pneumatic-screw unit in the granaries and elevators allows combining the transport processes and the processes of grain cleaning. The article presents empirical relation of the influence of the axial air flow velocity, rotation rate and screw pitch on the energy intensity of grain transportation with pneumatic-screw unit. The values of the parameters.

at which the least energy intensity of transportation is achieved, were determined. After implementing twofactor experiment there was a characteristic curve of energy intensity of grain transportation, as well as regression equations describing it. Influence of the axial air flow velocity, rotation rate and screw pitch on the energy intensity of grain transportation with pneumatic-screw unit is nonlinear. It can be described by equations of the second order regression. Analysis of the results evidences that the axial air flow increases filling of the inter-track space with grain at high speed that is caused higher productivity of the unit. With increasing pitch rate energy intensity decreases and then increases at all speeds of the air flow, which allows defining the pitch coefficient at which the energy intensity is minimal. The analysis of regression equations and graphic dependence leads to the conclusion that with air flow energy intensity is minimal at the larger screw step. Rational energy intensity is achieved with a screw pitch ratio of 1.07 ... 1.11. Axial airflow in pneumatic-screw unit increases screw speed and pitch. It is resulted in higher productivity economic benefits by labor costs reducing.

3 2017

