

УДК 622.647.4(043.3)

Д.М. Кобылянский

## ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ТРАНСПОРТИРОВАНИЯ МАТЕРИАЛА ВИНТОВЫМ КОНВЕЙЕРОМ

Несмотря на большое количество работ по винтовым транспортерам и питателям, применяемым в различных областях промышленности и сельского хозяйства, а также работ, посвящённых шнековому бурению скважин на шахтах и разрезах, в настоящее время существует определённый пробел в области теории и экспериментальных исследований высокопроизводительных винтовых конвейеров, предназначенных для транспортирования материалов с различными физико-механическими свойствами (вязкостью, влажностью) и кусковатостью до 150 мм при различных углах наклона [1].

Автором выполнены экспериментальные исследования процесса транспортирования различных насыпных материалов винтовым конвейером. Для обоснования конструктивно-кинематических и режимных параметров винтового конвейера выбран экспериментальный метод моделирования с использованием эквивалентных материалов, в частности, деревянных параллелепипедов, как наиболее эффективный для познания закономерностей, определяющих функциональные параметры винтового конвейера.

Экспериментальные исследования процесса транспортирования материалов винтовым конвейером проводились с целью создания эффективной и надёжной его конструкции.

В соответствии с поставленной целью были определены следующие основные задачи экспе-

риментальных исследований:

1. Установление закономерностей процесса транспортирования винтовым конвейером при различных режимах его работы и свойствах транспортируемых материалов.
2. Изучение влияния шнеков переменного шага на транспортирующую способность винтового конвейера.
3. Обоснование эффективности и определение характеристик режима вибровозбуждения винтового конвейера.
4. Определение оптимальных конструктивных и режимных параметров для транспортирования с минимальными затратами энергии.

Для выполнения экспериментальных исследований использовался комплекс оборудования, состоящий из двух стендов со сменными шнеками и измерительно-регистрирующей аппаратуры. Разработанное оборудование позволяет изменять в широком диапазоне исследуемые параметры, а используемая аппаратура дает возможность регистрировать необходимые показатели, характеризующие работу исследуемого устройства. На рис. 1 представлен один из стендов с прозрачным корпусом.

Датчики, применяемые для исследования процессов, происходящих в горно-транспортных машинах, имеют аналоговые выходные сигналы, которые обработать непосредственно в компьютере невозможно. Предварительно выходные сигна-



*Рис. 1. Экспериментальный стенд с прозрачным корпусом*

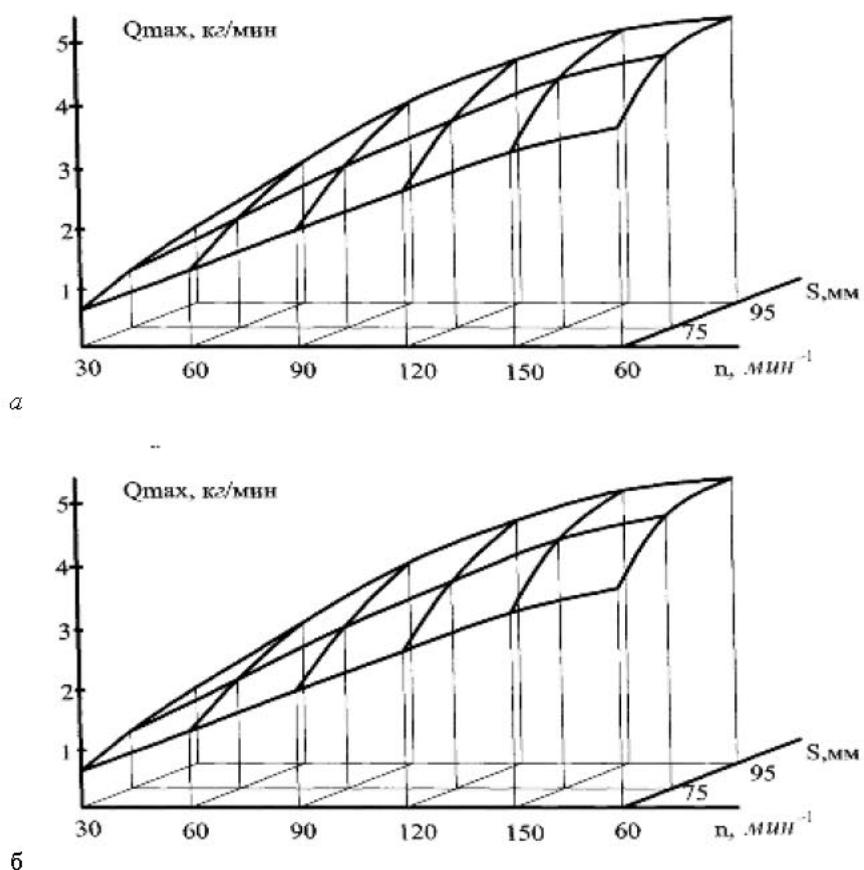


Рис. 2. Двухфакторные зависимости максимальной производительности от скорости вращения и шага винта: а –  $\delta=10^\circ$ ; б –  $\delta=20^\circ$

лы датчиков необходимо подвергнуть аналого-цифровому преобразованию и представить их в цифровом виде.

В результате работы аналого-цифрового преобразователя (плата АЦП фирмы SILAPS) аналоговый сигнал – непрерывная функция времени – заменяется на ступенчатую функцию. Для проведения исследования разработана оригинальная измерительно-регистрирующая система ИРС-1 [2].

Взаимодействие ИРС-1 с компьютером обеспечивается программой, которая позволяет получать информацию на экране монитора и распечатывать на принтере как в цифровом табличном виде, так и в виде графиков и гистограмм. Это позволяет резко повысить информативность измерительной системы путём обработки полученных данных на ЭВМ по специально составленным программам.

В представленной серии экспериментов в качестве транспортируемого материала использовалась масса деревянных параллелепипедов размерами 5-17мм плотностью в насыпке 210кг/м<sup>3</sup>. Данный материал позволяет выявить в чистом виде закономерности процесса винтового транспортирования, исключая погрешности, вносимые пылевыми фракциями, неравномерной влажностью, кусковатостью и т.п.

В настоящей работе в число основных режим-

ных параметров введена «максимальная производительность»  $Q_{\max}$ , смысл которой заключается в следующем.

Экспериментально определяется производительность винтового конвейера с максимально возможным в данных конкретных условиях коэффициентом заполнения (как правило,  $\Psi$  не более 0,5-0,7) таким образом, чтобы величина циркуляции не превышала 50%.

При большем значении циркуляции ввиду повышенной энергоёмкости режим транспортирования считаем нерациональным. Определённая описанным выше способом производительность и составляет  $Q_{\max}$ .

Двухфакторные зависимости  $Q_{\max}=f(S,n)$  при различных значениях угла наклона  $\delta$  и коэффициента заполнения шнека  $\Psi$  получены на основе анализа графиков зависимостей  $Q=f(n)$ , которые ввиду малой информативности в работе не приводятся.

В качестве примеров на рис. 2 приведены два графика двухфакторных зависимостей  $Q_{\max}=f(S,n)$ . Из полученных результатов следует, что производительность винтового конвейера растёт с увеличением частоты вращения  $n$  и шага винта  $S$  во всех опытах.

Вместе с тем, визуальные наблюдения за про-

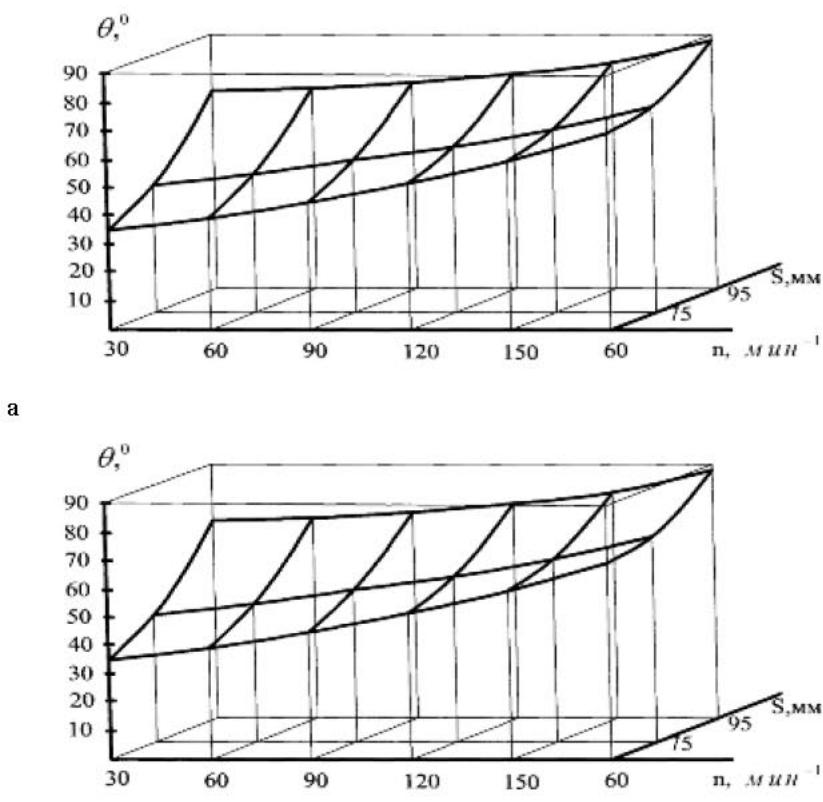


Рис. 3. Двухфакторные зависимости угла отклонения материала от частоты вращения и шага винта: а –  $\delta=10^0$ ; б –  $\delta=20^0$

цессом транспортирования, а также видеосъёмка, показали, что увеличение коэффициента заполнения шнека  $\Psi$  более 0,5 не приводит к заметному увеличению производительности модели винтового конвейера из-за сильного переброса (циркуляции) материала через вал шнека. Круговое вращение наблюдается при частоте вращения винта  $n$  более  $100\text{-}120\text{мин}^{-1}$  и угле наклона перегружателя  $\delta$  более  $10^0$ . Причём особенно сильный переброс возникает при транспортировании шнеком, имеющим шаг 95мм.

Вброс в основную массу загрузочного материала отдельных «меченых» частиц наглядно демонстрирует, как с увеличением трёх названных выше параметров возникает и развивается циркуляция материала. В круговое движение вовлекается значительная его часть, и уменьшается осевая скорость перемещения.

Представляет интерес изменение угла отклонения частиц материала от вертикали  $\theta$  при различных режимах транспортирования. На рис. 3 представлены графики двухфакторных зависимостей  $\theta=f(S,n)$  при  $\delta=10^0$  и  $20^0$ .

В случаях, когда угол  $\theta$  превышает  $90^0$ , частицы материала отрываются от поверхности корпуса, происходит интенсивное их перемешивание и циркуляция. При частотах вращения шнека  $n$  более  $150\text{мин}^{-1}$  прекращается заметный рост производительности из-за вовлечения значительной

части транспортируемого материала в круговое движение.

Наряду со шнеками фиксированного шага был испытан шнек, у которого шаг плавно возрастал от 60мм в месте загрузки до 110мм в конце транспортирования. Каких-либо преимуществ по сравнению со шнеками фиксированного шага выявлено не было.

При частоте вращения менее  $120\text{мин}^{-1}$  и углах наклона  $\delta$  в пределах  $0\text{-}5^0$  коэффициент заполнения шнека  $\Psi$  уменьшается по длине шнека пропорционально изменению его шага (см. рис. 4,а). Осевая скорость перемещения материала увеличивается в той же пропорции. При этом масса материала, проходящего в различных сечениях винтового конвейера в единицу времени остаётся постоянной. Таким образом, производительность шнека с переменным шагом соответствует производительности шнека фиксированного шага  $S=60\text{мм}$ .

Картина меняется при повышении частоты вращения шнека более  $120\text{мин}^{-1}$  и увеличении угла наклона винтового конвейера до  $20^0$  (см. рис. 4,б).

Коэффициент циркуляции  $K_{\text{ц}}$  растёт по длине винтового конвейера, что приводит к увеличению коэффициента заполнения шнека (по сравнению с графиком на рис. 4,а) и уменьшению средней осевой скорости частиц материала.

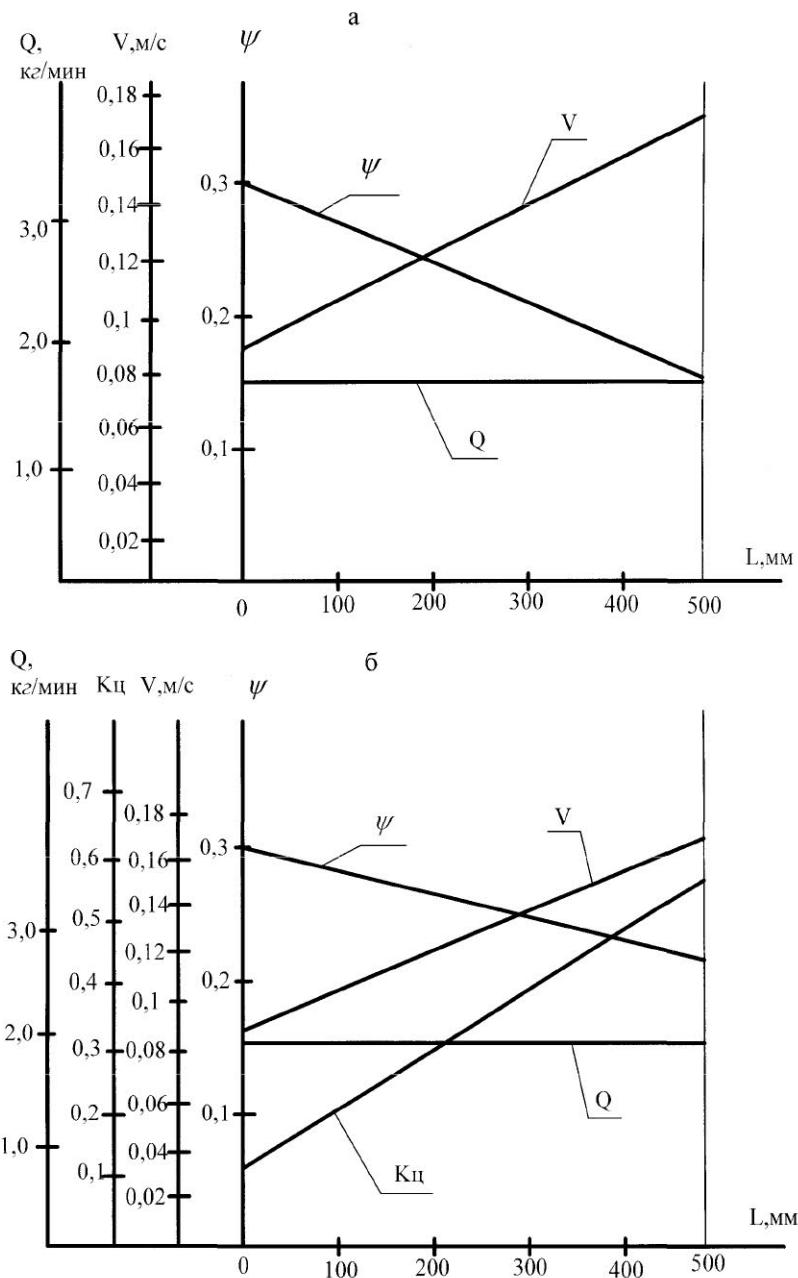


Рис. 4. Графики изменения параметров по длине шнека с переменным шагом: а –  $\delta=0-5^\circ$ ; б –  $\delta=20^\circ$

Таким образом, можно сделать вывод, что использование шнека переменного шага в диапазоне его изменения от 60 до 110 мм нерационально.

Выполнены исследования влияния вибровозбуждения элементов винтового конвейера на эффективность транспортирования. Известно, что применение вибрации, как правило, приводит к значительной интенсификации процессов и повышению качественных показателей различных устройств. Вибрационные машины и технологические процессы в настоящее время используются практически во всех отраслях промышленности.

В результате анализа существующих конструкций вибраторов винтовых конвейеров автором

разработана новая конструкция вибровозбудителя.

На «Винтовой конвейер», оснащённый указанным вибровозбудителем, получен патент РФ №2312807 [3]. В запатентованном «Винтовом конвейере» вибрация вала шнека вызывается перекатыванием его опор, имеющих некруглую форму (овальную, волнистую и др.) по неподвижным роликам [4].

Эксперименты с вибровозбуждением винтового конвейера выявили во всех случаях уменьшение циркуляции транспортируемого материала, что увеличивает производительность винтового конвейера.

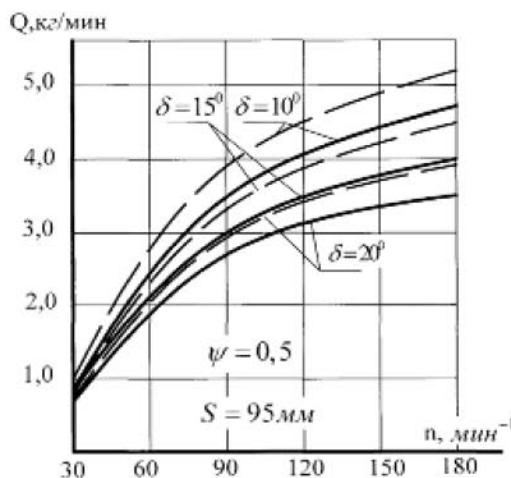


Рис. 5. Графики зависимостей производительности от скорости вращения шнека с вибрацией (пунктирные линии) и без вибрации (сплошные линии)

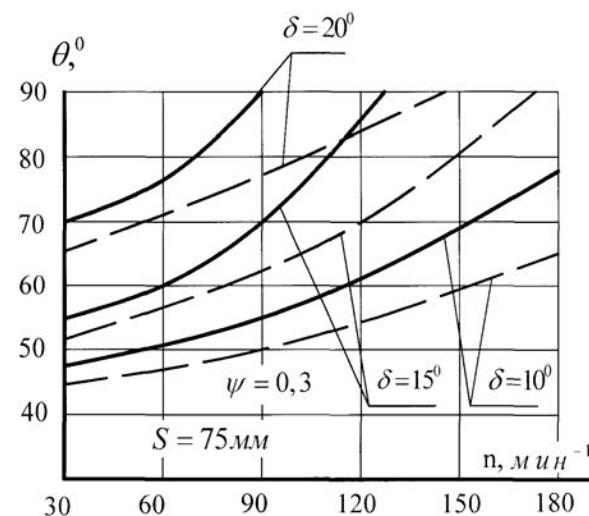


Рис. 6. Графики зависимостей угла отклонения материала от скорости вращения шнека с вибрацией (пунктирные линии) и без вибрации (сплошные линии)

Этот эффект особенно заметен при повышенной частоте вращения шнека (более  $100\text{мин}^{-1}$ ), значениях шага шнека более 75мм, углах наклона винтового конвейера более  $10^0$  и коэффициентах заполнения шнека более 0,3.

В качестве примеров на рис. 5 и рис. 6 приведены графики зависимостей производительности  $Q$  и угла отклонения  $\theta$  от частоты вращения  $n$  с вибрацией шнека (пунктирные линии) и без вибрации (сплошные линии).

рации (сплошные линии).

Как видно из графиков, вибровозбуждение позволяет увеличить производительность в среднем на 10-13% при частоте вращения шнека более  $90\text{мин}^{-1}$ . Угол отклонения материала  $\theta$  при вибрации уменьшается на  $10-15^0$ .

Как показали исследования, рациональные значения амплитуды и частоты вибрации составили соответственно 2мм и 10Гц.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Горбунов, В. Ф. Обзор современного состояния теории транспортирования горной массы винтовыми конвейерами / В. Ф. Горбунов, Д. М. Кобылянский // Вестн. РАЕН (ЗСО). – 2006. – №8. – С. 171-177.
2. Кобылянский, Д. М. Измерительно-регистрирующая аппаратура для исследования винтового перегружателя проходческого комбайна/Д. М. Кобылянский // Материалы 52 и 53 науч.-практ. конф., 2008 г./ГУ КузГТУ. – Кемерово, 2008. – С. 57-63.
3. Пат. 2312807 Российской Федерации, МПК<sup>7</sup> B 65 G 33/08. Винтовой конвейер/Кобылянский Д.М., Горбунов В.Ф.; заявитель и патентообладатель ГУ Кузбас. гос. техн. ун-т. – №2006110126/11; заявл. 29.03.06; опубл. 20.12.07, Бюл. 35. – 7.: ил.
4. Гоголин, В. А. Геометрия и кинематика тел при движении по роликам / В. А. Гоголин, М. Т. Кобылянский, В. Ф. Горбунов, Д. М. Кобылянский // Вестник КузГТУ. – 2006. – №4. – С. 3-5.

### □ Автор статьи

Кобылянский  
Дмитрий Михайлович,  
канд.техн.наук, доцент каф.  
«Стационарные и транспортные  
машины» КузГТУ,  
email: Dmitri.ktn@yandex.ru