

4. Franke, J., Cleary, P.W., Sinnott, M.D. (2015). How to account for operating condition variability when predicting liner operating life with DEM – a case study. *Minerals Engineering*, 73, 53–68.
5. Esteves, P.M., Tavares, L.M. (2022). Decoupled approach for simulation of comminution and mineral liberation with DEM. *Minerals Engineering*, 177, 107404.
6. Morrison, R.D., Cleary, P.W., Sinnott, M.D. (2015). Using DEM to compare the energy efficiency of pilot scale ball and tower mills. *Minerals Engineering*, 52, 178–185.
7. Govender, I., Powell, M.S., Nurick, G.N. (2015). 3D particle tracking: a rigorous technique for verifying DEM predictions. *Minerals Engineering*, 63, 3–11.
8. Beinert, S., Fragnière, G., Schilde, C., Kwade, A. (2015). Analysis and modelling of bead contacts in wet-operating stirred media and planetary ball mills with CFD–DEM simulations. *Chemical Engineering Science*, 134, 648–662.
9. Hlungwani, O., Rikhotso, J., Dong, H., Moys, M.H. (2015). Further validation of DEM modeling of milling: effects of liner profile and mill speed. *Minerals Engineering*, 16, 993–998.
10. Persson, M., Pålsson, B.I., Lindqvist, M. (2019). Mill charge motion based on an integration of DEM and magnetite slurry CFD. *Minerals Engineering*, 140, 105879.
11. Haderbache, L., Medjahed, A., Hachama, M., Messadi, H. (2022). Study of DEM parameters for simulation of tumbling mills. *Granular Matter*, 24, 1–14.
12. Kalala, J.T., Bwalya, M., Moys, M.H. (2016). Discrete element method (DEM) modelling of evolving mill liner profiles due to wear. *Minerals Engineering*, 18, 1386–1394.

INFORMATION ABOUT AUTHORS:

Jumanazarov Akmal Ruzikulovich	— Director of the Agency for Technical Regulation of Uzbekistan, PhD; Navoi State Mining and Technological University, 210100, Navoi, M.Torobiy Str., 72, Uzbekistan. E-mail: jumanazarov_a@mail.ru
Egamberdiyev Ilhom Pulatovich	— Professor of the department of Localization of Manufacturing processes, DSc; Navoi State Mining and Technological University, 210100, Navoi, M.Torobiy Str., 72, Uzbekistan. E-mail: Ilkhom1977@mail.ru ORCID ID: https://orcid.org/0009-0004-5149-5901
Ochilov Ulugbek Yunusovich	— PhD Student of the Department of Industrial Production Localization; Navoi State Mining and Technological University, 210100, Navoi, M.Torobiy Str., 72, Uzbekistan. E-mail: ulugbek_ochilov94@mail.ru ORCID ID: https://orcid.org/0009-0001-5488-4716
Mamadiyarov Akmal Jurakulovich	— Associate Professor of the Department of Industrial Production Localization; Navoi State Mining and Technological University, 210100, Navoi, M.Torobiy Str., 72, Uzbekistan. E-mail: amamadiyarov09@gmail.com ORCID ID: https://orcid.org/0000-0002-8658-6166

УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ ШНЕКА

Тошов Б.Р., Кушимов Ф., Джураев Н.Н.

Навоийский государственный горно-технологический университет, Навои, Узбекистан.

Doi: 10.5281/zenodo.21589569

АННОТАЦИЯ

В статье приведены сведения о конструкции, принципе работы и областях применения существующих шнековых конвейеров. Рассмотрены конструкции различных типов, проанализированы последние патенты и указаны их недостатки. Подробно описан усовершенствованный шнековый конвейер, на который получен новый патент. В конце статьи приведены выводы

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

шнек, сыпучий, конвейер, пластина, частота, производительность, стенд.

Введение

Винтовые (шнековые) конвейеры применяются в различных областях промышленности для транспортирования сыпучих, пылевидных, порошкообразных и реже мелкокусковых грузов.

К достоинствам винтовых конвейеров относятся надежность работы, простота конструкции, отсутствие наружных движущихся частей, а также возможность перемещения груза в герметичном кожухе.

Недостатками винтовых конвейеров являются значительное повреждение груза в результате его трения о винт и желоб, а также большой расход энергии.

Винтовой конвейер состоит из цилиндрического корпуса с загрузочным и разгрузочными люками. Рабочим элементом винтовых конвейеров является винт (шнек). Винты бывают сплошными, ленточными или в виде отдельных лопастей. Со сплошными винтами транспортируются легкосыпучие материалы, ленточные применяются для транспортировки слежавшихся грузов. Лопастные винты используются для транспортирования вязких грузов или при необходимости перемешивания материалов.

Винты также подразделяются на правые и левые. Если при вращении винта по часовой стрелке груз движется вперёд от наблюдателя, то винт является правым; если же при вращении по часовой стрелке груз движется назад, то винт является левым. Некоторые винтовые конвейеры состоят из двух частей, одна из которых правая, а другая — левая, что обеспечивает перемещение продукта в противоположных направлениях.

Шнековые конвейеры применяются не только как транспортные устройства, но и как технологическое оборудование. Например, в металлургической промышленности в шаровой мельнице винтовой механизм используется в качестве классификатора, разделяющего песок по крупности (фракциям). Винтовой сепаратор разделяет тяжёлые и лёгкие фракции песка. В пищевой промышленности шнековые конвейеры часто используются как смесители с одновременной транспортировкой продукта. В некоторых случаях они применяются в качестве дозаторов.

Шнековые конвейеры хорошо изучены различными авторами [1–15]. Рассмотрены шнековые конвейеры с волнистой поверхностью винта, приведены результаты теоретических исследований вертикальных и отклоняющих

колебаний двухходовых шнеков с волнистой поверхностью, а также конвейерных шнеков с криволинейным основанием и упругим элементом

Конструкции шнековых конвейеров-аналогов

В связи с этим предъявляются различные требования к конструкциям шнековых конвейеров. Этим обстоятельством объясняется актуальность работ по усовершенствованию конструкций винтовых конвейеров. Известны разнообразные конструкции шнековых конвейеров. Например, применяются винты с пластинами в следующих устройствах.

Известно устройство — винтовой конвейер, содержащий размещённый в желобе винт с продольными пластинами. Продольные пластины закреплены между витками и установлены по периметру винта диаметрально противоположно на расстоянии, равном половине шага винта. При этом пластины устанавливаются под углом $20\text{--}30^\circ$ к касательной наружного диаметра винта [3].

Также известен шнековый конвейер, содержащий полый корпус с загрузочным и выгрузочным окнами и приводной вал со спиральными рёбрами, который продольно установлен в полости корпуса. На рабочей спиральной поверхности шнека установлены рёбра длиной, равной высоте спирали шнека, в количестве трёх рёбер на один оборот (шаг). В данной конструкции рёбра имеют прямоугольную форму [4].

Усовершенствованная конструкция шнекового конвейера

Предлагается шнековый конвейер, содержащий размещённый в кожухе шнек и пластины, причём пластины выполнены в виде параллелограмма и закреплены на лицевой стороне шнековой полосы по радиусу, при этом один торец пластины совпадает с наружным диаметром шнека и расположен параллельно образующей цилиндрического кожуха [5].

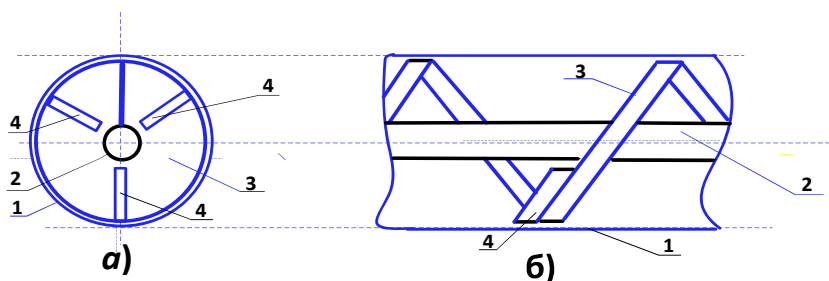


Рис. 1. а) поперечный разрез шнековой полосы с пластинами; б) продольный разрез шнековой полосы с пластинами.

Предлагаемый шнековый конвейер для транспортировки сыпучих грузов содержит цилиндрический кожух с загрузочными и разгрузочными люками, привод и шнек с пластинами. Пластины 4 закреплены на лицевой стороне шнековой полосы 3 по радиусу. Один торец пластины 4 совпадает с наружным диаметром шнека и расположен параллельно образующей цилиндрического кожуха 1. Другой торец пластины 4 обращён в сторону вала 2 и не достигает его (рис. 1).

Такая конструкция пластины позволяет увеличить зачерпывание груза, вследствие чего повышается производительность конвейера.

Устройство работает следующим образом: включается привод, начинает вращаться рабочий орган в виде шнека 3 с пластинами 4. Подаваемый через загрузочный люк насыпной груз перемещается вдоль цилиндрического кожуха 1 и выгружается через разгрузочный люк рабочим органом в виде шнека 3 с пластинами 4.

При вращении шнека пластины 4 контактируют с материалом в момент, когда они расположены перпендикулярно поверхности земли, и уносят с собой часть материала до достижения пластиной горизонтального положения относительно поверхности земли. При дальнейшем вращении часть материала, находящаяся на пластине, начинает высыпаться через другой край пластины, расположенный ближе к валу. Данный материал перемещается вперёд на расстояние, равное половине шага винта, что приводит к увеличению производительности конвейера.

Определение влияния размеров пластины (высоты и длины), угла её установки и количества пластин на производительность винтового конвейера требует проведения экспериментальных исследований. С увеличением высоты и длины пластины возрастает количество зачерпываемого груза. При этом длина пластины ограничивается расстоянием между пластиной и валом, через которое при вращении винта происходит высыпание сыпучего груза. Данное расстояние зависит от свойств транспортируемого материала, его влажности, коэффициента трения груза о поверхность пластины и времени высыпания материала с пластины.

На производительность винтового конвейера существенное влияние оказывает также угол установки пластины.

Различают угол установки пластины на поверхность спирали винта (α) и угол атаки пластины (β) (рис. 2). Угол α образуется между поверхностью спирали и пластиной, а угол β — между касательной к окружности и пластиной. Задача состоит в определении оптимальных соотношений углов α и β .

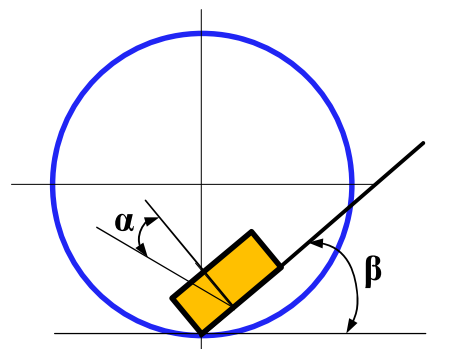


Рис. 2. Сечение шнека фронтальным разрезом.

Из рисунка видно, что при уменьшении угла атаки β до некоторой величины становится возможным увеличение длины пластины и, соответственно, зачерпывание большего количества сыпучего материала. Уменьшение угла установки пластины α до определённого значения, вероятно, приводит к увеличению производительности конвейера, так как большее количество груза удерживается на поверхности пластины при вращении винта. Уточнение оптимальных значений углов α и β требует проведения дополнительных исследований. Количество пластин определяется следующими соображениями: пластина, расположенная перпендикулярно горизонтальной поверхности, начинает зачерпывать насыпной груз и по мере вращения винта увлекает зачерпнутый груз до параллельного положения пластины относительно поверхности земли. При дальнейшем вращении винта с торца пластины начинает высыпаться сыпучий груз, и полностью он высыпается при достижении пластиной вертикального положения. До наступления этого момента следующая пластина должна начинать зачерпывание груза. Исходя из этих соображений, в круге поперечного сечения винта количество пластин должно быть менее четырёх, то есть оптимальное количество равно трём.

Основным количественным показателем винтового конвейера является его производительность, которая зависит от конструктивных параметров конвейера и технологических условий работы.

Производительность горизонтального винтового конвейера, $\text{м}^3/\text{ч}$:

$$Q = 15 \cdot \rho \cdot \psi \cdot \pi \cdot D_R^2 \cdot t \cdot n$$

где: ψ — коэффициент заполнения желоба конвейера; D_R — диаметр винта, м; t — шаг винта, м; n — частота вращения винта, мин^{-1} .

Пластины зачерпывают груз и по мере вращения винта увлекают его, освобождая новое пространство для насыпного материала. Наличие пластин на поверхности винта приводит к увеличению коэффициента заполнения желоба конвейера.

Заключение

Наличие пластин на поверхности винта приводит к увеличению коэффициента заполнения желоба конвейера (ψ), вследствие чего повышается производительность конвейера.

Применение предложенного шнекового конвейера приводит не только к увеличению производительности, но и к интенсификации процесса перемешивания при транспортировании разнородных сыпучих материалов. Особенно эффективно применение данной конструкции шнекового конвейера при транспортировании и одновременном перемешивании вязких материалов, например влажной глины.

SHNEK KONSTRUKSIYASINI TAKOMILLASHTIRISH

Toshov B.R., Kushimov F., Djuraev N.N.

Navoiy davlat konchilik-texnologiya universiteti, Navoiy, O'zbekiston.

ANNOTATSIYA Maqolada mavjud shnekli konveyerlarning konstruksiyasi, ishlash prinsipi va qo'llanilish sohalari haqida ma'lumotlar keltirilgan. Turli tipdagi konstruksiyalar ko'rib chiqilgan, so'nggi patentlar tahlil qilingan hamda ularning kamchiliklari ko'rsatib o'tilgan. Yangi patent olingan takomillashtirilgan shnekli konveyer batafsil tavsiflangan. Maqola yakunida xulosalar keltirilgan.

KALIT SO'ZLAR

shnek, sochiluvchan material, konveyer, plastina, chastota, unumdorlik, stand.

IMPROVEMENT OF SCREW (AUGER) DESIGN

Toshov B.R., Kushimov F., Djuraev N.N.

Navoi State Mining and Technological University, Navoi, Uzbekistan.

ABSTRACT The article presents information on the design, operating principle, and areas of application of existing screw conveyors. Designs of various types are reviewed, recent patents are analyzed, and their shortcomings are identified. An improved screw conveyor design, for which a new patent has been obtained, is described in detail. The article concludes with final remarks and conclusions.

KEYWORDS

screw, bulk material, conveyor, plate, frequency, productivity, test bench.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Djuraev A., Davidbayev B., Juraev N., Beknazarov J.. Results of dynamic analysis of double-inlet screw conveyor machine assembly. E3S Web of Conferences 417, 06001 (2023) GEOTECH-2023 <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202341706005>
2. Рудь А. Метод выбора рационального угла наклона шнековой лопасти винтового конвейера / А. Рудь, Ю. Олигов // Известия высших учебных заведений: Северо-Кавказский регион: технические науки. —2011. №5. — С. 55-57.
3. Харитонов Д.Н., Долгишев А.Н., Королев А.М. Авторское свидетельство СССР № 1135695 МПК В65 G 33/00 — 1983.
4. Часов Д.П., Тихонцов А.М. Шнековый конвейер. Патент №83441 Украина, МПК В65G 33/14. Опубликовано 10.09.2013, Бюл. № 17.

5. Тошов Б.Р., Шеров К.Т., Кушимов Ф. и др. Шнековый конвейер Патент Республики Казахстан FAP 11263 10.10.2025
6. Евстратова А.В. Влияние формы внутренней поверхности корпуса шнекового пресса на его производительность / Евстратова А.В. // Перспективы развития Восточного Донбасса. Сборник науч. тр. по материалам II Международной научно-практической конференции ШИ ЮРГТУ (НПИ). – Новочеркасск, УПЦ «Набла» ЮРГТУ (НПИ), 2007. – С. 113-118.
7. Евстратова А.В. Модель движения потока материала в вертикальном винтовом конвейере с рифленой поверхностью корпуса / Евстратова А.В., Олигов Ю.Б., Павлов Е.И. // Перспективы развития Восточного Донбасса. Сборник науч. тр. Шахтинский институт (филиал) ГОУ ВПО ЮРГТУ (НПИ). Часть 2. – Новочеркасск : ЮРГТУ, 2009. 137-143.
8. Першин В.Ф. Экспериментальное исследование характера движения сыпучего материала вдоль оси барабанного смесителя / 143 В.Ф. Першин, Ю.Т. Селиванов, А.В. Орлов // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2002. – Т. 8, № 2. – С. 265-271
9. Дячун А. Винтовой конвейер с вращающимся цилиндрическим кожухом / А. Дячун, Р. Грудовой, И. Гевко, М. Гевко // Научные труды Русенского университета «Ангел Кънчев»: Сельскохозяйственная техника и технологии. Аграрные науки и ветеринарная медицина. Ремонт и надежность. – 2012. – Том 51, серия 1.1. – С. 31-35.
10. Часов Д.П. Анализ количественных и качественных показателей производительности модернизированного шнекового конвейера / Д.П. Часов // Вісник національно технічного університету «ХП». – 2013 р., – С. 188-193.
11. Тихонцов А.М. Анализ производительности шнекового конвейера с установленной дополнительной лопастью / А.М. Тихонцов, Э.Н. Гречаник, Д.П. Часов // Сборник научных трудов Днепропетровского государственного технического университета (технические науки). – 2014. №2(25). – С. 83-86.
12. Коробочка А.Н. Определение эффективного угла начала движения металлической стружки на дополнительной лопасти шнекового конвейера / А.Н. Коробочка, Д.П. Часов // Металлургическая и горнорудная промышленность. – 2015. №1. – С. 123-125.
13. Пат. 2503606 Российская Федерация, МПК B65G 33/14, B65G 33/24. Шнековый конвейер / Ш.Б. Манжуров, Д.Р. Ганин. № 2012118996/11; заявл. 11.05.2012; опубл. 10.01.2014. Бюл. № 1, 2014.
14. *Украина. МПК B65G 33/14 пат. №83441 зарег.10.09 2013 Бюл. № 17*
15. *Жураев А. Дж, Жураев Н.Н. Икки қиримли тўлқинсимон юзали винтли конвейернинг машина агрегати динамиқ таҳлили.* Механика ва технология илмий журналі. Наманган Мухандислик-қурилиш институти ISSN 2181-158x Наманган, 2023.- №3.,бетлар

INFORMATION ABOUT AUTHORS:

Toshov Buri Radjabovich	— Head of the Department of Engineering Mechanics, Candidate of Physical and Mathematical Sciences (PhD), Professor; Navoi Mining and Technological University, Galaba Shoh Street, Navoi, Uzbekistan. E-mail: btoshov1953@mail.ru ORCID ID: https://orcid.org/0009-0006-4058-1702
Kushimov Fakhriddin	— Senior Lecturer, Department of Engineering Mechanics, Navoi Mining and Technological University, Galaba Shoh Street, Navoi, Uzbekistan.
Djuraev Nodirbek Normurodovich	— Associate Professor, Department of Mechanical Engineering Technology, Navoi Mining and Technological University, Galaba Shoh Street, Navoi, Uzbekistan. E-mail: Nodirjura@mail.ru