

водночас сучасної науки – механіки. Їх розробки і відкриття допомагають фахівцям галузевих наук механіки вирішувати різноманітні конкретні проблеми, пов'язані з розрахунком, проектуванням, виготовленням і експлуатацією всієї множини технічних об'єктів, які необхідні людству. Написані ними праці: (монографії, підручники, довідники (рис. 2)) – використовуються в навчальних процесах вищих навчальних закладів України і світу, сприяють підвищенню якості підготовки майбутніх фахівців.

Після ознайомлення з наведеною інформацією у студентів-чернігівців під час користування науково-технічною літературою вчених-земляків повинно виникати почуття гордості за свій край.

Необхідно зазначити, що наведений у результаті пошуку перелік учених-механіків не є повністю вичерпним. Особливо це стосується механіків-практиків і винахідників, які згадуються лише частково. При більш ретельному пошуку можуть з'явитися додаткові імена знаменитостей. Тому виконані дослідження не можна вважати повністю завершеними, бо це тільки окремих етап популяризації Чернігівщини загалом і її наукових досягнень зокрема.

Список використаних джерел

1. Боголюбов А. Н. Математики, механики : библиографический справочник / А. Н. Боголюбов. – К. : Наукова думка, 1983. – 639 с.
2. Мытник Н. А. Краткая история корабельных наук (хронология событий с комментариями) / Н. А. Мытник. – 2-е изд. – Владивосток : Изд-во Дальневост. ун-та, 2004. – 197 с.
3. Писаренко Г. С. Степан Прокопович Тимошенко / Г. С. Писаренко. – К. : Наукова думка, 1979. – 193 с.
4. Режим доступу : <http://uk.wikipedia.org>.
5. Тимошенко С. П. Воспоминания / С. П. Тимошенко. – К. : Наукова думка, 1993. – 424 с.
6. Українська радянська енциклопедія : [в 16 т.] / голов. ред. колегія : М. П. Бажан (голов. ред.) та інші. – К. : Акад. наук УРСР : Голов. ред. Української радянської енциклопедії, 1961.
7. Українці в світі [Електронний ресурс]. – К., 2008-2014. – Режим доступу : <http://www.ukrainians-world.org.ua>.
8. Чернигов: городской портал [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.gorod.cn.ua>.
9. Чернігівщина : енциклопедичний довідник / за ред. А. В. Кудрицького. – К. : Українська радянська енциклопедія, 1990. – 1005 с.

УДК 621.941.014.8

Д.П. Часов, ассистент

Днепродзержинский государственный технический университет, г. Днепродзержинск, Украина

ВЛИЯНИЕ УГЛА АТАКИ ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ ЛОПАСТИ НА ДВИЖУЩУЮ СИЛУ ШНЕКОВОГО КОНВЕЙЕРА

Д.П. Часов, асистент

Дніпродзержинський державний технічний університет, м. Дніпродзержинськ, Україна

ВПЛИВ КУТА АТАКИ ДОДАТКОВОЇ ЛОПАТИ НА РУШІЙНУ СИЛУ ШНЕКОВОГО КОНВЕЄРА

Dmitriy Chasov, assistant

Dneprodzerzhinsk State Technical University, Dneprodzerzhinsk, Ukraine

INFLUENCE OF AOA OF EXTRA BLADES ON THE DRIVING FORCE OF A SCREW CONVEYOR

Обосновано наиболее эффективные параметры угла атаки дополнительных лопастей шнекового конвейера, влияющих на величину движущей силы, необходимой для перемещения металлической стружки. Выполнен анализ влияющих сил и параметров на величину движущей силы. Разработана математическая модель зависимости движущей силы от угла атаки α дополнительной лопасти. Предложено метод развития модельных представлений процесса транспортирования металлической стружки на основании разработанных математических моделей угла атаки α дополнительных лопастей шнекового конвейера на базе ранее неописанных уравнений действующих сил и

их взаимосвязей. Получена графіческая зависимость движущей силы от угла атаки α дополнительных лопастей с обоснованием эффективного диапазона.

Ключевые слова: дополнительная лопасть, угол атаки, движущая сила, шнековый конвейер.

Обґрунтовано найбільш ефективні параметри кута атаки додаткових лопатей шнекового конвеєра, що впливають на величину рушійної сили, необхідної для переміщення металеві стружки. Виконано аналіз сил і параметрів, що впливають на величину рушійної сили. Розроблено математичну модель залежності рушійної сили від кута атаки α додаткової лопаті. Запропоновано метод розвитку модельних уявлень процесу транспортування металеві стружки на підставі розроблених математичних моделей кута атаки α додаткових лопатей шнекового конвеєра на базі раніше неописаних рівнянь діючих сил і їх взаємозв'язків. Отримана графічна залежність рушійної сили від кута атаки α додаткових лопатей з обґрунтуванням ефективного діапазону.

Ключові слова: додаткова лопать, кут атаки, рушійна сила, шнековий конвеєр.

It is proved most effective parameters of the angle of attack of blades of the screw conveyor further affecting the magnitude of the driving force necessary for moving swarf. The analysis of the impact forces and the parameters on the driving force. A mathematical model of the driving force depending on the angle of attack α extra blades. Proposed method for the development of model representations of the process of transportation of metal shavings on the basis of the developed mathematical models of the angle of attack α additional blade screw conveyor on the basis of previously undescribed equations operating forces and their interrelationships. Received a graphical representation of the driving force from the angle of attack α of additional blades with justification effective range.

Key words: extra blade, angle of attack, the driving force, a screw conveyor.

Постановка проблеми. Одной из острых проблем машиностроения Украины является переработка и утилизация отходов процессов механической обработки – стружки и шлама. Ввиду того, что процесс переработки и утилизации осуществляется не на территории механических цехов и заводов, то вырождается не менее важная проблема транспортирования отходов от станка на последующие этапы переработки. Усредненные данные по массе металлоабразивных отходов одного машиностроительного предприятия составляют от 100 до 3000 т/год. Количество образующейся стружки и шлама в масштабах страны позволяет судить о глобальности вопроса. Наряду с экономической целесообразностью вопроса транспортирования отходов металлорежущих станков к участкам переработки, открытой остается и экологический аспект вопроса, поскольку хранение отходов влечет за собой бактерицидные образования, вследствие наличия на стружке элементов органического происхождения, входящих в состав СОЖ. Для транспортирования стружки используется конвейерный транспорт. Транспортирование отходов от станка до общецеховой магистрали представляет собой перемещение стружки на расстояние до двух метров. Транспортный канал находится ниже уровня пола. Транспортирование стружки от станка предусматривает подъем уровня материала. Исходя из технических характеристик, для транспортирования стружки от станка до общецеховой магистрали допустимо применимыми являются шнековый и гидросмывной конвейеры. Однако гидросмывной конвейер не обеспечивает подъем материала выше чем на 10° и энергозатраты превышают шнековый конвейер на малых расстояниях, что является в данном случае доминирующим фактором, до трех раз. Ввиду вышесказанного, шнековый конвейер является идеальным для транспортирования стружки от станка к общецеховой магистрали (табл.).

Согласно с концепцией перехода Украины к стойкому развитию, одним из стратегических мероприятий в промышленном секторе является внедрение безотходных или малоотходных технологий и рациональное использование ресурсов. Развитие промышленности предусматривает и увеличение продуктивности вспомогательных процессов. Однако в современном мире является нецелесообразным увеличение производительности за счет природных ресурсов. Прирост производительности необходимо получать за счет конструктивных и технологических модернизаций и инноваций. Таким образом, внедрение конструкционных модернизаций приводит не только к уменьшению технологической нагрузки на окружающую среду, но и к энерго- и ресурсосбережению, что является актуальным научно-практическим заданием для промышленности Украины.

Таблица

Технические характеристики конвейерного транспорта

| Тип | Расстояние транспортирования, м | Производительность, т/ч | Потребляемая мощность, кВт/ч | Габаритные размеры, диаметр, ширина, м | Вид транспортируемой стружки | Угол подъема, град. | Энергоемкость транспортируемого материала, кВт/т |
|-----------------------|---------------------------------|-------------------------|------------------------------|--|------------------------------|---------------------|--|
| Ленточно-пластинчатый | 2-100 | 5-125 | 30-125 | 500-1600 | Скальвания, надлома | 45° | 6-1 |
| Скребковый | 20-100 | 20-200 | 22-110 | 500-1200 x 500-700 | Надлома | 40° | 1,1-0,55 |
| Шнековый | 0,5-30 | 2-45 | 1,5-24 | 100-1000 | Надлома | 30° | 0,75-0,55 |
| Гидросмывной | 0,5-10 | 0,5-60 | 1,1-50 | 20-400 | Шлам, надлома | 10° | 2,2-0,85 |

Анализ последних исследований и публикаций. Многообразие конструкций шнековых механизмов, а также их основных геометрических и конструктивных параметров обусловлено широким ассортиментом перемещаемых материалов, имеющих различные физико-механические свойства. Спектр транспортируемых материалов настолько широк, что механика и кинематика движения различных материалов при взаимодействии с рабочими органами шнековых конвейеров может быть описана различными теориями.

Значительное количество исследований как отечественных, так и зарубежных авторов посвящено изучению процесса транспортирования материалов шнековым конвейером. К ним можно отнести работы А.А. Спиваковского, В.К. Дьячкова, А.М. Григорьева, М.П. Александрова, Р.Б. Гевко, Б.А. Катанова, Н.Н. Евстратова, К.А. Адигамова, Ю.А. Пертен, E.G. Fisher, G. Schenkel и др.

Во многих работах транспортируемый материал рассматривается в виде одной материальной точки, перемещаемой по винтовой поверхности спирали шнека. Такой подход можно считать обоснованным, поскольку процессы транспортирования объемных сыпучих материалов еще недостаточно изучены, хотя некоторые работы в этом направлении известны.

Несмотря на большое количество публикаций по транспортированию материалов шнековым конвейером, в них почти не рассмотрен вопрос влияния геометрии и конструкции шнека, в частности, дополнительных лопастей на самом шнеке, на производительность процесса транспортирования, хотя этот вопрос представляет несомненный интерес и требует специального изучения.

Выделение не решенной ранее части общей проблемы. Годовая масса отходов в виде стружки образовывается и транспортируется в течении всего года. Количество стружки, поступающей в желоб конвейера, не равномерно распределено в течении года и каждой отдельной смены. Ввиду этого конвейер непостоянно и неравномерно загружен. Если конвейер использовать только в дежурном режиме и включать только при определенном наполнении, то возможен момент невозможности транспортирования из-за недостаточной производительности конвейера. Для избегания подобных ситуаций можно применить конвейер, содержащий более габаритный желоб и, следовательно, обладающим большей производительностью. Использование желоба большего диаметра предусматривает и использование большего шнека как основного элемента винтового конвейера, отвечающего за производительность. Тем не менее увеличение габаритных

размеров влечет за собою и увеличение энергоемкостных затрат и расходов на обслуживание конвейера. С учетом вышесказанного целесообразно и энергоэффективнее использовать малогабаритные шнековые конвейеры в постоянном режиме работы, а момент резкого увеличения наполняемости желоба компенсировать модернизацией конструкции шнекового конвейера с сохранением габаритных размеров и энергоемкости привода.

Цель статьи. Главной целью этой работы является разработка методик использования и эффективных технических параметров дополнительных лопастей на самом теле пера шнека, наличие которых влияет на величину движущей силы перемещения металлической стружки шнековым конвейером.

Изложение основного материала. Аналитические исследования процесса транспортирования металлической стружки шнековым конвейером базируются на условии равновесия при переходе от состояния покоя к движению. При вращении шнека на стружку, находящуюся на поверхности дополнительной лопасти, будут действовать гравитационные и центробежные силы. Составим уравнение равновесия, исходя из схемы сил, действующих на металлическую стружку (рис. 1).

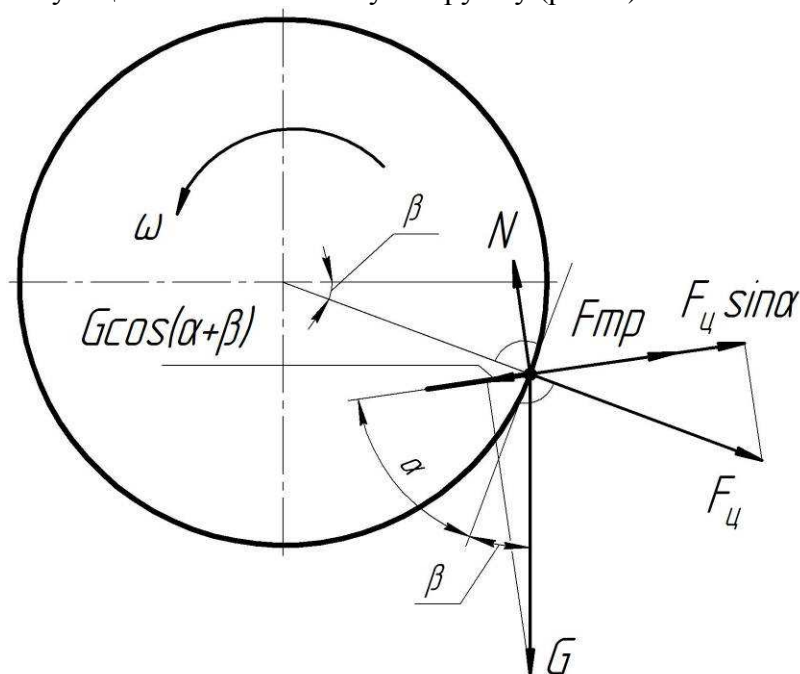


Рис. 1. Схема сил, действующих на частицу металлической стружки в фронтальном сечении

Из уравнения равнодействующих сил следует:

$$-F_{\text{тр}} + G \cos(\alpha + \beta) - F_{\text{ц}} \cdot \cos(90 - \alpha) = 0, \quad (1)$$

где $F_{\text{тр}}$ – сила трения, Н;

G – сила тяжести, Н;

$F_{\text{ц}}$ – центробежная сила, Н.

Сила трения определяется из соотношения

$$F_{\text{тр}} = N \cdot f_{\text{тр}},$$

здесь N – сила реакции опоры;

$f_{\text{тр}}$ – коэффициент трения.

Сила тяжести определяется по уравнению

$$G = mg,$$

где m – масса частицы металлической стружки;

g – ускорение свободного падения.

Центробежная сила определяется по формуле:

$$F_{ц} = m\omega^2 R,$$

здесь m – масса частицы металлической стружки;

ω – угловая скорость;

R – радиус шнека.

Влияние угла атаки и количества дополнительных лопастей на транспортировочную способность шнекового конвейера можно рассматривать как изменение величины движущей силы транспортируемого материала.

Из физической сущности процесса перемещения частицы металлической стружки по спирали вдоль оси шнека (спирали) следует, что с увеличением угла подъема спирали увеличиваются силы сопротивления движению частицы металлической стружки.

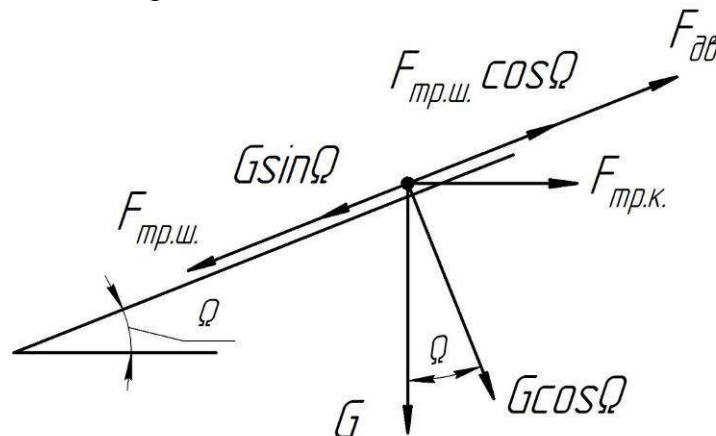


Рис. 2. Схема сил, действующих на частицу металлической стружки вдоль оси шнека (спирали)

Из схемы сил, действующих на частицу металлической стружки вдоль оси шнека (спирали) (рис. 2), следует, что силой, которая способствует перемещению частицы материала по спирали, является сила трения частицы металлической стружки о кожух $F_{тр.к}$. Силой, препятствующей перемещению частицы металлической стружки, является сила трения о шнек $F_{тр.ш}$ и составляющая силы веса частицы металлической стружки $G \sin \alpha$. Разница между первой силой и суммой двух других позволяет определить силу, которая движет частицу материала по спирали:

$$F_{дв} = m \cdot [\omega^2 R \cos \alpha f_k - g (\sin \alpha + \cos \alpha f_{ш})], \quad (2)$$

где ω – угловая скорость шнека;

R – радиус шнека;

α – угол подъема спирали шнека;

f_k – коэффициент трения материала о кожух;

$f_{ш}$ – коэффициент трения материала о шнек.

Установленные дополнительные лопасти на самом шнеке позволяют рассматривать силы, действующие на частицу металлической стружки, во фронтальной плоскости (рис. 1) в совокупности с силами, действующими на частицу металлической стружки в горизонтальной плоскости (рис. 2). Силы, действующие на частицу металлической стружки во фронтальной плоскости, обусловлены углом атаки дополнительной лопасти – β и углом, под которым размещенная частица металлической стружки на дополнительной лопасти начинает движение – γ .

Объединив уравнения (1) и (2), получаем расчетную формулу движущей силы для шнекового конвейера с дополнительными лопастями:

$$\begin{aligned}
F_{дв} &= m \cdot \left[\psi^2 R \cos \Pi f_k - g (\sin \Omega + \cos \Omega f_{ш}) \right] - F_{тр} + G \cos (\delta + \nu) - F_{ц} \cdot \cos (90 - \delta) = \\
&= m \cdot \left[\psi^2 R \cos \Pi f_k - g (\sin \Omega + \cos \Omega f_{ш}) \right] - N f_{тр} + m \psi^2 R \cos (90 - \delta) + mg \cos (\delta + \nu) = \\
&= m \cdot \left[\psi^2 R \cos \Pi f_k - g (\sin \Omega + \cos \Omega f_{ш}) \right] + g \cos (\delta + \nu) - \psi^2 R \cos (90 - \delta) - N f_{тр} = \\
&= m \cdot \left[\psi^2 R \cos \Pi f_k - g (\sin \Omega + \cos \Omega f_{ш} - \cos (\delta + \nu)) - \psi^2 R \cos (90 - \delta) \right] - N f_{тр} = \\
&= m \cdot \left[\psi^2 R (\cos \Pi f_k - \cos (90 - \delta)) - g (\sin \Omega + \cos \Omega f_{ш} - \cos (\delta + \nu)) \right] - N f_{тр}.
\end{aligned}$$

С учетом сил, действующих на частицу в горизонтальной и фронтальной плоскостях, итоговая формула для определения движущей силы имеет вид:

$$F_{дв} = -N f_{тр} + m \cdot \left[\psi^2 R (\cos \Pi f_k - \cos (90 - \delta)) - g (\sin \Omega + \cos \Omega f_{ш} - \cos (\delta + \nu)) \right], \quad (3)$$

где $f_{тр}$ – коэффициент трения материала о дополнительную лопасть.

Анализ уравнений (2) и (3) показывает, что для уменьшения движущей силы для транспортирования металлической стружки шнековым конвейером с дополнительными лопастями по сравнению с ранее известным классическим строением шнекового конвейера (рис. 3) значимое влияние оказывают угол атаки дополнительной лопасти – δ и угол, под которым размещена частица металлической стружки на дополнительной лопасти начинает движение – ν .

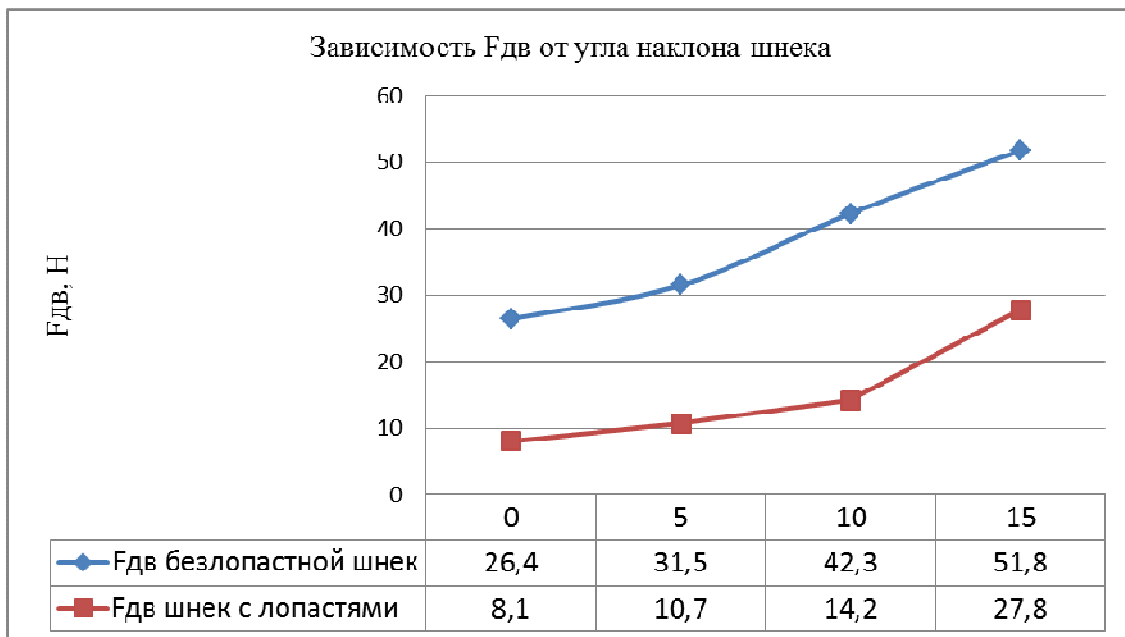


Рис. 3. Зависимость движущей силы от угла наклона шнека

Анализ изменения интенсивности движущей силы в зависимости от угла наклона спирали шнека по сравнению с классическим шнековым конвейером с дополнительными лопастями показал, что интенсивность движущей силы пропорциональна углу наклона спирали шнека.

На основе анализа уравнения (3) получаем зависимость движущей силы от угла атаки дополнительных лопастей шнекового конвейера, отображенную на графике зависимости движущей силы от угла атаки лопастей (рис. 4).



Рис. 4. Залежність рушійної сили від кута атаки лопастей

Из рис. 4 видно, что эффективный диапазон угла атаки лопастей, при котором значение рушійної сили найменше, находится в пределах от 30 до 60° с прогнозируемым пиковым значением, приближенным к 45°.

Выводы и предложения. На основании полученной математической модели и проведенных экспериментальных исследований установлено, что дополнительные лопасти оказывают влияние на величины рушійної сили шнекового конвейера; наиболее эффективный диапазон угла атаки лопастей, при котором значение рушійної силы наименьше, находится в пределах 45°.

Список использованных источников

1. Адигамов К. А. Кинематика вертикального шнекового конвейера с неподвижным кожухом / К. А. Адигамов, В. В. Ширяев, С. Н. Байбара // Известия вузов. Сев.-Кавк. регион. Технические науки. – 2004. – С. 199–201.
2. Патент Украины № 68113. МПК В65G 33/14. Винтовой конвейер / Р. Б. Гевко и др. : заявл. 29.09.2011 ; опубл. 12.03.2012. Бюл. № 5/2012.
3. Першин В. Ф. Экспериментальное исследование характера движения сыпучего материала вдоль оси барабанного смесителя / В. Ф. Першин, Ю. Т. Селиванов, А. В. Орлов // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2002. – Т. 8, № 2. – С. 265–271.
4. Черненко Г. В. Обоснование параметров вертикального шнекового конвейера с орбренным кожухом для транспортирования сыпучих материалов : дис. ... канд. техн. наук / Г. В. Черненко. – Шахты, 2010. – 135 с.