

1. Машиностроение. Динамика и прочность машин. Теория механизмов и машин: энциклопедия / К.С. Колесников [и др.]; ред.-сост. и отв. ред. акад. РАН К.С. Колесников. – Т. 1 – 3. Кн. 1. – М.: Машиностроение, 1994. – 534 с.
2. Механика машин: учеб. пособие для вузов / И.И. Вульфсон [и др.]; под ред. Г.А. Смирнова. – М.: Высш. шк., 1996. – 511 с.
3. Сопротивление материалов: учеб. / В.П. Заяц [и др.]; под общ. ред. В.П. Зайца. – Минск: Высш. шк., 1998. – 367 с.

УДК 622.23.054.53

## ВЛИЯНИЕ ЗАПИРАЮЩЕГО ДАВЛЕНИЯ И КОЛИЧЕСТВА ВИТКОВ ШНЕКОВОЙ ЛОПАСТИ НА ФОРМУ ПОВЕРХНОСТИ РАЗРУШЕНИЯ МАТЕРИАЛА

А.В. Конопляник

*ЗАО «Солигорский Институт проблем ресурсосбережения  
с Опытным производством», Солигорск*

**Введение.** Свойства материалов, проявляющиеся на поверхностях их контактов с рабочими органами машин, оказывают существенное влияние на процесс подачи этих материалов напорным шнеком. Закономерности движения материалов в напорном шнеке во многом определяются различием между прочностью структурных связей в объеме материала и прочностью адгезионных связей на поверхности контакта материала с металлическими поверхностями рабочих органов [1 – 3]. Поэтому необходимо учитывать процессы, протекающие внутри массива подаваемого материала, которые во многом определяют качественный и количественный характер его движения.

**Методика исследования и их результаты.** Рассмотрим равновесие элементарного объема материала, вырезанного из канала, образованного внутренней цилиндрической поверхностью корпуса модуля, валом и лопастью шнека (рис. 1).

На элементарный объем материала действуют следующие силы.

Сила подпора

$$F_4 = PS_K, \quad (1)$$

где  $P$  – давление материала в шнековой полости, Па;  $S_K = (R - r)t$  – площадь сечения канала, образованного внутренней поверхностью корпуса, валом и лопастью шнека,  $m^2$ ;  $t$  – шаг шнека,  $t = 2\pi R \operatorname{tg} \alpha$ , м;  $\alpha$  – угол подъема винтовой линии шнековой лопасти;  $R$  – радиус лопасти шнека, м;  $r$  – радиус вала шнека, м.

Сила противодействия

$$F_5 = (P + \Delta P)S_{\kappa}, \quad (2)$$

где  $\Delta P$  – разность давлений на переднюю и заднюю поверхность рассматриваемого элемента материала, Па.

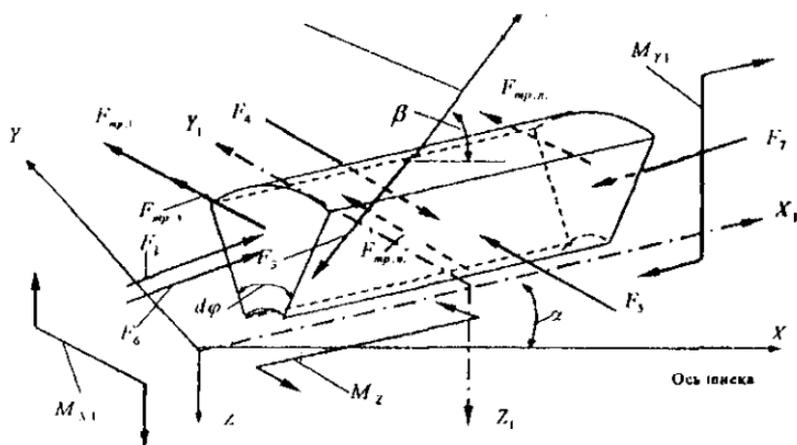


Рис. 1. Схема сил, действующих на элементарный объем материала в напорном шнековом модуле

Сила трения материала о внутреннюю цилиндрическую поверхность корпуса шнекового модуля

$$F_3 = \mu P S_{\eta} f_{\eta}, \quad (3)$$

где  $S_{\eta} = rRd\varphi = 2\pi R^2 d\varphi g \alpha$  – площадь контакта рассматриваемого объема материала с внутренней поверхности корпуса;  $f_{\eta}$  – коэффициент трения материала о внутреннюю цилиндрическую поверхность корпуса модуля;  $d\varphi$  – угол сектора вырезанного объема материала.

Сила нормального давления на лопасть шнека от силы  $F_3$

$$F_2 = F_3 \cos(\beta - \alpha). \quad (4)$$

При решении уравнения (4) необходимо предварительно задать функцию  $z = f(x)$ . Широкий спектр кривых, соединяющих края шнековой лопасти, можно получить, используя степенную функцию вида

$$z = c + mx^n.$$

Очевидно, что процесс нахождения максимума в (4) путем интегрирования различных функций является весьма трудоемким. Поэтому в исследовании использовалась универсальная математическая система MathCAD 6.0 PLUS с реализацией на ПК, позволяющая получить значение определенного интеграла от широкого спектра функций.

Исследование зависимости (4) с использованием универсальной математической системы MathCAD 6.0 PLUS позволяет установить влияние на форму поверхности разрушения подаваемого материала в канале шнекового модуля запирающего давления на выходе из шнека, свойств подаваемого материала и геометрических параметров рабочих органов напорного шнекового модуля.

На рис. 2 представлены профили поверхностей разрушения материала в канале шнека при различных значениях запирающего давления на выходе из шнека и при следующих значениях геометрических параметров рабочих органов: радиус лопасти шнека  $R = 0,2$  м; радиус вала шнека  $r = 0,05$  м; угол подъема винтовой линии шнека  $\alpha = 20^\circ$ ; число витков шнека  $n = 4$ . Анализ полученных результатов показывает, что форма поверхности разрушения материала в канале шнека зависит от отношения величин давлений на выходе и входе в шнековый модуль. При  $P_b = P_{\text{вых}}$  (кривая  $a = 0$ , рис. 2) поверхность разрушения материала совпадает с поверхностью, имеющей минимальную площадь, линия пересечения которой с плоскостью  $XZ$  соединяет края лопасти и имеет общую точку с прямой  $Z = r$ . В этом случае площадь части канала шнека, в которой подаваемый материал имеет поступательное перемещение, максимальна. На рис. 2 это площадь фигуры, ограниченной линиями  $a = 0$  и  $Z = R$ .

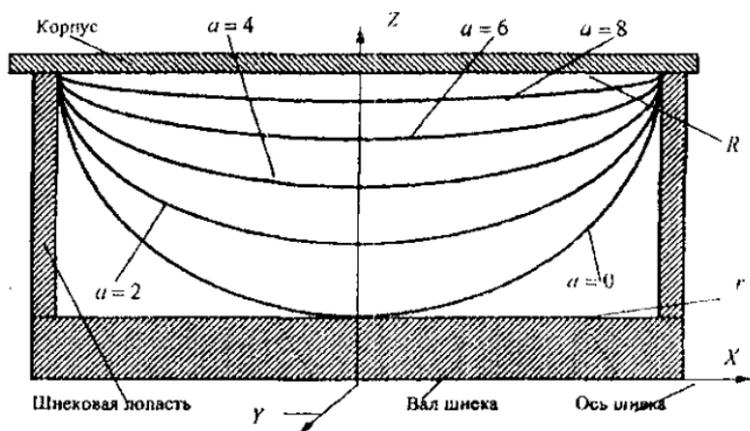


Рис. 2. Зависимость формы поверхности разрушения материала в канале шнека от величины запирающего давления на выходе из шнекового модуля

С увеличением запирающего давления линии пересечения поверхностей разрушения материала с плоскостью  $XZ$  имеют более пологую форму, и пассивная область в канале шнека, заполненная материалом, не имеющим осевого перемещения в направлении подачи, увеличивается.

Чем больше запирающее давление на выходе из шнека, тем большая часть материала движется по концентрическим окружностям и не имеет перемещения в направлении подачи. При определенном значении запирающего давления поступательное движение материала в шнеке прекращается (весь материал вращается вместе со шнеком).

На рис. 3 представлены профили поверхностей разрушения материала в канале шнека при различных значениях количества витков шнека напорного шнекового модуля и при следующих значениях величин, входящих в формулу (4): радиус лопасти шнека  $R = 0,2$  м; радиус вала шнека  $r = 0,05$  м; угол подъема винтовой линии шнека  $\alpha = 20^\circ$ ; отношение давлений на выходе и входе в напорный шнековый модуль  $P/P_0 = 20$ ; число витков шнека  $n$  — варьируемая величина. Анализ полученных результатов показывает, что с увеличением количества витков шнековой лопасти площадь части канала шнека, в которой подаваемый материал имеет поступательное перемещение, увеличивается.

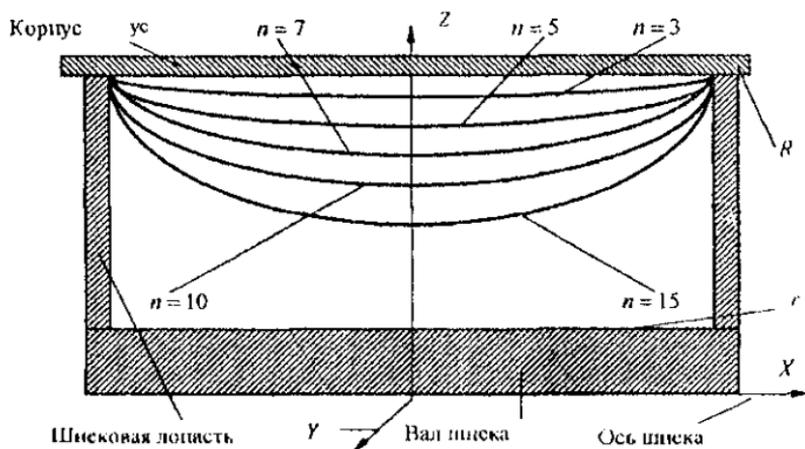


Рис. 3. Зависимость формы поверхности разрушения материала в канале шнека от количества витков шнековой лопасти

**Выводы.** Установление закономерностей движения материала в напорном шнековом модуле с учетом возможности его разрушения имеет важное практическое значение, так как позволяет при проектировании напорных шнеков более обоснованно выбирать геометрические параметры рабочих органов и использовать различные конструктивные и структурные решения, обеспечивающие максимальную эффективность функционирования шнекового узла с учетом свойств подаваемого материала и запирающего давления на выходе из шнека.

1. Силин, В.А. Исследование напорных шнеков торфяных машин / В.А. Силин // Труды Института торфа АН БССР. – Минск. – 1955. – № 4. – С. 24 – 42.
2. Штуков, Н.К. Влияние конструктивных и режимных параметров на осевую скорость транспортируемого материала в вертикальных шнеках / Н.К. Штуков, А.М. Григорьев, М.К. Бардаченко // Горный журнал. – 1968. – № 1. – С. 47 – 60.
3. Григорьев, А.М. О движении материальной точки в наклонном шнеке и обоснование критического радиуса / А.М. Григорьев, Д.А. Шалман // Сб. Вопросы теории винтовых транспортеров. – Киев: Книга, 1968. – С. 43 – 49.

УДК 622.647.2:539.375.6(476)

## ИССЛЕДОВАНИЕ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ И ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ ИЗНАШИВАНИЯ КОНВЕЙЕРНОЙ ЛЕНТЫ В УСЛОВИЯХ РУП «ПО «БЕЛАРУСЬКАЛИЙ»

Р.В. Ищенко

*ЗАО «Салигорский Институт проблем ресурсосбережения  
с Опытным производством», Салигорск*

**Введение.** В РУП «ПО «Беларуськалий» конвейеры эксплуатируются в условиях повышенной влажности, воздействия химически активных солей хлористого натрия и калия, наличия абразивных частиц в горной массе и окружающей среде. Эти факторы ускоряют процессы коррозии металла, изменения свойств материала транспортирующей ленты, приводят к их более интенсивному изнашиванию и разрушению.

Цель работы заключается в том, чтобы оценить влияние содержащихся в окружающей среде солей хлористого натрия и калия на процессы трения и изнашивания конвейерной ленты и на основе полученных результатов предложить методы повышения ее долговечности. Ранее исследования в этом направлении касались разработки материаловедческих, технологических и конструктивных методов повышения долговечности конвейерной ленты [1, 2]. Природа изнашивания металла и резины изучалась в основном при трении в воздушной среде [3, 4].

**Материалы и методы исследований.** Испытания проводились на машине трения СМТ-1 по схеме вал – вкладыш при трении скольжения и вал – вал при трении качения без смазочного материала. Образцы для испытаний изготавливались из стали марки 45 и композита, содержащего фенолоформальдегидный олигомер, аппретированное силаном базальтовое волокно, предварительно обработанный ксилитом торф и оксид магния. Второй элемент пары трения изготавливался из резины.