

УДК 622.647.2

Е.М. Арефьев (канд. техн. наук),
ГБУЗ «Донецкий национальный технический университет»

ВЛИЯНИЕ НАЛИПШЕЙ ГОРНОЙ МАССЫ НА ПРОЦЕСС ВИБРООЧИСТКИ КОНВЕЙЕРНОЙ ЛЕНТЫ

На основании математического моделирования произведена оценка и предложен способ учета влияния переменной толщины слоя налипшей горной массы на виброускорение конвейерной ленты.

Ключевые слова: ленточный конвейер, очистка конвейерной ленты, вибрационный очиститель, виброускорение, слой налипшей горной массы.

Проблема и ее связь с научными и практическими задачами. Неудовлетворительная очистка конвейерных лент является причиной износа дорогостоящих элементов конвейера и увеличения количества его аварийных остановок. Уборка просыпи, образовавшейся в результате неудовлетворительной очистки - трудоемкий и небезопасный ручной труд. Решить проблему образования просыпи в подконвейерном пространстве можно путем повышения эффективности очистки конвейерных лент.

Среди очистных устройств конвейерных лент наибольшее распространение получили контактные скребковые и ножевые очистители за счет их более простой конструктивной реализации. В то же время вибрационные очистные устройства обладают рядом неоспоримых преимуществ: выведение рабочего органа очистителя из загрязненной зоны, исключение взаимного износа рабочей обкладки конвейерной ленты и рабочего органа самого очистителя, обеспечение неизменной во времени степени очистки и т.д.

На параметры процесса виброочистки существенное влияние оказывает масса колеблющейся ленты [1], загрязненной слоем налипшей горной массы. Толщина этого слоя меняется по мере движения ленты от роlikоопоры к месту контакта ленты с рабочим органом виброочистителя, а значит, и меняется масса ленты. Таким образом, представляет научный интерес провести оценку влияния переменной массы налипшего слоя на виброускорение конвейерной ленты, определяющее качество ее очистки.

Анализ исследований и публикаций. В работе [2] Зиневи-чем В.Д. и Пертеном Ю.А. рассматриваются поперечные колебания

конвейерной ленты под действием внешней периодической возмущающей силы. В результате проведенных исследований авторы делают вывод о том, что при значительном превышении частоты вынужденных колебаний над собственной частотой ленты можно получить ударное очищающее воздействие, обеспечивающее наибольшую эффективность очистки.

В работе [3] также используется понятие «собственная частота ленты», а достижение необходимого качества виброочистки автор связывает с выполнением одного из двух условий: создание резонансного режима работы очистителя либо обеспечение условия непрерывности очистки ленты.

Таким образом, в работах [2, 3] делается вывод о существенном влиянии на процесс виброочистки собственной частоты ленты, которая определяется, в том числе, и массой колеблющейся ленты. Однако, исследование влияния массы налипшего на ленту слоя (имеющего переменную толщину по длине пролета) на колебательный процесс при виброочистке в рассмотренных работах не проводилось.

Постановка задачи. Целью работы является оценка влияния толщины слоя налипшей горной массы на параметры процесса виброочистки конвейерной ленты.

Изложение материала и результаты. После сбегания ленты с разгрузочного барабана на ней остается слой налипшей горной массы, толщина которого изменяется по мере приближения рассматриваемого участка ленты к месту взаимодействия с рабочим органом очистителя.

Начальный слой налипшей горной массы имеет толщину h_0 (рис. 1). На некотором расстоянии l_0 от точки схода ленты l с разгрузочного барабана 2 начинается ее очистка и толщина слоя 3 уменьшается пропорционально виброускорению ленты в соответствующем сечении. В месте контакта рабочего органа очистителя 4 с лентой толщина слоя налипшей горной массы минимальна $h_{н.ср.}$ и соответствует максимальному ускорению ленты a_{max} .

Приведенную массу налипшего на ленту слоя $m_{нр.доб}$ можно найти из условия равенства кинетических энергий:

$$\frac{m_{нр.доб} V_{нр.г.м}^2}{2} = \int_0^{l'} \frac{q_{н.с.}(x) V_{г.м}^2(x) dx}{2}, \quad (1)$$

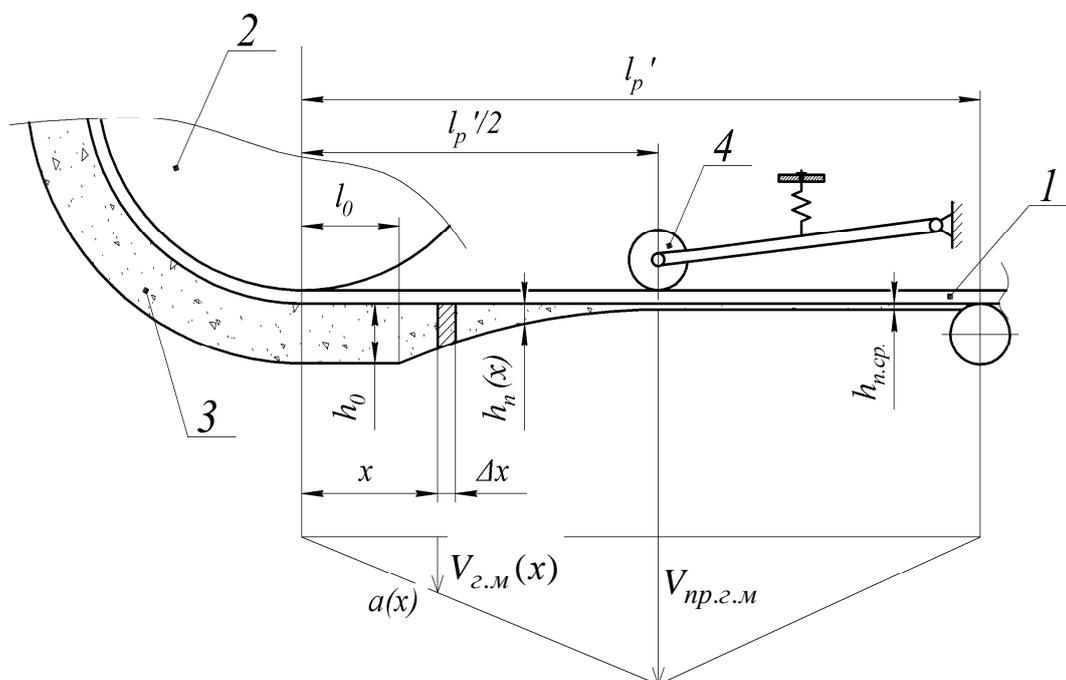


Рис.1 – К определению приведенной массы налипшего груза к ленте

где $V_{пр.г.м}$ - скорость перемещения в поперечном направлении приведенной массы налипшего слоя (соответствует скорости перемещения в поперечном направлении ленты в месте очистки);

$q_{н.с.}(x)$ - погонная масса сечения слоя налипшей горной массы на ленте, $q_{н.с.}(x) = h_n(x)B\gamma$, $h_n(x)$ - толщина налипшего слоя, находящегося на расстоянии x от точки схода ленты с разгрузочного барабана; B - ширина ленты; γ - плотность материала налипшей горной массы;

$V_{г.м}(x)$ - скорость перемещения в поперечном направлении участка налипшей горной массы длиной Δx , находящегося на расстоянии x от точки схода ленты с разгрузочного барабана:

$$V_{г.м}(x) = \begin{cases} V_{пр.г.м} \frac{2x}{l_p'}, & \text{если } x < \frac{l_p'}{2}; \\ V_{пр.г.м} \frac{2(l_p' - x)}{l_p'}, & \text{если } x \geq \frac{l_p'}{2}, \end{cases} \quad (2)$$

где l_p' - длина пролета ленты в зоне очистки.

Для схемы, представленной на рис. 1, уравнение (1) примет вид:

$$\frac{m_{np.дoб} V_{np.г.м}^2}{2} = \int_0^{l_0} \frac{q_0 V_{г.м}^2(x) dx}{2} +$$

$$+ \int_0^{l_p'/2} \frac{q_{н.с.}(x) V_{г.м}^2(x) dx}{2} + \int_{l_p'/2}^{l_p'} \frac{q_{ост} V_{г.м}^2(x) dx}{2}, \quad (3)$$

где $q_0 = h_0 B \gamma$ - начальная погонная масса налипшего слоя;

$q_{ост} = h_{н.ср.} B \gamma$ - остаточная погонная масса налипшей горной массы;

l_0 - расстояние от точки схода ленты с разгрузочного барабана до места начала очистки. Это расстояние может быть найдено с учетом того, что толщина сечения слоя налипшей горной массы на ленте определяется виброускорением этого сечения:

$$h_n(x) = \frac{\sigma}{\gamma(a(x) + g \cos \beta)}, \quad (4)$$

где β - угол наклона конвейера.

Поскольку виброускорение сечения обратно пропорционально расстоянию от места взаимодействия ленты с очистителем до этого сечения $a(x) = a_{max} \frac{2x}{l_p'}$, выражение, связывающее параметры h_0 и l_0

можно записать в виде:

$$h_0 = \frac{\sigma}{\gamma \left(a_{max} \frac{2l_0}{l_p'} + g \cos \beta \right)}, \quad (5)$$

откуда, можно выразить l_0 :

$$l_0 = \frac{l_p'}{2a_{max}} \left(\frac{\sigma}{\gamma h_0} - g \cos \beta \right). \quad (6)$$

Преобразовав выражение (3) и решив интеграл получим:

$$m_{np.дoб} = \frac{4\gamma B}{l_p'^2} \left[\frac{1}{3} \left(h_0 \left(l_0^3 + \frac{l_p'^3}{8} \right) + h_{адз} \left(\frac{l_p'^3}{8} - l_0^3 \right) \right) \right] +$$

$$\begin{aligned}
& + \frac{\sigma}{\gamma} \left(\frac{l_p' \left((l_p' / 2)^2 - l_0^2 \right)}{4a_{max}} - \frac{l_p'^2 g \cos \beta}{4a_{max}^2} \left((l_p' / 2) - l_0 \right) + \right. \\
& \left. + \frac{l_p'^3 g^2 \cos^2 \beta}{8a_{max}^3} \ln \left[\frac{a_{max} + g \cos \beta}{\frac{2a_{max}}{l_p'} + g \cos \beta} \right] \right). \quad (7)
\end{aligned}$$

Начальная толщина слоя налипшей горной массы h_0 - величина случайная, максимальное значение которой ограничено силой тяжести $h_{0max} = \frac{\sigma}{\gamma g \cos \beta}$. Для оценки влияния массы слоя налипшей горной массы на процесс ее очистки построим зависимость отношения приведенных масс загрязненной $m_{общ} = m_{пр.доб} + m_{пр}$ и чистой ленты $m_{пр}$ ($m_{общ}/m_{пр}$) от начальной толщины слоя горной массы для диапазона h_0 от 0 до h_{0max} (рис. 2) при следующих параметрах: $\gamma = 1050$ кг/м³; $\sigma = 602$ Па; $l_p' = 2$ м; $B = 1$ м; $a_{max} = 800$ м/с² (требуемое виброускорение для очистки ленты от угля марки А [4]); $h_{н.сп} = 1$ мм.

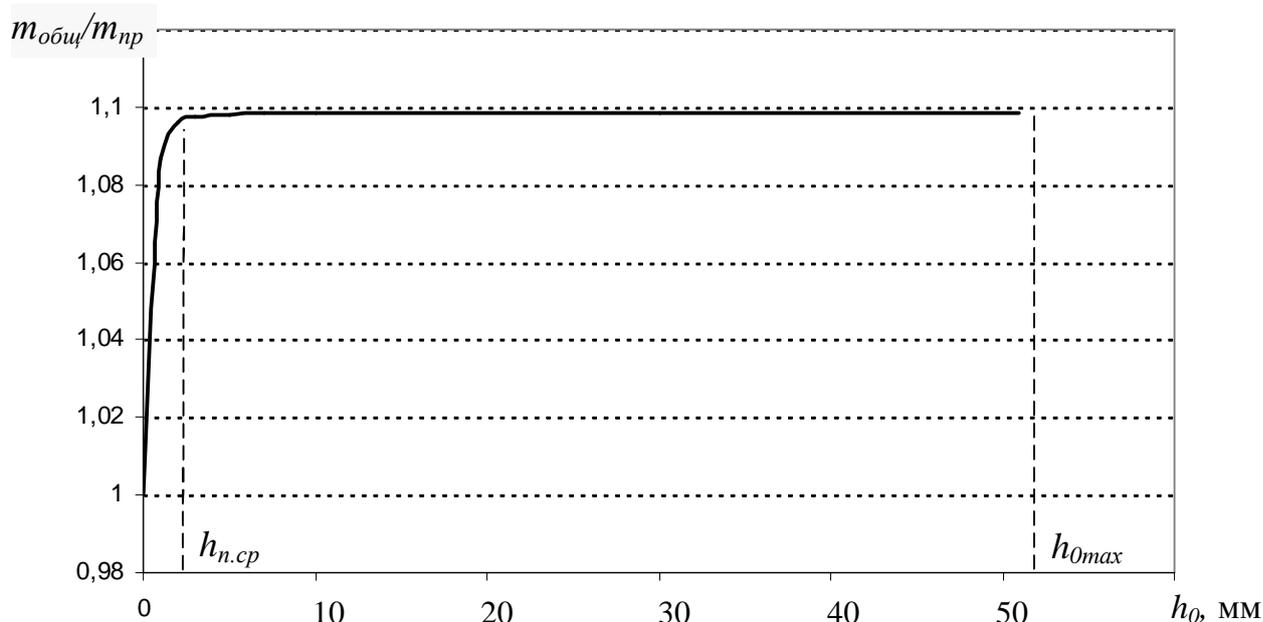


Рис. 2 - График отношения приведенной массы ленты с налипшей горной массой к приведенной массе ленты

Из рисунка 2 видно, что резкое увеличение отношения $m_{общ}/m_{пр}$ наблюдается в диапазоне $h_0 = (0 \dots h_{н.ср})$ и составляет около 9%. В диапазоне $h_0 = (h_{н.ср} \dots h_{0max})$ изменение параметра $m_{общ}/m_{пр}$ не превышает 1 %.

Для оценки влияния толщины начального слоя налипшей горной массы на виброускорения ленты выполнялось моделирование процесса виброочистки с использованием математической модели [1] при различных значениях толщины начального слоя налипшей горной массы (от 0 до 10 мм). При этом обеспечивалось совпадение частоты возмущения с собственными частотами виброочистителя и ленты (один из наиболее эффективных режимов очистки [5]). На рис. 3 представлена зависимость отношения виброускорений ленты без учета и с учетом массы налипшего слоя k_a в зависимости от толщины начального слоя для различных натяжений конвейерной ленты S (1 - $S=5$ кН, 2 - $S=60$ кН, 3 - $S=80$ кН, 4 - $S=100$ кН).

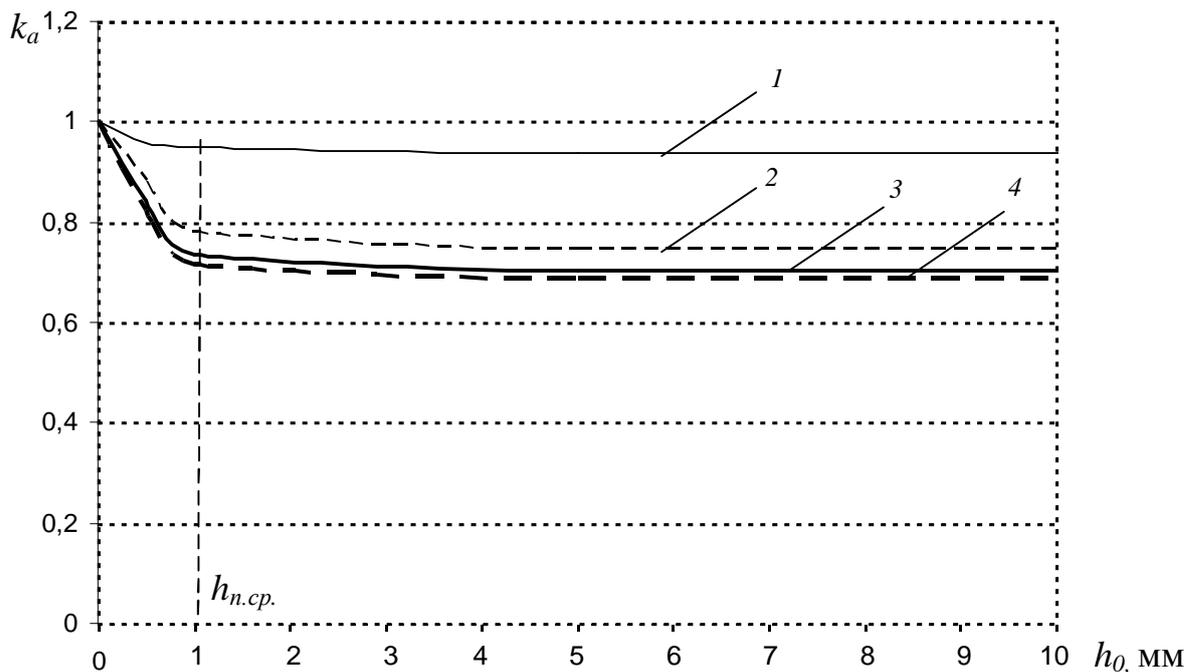


Рис. 3 – Графики отношения виброускорений ленты с учетом и без учета массы налипшего слоя от толщины начального слоя h_0

Из графиков (рис. 3) видно, что погрешность расчета виброускорений ленты, при отсутствии учета массы налипшего слоя в зоне очистки, составляет до 28 %. Эту массу целесообразно учитывать исходя из соображений о равенстве толщины слоя на всем пролете лен-

ты в месте очистки средней толщине $h_{н.ср.}$ неотделяемого в результате виброочистки слоя. При этом погрешность не превышает 5%.

Выводы и направление дальнейших исследований. Установлено, что при моделировании процесса виброочистки необходимо учитывать приведенную массу налипшего слоя горной массы исходя из условия равенства его толщины и толщины неотделяемого в результате виброочистки слоя, что позволит снизить погрешность моделирования виброускорений конвейерной ленты до 5%.

Список литературы

1. Кондрахин В.П. Математическая модель процесса вибрационной очистки конвейерной ленты / В.П. Кондрахин, Е.М. Арефьев, Н.В. Хиценко // Научные труды Донецкого нац. техн. ун-та: Серия горно-электромеханическая. – 2012. – Вып. 23(196). – С. 83-91.
2. Зиневич В.Д. Вибрационная очистка конвейерных лент / В.Д. Зиневич, Ю.А. Пертен // Горные машины и автоматика. - М.: ЦИТИУгля, 1961.
3. Тарасов Ю.Д. Очистка конвейерных лент и подконвейерного пространства / Ю.Д. Тарасов. – М.: Недра, 1993. – 192 с.
4. Сравнительный анализ качества очистки конвейерных лент ножевыми и вибрационными очистителями / [В.А. Будишевский, Е.М. Арефьев, Н.В. Хиценко, А.В. Мерзликін] // Вісті Донецького гірничого інституту. – 2008. – №2. – С. 202-209.
5. Кондрахин В.П. Установление закономерностей процесса вибрационной очистки конвейерной ленты / В.П. Кондрахин, Е.М. Арефьев // Перспективы развития глазами молодых ученых: Материалы VI научно-практической конференции Донбасс-2020. – Донецк: ДонНТУ, 2012. – С. 393-396.

Стаття надійшла до редакції 18.04.2013

Є.М. Ареф'єв. Донецький національний технічний університет

Вплив налиплої гірничої маси на процес віброочищення конвеєрної стрічки

На підставі математичного моделювання зроблена оцінка та запропонований спосіб урахування впливу змінної товщини шару налиплої гірничої маси на віброприскорення конвеєрної стрічки.

Ключові слова: стрічковий конвеєр, очищення конвеєрної стрічки, вібраційний очисник, віброприскорення, шар налиплої гірничої маси.

Ye. Arefyev. Donetsk National Technical University

The Influence of Adhering Rock Mass on the Process of Conveyor Belts Vibratory Cleaning

On the basis of mathematical modeling we estimated the influence of the variable thickness of the adhering rock mass layer on the conveyor belt vibration acceleration.

Keywords: conveyor belt, conveyor belt cleaning, vibratory cleaner, acceleration, adhering layer of rock.