

ВЫЯСНЕНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ КРАТКОВРЕМЕННОЙ ВИБРАЦИИ В ЗАБОЙНЫХ СКРЕБКОВЫХ КОНВЕЙЕРАХ, ПРИ ТЯЖЕЛЫХ ПУСКАХ

Степанов Е.И.¹, Петров А.Г.², Авершин А.А.³ Email: Stepanov1134@scientifictext.ru

¹Степанов Евгений Иванович - кандидат технических наук, доцент;

²Петров Александр Геннадиевич - кандидат технических наук, доцент;

³Авершин Андрей Александрович - кандидат психологических наук, доцент,
кафедра горной электромеханики и транспортных систем (ГЭМ и ТС),
Стахановский учебно-научный институт горных и образовательных технологий
Луганского национального университета им. Владимира Даля, г. Стаханов, ЛНР

Аннотация: для запуска конвейера в работу в специфических условиях, предлагается способ реализации пускового режима с использованием вибрационного эффекта. Горная масса на конвейере от источника вибрационных колебаний приводится в состояние «виброкпящего» слоя, при котором снижаются эффективные силы трения. Рассмотрены особенности движения частиц горной массы как сыпучего материала на вибрирующей поверхности в этом состоянии и представлены результаты начальных исследований, подтверждающие возможность применения вибрации при тяжелом пуске конвейера. Источником вибрации, является электромагнитный вибратор, как наиболее простое и компактное в конструктивном исполнении устройство, обеспечивающее конструктивно-технологическую возможность сочетания с типовым устройством конвейера.

Ключевые слова: пусковой режим, вибрация, горная масса, силы трения, вибрирующая поверхность, тяжелый пуск, электромагнитный вибратор, начальные исследования.

TO ELUCIDATE THE POSSIBILITY OF USING SHORT-TERM VIBRATION IN DOWNHOLE SCRAPER CONVEYORS, WITH HEAVY TRIGGERS

Stepanov E.I.¹, Petrov A.G.², Avershin A.A.³

¹Stepanov Evgeny Ivanovich - candidate of technical Sciences, associate Professor;

²Petrov Alexander Gennadievich - candidate of technical Sciences, associate Professor;

³Avershin Andrey Aleksandrovich - candidate of psychological Sciences, associate Professor;

DEPARTMENT OF MINING ELECTROMECHANICS AND TRANSPORT SYSTEMS (AIRCRAFT AND VEHICLE),
STAKHANOV EDUCATIONAL AND SCIENTIFIC INSTITUTE OF MINING AND EDUCATIONAL TECHNOLOGY
AFFILIATED WITH DALIA LUGANSK STATE UNIVERSITY, STAKHANOV, LPR

Abstract: to start the conveyor to the work in specific conditions, the proposed method of implementation of the starting behavior, using vibratory effect. The rock mass on the conveyor from a source of vibration oscillations is in a state of “librarypage” layer, which reduced the effective friction force. The features of motion of particles of rock as a granular material on a vibrating surface in this condition and presents results of the initial studies, confirming the possibility of applying the vibration during heavy start-up pipeline. The vibration source is an electromagnetic vibrator as the most simple and compact design device that provides the technological ability to combine with the standard device of the conveyor.

Keywords: launch mode, vibrate, rock, friction, vibrating surface, hard start, electromagnetic vibrator, the initial studies.

УДК 622.625. 647. 1.001.5

Введение, анализ и постановка проблемы. Пусковой режим привода, даже незагруженного скребкового конвейера сам по себе уже предполагает некоторый алгоритм пуска. Тем более забойного конвейера, который одновременно является и базой для механизированного очистного комплекса. При выполнении заданных особенностей эксплуатации в конкретном очистном забое, этот алгоритм обеспечивает возможность преодоления повышенных нагрузок при тяжелых пусках нагруженного конвейера. Увеличение нагрузки на очистной забой приводит к повышению энерговооруженности забойных скребковых конвейеров, которая реализуется (учитывается) в первую очередь, на преодоление, “тяжелого” пуска, а затем как пропускной способности транспортного средства. Прямой пуск такого привода конвейера в шахтных сетях ограниченной мощности практически невозможен. Необходимы современные станции управления конвейером, которые, как предполагается, позволят оперативно реализовать любой алгоритм пуска [1]. Вся техническая система транспортного средства нацелена на возможность реализации в динамике, именно этого “режима” и особенно в специфических условиях эксплуатации.

Экстренная остановка загруженного конвейера, простаивание загруженного конвейера во время

ремонтных работ и прохождение горно-геологических нарушений, искривление става, налипание горной массы на элементы конструкции, наличие мелкодисперсной горной породы обладающей вязкими свойствами в горной массе, влажность, застыковка во время работы горной массой и уплотнение ее в процессе простоя и т. д. Никакой алгоритм пуска не реализует пусковой режим в случае запуска конвейера в работу. Конвейер неработоспособен. Необходима очистка ручным способом от горной массы и многократное включение привода, “вперед”- “назад”, и т. д. Приведение горной массы в состояние “кипящего”, “виброкипящего” слоя [2, 3], используя вибрационный эффект, при котором снижаются силы трения между частицами горной массы и между конструктивными элементами конвейера и горной массой, позволяет включить конвейер в работу в дистанционном режиме, даже при таком тяжелом пуске.

Вибрационный принцип используется для транспортирования сыпучих материалов, уплотнения, разрыхления материалов, чистки вагонов, обогащения полезных ископаемых, бурения скважин и т. д. [4]. Сыпучий материал (горная масса), рассматривается как множество частиц материала, но в отличие от одиночных частиц они сталкиваются, что вызывает новые особенности движения, свойственные уже всей совокупности частиц — сыпучему материалу. Эти особенности можно понять только после изучения движения отдельно взятой частицы материала. Например, рассмотрим частицу материала, как некоторую материальную точку на вибрирующей поверхности. Пусть поверхность совершает прямолинейные гармонические колебания, описываемые уравнениями; $X = A \cos \alpha \cdot \cos \omega t$; $Y = A \sin \alpha \cdot \cos \omega t$. На этой поверхности находится материальная частица - рисунок 1. Тогда дифференциальные уравнения относительного движения (т. е. в системе координат, связанной с подвижной поверхностью) материальной частицы имеют вид;

$$X^I = -g \sin \beta - A \omega^2 \cos \alpha \cdot \cos \omega t + T/m; \quad (1)$$

$$Y^I = -g \cos \beta - A \omega^2 \sin \alpha \cdot \cos \omega t + N/m; \quad (2)$$

где A — амплитуда; ω — круговая частота; α — угол, характеризующий направление вибрации; β — угол наклона поверхности к горизонту; g — ускорение свободного падения (ускорение силы тяжести); T — сила трения; N — нормальная реакция поверхности; t — время; m — масса частицы.

При рассмотрении движения частицы в направлении оси OY нормальная реакция не может быть отрицательной — она или положительна, или равна нулю, т. е. $N \geq 0$. Если частица находится на плоскости, то $y = 0$, $y^I = 0$ и $y^{II} = 0$. Подставив эти выражения во второе уравнение (2) системы уравнений получается условие нахождения частицы на поверхности;

$$g \cos \beta + A \omega^2 \sin \alpha \cdot \cos \omega t \geq 0. \quad (3)$$

Очевидно, что при $g \cos \beta + A \omega^2 \sin \alpha \cdot \cos \omega t < 0$, материальная частица не может находиться на поверхности и обязательно оторвется от неё. Очередной i -й отрыв частицы может начаться в любой момент, определяемый неравенством;

$$\cos \omega t_{oi} \leq -g \cos \beta / A \omega^2 \sin \alpha; \quad (4)$$

где $\omega t_{oi} = \delta_{oi}$ — фазовый угол отрыва; $A \omega^2 \sin \alpha / g \cos \beta = B$ — величина вибрации. Знак равенства в формуле (4) относится к случаям, когда частица, некоторое время, двигаясь (или покоясь) на вибрирующей поверхности, начинает первый отрыв. В противоположность этому, знак $<$ характеризует случаи, когда при падении частицы на поверхность не соблюдается условие (3) и поэтому она сразу же опять совершает следующий i -й отрыв от поверхности.

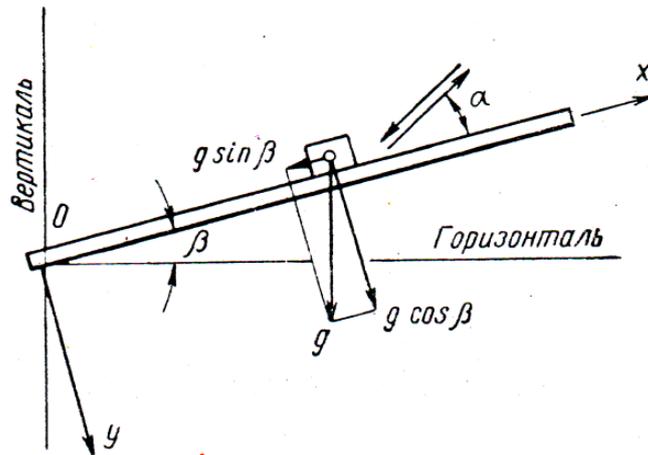


Рис. 1. Материальная частица на вибрирующей поверхности

Из сказанного очевидно, что отрыв частицы от поверхности возможен, если $B > 1$. Нетрудно также убедиться в том, что условие (4) охватывает промежутки времени, определяемые неравенством;

$$2\pi N + \delta_{0i} < \delta_{0i} < 2\pi(N + 1) - \delta_{0i}; \quad (5)$$

где $N = 0, 1, 2, \dots$ любое целое положительное число.

В продолжения анализа, нужно ввести некоторые обозначения и понятия: B – величина вибрации – вибрирующая поверхность получает энергию вибрационных колебаний от некоторого источника; $\delta_{ni} = \omega t_{ni}$ – фазовый угол падения; $\varphi_i = \delta_{ni} = \delta_{0i}$ – фазовый угол полета частицы при i -ом отрыве (продолжительность отрыва).

Проинтегрировав второе уравнение (2) системы уравнений для периода полета частицы ($N = 0$, начальные условия $y = 0$ и $y' = 0$ при $t = t_{0i}$) и введя принятые обозначения и понятия, получим уравнение:

$$Y = A \sin \alpha [-\varphi_i^2 / 2B + \varphi_i \sin \delta_{0i} + \cos(\delta_{0i} + \varphi_i) - \cos \delta_{0i}] = 0 \quad (6)$$

Выражение в скобках $[-\varphi_i^2 / 2B + \varphi_i \sin \delta_{0i} + \cos(\delta_{0i} + \varphi_i) - \cos \delta_{0i}] = 0$, связывает момент падения и продолжительность полета частицы (φ_i) с величиной вибрации B . Незвестной величиной в этом выражении является продолжительность полета частицы φ_i и B , и не введено условие непроницаемости поверхности частицей, то функция $\varphi_i(\delta_{0i}, B)$, будет неоднозначна (одному значению B соответствует до трех и более значений φ_i), при этом следует отыскивать наименьшее значение φ_i . Это выражение удобно представить в таком виде;

$$B = \varphi_i^2 / 2 / [\varphi_i \sin \delta_{0i} + \cos(\delta_{0i} + \varphi_i) - \cos \delta_{0i}] \quad (7)$$

Задаваясь в соответствии с (4) значениями δ_{0i} , можно с помощью этого выражения построить графики $\varphi_i(\delta_{0i}, B)$, которые показаны на рисунке 2, как продолжительность полета φ_i в зависимости от момента отрыва δ_{0i} и величины вибрации B и на рисунке 3, как траектория движения материальной частицы на вибрирующей поверхности в зависимости от показателя B .

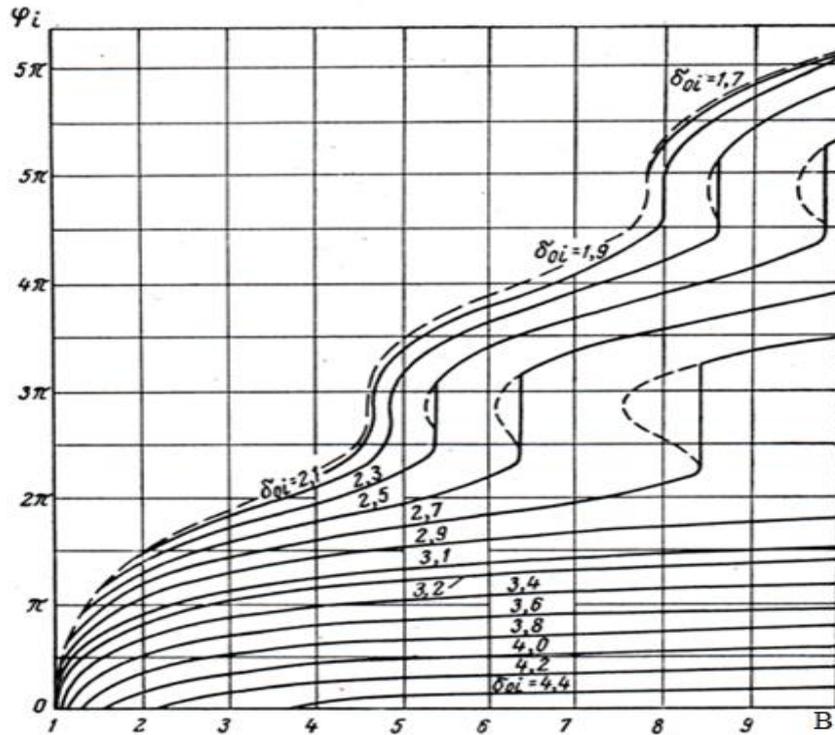


Рис. 2. Продолжительность полета φ_i в зависимости от момента отрыва δ_{oi} и величины вибрации V (время измеряется соответствующими фазовыми углами)

В случае первого прыжка частицы, используя условие $\cos \delta_{oi} = -1/V$, выражение (7) можно преобразовать;

$$V = \{ \sqrt{[(\varphi_1 - \sin \varphi_1)^2 + (2 \sin^2 (\varphi_1 / 2) - \varphi_1^2 / 2)^2]} / (\varphi_1 - \sin \varphi_1) \} \quad (8)$$

Так как первый отрыв начинается с большей начальной скоростью, чем другие возможные, то его продолжительность наибольшая. Если вследствие каких-либо причин отрыв происходит не в начале интервала, заданного условием неравенства (5), то прыжок (отрыв) и продолжительность его получаются меньшими. Это уменьшение продолжительности значительно больше, чем запаздывание отрыва по сравнению с первым прыжком. В этом легко убедиться из рисунка 2, где пунктиром показана зависимость продолжительности первого отрыва от V . Полагая, продолжительность удара бесконечно малой, по формулам; $\cos \delta_{oi} = -1/V$, (5) и (7) можно построить траекторию движения отдельной частицы. Как видно из формул, характер движения частицы – продолжительность, чередование промежутков времени, когда частица “летит” или находится на поверхности, полностью определяется показателем величины вибрации V . При этом результаты подсчетов удобно представлять в зависимости от V , как показано на рисунке 3. Например, гармонической вибрацией понимается отношение максимального значения вибрационного ускорения $A\omega^2$ к ускорению силы тяжести (ускорение свободного падения) g , т. е. $V = A\omega^2/g$. Если рассматривать величину вибрации $V = A\omega^2 \sin \alpha / g \cos \beta$, то числитель здесь — проекция максимального вибрационного ускорения на нормаль к вибрирующей плоской поверхности, знаменатель — проекция ускорения силы тяжести на ту же ось.

Заштрихованные области на графике рисунка 3 соответствуют положению частиц на поверхности, не заштрихованные – полету. Косинусоида, помещенная под графиком показывает мгновенные положения поверхности.

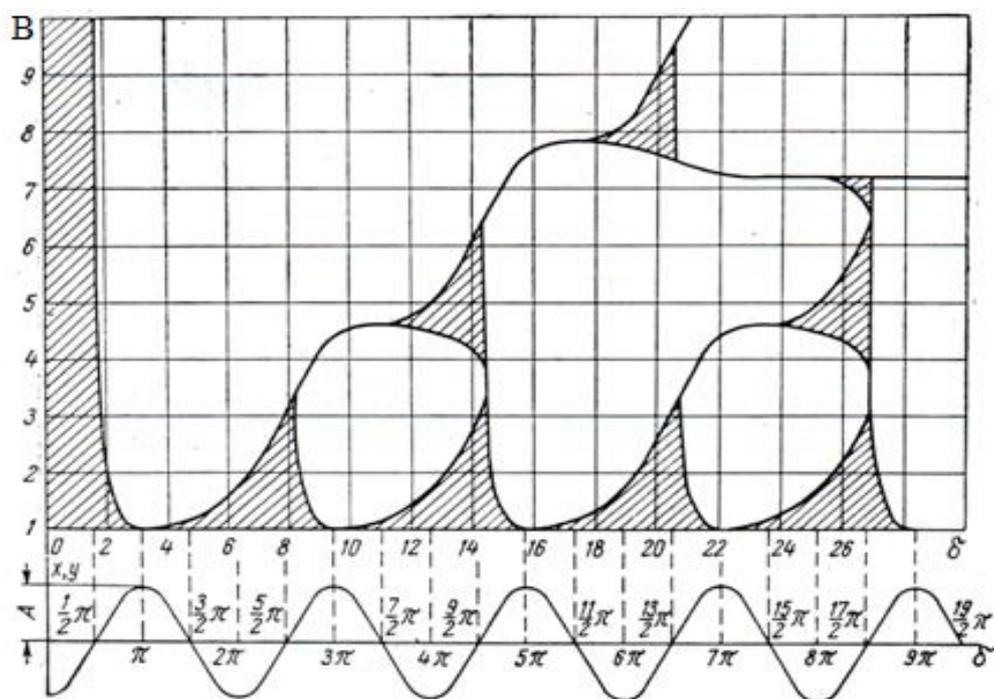


Рис. 3. Траектория движения материальной частицы на вибрирующей поверхности в зависимости от показателя B (приведенной к оси OY величины вибрации)

Нетрудно проследить, что с ростом величины вибрации имеет место следующее чередование картин движения. Это общее изменение движения частицы на вибрирующей поверхности систематизировано и показано в таблице 1. В таблице введено такое понятие времени как период переключения – т. е. промежуток времени между двумя последовательными моментами перехода одного и того же характера, например, между последовательными моментами перехода от скольжения к полету. Период переключения равен или кратен периоду вибрации. Поэтому и продолжительность измеряется не в секундах, а в радианах соответствующего фазового угла. Как видно из формул и графиков, в тех случаях, когда с помощью вибрации стремятся уменьшить трение, вряд ли целесообразно использовать вибрацию, большую $B = 4$.

Таблица 1. Приведен общий характер поведения частицы на вибрирующей поверхности

Показатель вибрации (B)	Период переключений (рад.)	Описание характера движения частицы материала за период переключений
0 – 1	-	Безотрывное движение.
1 – 3,297	2π	Прыжок продолжительности $\varphi < 2\pi$, затем движение на поверхности.
3,297 – 3,724	-	Непрерывное подбрасывание, продолжительность прыжка $\varphi \approx 2\pi$.
3,724 – 3,8	-	Почти непрерывное подбрасывание с большим периодом переключения.
3,8 – 4,6	4π	Два прыжка, затем движение на поверхности. Продолжительность 1-го прыжка $8,5-3\pi$, 2-го $0 < \varphi_2 < 2\pi$.
4,6 – 6,362	4π	Прыжок продолжительностью $3\pi \leq \varphi < 4\pi$, затем движение по поверхности.
6,362 – 6,594	-	Непрерывное подбрасывание, продолжительность прыжка $\varphi \approx 4\pi$.
6,8 – 7,2	8π	Два прыжка. Движение на поверхности. Продолжительность 1-го – чуть больше 4π , 2-го – $3\pi < \varphi_2 < 4\pi$.
7,2 – 7,52	8π	Три прыжка один за другим, затем движение на поверхности. Продолжительность – $\varphi_1 > 4\pi$, $\varphi_2 > 2\pi$, $\varphi_3 < 2\pi$.
7,2 – 7,52	10π	То же, но продолжительность прыжков $\varphi_1 > 4\pi$, $\varphi_2 > 2\pi$, $\varphi_3 < 2\pi$.
7,2 – 7,52	14π	Четыре прыжка, затем движение на поверхности.

Пусть на поверхности, совершающую гармоническую вибрацию, в течение нескольких периодов находится множество частиц сыпучего материала, горная масса. Каждая частица начнет свое движение с иными начальными условиями и с увеличением (V) растет число факторов, вследствие которых движение всех частиц материала не будет одинаковым. Действительно, при $V = 1,0—3,297$ продолжительность любого возможного прыжка всегда меньше 2π и после прыжка, частицы будут находиться на поверхности до начала интервала (5), когда все частицы одновременно начнут следующий прыжок. При таком движении после загрузки достаточно одного периода вибрации, чтобы движение всех частиц в направлении ОУ стало одинаковым. При этом невозможно столкновение частиц в полете, которое изменило бы продолжительность полета частицы в направлении ОУ. При значениях V , больших 3,297, но меньших 3,724, среди частиц, попавших на вибрирующую поверхность в интервале (5), можно выделить две группы: частицы первой группы упадут на поверхность раньше, а частицы второй группы — позже того момента, когда при установившемся движении, отдельной частицей имеет место соударение с вибрирующей поверхностью. Продолжительность полета частиц второй группы менее 2π , а первой — более 2π . При этом при полете оказываются возможными столкновения частиц, которые задержат или ускорят поступление последующего падения частицы на поверхность. В результате столкнувшиеся частицы или скорее приблизятся к установившемуся режиму, или же, снова попав на поверхность после одного из интервалов, до следующего интервала будут на ней и затем, когда остальные частицы еще не упадут на нее, совершат очередной прыжок с наибольшей возможной скоростью. Как мы видим, при $V = 3,297—3,724$ в результате столкновений может поддерживаться возмущенное движение материала, т. е. такое, при котором частицы материала движутся неодинаково. При дальнейшем увеличении вибрации будет все больше факторов, поддерживающих возмущенное движение материала. При $V > 3,87$ возможность столкновений частиц резко возрастает. Действительно, так как невозмущенное движение состоит из двух последующих друг за другом прыжков, первый из которых значительно больше, а второй меньше периода колебаний, то частицы, совершающие свой первый прыжок в начале n -го интервала (5) могут столкнуться с частицами, совершившими такой прыжок в начале $(n - 1)$ -го интервала.

При $V > 4,6$ неодинаковое движение частиц определяется также неоднозначностью зависимости продолжительности полета φ_i от V при некоторых возможных ее полетах. При этом оказывается достаточно любых, как угодно малых, неровностей вибрирующей поверхности или любых, как угодно малых, изменений амплитуды или частоты вибрации, чтобы частица до следующего интервала совершила не один, а два прыжка и наоборот.

Таким образом, с увеличением вибрации, с одной стороны, быстро возрастает вероятность столкновений частиц материала, так как увеличивается интервал (5), в котором возможен отрыв частиц от вибрирующей поверхности, число возможных траекторий и разница абсолютных скоростей движения частиц; с другой стороны, и без столкновений движение частиц неодинаково (например, i частиц совершают свой первый прыжок в цикле периода переключений, а k — совершают n -ый прыжок или находятся на поверхности). Именно указанными выше особенностями движения частиц материала объясняется то, что продолжительности полетов и высоты подбрасывания частиц материала для двух последовательных периодов вибрации одинаковы а для других не одинаковы и т. д. Понятно, что с увеличением толщины слоя транспортируемого материала картина движения частиц становится сложнее. Частицы из нижних слоев ведут себя не совсем так, как частицы из верхних слоев. Начиная с некоторой толщины слоя материала при вибрации наблюдается такая картина: - верхние слои материала оказываются как бы подвешенными в воздухе; - частицы из нижних слоев, подбрасываемые вибрирующей поверхностью поддерживают их в таком состоянии. Из сказанного выше ясно, что при $V > 3,3—3,7$ объяснение такого механизма не требует учета сопротивления воздуха. Как мы видели, движение отдельных частиц материала при $V > 3,3$ зависит от случайных начальных условий, а характер установившегося движения материала — от вероятностей тех или иных движений и столкновений частиц, зависящих от свойств материала и величины вибрации (V). Т. е. сопротивление с поверхностью почти отсутствует и в случае необходимости перемещения частиц материала (горной массы), например, скребком тягового органа конвейера по вибрирующей плоскости поверхности решета, усилие приложенное для перемещения будет явно уменьшено. Применительно к сказанному, можно представить эксперимент с горной массой, который подтверждает, что вибрация позволяет снизить сопротивление перемещению материала по стальной поверхности. Вопрос о влиянии вибрации на сопротивление перемещению сыпучих материалов в момент начала движения частиц по горизонтальной плоскости, например, стальной поверхности решета забойного скребкового конвейера почти не изучен. Известно лишь, что вибрация позволяет снизить это сопротивление.

Целью данной работы является проведение исследований по выяснению возможности кратковременного применения вибрационного эффекта в забойном скребковом конвейере, до и в момент реализации пускового режима в специфических условиях эксплуатации.

Изложение материала. В экспериментальных работах влияние вибрации на трение сыпучего материала о стальную поверхность определялось следующим образом. На плиту вибрационного стола 1, согласно схеме лабораторного стенда, представленной на рисунке 4, устанавливался на четырех стальных шариках деревянный короб 2, размером 400x300x300 мм без дна. Короб загружался горной массой, после чего к плите прикладывались вибрационные колебания от дебалансного вибратора. На трос подвешивался груз 3, который увеличивался до тех пор, пока короб с сыпучим материалом не начинал двигаться. Начало перемещения короба по столу фиксировалось индикатором 4. Условный коэффициент трения f' определялся по формуле; $f' = N_2 / G_2$, согласно [4], где N_2 – сила, равная весу груза, минус силы сопротивления при перемещении незагруженного короба; G_2 – вес горной массы в коробе. При этом для данного сыпучего материала, при относительно небольшой вибрации получался условный коэффициент трения в 40 - 50 раз меньше, чем коэффициент трения без вибрации. Полученные описанным методом данные о снижении сопротивления вибрированием, имеют смысл лишь при весьма небольших скоростях подачи, что соответствует поставленной задаче.

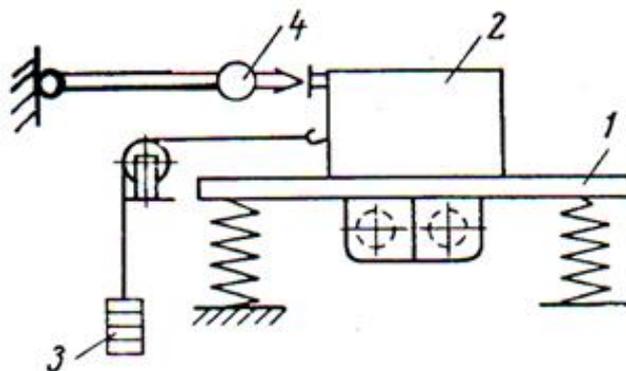


Рис. 4. Схема лабораторного стенда по определению влияния вибрации на трение сыпучего материала о стальную поверхность с дебалансным вибратором

Анализируя результаты эксперимента и применяя классические методы проекции действующих сил на оси, можно определить силу трения T , как произведение коэффициента трения f на нормальное давление; $T = f(mg - mA\omega^2 \cos \omega t) = fmg (1 - B \cos \omega t)$.

Как видно, сила трения меняется по гармоническому закону, имея максимумы $T_{\max} = fmg (1 + B)$ и минимумы $T_{\min} = fmg (1 - B)$. Когда усилие N_2 , создаваемое грузом 3, становилось больше T_{\min} , короб с горной массой начинал перемещаться. Этот момент и фиксировался при эксперименте. Таким образом, не вдаваясь в дальнейшие подробности эксперимента и выясняя влияние вибрации на сопротивление перемещению сыпучего материала по горизонтальной стальной поверхности, обязательно надо учитывать скорость перемещения материала. Т. е. условный коэффициент трения зависит от скорости перемещения материала, он тем меньше, чем меньше скорость, что коррелирует с поставленной задачей.

В другом подобном эксперименте, но более приближенном к реальным условиям, также подтверждается вышесказанное. Лабораторный стенд, на котором проводились эксперименты, схема которого показана на рисунке 5, состоит из металлического толстостенного желоба 1, весом около 250 кг, длиной 2300 мм и шириной 610 мм, к днищу которого, жестко закреплен электромагнитный вибратор 2.

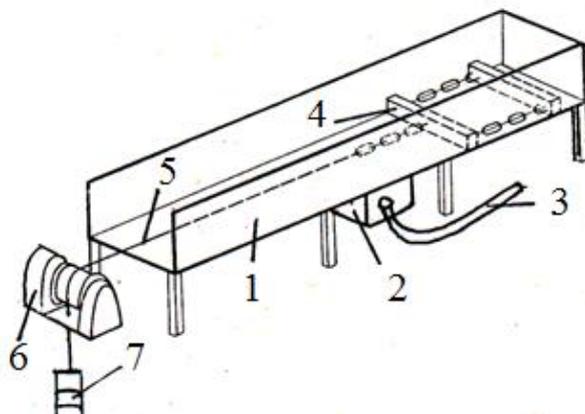


Рис. 5. Схема лабораторного стенда по определению влияния вибрации на трение частиц горной массы о стальную поверхность с электромагнитным вибратором

Вибратор подсоединен к сети переменного тока, напряжением 220 В, посредством кабеля 3. Мощность вибратора 9 кВт, амплитуда вибросмещения от толкающей силы 6 мм, частотой 25 Гц. В желобе размещены металлические брусья 4, соединенные между собой цепями, аналогично скребкам конвейера. К ним через трос 5 и направляющий вал 6 подсоединено устройство 7 набора грузов.

Полученные результаты, несомненно, указывают на основные закономерности и возможный эффект использования вибрации для уменьшения коэффициента трения.

По результатам исследований приведенных в работе, предложен способ реализации пускового режима забойного скребкового конвейера, при тяжелом пуске. Способ заключается в следующем, перед пуском, горную массу на конвейере приводят в состояние “виброкипящего” слоя, прикладывая кратковременные вибрационные колебания с частотой, в диапазоне 25 – 50 Гц и амплитудой вибросмещения от толкающей силы, в диапазоне 6 – 10 мм, от источника вибрационных колебаний, например, электромагнитного вибратора мощностью не менее 9 кВт, к боковинам линейных секций рештачного става и после пуска конвейера в работу эти источники отключают. Для осуществления этого способа необходимо, снабдить каждый рештак става конвейера электромагнитным вибратором, как один из вариантов, жестко закрепив его к боковине, например, со стороны секций механизированной крепи и т. д.

Эти исследования являются начальным этапом проведения НИР по выяснению возможностей использования вибрации при реализации пускового режима для тяжелого пуска (запуска) забойного скребкового конвейера в работу, на стадии формулирования исходных технических требований к техническому заданию. На следующем этапе, предполагается проведение экспериментальных исследований на действующей модели конвейера, типа СП63Т (длина транспортирования 24 м, длина загруженного горной массой участка 14 м), приближенных к производственным условиям, для выработки оптимальных параметров вибрационного эффекта при конструктивной проработке: возможности установки источника вибрационных колебаний, например, электромагнитного вибратора, к боковинам рештака; возможности конструктивного исполнения “части” пассивного зачистного лемеха, в виде электромагнитного вибратора и т. д.

Выводы и направление дальнейших исследований. Предлагается способ запуска забойного скребкового конвейера в работу, загруженного горной массой, реализующего любые пусковые режимы, путем кратковременного приведения горной массы на конвейере, в состояние “виброкипящего” слоя, с снижением эффективных сил трения между частицами массы и между горной массой и конструктивными элементами, от прикладываемых к линейным секциям рештачного става, вибрационных колебаний. Источником вибрации, как одним из вариантов, является электромагнитный вибратор, наиболее простое и компактное в конструктивном исполнении устройство, жестко устанавливаемое к боковинам рештака. Результаты исследований приведенные в статье – начальный этап применения кратковременной вибрации для запуска конвейера в работу при специфических условиях. Следующий этап – оптимизация параметров процесса, для конструкторской проработки конструктивно-компановочной схемы установки вибраторов на рештачном ставе, обеспечивающей конструктивно-технологическую возможность сочетания с типовым устройством конвейера.

Следует добавить также, что вибрацию можно применить и в процессе перемещения конвейера к забою и для очистки от налипшей массы.

Список литературы / References

1. Кондрахин В.П. Пусковые режимы трехприводных двухскоростных забойных конвейеров / В.П. Кондрахин, Н.И. Стадник // Уголь Украины, 2011. № 5. С. 45-48.
2. Потураев В.Н. Использование вибрационных эффектов - важнейшее направление интенсификации процессов горного производства // «Динамика и прочность горных и транспортных машин», сб. науч. трудов института геотехнической механики АН УССР. К.: Наук. Думка, 1981. С. 7-15.
3. Членов В.Н., Михайлов Н.В. Виброкипящий слой. М.: Наука, 1972. 343 с.
4. Машины и оборудование для угольной промышленности // Сб. науч. трудов «Донгипроуглемаш», Вып. 2. М.: Недра, 1965. 381 с.