

УДК 622.61

*к.т.н. Арефьев Е. М.,
асп. Игнаткина Е. Л.,
(ДонНТУ, Донецк, ДНР)
преп. Кныш А. А.*

(Донецкий политехнический колледж, Донецк, ДНР)

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ РЕЖИМОВ РАБОТЫ ВИБРООЧИСТИТЕЛЯ КОНВЕЙЕРНОЙ ЛЕНТЫ С СИМИСТОРНОЙ СИСТЕМОЙ УПРАВЛЕНИЯ

Установлены закономерности рабочего процесса виброочистителя с симисторной системой управления. Выбран диапазон рабочих частот вибровозбудителя на основании исследования его работы в резонансных и околорезонансных режимах. Определена необходимость использования системы управления с частотно-фазовой синхронизацией для стабильной работы очистителя, позволяющей обеспечить постоянную длительность импульсов при заданной рабочей частоте.

Ключевые слова: ленточный конвейер, симисторная система управления, вибровозбудитель, импульс, частота, конвейерная лента, виброочистка, вибрационный очиститель.

При транспортировании горной массы ленточными конвейерами налипший к ленте материал может привести к заштыбовке подконвейерного пространства и в конечном итоге — к простоям оборудования. Кроме этого, на очистку подконвейерного пространства приходится значительная доля небезопасного ручного труда.

Предотвратить образование просыпи в подконвейерном пространстве можно за счёт качественной очистки конвейерной ленты. Среди очистных устройств конвейерных лент наибольшее распространение получили контактные скребковые и ножевые очистители за счёт их более простой конструктивной реализации и обслуживания. В то же время вибрационные очистные устройства обладают рядом неоспоримых преимуществ: выведение рабочего органа очистителя из загрязнённой зоны, исключение взаимного износа рабочей обкладки конвейерной ленты и рабочего органа самого очистителя, обеспечение неизменной во времени степени очистки и т. д. В связи с этим представляет интерес дальнейшее исследование средств вибрационной очистки конвейерной ленты.

В работах [1–2] авторами приводятся конструкции виброочистных устройств различных типов без учёта особенностей

работы их привода. В работе [3] проведено исследование рабочего процесса виброочистителя с симисторной системой управления, в результате которого сделан вывод о том, что для обеспечения стабильной работы вибровозбудителя необходимо использовать систему управления с импульсно-фазовой синхронизацией с питающей сетью. В доступных источниках отсутствуют экспериментальные данные о рабочем процессе таких очистителей.

Целью статьи является установление закономерностей рабочего процесса виброочистителя с симисторной системой управления.

Для экспериментальных исследований эффективности режимов работы виброочистителя конвейерной ленты был спроектирован и изготовлен стенд, общая конструктивная схема которого показана на рисунке 1.

Стенд состоит из виброочистителя, установленного на действующей модели конвейера (масштабный фактор 1:2,65). Виброочиститель включает в себя шарнирно закреплённую на стойке 1 и подвешенную на пружинах 2 раму 3, на которой установлены роликовый рабочий орган 4 и якорь электромагнита 5. Якорь притягивается к ярму электромагнита 7, частота работы которого регулируется при помощи

системы управления, включающей силовой коммутирующий элемент СКЭ, управляемый при помощи микропроцессорной системы управления МСУ, и выпрямительный мост. Рабочий орган очистителя взаимодействует с лентой 6, сообщая ей колебательные движения. При этом МСУ реализует требуемую рабочую частоту f и скважность T импульсов включения магнита. Получаемое на выходе СКЭ напря-

жение U_2 вследствие особенностей коммутации симистора (отключение только при переходе напряжения через ноль) имеет переменную длительность импульсов T_i и пауз (погрешность до 10 мс), что может приводить к нестабильной работе виброочистителя. Для стабилизации режима работы в состав МСУ вводился блок синхронизации начал импульсов с моментами перехода напряжения через ноль.

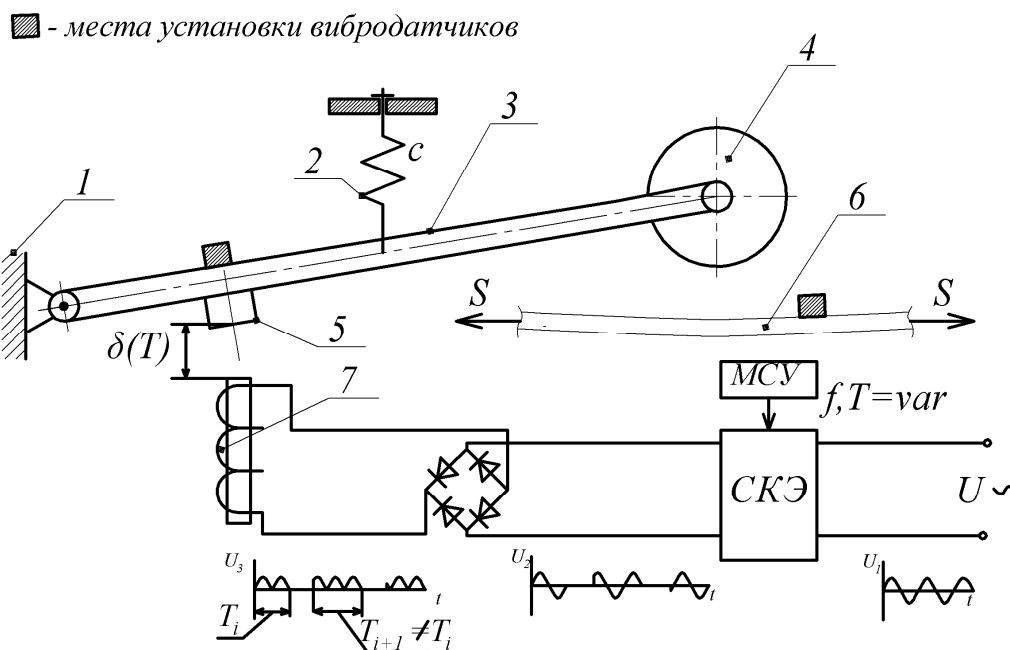


Рисунок 1 Схема стенда

Экспериментальные исследования проводились при вариации четырех основных факторов: натяжение конвейерной ленты S ; рабочая частота вибровозбудителя f ; жесткость пружин подвески виброочистителя c ; тип схемы управления вибровозбудителем.

Необходимые параметры физической модели конвейера определялись из условия её подобия конвейеру 2Л100У с резинотканевой конвейерной лентой ШР-1000-4-ТК-200-5-2 РБ ГОСТ 20-85, диапазон натяжения ленты в месте очистки для всей области применения конвейера — от 20 до 100 кН. Диапазон натяжений ленты, реализуемых на физической модели, составлял от 0,75 до 3,0 кН.

Конвейерная лента натягивалась винтовым натяжным устройством, тарировка ко-

торого осуществлялась путём пересчёта провеса ленты между роликкооперами, соответствующего определённому натяжению.

Выбор диапазона рабочих частот вибровозбудителя был основан на исследовании его работы в резонансных и околорезонансных режимах. Для реализуемых натяжений конвейерной ленты диапазон её собственных частот составлял от 10,8 до 21,9 Гц (первый тон). Жесткость пружин подвески c формировалась набором пружин и изменялась дискретно, значения жесткости составляли 12,5; 16; 27; 31 Н/мм. Тарировка пружин осуществлялась путём их нагружения эталонным грузом с последующим измерением деформации штангенциркулем ШЦ-1. Для соответствующих реализованных жёст-

костей были получены значения собственной частоты виброочистителя в пределах от 7,7 до 12,1 Гц. Диапазон изменения рабочей частоты f был принят от 5 до 20 Гц.

Ещё одним фактором эксперимента является тип схемы управления электромагнитным вибровозбудителем очистителя конвейерной ленты. Исследования проводились для двух типов схемы управления: автономные (не синхронизированные с питающей сетью) и схемы с частотно-фазовой синхронизацией с питающей сетью.

Зависимость силы, с которой притягивается якорь электромагнита к ярму, от зазора между ними при различных значениях тока в катушке электромагнита I_3 определялась экспериментально. При этом для каждого из значений тока измерялось усилие отрыва якоря от ярма P_m с помощью динамометра ДА-500 при различных значениях зазора в магнитной системе δ . Ток в катушке I_3 изменялся в пределах от 5,67 до 22,3 А вариацией напряжения на катушке электромагнита, зазор δ изменялся от 0,3 мм до 5 мм путём набора прокладок. Регрессионная зависимость силы электромагнита от тока и зазора между ярмом и якорем (рис. 2) имеет вид (доверительная вероятность 0,95 согласно критерию Фишера):

$$F_m(I_3, \delta) = -2,27 \cdot 10^3 - 220\delta + 11,6\delta^2 + 0,508I_3\delta + 643I_3 + 30,6I_3^2. \quad (1)$$

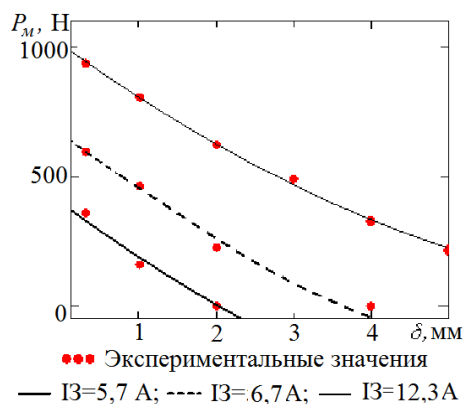


Рисунок 2 Аппроксимация экспериментальных значений силы, действующей на якорь электромагнита

Следует отметить, что при значениях тока I_3 свыше 12,3 А увеличения силы не наблюдалось, что объясняется насыщением магнитной системы. Следовательно, при значениях тока I_3 больше тока насыщения (для рассматриваемой катушки — 12,3 А) в выражение (1) необходимо подставлять значение тока насыщения. Если расчётные значения силы получаются отрицательными, то следует принимать $F_m = 0$.

В основу планирования эксперимента положен многофакторный эксперимент [4], при котором в опытах одновременно изменяются все входные величины. Планом эксперимента предусматривалось проведение 80 опытов (по 40 для каждого из двух типов системы управления вибровозбудителем: системы с частотно-фазовой синхронизацией с питающей сетью и автономной несинхронизированной системой управления).

В качестве измерительных и регистрирующих средств использовался виброанализатор «Топаз» и акселерометр РА-023.

Эксперимент проводился в соответствии со следующим алгоритмом. Сначала выбирался тип схемы управления электромагнитным вибровозбудителем очистителя конвейерной ленты. Затем оттарированным винтовым натяжным устройством создавалось натяжение конвейерной ленты. После чего путём комбинирования пружин задавалась необходимая жёсткость подвески очистителя. Следующим этапом при помощи микропроцессорной системы управления (МСУ) вибровозбудителем задавалась частота колебаний. В заключение записывались вибрационные перемещения и ускорения рабочего органа виброочистителя и ленты в установленном режиме работы очистителя.

Результаты эксперимента обрабатывались в пакете MS Excel. Строились временные графики виброперемещений рабочего органа очистителя и ленты, фиксировались максимальные значения амплитуды и виброускорений для каждого опыта.

На рисунке 3 представлены зависимости максимальных амплитуд конвейерной ленты от рабочей частоты виброочистите-

ля с частотно-фазовой синхронизацией. Анализ зависимостей позволяет сделать вывод, что максимальные амплитуды колебаний ленты составляют от 8,5 до 14,2 мм и соответствуют работе очистителя на собственных частотах, находящихся в диапазоне от 7,7 до 12,1 Гц.

При работе виброочистителя на собственной частоте ленты амплитуды её колебаний минимальны и составляют не более 3–5 мм (рис. 3). В некоторых режимах, при достаточно большой длительности импульса, наблюдались удары ярма о якорь электромагнита.

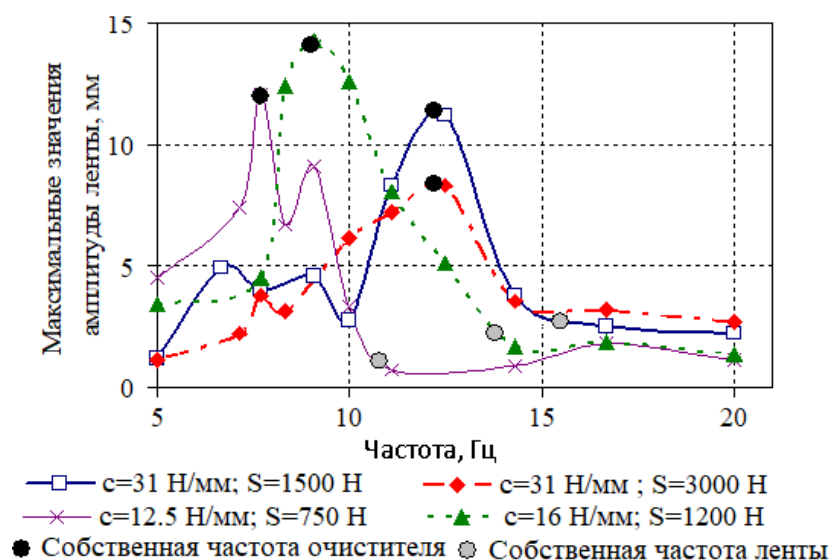


Рисунок 3 Максимальные значения амплитуды конвейерной ленты при работе вибровозбудителя по схеме с частотно-фазовой синхронизацией с питающей сетью

При экспериментальном исследовании работы вибрационного очистителя с автономной (не синхронизированной с питающей сетью) схемой управления электромагнитным вибровозбудителем из всего диапазона реализуемых частот стабильные колебания ленты наблюдались на рабочей частоте 14,29 Гц при всех значениях натяжения ленты и жёсткости пружин подвески. Это объясняется тем, что период возмущения $1/14,29=0,06997$ с кратен периоду выпрямленного напряжения $1/100=0,01$ с ($0,06998/0,01=6,997$ импульсов на период). Настройка МСУ обеспечивала поочередную выдачу 4-х импульсов и 3-х пауз. Из-за особенностей работы симистора (запирание при переходе через 0) и наличия дробной части в рассчитанном выше отношении через достаточно длительное время работы очистителя (1–2 мин) вибровозбудитель

переходил в режим работы с 4-мя паузами после 3–4 импульсов. В результате силовое воздействие на очиститель изменялось, и он переходил в другой режим работы. Чередование периодов работы не позволит обеспечить постоянство качества очистки ленты, следовательно, симисторная система без связи частоты импульсов, формируемых МСУ, с частотой сети не позволяет обеспечить регулируемый управляемый процесс работы вибрационного очистителя. Таким образом, для стабильной работы очистителя необходимо использование системы управления с частотно-фазовой синхронизацией, что позволит обеспечить постоянную длительность импульсов T_i при заданной рабочей частоте f .

Выводы и направление дальнейших исследований. Схема управления вибровозбудителем должна иметь частотно-

фазовую синхронизацию с питающей сетью, что позволит обеспечить стабильный режим работы очистителя. Максимальные амплитуды колебаний ленты соответствую-

ют работе виброочистителя на собственных частотах и для рассмотренной установки составляют 8,5–14,2 мм при частотах от 7 до 13 Гц.

Библиографический список

1. Будишевский, В. А. Сравнительный анализ технологий очистки конвейерных лент [Текст] / В. А. Будишевский, Е. М. Арефьев // *Вести Донецкого горного института*. — 2009. — № 1. — С. 8–11.
2. Расчёты и проектирование транспортных средств непрерывного действия [Текст] / А. И. Барышев, В. А. Будишевский, В. О. Гутаревич [и др.] ; под общ. ред. В. П. Кондрахина. — [2-е изд., перераб и доп.]. — Донецк : ДонНТУ, 2017. — 689 с.
3. Экспериментальное исследование рабочего процесса виброочистителя конвейерной ленты с симисторной системой управления [Текст] / В. А. Будишевский, Е. М. Арефьев, В. А. Яценко [и др.] // *Наукові праці ДонНТУ. Серія : «Гірничо-електромеханічна»*. — 2010. — № 19 (175). — С. 47–54.
4. Сидняев, Н. И. Теория планирования эксперимента и анализ статистических данных [Текст] / Н. И. Сидняев. — Москва : Юрайт-Издат, 2012. — 399 с.

© Арефьев Е. М.
 © Игнаткина Е. Л.
 © Кныш А. А.

Рекомендована к печати д.т.н., проф., зав. каф. ГЭМиО ДонГТУ Корнеевым С. В., д.т.н., проф. каф. ГТиЛ ДонНТУ Гутаревичем В. О.

Статья поступила в редакцию 23.05.18.

к.т.н. Ареф'єв Є. М., Ігнаткіна Є. Л. (ДонНТУ, Донецьк, ДНР), **Кныш А. А.** (Донецкий політехнічний коледж, Донецьк, ДНР)

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ РЕЖИМІВ РОБОТИ ВІБРООЧИСНИКА КОНВЕЄРНОЇ СТРИЧКИ З СИМІСТОРНОЮ СИСТЕМОЮ УПРАВЛІННЯ

Встановлено закономірності робочого процесу віброочисника з симісторною системою управління. Обрано діапазон робочих частот вібробуджувача на підставі досліджень його роботи в резонансних і близькорезонансних режимах. Визначено необхідність використання системи управління з частотно-фазовою синхронізацією для стабільної роботи очисника, що дозволяє забезпечити постійну довжину імпульсів за заданої робочої частоти.

Ключові слова: стрічковий конвеєр, симісторна система управління, вібробуджувач, імпульс, частота, конвеєрна стрічка, віброочистка, вібраційний очисник.

PhD Aref'iev E. M., Ignatkina E. L. (DonNTU, Donetsk, DPR), **Knysh A. A.** (Donetsk Polytechnic College, Donetsk, DPR)

EXPERIMENTAL ASSESSMENT OF THE OPERATING MODE EFFICIENCY OF VIBRATION CLEANER OF CONVEYOR BELT WITH TRIAC CONTROL SYSTEM

There have been determined the operating dependencies of vibration cleaner with triac control system. There has been adopted the range of operating frequency of vibration exciter because of its operating research in resonant and nearresonant mode. There has been determined the necessity of using the control system with phase-frequency locking for stable operation of cleaner allowing assured continual pulse duration at the set operating frequency.

Key words: belt conveyor, vibration cleaner, triac control system, vibration exciter, underconveyor area, pulse, frequency, locking.

