

УДК 534.014,621.802

ОСОБЕННОСТИ ТЕХНИЧЕСКОЙ РЕАЛИЗАЦИИ ТЕХНОЛОГИИ ВИБРАЦИОННОГО УПРОЧНЕНИЯ

¹Елисеев А.В., ²Копылов Ю.Р.

¹ФГБОУ ВПО «Иркутский государственный университет путей сообщения», Иркутск,
e-mail: eavsh@ya.ru;

²ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный технический университет», Воронеж,
e-mail: urkopulov@mail.ru

Рассматриваются методологические основы построения математической модели процесса вибрационного упрочнения поверхностей длинномерных деталей при взаимодействии с сыпучей средой из стальных шариков. Развита методика построения процесса устойчивого вибрационного взаимодействия с учетом неустойчивающего характера связей. Разработан теоретический базис составления аналитических соотношений, определяющих особенности реализации процессов взаимодействия с непрерывным подбрасыванием. Предложены и изучены возможности упрощения модели вибрационного стенда от системы с 6-ю степенями свободы до одной. Сформулированы условия симметричного размещения системы инерционного вибрационного возбуждения колебаний. Разработаны элементы концепции вибрационного взаимодействия сыпучей среды с поверхностью, объясняющие особенности динамических режимов, в частности, наблюдаемые биения в процессе реализации доминирующих вертикальных колебаний.

Ключевые слова: односторонние связи, вибрационное упрочнение, сыпучие среды, непрерывное подбрасывание, вибрирующая поверхность

TECHNICAL FEATURES OF THE HARDENING TECHNOLOGY REALIZATION

¹Eliseev A.V., ²Kopylov Y.R.

¹Irkutsk State Transport University, Irkutsk, e-mail: eavsh@ya.ru;

²Voronezh State Technical University, Voronezh, e-mail: urkopulov@mail.ru

The methodological foundations for construction of a mathematical model of a vibrating surface hardening long parts interacting with the granular medium of steel balls are considered. The technique of construction of sustainable vibration interaction with the unilateral nature of the links is developed. The theoretical basis for drawing up analytical relations defining features of the implementation processes of interaction with the continuous tossing is proposed. The possibility of simplification model vibration stand from the system with 6 degrees of freedom to the one-dimensional model is proposed and studied. Conditions of symmetrical arrangement of the inertial vibration excitation of vibrations are formulated. The elements of concept of vibrating interaction with the surface of the granular medium, explaining the features of dynamic regimes, in particular, the observed beats in the implementation of the dominant vertical oscillations are developed.

Keywords: unilateral constraints, vibration hardening, granular medium vibration, vibration of solid

Вибрационные технологические процессы получили широкое распространение в производственных системах, относящихся к различным отраслям техники. Вибрации имеют существенное значение в процессах вибрационного перемещения, транспортировании объектов и рабочих сред, активно используются в технологиях обработки деталей [1, 2].

Цель исследования заключается в разработке математических моделей и критериев оценки форм движения с учетом влияния неустойчивающих связей в динамических взаимодействиях элементов вибрационных технологических процессов в приложениях к задачам повышения надежности и эффективности работы вибрационных машин. В рамках обозначенной цели решается задача построения математических моделей динамических процессов взаимодействия

обрабатываемых деталей и сыпучей среды с учетом особенностей, возникающих в процессе работы определенного типа вибростендов.

В соответствии с рис. 1 приводится кинематическая схема вибростенда, образованного тремя секциями, которые опираются на упругие элементы.

Момент вращения от двигателей передается на два вала с вибраторами. Синхронизаторы обеспечивают вращение валов в противоположных направлениях, что приводит к взаимному сокращению горизонтальных компонент силовых возмущений от вибраторов. Особенностью системы приводов является использование карданных передач (рис. 1, поз. 3), которые обеспечивают синхронное вращение каждого из двух валов с противовесами. Упругие элементы стенда представляют собой прорезиненные рукава.

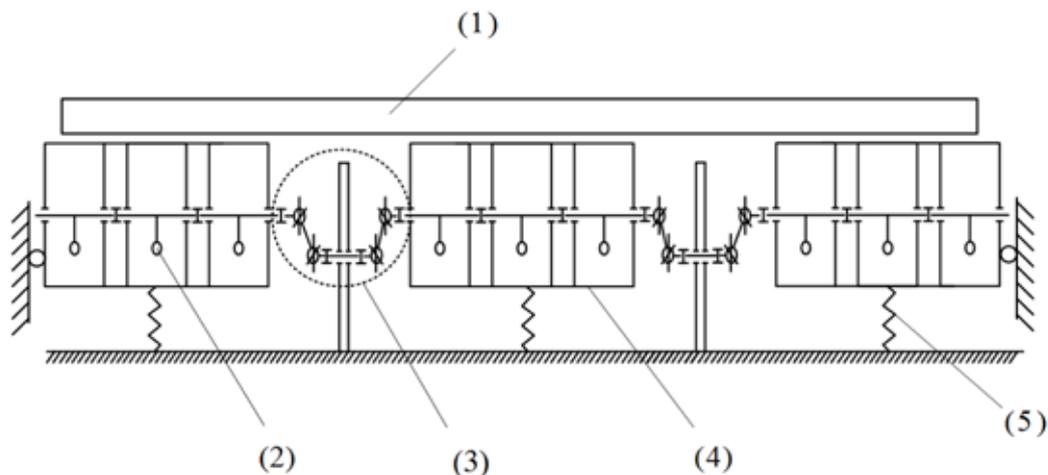


Рис. 1. Кинематическая схема вибростенда:
 1 – контейнер с изделием; 2 – вибратор; 3 – карданные передачи между валами вибратора и валом синхронизатора; 4 – секция вибростенда; 5 – амортизатор

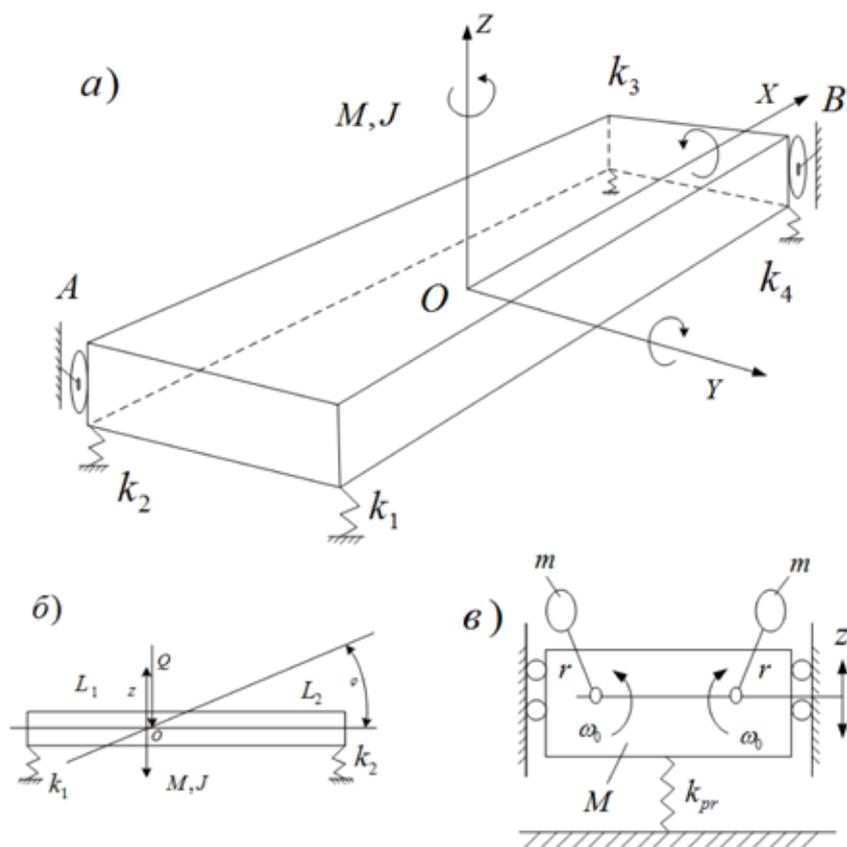


Рис. 2. Этапы формирования упрощенных моделей вибростенда:
 а – принципиальная схема упруго-инерциальной системы; б – упрощенная принципиальная расчетная схема вибростенда с двумя координатами z и j ; в – схема вибростенда в реализации вертикальных колебаний

В силу конструктивно-технических ограничений и особенностей системы инерционного вибрационного возмущения колебаний, доминирующей формой является вертикальная (рис. 2).

Принципиальная схема упруго-инерционной системы приведена на рис. 2-а, дающем представление о пространственной структуре динамических взаимодействий рабочей среды с вибрирующей поверхностью детали. На рис. 2-б показана упрощенная расчетная схема, отражающая движение системы с двумя степенями свободы. Такая схема может рассматриваться в качестве основной, но и она может быть упрощена, как показала обработка экспериментальных данных, что было сделано на основе построения матрицы коэффициентов взаимной корреляции сигналов 6-ти датчиков, расположенных симметрично по периметру вибростола. Расчетная схема на рис. 2-в может рассматриваться как упрощенная расчетная схема вибростенда с доминантой вертикальных колебаний. Данные для обобщений были получены на основании экспериментальных измерений, которые проводились на вибрационной технологической машине. В составе измерительного комплекса использовалась сейсмическая станция ВУ-8 (Байкал-8). Для получения данных в соответствии с программой эксперимента 6 датчиков размещались на секции вибростенда (рис. 3) и синхронизаторе (рис. 4).

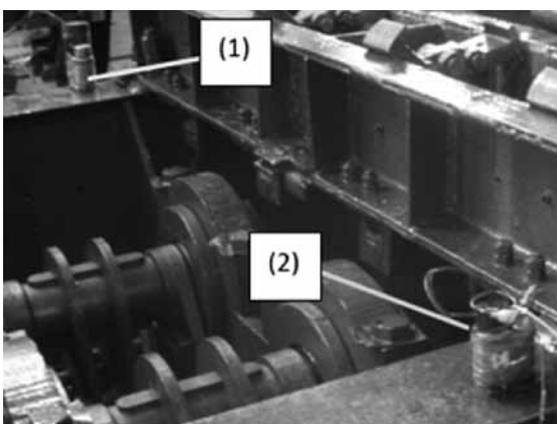


Рис. 3. Установка датчиков на секции вибростенда:
1, 2 – датчики

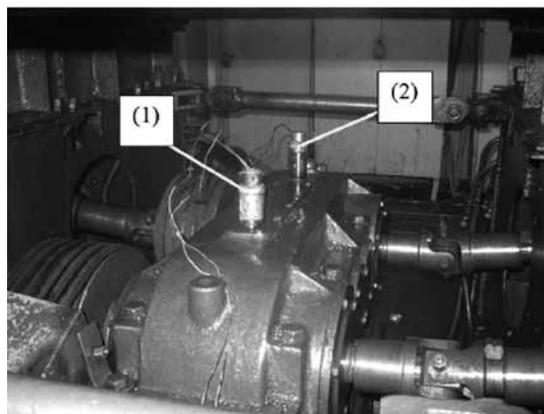


Рис. 4. Установка датчиков на синхронизатор вибростенда:
1, 2 – датчики из комплекта ВУ-8

По результатам серии производственных циклов упрочнения были произведены записи сигналов по синхронным 6 каналам.

В соответствии с рис. 5 представлена расчетная схема механической системы с учетом неудерживающего характера связей между телами с массами m_1 и m_2 .

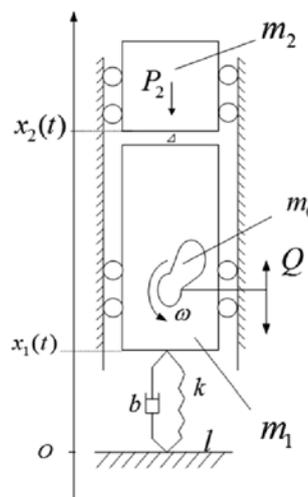


Рис. 5. Расчетная схема механической системы с учетом неудерживающего характера связей

В используемой на предварительном этапе абстрактной модели предполагается, что отрыв элементов составного твердого тела происходит в момент времени t_0 , для которого выполнены условия отрыва (условия отрыва и формируемые после отрыва траектории под действием силовых факторов рассмотрены в работах [3–7]). После отрыва тело с массой m_2 движется под дей-

ствием силы гравитации P_2 до момента соударения.

Проведенные эксперименты показывают возможность возникновения форм самосинхронизации движения, в которых поведение сыпучей среды от жидкостно-подобного состояния трансформируется в стороны повышения «условной вязкости». Предлагаемый метод построения системы математических моделей, позволяющий строить определенные фрагменты, объединенные в обобщенный подход, основан на последовательном развитии принципа формирования определенных видов движений, создающих необходимые структуру и параметры вибрационного поля [8].

Таким образом, технологические машины, реализующие вибрационные процессы непрерывных и устойчивых взаимодействий с обрабатываемыми поверхностями деталей, должны создаваться с использованием и оценкой возможностей генерации доминирующих движений. На основе разработанного подхода предложена аналитическая модель процесса непрерывного подбрасывания типового элемента сыпучей среды, соударяющегося с обрабатываемой поверхностью. Как показывают проведенные исследования, условия непрерывного подбрасывания с фиксированной кратностью времени полета по отношению к периоду колебания опорной поверхности может стать основой для поиска устойчивых режимов и оценки таких режимов на предмет эффективности. Вместе с тем, переход к математическим моделям, отражающих свойства сыпучей среды, рассматриваемой в виде слоя, масса которого составляет

15%–20% от массы вибростола, требует учета двух основных факторов: влияния, возникающих при соударениях чередующихся импульсов, и рассеяние энергии при взаимных контактах взаимодействий шариков, образующих слой.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Блехман, И.И. Вибрационная механика / И.И. Блехман – М.: Наука, 1994. – 400 с.
2. Копылов, Ю.Р. Динамика процессов виброударного упрочнения: монография / Ю.Р. Копылов.– Воронеж: ИПЦ «Научная книга», 2011. – 568 с.
3. Елисеев, С.В. Режимы подбрасывания материальной частицы на вибрирующей поверхности в модельной задаче с неустойчивыми связями / С.В. Елисеев, А.В. Елисеев // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. – 2012. – №3. – С. 86–96.
4. Елисеев, А.В. Теоретические основы процессов взаимодействия материальной частицы с вибрирующей поверхностью с неустойчивыми связями / А.В. Елисеев, И.С. Ситов // Системы. Методы. Технологии.– 2012.– № 4. – С. 19–29.
5. Елисеев, С.В. Определение коэффициента вязкого трения для режима кратного подбрасывания материальной частицы в модельной задаче с неустойчивой связью/С.В. Елисеев, А.В. Елисеев // Системы. Методы. Технологии. – 2013. – №1(17) – С. 22–27.
6. Елисеев, С.В. Исследование взаимодействия материальной частицы с вибрирующей поверхностью при наличии силы вязкого трения в модельной задаче с неустойчивыми связями / С.В. Елисеев, А.В. Елисеев // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. – 2013. – №1. – С. 69–77.
7. Елисеев, А.В. Особенности взаимодействия материальной частицы с вибрирующей поверхностью в зависимости от дополнительной силы с неустойчивой связью / А.В. Елисеев // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2013. – №3. – С. 9–15.
8. Елисеев, А.В. Неустойчивые связи в динамических взаимодействиях сыпучей среды и вибрирующей поверхности: научно-методологическое обоснование технологии вибрационного упрочнения / А.В. Елисеев, С.В. Елисеев, А.Г. Пнев, В.Б. Кашуба, И.С. Ситов // Системы. Методы. Технологии.– 2014.– №3(23). – С. 17–31.