

УДК 622.831.323

*А.А. Прусова, к.т.н., ИГТМ НАНУ, А.С. Минеев студ., каф. ПЗКС,
НГУ, г. Днепрпетровск, Украина*

ЭФФЕКТИВНОСТЬ МЕХАНИЗМА ПЕРЕДАЧИ ЭНЕРГИИ ВИБРАЦИОННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ СМЕРЗШИМСЯ ПОРОДАМ

В настоящее время в различных отраслях промышленности широкое распространение получило развитие вибротехнологий, позволяющих направленно использовать виброэффекты, реализуемые в средах [1]. Вибрационные технологии и машины широко используются при разгрузке и транспортировании смерзшихся грузов. Так, например, для повышения эффективности разгрузки смерзшихся сыпучих грузов и снижения энергоемкости самого процесса разгрузки используются специальные виброрыхлительные установки.

Рассматривая рыхление смерзшейся (неупругой) углепородной массы, необходимо отметить, что при вибрационном воздействии, в результате периодического изменения напряжений, важное значение играет эффект упругого последствия – отставание деформаций от напряжений, связанных с внутренним трением среды. По мере развития пластических деформаций между элементами системы возникают упругие взаимодействия, макроскопически воспринимаемые как упрочнение материала при возрастании нагрузки и разупрочнение его при пластическом деформировании в обратном направлении из чего вытекает эффект вибрационного последствия. При циклическом нагружении работа, затрачиваемая на пластическую деформацию, растет с числом циклов пульсаций и примерно ему пропорциональна, а величины пластических деформаций ограничиваются заданными пределами – колеблются между некоторыми максимальными и минимальными значениями. С возрастанием числа циклов роль микроупругих эффектов доминирует над эффектом изменения внутреннего трения, величина которого с течением времени стремиться к стабилизации и поэтому в среде весьма существенное значение приобретает остаточное пластическое изменение объема – «пластическое разрыхление». Эффективность происходящих в среде изменений, в первую очередь, будет определяться механизмом передачи волновой энергии по среде с учетом наследуемой циклической деформации и ее неупругими свойствами.

Для установления эффективной частоты виброрыхления смерзшейся углепородной среды было использован подход по оценке распределения энергопроводности в неупругой среде при воздействии на него сферического виброисточника, изложенные в работах [1,2]. Физическое и математическое описание этого процесса сводится к следующему. Если в неупругой среде действует сферический источник волнового воздействия, то оценка энергопроводности осуществляется с помощью параметра \mathcal{E} :

$$\mathfrak{E} = \frac{\langle P_r \rangle}{\langle P_a \rangle} \cdot \left(\frac{r}{a} \right), \quad (1)$$

где $\langle P_r \rangle$ – средняя мощность потока энергии через замкнутую поверхность, расположенную на расстоянии r от источника возбуждения.

Для упругого горного массива $\mathfrak{E}=1$, т.е. потеря энергии при распространении возмущений в горном массиве отсутствует. Реальная среда неупругая, поэтому в процессе вычислений использованная зависимость имела вид:

$$\mathfrak{E} = \left(\frac{a}{r} \right)^4 e^{-2|K_2|(r-a)} \frac{4\mu_2 \left(1 + |K_1|^2 r^2 - 2K_2 r \right) + K_1 r^3 \omega^2 \rho}{4\mu_2 \left(1 + |K_1|^2 a^2 - 2K_2 a \right) + K_1 a^3 \omega^2 \rho}; \quad (2)$$

где α, β, χ – параметры ядра Роботнова; ρ – плотность угольного пласта; a – радиус виброисточника; ω – частота вынужденных колебаний; r – частота вынужденных колебаний; E_0 – модуль Юнга; ν_0 – коэффициент Пуассона; $\delta = \frac{\pi\gamma}{2}$;

$$\gamma = 1 + \alpha; \quad \mu_2 = \frac{3E_0 B(\omega)}{[3 - (1 - A(\omega))(1 - 2\nu_0)]^2 + (B(\omega))^2 (1 - 2\nu_0)^2}; \quad B(\omega) = \frac{\chi \sin \delta \omega^\gamma}{\Delta};$$

$$K_{1,2} = \pm \sqrt{\frac{1}{2}W_1 + \sqrt{\frac{1}{4}W_1^2 + W_2^2}}; \quad W_1 = \frac{\omega^2 \rho}{3K_0} \frac{1 - \nu_1^2 - \nu_2^2}{(1 - \nu_1)^2 + \nu_2^2}; \quad A(\omega) = \frac{\chi (\cos \delta \omega^\gamma + \beta)}{\Delta};$$

$$W_2 = \frac{\omega^2 \rho}{3K_0} \frac{\nu_2^2}{(1 - \nu_1)^2 + \nu_2^2}; \quad \nu_1 = \nu_0 + \left(\frac{1}{2} - \nu_0 \right) A(\omega); \quad \nu_2 = \left(\nu_0 - \frac{1}{2} \right) B(\omega);$$

$$K_0 = \frac{E_0}{3(1 - 2\nu_0)}.$$

Для проведения вычислений по вышеуказанным зависимостям была написана программа на языке Object Pascal в среде разработки Delphi 7. В программе использованы дополнительные компоненты Chart (компонент для рисования графиков), а также компонент 3DPlot, импортируемый из среды MathCAD 2001, для рисования 3D поверхностей. Программа позволяет произвести вычисление множества значений $\mathfrak{E}(w,r)$, строит 3D и 2D графики и определяет для любой удаленной точки массива от виброисточника частоту оптимальной энергопроводности. При этом вектор записывается в файл для дальнейшей его передачи и аппроксимации в программе Microocal Origin 6.0. Далее в Origin 6.0. в полуавтоматическом режиме определяет наиболее подходящую функцию имеющую заданную минимальную погрешность.

При выполнении численных расчетов принимались соответственно следующие характеристики углепородной среды [2]: $E_{1,2} = 230; 350$ МПа; $\alpha_{1,2} = -0,7$; $\beta_{1,2} = 1,099; 0,865, c^{(1+\alpha)}$; $\chi_{1,2} = 0,269; 0,160, c^{(1+\alpha)}$; $\chi/\beta^{1,2} = 0,256; 0,183$.

Результаты расчетов показывают, что с увеличением неупругих свойств среды ее энергопроводящая способность снижается (рис. 1). При этом в зависимости от места расположения виброобрабатываемой зоны по отношению к источнику волнового возмущения показатель энергопередачи \mathcal{E} достигает своего максимума на различных частотах. Однако диапазон оптимальных частот четко выделяется. Например, для $\chi/\beta^2 = 0,183$ он находится в пределах 45-100 Гц.

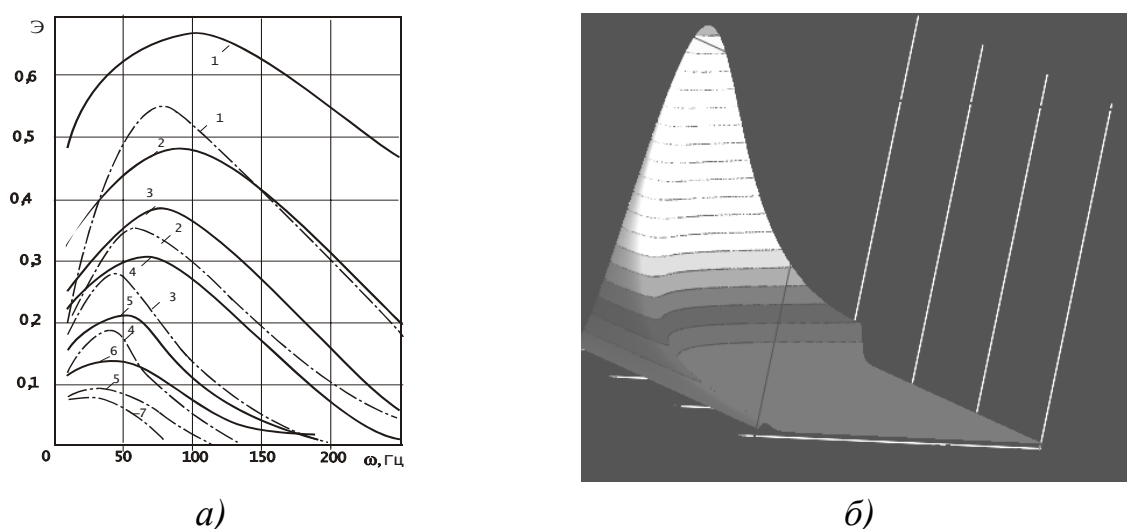


Рис.1. – Изменения энергопередачи от частоты воздействия на различном удалении от источника вибровоздействия (а) и его объемная интерпретация при учете расстояния от виброисточника (б) при: 1- $10r_0$; 2- $20r_0$; 3- $30r_0$; 7- $70r_0$; сплошная линия - χ/β^2 ; пунктирная - χ/β^1 ; где $\chi/\beta^1 > \chi/\beta^2$

С увеличением степени неупругости среды оптимальный частотный диапазон расширяется. Кроме того, явно наблюдается сдвиг параметра энергопередачи \mathcal{E} в сторону низких значений частот, то есть по мере удаления обрабатываемой зоны от источника вибровоздействия критическая частота снижается. Таким образом, результаты расчетов показывают, что при вибрационной обработке неупругих сред частота, которая бы позволяла осуществлять передачу максимальной мощности потока вибрационной энергии массиву не является постоянно однозначной величиной при прочих равных условиях. Для углепородных материалов существует не единственная эффективная частота вибрационного воздействия, а диапазон оптимальных частот и чем выше степень неупругости среды, тем диапазон оптимальных частот шире. Физика данного явления объ-

ясняется различием в потенциале энергопоглощения среды и сопровождающей циклическое деформирование наследуемой деформации с изменением частоты вибровоздействия, а также нестационарностью процесса рассеяния энергии в каждом цикле гармонических колебаний.

По аналогии с проведенным анализом результатов исследований можно показать, что не только для достижения максимальной мощности энергии, но и для генерирования ограниченного, наперед заданного уровня виброэнергии существует также некоторый диапазон рациональных частот. Например, когда не допускается резкое возрастание амплитуды вынужденных колебаний, что в некоторых случаях может привести либо к разрушению самих вибромеханизмов, либо к развитию неуправляемого, спонтанного процесса дезинтеграции углепородной среды, создающего небезопасные условия труда на производстве.

Таким образом, исходя из анализа закономерностей волнового возмущения неупругой среды в целом, можно сделать заключение о том, что эффективность генерирования энергии вибрационного возмущения в неупругих материалах базируется на многочастотном воздействии в пределах рационального частотного диапазона, рассчитываемого для конкретных условий и поставленных задач по виброобработке среды. Такой режим позволяет целенаправленно и с максимальной отдачей использовать на практике различные этапы развития механизма вибропоследствия, протекающего в сmerzшихся углепородных материалах при вибрационных нагрузках. Отсюда вполне понятна целесообразность проведения дальнейших исследований по автоматизации управления параметрами вибрации при виброрыхлении сmerzшегося угля, например, в ж.д. полувагонах.

Библиографический список

1. Потураев В.Н., Минеев С.П., Прусова А.А. О некоторых эффектах, реализуемых в горном массиве при вибровоздействии/ Вісник НГА України. –Вип.2.- 1999.- С.11-14.
2. Минеев С.П., Сахненко В.Л., Обухов С.А. Вибрационное и волновое рыхление агрегированной сыпучей горной массы. –Днепропетровск: Дніпро, 2005.- 214 с.

УДК 622.257.1

*Д.В. Пронский, к.т.н., доц. каф. ГД,
АФГТ ВНУ им. В.Даля, г. Антрацит, Украина*

ОБ УСТОЙЧИВОСТИ ПОРОД ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ТАМПОНАЖА ДИСПЕРСНЫХ СРЕД

Производство тампонажных работ на глубинах до 20-30 м на контакте кровных и коренных отложений всегда связано с рядом трудностей. Так при тампонаже зон разуплотнений, карстовых и суффозионных пустот в дисперс-