

2. Holm L. and Sander C. Protein structure comparison by alignment of distance matrices // J. Mol. Biol., Vol. 233, 1993. – P.123-138.
3. Kawabata T., Nishikawa K. Protein structure comparison using the Markov transition model of evolution. Proteins, Vol. 41, 2000. – P. 108-122.
4. Siew N., Elofsson A. MaxSub: an automated measure for the assessment of protein structure prediction quality // Bioinformatics, Vol. 16, 2000. – P. 776-785.
5. Phillips J.M., Liu R., Tomasi C. Outlier robust ICP for minimizing fractional RMSD /J. Phillips// ArXiv Computer Science e-prints [Electronic resource]. – Mode of access: [http://adsabs.harvard.edu/cgi-bin/nph-bib\\_query?bibcode=2006cs.....6098P&db\\_key=PRE](http://adsabs.harvard.edu/cgi-bin/nph-bib_query?bibcode=2006cs.....6098P&db_key=PRE). – Date of access: june 2006.
6. <http://www.ebi.ac.uk/msd-srv/ssm/>.

## **ПОВЕДЕНИЕ ТВЕРДЫХ ТЕЛ ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ ВОЛН ДЕФОРМАЦИЙ**

**А. В. Круподеров**

### **1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ**

Рассмотрим массивы горных пород в случае возникновения в них, вследствие силового или кинематического воздействия, волн деформаций и напряжений. При этом, если в массиве образуются области потери устойчивости или разрушения, то такие волны будем называть волнами разрушения.

Как известно, последствия возникновения в массивах горных пород волновых процессов могут быть разнообразными по их проявлениям. Следует отметить, что сегодня проблема моделирования и изучения процессов распространения волн разрушения и инициированного ими движения больших объемов горных пород, приводящего, в свою очередь, к возникновению динамических срывов различной интенсивности, представляет собой одно из наиболее актуальных и важных направлений построения общей теории катастрофических геомеханических явлений [1, 2]. При этом спектр задач, связанных с изучением устойчивости и разрушения массивов горных пород вследствие воздействия волн разрушения, весьма широк.

Путем искусственного возбуждения динамики горного давления до необходимого уровня импульсами ограниченной мощности можно создать ситуации направленного управления состоянием массива горных пород. Преимущества таких механических возмущений в направленном изменении состояния и свойств массива очевидны, так как они малоэнергоемки и достаточно просты в управлении. Это направление реализуется, например, в практике ведения горных работ в способах виброобработки массива [3].

Известным является факт усиления волн разрушения вблизи геологических нарушений и выработанного пространства [4]. Эффект усиления волн вблизи геологических нарушений состоит в том, что в сильно напряженных прочных горных породах скорость, приобретаемая частицами около выработок, нередко оказывается на порядок больше скорости частиц вблизи от источника сейсмической волны [5, 6]. В результате обработки данных натурных наблюдений [7] установлено, что в зонах наиболее активно нагружаемого массива инициируются медленные деформационно-волновые процессы, распространяющиеся затем на другие участки шахтных полей.

Сложной и интересной представляется задача описания движения блоковой структуры в породном массиве при воздействии волн деформаций [8]. Формирующаяся в массиве горных пород, вследствие ведения подземных горных работ, наведенная блочная структура массива может по-разному реагировать на воздействие волн деформаций и напряжений. Последствия поведения блочной среды могут иметь как «положительный» (с точки зрения дальнейшей эксплуатации данной области массива), так и отрицательный характер (возникновение мощных динамических явлений). Так, имеются экспериментально установленные факты, что перед «особо крупными» сейсмособытиями начинаются слабые подвижки по контактам геологических блоков с последующим нарушением их сцепления [9].

Рассмотрим несколько тестовых модельных задач, которые весьма ярко подтверждают факт того, что последствия волновых процессов в деформируемой среде могут быть разнообразными по проявлениям.

## 2. РЕШЕНИЕ ТЕСТОВЫХ МОДЕЛЬНЫХ ЗАДАЧ

*Пример 1.* Рассмотрим упругий слой, находящийся на полуплоскости. По верхней границе слоя действует нормальная распределенная нагрузка, а нижняя граница находится в полном контакте с полуплоскостью, поэтому можно принять, что она является закрепленной. Задачу решаем в безразмерных координатах [10, с. 39].

Решение задачи можно найти в [10]:

Рассмотрим действие на слой импульсной нагрузки следующего вида:

$$p(\tau) = \sum_{k=0}^{\infty} \delta(\tau - k\Delta),$$

где  $\Delta$  – промежутки времени, через которые действует нагрузка.

На *рис.1* изображена зависимость перемещения  $u$  от относительной вертикальной координаты  $x$  по толщине слоя и от времени  $\tau$  при  $\Delta=3, \gamma=1$

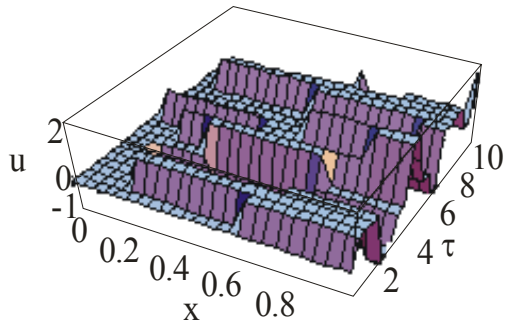


Рис.1. Изменение перемещений по толщине слоя и во времени

*Пример 2.* Рассмотрим задачу о распространении возмущений в упругом бесконечном пространстве со сферической полостью, к граничной поверхности которой приложено нормальное распределённое давление. Задачу, как и ранее, решаем в безразмерных координатах.

Решение задачи можно найти в [10]:

Рассмотрим случай воздействия случайной импульсной нагрузки. Тогда формула для нагрузки имеет вид:

$$p(\tau) = \sum_{k=0}^N \delta(\tau - \tau_k).$$

На рис.2 и рис.3 приведены графики изменения перемещения  $u$  от времени  $\tau$  в пространстве на расстоянии  $r=2$  от центра сферы в случае воздействия различного количества случайных импульсов.

Рисунки 2,3 весьма ярко показывают, что характер функции перемещений в пространстве со сферой, на поверхности которой действует импульсная нагрузка, может достаточно сильно изменяться в зависимости от внешнего нагружения. Волна деформаций может иметь скачки амплитуды, которые, в свою очередь, могут превышать величину критических перемещений.

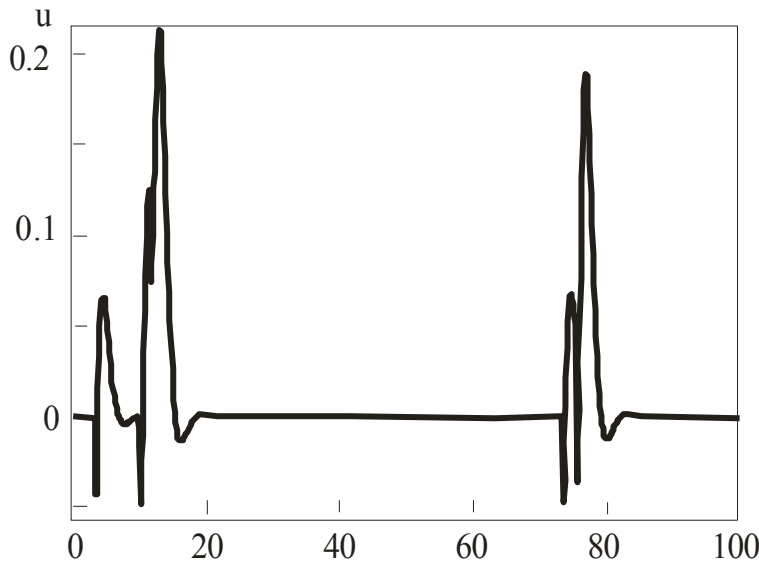


Рис.2. Зависимость перемещений  $u$  от времени в пространстве со сферической полостью на расстоянии  $r=2$  от центра при воздействии 10 случайных импульсов

### 3. ЗАКЛЮЧЕНИЕ И ВЫВОДЫ

На основании материала, приведенного в разделе 1 и примеров раздела 2, можно сделать несколько важных выводов, которые сформулируем в виде следующих двух положений.

*Во-первых*, проявления волновых деформационных процессов в массивах горных пород на различном удалении

от источника возмущения могут отличаться как качественно, так и количественно, причем значительным образом.

Во-вторых, суперпозиция даже незначительных усилий, вызывающих волновые процессы, может приводить к различным последствиям: от затухания деформационных процессов в некоторых зонах до полного разрушения определенных областей среды.

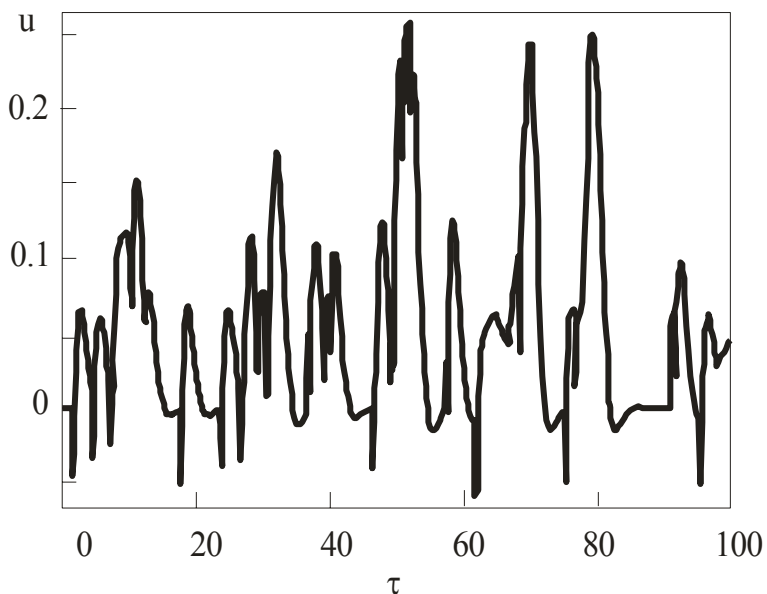


Рис.3. Зависимость перемещений  $u$  от времени в пространстве со сферической полостью на расстоянии  $r = 2$  от центра при воздействии 100 случайных импульсов

#### Литература

1. Журавков М. А., Богдан С. И. Моделирование и прогноз катастрофических явлений в геомеханике. Д200219 от 13.02. Реферативный сборник непубликуемых работ БелИСА. Вып. 1 (24). 2002. 67с.
2. Журавков М. А., Стагурова О. В., Ковалева М. А. Геомеханический мониторинг горных массивов. Мн.: Юникап, 2002, 252с.
3. Зорин А. Н., Халимендик Ю. М., Колесников В. Г. Механика разрушения горного массива и использование его энергии при добыче полезных ископаемых. М.: ООО «Недра-Бизнес», 2001. 413 с.
4. Линьков А. М. Об усилении сейсмических волн вблизи нарушений // ФТРПИ. – 2001 – №3.
5. Линьков А. М., Дуррхейм Р. Д. Усиление волн и динамические явления в горных породах // Сб. докл. Междунар. Конф. «Горная геофизика». – СПб.: ВНИМИ, 1998.
6. Linkov A. M., Durrheim R. J. Velocity amplification considered as a phenomenon of elastic energy release due to softening // In H.P. Rossmannith(ed.), Proc. 3rd Int. Conference on Mechanics of Jointed and Fractured Rock (MJFR-3). – Rotterdam: Balkema, 1998.
7. Опарин В. Н., Тапсиев А. П., Востриков В. И. и др. О возможных причинах увеличения сейсмической активности шахтных полей рудников «Октябрьский» и «Таймырский» Норильского месторождения в 2003 г. Ч. II: Рудник «Октябрьский» // ФТРПИ, №5, 2004. С.3–25.
8. Кочарян Г. Г., Стивак А. А., Будков А. М. Движение блоков горной породы при крупномасштабных подземных взрывах Ч.2. Оценки по аналитическим моделям, численные расчеты и сравнительный анализ теоретических и экспериментальных данных // ФТРПИ. – 2001 – №2.
9. Опарин В. Н., Тапсиев А. П., Востриков В. И. и др. О возможных причинах увеличения сейсмической активности шахтных полей рудников «Октябрьский» и

«Таймырский» Норильского месторождения в 2003 г. Ч.III: Рудник «Таймырский» // ФТПРПИ, №6, 2004. С.5–22.

10. Горшков А. Г., Медведский А. Л., Рабинский Л. Н., Тарлаковский Д. В. Волны в сплошных средах: Учеб. пособ. для вузов. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2004. – 472 с.

## ОПЕРАТОРНАЯ ДЕКОМПОЗИЦИЯ И $\lambda$ -РАСКРАСКА ВЕРШИН ПОДКЛАССОВ УНИГРАФОВ

О. В. Максимович

### ВВОДНЫЕ ПОНЯТИЯ

Многие из рассмотренных ниже понятий относятся к азбуке теории графов и могут быть найдены в [2]. Утверждения и понятия, связанные с теорией декомпозиции графов, читатель может найти в [3].

Пусть  $G$  – некоторый граф. Раскраску  $\varphi: VG \rightarrow \mathbf{Z}_+$  назовем  $L(2,1)$ -допустимой раскраской (или просто допустимой раскраской), если выполнены следующие условия допустимости: 1)  $|\varphi(v) - \varphi(u)| \geq 2$ , если вершины  $v$  и  $u$  смежны; 2)  $\varphi(v) \neq \varphi(u)$ , если расстояние  $d(u, v) = 2$ .

Обозначим через  $\Lambda(G)$  множество всех допустимых раскрасок графа  $G$ . Для  $\varphi \in \Lambda(G)$  положим  $\max \varphi = \max \{\varphi(v) | v \in VG\}$ . Раскраску  $\varphi \in \Lambda(G)$  назовем  $\lambda_{2,1}$ -раскраской [4] или просто  $\lambda$ -раскраской, если  $\max \varphi \leq \lambda$ ,  $\lambda \in \mathbf{Z}_+$ . Обозначим через  $\lambda(G)$  (или  $L(G; 2, 1)$  в терминологии [5]) минимальное число  $\lambda$ , для которого существует  $\lambda$ -раскраска графа  $G$ .  $\lambda$ -раскраску  $\varphi$ , для которой  $\max \varphi = \lambda(G)$ , назовем оптимальной.

Введенная выше раскраска приводит к следующей задаче:

**Задача 1.** Для произвольного графа  $G$  найти параметр  $\lambda(G)$  и оптимальную  $\lambda$ -раскраску вершин.

Заменив в условиях допустимости пункт 2) условием инъективности функции  $\varphi$ , получим определения  $L'(2,1)$ -допустимой раскраски и всех связанных с этой раскраской понятий, введенных выше.

**Задача 2.** Для произвольного графа  $G$  найти параметр  $\lambda'(G)$  и оптимальную  $\lambda'$ -раскраску вершин.

### НАЧАЛЬНАЯ ТЕХНИКА

Фиксируем произвольную раскраску  $\varphi$  графа  $G$  и упорядочим его вершины по неубыванию цвета:  $VG = \{v_1, v_2, \dots, v_n\}$ , где  $\varphi(v_{i+1}) \geq \varphi(v_i)$ . Назовем полученную перестановку вершин и раскраску  $\varphi$  согласованными. С другой стороны, фиксируем произвольную перестановку  $p = (u_1, u_2, \dots, u_n)$  вершин графа  $G$  и число  $q \in \mathbf{Z}_+$ . Определим индуктивно  $q$ -хорошую (относительно  $p$ ) инъективную раскраску  $g^q$  условиями: