

DOI:10.38045/iaeee-402

УДК 539.3

ДИНАМИКА УПРУГОЙ ПОЛУПЛОСКОСТИ ПРИ СБРОСЕ ВЕРТИКАЛЬНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ В ОЧАГЕ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ

Т.Б. Дуйшеналиев⁽¹⁾, Б.Т. Сарсенов⁽²⁾, Т.Т. Мамытов⁽³⁾

⁽¹⁾Кыргызский государственный технический университет им. И.Раззакова, г.Бишкек, КР, duishenaliev@mail.ru

⁽²⁾Институт математики и математического моделирования МОН РК, г. Алматы, РК

⁽³⁾ОАО «Нарынгидроэнергострой», г. Кара-Куль, КР

Аннотация: На основе численного метода бихарактеристик разработан алгоритм ее решения в условиях плоской деформации и пакет компьютерных программ на языке DELPHI для численных расчётов поля скоростей и напряжений в упругой полуплоскости при сбросе напряжений в очаге землетрясения. Приводятся результаты численных экспериментов и анализ напряжённо-деформированного состояния полуплоскости.

DYNAMICS OF ELASTIC HALF-PLANE DURING THE RESETS OF VERTICAL STRESSES IN THE SEISMIC FOCUS

Т.В. Duishenaliev⁽¹⁾, В. Т. Sarsenov⁽²⁾, Т.Т. Mamytov⁽³⁾

⁽¹⁾ Kyrgyz State Technical University named after I. Razzakov, Bishkek, Kyrgyzstan, duishenaliev@mail.ru

⁽²⁾ Institute of Mathematics and Mathematical Modeling of MES RK, Almaty, Kazakhstan

⁽³⁾ JSC “Naryngidroenergostroy”, Kara-Kul, Kyrgyzstan

Abstract: Based on the numerical method of a bicharacteristics, an algorithm is developed for its solution under condition of plane strain (or deformation) and software package in language of DELPHI was used for numerical calculations of the velocity field and stresses in elastic half-plane during stress relief in earthquake source (or seismic focus). The results of numerical experiments and analysis of the stress-strain state of half-plate are presented.

ЖЕР ТИТИРӨӨНҮН ОЧОГУНДАГЫ ТИК ЧЫҢАЛУУНУ ТҮШҮРҮҮДӨ СЕРПИЛГИЧ ЖАРЫМ ТЕГИЗДИКТИН ДИНАМИКАСЫ

Т.Б. Дуйшеналиев⁽¹⁾, Б.Т. Сарсенов⁽²⁾, Т.Т. Мамытов⁽³⁾

⁽¹⁾ И.Раззаков ат. Кыргыз мамлекеттик техникалык университети, Бишкек ш., КР, duishenaliev@mail.ru

⁽²⁾Казакстан Республикасынын ББЖИМ Математика жана математикалык моделдөө институту, Алматы ш., РК

⁽³⁾«Нарынгидроэнергострой» АК, Кара-Көл ш., КР

Аннотация: Мүнөздөмөлүк сандык ыкманын негизинде тегиз бузулуунун шартында анын чечилишинин алгоритими жана жер титирөөнүн очогундагы чыңалууну түшүрүүдө серпилгич жарым тегиздиктеги ылдамдык жана чыңалуу аянтын сандык эсептөө үчүн DELPHI тилинде компьютердик программалардын пакети иштелип чыккан. Жарым тегиздиктин чыңалган-бузулган абалына сандык тажрыйбалардын жана талдоолордун жыйынтыгы келтирилет.

ВЕСТНИК МЕЖДУНАРОДНОЙ АССОЦИАЦИИ ЭКСПЕРТОВ ПО СЕЙСМОСТОЙКОМУ СТРОИТЕЛЬСТВУ

Расчеты произведены на основе разработанной математической модели [1,3] динамического поведения упругой полуплоскости со свободной поверхностью для среды с безразмерными параметрами: $\rho=1$, $c_1=1$ и $c_2=0,577$ при глубине и ширине трещины соответственно $L=1$, $d=0,1$, на интервале времени $(0; 6)$. Скачок напряжений на трещине задается в виде импульса:

$$P_1(x,t) = 20 \cdot t \cdot e^{-10t} H(t), \quad P_2(x,t) = 0.$$

В расчетах шаги по пространственной сетке $h_1=h_2=h=0,05$, по временной $\tau=0,025$, а параметр дельтаобразной функции $\varepsilon = h$.

Так как скорости $c_1=1$ и $c_2=0,577$ следует, что объемные и сдвиговые волны от трещины к эпицентру $(0; 0)$ придут в момент $t_1=1$ и $t_2=1,73$ соответственно, а в точку $A(0; 1)$ за $t_1=1,35$ и $t_2=2,33$, в точку $B(0; 2)$ за $t_1=2,15$ и $t_2=3,71$ и в точку $C(0; 3)$ за $t_1=3,07$ и $t_2=5,31$.

На рис. 3 – 5 представлена динамика среды при сбросе вертикальных напряжений на трещине. На осциллограммах скоростей точек дневной поверхности (рис. 3) в указанные моменты времени можно заметить начало движения (всплеск скорости) и дальнейший естественный колебательный характер движения среды. В эпицентре (точка O) $v_2=0$, т.к. сброс напряжении происходит симметрично и параллельно оси Ox_1 . На рис.4, 5 представлены дифракционные картины поля скоростей до отражения ударных волн и после. Можно заметить, что края трещины работают как источники цилиндрических сдвиговых волн, в окрестности концов трещины образовалось вихревое поле, что характеризует сдвиговые волны.

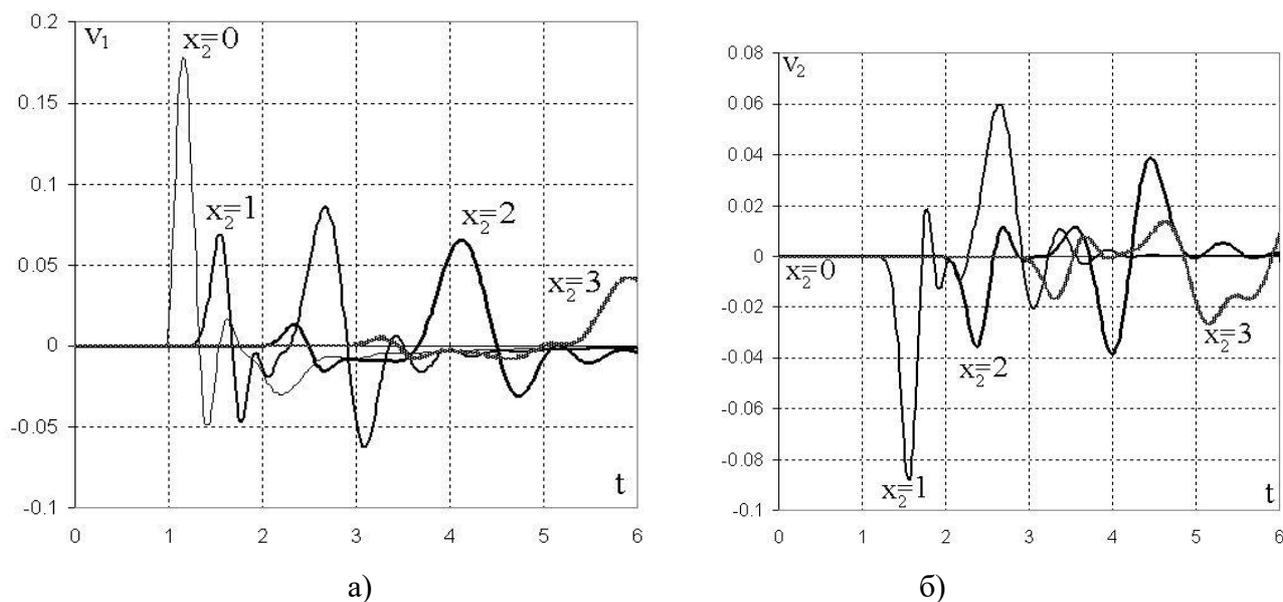


Рис. 3. Осциллограммы скоростей дневной поверхности, при $x_1=0$, $x_2=0; 1; 2; 3$: а) v_1 и б) v_2 .

Возникает сложная дифракционная картина взаимодействия падающих и отраженных ударных волн, формируется сложное напряженно-деформированное состояние среды, которое можно увидеть на рис.5.

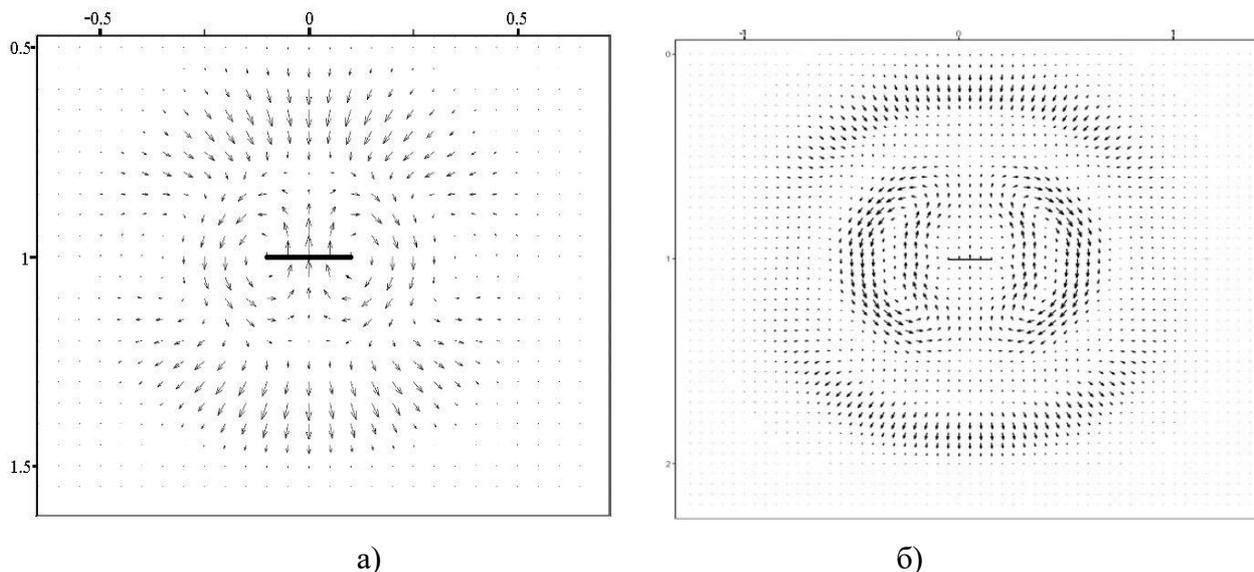


Рис. 4. Векторное поле скоростей до отражения ударных волн: а) $t = 0,5$ и б) $t = 1$.

Взаимодействие объемных и сдвиговых волн с дневной поверхностью и между собой (после отражения) порождают разные волны, среди них релеевские. На рис.5 заметно, как начинает формироваться волна вдоль дневной поверхности, образуя поверхностную волну Релея. В данной среде она распространяется со скоростью $c_R = 0,918 \cdot c_2$, т.е. близко к скорости распространения сдвиговой волны. Волны, идущие от трещины вниз, не встречая препятствий, рассеиваются с глубиной и с течением временем.

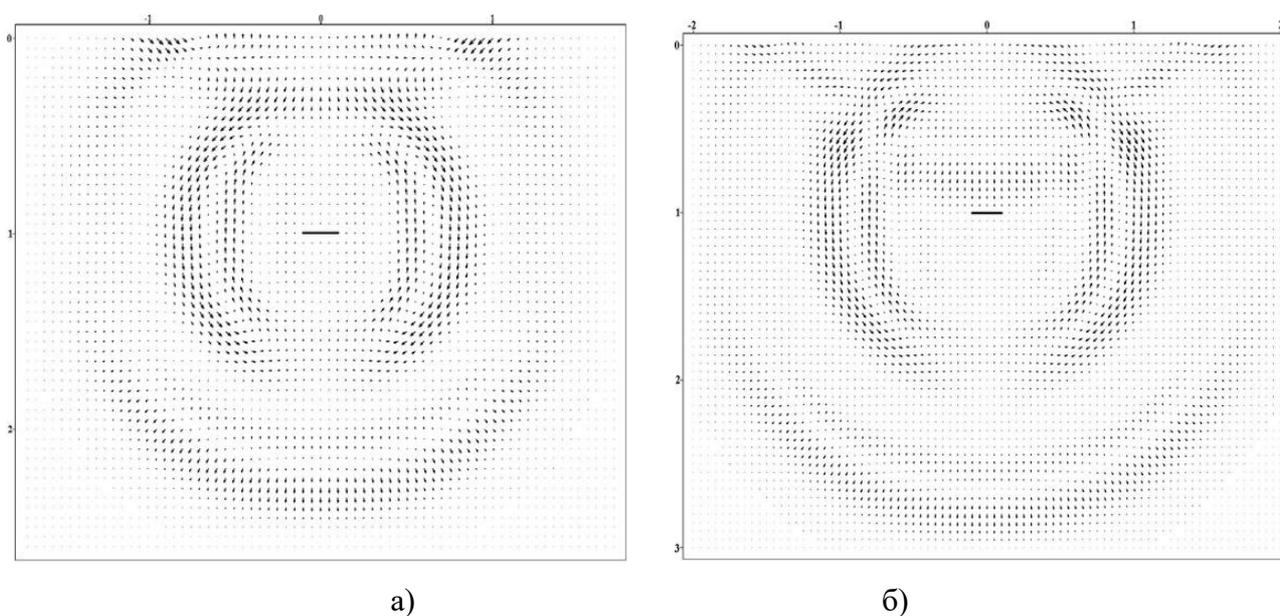


Рис. 5. Векторное поле скоростей после отражения ударных волн: а) $t = 1,5$ и б) $t = 2$

На рис.6 и 7 представлено изменение с течением времени компоненты нормальных напряжений на вертикальных площадках дневной поверхности и в глубине массива, по которым можно оценивать прочностные свойства массива при сейсмических воздействиях.

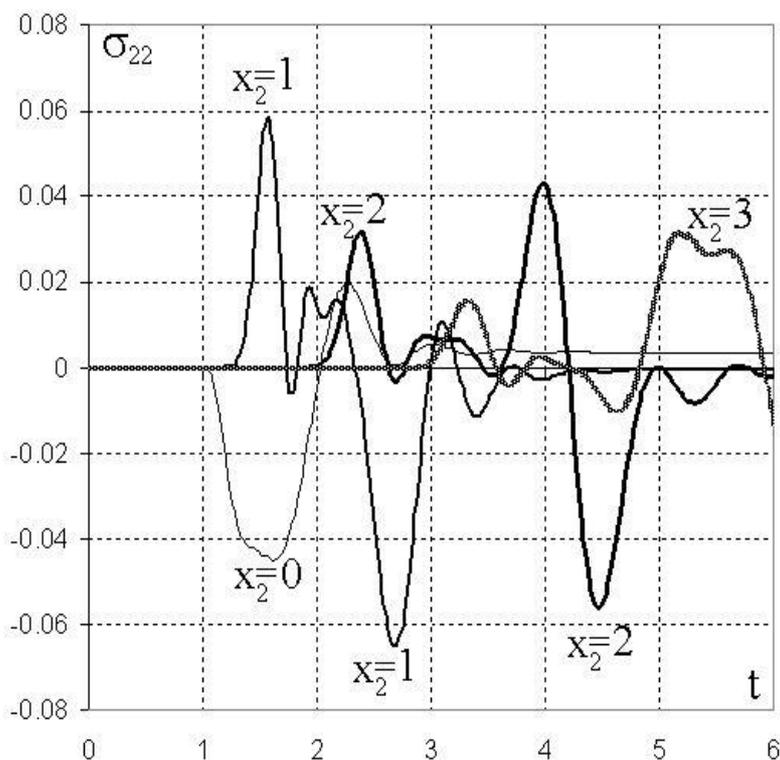


Рис. 6. Осциллограммы напряжений σ_{22} при $x_2=0; 1; 2; 3$: на поверхности $x_1=0$

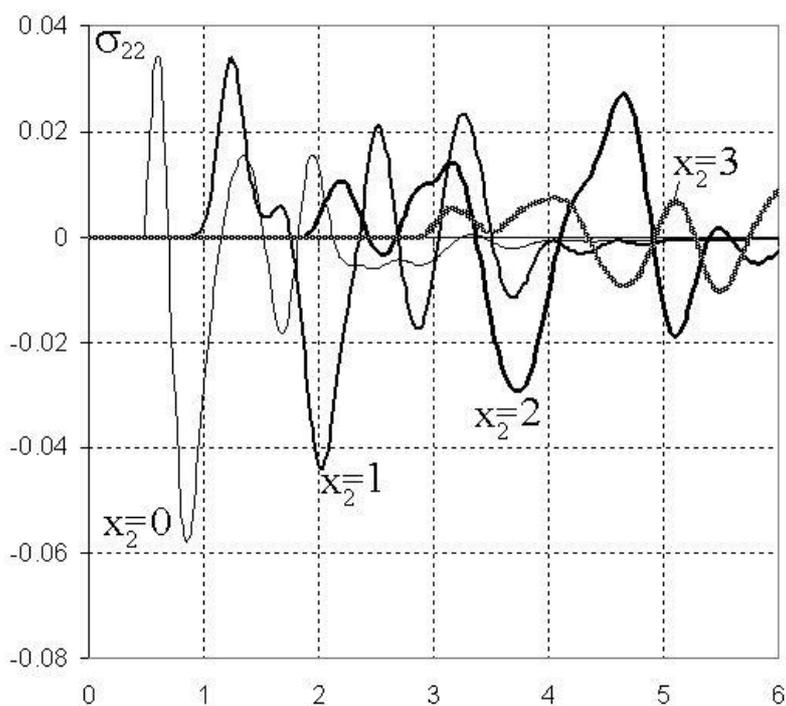


Рис. 7. Осциллограммы напряжений σ_{22}

при $x_2=0$; 1; 2; 3: на глубине $x_1=0,5$

Переход к размерным величинам производим по следующим формулам:

$$t = \frac{\bar{t} L}{c_1}; \quad x_i = \bar{x}_i L; \quad v_i = \bar{v}_i c_1; \quad \sigma_{ij} = \bar{\sigma}_{ij} \rho c_1^2;$$

где черта указывает на безразмерные величины. В частности, если взять $L = 100\text{м}$, расчетный интервал времени $(0; 6]$ окажется в реальности $(0; 1,73\text{с}]$, длина трещины $2d=20\text{м}$, в эпицентре $O(0; 0)$ максимальная по абсолютной величине скорость v_1 составит $62,28\text{м/с}$, а напряжение $\sigma_{22}=7,66\text{МН/м}^2$. Если взять $L = 100\text{км}$, то расчетный интервал времени $(0; 28,83\text{мин}]$, длина трещины $2d=20\text{км}$. А в эпицентре максимальная по абсолютной величине скорость v_1 и напряжение σ_{22} не изменятся ($v_1= 62,28\text{ м/с}$, $\sigma_{22}=7,66\text{МН/м}^2$).

ЛИТЕРАТУРА

1. **Дуйшеналиев Т.Б., Сарсенов Б.Т.** О динамике наземного сооружения в эпицентре землетрясения и вдали от него [Текст] // *Материалы X междунауч. конф. «Актуальные проблемы современных наук - 2014»*. -Премзел (Польша), 2014. -Том 23. - С. 48-50.
2. **Дуйшеналиев Т.Б., Сарсенов Б.Т.** Об одной математической модели динамики наземного сооружения [Текст] // *Уральский научный вестник. Серия Строительство и архитектура. Физика. Математика. № 24 (103)*. Урал, 2014. – С. 55-66.
3. **Сарсенов Б.Т.** Математические модели динамики массива в окрестности очага землетрясения. Дисс... канд. физ.-мат. наук. Бишкек, 2015.