

О МОДЕЛИРОВАНИИ СЕЙСМИЧЕСКОЙ ВОЛНЫ ПАРАЛЛЕЛЬНОЙ СВОБОДНОЙ ПОВЕРХНОСТИ УПРУГОЙ ПОЛУПЛОСКОСТИ

В.К. МУСАЕВ, *д-р техн. наук, профессор*
 Российский университет дружбы народов, Москва

Рассмотрена задача о воздействии плоской продольной сейсмической волны параллельной свободной поверхности упругой полуплоскости. Задача решается с помощью численного моделирования уравнений волновой теории упругости. Приводятся значения напряжений на контуре упругой полуплоскости.

В работах автора, например в статьях [1–8], рассмотрены решения динамических задач при волновых сейсмических воздействиях. Пусть от точки B параллельно свободной поверхности ABC (рис. 1) приложено нормальное давление σ_x , которое при $0 \leq n \leq 10$ ($n = t / \Delta t$) изменяется линейно от 0 до P , при $n \geq 10$ равно P ($P = \sigma_0 = 0,1$ МПа).

Граничные условия для контура $CDEA$: при $t > 0$ имеем $u = v = \dot{u} = \dot{v} = 0$. Отраженные волны от контура $CDEA$ не доходят до исследуемых точек при $0 \leq n \leq 200$. Контур ABC свободен от нагрузок, кроме точки B .

Расчеты проведены при следующих исходных данных:

$$H = \Delta x = \Delta y; \Delta t = 1,393 \cdot 10^{-6} \text{ с}; E = 3,15 \cdot 10^4 \text{ МПа}; \nu = 0,2;$$

$$\rho = 0,255 \cdot 10^4 \text{ кг/м}^3; C_p = 3587 \text{ м/с}; C_s = 2269 \text{ м/с}.$$

Исследуемая расчетная область имеет 14762 узловых точек и 14520 конечных элементов. Решается система уравнений из 59048 неизвестных. Результаты расчетов были получены в точках $A1 - A10$ и $B1 - B10$ (рис. 2).

Для примера на рис. 4–6 показано изменение контурного напряжения $\bar{\sigma}_k$ ($\bar{\sigma}_k = \sigma_k / |\sigma_0|$) во времени n в точках $A1 - A3$, находящихся на свободной поверхности упругой полуплоскости. Для примера на рис. 7–9 представлено изменение упругого нормального напряжения $\bar{\sigma}_x$ ($\bar{\sigma}_x = \sigma_x / |\sigma_0|$) во времени n в точках $B1 - B3$, находящихся около свободной поверхности упругой полуплоскости. Упругое контурное напряжение $\bar{\sigma}_k$ в исследуемых точках является

сжимающим. Контурное напряжение $\bar{\sigma}_k$ от точки $A1$ до точки $A10$ изменяется от значения $-1,138$ до значения $-1,157$ в пределах времени от $n = 43$ до $n = 61$. Увеличение значения контурного напряжения $\bar{\sigma}_k$ связано с наложением упругих плоских продольных и дифракционных волн.

Нормальное напряжение $\bar{\sigma}_x$ в исследуемых точках является сжимающим. Напряжение $\bar{\sigma}_x$ от точки $B1$ до точки $B10$ изменяется от значения $-1,093$ до значения $-1,108$ в пределах времени от $n = 44$ до $n = 61$. Увеличение значения нормального напряжения $\bar{\sigma}_x$ связано с наложением упругих плоских продольных и дифракцион-

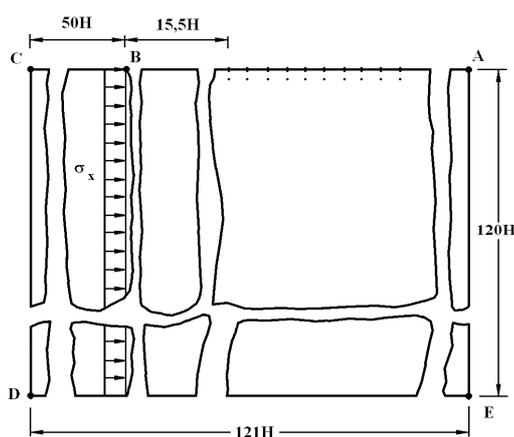


Рис. 1. Постановка задачи о воздействии плоской продольной сейсмической волны параллельной свободной поверхности упругой полуплоскости

ных волн. Значение максимального упругого нормального напряжения $\bar{\sigma}_x$ по сравнению со значением максимального упругого контурного напряжения $\bar{\sigma}_\kappa$ уменьшается в 1,044 раза.

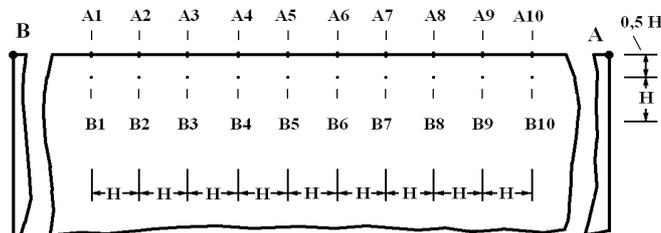


Рис. 2. Точки, в которых приводятся упругие напряжения во времени

Упругое нормальное напряжение $\bar{\sigma}_y$ в точках от точки B1 до точки B10 является очень маленьким. Растягивающее упругое нормальное напряжение $\bar{\sigma}_y$ от точки B1 до точки B10 изменяется от значения 0,015 до значения 0,017.

Сжимающее упругое нормальное напряжение $\bar{\sigma}_y$ от точки B1 до точки B10 изменяется от значения $-0,027$ до значения $-0,028$.

Упругое касательное напряжение $\bar{\tau}_{xy}$ в точках от точки B1 до точки B10 является маленьким. Растягивающее упругое касательное напряжение $\bar{\tau}_{xy}$ от точки B1 до точки B10 изменяется от значения 0,006 до значения 0,011.

Сжимающее упругое касательное напряжение $\bar{\tau}_{xy}$ от точки B1 до точки B10 изменяется от значения $\bar{\tau}_{xy} = -0,021$ до значения $\bar{\tau}_{xy} = -0,026$.

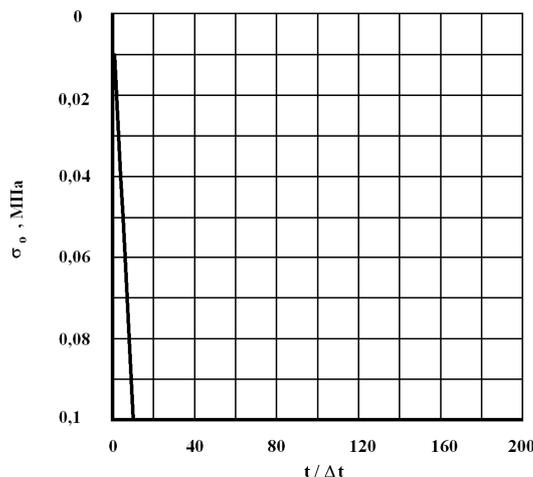


Рис. 3. Воздействие типа функции Хевисайда

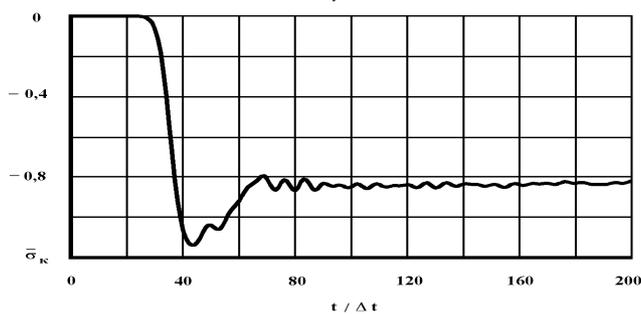


Рис. 4. Изменение упругого контурного напряжения $\bar{\sigma}_\kappa$ во времени $t/\Delta t$ в точке A1

Л и т е р а т у р а

1. Musayev V.K. Testing of stressed state in the structure-base system under non-stationary dynamic effects // Proceedings of the second International conference on recent advances in geotechnical earthquake engineering and soil dynamics. – St. Louis: University of Missouri-Rolla, 1991. – V. 3. – P. 87–97.

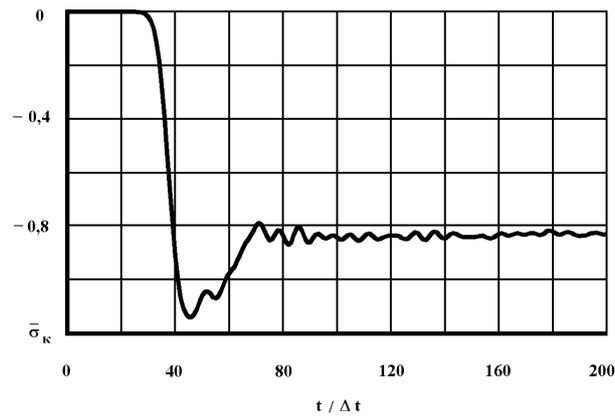


Рис. 5. Изменение упругого контурного напряжения $\bar{\sigma}_\kappa$ во времени $t/\Delta t$ в точке $A2$

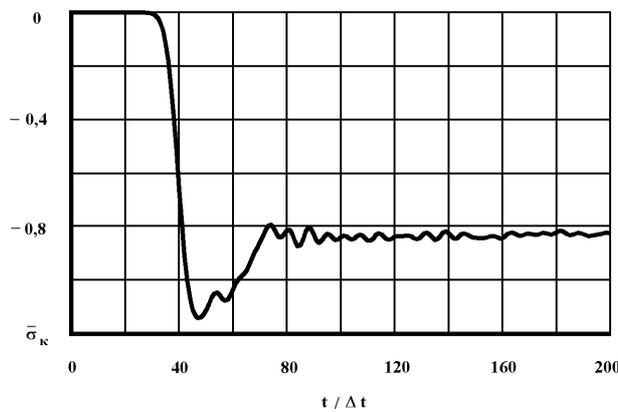


Рис. 6. Изменение упругого контурного напряжения $\bar{\sigma}_\kappa$ во времени $t/\Delta t$ в точке $A3$

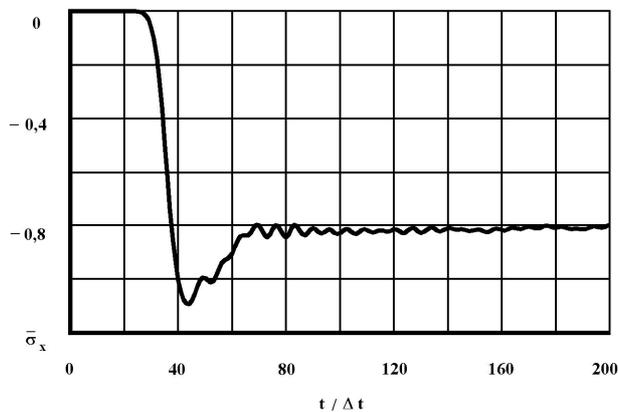


Рис. 7. Изменение упругого нормального напряжения $\bar{\sigma}_x$ во времени $t/\Delta t$ в точке $B1$

2. Мусаев В.К. Численное решение волновых задач теории упругости и пластичности // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия прикладная математика и информатика. – 1997. – № 1. – С. 87–110.

3. Мусаев В.К. Математическое моделирование и прогнозирование безопасности сооружений // Вопросы мелиорации. – № 1–2. – 1998. – С. 94–96.

4. Мусаев В.К. Математическое моделирование и прогнозирование безопасности сооружений с окружающей средой при природных и техногенных нестационарных динамических воздействиях // Пленарные доклады и тезисы выступлений Международного симпозиума «Партнерство во имя жизни – снижение риска чрезвычайных ситуаций, смягчение последствий аварий и катастроф». – М.: ВНИИ ГОЧС, 1998. – С. 208.

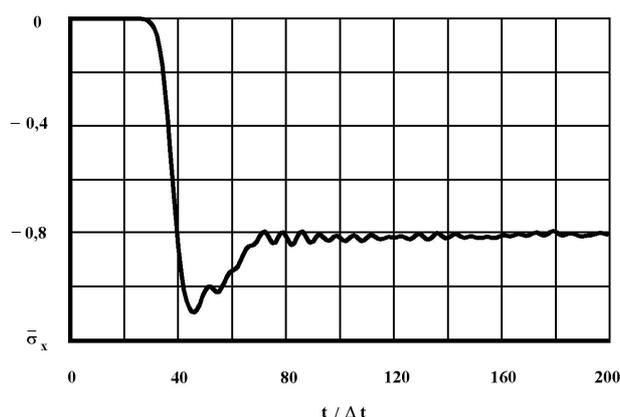


Рис. 8. Изменение упругого нормального напряжения $\bar{\sigma}_x$ во времени $t / \Delta t$ в точке $B2$

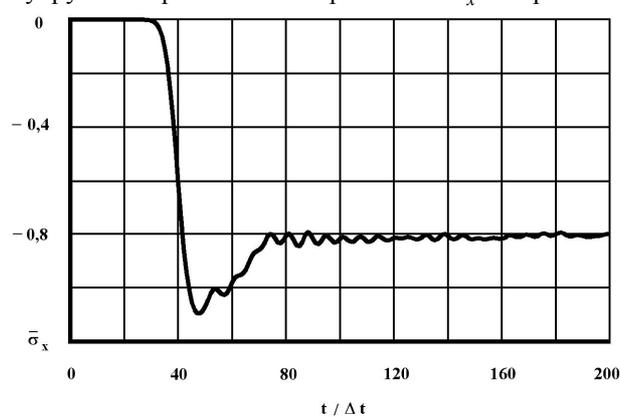


Рис. 9. Изменение упругого нормального напряжения $\bar{\sigma}_x$ во времени $t / \Delta t$ в точке $B3$ в задаче без полости

5. *Мусаев В.К.* Некоторые вопросы в области разработки методики и решения практических задач при нестационарных волновых воздействиях// Техносферная безопасность, надежность, качество, энергосбережение: ТЗ8. Материалы Всероссийской научно-практической конференции. – Ростов-на-Дону: РГСУ, 2003. – С. 407–412.

6. *Мусаев В.К.* Постановка задачи и реализация алгоритма решения нестационарной упругой волновой задачи математической теории упругости// Техносферная безопасность, надежность, качество, энергосбережение: ТЗ8. Материалы Всероссийской научно-практической конференции. – Ростов-на-Дону: РГСУ, 2003. – С. 416–422.

7. *Мусаев В.К.* Решение задачи о нестационарной безопасности сложных геотехнических систем с помощью вычислительного эксперимента// Тезисы докладов ХLI Всероссийской научной конференции по проблемам математики, информатики, физики и химии. Секции физики. – М.: РУДН, 2005. – С. 32–33.

8. *Мусаев В.К.* Решение задачи о распространении плоских продольных сейсмических волн в упругой полуплоскости// Техносферная безопасность, надежность, качество, энерго и ресурсосбережение: ТЗ8. Материалы Межд. научно- практ. конференции. Выпуск IX. – Ростов-на-Дону: РГСУ, 2007. – С. 264–269.

ON MODELLING THE SEISMIC WAVE OF THE PARALLEL FREE SURFACE ELASTIC TO THE FLOORPLANE

V.K. Musayev

The problem of influence of a flat longitudinal seismic wave of a parallel free surface elastic to a floorplane is considered. The task in view is solved by means of numerical modelling the equations of the wave theory of elasticity.

Pressure on contour elastic to a floorplane is resulted.