

необходимо обеспечить в данную сферу деятельности приток финансирования и трудовых ресурсов. Для этого необходимо вывести данные исследования на государственный уровень, так как изобретенные модели являются необходимыми элементами государственной безопасности.

Литература:

1. *Hans Kaper, Hans Engler. Mathematics and Climate.* – Society for Industrial & Applied Mathematics, U.S., 2013. – 317 p.

2. *Дымников В.П., Лыкосов В.Н., Володин Е.М.* Проблемы моделирования климата и его изменений//Известия РАН. Физика атмосферы и океана. – 2006. – Т. 42. №. 5. – С. 618-636.

3. *Дымников В.П., Лыкосов В.Н., Володин Е.М.* Моделирование климата и его изменений: современные проблемы//Вестник Российской академии наук. – 2012. – Т. 82. №. 3. – Р. 227-227.

4. *Voldoire A. et al. The CNRM-CM5. 1 global climate model: description and basic evaluation//Climate dynamics.* – 2013. – Т. 40. №. 9-10. – Р. 2091-2121

5. *Volodin E.M., Dianskii N.A., Gusev A.V.* Simulating present-day climate with the INMCM4. 0 coupled model of the atmospheric and oceanic general circulations//Izvestiya, Atmospheric and Oceanic Physics. – 2010. – Т. 46. №. 4. – Р. 414-431.

---

**Мусаев В.К.**

**Моделирование упругих волн напряжений в десятиэтажном здании (основание: полуплоскость) при нестационарном сейсмическом воздействии**

**Аннотация:** Целью работы является рассмотрение проблем численного моделирования сейсмической безопасности десятиэтажного здания с основанием в виде упругой полуплоскости при нестационарных волновых воздействиях. Получены контурные напряжения и компоненты тензора напряжений. На основании проведенных исследований можно сделать следующий вывод: упругое контурное напряжение на гранях здания является почти зеркальным отражением одна другой, то есть антисимметричным; на контурах здания при

сейсмическом воздействии в основном преобладают изгибные волны.

**Ключевые слова:** математическое моделирование, волновая теория сейсмической безопасности, механика деформируемой среды, упругие волны, распространение волн, десятиэтажное здание, упругая полуплоскость, контурное напряжение, изгибные волны

Импульсное воздействие характеризуется внезапностью приложения и кратковременностью действия. В деформируемом теле при импульсном воздействии возникают возмущения различной природы. Волны напряжений различной природы, распространяясь, в деформируемом теле взаимодействуют, друг с другом, что приводит к образованию новых областей возмущений, перераспределению напряжений и деформаций. После трехкратного или четырехкратного прохождения и отражения волн напряжений в теле процесс распространения возмущений становится установившимся, напряжения и деформации усредняются, тело находится в колебательном движении.

Некоторые вопросы в области моделирования нестационарных динамических задач рассмотрены в следующих работах [1–6].

В работах [2–6] приведена информация о физической достоверности и математической точности моделирования нестационарных волн напряжений в деформируемых телах с помощью рассматриваемого численного метода, алгоритма и комплекса программ.

Рассматривается задача о воздействии плоской продольной упругой волны в виде функции Хевисайда на десятиэтажное здание с основанием (рисунок 1).

Начальные условия приняты нулевыми. От точки  $F$  параллельно свободной поверхности  $ABEFG$  приложено нормальное напряжение  $\sigma_x$ , которое при  $0 \leq n \leq 11$  ( $n = t/\Delta t$ ) изменяется линейно от 0 до  $P$ , а при  $n \geq 11$  равно  $P$  ( $P = \sigma_0$ ,  $\sigma_0 = 0,098$  МПа ( $1 \text{ кгс/см}^2$ )).

Граничные условия для контура  $GHIA$  при  $t > 0$   $u = v = \dot{u} = \dot{v} = 0$ . Отраженные волны от контура  $GHIA$  не доходят до исследуемых

точек при  $0 \leq n \leq 2000$ . Контур ABCDEFG свободен от нагрузок, кроме точки F.

При расчетах приняты следующие исходные данные:  
 $H = \Delta x = \Delta y$ ;  $\Delta t = 2,788 \cdot 10^{-6}$  с;  $E = 3,09 \cdot 10^4$  МПа ( $3,15 \cdot 10^5$  кгс/см<sup>2</sup>);  $\nu = 0,2$ ;  $\rho = 0,25 \cdot 10^4$  кг/м<sup>3</sup> ( $0,255 \cdot 10^5$  кгс/см<sup>3</sup>);  $C_p = 3587$  м/с;  $C_s = 2269$  м/с.

Решается система уравнений из 162020276 неизвестных.

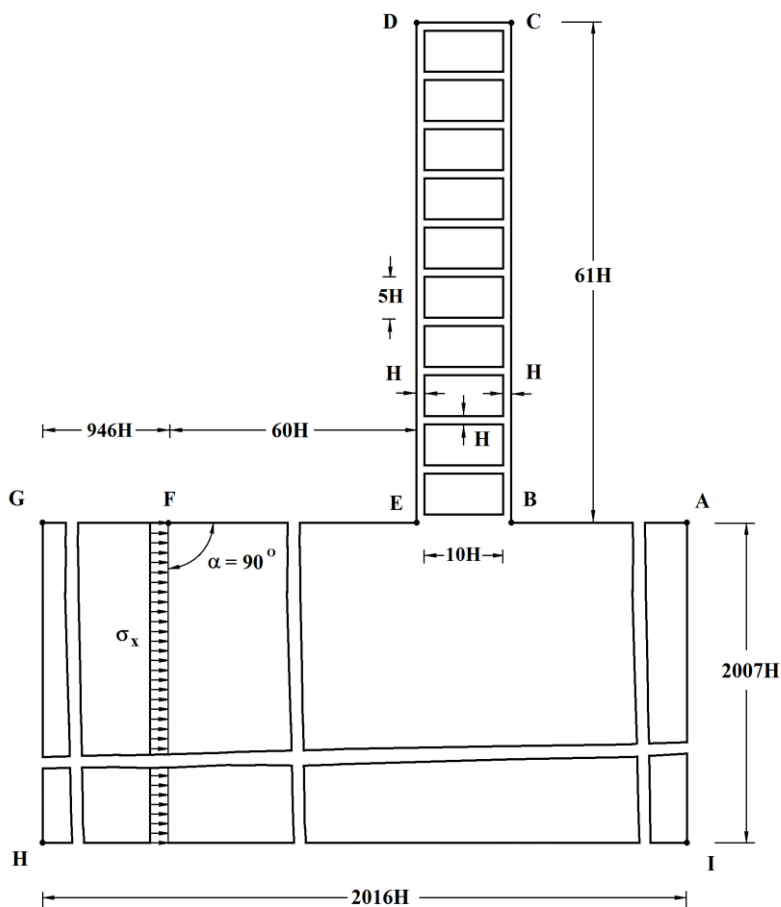


Рисунок 1 – Постановка задачи для десятиэтажного здания с упругим основанием (полуплоскость)

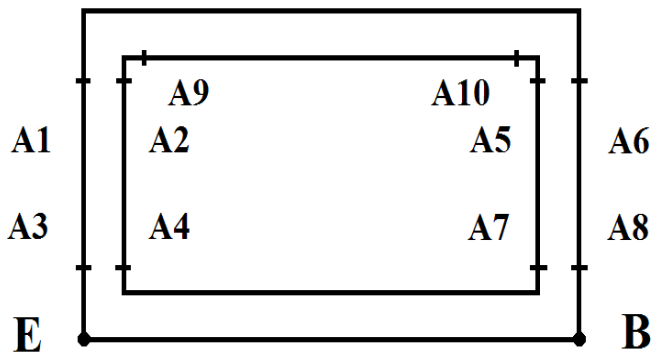


Рисунок 2 – Точки, в которых получены контурные напряжения в десятиэтажном здании

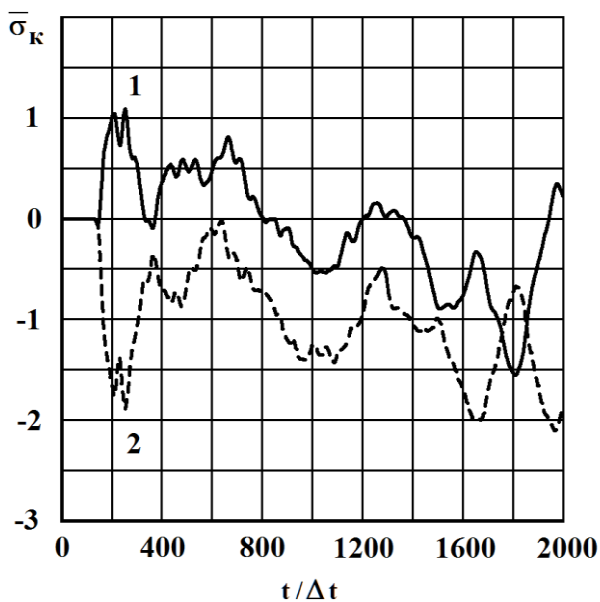


Рисунок 3 – Изменение упругого контурного напряжения  $\bar{\sigma}_k$  в точках 1 и 2 на контуре десятиэтажного здания во времени  $t/\Delta t$

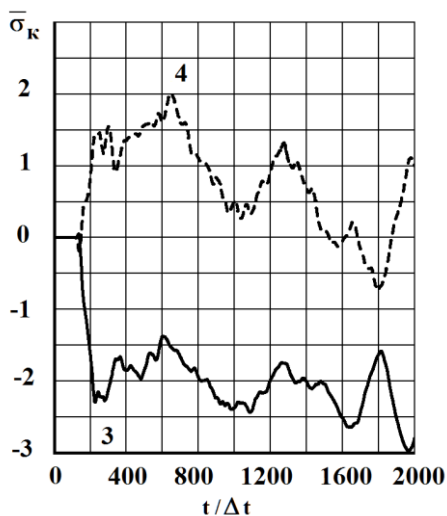


Рисунок 4 – Изменение упругого контурного напряжения  $\bar{\sigma}_k$  в точках 3 и 4 на контуре десятиэтажного здания во времени  $t/\Delta t$

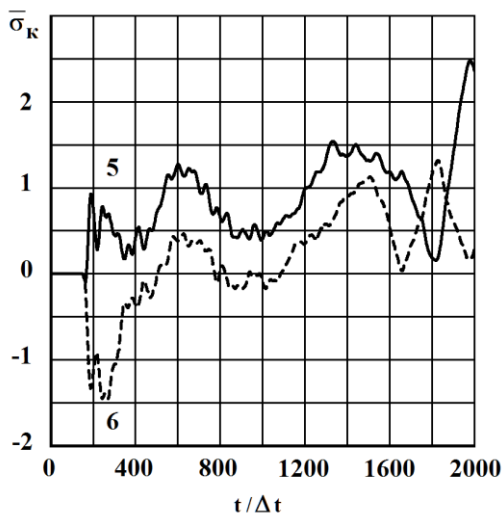


Рисунок 5 – Изменение упругого контурного напряжения  $\bar{\sigma}_k$  в точках 5 и 6 на контуре десятиэтажного здания во времени  $t/\Delta t$

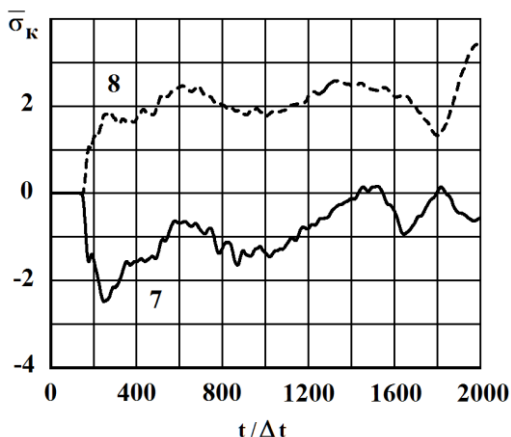


Рисунок 6 – Изменение упругого контурного напряжения  $\bar{\sigma}_k$  в точках 7 и 8 на контуре десятиэтажного здания во времени  $t/\Delta t$

На рисунках 3–6 показано изменение контурных напряжений  $\bar{\sigma}_k$  в десятиэтажном здании (рисунок 2) во времени  $t/\Delta t$ .

Выводы:

1. Десятиэтажное здание моделируется с упругим основанием в виде упругой полуплоскости.
2. Упругое контурное напряжение на гранях десятиэтажного здания является почти зеркальным отражением одна другой, то есть антисимметричным.
3. Десятиэтажное здание при сейсмическом воздействии работает как стержень переменного сечения, то есть если на одной грани растягивающие напряжения, то на другой сжимающие напряжения.
4. На контурах десятиэтажного здания при сейсмическом воздействии в основном преобладают изгибные волны.

Литература:

1. Мусаев В.К. О моделировании сейсмической волны параллельной свободной поверхности упругой полуплоскости//Строительная механика инженерных конструкций и сооружений. – 2009. – № 4. – С. 61-64.

2. *Мусаев В.К.* Вычислительный эксперимент в задачах моделирования нестационарных волн напряжений в областях сложной формы//Исследования по теории сооружений. – 2010. – № 2. – С. 138-149.

3. *Мусаев В.К.* О моделировании отражения упругих волн напряжений от свободной поверхности деформируемой области//Двойные технологии. – 2012. – № 4. – С. 61–64.

4. *Мусаев В.К.* О достоверности результатов математического моделирования нестационарных волн напряжений в объектах сложной формы//Строительная механика инженерных конструкций и сооружений. – 2014. – № 3. – С. 71-76.

5. *Musayev V.K.* On the mathematical modeling of nonstationary elastic waves stresses in corroborated by the round hole//International Journal for Computational Civil and Structural Engineering. – 2015. – Volume 11. Issue 1. – P. 147-156.

6. *Musayev V.K.* Mathematical modeling of seismic nonstationary elastic waves stresses in Kurpsai dam with a base (half-plane)//International Journal for Computational Civil and Structural Engineering. – 2016. – Volume 12. Issue 3. – P. 73-83.

---

## **Мусаев В.К.**

### **Математическое моделирование гасителя волн (резина) в консоли с упругим основанием при нестационарном сейсмическом воздействии**

**Аннотация:** Целью работы является рассмотрение проблем численного моделирования гасителя волн (резина) между консолью и упругим основанием при нестационарных сейсмических волновых воздействиях. На основании проведенных исследований можно сделать следующие выводы: гаситель волн существенно уменьшает величины растягивающих и сжимающих напряжений в консоли; упругое контурное напряжение на гранях консоли является почти зеркальным отражением одна другой, то есть антисимметричным; на контурах консоли при сейсмическом воздействии в основном преобладают изгибные волны.