

Мусаев В.К.

Математическое моделирование ударного воздействия (переходной процесс) на десятиэтажное здание с подвалом

Аннотация: Приводится информация о компьютерном моделировании нестационарного сосредоточенного ударного воздействия на десятиэтажное здание с подвалом. Решена задача о компьютерном (цифровом) моделировании нестационарных волн при сосредоточенном ударном воздействии на десятиэтажное здание с подвалом.

Ключевые слова: механика быстропротекающих процессов, ударные воздействия, подвальный этаж, десятиэтажное здание, импульс в виде трапеции, комплекс программ Мусаева В.К.

Рассматриваемая научная работа является продолжением ранее полученных результатов. Такой подход к исследованию новых задач, которые опираются на предыдущие результаты, могут быть выполнены, если изначально была принята постановка и реализация задач с использованием методов фундаментальной науки.

В основе этих исследований заложены методы вычислительной механики деформируемых тел с возможностями языков программирования и вычислительных машин.

В работе приводится цифровое (численное) решение задачи о моделировании нестационарных волн (ударное воздействие) в подвале десятиэтажного здания с упругой полуплоскостью.

Переходные процессы очень важны для оценки безопасности сложных технических систем при чрезвычайных ситуациях природного, техногенного и антропогенного характера.

Исследования выполнялись с помощью уравнений нестационарной волновой теории упругости.

Волновые нестационарные процессы проходят очень быстро, поэтому материал исследуемого деформируемого тела не успевает перейти за пределы упругости и тем самым в нем возникают трещины и отколы.

Основное напряженное состояние в исследуемом объекте формируется при переходном процессе, то есть нестационарном волновом.

Применение рассматриваемого численного метода, алгоритма и комплекса программ для решения нестационарных волновых задач в деформируемых телах сложной (различной) формы приведено в работах [1-6].

Оценка точности и достоверности (верификация) рассматриваемого численного метода, алгоритма и комплекса программ приведена в следующих работах [1, 5-6].

Приводится численное решение задачи о моделировании нестационарных волн при сосредоточенном ударном воздействии на десятиэтажное здание с подвалом.

Приближенное значение уравнения движения в теории упругости приведено в следующих работах [1-6].

В работах приведена информация о явной двухслойной схеме [1-6].

Шаг по времени для устойчивости явной двухслойной схемы для внутренних и граничных узловых точек на квазирегулярных сетках приведен в следующих работах [1-6].

С помощью метода конечных элементов (цифровое моделирование), линейную задачу с начальными и граничными условиями привели к линейной задаче Коши.

Задание различных физических свойств, для каждого конечного элемента, позволяет с помощью метода конечных элементов решать динамические задачи теории упругости для областей сложной (различной) формы [1-6].

На основе метода конечных элементов разработана методика, разработан алгоритм и составлен комплекс программ для решения двумерных волновых задач динамической теории упругости [1-6].

Расчеты проводились при следующих единицах измерения: килограмм-сила (кгс); сантиметр (см); секунда (с).

Рассматривается задача о моделировании напряженного состояния в десятиэтажном здании с подвальным этажом (рисунок 1) при сосредоточенном ударном воздействии (рисунок 2).

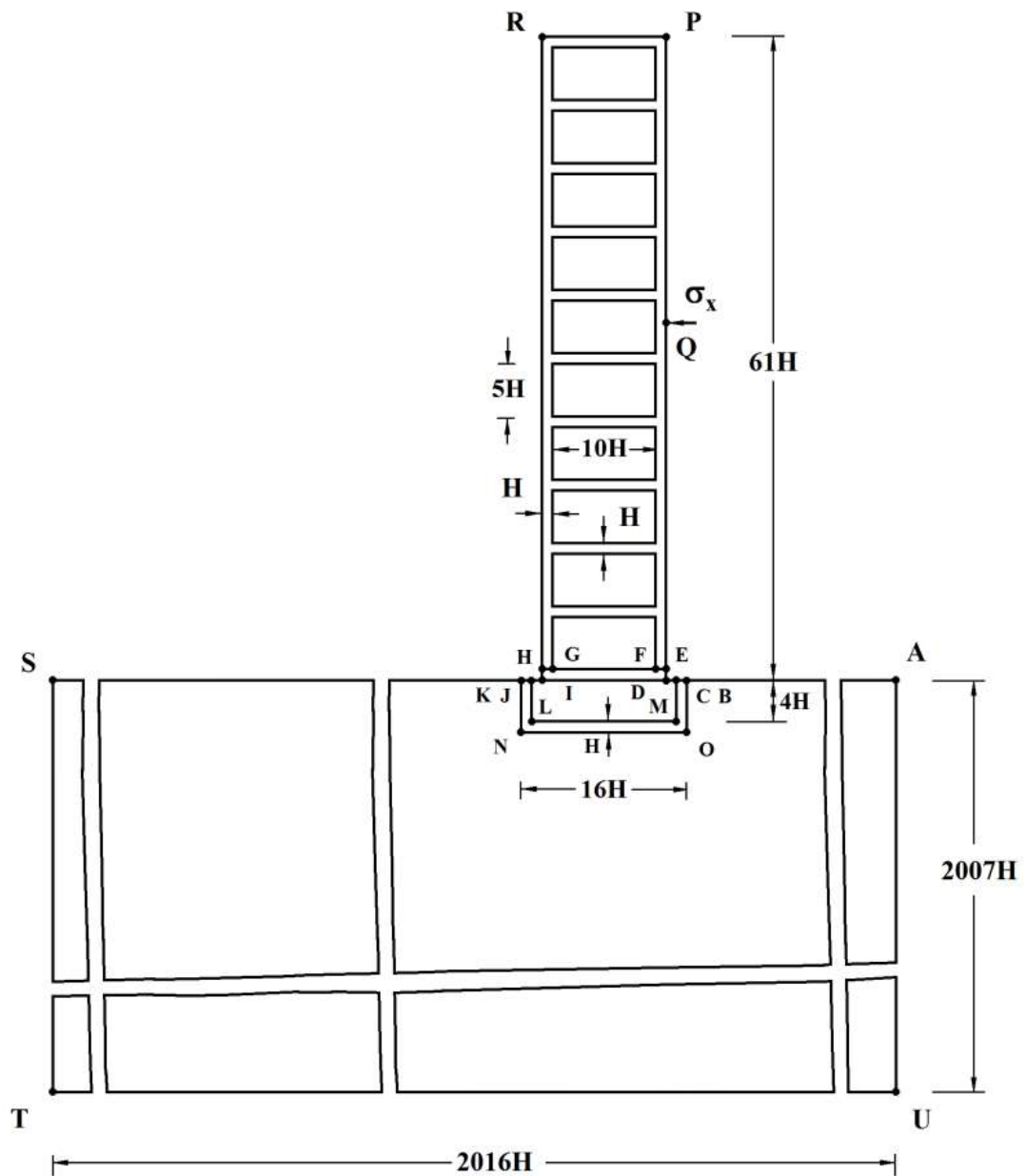


Рисунок 1 – Постановка задачи для десятиэтажного здания с упругим основанием в виде полуплоскости при сосредоточенном ударном воздействии. Схема Мусаева В.К.

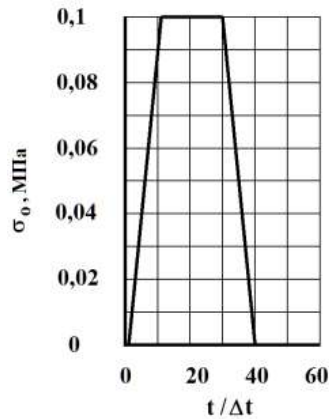


Рисунок 2 – Ударное воздействие в виде трапеции.
График Мусаева В.К.

Исследуемая задача впервые решена Мусаевым В.К. с помощью разработанной методики, алгоритма и комплекса программ [1-6].

Начальные условия приняты нулевыми. В точке Q приложено нормальное напряжение σ_x , которое при $0 \leq n \leq 11$ ($n = t/\Delta t$) изменяется от 0 до P , а при $11 \leq n \leq 30$ равно P и при $31 \leq n \leq 40$ изменяется от P до 0 ($P = \sigma_0$, $\sigma_0 = -0,1$ МПа (-1 кгс/см²)). Граничные условия для контура $STUA$ при $t > 0$ $u = v = \dot{u} = \dot{v} = 0$.

Отраженные волны от контура $STUA$ не доходят до исследуемых точек при $0 \leq n \leq 500$.

При расчетах приняты следующие исходные данные: $H = \Delta x = \Delta y$; $\Delta t = 2,788 \cdot 10^{-6}$ с; $E = 3,15 \cdot 10^4$ МПа ($3,15 \cdot 10^5$ кгс/см²); $\nu = 0,2$; $\rho = 0,255 \cdot 10^4$ кг/м³ ($0,255 \cdot 10^{-5}$ кгс с²/см⁴); $C_p = 3587$ м/с; $C_s = 2269$ м/с.

Решается система уравнений из 16202276 неизвестных. Контурное напряжение $\bar{\sigma}_k$ получено в точках A1-A10 (рисунок 3).

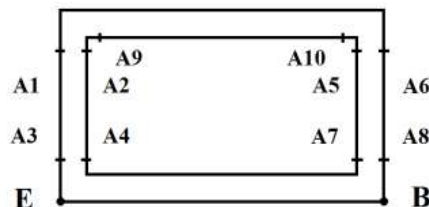


Рисунок 3 – Точки, в которых получены упругие напряжения во времени. Схема Мусаева В.К.

В точках $A1$ и $A6$ (рисунки 4, 5) показано изменение контурного напряжения $\bar{\sigma}_k$ в десятиэтажном здании с подвальным этажом во времени $t/\Delta t$.

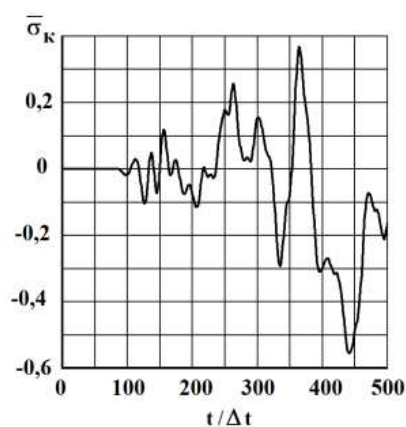


Рисунок 4 – Изменение упругого контурного напряжения $\bar{\sigma}_k$ в точке $A1$ на контуре десятиэтажного здания во времени $t/\Delta t$.
График В.К. Мусаева

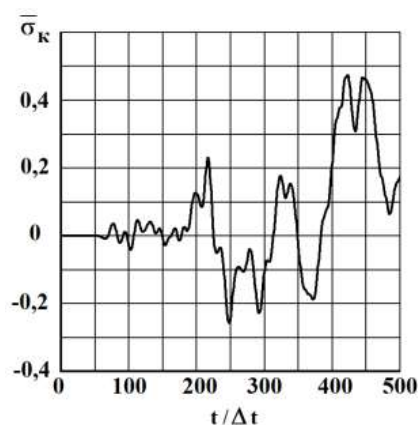


Рисунок 5 – Изменение упругого контурного напряжения $\bar{\sigma}_k$ в точке $A6$ на контуре десятиэтажного здания во времени $t/\Delta t$.
График В.К. Мусаева

Выводы

1. Исследования в рассматриваемой научной работе являются продолжением ранее полученных результатов. Такой подход к исследованию новых задач, которые опираются на предыдущие научные результаты, могут быть выполнены, если изначально была принята постановка и реализация задач с использованием методов фундаментальной науки. Этот выбор можно было сделать благодаря

применению методов вычислительной (компьютерной) механики деформируемых тел с возможностями языков программирования и вычислительным машин.

2. Составлен комплекс программ для решения нестационарной динамической задачи теории упругости для областей разной (сложной) формы.

3. Десятиэтажное здание с подвальным этажом и упругим основанием моделируется с помощью метода конечных элементов (математическое моделирование). Ударное воздействие моделируется в виде трапеции. Решается система уравнений из 16202276 неизвестных.

4. В характерных точках получены контурные напряжения.

Литература:

1. *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.

2. *Musayev V.K.* Mathematical modeling of non-stationary elastic waves stresses under a concentrated vertical exposure in the form of delta functions on the surface of the half-plane (Lamb problem) // International Journal for Computational Civil and Structural Engineering. – 2019. – Volume 15. Issue 2. – P. 111-124.

3. *Мусаев В.К.* Математическое моделирование нестационарных упругих волн напряжений (переходной процесс) при воздействии (вертикальное сосредоточенное в виде треугольного импульса) на поверхность полуплоскости (задача Лэмба) // Геология и геофизика Юга России. – 2020. – № 4. – С. 164-174.

4. *Мусаев В.К.* Математическое моделирование волн напряжений при сосредоточенном вертикальном воздействии в виде треугольного импульса: задача Лэмба // Строительная механика инженерных конструкций и сооружений. – 2021. – № 2. – С. 112-120.

5. *Мусаев В.К.* Математическое моделирование нестационарных волн напряжений в деформируемых телах при ударных, взрывных и сейсмических воздействиях. – М.: Российский университет транспорта, 2021. – 629 с.

6. Мусаев В.К. Защита нарушенного авторского права (плагиат) в Пушкинском городском, Московском областном и Верховном Судах Российской Федерации. – М.: Российский университет транспорта, 2021. – 874 с.

DOI: 10.25728/iccss.2022.50.37.042

Кацко Д.И., Кацко А.И.

К вопросу о повышении безопасности проектирования природно-технических систем

Аннотация: При строительстве сооружений гидротехнического, гражданского, промышленного назначений, автомобильных и железных дорог возникает задача вероятностного анализа опасностей и их учета при проектировании. В работе показано, что использование экстремальных законов распределения (Вейбулла, Гамма и др.) при оценке устойчивости откосов и склонов может лучше соответствовать эмпирическому распределению, полученному в результате имитационного эксперимента.

Ключевые слова: безопасность, метод Монте-Карло; оползень, откос, закон распределения, метод Феллениуса

Для расчета устойчивости склона в геотехнических программах есть возможность задания законов распределения входных параметров: сцепления, угла внутреннего трения и др., однако остается не понятным, каким законам распределения в таком случае будет подчиняться коэффициент устойчивости [1]. Для ответа на этот вопрос была разработана методика вероятностной оценки устойчивости склона, основанная на имитационном моделировании (метод Монте-Карло) с различными законами распределения.

На примере тестовой задачи проведен имитационный эксперимент [2]. Рассматривался однородный склон с известными геометрическими параметрами склона и физико-механическими свойствами грунта.

Для решения использовался простейший метод Феллениуса (1), расчет которого был перенесен в MS Excel [3] для анализа рисков по методу Монте-Карло [4] с помощью надстройки – @RISK