

11. Вишневский, Л. И. Проектирование пропульсивного комплекса судна ограниченного района плавания на базе современных методов вычислительной гидродинамики / Л. И. Вишневский, Г. В. Егоров, Б. И. Станков, А. В. Печенок // Судостроение, 2006. – № 2.

12. Шишаева, А. С. Оптимизация положения элементов механизированного крыла с использованием программных комплексов FlowVision-НРС и IOSO / А. С. Шишаева, И. В. Москалев С.В. Жлуктов и др. // САПР и графика. – 2010. – № 9.

13. Аксенов, А. А. Программный комплекс FlowVision как современный инструмент проектирования судовых обводов / А. А. Аксенов, С. В. Жлуктов, А. С. Петров // Судостроение. – 2013. – № 4.

УДК 624.131.552

Эффективность демпфирования поверхностных волн в грунте при помощи инерционных плит переменной жесткости

Повколас К. Э.¹, Ali Abdullah Al-Robay², Saadoon Sura²

¹Белорусский национальный технический университет,

Минск, Республика Беларусь

²University of Al-Qadisiyah

Diwaniya, Iraq

Выполнено численное моделирование методом конечных элементов процессов демпфирования колебаний, распространяющихся в верхней толще грунтовой среды за счет размещения на пути их распространения барьеров в виде инерционных плит, выполненных из бетона. Рассмотрено несколько расчетных схем барьеров с различной конфигурацией их поперечных сечений при равном объеме бетона. Выявлены наиболее эффективные конструктивные решения. В качестве критерия эффективности принято относительное снижение вертикальных колебаний поверхности грунта за барьером.

Введение

Целью данной работы является выбор наиболее эффективного способа виброизоляции зданий и сооружений от вибраций, распространяющихся в грунтовой среде, от фундамента под машину, за счет устройства инерционного барьера из бетона на пути распространения колебаний. Для достижения поставленной цели выполнено численное 3D моделирование взаимодействия грунтовых волн с инерционными барьерами при их различных геометрических параметрах, но одинаковом объеме бетона.

Обоснование эффективности использования горизонтального барьера вокруг застройки для защиты от сейсмических волн изложена в работах [1; 2]. В них рассмотрена плоская задача метода конечных элементов. Сделан вывод об определяющем влиянии плотности, модуля упругости и геометрии барьера на эффективность его применения. Идея основана на теореме П. Чандвика [3], согласно которой поверхностные волны не могут распространяться, если смещения поверхности полупространства ограничены. В работе [4] приведены результаты расчетов в пространственной постановке с различными геометрическими параметрами барьера в виде заглубленной плоской бетонной плиты и частотным составом вынужденных колебаний от точечного источника. Отмечено, что снижение вертикальных амплитуд колебаний поверхности грунта за барьером может достигать 87 %.

Результаты численного моделирования виброизоляции при помощи инерционных плит

Моделирование систем «источник колебаний – среда распространения с барьером и без него» выполнялось методом конечных элементов. Грунтовый массив моделировался как упругая инерционная среда с демпфированием колебаний согласно гипотезе Релея. Расчетная схема грунтового массива, с расположенными на нем фундаменте под машину и инерционной плитой приводится на рис. 1.

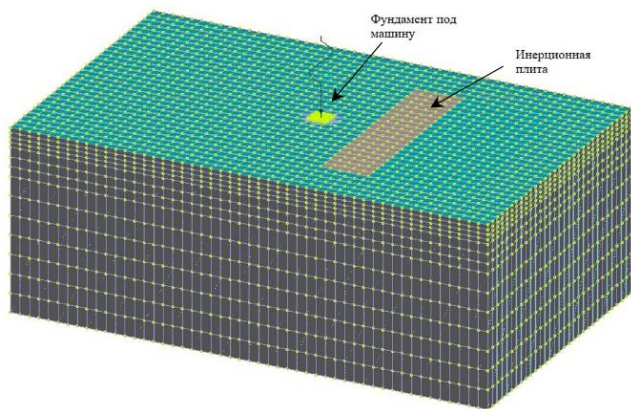


Рис. 1. Расчетная конечно-элементная схема грунтового массива с заглубленным горизонтальным барьером

Расчётная схема (рис. 1) представляет собой упругий массив размерами 50*30*19 м, состоящий из 55920 конечных элементов, на котором расположены бетонный фундамент под машину с размерами в плане 1,5×1,5 м

толщиной 1,0 м и барьер, выполняемый в нескольких конструктивных вариантах (рис. 2), при неизменном объеме (100 м^3) и длине барьера (размер перпендикулярный направлению распространения продольной волны) равной 20 м. К центру фундамента прикладывалась вертикальная динамическая нагрузка в виде синусоиды с амплитудой 100 т, продолжительностью t равной 0,6 сек. и частотой 25 Гц. Грунтовая среда с удельным весом 20 кН/м^3 , динамическим модулем упругости $E = 150 \text{ МПа}$ и коэффициентом Пуассона $\nu = 0,3$. Расчет производится в ПК «LIRA 10.8». Время интегрирования – 1 сек. Поверхность боковых и нижней граней грунтового массива моделировались пластинчатыми конечными элементами «неотражаемые границы» для исключения эффекта увеличения колебаний вследствие их отражения

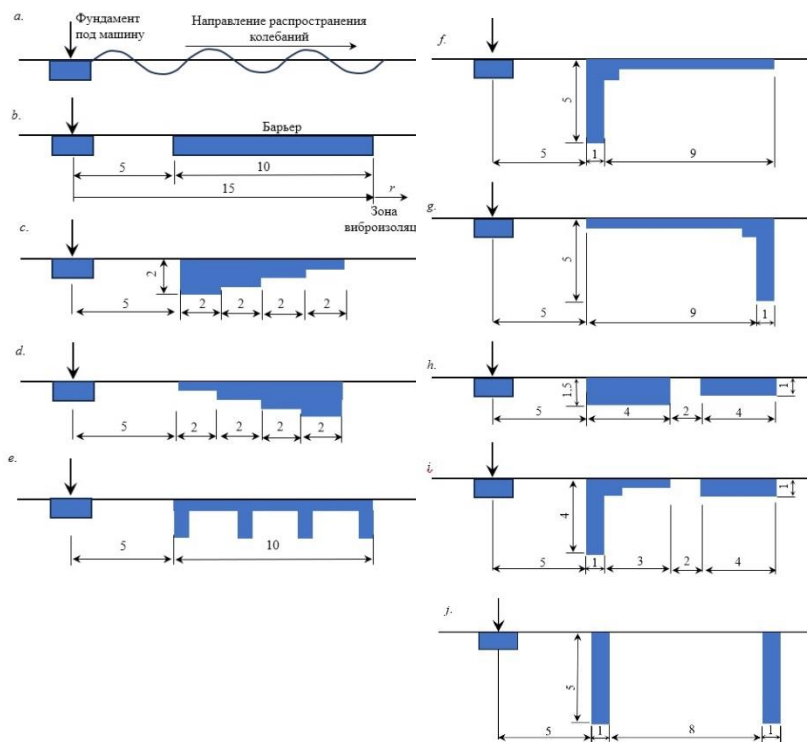


Рис. 2. Схемы виброизоляционных барьеров $a - j$

Для примера, на рис. 3 приводятся изополя вертикальных перемещений поверхности грунтового массива спустя 0,22 сек. после приложения дина-

мической нагрузки при наличии бетонной плиты толщиной 1 м (схема *b* на рис. 2).

Картина распределения изополей вертикальных перемещений на рис. 3 иллюстрирует искажение волновых полей и уменьшение амплитуд вертикальных колебаний при наличии препятствия в виде бетонной плиты (справа от источника колебаний).

Изменения амплитуд вертикальных перемещений поверхности массива A_r , начиная с расстояния 15 м от источника колебаний (см. рис. 3*b*) за барьером в зависимости от расстояния r от края барьеров представлены на рис. 4.

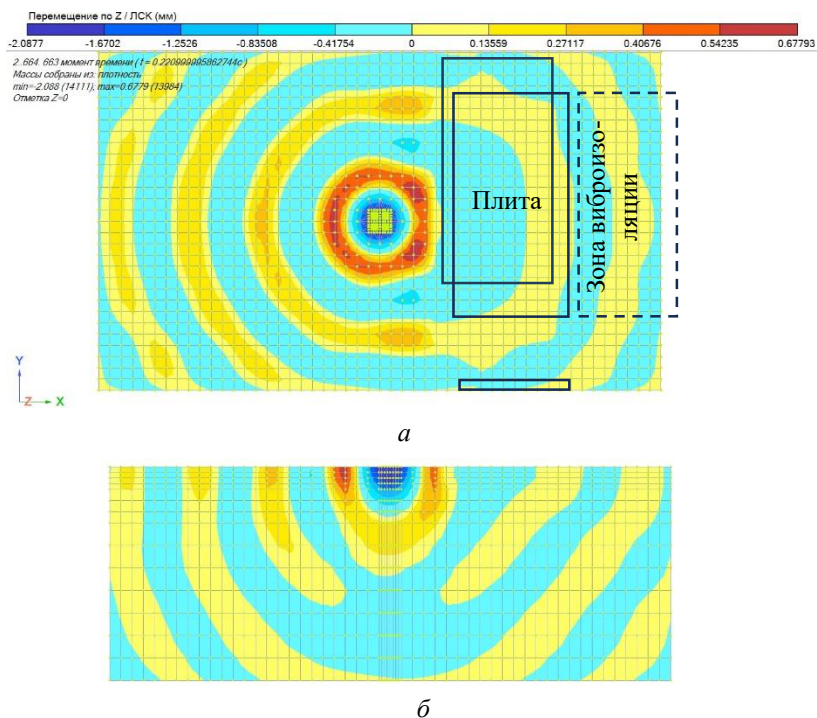


Рис. 3. Изополя вертикальных перемещений грунта при наличии барьера: *a* – на поверхности грунтового массива; *b* – на вертикальной плоскости, проходящей по центру фундамента

Для оценки относительного снижения колебаний грунта при наличии барьера по сравнению со свободным распространения колебаний исполь-

здесь безразмерную величину относительного снижения колебаний a , определяемой по формуле

$$a = \frac{A_{rs}}{A_r},$$

где A_{rs} – максимальная амплитуда вертикальных колебаний поверхности грунта за инерционным барьером; A_r – максимальная амплитуда колебаний грунта при отсутствии инерционного барьера от источника колебаний.

б) A_{rs} , мкм

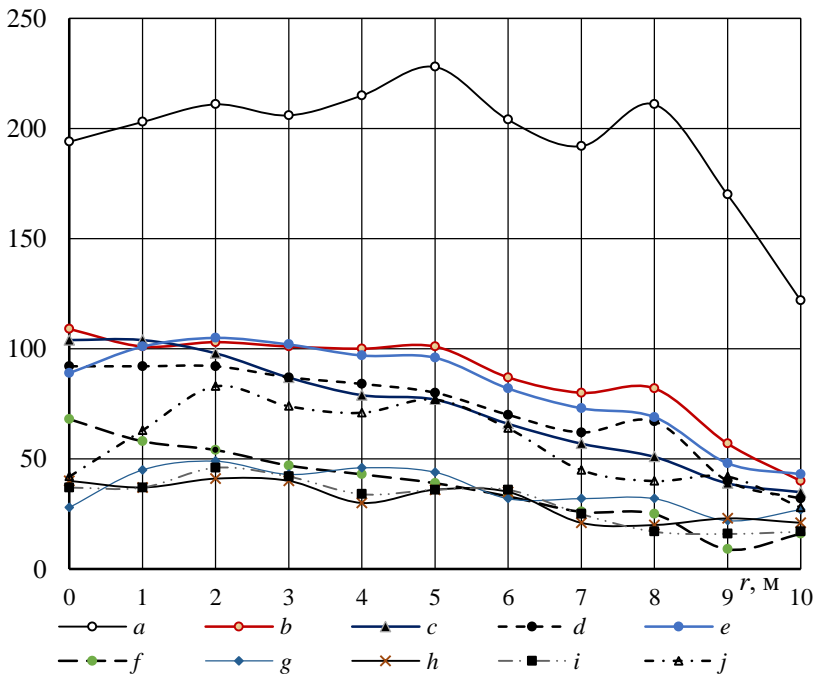


Рис. 4. Графики изменения амплитуд вертикальных перемещений A_{rs} поверхности грунтового массива с ростом расстояния r в зоне виброизоляции (рис. 2b) для схем $a - j$ согласно рис. 2

В таблице приведены различные расчетные схемы барьеров с их кратким описанием и оценкой эффективности по среднему коэффициенту снижения колебаний.

В таблице приведены различные расчетные схемы барьеров с их кратким описанием и оценкой эффективности по среднему коэффициенту снижения колебаний.

Таблица

Краткое описание конструктивных решений барьеров

Обозначение схемы на рис.	Краткое описание	Средняя величина коэфф. в зоне виброизоляции	Минимальная величина коэфф. <i>a</i> в зоне виброизоляции
а	Свободное распространение колебаний при отсутствии барьера	-	-
	Заглубленная плоская бетонная плита толщиной 1 м		
	Барьер со ступенчатым уменьшением поперечного сечения		
	Барьер со ступенчатым увеличением поперечного сечения		
	Рёбристая плита		
	Плита с вертикальной стенкой со стороны источника колебаний		
	Плита с вертикальной стенкой со стороны зоны виброизоляции		
	Две плиты		
	Две плиты, первая с вертикальным выступом, вторая – горизонтальная		
	Две вертикальных стены		

Из приведенных в таблице и на рис. 4 данных следует, что наиболее эффективными вариантами виброизоляции являются схемы *f*, *g*, *h*, *i*, из которых выделяется схема *i*. Они позволяют снизить вертикальные колебания поверхности грунта в зоне виброизоляции в среднем на 82,8 %, 81,1 %, 84,5 % и 84,6 % соответственно для схем *f*, *g*, *h*, *i*.

Выводы

1. Оценена эффективность демпфирования поверхностных волн в грунте при помощи бетонных барьеров с различной конфигурацией поперечного сечения при неизменном объеме $V = 100 \text{ м}^3$. Все рассмотренные варианты барьеров в разной степени снижают амплитуды колебаний поверхности грунта за барьерами.

2. Наиболее эффективным решением является схема с двойным барьером, первый из которых имеет вертикальный выступ со стороны источника вибраций (схема *i*). Она обеспечивает снижение вертикальных амплитуд колебаний в зоне виброизоляции в среднем на 84,6 %. Данный барьер имеет простую конструктивную схему и технологию устройства.

Литература

1. Кузнецов, С. В. Горизонтальные сейсмические барьеры для защиты от сейсмических волн / С. В. Кузнецов, А. Э. Нафасов // Вестник МГСУ. – 2010. – Вып. 4. – С. 131–134.

2. Нафасов А. Э. Сейсмические барьеры, для защиты уникальных и исторических зданий и сооружений: Автореф. дис... к-та. техн. наук: 05.23.17 / А. Э. Нафасов. – М.: МГСУ, 2012. – 20 с.

3. Chadwick, P. Foundations of the theory of surface waves in anisotropic elastic materials / P. Chadwick, G. D. Smith // Adv. Appl. Mech. – 1977. – Vol. 17. – P. 303 – 376.

4. Повколас, К. Э. Оценка эффективности применения горизонтальных инерционных барьеров для снижения вибраций, распространяющихся в грунтовой среде / К. Э. Повколас // Наука и техника. – 2023. – Т. 22, № 4. – С. 286–293.

УДК 631.6

Эффективные способы эксплуатации современных оросительных каналов

Абдразаков Ф. К., Рукавишников А. А.

Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н. И. Вавилова
Саратов, Россия

Статья представляет собой исследование и обоснование применения эффективных технических средств и технологий для обслуживания оросительных каналов, учитывая особенности их эксплуатации и возможные методы ремонта. Обсуждаются проблемы использования бетонного полотна в условиях подвижного грунта и подтоплений, а также выдвигаются теоретические гипотезы о воздействии ударных нагрузок и исти-