

После запуска Белорусской атомной электростанции энергосистема страны получила качественное развитие. По мнению специалистов, электростанция повысила конкурентоспособность национальной экономики.

В пределах электростанции существует учебно-тренировочный центр, в котором имеется полноценный действующий макет пульта управления энергоблоком. Его используют для тренингов, а также для подготовки высококвалифицированных специалистов. Важно отметить, что качественно подготовленный персонал – это одно из основных условий безопасной и надёжной эксплуатации электростанции.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Об утверждении норм и правил по обеспечению ядерной и радиационной безопасности: постановление министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь, 28 сентября 2010 г. № 47. (с изм. и доп.) // ЭталонБеларусь [Электронный ресурс] / Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. – Минск, 2017.
2. Экологическое право: учеб. пособие / С.А.Балашенко [и др.]; под ред. Т.И.Макаровой, В.Е.Лизгаро. — Минск: Изд. центр БГУ, 2008. — 495 с.

УДК 624.131.552

К. Э. Повколас¹, Али Абдулла Аль-Робай²

¹Белорусский национальный технический университет,
Минск, Республика Беларусь

²Университет Аль-Кадисия, Ирак

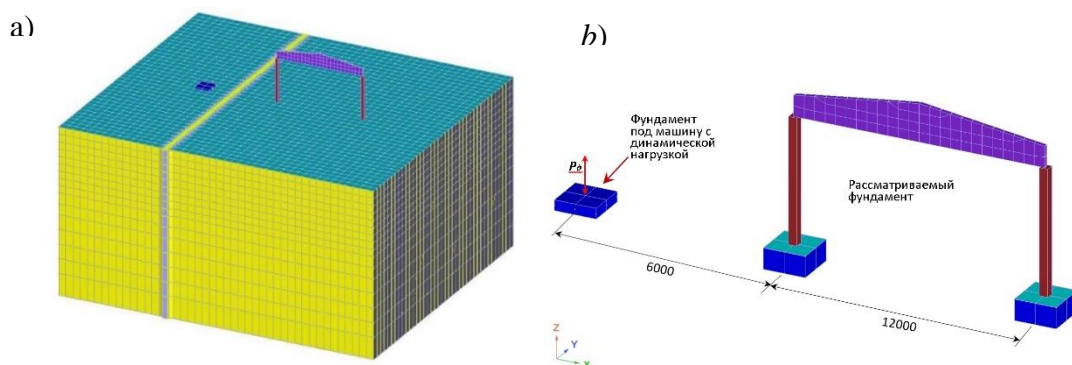
СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ВЕРТИКАЛЬНЫХ БАРЬЕРОВ ИЗ РАЗЛИЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ СНИЖЕНИЯ ВИБРАЦИЙ, РАСПРОСТРАНЯЮЩИХСЯ В ГРУНТОВОЙ СРЕДЕ

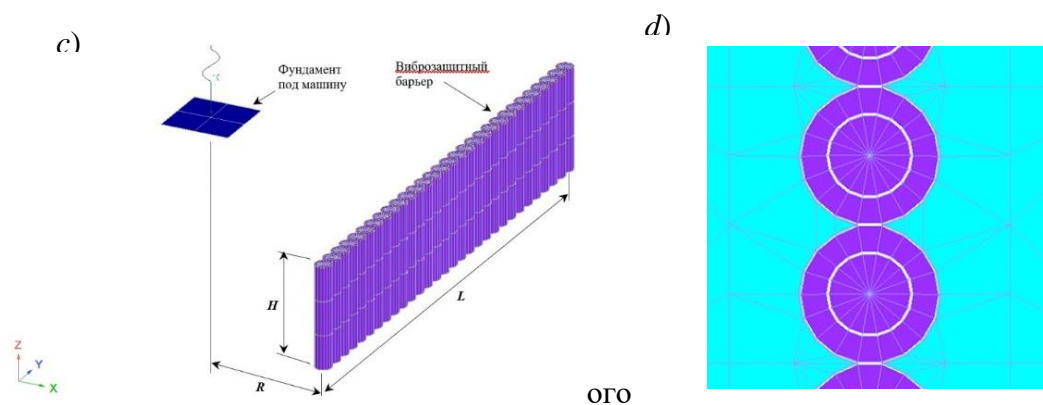
Цель работы – выявление эффективных виброизолирующих материалов и конструкций вертикальных барьеров в грунте путем их математического моделирования на основании метода конечных элементов и сравнительного анализа результатов расчета.

Для достижения указанной цели в рамках данной работы выполнено численное моделирование методом конечных элементов вертикальных барьеров из различных материалов и конструктивных решений, выделены наиболее эффективные варианты исполнения.

Вблизи одноэтажного однопролетного промышленного здания на расстоянии 10 м устанавливается фундамент под машину (к примеру, виброштамповочный стенд для изготовления строительных конструкций) с вертикальными гармоническими колебаниями частотой 25 Гц и амплитудой динамической нагрузки $P_d = 500$ кН. Несущие конструкции – монолитные колонны 400×400 мм и железобетонная балка покрытия пролетом 12 м. Фундаменты под колонны – плитные столбчатые с размерами подошвы 2000×2000 мм и глубиной заложения 1500 мм. Высота до низа стропильной конструкции 6 м. Ограждающие конструкции – сэндвичпанели. Покрытие – профнастил по стальным прогонам.

Расчет выполнен в конечно-элементном расчетном комплексе Lira 10.10 с использованием элементов, моделирующих упругое инерционное полупространство. Общее количество конечных элементов составило 64470. Время интегрирования 1,5 сек. Шаг интегрирования 0,001 сек. Для исключения отражения волн от боковых и нижней границ массива применялся конечный элемент «неотражаемые границы». Расчетная схема приведена на рис. 1. Конечно-элементная схема смоделированного грунтового пространственного массива размерами 32×40 м высотой 21 м представлена на рис. 1а. Схемы взаимного расположения источника вибрации, поперечной рамы и виброзащитного экрана соответственно на рис. 1б и 1с. Расстояние от точки приложения нагрузки принято равным $R = 3$ м, глубина барьера $H = 6$ м, ширина барьера L была принята непрерывной по ширине расчетной схемы. Сам барьер моделировался из соприкасающихся скважин (рис. 1д). Данный способ устройства барьера обладает рядом технологических преимуществ перед методом «стена в грунте».





пространственного массива; b - взаимное расположение поперечной рамы здания и источника вибраций; c - взаимное расположение источника вибрации и виброзащитного барьера; d - фрагмент виброизоляционного барьера из соприкасающихся скважин.

Рисунок 1. Расчетная схема

Моделируемый грунт представляет из себя маловлажный средний песок средней плотности со следующими физико-механическими свойствами: – удельный вес грунта $\gamma = 16,74 \text{ кН/м}^3$; удельный вес сухого грунта $\gamma_d = 16,35 \text{ кН/м}^3$; удельный вес сухого грунта в предельно плотном состоянии $\gamma_{dmax} = 17,1 \text{ кН/м}^3$; удельный вес частиц грунта $\gamma_s = 26,8 \text{ кН/м}^3$; коэффициент пористости в природном сложении $e = 0,65$; коэффициент пористости в предельно плотном состоянии $e_{min} = 0,567$; динамический модуль упругости $E_d = 100 \text{ МПа}$; модуль общей деформации $E_o = 30 \text{ МПа}$; коэффициент Пуассона $\mu = 0,3$; угол внутреннего трения $\varphi = 38^0$; удельное сцепление $c = 1 \text{ кПа}$. Все характеристики назначались по справочным данным для песчаных грунтов четвертичных отложений.

В таблице 1 приводятся основные параметры конструктивного исполнения и материала противовибрационного барьера.

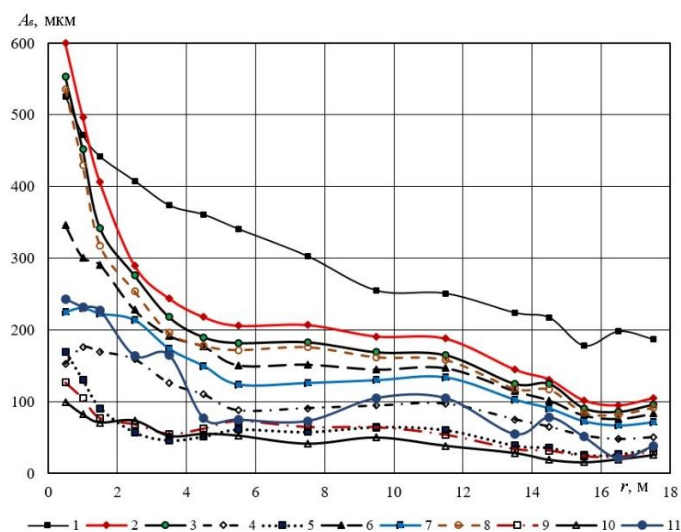
Таблица

Исходные данные для расчета вертикальных барьеров из различных материалов.

Конструктивное исполнение барьера, материал (№ графика зависимости $A_{\sigma}=f(r)$ на рис. 2)	Модуль упругости E_{σ} , МПа	Удельный вес γ_{σ} , кН/м ³	Коэффициент Пуассона μ_{σ}
Резиновая крошка, (3)	16,25	6	0,3
Бетон класса С20/25 (4)	31600	25	0,2
Древесные опилки, (5)	0,33	2,5	0,2
Обсадка стеклопластиковой трубой диаметром 500 мм, толщиной 8 мм, (6)	17050	18	0,255
Обсадка металлической трубой диаметром 500 мм, толщиной 4 мм, (7)	210000	78,5	0,3

Геопенополистирол (EPS geofam), (8)	13	0,61	0,01
Газонаполненные баллоны под давлением диаметром 500 мм в оболочке из фольгированного полиэтилена, (9)	Принимался равным боковому давлению грунта в состоянии покоя на соответствующей глубине (от 0,0018 МПа для 1-го баллона высотой 0,5 м до 0,0414 МПа для 12-го баллона на глубине 5,5 м)	0,0127	0,499
Вода, (11)	2000	10	0,499

Результаты расчетов представлены на рис. 1 в виде графиков зависимости вертикальных перемещений поверхности грунта A_e за барьером от расстояния от оси барьера r в направлении распространения поверхностных волн.



1 – свободное (без препятствий) распространение колебаний; 2 – при наличии нагруженных фундаментов на пути распространения волн; 3 – заполнение резиновой крошкой; 4 – заполнение бетоном класса С20/25; 5 – заполнение древесными опилками; 6 – обсадка полыми стеклопластиковыми трубами; 7 – обсадка полыми металлическими трубами; 8 – заполнение геопенополистиролом (EPS geofam); 9 – заполнение газонаполненными баллонами под давлением в оболочке из фольгированного полиэтилена; 10 – пустая траншея, сформированная бурением скважин; 11 - заполнение водой.

Рисунок 2. Зависимости максимальной вертикальной амплитуды колебаний на поверхности массива A_e от расстояния r от оси барьера в направлении распространения Рэлеевских волн при различных конструктивных исполнениях вертикального барьера

Из приведенных на рисунке 2 данных следует, наличие фундаментов приводит к значительному искажению волновых полей. Оно возникает вследствие взаимодействия волн с конструкциями фундаментов, при их наличии (кривая 2 на рис.2), которые сами по себе оказывают демпфирующий эффект, но при этом увеличивают интенсивность колебаний со стороны источника за счет отражения волн от своих боковых поверхностей, контактирующих с грунтом. Колебания конструкций фундаментов существенно отличаются от колебаний поверхности грунта вследствие инерционности как подземных, так и надземных конструкций. Поэтому при анализе эффективности барьеров следует отталкиваться не от волновой картины при свободном распространении волн без препятствий (кривая 1 на рис.1), а от аналогичной, возникающей при наличии изолируемых конструкций.

На рис. 3 показано изменение коэффициента передачи колебаний K_n в зависимости от частоты вынужденных колебаний f при неизменности амплитуды гармонической динамической нагрузки в источнике и различных расстояниях от него до фундамента. Коэффициент K_n в определяется по формуле:

$$K_n = \frac{A_{vf}}{A_{vg}}$$

где A_{vf} и A_{vg} – амплитуды максимальных вертикальных перемещений соответственно на поверхности грунта (при расчете без фундамента) и обресе фундамента на одинаковом расстоянии r от источника колебаний.

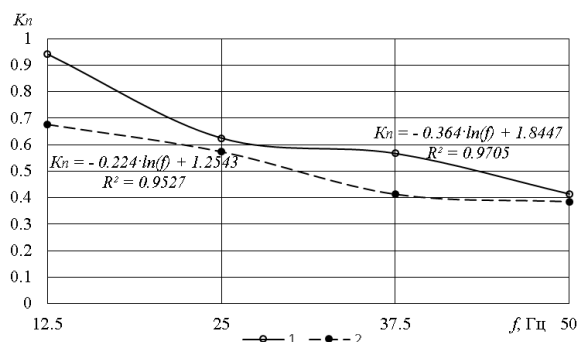


график 1 – $r = 6$ м, график 2 – $r = 18$ м.

Рисунок 3. Зависимость $K_n = f(f)$ на различных расстояниях от источника колебаний до фундамента

Из приведенных на рис. 3 данных следует, что K_n уменьшается с ростом частоты колебаний и расстояния между источником и приемником колебаний (фундаментом). Использование K_n целесообразно для предварительной оценки колебаний фундаментов проектируемого здания при известной карте распределения вибрационных полей.

Наиболее эффективными конструктивными решениями являются заполнение скважин древесными опилками, газонаполненными баллонами под

давлением в оболочке из фольгированного полиэтилена и пустая траншея без крепления (графики № 5, 9, 10 на рис. 1). Снижение амплитуд вертикальных колебаний грунта за барьерами, заполненными данными материалами, в направлении распространения волн достигает 80% при их глубине, равной длине Рэлеевской волны.

УДК 629.1

Е.В. Афанасьева, А.М. Мезенцев, А.А. Сахарчук
Белорусский национальный технический университет,
Минск, Республика Беларусь

КОНСТРУКТОРСКИЕ РЕШЕНИЯ ДЛЯ СОЗДАНИЯ ВОЗДУШНОЙ КАВЕРНЫ ДЛЯ БАРЖИ ПРОЕКТА 775, ВХОДЯЩИЕ В БАРЖЕ-БУКСИРНЫЙ СОСТАВ

*Научный руководитель – Качанов И. В., д.т.н, профессор,
Ключников В. А., к.т.н., доцент*

Для повышения технико-эксплуатационных характеристик барже-буксирного состава в условиях ограниченности фарватера и на мелководье при выполнении научно-технического договора №2402/20с от 02.06.2020 г. с ОАО «Белсудопроект» было предложено создание воздушной каверны под днищем баржи.

Для реализации системы подачи воздуха для создания воздушной каверны под днищем баржи предлагается приварить побортно трубы прямоугольного сечения с размерами 200x80 мм практически по всей длине цилиндрической вставки баржи (рисунки 1 и 2). По центру приваривается килевой скег, который также представляет собой трубу прямоугольного сечения с размерами 180x60 мм. Килевой скег выполняется несколько меньшей высоты относительно бортовых скегов с целью создания целостной воздушной прослойки на разделе вода-воздух, что дополнительно снижает сопротивление движению баржи. Также для обеспечения целостности воздушной каверны в носовой части размещается редан-ресивер в форме трапецеидального клина (рисунки 1, 3), который препятствует срыву воздушной каверны и прорыву воздушных пузырей в носовую часть баржи.