

$$\begin{aligned} T - wL\sin\varphi + m(\dot{u}_t - u_n\dot{\varphi} + u_b\dot{\theta}\cos\varphi) &= 0 \\ -wL\cos\varphi + m(\dot{u}_n + u_t\dot{\varphi} - u_b\dot{\theta}\sin\varphi) &= 0 \\ m(\dot{u}_b - u_t\dot{\theta}\cos\varphi + u_n\dot{\theta}\sin\varphi) &= 0, \end{aligned} \quad (12)$$

де L — довжина палі.

Отримана теоретична модель є розширенням одновимірної моделі до тривимірної. Якщо при отриманні системи рівнянь (10) не враховувати координати, що задаються одиничними векторами нормалі \bar{n} та бінормалі \bar{b} , замість системи з шести рівнянь отримаємо систему з двох:

$$\begin{aligned} \frac{\partial u_t}{\partial t} - \frac{1}{m} \frac{\partial T}{\partial S} &= -\frac{w}{m} \sin\varphi \\ \frac{\partial T}{\partial t} - \frac{1}{e} \frac{\partial u}{\partial S} &= 0 \end{aligned} \quad (13)$$

Продиференціювавши перше рівняння системи по t , а друге по S , отримуємо:

$$\begin{aligned} \frac{\partial^2 u_t}{\partial t^2} - \frac{1}{m} \frac{\partial^2 T}{\partial t \partial S} &= 0 \\ \frac{\partial^2 T}{\partial t \partial S} &= \frac{1}{e} \frac{\partial^2 u}{\partial S^2} \end{aligned} \quad (14)$$

Підставивши друге рівняння у перше, отримаємо:

$$\frac{\partial^2 u_t}{\partial t^2} - \frac{1}{m} \frac{1}{e} \frac{\partial^2 u}{\partial S^2} = 0 \quad (15)$$

Так як $m = \rho\Delta_0$, $e = \frac{1}{E\Delta_0}$, де E — модуль пружності, Δ_0 — площа перерізу, отримуємо $\frac{1}{m} \frac{1}{e} = \frac{E}{\rho} = c_0^2$, а рівняння (15) співпадає з рівнянням (1).

Висновки:

1. Отримана нова теоретична модель розповсюдження хвильових процесів у палі.
2. Система рівнянь (10) з граничними умовами (11, 12), може бути використана для описання нелінійної динаміки залізобетонної палі, що враховує розповсюдження поздовжньої та двох типів поперечних хвиль у палі.
3. Чисельне розв'язання даної системи рівнянь при конкретних граничних умовах, що залежать від способу збудження низькочастотної хвилі імпульсу, дозволить отримати більш повну інформацію про палю. За цією інформацією можливо буде не лише визначати довжину палі та місце знаходження дефектів, але й робити ідентифікацію дефектів малих

розмірів, визначати тип дефектів та геометричну форму палі, так як зміна поперечного перерізу може бути визначена за поперечними коливаннями у палі, які враховуються побудованою моделлю.

4. У одновимірному випадку отримана модель співпадає з вже відомими, а у тривимірному являється їх узагальненням.

ВИКОРИСТАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Улицкий В.М. Контроль качества изготовленных свай на сплошность ствола / Улицкий В.М. Богов С.Г. // Реконструкция городов и техническое строительство. — 1999. — №1.
2. Помешкін П.В. Автоматизований контроль технологічних параметрів при виготовленні палі великого діаметра: дис. на здобуття наук. ступ. канд. техн. наук / Помешкін П.В. — К., 2004.
3. Програмно-технічний комплекс ТКС—1. Посібник з експлуатації / Державний науково-дослідний інститут будівельних конструкцій (НДІБК), 2004.
4. Ярас В.І. Автоматизована система експрес-діагностики бетонних стовпів і палі у ґрунті: дис. на здобуття наук. ступ. канд. техн. наук: 05.13.07 / Ярас Володимир Ігорович. — К., 2006. — 193 с.
5. Chih-Peng Yu and Shu-Tao Liao. Theoretical basis and numerical simulation of impedance log test for evaluating the integrity of columns and piles // Can. Geotech. J. 43, pp. 1238–1248 (2006).
6. D.S. Kim, H.W. Kim, W.C. Kim. Parametric study on the impact-echo method using mock-up shafts // NDT&E International 35 (2002), pp. 595-608.
7. Daniel Ambrosini, Javier Ezeberry. Long piles integrity trough impact echo technique. Mecanica Computacional Vol. XXIV, Buenos Aires, Argentina, 2005. pp. 651-669.
8. Калюх Ю.И. Статика, динамика и оптимизация канатных транспортирующих систем в потоке: дис. на соискание уч. степ. док. техн. наук: 05.13.06 / Калюх Юрий Иванович. — К., 1993. — 220 с.

УДК 620.179.1.001.5

К ИССЛЕДОВАНИЮ ПАРАМЕТРОВ СЕЙСМИЧЕСКИХ ВОЗДЕЙСТВИЙ ПРОМЫШЛЕННЫХ ВЗРЫВОВ НА КОНТРОЛИРУЕМЫЕ НА ГРАНИЦЕ ОХРАННОЙ ЗОНЫ ЗДАНИЯ д.т.н. проф. Калюх Ю.И., н.с. Дунин В.А., к.т.н. Марьенков Н.Г.

Государственное предприятие «Государственный научно-исследовательский институт строительных конструкций» ГП НИИСК

Важнейшей составляющей горнодобывающей промышленности является добыча железной руды. В Украине основные залежи железной руды сосредоточены в Криворожском бассейне. Центром добычи и обогащения железной руды в Украине для металлургической промышленности является г. Кривой Рог.

По своему действию сейсмические колебания от промышленных взрывов и слабых землетрясений имеют много общего. Отличия их состоят в том, при сейсмических колебаниях от взрывов амплитуды смещения или скорости имеют меньшую повторяемость, т. е. меньшую общую продолжительность сотрясения грунта и большую степень затухания. Однако при короткозамедленном взрывании большого числа зарядов количество колебаний с близкими по частоте и величине амплитудами значительно увеличивается. Общая продолжительность колебаний возрастает иногда до 15 с. А это уже становится опасным для сооружений, так как увеличивается вероятность возникновения резонансных колебаний, в результате которых значительно увеличиваются смещения и скорости колебаний отдельных элементов сооружений.

Фундаментальные положения о возникновении и распространении сейсмических волн от взрывов изложены в работах Г. А. Гамбурцева, Б. Д. Дерягина, М. А. Садовского [1, 2]. Последователями в изучении сейсмических волн являлись С. В. Медведев, В. Ф. Богацкий [3]. Изучению влияния сейсмических волн на здания и сооружения при взрывных воздействиях при уплотнении просадочных грунтов взрывами принадлежат работы Ю.И. Немчинова и А.М. Рыжова [4, 5].

К настоящему времени существующие месторождения в Кривом Роге расширились до такой степени, что границы санитарно-охранных зон карьеров проходят в непосредственной близости или охватывают жилые кварталы города. В охранной зоне карьеров на участках жилых кварталов в настоящее время уже проводятся наблюдения не только за домами частной постройки, но и за домами социально-культурного назначения (школы, центры детского творчества, детские сады, церкви и др.), жилыми домами высотой до 5 этажей при воздействии промышленных взрывов. Такие нарушения, как осыпание побелки, вообще очень часты. Наблюдались также нарушения застекления окон вследствие перекоса оконных рам в зданиях, имеющих относительно подвижные несущие стены. Известны случаи расслоения фундаментов от воздействия взрывов.

Близость санитарно-охранных зон к городской черте требует административных мер ограничения сейсмических воздействий взрывов на здания и сооружения в контролируемой зоне. К таким мерам относится установление предельной массы взрываемых веществ и регулярность проводимых взрывов. Поэтому вполне понятен тот широкий интерес, который проявляется в последние годы местными органами власти Кривого Рога, руководством горно-обогатительных комбинатов, экологическими организациями и др. изучению сейсмического воздействия промышленных взрывов и качественного определения ширины охранных зон вблизи карьеров. Это необходимо для обеспечения сейсмобезопасного ведения взрывных работ при улучшении их технико-экономических показателей. Увеличение добычи металлосодержащих руд взрывным способом для металлургической промышленности обусловлено применением целого ряда новых технических решений. К ним можно отнести существенное увеличение массы заряда в

целом и в отдельных блоках, а также применением новых типов замедлителей.

До настоящего времени нет научно обоснованных, применимых в широком диапазоне промышленных условий теоретических методов прогноза сейсмической опасности взрывов и методов защиты сооружений от их вредного сейсмического воздействия. Действующие Единые правила безопасности при взрывных работах не могут учитывать всего разнообразия условий, в которых проводятся взрывные работы.

Определение плотности потока сейсмической энергии требует большого объема статистического материала, который накапливается на основе инструментальных измерений для конкретных условий. Имеющихся данных для прогнозирования указанного параметра взрыва без проведения инструментальных измерений недостаточно. Для определения величины относительной деформации или напряжения в грунтах необходимо предварительно знать скорость колебаний.

Большинство исследователей полагают, что наиболее удобной формой оценки параметров сейсмического воздействия взрыва на грунт и здания в охранной зоне карьеров является скорость колебаний грунта. Наиболее надежным методом прогноза скорости колебаний при промышленных взрывах является экспериментальный метод с использованием виброизмерительной аппаратуры. На основании проведенных экспериментов скорости смещения представляются степенными одночленами с различными показателями степени, полиномами или экспоненциальными зависимостями. Входящие в эти формулы показатели степени или коэффициенты зависят от свойств взрываемых пород, технологических особенностей выполнения взрывов и других параметров. Все вышесказанное нашло отражение в ДСТУ 4704:2008 [6], введенном впервые в Украине. Этот стандарт разработан для субъектов хозяйственной деятельности, ведущих добычу железной руды открытым способом.

Для расчета скорости колебаний грунта при производстве взрыва одноразового сосредоточенного заряда стандартом предусмотрено производить расчет по формуле

$$V=K(Q^{1/3}/r)^{1.5}, \quad (1)$$

где K – коэффициент, который зависит от условий производства взрыва и распространения сейсмических взрывных волн ;

Q – масса одноразового заряда взрывчатого вещества (ВВ);

r – расстояние от заряда до места наблюдения;

1.5 – коэффициент затухания интенсивности сейсмических волн.

Основным методом изучения сейсмического действия взрыва остается только анализ результатов инструментальных наблюдений [3]. Прогноз сейсмической опасности и выбор рациональной технологии промышленных взрывов до сих пор базируется на эмпирических зависимостях основных показателей колебаний от условий выполнения взрывов.

Для оценки сейсмического воздействия взрыва используются следующие динамические параметры:

1. Плотность потока сейсмической энергии;
2. Относительная деформация и напряжения в породах в районе охраняемого объекта;
3. Продолжительность колебаний;
4. Амплитуды смещения, скорости и ускорения смещений частиц грунта;
5. Спектральный состав колебаний.

В качестве примера экспериментального изучения воздействия сейсмических волн от промышленных взрывов на здания г. Кривой Рог рассмотрим Центр детского и юношеского творчества «Мрія». Объект расположен восточнее от места проведения массовых взрывов. Удаление исследуемого объекта – минимальное 1600 м от блока №71, максимальное 2150 м от блока №69. Дата и время проведения массового взрыва в карьере «ЮГОК» — 9.07.08 г., 12⁰⁰. Место проведения буровзрывных работ – северная и северо-западная части карьера.

Масса взрывчатого вещества – 449,23 т. Число блоков закладки взрывчатого вещества – четыре (№68, №69, №70, №71). Порядок подрыва блоков - №68, №69, №70, №71 с интервалом задержки срабатывания исполнительных блоков №1- $T_0=0$ с, №2- $T_1=3$ с, №2- $T_3=7$ с.

Сигнал записи горизонтальной виброскорости грунта и его спектр возле здания Центра детского и юношеского творчества «Мрія» в момент взрыва представлен на рис. 1. Сигнал записи вертикальной виброскорости грунта и его спектр возле здания Центра детского и юношеского творчества «Мрія» в момент взрыва представлен на рис. 2.



Рис. 1. – График сигнала горизонтальной виброскорости грунта возле здания Центра творчества в направлении взрыва



Рис. 2 – График сигнала вертикальной виброскорости грунта возле здания Центра детского творчества

Величина максимального значения горизонтальной виброскорости грунта возле здания Центра творчества в направлении взрыва составила 0,30 -0,33 см/с, что соответствует 2 баллам по шкале MSK-64. Величина максимального значения вертикальной виброскорости грунта возле здания Центра творчества 0,19 -0,20 см/с, что соответствует 1 баллу по шкале MSK-64. Длительность сейсмических воздействий с максимальной виброскоростью составила до 0,7 с. В диапазоне до 10 Гц колебания грунта составили 5,4 Гц и 7,9 Гц.

Несмотря на то, что параметры сейсмических волн не превышают допустимых согласно [6], на здании Центра есть трещина в левом боковом фасаде (рис. 3). Причиной этого могут быть ранее проведенные массовые взрывы большей мощности и др.



Рис. 3. Трещина в левом боковом фасаде здания Центр детского и юношеского творчества «Мрія» по ул. Мануильского г. Кривой Рог.

ВЫВОДЫ:

1. Необходимы дополнительные экспериментальные и теоретические исследования для совершенствования методики определения ширины охраняемых зон и величины массовых взрывов на карьерах Кривого Рога.
2. ДСТУ 4704:2008 нуждается в корректировке и совершенствовании.

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Садовский М. А., Костюченко В. Н. О сейсмическом действии подземных взрывов//Доклады АН СССР, 1974, т. 215, № 5. - С.1097—1100.
2. Исследование детонации промышленных ВВ. — В кн.: Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. М., «Наука», СО АН СССР, 1971, № 1, с. 46—51. Авт.: О. Н. Дремин, К. К. Шведов, А. А. Кравченко и др. Кузнецов Г. В. Сейсмическая безопасность сооружений при взрывных работах в карьерах. — «Горный журнал», 1971, № 4, С. 47—49.
3. Пергамент В. Х., Медведев С. В., Богацкий В. Ф. Прогноз скоростей сейсмических колебаний при взрывах. — В кн.: Сейсмо-безопасное взрывание на горных предприятиях. Магнитогорск, 1975, С. 3—22.
4. Немчинов Ю.И., Марьенков Н.Г., Козырь А.А., Рыжов А.М., Сотула П.И. Влияние на здания и сооружения сейсмозрывных воздействий при уплотнении просадочных грунтов. – В кн.: Сейсмичность и сейсмический прогноз на Дальнем Востоке. – Петропавловск-Камчатский, 1986. – С.222-223.
5. Немчинов Ю.И., Марьенков Н.Г. Сейсмозрывные воздействия на многоэтажные здания городской застройки.– Севастополь: Тезисы докладов конференции «Надежность и эффективность нетрадиционных систем сейсмозащиты зданий и сооружений», 1991.
6. Проведення промислових вибухів. Норми сейсмічної безпеки. ДСТУ 4704:2008.

УДК 007:573.6.001.13

СИСТЕМОТЕХНИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА КОМПЛЕКСНОЙ ТЕХНОЛОГИЧНОСТИ АРХИТЕКТУРНО-БИОНИЧЕСКИХ СТРОИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ

асп. М.А. Каплуновская

Запорожская государственная инженерная академия

Постановка проблемы. Научно-технический прогресс неуклонно ведёт к созданию новых методов проектирования и управления, к коренному совершенствованию капитального строительства. Вследствие этого вопросы оптимального проектирования строительных конструкций с использованием принципов бионики и широким применением ЭВМ приобретают новую актуальность. В этих условиях первостепенное значение приобретает разработка новых, соответствующих эпохе НТР, критериев оценки технологичности строительных конструкций, в особенности бионического типа, благодаря своей высокоэффективной рационализации использования материальных и энергетических ресурсов.

Анализ ранее проведённых исследований. Вопросы технологичности строительных конструкций и проектных решений зданий и сооружений

активно разрабатывались с середины XX века. Результаты исследований отечественных и зарубежных учёных в области архитектурной бионики и технологичности строительных конструкций подтвердили особую эффективность бионического подхода при решении прикладных инженерных задач в актуальных направлениях техники.

Разработке методов комплексной оценки строительной технологичности проектов зданий посвящены исследования Р.И. Фокова [4]; в работах А.А. Гусакова [1] рассматриваются методологические основы системотехники, совокупность методов и средств формирования эффективных строительных систем и межсистемных связей; проблемами технологичности железобетонных конструкций и проектных решений, способствующих повышению экономической эффективности производства занимался С.Н. Булгаков [5]; в лаборатории Ю.С. Лебедева [2] в результате многолетних теоретических и экспериментально-практических работ, сложились основные направления развития архитектурной бионики как науки, охватывающие основные теоретические положения, методологию научно-исследовательских работ, проблемы формообразования, вопросы о природной стандартизации и унификации.

Большое количество одновременно применяемых показателей технологичности конструкций бионического типа усложняет выбор рационального их варианта. Для нахождения оптимального решения вопросов, связанных с оценкой технологических свойств конструкций бионического типа возникает необходимость применения комплексных показателей и комплексно-системного подхода. [6, 7]

Цель исследования - совершенствование оптимизационной системы показателей технологичности строительных конструкций бионического типа с учётом объёмно-планировочных и организационно-технологических решений строительного производства на основе системотехнического подхода.

Предмет исследования – строительные конструкции бионического типа, проектируемые для создания новых, более совершенных и функциональных строительных комплексов оптимально использующих свойства биологических и технических элементов, объединённых в единую функциональную систему целенаправленного поведения.

Основной материал исследования. Системный подход – один из компонентов научных исследований. Системный подход и системные представления отвечают потребностям современного качественного анализа. Комплексно-системный подход к изучению и решению вопросов технологичности конструкций рассматривает предмет исследования в виде системы и составляет его интегральные свойства и закономерности, а также указывает на то, что вопросы технологичности необходимо рассматривать на всех этапах предпроектных проработок, проектирования, технологической подготовки производства, постройки и эксплуатации [6].

Система обеспечения технологичности конструкций в строительстве и её рациональное функционирование способствует обеспечению конструкций высокой степенью технологичности [7]. Комплексный показатель