УДК 624.058

© С. Н. Савин, д-р техн. наук, профессор
© Л. Н. Кондратьева, д-р техн. наук, профессор
© А. А. Веселов, д-р техн. наук, профессор
(Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет)
E-mail: savinsn@gmail.com

DOI 10.23968/1999-5571-2017-14-5-53-56

© S. N. Savin, Dr. Sci. Tech., Professor
© L. N. Kondratyeva, Dr. Sci. Tech., Professor
© A. A. Veselov, Dr. Sci. Tech., Professor
(Saint Petersburg State University of Architecture
and Civil Engineering)
E-mail: savinsn@gmail.com

АНАЛИЗ ДИНАМИЧЕСКИХ НАГРУЗОК НА КОНСТРУКЦИИ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ ПРИ ТЕХНОСФЕРНЫХ ВОЗДЕЙСТВИЯХ И В УСЛОВИЯХ УПЛОТНИТЕЛЬНОЙ ЗАСТРОЙКИ

ANALYSIS OF DYNAMIC LOADS ON THE DESIGN OF BUILDINGS AND STRUCTURES UNDER TECHNOSPHERE EFFECTS IN CONDITION OF URBAN INFILL DEVELOPMENT

Проанализировано содержание нормативных документов, определяющих техносферные нагрузки на здания и сооружения, не учтенные при проектировании. Приведены примеры ограничения таких нагрузок без учета частотного диапазона их действия. Сделан вывод о неправомерности такого подхода при мониторинге. Предложено внести изменения в нормативные требования с учетом собственных частот колебаний зданий и их конструкций.

Ключевые слова: техносферное воздействие, динамическая нагрузка, частотный диапазон, мониторинг, уплотнительная застройка.

This paper analyzes the content of the normative documents determining the technosphere loads on buildings and structures not accounted for in the design. Examples of the limitations of such loads, without considering the frequency range of their action, are submitted. The authors make a conclusion that such approach is unacceptable. It is proposed to amend the regulatory requirements by taking into account the oscillation frequencies of buildings and their structures.

Keywords: technosphere effects, dynamic load, frequency range, monitoring, urban infill development.

Существующие на сегодняшний день сложности с оценкой возможных последствий воздействия на конструкции зданий и сооружений внешних динамических нагрузок, не учтенных при проектировании, связаны, в первую очередь, с непониманием отдельными авторами «нормативных документов» в этой области того факта, что безопасный уровень этих нагрузок определяется не только абсолютным значением, например, ускорения, но и его частотным диапазоном. Очевидно, что периодические нагрузки, частота которых близка или совпадает с собственной частотой колебаний зданий или их конструкций, может привести к резонансу последних даже при незначительной амплитуде воздействия.

Авторами большинства «нормативных документов», определяющих безопасный уро-

вень динамических нагрузок при так называемой «уплотнительной застройке», являются специалисты-геотехники, для которых сами по себе динамические нагрузки не так важны, как важны их последствия в виде уплотнения или разжижения грунтов, приводящие к неравномерным осадкам уже существующих (эксплуатируемых) зданий и сооружений. Поэтому непосредственно механическое воздействие на само здание и его конструкции остается в лучшем случае нормированным без учета частотного диапазона воздействия, как, например, в ТСН 50-302-2004 (ТСН 50-302-2004. Проектирование фундаментов зданий и сооружений в Санкт-Петербурге. СПб., 2004. 58 с.), или с учетом, но в терминах массовых скоростей, например в ВСН 490-87 (ВСН 490-87. Проектирование и устрой-

ство свайных фундаментов и шпунтовых ограждений в условиях реконструкции промышленных предприятий и городской застройки. М.: Минмонтажспецстрой, 1987. 31 с.), что не очень удобно при расчете конструкций на инерционную нагрузку.

Кроме того, при проведении мониторинга за «сохранностью соседней застройки» (Организационно-технологический регламент строительства (реконструкции) объектов в стесненных условиях существующей городской застройки. М., 2002. 37 с.) зачастую возникают ситуации, когда превышение предельных ускорений на фундаментах эксплуатируемых зданий может быть связано с высокочастотными воздействиями (работа отбойного молотка, вибратора и т. п.) и не представляет угрозы для мониторируемого объекта, но требует остановки производства. В этом случае приходится полагаться на опыт и здравый смысл, а не на требования «норм».

Выход из этой ситуации возможен не только при всестороннем анализе «геотехнической категории здания», но и модальном анализе его конечно-элементной модели, который позволит выявить «опасный» диапазон частот внешней динамической нагрузки [1–2].

Надо признать, что в нормах Евросоюза удалось найти более приемлемые рекомендации. Так, например, в национальном стандарте Германии (DIN 4150-3:1999. Structural vibration – Part 3: Effects of vibration on structures) нормируются значения пиковых скоростей для зданий трех категорий технического состояния (рис. 1).

Аналогичные рекомендации существуют в национальном стандарте Великобритании (BS 7835-2:1993. Evaluation and measurement for vibration in buildings – Part 2: Guide to damage levels from groundborne vibration) для зданий двух категорий технического состояния (рис. 2).

На сегодняшний день наиболее полно динамические нагрузки учитываются в требованиях ГОСТ 52892–2007 (ГОСТ 52892–2007. Вибрация и удар. Вибрация зданий. Измерение вибраций и оценка ее воздействия на конструкцию. М.: Стандартинформ, 2008. 16 с.). Однако нормативные «пиковые массовые скорости» заимствованы из европейских документов и не могут считаться бесспорными для отечественных сооружений и грунтов.

В настоящее время проблема учета внешней динамической нагрузки приобрела дополнительную остроту в связи с массовой реконструкцией церквей и храмов, на которые вновь устанавливаются многотонные колокола, вызывающие при звонах существенные «вибрационные нагрузки» [3]. Специалистами Архитектурно-строительного университета, принимавшими участие в исследованиях влияния вибрационных воздействий, возникающих при работе ко-

Рис. 1. Нормативные значения пиковых скоростей на фундаментах эксплуатируемых зданий (Германия): 1, 2, 3 — категории технического состояния здания

Рис. 2. Нормативные значения пиковых скоростей на фундаментах эксплуатируемых зданий (Великобритания): 1, 2 — категории технического состояния здания

локолов Исаакиевского собора, на состояние близлежащих к ним строительных конструкций, было установлено, что нагрузки существенно возрастают, причем не только от звонов, но и от колебаний значительных масс изделий, установленных на звонницах. Так, в 2013 году на звонницах Исаакиевского собора были установлены колокола с максимальной массой 10 тонн, а в 2015 — 17 тонн. На рис. 3 приведены примеры записей вибраций датчиками, расположенными на несущих конструкциях, как реакции на удары 10-тонного колокола. Номера датчиков показаны по вертикальной оси справа, по горизонтальной оси — время в миллисекундах. Амплитуда ускорений на каждом датчике, м/с^2 — по вертикальной оси слева.

Аналогичные результаты представлены на рис. 4 для 17-тонного колокола, установленного в 2015 году.

Учитывая сложившиеся в нормативных требованиях для Санкт-Петербурга противоречия с обязательными требованиями Федерального закона № 384 к механической безопасности зданий

и сооружений, предлагается дополнить таблицу «Требования к внешним динамическим параметрам» из ТСН 50-302–2004 параметрами частотного диапазона динамических воздействий, определяемого периодом собственных колебаний объектов, попадающих в зону динамического воздействия. Этот период можно определять до проведения мониторинга в соответствии с ГОСТ 31937–2011 (ГОСТ 31937–2011. Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния. М.: Стандартинформ, 2014. 89 с.) или по формулам для зданий различных конструктивных схем, приведенных, например, в [4–5].

Библиографический список

1. Савин С. Н., Демишин С. В., Ситников И. В. Мониторинг уникальных объектов с использованием динамических параметров по ГОСТ Р 53778–2010 // Инженерно-строительный журнал. 2011. № 7. С. 33–39.
2. Суцев С. Л., Ларионов В. А., Галиуллин Р. Р., Нигметов Г. М., Савин С. Н., Самарин В. В. О практическом

Рис. 3. Фрагмент записи усредненной реакции на удары 10-тонного колокола

Рис. 4. Фрагмент записи реакции на удары 17-тонного колокола

применении метода динамических испытаний для оценки категории технического состояния и сейсмостойкости зданий и сооружений при слабых и сильных импульсных воздействиях // Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений. 2014. № 3. С. 52.

3. Адушкин А. В., Гончаров А. И., Куликов В. И. Виброколебания колокольни при колокольном звоне // Физические поля и динамика взаимодействующих геосфер: сб. науч. тр. ИДГ РАН. М.: ГЕОС, 2007. 348 с.

4. Савин С. Н., Данилов И. Л. Сейсмобезопасность зданий и территорий. СПб.: Лань, 2015. 240 с.

5. Методика оценки и сертификации инженерной безопасности зданий и сооружений. МЧС России. М., 2003. 85 с.

References

1. Savin S. N., Demishin S. V., Sitnikov I. V. *Monitoring unique objects with the use of dynamic parameters in accordance with GOST P 53778-2010*. *Inzhenerno-stroitel'nyy zhurnal – Civil Engineering Journal*, 2011, 7, pp. 33–39.

2. Sushchev S. L., et al. *O prakticheskom primenении metoda dinamicheskikh ispytaniy dlya otsenki kategorii*

tekhnicheskogo sostoyaniya i seysmostoykosti zdaniy i sooruzheniy pri slabyykh i sil'nykh impul'snykh vozdeystviyakh [About practical application of dynamic tests method for assessing the category of technical condition and seismic stability of buildings and structures at weak and strong impulse inputs]. *Seysmostoykoe stroitel'stvo. Bezopasnost' sooruzheniy – Earthquake engineering. Constructions safety*, 2014, no. 3, p. 52.

3. Adushkin A. V., Goncharov A. I., Kulikov V. I. *Vibrokolebaniya kolokol'ni pri kolokol'nom zvone* [Vibration oscillations of the bell tower at bell-ringing]. *Fizicheskie polya i dinamika vzaimodeystvuyushchikh geosfer. Sb. nauch. tr. IDG RAN* [Physical fields and dynamics of the interacting geospheres. Coll. of works by the Institute of Geosphere Dynamics (IDG RAS)]. Moscow, GEOS Publ., 2007, 348 p.

4. Savin S. N., Danilov I. L. *Seysmbezopasnost' zdaniy i territoriy* [Seismic safety of buildings and territories]. St. Petersburg, Lan' Publ., 2015, 240p.

5. *Metodika otsenki i sertifikatsii inzhenernoy bezopasnosti zdaniy i sooruzheniy* [Technique of assessment and certification of engineering safety of buildings and constructions]. Moscow, Emercom of Russia Publ., 2003, 85 p.