

УДК 550.34:624.04

СЕЙСМИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЭКОЛОГИЧЕСКИ ОПАСНЫХ ОБЪЕКТОВ

д. ф.-м. н., профессор Бугаевский Г.Н., Багмут А.В.***

**Национальная академия природоохранного и курортного строительства,
**ЦП «Геофизприбор»*

Современное развитие общественного производства характеризуется увеличением сложности и концентрации промышленных объектов, потенциально опасных по возможным последствиям.

Продолжают наносить огромный ущерб опасные природные явления и стихийные бедствия геофизического (сейсмического), гидрологического, и метеорологического происхождения, влекущие за собой разрушение зданий, сооружений, промышленных и экологически опасных объектов (ЭОО), гибель людей, потерю материальных ценностей. По существу сложилась система сейсмической экологии.

Серьёзность сложившейся ситуации была подчеркнута в заявлении Международной организации по сейсмической безопасности (ISSO) от 6 августа 2012г. [1]. В нем говорится о необходимости при проектировании и строительстве сооружений предусматривать способность конструкций выстоять при достоверно известных сильнейших землетрясениях на данной территории, которые могут произойти в любое время, независимо от их редкости и большой продолжительности их периодов повторяемости.

Крымский полуостров является зоной интенсивного развития опасных геологических процессов, связанных с сейсмичностью, оползневыми и абразионными процессами. Наиболее разрушительно указанные процессы действуют в пределах южной береговой зоны и Керченского полуострова (рис.1). В связи с этим, в регионе необходим мониторинг сейсмических процессов. Особенно катастрофичными могут стать последствия разрушения

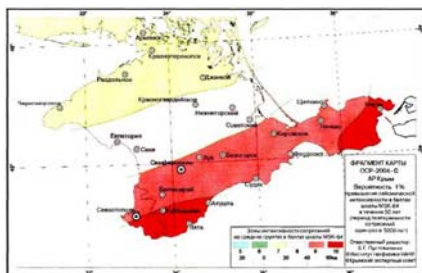


Рис 1. Карта ОСП-2004-С (для размещения объектов, экологически наиболее опасных. на Крымском полуострове)

техногенно-опасных объектов Крыма при нахождении их в зоне сильного сейсмического воздействия. Таких, например, как нефтехранилища в районе г. Феодосия, завод «Крымский титан» в р-не г. Армянск, многие плотины Крымских водохранилищ и, наконец, планируемый транспортный переход через Керченский пролив без предварительного определения положения тектонически активных разломов в зоне Керченского пролива.



Рис. 2. Экологически опасные объекты Крыма

По состоянию на 2008 г. по материалам ГУ МЧС Украины в АРК: «на территории АР Крым функционирует 66 химически-опасных объектов разной формы собственности, производственная деятельность или технологический процесс которых непосредственно связан с риском возникновения

чрезвычайных ситуаций (примеры на рис.2). Аварийная ситуация на любом из химически опасных объектов, будь-то выброс хлора, аммиака, разлив сернистого ангидрида и т.д., неминуемо повлечет за собой экологические последствия и людские потери» [2].

Техническое состояние рассматриваемых объектов, в основном, характеризуется комплексным показателем, который учитывает множество воздействующих факторов, таких как срок и режим эксплуатации, конструктивные параметры элементов (габаритные размеры) и состояние материалов, особенности зон расположения объектов и др. Тем не менее, очень редко или практически не выполняются исследования динамических характеристик техногенно-опасных, экологически опасных и других сооружений, необходимость которых указана в ДБН В.1.1-12:2006 [3]. Во многом – это следствие отсутствия соответствующей инструментальной базы и опыта стандартизированных практических исследований в области инструментального изучения сейсмостойкости зданий и сооружений.

Из всего выше сказанного можно сделать вывод, что на сегодняшний день актуальными в Украине и особенно в Крыму являются исследования в области динамики сооружений, и в частности на ЭОО, основой которых должны стать инструментальные наблюдения с применением специализированной измерительной аппаратуры.

Целью данной статьи является рассмотрение применения такой аппаратуры на примере корпуса № 3 Национальной академии природоохранного и курортного строительства (НАПКС, рис. 3), а также возможностей применения таких методов исследований для потенциально опасных производств и экологически опасных объектов.

В лаборатории кафедры механики и сейсмостойкости сооружений НАПКС применяют специальную трехкомпонентную цифровую аппаратуру. С помощью данной системы были выполнены исследования динамических характеристик корпуса №3 НАПКС. Были определены амплитудно-частотные характеристики и получены значения спектров отклика в различных точках с

учетом конструктивных особенностей здания. На основании обработки и анализа полученных результатов сделаны выводы относительно особенностей частотных характеристик корпуса и его отдельных конструктивных частей.

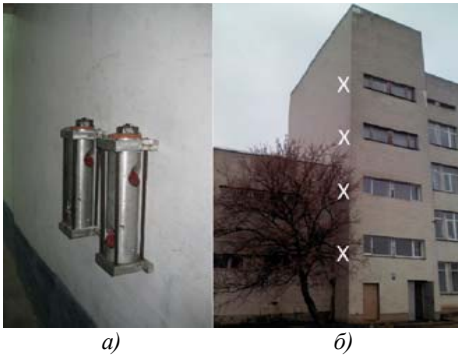


Рис. 3. а) крепление настенных кассет. б) точки расстановки кассет на этажах.

Первый этап исследований в НАПКС был освещён в публикациях [4,5]. На очередном этапе исследований две настенные трехкомпонентные кассеты с сейсмоприемниками крепились на лестничной клетке с первого по четвертый этажи (рис. 3 а) для определения динамических характеристик вдоль вертикали.

Колебания возбуждались генератором на основе трехфазного асинхронного электродвигателя (рис. 4), расположенным в лаборатории в подвальном помещении на частотах 5, 10, 15, 20, 25 и 30 Гц.



В отличие от ранее проводимых экспериментов, когда мы рассчитывали только амплитуду колебаний суммарного вектора, в данном случае мы воспользовались формулами для перехода от симметричной азимутальной ортогональной системы к ортогональной системе координат XYZ с одной вертикальной и двумя горизонтальными осями (рис.5).

Формулы перехода к ортогональным координатам XYZ:

$$\begin{aligned}
 X(t) &= 0.817 \times A_I(t) - 0.408 \times A_{II}(t) - 0.408 \times A_{III}(t) \\
 Y(t) &= 0.707 \times A_{II}(t) - 0.707 \times A_{III}(t) \\
 Z(t) &= 0.577 \times A_I(t) + 0.577 \times A_{II}(t) + 0.577 \times A_{III}(t)
 \end{aligned}$$

Где A_I , A_{II} , A_{III} – амплитуда соответствующей компоненты.

Указанные преобразования были выполнены в программе Microsoft Excel. Благодаря таким преобразованиям была выполнена проверка

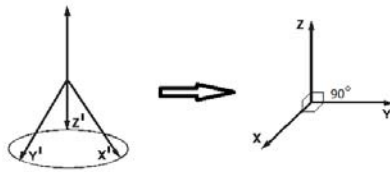


Рис. 5. Направление осей в симметричной азимутальной ортогональной системе и ортогональной системе координат XYZ.

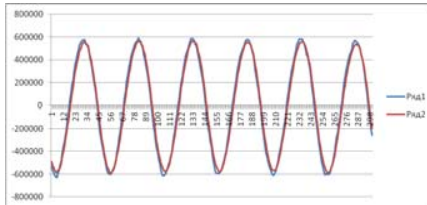


Рис. 6. Графики сигналов рассчитанной Z-компоненты и вертикального СП.

зависимость амплитуды колебаний корпуса от частоты возбуждения для каждого этажа.

Как было показано в статье [5], резонансная частота корпуса №3 НАПКС составляет около 20 Гц, поэтому целесообразно рассмотреть результаты записей на этой частоте.

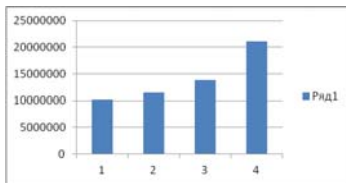


Рис. 7. Амплитуды колебаний суммарного вектора с первого по четвертый этаж на частоте 20 Гц.

идентичности записи компонент сигнала по совпадению сигнала контрольного сейсмоприемника (СП) и пересчитанной вертикальной компоненты (рис.6).

Записи полученных четырех каналов были обработаны в программе Mathcad. Получены амплитуды спектров для каждого канала на регистрируемых частотах. По этим данным в программе Excel были рассчитаны амплитуды спектров колебаний суммарного вектора по формуле:

$$S = \text{sqrt}(X^2 + Y^2 + Z^2)$$

По полученным данным были построены графики, отображающие

Как видим, на резонансной частоте амплитуда колебаний возрастает от этажа к этажу с более резким увеличением между третьим и четвертым этажами (рис.7). Как показано на фотографии корпуса №3 академии (рис. 3 б), выше третьего этажа отсутствует боковая пристройка амфитеатра, что, по-видимому, и является причиной скачкообразного роста амплитуды.

Рассмотрение графиков по каждой компоненте показывает с что основной вклад в перепад амплитуды на 4 этаже даёт именно X составляющая (рис.8), то есть составляющая, со стороны которой нет пристройки.

При этом амплитуда Y-компоненты изменяется незначительно (рис. 9).

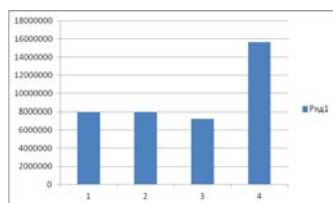


Рис. 8. График амплитуд X-компоненты

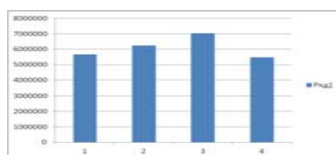


Рис. 9 График амплитуд Y-компоненты.

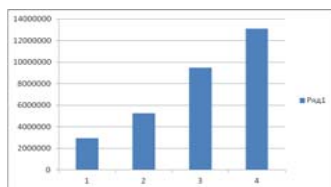


Рис. 10. График амплитуд вертикальной компоненты.

Амплитуда Z-компоненты (рис. 10.) практически линейно возрастает от первого к четвертому этажу. Это показывает, что вертикальная составляющая колебаний на резонансной частоте имеет значительный вклад в общий рост амплитуды при повышении этажности. В данном случае можно сделать заключение, что резкое возростание амплитуды колебаний между третьим и четвертым этажами – это не нарушение конструкции здания, а объективное следствие отсутствия боковой пристройки к лестничной клетке. Тем не менее, полученные данные позволят отслеживать динамику изменений характеристик данного участка здания в дальнейшем при повторных наблюдениях. В случае выявления таких отклонений без объективных причин это являлось бы поводом для более детального обследования данного участка с целью поиска конструктивных нарушений.

Выводы:

1. Выполнены наблюдения в корпусе №3 НАПКС и выявлено, что анализ суммарного сигнала в целом является достаточно информативным, но анализ каждой компоненты представляет ещё больший интерес и подтверждает целесообразность такого подхода при исследованиях зданий, сооружений, экологически-опасных объектов.
2. Инструментальным способом подтверждены предположения относительно увеличения амплитуды колебаний 4 этажа на лестничной клетке, причем можно утверждать, что причиной этому является именно

отсутствие боковой пристройки, так как резкий скачек совершает именно Х-компонента, ориентированная перпендикулярно стене.

3. Идентичность работы каналов регистрации подтверждается сравнением амплитуды пересчитанной вертикальной компоненты с данными вертикального сейсмоприемника.

4. Полученные результаты подтверждают необходимость выполнения инструментальных динамических исследований для объектов строительства, и, в частности, экологически опасных объектов, например, плотин водохранилищ, корпусов атомных электростанций, резервуаров хранения жидких и газообразных химических веществ и т.д. Особенно важным является выполнение таких исследований сразу же после строительства объекта, что позволит опираться на полученные данные при повторных периодических измерениях.

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Заявление о Позиции по оценке сейсмической опасности и проектной нагрузке для общественной безопасности, Международная организация по сейсмической безопасности (ISSO) 6 августа 2012 г. [Электронный ресурс], Вестник ОНЗ РАН, 4 (2012) – Режим доступа: http://onznews.wdcb.ru/news12/info_120910.html
2. Химическая угроза в Крыму – реальность [Электронный ресурс]: По материалам: ГУ МЧС Украины в АРК 14.09.2008г. – Режим доступа: <http://forum-msk.org/material/region/529802.html>
3. Строительство в сейсмических районах Украины ДБН В.1.1-12:2006, Минстрой Украины, Киев 2006г.
4. Багмут А.В. Настенные трехкомпонентные сейсмометрические комплексы для динамической паспортизации зданий /Багмут А.В. Бугаевский Г.Н. Сб. «Строительство, материаловедение, машиностроение», Вып. 65, Днепропетровск, 2012, с. 98-103.
5. Солошенко А.А. Определение динамических характеристик здания вибрационным воздействием генератора. Строительство и техногенная безопасность. Сб. науч. тр. НАПКС, Симферополь, (В печати).