

УДК 550.34.016

ОЦЕНКА СЕЙСМИЧЕСКОЙ УСТОЙЧИВОСТИ УЧЕБНОГО КОРПУСА № 3 РОССИЙСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА ИМ. И. КАНТА С ПРИМЕНЕНИЕМ МЕТОДИКИ НАКАМУРЫ

© 2010 Г.И. Аносов¹, М.В. Дробиз¹, О.А. Коновалова², Д.С. Сотников¹, В.Я. Чугаевич¹

¹Российский государственный университет имени Иммануила Канта, Калининград, 236041;
e-mail: seism_147@mail.ru

²Камчатский государственный университет имени Витуса Беринга, Петропавловск-Камчатский, 683023

Впервые произведена инструментальная оценка сейсмостойкости здания в Калининградской области. Изучен сейсмический фон в районе здания, оценены уязвимость и фактор усиливаемости как отдельных частей, так и всего здания в целом. Выявлено самое уязвимое место в конструкции здания, поднята историческая справка. Исторические данные о перепланировке здания подтверждены геофизическими методами. Результаты исследования могут быть распространены на значительную часть жилого фонда г. Калининграда.

Ключевые слова: уязвимость, метод Накамуры, напряжение, резонанс.

ВВЕДЕНИЕ

Проведенная работа является первой в ряду планируемого цикла работ, посвященных изучению состояния зданий и сооружений промышленного и общественного (social) функционального назначения г. Калининграда, к которым предъявляются определенные требования в связи с нахождением в них большого количества людей в течение всего дня.

Калининградская область долгое время считалась асейсмичным регионом. Согласно ОСР-97 (Уломов, Шумилина, 1999) область была отнесена к пятибалльной зоне. Землетрясения 2004 г. интенсивностью от 6 до 7 баллов по шкале МСК-64 (Калининградское..., 2009), дали новый толчок исследованиям сейсмостойкости местных зданий и сооружений. В самом Калининграде различные виды повреждений получили 1146 строений, из которых более 90% — жилые дома. В связи с этими событиями считается очевидным факт перехода области из асейсмичных в умеренно сейсмичные регионы (Калининградское..., 2009).

В дополнение к пересмотру сейсмической опасности в регионе сейсмические риски увеличиваются также из-за того, что в последнее время в Калининграде отмечено значительное

увеличение площадей с повышенным уровнем техногенной сейсмической (вибрационной) нагрузки. Это происходит за счет расширения производственных площадей на территориях так называемых спальных районов, сокращения площадей «буферных зон», которые отделяли промышленные и транспортные зоны от жилых, а также в связи с ростом транспортной нагрузки на все основные и большую часть второстепенных магистралей города из-за неконтролируемого роста числа транспортных единиц. Хорошо известно, что указанная нагрузка может быть опасна для зданий и сооружений с длительными сроками эксплуатации и повышенной этажностью строений. Это потребовало проведения сейсмического микрорайонирования в Калининграде, которое и было выполнено ОИФЗ РАН в 2007-2008 гг.

В связи с развитием сейсмологических исследований и в РГУ им. Иммануила Канта первое, пилотное исследование было решено начать со здания учебного корпуса № 3 (ул. Университетская, 2). Здание расположено на удалении около 100 м от одной из самых оживленных магистралей города — Ленинского проспекта, имеет высокую антропогенную нагрузку и представляет собой архитектурное сочетание относительно старого немецкого основания со вторым и третьим этажами, возведенными заново после войны.

В связи с тем, что в городе значительную часть жилого фонда до сих пор составляют строения, возведенные после 1945 г. на фундаментах довоенной (до 1941-1945 гг.) постройки, выбор здания университета в качестве объекта исследования представляется вполне обоснованным.

ИНФОРМАЦИЯ О ЗДАНИИ УНИВЕРСИТЕТА

В 1844 г. во время празднования 300-летия Университета король Фридрих Вильгельм IV (Лавринович, 1995; Baldur, 2000) заложил первый камень в основание нового здания Университета (предыдущее располагалось на острове Кнайпхоф к северу от Главного собора города). Однако начало строительства затянулось до 1856 г. С инженерной точки зрения Университет представлял собой трехэтажное протяженное здание с мощным выступом (ризалитом) по центру (рис. 1), который сохранился и по сей день. Горизонтальная ориентация здания подчеркивалась двумя строительными деталями: идущим вверх по всей длине здания парапетом, за которым спрятана крыша с относительно слабым наклоном, а внизу — длинной крытой галереей, которая по обеим сторонам выступала почти

на 10 м от фронта здания. Вход в университет располагался на уровне земли. Из-за недостатка природных камней в восточно-прусской низменности архитектор Штюлер решил, опираясь на традиции времен Тевтонского ордена, строить его из кирпича. В дальнейшем, в 1925 г. из-за недостатка помещений были начаты работы по строительству «Флигеля Либенталя» — по имени проектировщика пристройки Роберта Либенталя. Через три года строительство было окончено, и на косоугольной садовой территории было возведено новое строение, увеличившее здание постройки 1862 г. почти наполовину. Согласно проекту на юго-западе и северо-востоке появились еще два ризалита. Связав главное здание лестничным маршем старого сооружения, Либенталь создал два внутренних двора, необходимых для освещения старого здания и пристройки. Конструкция была выполнена в виде кирпичной стены с перекрытиями из пустотелого камня между балками из железобетона.

В августе 1944 г. это здание, названное Альбертус-университетом, после бомбежек английской авиацией полностью выгорело. Вместе с тем фасад в целом остался почти нетронутым — выгорели только оконные проемы. В боях в апреле 1945 г. здание было основательно



Рис. 1. Внешний вид здания Альбертус-Университета до 1939 г. (Лавринович, 1995).

повреждено. При восстановлении руин в 1963 г. были достроены утраченные в этих событиях второй и третий этажи. Все декоративные элементы были полностью утрачены.

Сначала в восстановленном здании располагалась средняя школа, затем, начиная с 1967 г., размещался Педагогический институт, а с 1968 г. — Калининградский государственный университет, ныне Российский государственный университет им. Иммануила Канта.

МЕТОДИКА ИЗМЕРЕНИЙ И ОБРАБОТКИ

В основу настоящей работы была положена методика Ю. Накамуры (Y. Nakamura), сейсмометрические исследования по которой ранее успешно выполнялись и выполняются, в том числе для оценки уязвимости архитектурных памятников (Колизей, Пизанская башня) и множества административных зданий и виадуков скоростных автомагистралей в Японии (Nakamura et al., 2000). В отличие от других методик: метода спектральных отношений двух станций (two site spectral ratio method — TSSRM) или метода спектральных отношений на одной станции (single site spectral ratio — SSSRM), более известного как метод отношений спектров горизонтальной компоненты записи к вертикальной (the Horizontal to Vertical Spectrum Ratio — HVSRM) при регистрации в условиях либо отсутствия, либо при резком ослаблении техногенных микроколебаний, которые требуют сложной и часто дорогостоящей организации наблюдений (Turnbull, 2008), в методе Накамура наблюдения выполняются одиночной трехкомпонентной сейсмологической станцией для регистрации микросейсм природного и антропогенного (socially noisy) происхождения (Nakamura, 1989). При этом не требуется эталонных измерений в опорных точках, а сама регистрирующая аппаратура перемещается по точкам наблюдений без синхронизации записей по времени. Это позволяет использовать при обработке несинхронные в пространстве и во времени измерения. Представляется, что метод Накамуры может рассматриваться как один из вариантов метода спектральных отношений (HVSRM).

В основу данного метода положены представления о том, что влияние тонкой структуры изучаемого объекта в большей части относится к поперечным волнам, которые усиливаются этой структурой и практически не изменяют продольные волны. Тогда отношение спектральных характеристик двух горизонтальных компонент к спектру вертикальной компоненты будет характеризовать так называемую передаточную функцию, которая строго зависит от

тонкой структуры изучаемого объекта. Это представление, таким образом, обеспечивает возможность решать задачу изучения тонкой структуры объекта по отношению спектров падающих (входной сигнал) колебаний, которые представлены спектром вертикальной компоненты, и вторично-возникающих (выходной сигнал), которые определяются осредненным спектром горизонтальных компонент регистрируемых колебаний в полном соответствии с теорией решения задач «черного ящика».

Применимость методики Накамуры для здания как среды распространения волн, существенно отличающейся от грунтов, обосновывается использованием только его сдвиговых деформаций. Здание рассматривается как система, эквивалентная виртуальным линейным системам, в которой записи на горизонтальных каналах воспринимаются в качестве выходного сигнала, а на вертикальных — как входного. Таким образом, и в данном случае решается задача «черного ящика» — определение характеристик тела по входному и выходному сигналам. Отношение спектров H/V позволяет получить спектральную характеристику передаточной функции или спектральную характеристику «черного ящика». Метод Накамуры обосновывает в данном приближении (Nakamura, 1989) прямую связь частной характеристики передаточной функции с амплитудами возможных сдвиговых деформаций в здании. Отсюда следует, что резонансы (пики) частной характеристики свидетельствуют о наличии резонансов при сдвиговых деформациях на заданных частотах (Окамото, 1980) и их повышенной способности к повреждениям на этих частотах под действием прилагаемых внешних нагрузок.

Располагая точки наблюдений на этажах одну под другой так, чтобы создать «виртуальный» — вертикальный профиль (рис. 2, вид сверху: точки выхода — проекции вертикальных профилей на поверхности этажа, номера профилей I–IX), мы в первую очередь создавали условия для анализа отдельных «лучей» сейсмической волны, распространяющихся по вертикали; затем добивались полного покрытия точками измерений практически всей внутренней поверхности здания. Если в здании имелось бы некоторое место, уязвимость которого была бы выше найденной, это значение косвенно отразилось бы в результатах одного или нескольких выполненных измерений. В итоге образовалось семейство вертикальных профилей. Отклонение профиля от нормали к поверхности не превышало 5–7 м, что позволяло наблюдать изменение характера сейсмического сигнала в течение суток, от нижних этажей к верхним.

Кроме того, были выполнены работы на

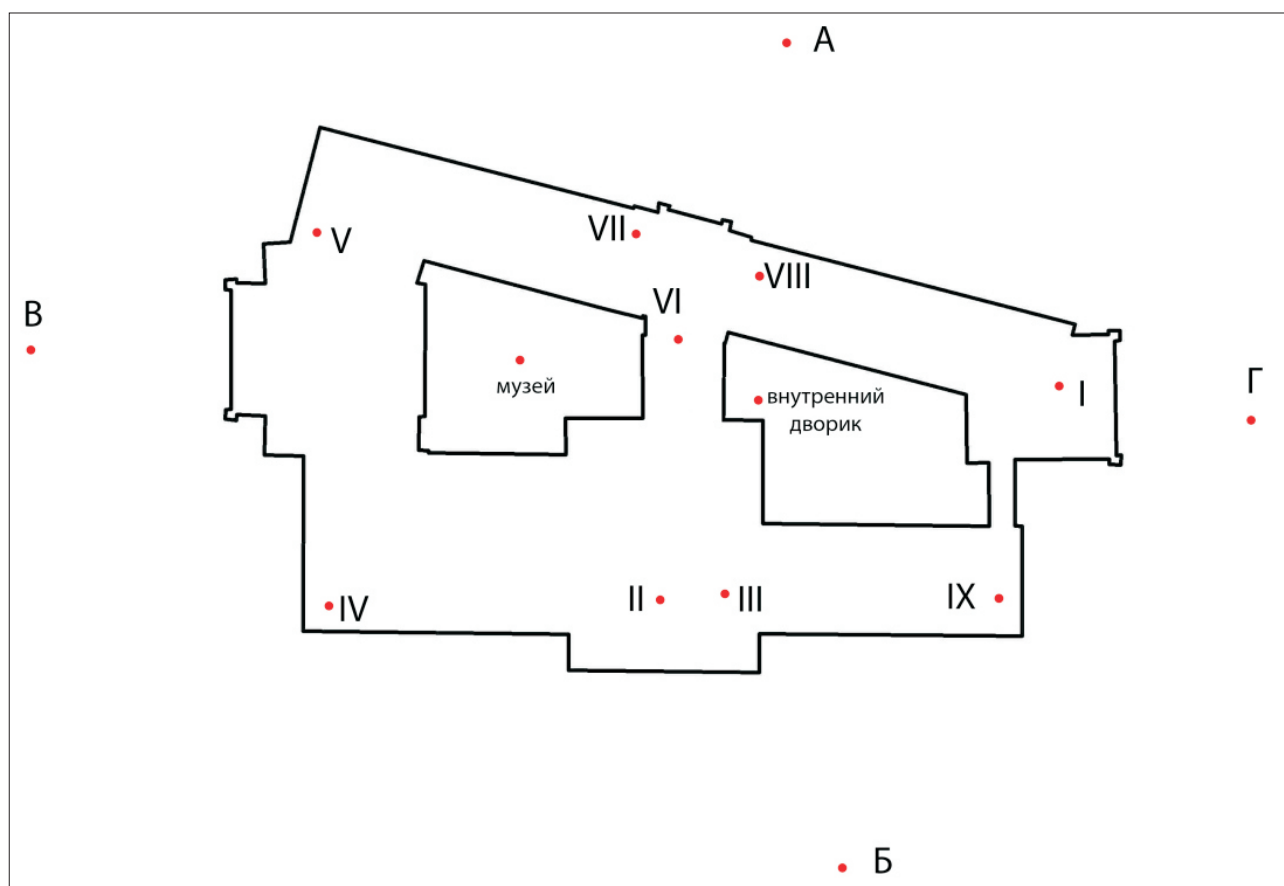


Рис. 2. Вид сверху: точки выхода — проекции вертикальных профилей на поверхности этажа, номера профилей I-IX и точки вне здания университета.

точках в обоих внутренних двориках здания и на улице, в 20 м северо-восточнее университета (рис. 2). Тем не менее при последующих расчетах мы руководствовались только данными с точки А, потому что, как выяснилось впоследствии, точки Б и Г на улице располагались над старым немецким бомбоубежищем, а точка В — на насыпном грунте (уровень поднят над уровнем асфальта на 1.5 м при общей монотонности микрорельефа). Значения, полученные в точках Б и Г, далее не учитывались из-за аномальности расположения.

Измерения проводились с помощью мобильной сейсмостанции «Угра» производства НПП «Геотех+», состоящей из трех приемников-сейсмодатчиков СМ-3 (два горизонтальных — N-S, E-W, один вертикальный — Z), блока преобразования, блока управления и регистрации, системы получения точного времени (с помощью GPS), источника питания и ноутбука — для хранения и обработки информации. Частота записи — 100 отсчетов в секунду. Время записи каждой точки — не менее 1 часа.

Контроль за изменениями амплитуд и частотных характеристик регистрируемых микросейсм осуществлялся по записям региональной сейсмологической станции ALBT1,

которая располагается в подвальном помещении исследуемого здания и полностью идентична по техническим характеристикам описанной мобильной аппаратуре.

При обработке полученных данных с использованием программы DIMAS для каждой точки строились графики функции Накамуры (H/V Nakamura's ratio) (Nakamura, 1989). После этого для нее вычисляется так называемый индекс уязвимости (vulnerability index), который представляет безразмерную величину, вычисляемую по квадрату коэффициента (ордината на графиках Накамуры) усиливаемости резонансом, деленного на значение основной частоты (по абсциссе графика Накамуры) этого резонанса (Nakamura, 1989; Nakamura et al., 2000).

С учетом частотной характеристики использованных маятников-сейсмодатчиков и регистрирующей аппаратуры «УГРА», а также рекомендаций по использованию метода Накамуры (Guidelines..., 2004) при расчетах использовались экспериментальные сигналы в полосе 0.1-10 Гц, обеспечивающей необходимую достоверность и надежность регистрации.

Согласно (Nakamura et al., 2000) для точки с наибольшим значением коэффициента уязвимости получено максимально возможное

ускорение в Гал, при котором здание начнет разрушаться при землетрясении. В последующем, данное значение переведено в баллы по унифицированной шкале Ф.Ф. Аптикаева (Artikaev et al., 2006), что позволяет рассчитать магнитуду землетрясения, при котором наиболее уязвимая часть конструкции не выдержит нагрузки и положит началу разрушению.

Формула для определения максимального сдвига по (Nakamura, 2000) имеет вид

$$\alpha_{saj} = 10^4 \frac{4\pi^2 F^2 h_j}{A_{sgj} - A_{sgj-1}} \gamma_{aj}, \quad (1)$$

где α_{saj} – горизонтальное ускорение;

F – преобладающая частота в данной точке измерений;

h_j – высота j этажа;

A_{sgj} – коэффициент усиливается j этажа;

γ_{aj} – угол возможного деформационного скола j этажа.

Хорошо известно, что при проектировании сооружений конструкторы рассчитывают резонансные частоты или формы колебаний (Окамото, 1980). Анализируя зарегистрированные по методике Накамуры волновые поля, эти характеристики можно определить экспериментально и сопоставить с расчетными. Более того, можно, изучая смещения на фронтах волн, определять крутильные колебания, а также деформации и напряжения, которые возникают в элементах объекта. Обобщая полученные параметры и их изменения со временем, можно делать заключения о физическом состоянии изучаемого объекта (Nakamura, 1989).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Полученные экспериментальные данные анализировались по известным методикам (Okado, 2003; Peterson, 1993), которые позволяют охарактеризовать микросейсмические колебания природного и техногенного характера в районе здания университета как в ночное, так и в дневное время. На полученных спектральных кривых, как это следует из моделей Дж. Петерсона (Peterson, 1993), были установ-

лены максимумы колебаний в полосе низких частот (0.01-1.0 Гц), которые увязываются с удаленными источниками, возможно, океанического происхождения, в полосе промежуточных частот (1.0-3.0-4.0 Гц) – с источниками, расположенными, скорее всего, на акватории Балтийского моря, и на относительно высоких частотах (4.0-20 Гц) – с источниками техногенного внешнего (в первую очередь, движение городского транспорта) и внутреннего (жизнедеятельность и производственная деятельность учебного корпуса) происхождения. Показательно, что уровень природного фона в течение суток меняется слабо, техногенного – в несколько раз.

Полученные спектральные графики усиливости сотрясений на наиболее доминирующих частотах позволили вычислить значения коэффициентов уязвимости, приведенные в таблице, для каждой точки по формуле

$$K = a^2/F, \quad (2)$$

где a – максимальное значение коэффициента усиливается;

F – соответствующая этому значению частота.

С целью качественной калибровки полученных измерений коэффициента уязвимости было проведено сопоставление кривых H/V Накамуры, полученных при наблюдении во внутренних дворах здания университета (рис. 2, точки «музей» и «внутренний дворик»).

В первом из них («музей») был получен коэффициент уязвимости, сопоставимый с уровнями второго и третьего этажей, что объясняется наличием большого количества пустот под станцией. По информации сотрудников музея РГУ им. Иммануила Канта, выяснилось, что весь строительный мусор, оставшийся после реконструкции здания в 1950-е годы, был свален во внутренний дворик «музей» (рис. 2), утрамбован и сверху закрыт плиткой на высоте первого этажа. Тем самым нагромождения утрамбованного строительного мусора высотой в один этаж обусловило значения, сильно отличающиеся от тех, которые получены во втором внутреннем дворике (рис. 2, точка «внутренний дворик»), не содержащем захороненный мусор. Таким образом, уже на начальных этапах работы справедливость методики Накамуры подтверждалась четкой зависимостью расчетных спектральных харак-

Коэффициенты уязвимости для профилей здания университета.

Номер профиля	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Улица	1.61	1.61	1.61	1.61	1.61	1.61	1.61	1.61	1.61
Подвал	1.18	1.15	1.47	1.47	1.29	0.69	1.00	1.37	1.69
1-й этаж	1.08	2.64	2.42	1.20	1.58	1.40	1.18	1.60	2.82
2-й этаж	6.63	2.84	7.95	9.19	3.94	3.02	2.27	3.01	7.14
3-й этаж	8.21	10.31	7.99	4.75	6.69	6.72	5.91	2.64	31.50

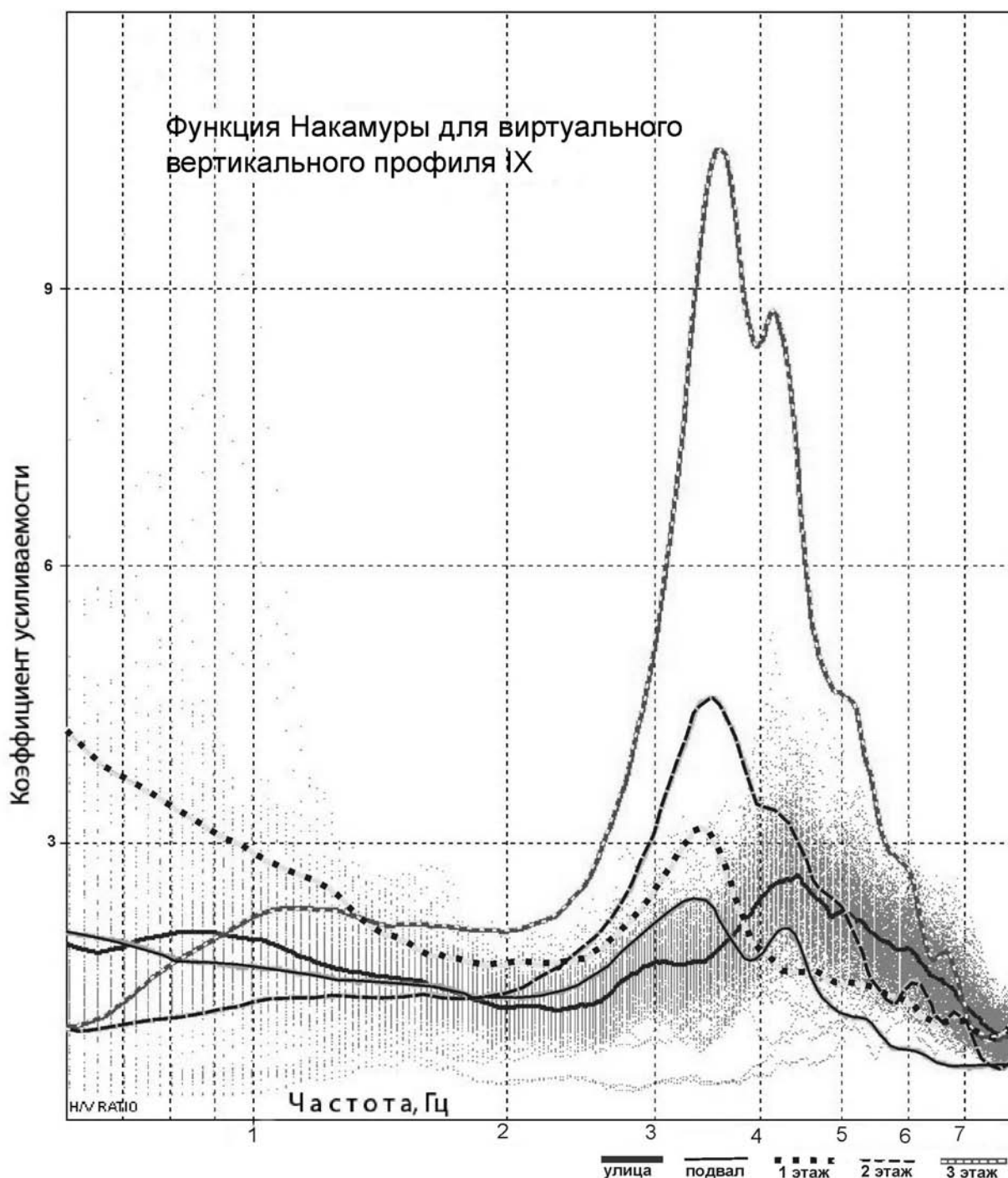


Рис. 3. Спектральные характеристики H/V.

теристик от тонкой структуры изучаемых конструкций и позволило обосновывать аномальные значения коэффициента уязвимости наличием ослабленных зон в строительных конструктивах.

В соответствии с объединением точек наблюдений на этажах на виртуальные вертикальные профили I-IX (рис. 2) графики функции Накамуры для всех точек каждого профиля были совмещены на одном рисунке. В качестве примера на рис. 3 показан пример совмещенных кривых спектров H/V — отношений Накамуры для вертикального профиля IX (рис. 2), особенности

которого коррелируются на всех выполненных разрезах. На этом рисунке частоты менее 1 Гц соответствуют более глубоким горизонтам разреза грунтов, более 1 Гц — частотные параметры ощущают влияние конструкции здания. Подвал и первый этаж (немецкой постройки) соответствуют входящему сигналу, смещая экстремум резонанса в сторону уменьшения, тем самым действуя как полосовой фильтр нижних частот. Графики функции Накамуры второго и третьего этажей свидетельствуют, кроме того, о существовании частотных сдвигов в сторону низких частот от основного тона,

ОЦЕНКА СЕЙСМИЧЕСКОЙ УСТОЙЧИВОСТИ

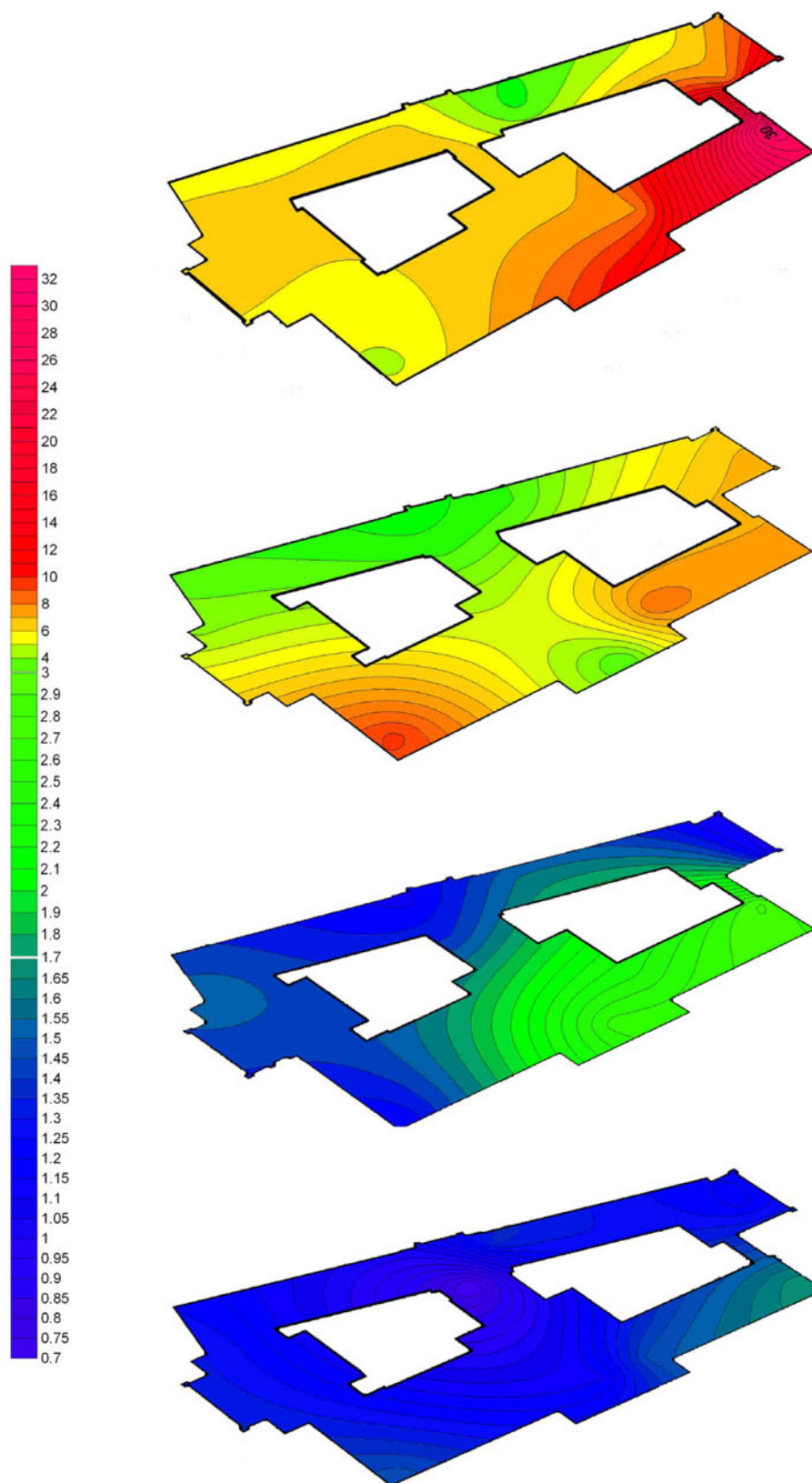


Рис. 4. Распределение коэффициента уязвимости по этажам здания университета.

который прослеживается по вертикали от подвала к верхним этажам (рис. 3). Это доказывает, что сигнал усиливается в области 3–4 Гц, а конструкция здания, как целое, ведет себя нелинейно. Такое поведение говорит о наличии ослабленных узлов в конструкции здания, которые могут стать центрами повышенного разрушения (Окамото, 1980).

На профиле IX (рис. 3) график Накамуры для третьего этажа достигает своего максимума для всего объекта исследований – коэффициент усиливаемости по оси ординат составляет более 10. Вероятнее всего, именно здесь будет находиться наиболее уязвимое место во всем здании.

Значения коэффициента сейсмической уязвимости были нанесены на планы здания и проинтерполированы (рис. 4). При этом близкие друг к другу исходные точки считаются более коррелированными и потому получают больший вес.

Максимальное значение коэффициента уязвимости составило 31.5 при норме 1.0–2.0 – более, чем тревожное для данного места. По нему, соответствующему наиболее ослабленному участку здания, следующим действием определяется максимально возможная нагрузка при сейсмическом событии.

Как уже было указано, «безопасное» ускорение сдвига определяется по формуле (1). Для аномального участка здания может быть принято: $h = 10$ м; $F = 3.5$ Гц; остальные величины безразмерны $A_{sgl} = 31.5$, $A_{sgj-1} = 7.14$, $\gamma_{aj} = 10^{-6}$. После вычислений получаем величину α_{saj} (при $\gamma_{aj} = 10^{-6}$), равную 190 Гал. Это значение ускорения соответствует восьми баллам по шкале MSK-64 или семи по модифицированной шкале (Artikaev et al., 2006). Иными словами, полученные результаты вполне соответствуют VI–VII-балльному сейсмическому воздействию, зафиксированному при калининградских землетрясениях 21 сентября 2004 г. (Калининградское..., 2009) в результате которых во всем здании, начиная с восточного крыла, при длительности сотрясений до 5 секунд наблюдались многочисленные деформации и трещины, соответствующие второй степени повреждений. Это свидетельствует о том, что обрушение здания университетского корпуса № 3 при сотрясениях 8 баллов такой же длительности либо 7 баллов при длительности воздействий более 10 с начнется именно в этом месте. На самом деле, потеря связности конструкций начинается со значений $\gamma_{aj} = 0.6 \cdot 10^{-6}$, чему соответствует $\alpha_{saj} = 114$ Гал, т. е. при VII баллах MSK-64. Будет ли оно губительным для всего здания или все ограничится только этим участком, зависит от длительности воздействий и магнитуды толчков.

1. Здание университета, разрушенное в 1945 г. до первого этажа и восстановленное в 1963 г., представляет собой разнородную конструкцию, которая обусловлена как инженерно-архитектурными элементами, составляющими его современный облик, так и различием по времени строительства этих элементов.

2. Часть здания, сохранившаяся от первоначального строения (подвал и первый этаж), обладает коэффициентом уязвимости, сравнимым с фоновыми данными улицы (входящего сейсмического сигнала), в то время как второй и третий этажи (выстроенные в 1963 г.) имеют значения, превышающие в 3–5 раз (максимум 20–25) фоновые.

3. Графики Накамуры показывают, что на некоторых профилях наблюдается повышенное затухание волновой энергии из-за нелинейного поведения отдельных частей конструкции здания. Это может свидетельствовать об отсутствии жесткости конструкции, которая представляется набором отдельных элементов здания, обладающих повышенной неоднородностью физико-механических свойств этих элементов; так же возможны повышенное влияние межконструктивных пустот между этажами и помещениями, некоторые изъяны строительства, которые стали проявляться с течением длительной эксплуатации под воздействием внешних и внутренних техногенных факторов.

4. По результатам количественных оценок дано объяснение появления значительных деформаций и трещин во всем здании, начиная с ослабленного места, а также спрогнозирована возможность обрушения здания с этого места соответственно от 7-балльного короткого или 6–7-балльного достаточной длительности сейсмического воздействия по шкале MSK-64.

5. При своевременном усилении указанных кабинетов и аудиторий хозяйственные службы могут повысить степень сейсмостойкости здания университета.

Обработка экспериментального материала была выполнена с использованием программы DIMAS (Display, Interactive Manipulation and Analysis of Seismograms) и специальной подпрограммы расчета спектральных отношений H/V для обработки данных одиночных сейсмологических станций по методу Накамуры, разработанных Д.В. Дрозниным (Камчатский филиал ГС РАН, г. Петропавловск-Камчатский), которому авторы выражают искреннюю признательность.

Список литературы

- Калининградское землетрясение 21 сентября 2004 года. СПб: Изд-во ВСЕГЕИ, 2009. 170 с.
- Лавринович К.К.* Альбертина: Очерки истории Кенигсбергского университета. К 450-летию со времен основания. Калининград: Калинингр. кн. изд-во, 1995. 415 с.
- Окамото Ш.* Сейсмостойкость инженерных сооружений. М: Стройиздат, 1980. 342 с.
- Уломов В.И., Шумилина Л.С.* Комплект карт общего сейсмического районирования территории Российской Федерации – ОСР-97. Масштаб 1:8000000. Объяснительная записка и список городов и населенных пунктов, расположенных в сейсмоактивных районах. М.: ИФЗ РАН, 1999. 57 с.
- Аптикаев Ф., Ананын И., Эртелева О. et al.* Project of Russian Seismic Intensity Scale RIS-04 // Proc. of the 1-st European Conference on Earthquake Engineering and Seismology. Geneva. Switzerland, 2006. CD, ID 1291.
- Baldur Köster.* Königsberg. Architektur aus deutscher Zeit. Husum: Husum Druck, 2000. 411 p.
- Guidelines for the implementation of the H/V spectra ratio technique on ambient vibrations. Measurements, processing and interpretation // SESAME European research Project WP12 – Deliverable D23.12: Project № EVG1 – CT-2000-00026 SESAME, 2004. 62 p.
- Nakamura Y.* A method for dynamic characteristic estimation of subsurface using microtremor on the ground surface // Quarterly report of Railway Technical Research Institute. 1989. V. 30. № 1. P. 25-33.
- Nakamura Y., Gurler E., Dilek, Saita J. et al.* Vulnerability investigation of Roman Coliseum using microtremor // Proceeding, 12th WCEE 2000 in Auckland. NZ. P. 1-8.
- Okado H.* The microtremor Survey Method: SEG, TULSA // Geophysical monography. 2003. S. № 12. 135 p.
- Peterson J.* Observation and Modelling of seismic background noise // USGS Open-File Report 93-322: Albuquerque, New Mexico, 1993. 95 p.
- Turnbull M.* Relative seismic shaking vulnerability microzonation using an adaptation of the Nakamura horizontal to vertical spectral ratio method // J. Earth. Syst. Sci. 2008. V. 117. S2. P. 879-895.

EVALUATION OF SEISMIC STABILITY OF THE EDUCATIONAL BUILDING 3 OF IMMANUIL KANT RUSSIAN STATE UNIVERSITY USING THE NAKAMURA METHOD

G.I. Anosov¹, M.V. Drobiz¹, O.A. Konovalova², D.S. Sotnikov¹, V.Y. Chugaevich¹

¹*Immanuel Kant Russian State University, Kaliningrad, 236016;*

²*Kamchatkan Vitus Bering State University, Petropavlovsk-Kamchatskiy, 683023*

The paper presents the results from the first estimation of earthquake resistance using instrumentations in Kaliningrad region. The authors studied seismic background around the building and evaluated vulnerability and amplification factor of both the whole building and its single parts. The research revealed a vulnerability of the building. A historical background was used. Geophysical methods proved the historical data on the building alteration. The results can be used in study of the significant part of residential areas in Kaliningrad.

Keywords: vulnerability, Nakamura method, strain, resonance.