



УДК 627.943:550.34



ДОРОФЄЄВ В.С.

Д-р технічних наук, проф., професор кафедри, Одеський національний морський університет, м. Одеса, Україна, e-mail: dorvs@ukr.net, тел. +38 (048) 729-86-20, ORCID:0000-0002-2412-4134



ЄГУПОВ К.В.

Д-р технічних наук, проф., директор НДІ фундаментальних і прикладних досліджень Одеського національного морського університету, м. Одеса, Україна, e-mail: yegupov.k@gmail.com, тел. +38 (097) 238-02-08, ORCID: 0000-0002-8342-820X



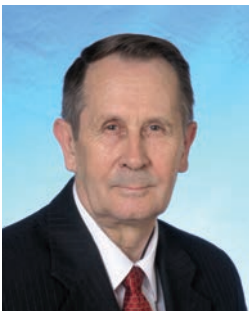
ЄГУПОВ В.К.

Інженер, Інститут геофізики ім. С.І. Субботіна НАН України, м. Одеса, Україна, e-mail: slava.yegupov@gmail.com, тел. +38 (096) 369-09-17, ORCID: 0000-0001-5093-6948



КЕНДЗЕРА О.В.

Канд. фізико-математичних наук, заст. дир., Інститут геофізики ім. С.І. Субботіна НАН України, м. Київ, Україна, e-mail: kendzera@igph.kiev.ua, тел. +38 (044) 423-81-43, ORCID: 0000-0003-0691-0227



НЕМЧИНОВ Ю.І.

Д-р технічних наук, проф., перший заступник директора інституту з наукової роботи, ДП «Державний науково-дослідний інститут будівельних конструкцій», м. Київ, Україна, e-mail: yu.nemch@ndibk.gov.ua, тел. +38 (050) 469-35-77, ORCID: 0000-0002-6618-125X



СЕМЕНОВА Ю.В.

Канд. фізико-математичних наук, науковий співробітник, Інститут геофізики ім. С.І. Субботіна НАН України, м. Київ, Україна, e-mail: ulaska@ukr.net, тел. +38 (097) 780-89-88, ORCID: 0000-0003-4628-8663



СОРОКА М.М.

Доцент, канд. технічних наук, зав. лаб., ДП «Державний науково-дослідний інститут будівельних конструкцій», м. Одеса, Україна, e-mail: soroka@ogasa.org.ua, тел. +38 (067) 655-35-35

ОСОБЛИВОСТІ ВИЗНАЧЕННЯ НАВАНТАЖЕНЬ І ВПЛИВІВ НА ОБ'ЄКТИ ПІДВИЩЕНОГО КЛАСУ ВІДПОВІДАЛЬНОСТІ

АНОТАЦІЯ

У статті розглянуто питання розрахунку будівель і споруд підвищеної відповідальності на сейсмічні дії. Показано, що не врахування низки геофізичних чинників призводить до значної зміни величин сейсмічних дій, як правило, у небезпечний бік. Для оцінювання надійності об'єктів підвищеного класу відповідальності (СС2 і СС3) необхідно отримати додаткові геофізичні дані (швидкість проходження хвилі під спорудою, переважаючий період коливань ґрунту та синтезовані акселерограми з врахуванням ґрунтових умов майданчика будівництва). При

проектуванні відповідальних споруд класу СС2 і СС3 в складних інженерно-геологічних умовах необхідно враховувати вимоги державних будівельних норм ДБН В.1.1:12-2014 «Будівництво в сейсмічних районах України», дотримання яких дозволить забезпечити ефективну роботу, надійність і довговічність будівельних конструкцій. Сейсмостійкість будівель значною мірою залежить від їх конфігурації, розташування і типу конструктивних елементів, врахування просторової роботи споруди і кінцевої швидкості проходження сейсмічних хвиль під ними в умо-



вах реальної сейсмічної дії. Теоретичне моделювання сейсмічних дій і чисельні експерименти дозволили встановити, що нерівномірності поля коливань ґрунту, фільтрація сейсмічних хвиль геологічним середовищем і виникнення резонансних коливань в спорудах при сильних підкорових землетрусах зони Вранча може привести до збільшення сейсмічних навантажень у декілька разів. Побудовані з урахуванням результатів сейсмічного мікрорайонування розрахункові акселерограми і спектри реакції відкривають можливість істотного здешевлення сейсмостійкого будівництва за рахунок оптимального вибору конструктивних рішень, що дозволяє уникнути збігу переважаючих частот, відповідних піковим прискоренням у сейсмічних хвилях, резонансних частот підстилаючої ґрунтової товщі і власних частот будівлі (споруди), що проектується, із збереженням необхідної надійності для особливо відповідальних споруд.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: клас наслідків (відповідальності), землетрус, сейсмічне мікрорайонування, розрахункові акселерограми.

ОСОБЕННОСТИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ НАГРУЗОК И ВОЗДЕЙСТВИЙ НА ОБЪЕКТЫ ПОВЫШЕННОГО КЛАССА ОТВЕТСТВЕННОСТИ

ДОРОФЕЕВ В.С. Д-р технических наук, проф., проф. кафедры, Одесский национальный морской университет, г. Одесса, Украина, e-mail: dorvs@ukr.net, тел. +38 (048) 729-86-20, ORCID:0000-0002-2412-4134

ЕГУПОВ К.В. Д-р технических наук, проф., директор, НИИ фундаментальных и прикладных исследований Одесского национального морского университета, г. Одесса, Украина, e-mail: yegupov.k@gmail.com, тел. +38 (097) 238-02-08, ORCID: 0000-0002-8342-820X

ЕГУПОВ В.К. Инженер, Институт геофизики им. С.И. Субботина НАН Украины, г. Одесса, Украина, e-mail: slava.yegupov@gmail.com, тел. +38 (096) 369-09-17, ORCID: 0000-0001-5093-6948

КЕНДЗЕРА А.В. Канд. физ.-мат. наук, зам. директора, Институт геофизики им. С.И. Субботина НАН Украины, г. Киев, Украина, e-mail: kendzera@igph.kiev.ua, тел. +38 (044) 423-81-43, ORCID: 0000-0003-0691-0227

НЕМЧИНОВ Ю.И. Д-р технических наук, проф., первый заместитель директора института по научной работе, ГП «Научно-исследовательский институт строительных конструкций», г. Киев, Украина, e-mail: yu.nemch@ndibk.gov.ua, тел. +38 (050) 469-35-77, ORCID: 0000-0002-6618-125X

СЕМЕНОВА Ю.В. Канд. физ.-мат. наук, научный сотрудник, Институт геофизики им. С.И. Субботина НАН Украины, г. Киев, Украина, e-mail: ulaska@ukr.net, тел. +38 (097) 780-89-88, ORCID: 0000-0003-4628-8663

СОРОКА Н.Н. Канд. технических наук, доцент, зав. лаб., ГП «Научно-исследовательский институт строительных конструкций», г. Одесса, Украина, e-mail: soroka@ogasa.org.ua, тел. +38 (067) 655-35-35

АННОТАЦИЯ

В статье рассмотрены вопросы расчета зданий и сооружений повышенной ответственности на сейсмические воздействия. Показано, что не учет ряда геофизических факторов приводит к значительному изменению величин сейсмических воздействий, часто в опасную сторону. Для оценки надежности объектов повышенного класса ответственности (СС2 и СС3) необходимо получить дополнительные геофизические данные (скорость прохождения волны под сооружением, преобладающий период колебания ґрунта и синтезированные акселерограммы с учетом ґрунтовых условий площадки строительства). При проектировании ответственных сооружений класса СС2 и СС3 в сложных инженерно-геологических условиях необходимо учитывать требования ДБН В.1.1:12-2014 «Строительство в сейсмических районах Украины», соблюдение которых позволит обеспечить эффективную работу, надежность и долговечность строительных конструкций. Сейсмостойкость зданий в значительной мере зависит от их конфигурации, расположения и типа конструктивных элементов, учета пространственной работы сооружений и конечной скорости прохождения сейсмических волн под ними в условиях реального сейсмического воздействия. Теоретическое моделирование сейсмических воздействий и численные эксперименты позволили установить, что неравномерности поля колебаний ґрунта, фильтрация сейсмических волн геологической средой и возникновение резонансных колебаний в сооружениях при сильных подкоровых землетрясениях зоны Вранча может привести к увеличению сейсмических нагрузок в несколько раз. Построенные с учетом результатов сейсмического микрорайонирования расчетные акселерограммы и спектры реакции открывают возможность существенного удешевления сейсмостойкого строительства за счет оптимального выбора конструктивных решений, позволяющих избежать совпадения преобладающих частот, соответствующих пиковым ускорениям в сейсмических волнах, резонансных частот подстилающей ґрунтовой толщи и собственных частот проектируемого здания (сооружения), с сохранением необходимой надежности для особо ответственных сооружений.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: класс последствий (ответственности), землетрясение, сейсмическое микрорайонирование, расчетные акселерограммы.

FEATURES OF DETERMINING LOADS AND IMPACTS ON OBJECTS OF HIGHER CLASS OF RESPONSIBILITY

DOROFEEV V.S. Dr., Prof., Odessa National Maritime University, Odessa, Ukraine, e-mail: dorvs@ukr.net, tel. +38 (048) 729-86-20, ORCID: 0000-0002-2412-4134

IEGUPOV K.V. Dr., Prof., Director, Scientific Research Institute for Fundamental & Applied Studies of Odessa National Maritime University, Odessa, Ukraine, e-mail: yegupov.k@gmail.com, тел. +38 (097) 238-02-08, ORCID: 0000-0002-8342-820X



IEGUPOV V.K. Engineer, S.I. Subbotin Institute of Geophysics, National Academy of Sciences of Ukraine, Odessa, Ukraine, e-mail: slava.yegupov@gmail.com, tel. +38 (096) 369-09-17, ORCID: 0000-0001-5093-6948

KENDZERA A.V. PhD., deputy dir., S.I. Subbotin Institute of Geophysics, National Academy of Sciences of Ukraine, Kiev, Ukraine, e-mail: kendzera@igph.kiev.ua, tel. +38 (044) 423-81-43, ORCID: 0000-0003-0691-0227

NEMCHYNOV Iu.I. Dr., Prof., the first deputy dir. on scientific work, SE "State scientific research institute of building constructions", Kiev, Ukraine, e-mail: yu.nemch@ndibk.gov.ua, tel. +38 (050) 469-35-77, ORCID: 0000-0002-6618-125X

SEMENOVA Y.V. PhD., research scientist, S.I. Subbotin Institute of Geophysics, National Academy of Sciences of Ukraine, Kiev, Ukraine, e-mail: ulaska@ukr.net, tel. +38 (097) 780-89-88, ORCID: 0000-0003-4628-8663

SOROKA N.N. PhD, Ass. Prof., laboratory head, SE "State scientific research institute of building constructions", Odessa, Ukraine, e-mail: soroka@ogasa.org.ua, tel. +38 (067) 655-35-35

ABSTRACT

The article deals with the calculation of buildings and structures of increased responsibility for seismic impacts. It is shown that not taking into account a number of geophysical factors leads to a significant change in the magnitude of seismic impacts, often in a dangerous direction. To assess the reliability of the increased liability class facilities (CC2 and CC3), it is necessary to obtain additional geophysical data (wave propagation speed under the structure, the prevailing period of soil oscillation and synthesized accelerograms taking into account the ground conditions of the construction site). When designing critical facilities of class CC2 and CC3 in complex engineering and geological conditions, it is necessary to take into account the requirements of DBN B.1.1: 12-2014 "Construction in seismic regions of Ukraine", compliance with which will ensure efficient operation, reliability and durability of building structures. The seismic stability of buildings depends to a large extent on their configuration, location and type of structural elements, taking into account the spatial operation of structures and the final velocity of seismic waves under them under conditions of real seismic action. Theoretical modeling of seismic influences and numerical experiments allowed us to establish that the unevenness of the soil oscillation field, the seismic wave filtration by the geological environment, and the appearance of resonant oscillations in structures with strong subcrustal earthquakes in the Vrancea zone may increase the seismic loads by several times. The calculated accelerograms and reaction spectra constructed with consideration of the results of the seismic microzoning make it possible to significantly reduce the cost of earthquake-proof construction due to the optimal choice of design solutions that allow to avoid the coincidence of the prevailing frequencies corresponding to peak accelerations in seismic waves, the resonant frequencies of the underlying soil strata and the natural frequencies

of the designed building, with the preservation of the necessary reliability of highly responsible structures.

KEY WORDS: class of consequences (responsibility), earthquake, seismic microzoning, calculated accelerograms.

ВСТУПЛЕНИЕ

С июня 2017 года вступил в силу Закон Украины от 17.01.2017 года № 1817-VIII «О внесении изменений к некоторым законодательным актам Украины об усовершенствовании градостроительной деятельности».

На уровне закона определено понятие класса последствий (ответственности) и критерии для отнесения объектов к классам СС1, СС2 и СС3.

Все объекты делятся по следующим классам последствий (consequence class): ответственности: незначительные последствия - СС1; средние последствия - СС2; значительные последствия - СС3.

Определение класса последствий зданий базируется на рекомендациях [1], в которых реализована процедура оценки надежности сооружений и их конструктивных элементов и назначения коэффициентов, которые используются в расчётных ситуациях.

На уровне Евросоюза устанавливаются требования к проектированию строительных конструкций. Требования к проектированию конкретных объектов устанавливаются каждой страной в отдельности с учетом специфики территорий, национальных традиций, экономического состояния государства и т.д.

Технический регламент строительных изделий, зданий и сооружений разработан с учетом требований Регламента (ЕС) № 305/2011 Европейского Парламента и Совета от 9 марта 2011 года, о сближении законов, подзаконных актов и административных положений и определяет основные требования к строительным изделиям, зданиям и сооружениям по обеспечению безопасности жизни и здоровья человека, безопасности эксплуатации, механического сопротивления и стойкости, пожарной безопасности, экономии энергии, защиты окружающей среды, а также процедуры оценки соответствия изделий установленным требованиям и порядок их применения.

Требования безопасности и одновременно стремление к удешевлению строительства зданий и сооружений порождает проблему, которая выдвигается на первый план в связи с высокими темпами роста строительства. В современных городах, где резко увеличивается техногенная нагрузка на строительные объекты, достоверная информация о величине уязвимости сооружений и уровне сейсмической опасности является необходимым условием устойчивого развития.

Вопросы обеспечения безопасности строительных проектов являются в настоящее время одними из наиболее актуальных и важнейших задач государственной политики в области национальной безопасности.



СЕЙСМИЧЕСКАЯ ОПАСНОСТЬ ТЕРРИТОРИИ УКРАИНЫ

Сейсмическая опасность территории Украины определяется особенностью ее географического положения. Юго-восточные области страны расположены вблизи мощного сейсмоактивного пояса планеты, который образовался в результате столкновения Африканской, Индийской и Евразийской материковых плит. До 70-х годов 20 века считалось, что на большей части территории Украины, расположенной на древней Восточноевропейской тектонической платформе, не могут происходить значительные по величине сейсмические события. Теперь известно, что катастрофические землетрясения происходили на всех древ-

них тектонических платформах мира, хотя и намного реже, чем в сейсмоактивных поясах. Сильные внутриплитовые землетрясения могут привести к большим социальным и экономическим потерям.

Современная методология и методы оценки сейсмической опасности позволяют более корректно оценить прогнозируемое сейсмическое воздействие для различных периодов повторяемости событий с заданной степенью относительного сейсмического риска (рис. 1).

Результаты исследований украинских сейсмологов убедительно свидетельствуют о том, что сейсмическая опасность в Одесском регионе была существенно занижена на действующей до 2007 года карте общего сейсмического районирования

СР-78. Вероятность возникновения землетрясений с интенсивностью 7 баллов достаточно высока (табл. 1).

В табл. 2 приведен список разрушительных землетрясений, состоявшихся в сейсмоактивной зоне Вранча и интенсивность их проявлений в крупных городах Молдовы, Украины и России [3].



Рис. 1. Карта общего сейсмического районирования – 2004-С Украины. [2]. Вероятность 1% превышения сейсмической интенсивности в баллах шкалы Украины в течение 50 лет

Таблица 1. Сейсмические события с магнитудой свыше 4 за 2008 – 2017 годы

Год	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Магнитуда	4.0-5.0	4.0-5.3	4.5	4.0-4.8	4.0-4.6	4.0-5.3	4.0-4.7	4-4.5	4-5.8	4-4.8
Количество	8	8	2	8	14	15	18	19	6	9

Таблица 2. Разрушительные землетрясения Румынских Карпат (зоны Вранча)

Дата землетрясения	Магнитуда	Интенсивность в эпицентре, баллы	Интенсивность землетрясения в городах, баллы					
			Кишинев	Львов	Черновцы	Одесса	Киев	Москва
26.10.1802	7,50	9-10	7	4	7	7	5	3
26.11.1829	6,50	8	7		6	6	4-5	-
23.01.1838	7,00	9	7	4-5	6	6	4-5	-
06.10.1908	6,75	8	6	5	6	6	5	-
10.11.1940	7,30	9	7-8	5	6	7	5	4
04.03.1977	7,20	9	6-7	4	5-6	5-6	4-5	3
30.08.1986	7,00	8-9	6	4	5	5	4	-
30.05.1990	6,70	8-9	6	4	5	5	4	3

СНИЖЕНИЕ СЕЙСМИЧЕСКОГО РИСКА

Уровень потерь (риск) при возможном землетрясении есть результат комбинации уязвимости сооружения и сейсмической опасности. Очевидно, что мы не в состоянии предотвратить опасность, но в состоянии уменьшить уязвимость (сократить риск).

В настоящее время в Украине ведется интенсивное освоение территорий под застройку не только жилых зданий, но и уникальных, ответственных сооружений, разрушение которых от сейсмических воздействий может привести к существенным экономическим потерям и экологической катастрофе.

В сейсмических районах, где определяющей для сооружений является сейсмическая нагрузка, оценка их уязвимости является важным этапом для принятия решения о дальнейшем использовании, реконструкции или усилении этих сооружений.

В настоящее время рекомендации по определению нагрузок от сейсмических воздействий регламентируются



требованиями ДБН В.1.1-12: 2014 «Строительство в сейсмических районах Украины» [2].

В национальном стандарте Украины ДСТУ-Н Б В.1.2-16:2013 [4] изложена методика определения класса последствий (ответственности) объектов строительства и регламентируется выбор карт ОСР-2004 для оценки сейсмической опасности их площадок.

Уточнение сейсмичности площадок строительства, нормативная балльность которых определяется по картам ОСР-2004-В и ОСР-2004-С, а также площадок, расположенных вблизи границ зон изменения балльности, выполняется обязательно на основе специальных исследований – сейсмического микрорайонирования.

Работами украинских и зарубежных ученых выполнен сравнительный анализ влияния сейсмических воздействий на напряженно деформированное состояние ответственных объектов [3, 5].

Землетрясение в городах Ниигата (Япония), Мехико (Мексика), а также Румынское и другие показали (рис. 2), что максимум динамического коэффициента может сдвигаться в сторону низких частот из-за резонансных явлений в грунте, что подвергает опасности здания повышенной этажности и гибкие сооружения.

На рис. 3 приведены графики изменения дополнительных сейсмических сил по высоте здания реакторного отделения (блок «В») Чернобыльской АЭС, приходящихся на торцовый элемент. Как видно из рис. 3, при крутильных колебаниях для варианта 1 сейсмические силы незначительны. Увеличение преобладающего периода колебаний грунта при крутильных колебаниях дает незначительное увеличение сейсмических сил. Существенно увеличиваются сейсмические силы при учете неравномерности поля колебаний грунта. Наибольший эффект усиления колебаний и сейсмических сил получен при совместном учете длиннопериодных колебаний грунта и конечной скорости распространения сейсмических волн.

На рис. 4а представлены графики изменения поперечных сил для всех поперечных стен с учетом неравномерности поля колебаний грунта для средних грунтовых условий. Картина распределения усилий по длине здания - иная. Усилия резко возросли на торцовые элементы (3489, 3306 кН), а на 4 и 5 стены

- уменьшились (2041, 1600 кН).

Для 28 строительных площадок в городе Одесса, получены синтезированные акселерограммы, с учетом локальных грунтовых условий. Выполнен срав-

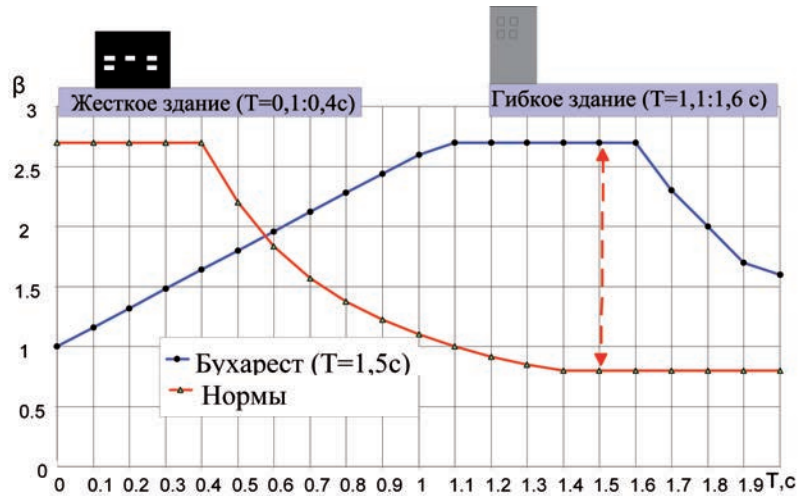


Рис. 2. Динамический коэффициент для колебаний грунта в Бухаресте (1977 год) при землетрясении из зоны Вранча

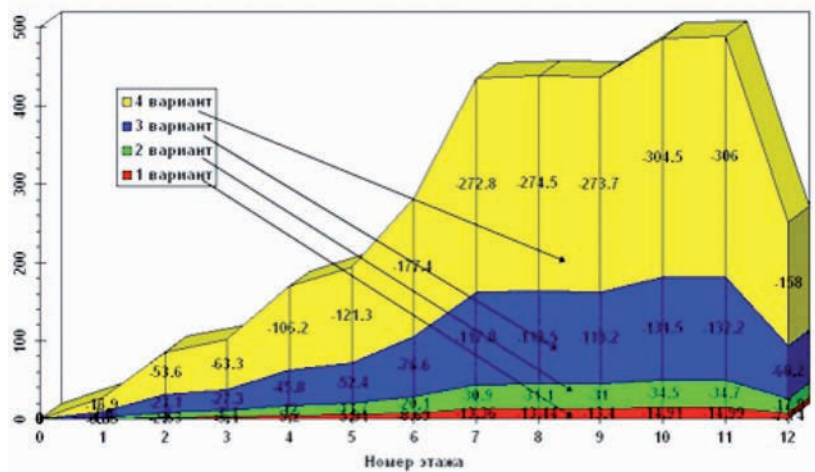


Рис. 3. Графики изменения сейсмических сил по высоте здания, приходящиеся на торцовый элемент (блок «В») ЧАЭС

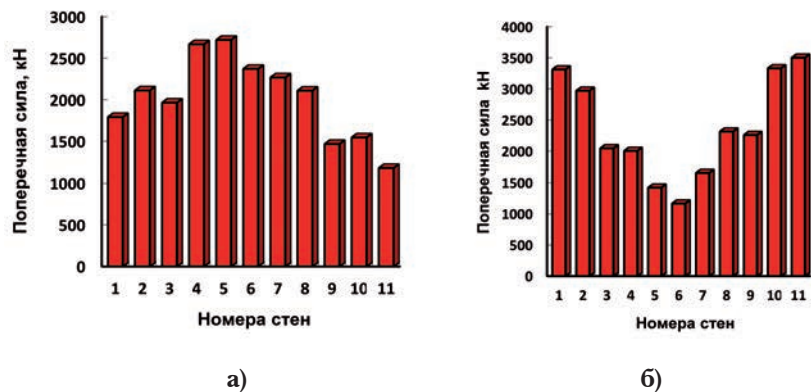


Рис. 4. Распределение поперечных сил по длине сооружения без учета (а) и с учетом (б) неравномерности поля колебаний грунта



нительный анализ величин сейсмической нагрузки, внутренних усилий и перемещений, определенных с применением спектрального метода и расчета на реальные акселерограммы, в предположении упругой работы конструкций для 14-ти этажного каркасно-каменного здания. Категория грунта по сейсмическим свойствам принята – III, расчетное сейсмическое воздействие – 7 баллов с 5% уровнем обеспеченности собственных затуханий и с логарифмическим декрементом колебаний – 0,3. Результаты приведены на рис. 5 [6].

Первое значение на графике, представленном на рис. 5, соответствует значениям, которые были определены спектральным методом. Далее следуют значения, определенные с применением акселерограмм с номерами, которые соответствуют порядковым номерам площадок. Как видно из графиков, результаты имеют различные величины. Из графиков очевидно, что значения параметров при расчете спектральным методом зачастую меньше, чем при расчете с применением акселерограмм.

Существует необходимость повышения надежности систем жизнеобеспечения населения страны и снижения рисков возникновения чрезвычайных ситуаций при сейсмических воздействиях. Для этого нужно уточнять расчетные параметры сейсмической опасности с учетом параметров сейсмического режима, региональных законов затухания сейсмических колебаний, влияния местных грунтовых и морфологических условий. Эти данные определяются по материалам инструментальных сейсмологических наблюдений. С целью их получения, совместными усилиями: Института геофизики им. С.И. Субботина НАН Украины, ГП «Научно-исследовательского института строительных конструкций», Одесского национального морского университета и Украинской ассоциации сейсмостойкого строительства была создана первая в г. Одессе сейсмологическая станция.

Имеется ряд факторов, усложняющих проектирование и строительство зданий повышенной этажности. К таким факторам относятся: близко расположенные разломы, сейсмическая опасность, неблагоприятные геологические условия (в т. ч. грунты III – IV категории по сейсмическим свойствам), подземные выработки (катакомбы), оползневые склоны, наличие высокого уровня грунтовых вод (подтопление территории).

Грунты III – IV категории по сейсмическим свойствам имеют существенные нелинейные свойства, которые будут проявляться по-разному, в зависимости от интенсивности и частотного состава сейсмического воздействия. Нелиней-

ное поведение грунта приводит к изменению, иногда очень существенному, форм и спектров сейсмических волн в слоях грунта. Резонансные частоты грунтов оказываются зависящими от интенсивности воздействия и, при достаточно интенсивных землетрясениях, могут отличаться от значений, определяемых по записям сейсмического шума или слабых событий. При интенсивных сейсмических воздействиях изменяются геологические свойства грунтов, что может быть связано, например, с перемещением грунтовых вод, разрывом структурных связей между частицами грунта и другими явлениями. На рис. 6. представлены амплитудно-частотные характеристики сейсмогеологических моделей грунтовых сред, построенных для ряда строительных площадок в г. Одессе с использованием программного продукта ProShake. В расчетах учитывались нелинейные свойства грунтов на исследуемых площадках.

Из рис. 6 видно, что грунтовые условия большинства строительных площадок Одессы характеризуются широким частотным диапазоном возможного резонансного усиления. Следовательно, при сейсмостойком проектировании зданий и сооружений в Одессе необходимо проводить детальные исследования резонансных свойств грунтов, независимо от их этажности и сложности конструкции, так как собственные частоты колебаний, как одноэтажных, так и высотных зданий, как правило, лежат в частотном диапазоне, в котором наблюдаются максимумы усиления колебаний грунтами площадок [7].



Рис. 5. Значения перемещений конструкций при расчете зданий на воздействия заданной акселерограммой землетрясения

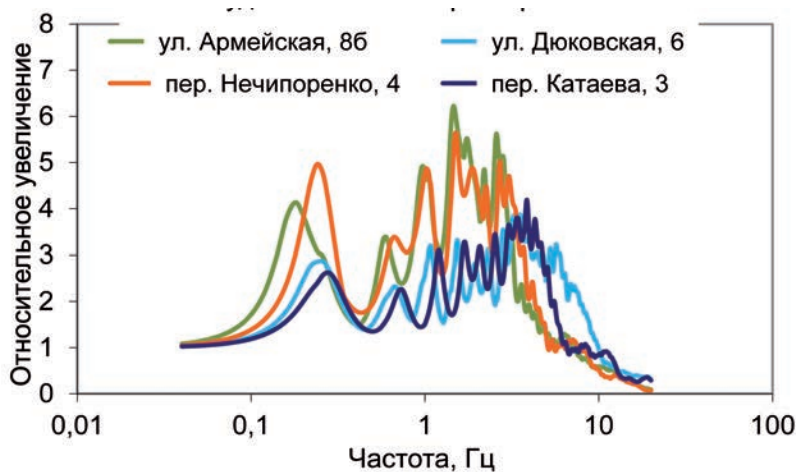


Рис. 6. Амплитудно-частотные характеристики грунтов площадок в г. Одесса



С введением в действие ДБН В.1.1-12:2014 [2] изменились требования к проектированию и строительству зданий повышенной этажности, по сравнению с требованиями ДБН В.1.1-12:2006 [8]:

- обязательным стало требование о поступательности первых двух форм собственных колебаний здания;
- разграничено применение карт ОСР для строений различных классов последствий. Решение о выборе карты при проектировании конкретного объекта и отнесения объекта к классу последствий (ответственности) принимается генеральным проектировщиком в соответствии с ДСТУ-Н Б В.1.2-16:2013 [4] и согласовывается с заказчиком. При проектировании объектов класса последствий СС1, для определения расчетной сейсмической интенсивности, необходимо использовать карту ОСР-2004-А. При проектировании объектов класса последствий СС2 - карту ОСР-2004-А. При проектировании жилых и общественных домов высотой свыше 73,5 м и объектов, которые отнесены к потенциально опасным, но не идентифицированным как объект повышенной опасности, рекомендуется использовать карту ОСР-2004-В. При проектировании объектов класса последствий СС3, для определения расчетной сейсмической интенсивности, нужно использовать карту ОСР-2004-С;
- введены понятия (п. 6.1.1) слабое землетрясение, проектное землетрясение, максимальное расчетное землетрясение и разграничены сейсмические нагрузки, используемые для проектирования сооружений разных классов последствий;
- добавлен новый расчет сооружений на сейсмические воздействия – «Нелинейный статический расчет»;
- понижен коэффициент этажности, используемый при расчете сейсмической нагрузки;
- добавлены графики коэффициентов динамичности для зданий с разной величиной коэффициентов податливости, использование которых позволяет снизить величину сейсмической нагрузки;
- впервые введен раздел «Проектирование систем сейсмоизоляции строений»;
- впервые введен раздел «Склоны», где приведены основные требования к расчету склонов.

В указанных нормах отмечены как необходимые для проектирования зданий и сооружений на сейсмоопасных территориях следующие геофизические данные:

- информация о величине, длительности, спектральном составе и преобладающих периодах колебания грунтов для исключения возможных резонансных эффектов;
- скорость прохождения сейсмической волны под площадкой проектируемого строительства;
- расчетные акселерограммы, учитывающие влияние потенциально опасных очаговых зон и грунтовых условий площадки проектируемого строительства.

Для определения количественных характеристик сейсмической опасности строительной (эксплуатационной) площадки необходимо выполнить такие работы:

- сейсмическое микрорайонирование площадки методом инженерно-геологических аналогий;
- формирование моделей строения геологической среды на выделенных участках (таксонах) по результатам проведения инженерно-геологических исследований «строительства» [9]. Построение карты сейсмического микрорайонирования по методу инженерно-геологических аналогий;
- выбор эталонного пункта в районе расположения объекта. Определение для него таких параметров геологической среды, как - распределение литологического состава грунтов с глубиной и их физико-механических свойств: скорости продольных и поперечных волн, плотности, характеристик затухания сейсмических колебаний с расстоянием;
- уточнение параметров проектного и максимального расчетного землетрясений из местных потенциально сейсмоактивных зон и сейсмоактивной зоны Вранча на эталонном пункте в районе исследуемой площадки;
- сейсмическое микрорайонирование площадки методом сейсмических жесткостей. Построение карты сейсмического микрорайонирования площадки по результатам изучения площадки методами геологических аналогий и сейсмических жесткостей;
- организация и проведение полевых инструментальных сейсмологических наблюдений с целью регистрации высокочастотных микросейсм (землетрясений и взрывов), как наиболее надежной основы для расчета прироста сейсмической балльности, обусловленной конкретными грунтовыми условиями площадок расположения объекта, построения расчетных акселерограмм и спектров реакции;
- определение приростов сейсмической балльности для каждой из выделенных на исследуемой площадке таксонометрических единиц (таксонов) и построение карты сейсмического микрорайонирования площадки по результатам трех методов: инженерно-геологических аналогий, сейсмических жесткостей и метода регистрации землетрясений, взрывов и короткопериодных микросейсм;
- определение для каждого из таксонов распределения литологического состава грунтов с глубиной залегания и физико-механическими свойствами: скоростью продольных и поперечных волн, плотностью, характеристиками затухания сейсмических колебаний с расстоянием;
- построение для каждого из выделенных таксонов расчетных моделей грунтовых комплексов, с учетом результатов сейсмического микрорайонирования площади методом сейсмических



жесткостей и материалов инженерно-геологических изысканий, проведенных согласно требований ДБН А.2.1-1-2014 [9];

- расчет теоретических частотных характеристик моделей грунтов для таксонометрических единиц, выделенных на площадке по комплексу результатов трех методов СМР;
- получение эмпирических частотных характеристик грунтовых комплексов под разными участками (таксонами) исследуемой площадки по материалам регистрации землетрясений, взрывов и коротко-периодных микросейсм;
- построение ансамбля расчетных акселерограмм и спектров реакции для ПЗ и МРЗ из зоны Вранча и локальных потенциально сейсмоактивных зон, с учетом эмпирических и теоретических частотных характеристик грунтовых комплексов под выделенными на площадке таксонами.

Работы по сейсмическому микрорайонированию призваны не только определить значение приращенной сейсмической опасности (балльности) на строительной площадке за счет влияния её грунтовых условий. Полученные данные открывают возможность существенного удешевления сейсмостойкого строительства за счет оптимального выбора конструктивных решений, позволяющих избежать совпадения преобладающих частот, соответствующих пиковым ускорениям в сейсмических волнах, резонансных частот подстилающей грунтовой толщи и собственных частот проектируемого здания (сооружения).

На рис. 7 приведен пример двух реализаций трехкомпонентных расчетных акселерограмм, построенных для строительной площадки в г. Одесса.

При генерировании расчетных акселерограмм используются разные комбинации теоретических огибающих спектров расчётных акселерограмм, нормированных частотных характеристик среды и фазовых спектров, полученных по различным записям реальных подкорковых землетрясений из зоны Вранча и землетрясений из близких сейсмоактивных зон, модифицированных с учётом условий площадки.

ВЫВОДЫ

1. Законом Украины от 17 января 2017 года № 1817-VIII «О внесении изменений в некоторые законодательные акты Украины относительно усовершенствования градострои-

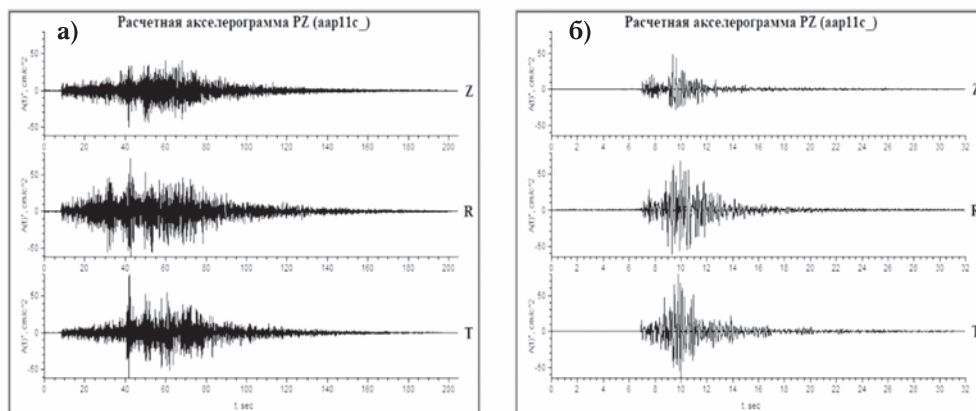


Рис. 7. График трехкомпонентной расчётной акселерограммы, моделирующей для строительной площадки по адресу: г. Одесса, Люстдорфская дорога, 55 семибалльное расчётное землетрясение из: а) зоны Вранча, б) локальной очаговой зоны

тельной деятельности» определено понятие и отдельные критерии отнесения объектов к классам последствий (ответственности) СС1, СС2 и СС3.

2. При проектировании ответственных сооружений класса СС2 и СС3 в сложных инженерно-геологических условиях необходимо учитывать требования ДБН В.1.1:12-2014 [2], соблюдение которых позволит обеспечить эффективную работу, надежность и долговечность строительных конструкций.
3. Сейсмостойкость зданий в значительной мере зависит от их конфигурации, расположения и типа конструктивных элементов, учета пространственной работы сооружений и конечной скорости прохождения сейсмических волн под ними в условиях реального сейсмического воздействия.
4. Теоретическое моделирование сейсмических воздействий и численные эксперименты позволили установить, что неравномерности поля колебаний грунта, фильтрация сейсмических волн геологической средой и возникновение резонансных колебаний в сооружениях при сильных подкорковых землетрясениях зоны Вранча может привести к увеличению сейсмических нагрузок в несколько раз.
5. Уточнение сейсмичности площадок строительства, нормативная балльность которых определяется по картам ОСР-2004-В и ОСР-2004-С, а также площадок, расположенных вблизи границ зон изменения балльности, должно выполняться на основе сейсмического микрорайонирования.
6. Построенные с учетом результатов сейсмического микрорайонирования расчетные акселерограммы и спектры реакции открывают возможность существенного удешевления сейсмостойкого строительства за счет оптимального выбо-



ра конструктивных решений, позволяющих избежать совпадения преобладающих частот, соответствующих пиковым ускорениям в сейсмических волнах, резонансных частот подстилающей грунтовой толщи и собственных частот проектируемого здания (сооружения), с сохранением необходимой надежности особо ответственных сооружений.

БИБЛІОГРАФІЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Єврокод. Основи проектування конструкцій: Зміна № 2 ДСТУ-Н Б EN 1990:2008 (EN 1990:2002, IDT). - [Чинний від 2014-07-01]. - Київ: ДП "Укрархбудінформ", 2013. - VIII, 49 с. - (Національний стандарт України).
2. Будівництво в сейсмічних районах України: ДБН В.1.1-12: 2014. - [Чинний від 2014-10-01]. - Київ: ДП "Укрархбудінформ", 2014. - VI, 110 с. - (Буд. норми України).
3. Немчинов Ю.І. Сейсмостійкість будівель і споруд / Немчинов Ю.І. // в 2-х ч. - Київ: ФОП Гудименко С.В. - 2008. - 480 с.
4. Визначення класу наслідків (відповідальності) та категорії складності об'єктів будівництва: ДСТУ-Н Б В.1.2-16:2013. - [Чинний від 2013-09-01]. - Київ: ДП "Укрархбудінформ", 2013. - III, 26 с. - (Національний стандарт України).
5. Комплексна модель «споруда – свайний фундамент» для оцінки сейсмостійкості багатоповерхових будівель / [Дорофеев В.С., Сорока Н.Н., Єгупов К.В., Єгупов В.К.] // Буд. конструкції: міжвідомч. наук.-техн. зб. - Київ: ДП НДІБК, 2016. - Вип. 83. - Кн. 2. - С. 44-53.
6. Єгупов К.В. Інструментальні записи для оцінки сейсмічної небезпеки Одеського регіону / Єгупов К.В., Бондаренко А.С., Єгупов В.К. / Вісн. ОДАБА. - Одеса, 2013. - Вип. 49. - С. 143-149.
7. Використання сейсмологічної інформації для науково-технічного супроводу проектування / [Єгупов К.В., Кендзера А.В., Вербицький С.Т. та ін.] // Сейсмологічні та геофізичні дослідження в сейсмоактивних регіонах: матер. наукової конф.-семінару, присвяченої пам'яті Т.З. Вербицького та Ю.Т. Вербицького, 1-2 червня 2017 р., с. м. т. Верхнє Синьовидне. - С. 58-61.
8. Будівництво в сейсмічних районах України: ДБН В.1.1-12: 2006. - [Чинний від 2007-01-02]. - Київ: ДП "Укрархбудінформ", 2007. - 84с. - (Буд. норми України).
9. Інженерні вишукування для будівництва: ДБН А.2.1-1-2008. - [Чинний від 01.07.2008]. - Київ: ДП "Укрархбудінформ", 2008. - II, 76 с. (Буд. норми України).

REFERENCES

1. Eurocode. Fundamentals of structural design. Change № 2. (2013). DSTU-N B (EN 1990:2002, IDT). National Standard of Ukraine, effective from 01st July 2014. - Kyiv: SE "Ukrarhbudinform". - 49 p. [in Ukrainian].
2. Construction in seismic regions of Ukraine. (2014). DBN B.1.1-12:2014. State Construction Norms of Ukraine effective from 01st October 2014. - Kyiv: SE "Ukrarhbudinform". - 110 p. [in Ukrainian].
3. Nemchynov Ju. Seismic buildings and structures. In two parts. - Kyiv: IE Gudimenko S.V. - 2008. - 480 p.
4. Definition of consequences (responsibility) class and complication category of building sites. (2014). DSTU-N B V.1.2-16:2013. National Standard of Ukraine effective from 01st July 2014. - Kyiv: SE "Ukrarhbudinform". - 26 p. [in Ukrainian].
5. Dorofeev V., Soroka N., Yegupov K. & Yegupov V. Integrated model "construction - pile foundation" for assessing seismic resistance of multi-storey buildings. Construction designs. - Kyiv: NDIBK, 2016. - Vol. 83. - P. 44-53.
6. Yegupov K., Bondarenko A. & Yegupov V. Instrumental records for assessing seismic hazard in the Odessa region. - Odessa: Her. of ODABA, 2013. - Vol. 49. - P. 143-149.
7. Yegupov K., Kendzera A., Verbitsky S., Semenova Yu., Lisovyi Yu. & Yegupov V. Use of seismological information for a scientific and technical design companion // Seismological and geophysical studies in seismically active regions. The materials of the scientific conf.- seminar devoted to the memory of Z.T. Verybitsky and Y.T. Verbitsky, June 1-2, 2017, Synovidne. - P. 58-61.
8. Construction in seismic regions of Ukraine. (2006). DBN B.1.1-12:2006. State Construction Norms of Ukraine, effective from 02nd January 2007. - Kyiv: SE "Ukrarhbudinform". - 84 p. [in Ukrainian].
9. Engineering researches for building. (2008). DBN A.2.1-1-2014. State Construction Norms of Ukraine effective from 01st July 2008. - Kyiv: SE "Ukrarhbudinform" [in Ukrainian].

Статья поступила в редакцию 14.08.2017.