

**ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ДБН В.1.-1-12: 2014:
«СТРОИТЕЛЬСТВО В СЕЙСМИЧЕСКИХ РАЙОНАХ
УКРАИНЫ». УЧЕТ РЕКОМЕНДАЦИЙ ЕВРОПЕЙСКОГО
СТАНДАРТА EN 1991-1 (ЕВРОКОД 8) И ДСТУ-Н Б В.1.2-
16:2013. ГЕОТЕХНИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ**

Немчинов Ю.И., Марьенков Н.Г., Бабик К.Н., Хавкин А.К.

ГП «Научно-исследовательский институт строительных конструкций»
г. Киев, Украина

АНОТАЦІЯ: Розглянуті основні положення ДБН В.1.1-12 : 2014 "Будівництво в сейсмічних районах України" з урахуванням рекомендацій Європейського стандарту EN 1991-1 (Єврокод 8) і державного стандарту ДСТУ-Н Б В.1.2-16: 2013 у взаємодії з геотехнічними аспектами проектування сейсмостійких будівель і споруд. Особлива увага приділена розгляду нелінійного статичного аналізу і методиці ДП НДІБК з проектування будівель із заданим рівнем забезпечення сейсмостійкості і врахуванням взаємодії споруди з основою.

АННОТАЦИЯ: Рассмотрены основные положения ДБН В.1.1-12:2014 "Строительство в сейсмических районах Украины" с учетом рекомендаций Европейского стандарта EN 1991-1 (Еврокод 8) и государственного стандарта ДСТУ-Н Б В.1.2-16:2013 во взаимодействии с геотехническими аспектами проектирования сейсмостойких зданий и сооружений. Особое внимание уделено рассмотрению нелинейного статического анализа и методике ГП НИИСК по проектированию зданий с заданным уровнем обеспечения сейсмостойкости и учетом взаимодействия сооружения с основанием.

ABSTRACT: The basic provisions of DBN V.1.1-12:2014 "Construction in seismic regions of Ukraine" are considered in paper taking into account the recommendations of European standard EN 1991-1 (Eurocode 8) and state standard DSTU N B V.1.2-16:2013 together with geotechnical aspects of designing of the aseismic buildings and facilities. The specific attention is payed to non-linear static analysis and SE NIISK's method deal with designing of the

buildings with prescribed level of seismic resistance and with taking into account the interaction of structure and base.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: сейсмика, проектирование, строительство, нормы.

ИСТОРИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ О РАЗВИТИИ НОРМ ПО СЕЙСМОСТОЙКОМУ СТРОИТЕЛЬСТВУ В УКРАИНЕ

В 2006 г. разработаны впервые и введены в действие Государственные нормы по проектированию зданий и сооружений в сейсмических районах Украины [1].

Действующие Карты общего сейсмического районирования ОСР-78, принятые в СНиП II-7-81*, к тому времени устарели и не отражали сейсмическую опасность в Украине. В этой ситуации Институтом Геофизики Национальной Академии Наук (ИГФ НАН) Украины и Крымским экспертным советом по оценке сейсмической опасности и прогнозу землетрясений Министерства архитектуры и строительной политики АР Крым был разработан комплект карт общего сейсмического районирования территории Украины ОСР -2004 [3 - 5]. Работа была выполнена под руководством д-ра физ.-мат. наук Б.Г. Пустовитенко, канд. ф.-м. наук А.В. Кендзера и канд. г.-м. наук В.Д. Омельченко при активной поддержке академика В.И. Старостенко.

ДБН В.1.1-12: 2006 [1] разработаны с учетом действующих тогда СНиП II-7-81* «Строительство в сейсмических районах» [2], проекта межгосударственных строительных норм МНТКС СНГ - «Строительство в сейсмических районах» и основных положений уже изданных на то время норм стран СНГ (Армении, Грузии, Казахстана, Узбекистана) [6, 7, 8], норм Европейского Союза и американских норм UBC-97 [9]. Нормы утверждены Приказом Минстроя Украины от 23.08.2006 г. № 282 и введены в действие с 1 февраля 2007 г. В Нормах приведены требования по учёту антисейсмических мероприятий зданий, проектируемых для строительства в районах с сейсмичностью от 6 до 9 баллов.

При определении силы землетрясения в баллах ранее использовалась шкала MSK-64 (ГОСТ 6249-52) [10]. С 1 октября 2011 года Приказом № 539 Минрегиона Украины от 23.12.2010 г. введен в действие Национальный стандарт Украины ДСТУ-Б-В.1.1-28:2010 «Шкала сейсмической интенсивности» [11], в котором отражены требования к оценке последствий землетрясений с учетом рекомендаций «Европейской макросейсмической шкалы EMS-98» [12]. Новая редакция ДБН В.1.1-12:2014 [13] разработана коллективом авторов при ведущей роли ГП НИИСК и введена

Приказом № 143 Минрегиона Украины от 16.05. 2014 г. для применения с 1 октября 2014 года.

СЕЙСМИЧЕСКАЯ ОПАСНОСТЬ В УКРАИНЕ

Карты общего сейсмического районирования территории Украины ОСР - 2004

Расчетную сейсмичность площадки строительства для районов с сейсмичностью 6 и более баллов по ДБН В.1.1-12: 2014 рекомендуется определять на основании результатов сейсмического микрорайонирования (СМР) площадки с учётом требований РСН 65-87.

Нормативную интенсивность сейсмических воздействий в баллах для района строительства принимается по списку населенных пунктов Украины (Приложение А к ДБН В.1.1-12: 2014) и комплекта карт общего сейсмического районирования (ОСР-2004) территории Украины. Комплект карт утверждён на совместном заседании Межведомственной комиссии по сейсмическому мониторингу и Научным советом по проблемам геодинамики и прогнозу землетрясений НАНУ (Протокол №1 от 11 июля 2013г.). Комплект карт ОСР-2004 включает четыре карты:

- карта ОСР-2004 «А» соответствует 10% - ой вероятности превышения расчетной сейсмической интенсивности в течение 50 лет и средним периодам повторения таких интенсивностей 1 раз в 500 лет. Карту следует применять для проектирования и строительства объектов и сооружений массового гражданского, промышленного назначения, различных жилых объектов в городской и сельской местности, *которые относятся к классу последствий (ответственности) СС1 в соответствии с ДБН В.1.2-14 [14], а также к классу последствий (ответственности) СС2 для зданий высотой до 73,5 м;*

- карта ОСР-2004 «В» (рис. 1) соответствует 5%-ой вероятности превышения расчетной сейсмической интенсивности в течение 50 лет и средним периодам повторения таких интенсивностей один раз в 1000 лет. Карту следует применять при проектировании и строительстве объектов и сооружений повышенного уровня ответственности, *класса последствий (ответственности) СС2 для зданий высотой от 73,5 до 100 м, а также для объектов, которые относятся потенциально опасным, но не идентифицируются как объекты повышенной опасности в соответствии с Законом Украины «Об объектах повышенной опасности», повреждения или разрушения которых при воздействии землетрясения может привести к чрезвычайной ситуации регионального уровня;*

- карта ОСР-2004 «С» соответствует 1%-ой вероятности превышения расчетной интенсивности в течение 50 лет и средним периодам повторения

таких интенсивностей один раз в 5000 лет. Карту следует применять при проектировании и строительстве особо ответственных объектов и сооружений *класса последствий (ответственности) ССЗ в соответствии с ДБН В.1.2-14, повреждения или разрушения которых при землетрясении может привести к чрезвычайной ситуации государственного уровня;*

- детальная карта ОСР-2004 «А0» соответствует 39%-ой вероятности превышения расчётной сейсмической интенсивности землетрясения в течение 50 лет и средним периодам повторения один раз в 100 лет. Соответствующие карты следует применять при проектировании и строительстве только в АР Крым и Одесской области для малоответственных зданий и сооружений *класса последствий (ответственности) СС1 и категории сложности в соответствии с ДСТУ-Н Б В.1.2-16 [15].* Карты Общего сейсмического районирования территории Украины приведены в ДБН В.1.1-12: 2014 [13].

В ДБН В.1.1-12: 2006 было рекомендовано принимать при расчете конструкций коэффициент надёжности по ответственности в соответствии с ГОСТ 27751-88, который был отменен Минрегионстроем Украины. Его основные положения вошли в ДБН В.1.2-14-2009 [14], которые введены в действие с 01.12.2009 г.

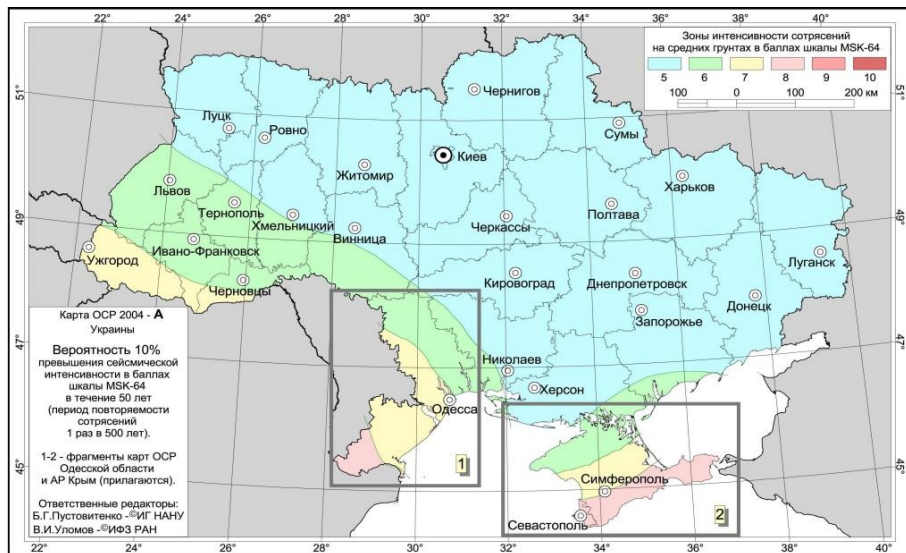


Рис. 1. Карты общего сейсмического районирования территории Украины: карта Типа «А»

**ТРЕБОВАНИЯ ДБН В.1.2-14-2009 И ДСТУ-Н Б В.1.2-16 В ЧАСТИ
НАЗНАЧЕНИЯ КЛАССА ПОСЛЕДСТВИЙ (ОТВЕТСТВЕННОСТИ)
И КАТЕГОРИЙ СЛОЖНОСТИ ОБЪЕКТОВ СТРОИТЕЛЬСТВА ПРИ
ОПРЕДЕЛЕНИИ СЕЙСМИЧЕСКИХ НАГРУЗОК
ПО ДБН В.1.1-12: 2014**

При выборе Карт ОСП-2004 для проектирования объектов, расположенных в сейсмических районах, следует руководствоваться указаниями ДБН В.1.2-14-2009 [14] в части назначения классов последствий (ответственности) зданий и сооружений и коэффициентов ответственности γ_n с учетом требований п.5.1.1 ДБН В.1.1-12: 2014:

- для объектов класса ответственности СС1 применять карту ОСП-2004-А или А0;

- для объектов класса ответственности СС2 применять карту ОСП-2004-А или В;

- для объектов класса ответственности СС3 применять карту ОСП-2004-С.

Как указывается в информационном письме Минрегиона Украины, порядок отнесения объектов к IV и V категориям сложности определяется Кабинетом Министров Украины [16]. Рекомендуется следующая схема учёта классов последствий (ответственности):

- классу последствий СС-1 соответствуют I и II категории сложности;

- классу последствий СС-2 соответствуют III и IV категории сложности;

- классу последствий СС-3 соответствует V категория сложности.

В Постановлении Кабинета Министров Украины от 27 апреля 2011 г. № 557 [20] внесены дополнительные разъяснения, относящиеся к «Порядку отнесения объектов строительства к IV и V – ой категориям сложности. Объекты IV й V-й категорий сложности в соответствии с Постановлением КМ Украины от 11.05.2011 № 560 подлежат обязательной государственной экспертизе.

Главная особенность оценки сейсмостойкости заключается в том, что категория сложности объектов строительства устанавливается на основе класса последствий (ответственности) по ДСТУ-Н Б В.1.2-16.

Другая важная особенность методики заключается в том, что при соответствующем обосновании класс последствий (ответственности) может быть определён для отделённой части объекта.

Примечание: *Отделённая часть объекта – автономная конструктивная система, отделённая деформационно-температурным, антисейсмическим (при необходимости) швом, противопожарной стеной, имеет автономное инженерное обеспечение и законченный*

цикл производственного процесса (например, блок-секция, участок и тому подобное) [15].

Изменение № 1 к ДСТУ-Н Б В.1.2-16 [15] даёт возможность при проектировании зданий для определения класса последствий (ответственности) рассматривать не всё здание в целом, а только его отдельную часть (секцию).

ОБЩИЕ ПРИНЦИПЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ СЕЙСМОСТОЙКОСТИ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

Основные конструктивные требования для проектирования

ДБН В.1.2-14-2009 [14] определяют требования по обеспечению безопасности зданий и сооружений. К общим требованиям конструктивной безопасности зданий относятся:

1. Для зданий и сооружений высотой 73,5 м и выше, а также для объектов класса последствий (ответственности) ССЗ в соответствии с ДБН В.1.2-14, следует применять требования настоящих норм при сейсмичности площадки строительства 6 баллов и более.

2. Новые конструктивные схемы зданий и сооружений подлежат обязательной экспертной проработке специалистами базовых организаций [19].

3. Разработку проектной документации следует выполнять, исходя из сейсмической опасности площадки строительства, результатов расчетов и соблюдения конструктивных принципов проектирования в соответствии с ДБН.

4. При проектировании сейсмостойких зданий и сооружений и при усилении зданий существующей застройки следует:

- принимать объемно-планировочные и конструктивные решения, обеспечивающие симметричность и регулярность распределения в плане и по высоте здания масс, жесткостей и нагрузок на перекрытия;

- конфигурацию здания и расположение вертикальных диафрагм принимать такими, чтобы первые две формы собственных колебаний были поступательными;

- применять материалы и конструкции, обеспечивающие наименьшие значения сейсмических нагрузок (легкие материалы, сейсмоизоляция, системы динамического регулирования нагрузок и другие);

- создавать возможность развития в элементах конструкций неупругих деформаций и выполнять соответствующие расчеты с учетом нелинейного деформирования конструкций;

- предусматривать мероприятия, обеспечивающие устойчивость и геометрическую неизменяемость конструкций при развитии в элементах и

соединениях между ними неупругих деформаций, а также исключать возможность хрупкого их разрушения;

- обеспечивать рациональное размещение инженерного оборудования с учётом его влияния на уровень сейсмической нагрузки.

5. В случае применения сейсмоизоляции выбор системы, а также расчет и конструирование должны производиться с участием специализированных организаций.

Мониторинг и паспортизация объектов строительства

В новой редакции ДБН серьёзное внимание уделено вопросам осуществления сейсмического мониторинга и паспортизации проектируемых и строящихся объектов.

К основным требованиям к мониторингу проектируемых объектов относятся:

1. Здания и сооружения классов последствий (ответственности) СС2 и СС3, а также:

– Особо ответственные и уникальные сооружения, производственные корпуса, складские здания объектов химической промышленности и объекты нефтехимической промышленности;

– Сооружения с одновременным пребыванием большого числа людей (крупные вокзалы, аэропорты, театры, цирки, музеи, выставочные и концертные залы с числом мест более 1000 чел, крытые рынки и стадионы), а также здания и сооружения, эксплуатация которых необходима при землетрясении или при ликвидации его последствий;

– Здания и сооружения больниц на 100 коек и более, родильных домов, станций скорой помощи, школ, детских садов, высших учебных заведений, магистральных железных и автомобильных дорог и искусственные сооружения транспорта;

– Здания гостиниц и учреждений отдыха на 250 мест и более,

2. Динамическая паспортизация объектов после завершения строительства, а также после обследования и реконструкции, выполняются в соответствии с процедурой, указанной в соответствующих нормативных актах.

3. Все здания и сооружения, указанные в п.1, должны подлежать обследованию после каждого сейсмического события интенсивностью 7 баллов и выше.

Динамическая паспортизация проводится для сооружений, указанных выше в п. 1, а также для корпусов ТЭЦ, центральных узлов доменных печей, резервуаров для нефти и нефтепродуктов, жилых и гражданских зданий 16 этажей и выше, а также гидротехнических сооружений в соответствии с требованиями НД 31.3.002.

Основные особенности и изменения нормативного документа

Нормы Украины по сейсмостойкому строительству имеют ряд особенностей:

1. Кроме карт ОСР-2004 в Нормы включён список населенных пунктов, расположенных в сейсмоопасных районах Украины. Сейсмической интенсивности в баллах сейсмической шкалы по картам «А0», «А», «В» и «С» соответствуют уровни ускорений, соответствующие «слабым землетрясениям» (СЗ) «проектным» (ПЗ) или «максимальным расчётным» (МРЗ) землетрясениям или их сочетаниям.

2. Установлено однозначное соответствие между классом последствий (ответственности) и применяемыми картами сейсмического районирования ОСР-2004.

3. Приведены нормативная и расчетная сейсмичность площадки строительства от 6 до 9 баллов в зависимости от категории грунтов по сейсмическим свойствам, а также уточнена формула для определения коэффициента этажности здания в сторону ограничения максимальной величины этого коэффициента (не более 1,5-1,6), вместо его значения в редакции ДБН 2006 г., в пределах от 1,8 до 2,0.

4. Для районов строительства с сейсмичностью площадки 6 баллов необходимо выполнение конструктивных мероприятий по обеспечению сейсмостойкости зданий.

5. Для снижения сейсмических нагрузок предусматривается использование сейсмоизоляции. В ДБН В.1.1-12:2014 введен новый 12-й раздел.

6. На зданиях и сооружениях высотой более 70 м и на объектах экспериментального строительства предусматривается установка станций инженерно-сейсмометрических наблюдений.

7. Нормами рекомендуется для существующих ответственных объектов и сооружений высотой более 16 этажей проводить динамическую паспортизацию.

8. Предложены дифференцированные показатели междуэтажных перекосов этажей в зависимости от уровней сейсмических воздействий, соответствующих Слабым (СЗ), Проектным (ПЗ) и Максимально расчётным землетрясениям (МРЗ).

9. Алгоритмы оценки сейсмостойкости зданий и сооружений ориентированы на применение существующих программных комплексов.

10. По результатам проведенных в НИИСК испытаний керамических блоков и кирпичной кладки, применяемых для строительства многоэтажных зданий в районах сейсмичностью 6, 7 и 8 баллов, предложены уточнённые формулировки пунктов 3.10.2 ДБН В.1.1-12:2006, относящиеся к строительству зданий со стенами из кирпича или каменной кладки. Уточненные формулировки представлены в пункте 7.10.2 в виде:

11. Для кладки стен разрешается применять:

а) при сейсмичности 6, 7 и 8 баллов кирпич полнотелый или пустотелый марки не ниже чем М75 в соответствии с ДСТУ Б В.2.7-61. *Керамические изделия с пустотностью до 35 %, могут быть применены в строительстве жилых домов до 5-ти этажей при интенсивности сейсмических воздействий 7 и 8 баллов при условии обеспечения прочности кирпича и керамических камней не ниже, чем М150 и прочности раствора не ниже, чем М75 в реальных условиях площадки строительства при соответствующем контроле за этими показателями. В 9-ти балльных зонах следует применять только полнотелый кирпич.*

б) бетонные камни, сплошные и пустотелые бетонные блоки (в том числе из легкого бетона плотностью не менее 800 кг/м^3) марки М50 и выше.

Примечание: В ДБН редакции 2006 года в зонах сейсмичности 6, 7 и 8 баллов разрешалось применять для строительства полнотелый или пустотелый кирпич марки не ниже М75 с пустотностью до 20%, а бетонные камни марки М50 и выше – с плотностью не меньше 1200 кг/м^3 .

12. Существенно переработан раздел ДБН «Гидротехнические сооружения». Его положения учитывают требования ДБН В.1.2-14, сейсмологические данные ДСТУ Б В.1.1-28 и ДБН В.2.4-3:2010 «Гидротехнические сооружения. Основные положения». Применяется для расчёта прямого динамического метода (ПДМ) и линейно-спектрального метода (ЛСМ) при воздействии Проектного (ПЗ) и Максимального расчётного землетрясения (МРЗ) в зависимости от класса или подкласса последствий (ответственности) гидротехнического сооружения (ГТС).

13. Введен новый Раздел 10 «Откосы», который отсутствовал в ДБН 2006 года.

14. В ДБН разработана методика определения сейсмических нагрузок, отвечающая рекомендациям Еврокода 8. Её основные положения приведены в Приложении Г ДБН, которое относится к рекомендуемым методам и подробно представлена в монографии авторов НИИСК [21, 22].

ПРАВИЛА ОПРЕДЕЛЕНИЯ СЕЙСМИЧЕСКИХ НАГРУЗОК НА ЗДАНИЯ И СООРУЖЕНИЯ С УЧЕТОМ РЕКОМЕНДАЦИЙ ЕВРОКОДА 8 И ТРЕБОВАНИЙ ДБН В.1.1 - 12:2014

Основные сведения о строительных стандартах «Еврокод»

Строительные Еврокоды объединены по назначению в функциональные группы (10 групп). Каждая группа состоит из нескольких частей. Проектирование в сейсмических районах должно выполняться в соответствии с требованиями EN 1998 Еврокод 8: «Проектирование сейсмо-

стойких конструкций» [31 - 36]. Национальное Приложение [National Annex] может содержать информацию только по тем параметрам, которые остались открытыми в Еврокоде для национального выбора, и которые известны как Национально Определяемые Параметры. Национальный выбор в Стандарте EN 1998-1 определен в специальной таблице со ссылкой на положения, включающей 55 пунктов.

Проектирование зданий с ожидаемым уровнем обеспечения сейсмостойкости и учетом рекомендаций АТС-40 и ЕВРОКОДА 8

Полученные в НИИСК результаты ориентированы на использование метода спектра несущей способности (СНС), рекомендованного Еврокодом 8 и международными стандартами. Эффективность применения метода обеспечивает гармонизацию принятых решений с требованиями Еврокода 8 и Кодами других стран (США, Японии, Канады, Австралии, Новой Зеландии и других европейских и азиатских странах) и является основой обеспечения сейсмостойкости зданий и сооружений.

Практическая реализация расчета зданий на сейсмические нагрузки приводит к необходимости использовать различные методы расчёта:

- **Линейный статический анализ** (обычно называемый методом поперечных сил);
- **Модальный анализ спектра реакции** (в качестве референтного метода линейно-динамического анализа, в котором применяется линейно-упругая модель конструкции и проектный спектр реакции). В нормативных документах Украины и стран СНГ этот метод принято называть «**спектральным методом**»;
- **Нелинейный статический анализ** (известный как «расчет на предельную прочность» [Pushover Analysis]);
- **Нелинейный динамический анализ** (пошаговый анализ акселерограмм землетрясений во времени с учетом рассмотрения всех известных нелинейностей [Non-linear Time History Analysis]).

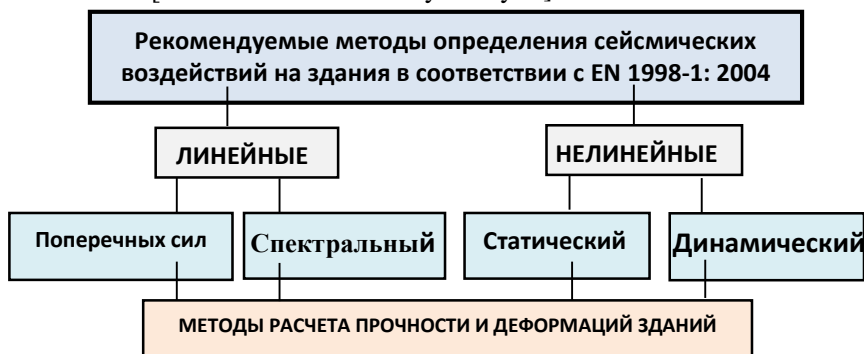


Рис. 2. Методы определения сейсмических воздействий на конструкции

Общая схема методов приведена на рис. 2.

НЕЛИНЕЙНЫЙ СТАТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ (PUSHOVER ANALYSIS). МЕТОДИКА АТС-40

Оценка целевых перемещений осуществляется с применением расчета, основанного на последовательном анализе разрушения конструкций при действии внешней нагрузки (анализе предельной прочности здания), который в иностранной литературе получил название Pushover Analysis [24, 25].

Для практического использования разработаны процедуры оценки сейсмической реакции на основе преобразования системы со многими степенями свободы к системе с одной эквивалентной массой $M_{\text{ЭКВ}}$ и обобщенной горизонтальной жесткостью $K_{\text{ЭКВ}}$. Схема преобразования показана на рис. 4.

Если обозначить аналогично, принятую в АТС-40, величину эквивалентной массы $M_{\text{ЭКВ}} = M^*$ и горизонтальную жесткость $K_{\text{ЭКВ}} = K^*$ одно-массовой системы, а также принять, что основная форма перемещений будет соответствовать колебаниям по первой форме многомассовой системы, как это показано на рис. 3, то период колебаний эквивалентной системы конструкций T может быть записан в виде:

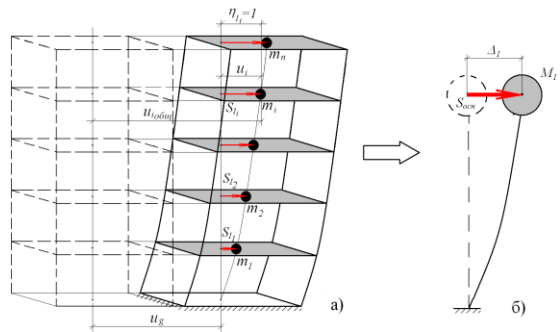


Рис. 3. Схема преобразования многомассовой системы к эквивалентной системе с одной степенью свободы

$$T_{\text{ЭКВ}} = 2\pi \sqrt{\frac{M^*}{K^*}}, \quad (1)$$

где

$$K_{\text{ЭКВ}} = K^* = \frac{F_y^*}{u_y^*}. \quad (2)$$

Принятая процедура решения задачи включает следующие последовательные этапы:

1. Выполняется расчет несущей способности конструкций (Pushover Analysis) одним из известных методов расчета и осуществляется вычисление перемещений конструкций в верхнем уровне Δ_1 [Roof Displacement], а также определяется суммарная поперечная сила V_o [Base Shear] в основании сооружения.

2. Осуществляется процедура преобразования кривой несущей способности в спектр несущей способности в формате «Спектр Реакции Ускорение – Перемещение» [Acceleration-Displacement Response Spectrum] (ADRS). Его форма представляет график сейсмических ускорений S_a в зависимости от сейсмических перемещений S_d [26].

3. Дальнейшее использование методики спектра несущей способности по ATC-40 сводится к анализу оценки двух спектров (стандартного спектра $S_a - T$ и спектра $S_a - S_d$). На каждый из них наносится график «спектра несущей способности», представленный в соответствующем формате. В качестве исходного спектра используется «стандартный спектр» с 5% затуханием.

4. Дальнейшие преобразования метода сводятся к построению сниженного спектра реакции, учитывающего возникновение неупругих деформаций в конструкции. Преобразования характеристик затухания содержатся в [24, 27, 28]. Упругий спектр реакции при 5% затухании преобразуется к спектру реакции, в котором значения затухания превышают 5% от критического затухания (рис. 4).

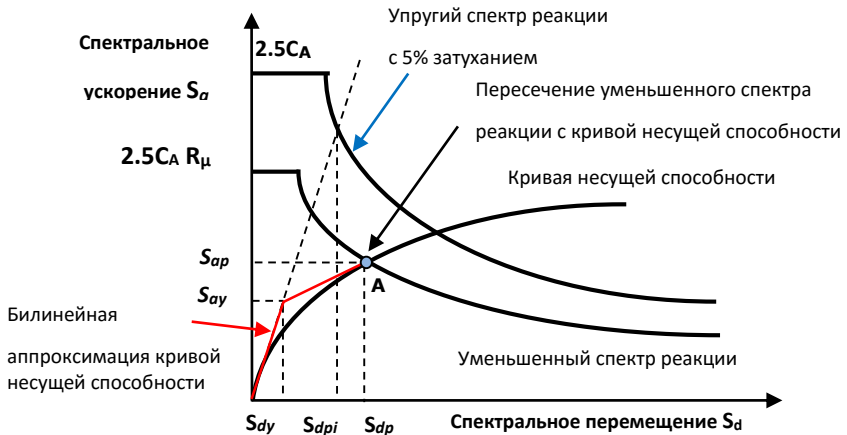


Рис. 4. Построение уменьшенного спектра реакции с применением коэффициентов редукции R_μ (на примере американского Кода UBC-1997)

Уменьшенный спектр реакции вычисляется путем умножения каждой точки спектра на соответствующие коэффициенты редукции R_A или R_V .

Точка **A**, нанесенная на пересечении уменьшенного спектра и спектра несущей способности, является искомой характеристической точкой, которая определяет резерв несущей способности конструкций, запроектированной по упругому спектру. Подробные вычисления по методике спектра несущей способности представлены в работе авторов [21].

Когда характеристическая точка **A** (точка рабочих характеристик Sa_p, Sd_p) найдена, необходимо проверить полученные результаты путем их сравнения с характеристиками, установленными нормативными требованиями.

Предельные поперечные перекосы этажей не должны превышать перекосы, установленных для зданий различных конструктивных систем, приведенных в табл. 1.

Таблица 1
Допускаемые предельные перекосы этажей зданий [24]

Пределы рабочих характеристик, удовлетворяющих требованиям				
Пределы межэтажных перекосов	Возможность незамедлительного заселения	Допустимые повреждения	Безопасность жизнедеятельности	Устойчивость конструкции
Общий максимальный перекос	0.01	0.01 – 0.02	0.02	$0.03 \frac{V_i}{P_i}$
Максимальный неупругий перекос	0.005	0.005 – 0.015	Нет ограничений	Нет ограничений

В таблице обозначено: V_i – общая поперечная сила в уровне i – го этажа здания; P_i – общая гравитационная нагрузка (постоянная плюс временная нагрузка) в уровне i – го этажа.

В национальном приложении допустимые перекосы зданий различных конструктивных схем следует принимать по Таблице 6.8 ДБН В.1.1-12: 2014.

УЧЕТ ГЕОТЕХНИЧЕСКИХ АСПЕКТОВ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ

Требования ДБН В.1.1-12: 2014 и EN 1998-1: 2004.

При отсутствии карт сейсмического микрорайонирования для объектов массового гражданского, промышленного и сельского строительства допускается упрощенное определение сейсмичности площадки строительства на основе материалов инженерно-геологических изысканий согласно таблицы 5.1 ДБН [1] (см. табл. 2). Уменьшение сейсмичности площадки строительства, указанной на карте СМР, по материалам общих инженерно-геологических изысканий с применением данной Таблицы, не допускается.

Таблица 2

Расчетная сейсмичность площадки строительства в зависимости от категории грунтов по сейсмическим свойствам

Категория грунта по сейсмическим свойствам	Грунты	Нормативная сейсмичность площадки строительства при сейсмичности района, баллы				Скорости сейсмических волн в грунте, V_s , м/с
		6	7	8	9	
I	Скальные грунты всех видов невыветрелые и слабовыветрелые; крупнообломочные грунты плотные маловлажные из магматических пород, содержащие до 30% песчано-глинистого заполнителя.	5	6	7	8	$V_s > 800$

II	<p>Скальные грунты выветрелые и сильно выветрелые; крупнообломочные грунты, за исключением отнесенных к I категории; пески гравелистые, крупные и средней крупности плотные и средней плотности маловлажные и влажные; пески мелкие и пылеватые плотные и средней плотности маловлажные; пылевато-глинистые грунты с показателем текучести $I_L \leq 0,5$ при коэффициенте пористости $e < 0,9$ – для глин и суглинков, и $e < 0,7$ – для супесей.</p>	6	7	8	9	$500 < V_s < 800$
III	<p>Пески рыхлые независимо от степени влажности и крупности; пески гравелистые, крупные и средней крупности плотные и средней плотности водонасыщенные; пески мелкие и пылеватые плотные и средней плотности влажные и водонасыщенные; пылевато-глинистые грунты с показателем текучести $I_L > 0,5$; пылевато-глинистые грунты с показателем текучести $I_L \leq 0,5$ при коэффициенте пористости $e \geq 0,9$ – для глин и суглинков и $e \geq 0,7$ – для супесей.</p>	7	8	9	10	$200 < V_s < 500$

IV	Пески рыхлые водонасыщенные, склонные к разжижению; насыпные и почвенные грунты; пльвуны, биогенные грунты и илы.	По результатам специальных исследований	$V_s < 200$
----	---	---	-------------

Примечание 1. В случае неоднородного состава грунты площадки строительства относятся к более неблагоприятной категории грунта по сейсмическим свойствам, если в пределах десятиметрового слоя грунта, считая от планировочной отметки в случае выемки и черной отметки - в случае насыпи, суммарная мощность слоев, относящаяся к этой категории, превышает 5 м.

Примечание 2. При прогнозировании подъема уровня грунтовых вод и (или) обводнения грунтов в процессе эксплуатации сооружения, категории грунта следует определять в зависимости от свойств грунта (степени влажности, показателя текучести) в замоченном состоянии (за исключением локального аварийного замачивания, влияние которого при уточнении сейсмичности площадки не учитывается).

Примечание 3. Пылевато-глинистые грунты (в т.ч. просадочные твёрдой консистенции или в твёрдом состоянии) при коэффициенте пористости вблизи значений $e = 0,9$ - для глин и суглинков и $e = 0,7$ - для супесей, могут быть отнесены к II категории по сейсмическим свойствам, если нормативное значение их модуля деформации $E \geq 15$ МПа, а при эксплуатации сооружений будут обеспечены условия неподтопления грунтов оснований. При отсутствии данных о консистенции или влажности глинистые и песчаные грунты при положении уровня грунтовых вод выше 5 м относятся к III категории.

Примечание 4. Преобладающий период собственных колебаний грунтовой толщи определяется по результатам микросейсморайонирования. В случае отсутствия данных сейсмического микрорайонирования допускается определять период собственных колебаний грунтовой толщи по Приложению В ДБН.

Примечание 5. Сейсмичность площадки строительства определяется в целых баллах. Для грунтовых условий, при которых возможно определение категорий грунта по сейсмическим свойствам как промежуточное, определение балльности по интерполяции не допускается, а окончательное решение принимается изыскательской организацией по результатам дополнительных исследований и/или на основе комплексного анализа.

Примечание 6. Насыпные уплотняющиеся грунты при их отсыпании и массивы укрепленных грунтов в зависимости от их зернового состава, показателей e , I_L , S_r и величины модуля деформаций могут быть отнесены изыскательской организацией к II или III категории, по соответствующим требованиям, какие сформированные в описательной части таблицы

Уточнение сейсмичности площадок строительства по картам «В» и «С», выполняется на основе специальных исследований. Для уточнения нормативной балльности следует проводить микросейсмическое районирование на площадке с учётом результатов полученных при инженерно-геологических изысканиях.

Данная таблица имеет некоторую аналогию с таблицей 3.1 Европейских норм EN 1998-1:2004 [18] (см. таблицу 3), в которой тип грунта устанавливается в зависимости от описательных характеристик грунта, скоростей распространения поперечных сейсмических волн и физических параметров грунта, определяемых при исследовании методом пенетрации.

В ЕВРОКОД 8 – EN 1998-1:2004 (Е), при определении сейсмических нагрузок на здания и сооружения грунты на площадке строительства подразделяются на семь типов, характеристика которых приведена в Табл. 3.1 EN 1998 - 1: 2004 (Е) [18] (см. Таблица 3).

Строительная площадка при проектировании должна быть выбрана такой, чтобы её грунты не были разрушены, а также исключалась неустойчивость склонов и разжижение грунтов при сейсмическом воздействии. Все характеристики грунтов должны быть подробно изучены на основе геологических и гидрогеологических исследований.

Основное требование ЕВРОКОДа 8 к грунтовым условиям площадки строительства заключается в том, что параметры стратиграфического профиля должны устанавливаться при их исследованиях на глубине до 30,0 м. Это требование относится к изучению местных грунтовых условий на основе концепции «глубокой геологии» [deep geology].

Таблица 3

Типы грунтов по классификации EN 1998-1:2004 (Е)

Тип грунта	Описание слоистого профиля грунта	Параметры		
		$V_{s,30}$ (м/с)	N_{SPT} (удар/30см)	C_u (kPa)
А	Скальные и другие скально-подобные геологические образования, включающие в лучшем случае 5 м ослабленных материалов у поверхности	>800	-	-
В	Отложения очень плотного песка, гравелистой или очень жесткой глины, по меньшей мере несколько десятков	360-800	>50	>250

	метров толщиной, характеризующихся постепенным увеличением механических свойств по глубине			
С	Глубокие отложения плотного или средней плотности песка, гравелистой или жесткой глины с толщиной от нескольких десятков до многих сотен метров	180-360	15-50	70-250
Д	Отложения от неплотного до средней связности грунта (с или без нескольких мягких связных слоев) или преобладающих от мягких до твердых связных грунтов	<180	<15	<70
Е	Грунтовый профиль, состоящий из поверхностного алювиального слоя с величинами скоростей из типа С или Д и толщинами, изменяющимися от 5 до 20 м, с подстилающим более жестким материалом при >800 м/с			
S ₁	Отложения, состоящие или содержащие, по меньшей мере, толщиной 10 м, из мягких глин/наносов с высоким индексом пластичности (PI>40) и высоким содержанием воды	<100 (индикативно)	-	10-20
S ₂	Отложения способных к разжижению грунтов, чувствительных глин или любые грунтовые профили не указанные в типах А-Е или S ₁			

Примечание: 1. Величина v_s (м/с) означает величину скорости распространения поперечной сейсмической волны S в верхнем 30 м профиле грунта при деформациях сдвига 10^{-5} или меньше.

2. N_{SPT} (удар /30см) [blows/30cm) – характеристика, устанавливаемая на основании стандартного пенетрационного теста, при условии, что отсутствуют данные стратиграфического профиля на глубину 30 м от поверхности грунта.

Среднюю скорость сейсмической волны $v_{s,30}$ рекомендуется определять по формуле:

$$v_{s,30} = \frac{30}{\sum_{i=1}^N \left(\frac{h_i}{v_i}\right)}, \quad (3)$$

где h_i - толщина грунтового слоя « i », (м);

v_i - скорость распространения поперечных волн (волн сдвига) с уровнем деформаций $1 \cdot 10^{-5}$ или меньше при глубине стратиграфического профиля (профиля грунта) 30 м.

Для площадок, включающих типы грунтов S_1 или S_2 , требуются специальные исследования для определения сейсмического воздействия.

Нормами не рекомендуется без достаточного обоснования размещать проектируемые объекты на участках, неблагоприятных в сейсмическом отношении, к которым относятся площадки строительства:

- расположенные в зонах возможного проявления тектонических разломов на поверхности;
- с осыпями, обвалами, оползнями, карстом, горными выработками;
- с крутизной склонов более 15° ;
- расположенные в зонах возможного прохождения селевых потоков;
- расположенные на цунами опасных участках;
- сложенные грунтами IV категории по сейсмическим свойствам.

На площадках сейсмичностью 9 баллов, с неблагоприятными грунтовыми условиями, а также на грунтах IV категории, не допускается многоэтажная жилая застройка, строительство промышленных предприятий и энергетических объектов, не связанных с обслуживанием населения, проживающего в данной местности, а также строительство объектов с постоянным или временным пребыванием в них 50 или больше людей (школы, детские сады, больницы, торговые центры, театры, кинотеатры и тому подобное), где возможно скопление большого количества людей. На этих площадках следует размещать общегородские зоны отдыха, зеленые массивы, складские помещения, автобазы, гаражи, ремонтные мастерские, временные сельскохозяйственные, производственные и другие одноэтажные помещения.

Примечание: При необходимости строительства зданий и сооружений на площадках с крутизной склонов больше 15° следует предусматривать дополнительные мероприятия по обеспечению их устойчивости, которые содержатся в проекте ДБН [29].

При необходимости строительства зданий и сооружений с новыми конструктивными решениями, nereкомендуемой этажности и другими характеристиками сооружения и грунтов, отличающихся от нормативно обоснованных положений, следует рассматривать эти объекты как объекты экспериментального строительства и принимать дополнительные меры по обеспечению их сейсмостойкости. В каждом таком конкретном случае строительство объектов допускается только при специальном обосновании с разрешения органа регулирования Украины по строительству.

ОСОБЕННОСТИ УЧЕТА ГЕОТЕХНИЧЕСКИХ АСПЕКТОВ ПО РЕКОМЕНДАЦИЯМ ЕВРОКОДА 8

Рекомендации Еврокода 8 (EN 1998-5) [13] в части определения сейсмических воздействий основываются на следующих принципиальных положениях.

Сейсмические воздействия должны соответствовать основным принципам и определениям, приведенным в ДСТУ-Н Б EN 1998-1: 2010 [23] /EN 1998-1: 2004 [18] (раздел 3.2) с учетом положений раздела 4.2.2 [13]:

- должны быть учтены соответствующие карты общего сейсмического районирования или критерии сейсмического микрорайонирования при условии, что они подтверждаются исследованиями грунта на строительной площадке;

- профиль скорости распространения поперечных сейсмических волн на площадке v_s должен рассматриваться в качестве наиболее надежного показателя оценки характеристик грунта;

- измерения профиля скорости геофизическими методами следует использовать для ответственных объектов в районах высокой сейсмичности и при наличии слабых грунтов (от неплотных до средней связности грунт типа D), а также грунтов с высоким уровнем пластичности и способных к разжижению (типа S_1 или S_2) в соответствии с указаниями раздела 4.2.2 [13];

- коэффициент демпфирования грунта при условии, что ускорение колебаний грунта $a_g S < 0,1g$, рекомендуется принимать 0,03. При $a_g S \geq 0,1g$ коэффициенты демпфирования принимаются по табл. 4.

Эффекты динамического воздействия «грунт-конструкция» должны учитываться, когда:

- в конструкциях эффекты второго порядка типа «P - Δ» играют значительную роль;

- в зданиях с массивными или глубоко залегающими фундаментами, такие как опоры мостов, силосные шахты;

- в гибких высоких сооружениях, таких как башни и дымовые трубы, рассмотренные в EN 1998-6: 2004;
- в зданиях, опирающихся на очень слабые грунты при средней скорости поперечной волны $v_{s,max}$ менее 100 м/с (как определено в табл. 3).

Таблица 4

Коэффициенты демпфирования грунта и средние понижающие коэффициенты (\pm одно среднее квадратическое отклонение) для скорости поперечной волны v_s и модуля сдвига G в пределах глубины 20 м

Величина ускорения грунта, $a_g S$	Коэффициент демпфирования	$\frac{v_s}{v_{s,max}}$	$\frac{G}{G_{max}}$
0,1	0,03	0,90 ($\pm 0,07$)	0,80 ($\pm 0,10$)
0,2	0,06	0,70 ($\pm 0,15$)	0,50 ($\pm 0,20$)
0,3	0,10	0,60 ($\pm 0,15$)	0,36 ($\pm 0,20$)

Область распространения EN 1997 (Еврокод 7, Раздел 1.1.2) [30] не содержит специальных требований по вопросам сейсмического проектирования. Все необходимые дополнительные правила геотехнического сейсмического проектирования содержатся в EN 1998 (Еврокод 8), которые дополняют или адаптируют правила данного стандарта.

ЛИТЕРАТУРА

1. Будівництво у сейсмічних районах України: ДБН В.1.1 – 14:2014. - [Чинні від 2014-10-01]. – К.: Мінрегіон України, 2014. – VI, – 110 с. – (Будівельні норми України).
2. Строительство в сейсмических районах: СНиП II-7-81*. / Госстрой России. – М.: ГУП ЦПП, 2002.
3. Kendzera A., Omelchenko V. Seismic Hazard of the Territory of Ukraine. – 10 p. - Int. Proc. Science and Technology for safe Development of Lifeline Systems. – Natural Risks: Developments. Tools and Techniques in the CEI Area, Nov. 4-5, 2003, Sofia, Bulgaria.
<http://cismee.geophys.bas.bg/papers/Kendzera-Ukraina.pdf>
4. Пустовитенко Б.Г. Сейсмологические аспекты оценки сейсмического риска для территории г. Измаила / Пустовитенко Б.Г., Скляр А.М. // Геофизический журнал, 1996. - т.18. - № 1. - С.73-80.
5. Пустовитенко Б.Г., Кульчицкий В.Е., Пустовитенко А.А. Новые данные о сейсмической опасности г. Одесса и Одесской области. – 13 с. Опубликовано на сайте Ассоциации украинского сейсмостойкого строительства 08.09.2006. <http://ww.seism.org.ua/seism04-02-r.html>.

6. СНиП РК 2.03-30-2006. Строительство в сейсмических районах / Комитет по делам строительства и жилищно-коммунального хозяйства Министерства торговли республики Казахстан. – Алматы: ТОО «Издательство LEM», 2006. -80 с.
7. КМК 2.01.03-96. Строительство в сейсмических районах / Госкомархитектстрой Республики Узбекистан. – Ташкент, 1996. – 147 с.
8. СНРА II-6.02-2006. Сейсмостойкое строительство. Нормы проектирования/ Строительные нормы Республики Армения/ Министерство Градостроительства Республики Армения. – Ереван, 2006, с. 63 – 120.
9. UBC – 1997. UNIFORM BUILDING CODE™. Volume 2. Structural Engineering Design Provisions, 1997: International Conference of Building Officials. – U.S.A., 1997.
10. Шкала для определения силы землетрясения в пределах от 6 до 9 баллов: ГОСТ 6249-52. Взамен ОСТ 4537 / Госкомитет Совета Министров Союза ССР по делам строительства. Срок введения 1/І 1953 г. – Стандартгиз. – 3 с.
11. Захист від небезпечних геологічних процесів, шкідливих експлуатаційних впливів, від пожежі. Шкала сейсмічної інтенсивності: ДСТУ Б В.1.1-28:2010. – К.: Мінрегіонбуд України. - ДП «Укрархбудінформ», 2011. – 47с.
12. EMS-98. European Macroseismic Scale 1998 /Editor G. Grünthal - Chairman of the ESC Working Group "Macroseismic Scales". GeoForschungsZentrum Potsdam, Germany. – Luxembourg, 1998. – 80 p.
13. EN 1998-5. Eurocode 8: Design of structures for earthquake resistance. Part 5: Foundations, retaining structures and geotechnical aspects. CEN. November 2004. – 44p.
14. Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель, споруд, будівельних конструкцій та основ: ДБН В.1.2-14-2009. (зміна №1 від 22.12.2011р. Наказ № 374 від 1 квітня 2012 р.)/ Мінрегіонбуд України. – ДП «Укрархбудінформ». – Київ: 2009. – 37 с.
15. Визначення класу наслідків (відповідальності) та категорії складності об'єктів будівництва: ДСТУ-Н Б В.1.2-16:2013. Мінрегіонбуд України. – ДП «Укрархбудінформ». – Київ: 2013. – 26 с.
16. Постанова Кабінету Міністрів України № 557 від 27 квітня 2011 р. «Про затвердження Порядку віднесення об'єктів будівництва до IV і V категорій складності». Офіційний вісник України № 41, 2011, с. 51 – 52.
17. Зміна № 1 ДСТУ Б В.1.2-16:2013. «Визначення класу наслідків (відповідальності) та категорії складності об'єктів будівництва». Наказ Мінрегіону України від 12 травня 2014 року № 135, чинна з 1 липня 2014 року.
18. EN 1998-1: 2004: E Eurocode 8: Design of structures for earthquake resistance – Part 1: General rules seismic actions and rules for buildings. CEN. - Brussels. – 229 pp.
19. Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Науково-технічний супровід будівельних об'єктів: ДБН В.1.2-5:2007. Мінрегіонбуд України. – Киев: ДП «Укрархбудінформ». – К., 2007. – 14 с.

20. Немчинов Ю.И. Сейсмостойкость зданий и сооружений. В двух частях / Немчинов Ю.И. - Киев, 2008. – 480 с.
21. Проектирование зданий с заданным уровнем обеспечения сейсмостойкости / [Немчинов Ю.И., Марьенков Н.Г., Хавкин А.К., Бабик К.Н.]. – К.: Гудименко С.В., 2012. – 384 с.
22. Немчинов Ю.И. Сейсмостойкость высотные зданий и сооружений / Немчинов Ю.И. – К.: Гудименко С.В., 2015. – 584 с.
23. Єврокод 8. Проектування сейсмостійких конструкцій. Частина 1. Загальні правила, сейсмічні дії, правила щодо споруд (EN 1998-1:2004, IDT): ДСТУ-Н Б EN 1998-1: 2010. - Мінрегіон України. - Київ: «Укрархбудінформ», 2013. – 276 с.
24. ATC-40. Seismic Evaluation and Retrofit of Concrete Buildings - Volume 1 and 2, Applied Technology Council. Report No. SSC 96-01, Seismic Safety Commission, Redwood City, CA. – November 1996.
25. FEMA 356. Prestandard and commentary for the seismic rehabilitation of buildings. American Society of Civil Engineers (ASCE), Washington, D.C. - November 2000.
26. Freeman S.A. Development and Use of the Capacity Spectrum Method. – Proceedings, 6th US National Conference on Earthquake Engineering, Seattle, 1998, paper No 269.
27. Chopra A.K. Dynamics of Structures. Theory and Applications to Earthquake Engineering. Prentice –Hall, Inc., Englewood Cliffs, New Jersey: 1995. – 794 pp.
28. Farzad Naeim, Hussain Bhatia, Roy M. Lobo. Performance based seismic engineering. Chapter 15 in Book – The Seismic Design Handbook/ Farzad Naeim. Second edition. – October 2000, pp. 757 - 792.
29. ДБН В.1.1-3:201X. Інженерний захист територій, будинків і споруд від зсувів та обвалів. Основні положення. (Проект, остаточна редакція) / Мінрегіон України, 2016. – 75 с.
30. Єврокод 7. Геотехнічне проектування. Частина 1. Загальні правила. (EN 1997-1:2004, IDT): ДСТУ-Н Б EN 1997-1: 2010. / Мінрегіон України. Київ: «Укрархбудінформ», 2013. – 224 с.

Статья поступила в редакцию 14.09.2016 г.