



Doi: <https://doi.org/10.33644/2313-6669-14-2021-1>

УДК 699.841+624.042.7



НЕМЧИНОВ Ю.І.

Д-р технічних наук, проф.,
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

СТРОИТЕЛЬНАЯ НАУКА И ОБЕСПЕЧЕНИЕ СЕЙСМИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ В УКРАИНЕ С УЧЁТОМ РЕКОМЕНДАЦИИ ЕВРОКОДОВ

АННОТАЦИЯ

Статья направлена на решение проблемы сейсмической безопасности, с учетом опыта работы института ГП НИИСК в содружестве с научно-исследовательскими, проектными, строительными организациями Украины и Ассоциации украинского сейсмостойкого строительства (АУЕЕ) в течение более 15-летнего периода. Сейсмическая активность Украины характеризуется потенциальной интенсивностью землетрясений от 6 до 9 баллов. Первые Нормы проектирования ДБН В.1.1-12:2006 «Будівництво у сейсмічних районах України» [1] были разработаны 15 лет назад. В ДБН учтены климатические и сложные инженерно-геологические особенности Украины и составлена Карта общего сейсмического районирования территории Украины, разработанная ИГФ НАНУ.

Опыт проектирования в соответствии с требованиями ДБН В.1.1-12:2006 показал, что сейсмические воздействия на здания на 10-15% превышают уровень нагрузок, определяемых по СНиП II-7-81*. В связи с широким распространением в Киеве и других городах Украины высотных сооружений, ГП НИИСК проведены дополнительные обоснования сейсмостойкости, которые изложены в монографиях [6, 7, 8].

В ГП НИИСК был разработан метод расчёта зданий с учетом нелинейной работы материалов, который назван «Метод проектирования конструкций с ожидаемым уровнем обеспечения сейсмостойкости». Введены три уровня обе-

спечения сейсмостойкости: слабое землетрясение (СЗ); проектное землетрясение (ПЗ); максимальное расчётное землетрясение (МРЗ). Рассмотрены положения Европейского стандарта Eurocode 8 и даны сопоставления с действующими нормами Украины. В качестве метода расчёта на сейсмические воздействия принят «метод нелинейного статического анализа», который является основным в ДБН В.1.1-12:2014.

Рассмотрены пути совершенствования Норм проектирования в сейсмических районах, основанные на предложениях проектных и производственных организаций. Среди указанных методов наибольшее распространение получил метод нелинейного статического анализа, как более приемлемый для инженерных приложений и который является основным. Показано, что перспективным направлением развития сейсмостойкого строительства является крупнопанельное домостроение. Приведены конкретные примеры и технологии строительства в Севастополе (экструзивная технология) и Одессе (технология КП «Будова»). Даны предложения по разработке Национальной Программы «Защита населения, зданий и сооружений от сейсмической опасности» и общего Закона «Сейсмобезопасность зданий, сооружений и территории Украины».

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: сейсмическая безопасность, методы расчёта, нелинейная работа, три уровня сейсмического воздействия, крупнопанельное домостроение.



АНОТАЦІЯ

Стаття спрямована на вирішення проблеми сейсмічної безпеки, з урахуванням досвіду роботи інституту ДП НДІБК в співдружності з науково-дослідними, проектними, будівельними організаціями України та Асоціації українського сейсмостійкого будівництва (АУЕЕ) протягом більше 15-річного періоду. Сейсмічна активність України характеризується потенційною інтенсивністю землетрусів від 6 до 9 балів. Перші Норми проектування ДБН В.1.1-12: 2006 «Будівництво у сейсмічних районах України» [1] були розроблені 15 років тому. У ДБН враховані кліматичні і складні інженерно-геологічні особливості України і складена Карта загального сейсмічного районування території України, розроблена ІГФ НАНУ.

Досвід проектування відповідно до вимог ДБН В.1.1-12: 2006 показав, що сейсмічні впливи на будівлі на 10-15% перевищують рівень навантажень, що визначаються за СНіП II-7-81 *. У зв'язку з широким розповсюдженням в Києві і інших містах України висотних споруд, ДП НДІБК проведені додаткові обґрунтування сейсмостійкості, які викладені в монографіях [6, 7, 8].

В ДП НДІБК був розроблений метод розрахунку будівель з урахуванням нелінійної роботи матеріалів, який названий «Метод проектування конструкцій з очікуваним рівнем забезпечення сейсмостійкості». Введено три рівня забезпечення сейсмостійкості: слабкий землетрус (СЗ); проектний землетрус (ПЗ); максимальний розрахунковий землетрус (МРЗ). Розглянуто положення Європейського стандарту Eurocode 8 і дано зіставлення з чинними нормами України. В якості методу розрахунку на сейсмічні впливи прийнятий «метод нелінійного статичного аналізу», який є основним в ДБН В.1.1-12: 2014.

Розглянуто шляхи вдосконалення Норм проектування в сейсмічних районах, засновані на пропозиціях проектних і виробничих організацій. Серед зазначених методів найбільшого поширення набув метод нелінійного статичного аналізу, як більш прийнятний для інженерних додатків і який є основним. Показано, що перспективним напрямком розвитку сейсмостійкого будівництва є великопанельне житлове будівництво. Наведено конкретні приклади і технології будівництва в Севастополі (екструзивна технологія) і Одесі (технологія КП «Будова»). Надано пропозиції щодо розробки Національної Програми «Захист населення, будівель і споруд від сейсмічної небезпеки» та загального Закону «Сейсмобезпека будівель, споруд і території України».

КЛЮЧОВІ СЛОВА: сейсмічна безпека, методи розрахунку, нелінійна робота, три рівня сейсмічного впливу, великопанельне житлове будівництво.

CONSTRUCTION SCIENCE AND PROVISION OF SEISMIC SECURITY IN UKRAINE, CONSIDERING THE RECOMMENDATIONS OF EUROCODES

ABSTRACT

The article is aimed at solving the problem of seismic safety, based on the experience of the State Enterprise "Research Institute of Building Constructions" (NIISK) in cooperation with research, design, construction organizations of Ukraine and the Ukrainian Association of Earthquake Engineering (AUUE) for more than 15 years. Seismically active zones of Ukraine are given and historical information about earthquakes and the consequences is given. A set of maps for the territory of Ukraine compiled by the Institute of Geophysics (IGP) of the National Academy of Sciences of Ukraine is considered. It is shown that the seismic activity of Ukraine is characterized by several seismic zones with a potential intensity of earthquakes from 6 to 9 points. The first construction norms DBN V.1.1-12: 2006 "Construction in seismic regions of Ukraine" [1] were developed 15 years ago.

For the first time, DBN took into account climatic and complex engineering-geological features of Ukraine and compiled a Map of general seismic zoning of the territory of Ukraine. Experience of designing seismic-resistant buildings in accordance with DBN V.1.1-12: 2006 requirements showed that seismic impacts on high-rise buildings exceeded the level of loads determined by SNiP II-7-81 * by 10-15%. Due to the wide distribution of high-rise buildings in Kiev and other cities of Ukraine, NIISK carried out additional justifications for seismic resistance, which are set out in the monographs of the Institute's employees [6, 7, 8].

At NIISK, it has been developed a calculation method of buildings which takes into account the nonlinear behaviour of materials and it was called the "Design method for buildings with an expected level of seismic resistance", based on the analysis of the sequential destruction of structural elements.

Three levels of seismic resistance ensuring has been introduced, corresponding to the following items: weak earthquake (WE); design basis earthquake (DBE); maximum design earthquake (MDE).

The provisions of Eurocode 8 [16] are considered and comparisons with DBN of Ukraine in force are given. As a method for calculating seismic effects, the "method of nonlinear static analysis" is adopted, which is the main one in DBN V.1.1-12 (edition 2014). The ways of improving design regulations in the seismic regions of Ukraine are considered with regard to proposals of design and production organizations.

Among these methods, the most widespread one is the method of nonlinear static analysis, as it is more acceptable for engineering applications and is the main one in DBN V.1.1-12. It is shown that large-panel housing construction is a promising direction in the development of earthquake-resistant construction. Specific examples



and construction technologies in Sevastopol (extrusive technology) and Odessa (KP Budova technology) are given. Proposals are given for the development of the National Program "Protection of the population, buildings and structures from seismic hazard" and the general Law "Seismic safety of buildings and facilities and territory of Ukraine".

KEY WORDS: seismic safety, calculation methods, nonlinear work, three levels of seismic impact, large-panel housing construction

ВВЕДЕНИЕ

ГП НИИСК является базовой организацией Минрегиона Украины по осуществлению научно-технической деятельности в строительстве (приказ Минрегиона № 207 от 09.08.2018), имеет стратегическое значение для экономики и безопасности государства в сфере научной деятельности (постановление КМ Украины от 04.03.2015 № 83) и внесен в Государственный реестр научных учреждений, которым предоставляется поддержка государства согласно приказу Министерства образования и науки Украины от 14.05.2021 № 534. ГП НИИСК прошёл государственную аттестацию научного учреждения и относится ко второй классификационной группе научных учреждений (приказ Минобразования и науки Украины от 10.12.2019 № 1534).

Институт работает в содружестве с научно-исследовательскими, проектными и строительными организациями Украины, занимающимися исследованиями и разработками в области сейсмологии и сейсмостойкого строительства, такими, как Институтом геофизики НАН Украины, Одесская государственная академия строительства и архитектуры (ОГАСА), Одесский национальный Морской Университет (ОНМУ), ТОВ «Стикон», КП «БУДОВА», Киевский «Энергопроект», Институт стальных конструкций им. В.Н. Шимановского, ТОВ ЛИРА САПР, Ассоциация «Укргидроэнерго», Академия энергетики Украины и другие, а также поддерживает научные контакты с организациями стран СНГ и зарубежными странами.

Институт является головной организацией по разработке и актуализации норм проектирования «Строительство в сейсмических районах Украины». Подготовлены две редакции Норм (2006, 2014) [1, 2], ДСТУ Б В.1.1–28:2010 «Шкала сейсмической интенсивности» [3], а также изменение №1 к редакции 2014 года [4], которые направлены на совершенствование методов расчета и проектирования зданий и сооружений, в том числе высотных зданий, в сейсмоактивных районах Украины. Институт координирует различные направления научно-технического сопровождения и развития строительной науки, включая вопросы сейсмостойкого строительства и сейсмобезопасности сооружений. Ассоциация украинского сейсмостойкого строительства (АУЕЕ) является членом Европейской Ассоциации по сейсмостойкому строительству и сейсмологии (ЕАЕЕ) и Международной Ассоциации по сейсмологии и сейсмостойкому строительству (IAEE).

1. ПРОБЛЕМЫ СЕЙСМОБЕЗОПАСНОСТИ В УКРАИНЕ

120 тыс. км² территории Украины находятся в сейсмических - сейсмически опасных зонах, что составляет около 20% территории. Интенсивность землетрясений может составлять - 6-9 баллов по шкале ДСТУ Б В.1.1–28:2010. На сейсмически опасных территориях проживают около 22% населения Украины: в 6-ти балльной зоне 15.5% населения; в 7-ми балльной - 4,5% и в 8 - 9 – ти балльной зоне – около 1,5%. По данным Института геофизики на территории Киевской Руси и Украины за 900 лет произошло более 30-ти крупных землетрясений:

1927 г. – сильные землетрясения в Крыму, которое повредили около 70% всех строений г. Ялты. В зону 8-балльного воздействия попали 5 городов Крыма;

Общая сейсмическая активность Украины характеризуется несколькими сейсмическими зонами [17,18,19]:

- Карпатская зона гор Вранча в Румынии;
- Крымско-Черноморский регион;
- Зоны юго-запада Восточно-Европейской платформы и дельты р. Дуная;

Таблица 1- Разрушительные землетрясения Румынских Карпат [20, 19, 21]

Дата возникновения землетрясения	Магнитуда	Интенсивность в эпицентре, баллы	Интенсивность землетрясения в городах, баллы					
			Кишинев	Львов	Черновцы	Одесса	Киев	Москва
26.10.1802	7,5	9-10	7	4	7	7	5	3
26.11.1829	6,5	8	7		6	6	4-5	-
23.01.1838	7,0	9	7	4-5	6	6	4-5	-
6.10.1908	6,75	8	6	5	6	6	5	-
10.11.1940	7,3	9	7-8	5	6	7	5	4
4.03.1977	7,2	9	6-7	4	5-6	5-6	4-5	3
30.08.1986	7,0	8-9	6	4	5	5	4	-
30.05.1990	6,7	8-9	6	4	5	5	4	3

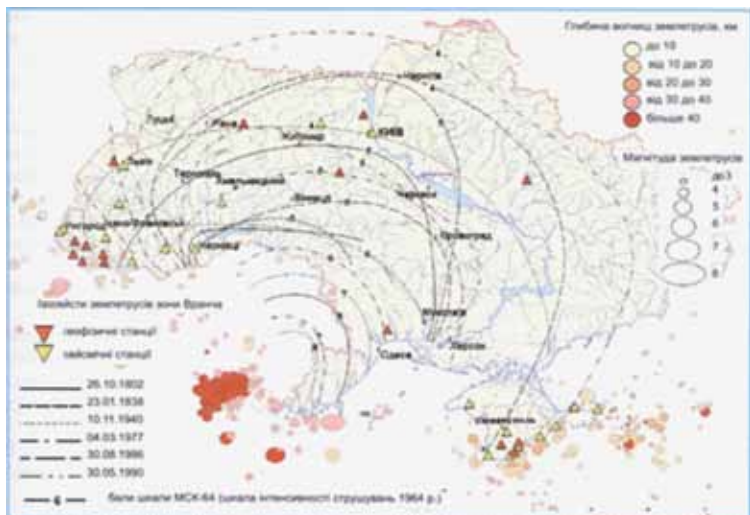


Рисунок 1 – Карта изосейст сильных Карпатских землетрясений за период с 1802 по 1990 гг. (по данным Института геофизики НАНУ).



Рисунок 2 – Пример последствия землетрясения в восточных Карпатах, 4 марта 1977 г.: разрушение каменного склона, образование широкой трещины и разрушение домов в посёлке



Рисунок 3 – Карта общего сейсмического районирования ОСР-2004-А территории Украины

- Регион Прикарпатья и Закарпатья.

Сейсмические зоны с потенциальной интенсивностью землетрясений от 6 до 9 баллов охватывают Крым, Закарпатскую, Черновицкую, Винницкую, Кировоградскую, Львовскую, Одесскую, Тернопольскую и Хмельницкую области Украины. Карпатские землетрясения, возникающие в горах Вранча, на глубинах 80-160 км, ощущаются на большой территории и распространяются на тысячи километров от эпицентра. Они определяют общую сейсмическую обстановку территории Молдавии и западных областей Украины. Эти землетрясения на территории Украины зафиксированы в исторических летописях, литературных источниках в различных каталогах землетрясений и инструментальными наблюдениями.

В Таблице 1 приведен список разрушительных землетрясений гор Вранча и интенсивности их проявлений в крупных городах Молдовы, Украины и России.

Карта изосейст сильных Карпатских землетрясений на территории Украины, составленная С.В. Евсеевым [22] и дополненная ИГФ НАН Украины (О.М. Харитонов, А.В. Кендзера, В.Д. Омельченко и другие [23], приведена на Рисунке 1. Пример разрушения каменного склона во время землетрясения в восточных Карпатах 4 марта 1977 г. показан на Рисунке 2. На большей части Украины, в её северо-западных и северо-восточных областях, интенсивность землетрясения была 4-5 баллов; в Луганской обл. уровень сотрясений не превысил 3 балла; 5-балльная зона включает области: Черновицкую, юго-восточную часть Хмельницкой, Винницкую, юго-запад Киевской, Черкасской и Кировоградской областей, полностью территорию Николаевской, западную часть Херсонской области.

По сведениям сейсмологов и геофизиков в пределах Черноморского региона известно около 80-ти крупных и ощутимых землетрясений. Эпицентры сильных землетрясений интенсивностью 7 баллов и больше, по летописным источникам и литературным данным, известны вблизи мыса Херсонес, в районе Южного берега Крыма и в районе Керчь-Анапа.

2. НОРМЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ В СЕЙСМИЧЕСКИХ РАЙОНАХ УКРАИНЫ

Первые Нормы проектирования ДБН В.1.1-12:2006 «Будівництво у



сейсмічних районах України» [1] были разработаны 15 лет назад. Они базировались на применении советского СНиП II-7-81*: «Строительство в сейсмических районах» [5] и большом опыте анализа последствий землетрясений на территории Советского Союза. Вместе с тем, впервые в ДБН [1] учтены климатические и сложные инженерно-геологические особенности Украины, и составлена Карта общего сейсмического районирования территории Украины (Рисунок 3).

Принципиально новым решением был учёт сейсмической опасности землетрясений. Интенсивность сейсмических воздействий в баллах для района строительства принимаются на основе списка населенных пунктов и комплекта карт общего сейсмического районирования (ОСР-2004) территории Украины, представленных Институтом геофизики НАН Украины и Крымским экспертным советом по оценке сейсмической опасности и прогнозу землетрясений.

Комплект включает карты: А; В; С - для всей территории Украины в масштабе 1:2500000 и детальные карты ОСР: АО; А; В; С для территорий АР Крым и Одесской области в масштабе 1:1000000.

- карта ОСР-2004-А соответствует 10 %-й вероятности превышения расчетной сейсмической интенсивности в течение 50 лет и средним периодам повторения таких интенсивностей один 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;
- карта ОСР-2004-В соответствует 5 %-й вероятности превышения расчетной сейсмической интенсивности в течение 50 лет и средним периодам повторения таких интенсивностей один раз в 1000 лет. Карта применяется при проектировании и строительстве объектов и сооружений повышенного уровня ответственности, разрушения которых при воздействии землетрясения может привести к чрезвычайной ситуации регионального уровня;
- карта ОСР-2004-С соответствует 1 %-й 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, имеющих коэффициент надежности по ответственности не менее 1,2, разрушения которых при землетрясения может привести к чрезвычайной ситуации государственного уровня;

- детальная карта ОСР-2004-АО соответствует 39 %-й вероятности превышения расчетной сейсмической интенсивности землетрясения в течение 50 лет и средним периодам повторяемости один раз в 100 лет. Соответствующие карты следует применять в АР Крым и Одесской области для малоответственных зданий и сооружений.

Опыт проектирования сейсмостойких зданий в соответствии с требованиями ДБН В.1.1-12:2006 показал, что сейсмические воздействия на здания повышенной этажности и высотные здания на 10-15% превышают уровень нагрузок, определяемых по СНиП II-7-81*. В связи с широким распространением в Киеве и других городах Украины высотных сооружений, ГП НИИСК проведены дополнительные расчёты и обоснования сейсмостойкости, которые изложены в монографиях сотрудников Института [6, 7, 8].

Общие требования к безопасности проектируемого сооружения регламентируются Еврокодом EN 1990:2002 «Основы строительного проектирования» [12], согласно которому: «Сооружение должно быть запроектировано и построено таким образом, чтобы оно на протяжении запланированного срока службы с соответствующей степенью надежности и экономичности:

- противостояло всем нагрузкам и воздействиям, которые могут иметь место в процессе изготовления и эксплуатации, и
- оставаться пригодным для использования по назначению».

Для решения вопроса экономичности проектирования сейсмостойких зданий в ГП НИИСК был разработан метод расчёта зданий с учетом нелинейной работы материалов, который назван «Метод проектирования конструкций с ожидаемым уровнем обеспечения сейсмостойкости». Его принципиальные положения основаны на анализе последовательного разрушения элементов конструкций («Nonlinear pushover analysis») или проектирование на основе рабочих характеристик.

Рекомендации по проектированию на основе рабочих характеристик содержатся в Руководстве Совета по прикладной технологии [Applied Technology Council – (ATC)] ATC-40 [13] Федерального Агентства по Управлению Опасностью [Federal Emergency Management Agency – (FEMA)] США, Руководствах FEMA-273 [14], FEMA-274 [15] и SEAOC's Vision 2000 (Structural Engineers association of California Концепция 2000): «Проектирование зданий на основе рабочих характеристик в сейсмически активных зонах (1995)».

На Рисунке 4 показан график кривой несущей способности, который иллюстрирует новый подход к оценке существующих зданий и проектированию сооружений с ожидаемым уровнем сейсмостойкости, содержащийся в Руководящих документах ATC-40, FEMA 273/274 и последующих редакциях этих документов. Уровень «отсутствие повреждений» отвечает проектированию на слабые часто повторяющиеся землетрясения.

Уровень «устойчивость сооружения» / «предотвращения коллапса» соответствует проектированию на основе обеспечения «предотвращения коллапса» при котором обеспечивается сохранность жизни людей, ценного оборудования и инфра-



структуры, необходимой для ликвидации последствий землетрясения.

В условиях сейсмических знаний о проявлении землетрясений на территории Украины можно принять три уровня обеспечения сейсмостойкости при проектировании зданий и сооружений, которые бы соответствовали повреждению конструкций, приведенным на Рисунке 4:

- Отсутствие повреждений и возможность продолжения эксплуатации здания после землетрясения [Immediate Occurance] – слабое землетрясение (СЗ);
- Обеспечение безопасности жизнедеятельности и возможность проведения ремонтно-восстановительных работ после умеренного землетрясения [Life Safety] – проектное землетрясение (ПЗ);
- Обеспечение устойчивости сооружения, сохранности жизни людей, ценного оборудования и инфраструктуры, необходимой для ликвидации последствий землетрясения [Structural Stability] – максимальное расчётное землетрясение МРЗ.

Другим важным показателем, характеризующим конструктивную сейсмостойкость является перекос в уровне этажа. Ограничения значений перекосов этажей в зависимости от эксплуатационных уровней, соответствующих определенной степени повреждений конструкций [24]:

- Отсутствие повреждений и возможность продолжения эксплуатации здания после землетрясения [Immediate Occurance - IO] – слабое землетрясение (СЗ);
- Обеспечение безопасности жизнедеятельности и возможность проведения ремонтно-восстановительных работ после умеренного землетрясения [Life Safety - LS] – проектное

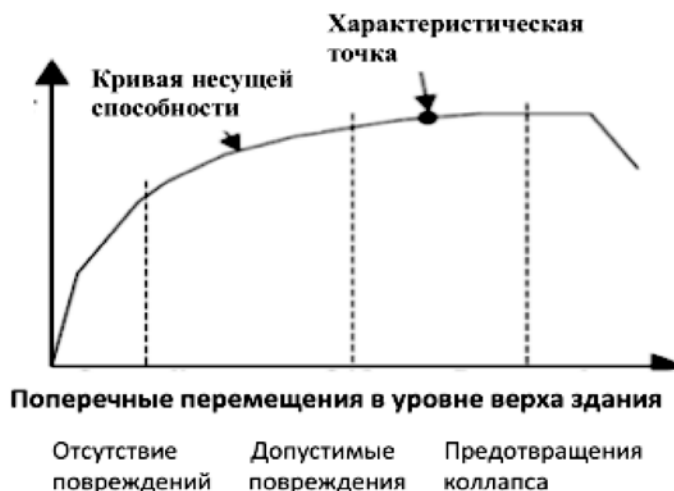


Рисунок 4 – График зависимости «нагрузка - перемещения» и уровень обеспечения безопасности здания. По оси ординат указана внешняя нагрузка

землетрясение (ПЗ);

- Обеспечение устойчивости сооружения, сохранности жизни людей, ценного оборудования и инфраструктуры, необходимой для ликвидации последствий землетрясения [Structural Stability или Collapse Prevention - CP] – максимальное расчётное землетрясение (МРЗ).

В Таблице 2 приведены диапазоны допустимых значений перекосов этажей для трех эксплуатационных уровней, полученные по результатам анализа публикаций, для категорий зданий, представленных в ДБН В.1.1-12: 2006.

Ещё одно принципиальное положение, которое принято ДБН В.1.1-12:2006 в отличие от норм других стран, это - рекомендации по обеспечению сейсмостойкости зданий в районах сейсмичностью 6 баллов.

Нормативные значения эксплуатационных характеристик перекосов этажей здания могут уточняться на основе анализа поведения конструкций зданий и сооружений при землетрясениях, по результатам экспериментальных исследований и их сопоставлении с результатами численных исследований реакции конструкций при сейсмических воздействиях различной интенсивности.

Таблица 2 - Ограничение междуэтажных перекосов

Несущие конструкции здания	Междуэтажный перекос для эксплуатационного уровня		
	Ю	LS	CP
Здания со стальным каркасом	0.0067	0.012	0.02
Здания с железобетонным каркасом без вертикальных диафрагм или ядер жесткости	0.0067	0.012	0.03
Здания с железобетонным каркасом с вертикальными диафрагмами или ядрами жесткости	0.0025	0.0165	0.025
Здания со стенами из монолитного железобетона и из крупных железобетонных панелей и из крупных блоков	0.0028	0.009	0.02
Здания со стенами из каменной или кирпичной кладки	0.0025	0.004	0.008
Каркасно-каменные здания	0.0025	0.004	0.008
Для всех типов зданий	0.004	0.012	0.024

Таблица 3 - Категории сложности/ классы последствий /уровни ответственности ДБН В.1.1-12:2006/ДБН В.1.2-14-2009/ ГОСТ

ДБН В.1.1-12: 2014			ДБН В.1.2-14-2009	ГОСТ 27751 -88 с изменениями от 1.01.1995 г.		
Карты ОСР - 2004	Уровень/ ответственности/ класс последствий	Типы зданий и сооружений по назначению	Класс последствий /категория сложности	Уровни ответственности	Типы зданий и сооружений по назначению	Коэффициент надёжности по ответственности, γ_n
А0 Крым и Одесской обл.	Пониженный	Малоответственные здания и сооружения (для Одесской обл.). В других регионах Украины применяется карта ОСР-А	-	III	Для сооружений сезонного или вспомогательного назначения (парники, теплицы, летние павильоны, небольшие склады и подобные сооружения)	$0,8 < \gamma_n < 0,95$ / ГОСТ 27751-88
А	Нормальный	Для объектов и сооружений массового гражданского, промышленного назначения в городской и сельской местности по карте А	СС1/ I и II	II	Для зданий и сооружений массового строительства (жилые, общественные, производственные, сельскохозяйственные)	$0,95$ / ГОСТ 27751-88 $0,90 - 1,0$ / ДБН В.1.2-14
В	Повышенный	Для объектов повышенного уровня ответственности, с коэффициентом ответственности не менее 1,1 в соответствии с ГОСТ 27751-88	СС1/СС2/ III и IV	I	Здания, отказы которых могут привести к тяжёлым экономическим, социальным и экологическим последствиям (Приложение А ДБН В.1.2-14-2009/2018)	$0,95-1,2$ / ГОСТ 27751-88; $0,925 - 1,1$ / ДБН В.1.2-14
С	Особой ответственности	При проектировании особо ответственных объектов и сооружений с коэффициентом ответственности не менее 1.2	СС3/V	-	Объекты нефте- и газовой, металлургической, химической и горнорудной промышленности и др. в соответствии с Приложением А ДБН В.1.2-14	$1,05 - 1,25$ / ДБН В.1.2-14; Не менее 1,2/ ГОСТ 27751-88



3. НОРМЫ УКРАИНЫ ДБН В.1.1-12 И EUROCODE 8

3.1. Требования к Национальному Приложению

Национально определенные параметры (NDPs) должны быть определены в Национальных приложениях.

Определение сейсмических воздействий в Европейском стандарте Eurocode 8 [16] основан на вычислении референтной вероятности P_{NCR} превышения уровня воздействия землетрясений за 50 лет или референтного периода повторяемости землетрясения T_{NCR} . Рекомендованные значения $P_{NCR} = 10\%$ и $T_{NCR} = 475$ лет отвечают требованиям «отсутствия коллапса/обрушения». Такие уровни разрушений в Европейских Нормах соответствуют определению «проектного землетрясения». Для проектного землетрясения устанавливается показатель важности конструкции $\gamma_I = 1,0$. Для периодов повторяемости, отличающихся от референтного, проектное ускорение грунта a_g вычисляется по формуле $a_g = \gamma_I a_{gR}$, где a_{gR} – пиковое ускорение грунта типа А. К грунтам типа А относятся скальные и скально-подобные грунты.

Уровень безопасности сооружения, отвечающий требованиям «ограничения разрушений», Еврокодом устанавливается при воздействии землетрясений с большей вероятностью появления, чем Проектное землетрясение, и вероятностью превышения 10% за 10 лет при периоде повторяемости равным 95 лет. Украинские Нормы содержат аналогичные требования для проектирования малоответственных сооружений с применением карты ОСР-2004 – А0, установленные с 39% - ой вероятностью превышения расчётной сейсмичности за 50 лет и средним периодом повторяемости 100 лет.

В последние годы нормативные документы различных стран устанавливают значения коэффициентов ответственности, сравнение которых приводится в Таблице 3. Как видим, они незначительно отличаются между собой.

3.2 Методы расчёта, рекомендованные Еврокодом 8 (EN 1998-1:2004)

В EN 1998-1 рассматриваются следующие методы расчёта, используемые для решения задач сейсмостойкости зданий:

- линейный статический анализ (называемый методом поперечных сил);
- модальный анализ спектра реакции (рекомендуется использовать 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»). Метод основан на анализе последовательности разрушения элементов конструк-

ций при действии внешней нагрузки на конструкцию;

- нелинейный динамический анализ (пошаговый анализ акселерограмм землетрясений во времени с учетом рассмотрения всех известных нелинейностей - Non-linear Time History (dynamic) Analysis).

Среди указанных методов наибольшее распространение получил метод нелинейного статического анализа, как более приемлемый для инженерных приложений и который является основным, используемым в ДБН В.1.1-12. Его основные положения содержатся в ряде публикаций [7, 11, 24, 25].

4. ПУТИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ НОРМ ПРОЕКТИРОВАНИЯ В СЕЙСМИЧЕСКИХ РАЙОНАХ

После выхода Норм ДБН В.1.1-12: 2006 у проектировщиков и строителей возникло много практических вопросов, реакция на которых отражалась в последующих редакциях документа. Эти вопросы сводились к следующим

1. Большое количество вопросов было связано с применением карт сейсмического районирования и определением сейсмичности площадки строительства и учета грунтовых условий. С такими вопросами обращались специалисты из гг. Харькова, Днепропетровска, Киева, Кривого Рога, Одессы, Ивано-Франковска, Черновцов и др.
2. Ряд вопросов касался применения новых конструктивных схем, которые ранее не использовались в сейсмоопасных районах и не прошли соответствующей экспериментальной проверки (например, здания с безригельным каркасом).
3. Ряд организаций обратились с вопросами по поводу применения таблицы 2.5 ДБН при определении относительного ускорения грунта (a_0) в случае, когда сейсмическая интенсивность по Картам «А» и «В» различна.
4. Важный вопрос проектировщиков связан с подходом к определению перемещений (прогибов) и перекосов этажей в ДБН В.1.2-14 и ДБН В.1.1-12.
5. В соответствии с ДБН В.1.1-12 [1, 2] в зданиях с несущими стенами, кроме наружных продольных стен должно быть не менее одной внутренней продольной стены. При проектировании строительных объектов энергетической отрасли, когда по функциональному назначению не допускается устройство внутренней продольной стены, тогда устанавливаются дополнительные внутренние поперечные стены
7. При проектировании фундаментов зданий высотой более 16 этажей в ДБН приводится требование, относящееся к глубине заложения подошвы фундамента относительно отметки отмостки. Это требование относится к плите любого типа фундаментов, как свайного, так и сплошного.



8. В соответствии с ДБН В.1.1-12:14 [1, 2] длина секций всех типов зданий, кроме деревянных и со стенами из ячеистых бетонных блоков, не должна превышать при расчетной сейсмичности 7-8 баллов – 80 м, 9 баллов – 60 м. В то же время, для зданий со стальным каркасом длина секций принимается равной - до 150 м. Поэтому было принято решение о необходимости корректировки этого требования ДБН.
9. В Нормы Украины введены требования по обеспечению сейсмостойкости проектируемых зданий и сооружений в районах интенсивностью 6-баллов. Это связано с тем, что весь предыдущий опыт проектирования и строительства зданий в сейсмических районах свидетельствует, что часто уровень сейсмичности строительных площадок оценивается неправильно. Неправильная оценка уровня сейсмического воздействия объясняется многими факторами, среди которых следует отметить: некорректное назначение расчетной сейсмичности региона на карте Общего сейсмического районирования; неправильное определение сейсмичности площадки строительства при проведении работ по микросейсмическому районированию; ошибки при проектировании, связанные с занижением уровня сейсмической опасности и определением сейсмической нагрузки на конструкции; ошибки строительства, обусловленные некачественным производством работ на стройплощадке и другие.
10. Активное участие в обсуждении, направленном на пересмотр и развитие положений ДБН, наряду с организациями-разработчиками приняли и отдельные инженеры-конструкторы. Конструктивные предложения по совершенствованию Норм проектирования в сейсмических районах принадлежит КБУ. Предложенные корректировки затрагивают следующие вопросы:
- актуализации положений ДБН в связи с выходом новых нормативных документов;
 - порядка назначения уровней ответственности зданий и сооружений при проектировании в сейсмических районах Украины;
 - использования коэффициента условий работы «m», учитывающего повышение механических свойств материалов при высоких скоростях нагружения;
 - области применения расчетов металлических конструкций в пластической стадии с учетом ограничений к таким расчетам, существующим в НД по проектированию стальных конструкций;
 - возможного использования карты ОСР-2004-А0 при обосновании сейсмостойкости морских гидротехнических сооружений (ГТС) и другие.

В последние годы 2019 – 2021 гг. активную работу

ведут проектные и производственные организации Украины, занимающиеся проектированием и строительством в сейсмически активных районах. К ним относятся:

ТОВ СТИКОН, КП «Будова», ТОВ «ЗАРС», ТОВ «КОМПЛЕКС «КУРОРТНЫЙ», ПП «МОДА», ТОВ «ЖИЛСТРОЙСЕРВИС-2», ТОВ «СТАТУС БУД», ООО «Олимпекс Транс», ОК «Житлово-будівельний кооператив «Морской 1», МКП «ЛЕВИС», ПП фирма «Асоль», ТОВ «Руніком Інвест», ТОВ «Черноморська будівельна компанія», ТОВ «Мерказ-Мегалайн», ТОВ «Акварелі на Молдованці» и другие.

Дополнительные вопросы возникли после выхода новой редакции ДБН В.1.1-12:14 и Изменения № 1 (2019):

- ТОВ «Агросіті Інвест» (м.Київ) звернулися за інформацією щодо визначення нормативної сейсмічності населених пунктів Вінницької області – селища Джулинка Бершадського району та міста Бар. Відповідно до карти ЗСР-2004-А ДБН В.1.1-12 нормативна (фонові) сейсмічність селища Джулинка, Бершадського району та міста Бар Вінницької області складає 6 балів. Она должна быть уточнена в ИГФ НАН

ПРОГРАММА СЕЙСМОБЕЗОПАСНОСТИ СОРУЖЕНИЙ

Комиссия СНБО 3.04. 2008 г. и 19.05. 2009 г. рассмотрела вопрос «О состоянии обеспечения сейсмической безопасности и проблемы развития сейсмостойкого строительства в Украине» и рекомендовала КМ Украины:

- Разработать Концепцию и Национальную Программу «Защита населения, зданий и сооружений от сейсмической опасности»
- Обеспечить составление перечня опасных объектов и объектов жилищно-общественного назначения, осуществить их последовательную паспортизацию, включая оценку сейсмостойкости;
- Создать Национальную инженерно-сейсмометрическую службу Украины, предусмотрев её материально-техническое и кадровое обеспечение.

Цель – Повышение сейсмической безопасности населения путем усиления и реконструкции существующих и строительства сейсмостойких сооружений, уменьшение ущерба от землетрясений, снижение социального, экономического и экологического риска в сейсмически опасных районах Украины и подготовка к землетрясениям.

Сроки реализации Программы –до 2020 г. и задачи Программы:

1. Проведение обследований и паспортизация зданий и сооружений и осуществление мероприятий по их усилению.
2. Создание научно-методической и экспериментальной базы для оценки сейсмической опасности (сейсмические и инженерно-

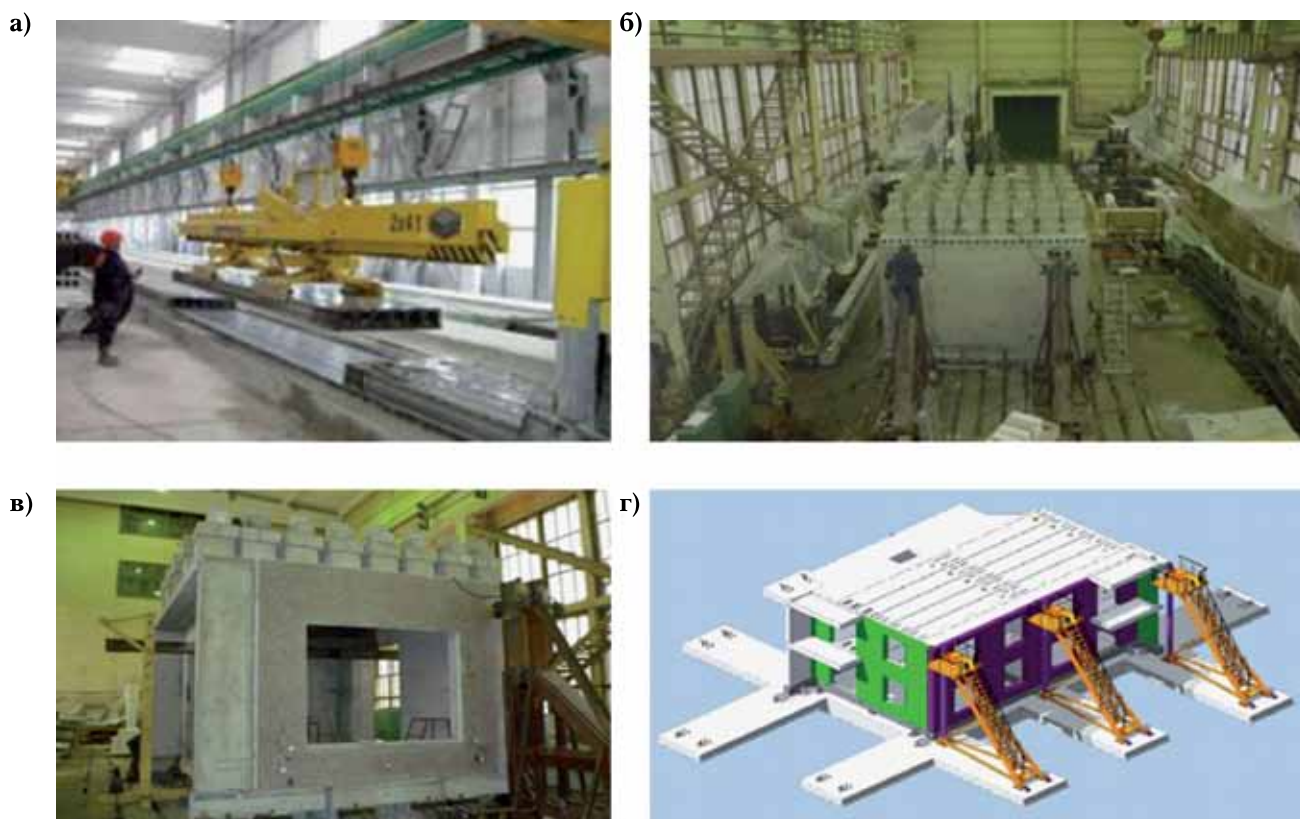


Рисунок 5 – Крупнопанельное домостроение в Украине: а - автоматизированная линия по производству экструзивных железобетонных плит по финской технологии в г. Севастополе; б, в – испытания натурных конструкций в ГП НИИСК; г – схема испытаний крупнопанельного фрагмента здания по технологии КП «БУДОВА» в Одессе.

сейсмометрические станции, вибромашины, оборудования для испытаний на сейсмостойкость, общее сейсмическое районирование Украины и микросейсмическое районирование площадок строительства.

3. Разработка и совершенствование нормативной базы по сейсмостойкому строительству и гармонизация её требований с требованиями европейских стандартов.
4. Повышение общенациональной и местной готовности к разрушительным землетрясениям и ликвидации последствий землетрясений.
5. Развитие информационного обеспечения населения о сейсмической опасности и подготовки кадров в области сейсмостойкого строительства.

Развитие конструктивных решений зданий в сейсмических районах Украины - крупнопанельное домостроение (Рисунок 5)

ВЫВОДЫ и ПРЕДЛОЖЕНИЯ

1. Изношенность основных фондов приводит к увеличению сейсмического риска.
2. Рост этажности зданий являются причиной опасных последствий землетрясений.
3. Новые ДБН В. 1.1-12:20214 и Изменения № 1 ДБН: обеспечивают повышение надеж-

ности зданий обеспечивают их безопасность в сейсмических районах, с учетом обоснованного повышения общей высоты зданий с учетом реальных грунтовых условий площадки строительства.

4. Необходимо для выполнения научно-технического сопровождения строительства развитие экспериментальной базы (создание вибромашины, развитие инженерно-сейсмометрических станций, виброаппаратуры и др.).
5. Разработать и принять на Государственном уровне закон «Сейсмобезопасность зданий, сооружений и территории Украины».

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. ДБН В.1.1-12:2006. – Строительство в сейсмических районах Украины/ Минстройархитектуры Украины. – Киев: «Укрархбудинформ», 2006. – 84 с.
2. ДБН В.1.1-12:2014. «Будівництво у сейсмічних районах України» / Мінрегіон України: – ДП «Укрархбудинформ», Киев:2014. – 110 с.
3. ДСТУ-Б-В.1.1-28:2010. Національний стандарт України. Захист від небезпечних геологічних процесів, шкідливих



- експлуатаційних впливів, від пожежі. «Шкала сейсмічної інтенсивності»/ Мінрегіонбуд України. – Київ, 2011. – 47 с.
4. ДБН В.1.1-12:2014. «Будівництво у сейсмічних районах України». Зміна № 1. / Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України: –ДП «Укрархбудинформ», Київ:2019, Інформаційний бюлетень №1, 2019. с. 4-10.
 5. СНиП II-7-81*. Строительство в сейсмических районах– М.: ПП ЦИТП, 1991. – 50 с.
 6. Немчинов Ю.И. Сейсмостойкость зданий и сооружений. В двух частях. - Киев, 2008. – 480 с.
 7. Немчинов Ю.И., Марьенков Н.Г.Хавкин А.К., Бабик К.Н. Проектирование зданий с заданным уровнем обеспечения сейсмостойкости/ Под ред. Ю.И. Немчинова. – К.:Гудименко С.В., 2012. – 384 с.
 8. Немчинов Ю.И., Марьенков Н.Г., Хавкин А.К., Бабик К.Н. Проектирование зданий с заданным уровнем обеспечения сейсмостойкости (с учетом рекомендаций Еврокода 8, международных стандартов и требований ДБН). В кн: «Будівельні конструкції»: Міжвідомчий наук. - технічний збірник / ДП НДІБК, вип.76. - Київ, ДП НДІБК, 2012, с.8 - 60.
 9. ДБН В.1.2-14-2009. Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель і споруд, будівельних конструкцій та основ/ Мінрегіонбуд України. – Київ, 2009. – 37 с.
 10. Немчинов Ю.И. Сейсмостойкость высотных зданий и сооружений. –Киев: Гудименко С.В., 2015. – 584 с.
 11. Проектування сейсмостійких конструкцій відповідно до Єврокоду 8. Практичний посібник. Частина 1. Під ред. проф. Ю.І. Немчинова/ ДП НДІБК Мінрегіона України, Київ, 2015. – 142 с.
 12. EN 1990: 2002(E). European Standard. Eurocode-Basis of structural design. April 2002. – 87 p.
 13. ATC-40. Seismic Evaluation and Retrofit of Concrete Buildings -Volume 1 and 2, Applied Technology Council. Report No. Seismic Safety Commission, Redwood City, CA. – November 1996. - 346 p.
 14. FEMA 273. Federal Emergency Management Agency. NEHRP Guidelines for the Seismic Rehabilitation of Buildings, Washington, D.C. – October 1997.
 15. FEMA-274. Federal Emergency Management Agency. NEHRP Commentary on the Guidelines for the Seismic Rehabilitation of Buildings, Washington, D.C. – October 1997.
 16. EN 1998-1: 2004 Eurocode 8. Design of structures for earthquake resistance. Part 1: General rules, seismic actions and rules for buildings /cen/European Committee for Standardization. – Brussels. - 229 p.
 17. 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.
 18. Пустовитенко Б.Г. Стратегия обеспечения сейсмобезопасности проживания на территории Украины. – 8 с.:
 19. 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://www.seism.org.ua/seism04-02-r.html>
 20. Евсеев С.В. Интенсивность землетрясений Украины. - В кн.: Сейсмичность Украины. – Киев: Наукова думка, 1969, с.32-55.
 21. Пустовитенко Б.Г., Скляр А.М. Сейсмологические аспекты оценки сейсмического риска для территории г. Измаила. – Геофизический журнал, 1996, т.18, № 1, с.73-80.
 22. Евсеев С.В. Землетрясения Украины. – Киев: Изд-во АН УССР, 1961. – 76 с.
 23. Омельченко В.Д., Харитонов О.М., Сафронов О.Н., Кендзера А.В. и др. ИГФ НАН Украины: «О результатах доизучения глубинного строения литосферы района расположения Чернобыльской АЭС в связи с оценкой сейсмической опасности строительства и эксплуатации промобъекта». – Киев, 1992. – 256 с.
 24. Ю.И. Немчинов, А.К. Хавкин, Н.Г. Марьенков, К. Н. Бабик. Инженерная методика проектирования сейсмостойких конструкций заданной категории пластичности с учётом положений Еврокода–8. – Журнал «Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений», № 4, 2012, с.50-54.
 25. Немчинов Ю.И., Марьенков Н.Г., Бабик К.Н., Хавкин А.К., Дорофеев В.С., Егупов К.В., Омельченко В.Д., Пустовитенко Б.Г., Кульчицкий В.Е. Пустовитенко А.А., Скляр А.М. Нормативные документы по сейсмостойкому строительству нового поколения. Основные положения ДБН В.1.1-12: 2014: «Строительство в сейсмических районах Украины» с учетом рекомендаций европейского стандарта EN 1998-1 (ЕВРОКОД 8) и ДСТУ-Н Б В.1.2-16:2013. – Журнал: «Наука та будівництво», 2015, № 4, с. 4-11.



REFERENCES

1. Construction in seismic regions of Ukraine: DBN V.1.1-12: 2006. (2006).
2. Construction in seismic regions of Ukraine: DBN V.1.1-12: 2014. (2014).
3. Building climatology: DSTU- B-V.1.1-28:2010. (2011). National standard of Ukraine. Protection against dangerous geological processes, harmful operational influences, against fire. "Scale of seismic intensity".
4. Construction in seismic regions of Ukraine: DBN V.1.1-12: 2014. (2014). Change № 1. / Ministry of Regional Development, Construction and Housing and Communal Services of Ukraine: "Ukrarkhbudininform", Kyiv: Information Bulletin №1, 4-10.
5. Construction in seismic areas: SNiP II-7-81*. (1991). Moscow.: PP TsITP.
6. Nemchinov Yu.I.(2008). Seismic resistance of buildings and structures. In two parts.
7. Nemchinov Yu.I., Marienkov N.G., Khavkin A.K., Babik K.N. (2012). Design of buildings with a given level of seismic resistance. Kyiv: Gudimenko S.V.
8. Nemchinov Yu.I., Marienkov N.G., Khavkin A.K., Babik K.N. (2012). Design of buildings with a given level of seismic resistance (taking into account the recommendations of Eurocode 8, international standards and DBN requirements). Building constructions. Kyiv: GP NIISK.
9. General principles of ensuring the reliability and structural safety of buildings and structures, building structures and foundations: DBN V.1.2-14-2009. (2009).
10. Nemchinov Yu.I. (2015). Seismic resistance of high-rise buildings and structures. Kyiv: Gudimenko S.V.
11. Design of seismic structures in accordance with Eurocode 8. Practical guide. Part 1. (2015). Ed. prof. Yu.I. Nemchynov. Kyiv: GP NIISK of the Ministry of Regional Development of Ukraine.
12. EN 1990: 2002(E). European Standard. Eurocode-Basis of structural design. (2002).
13. ATC-40. Seismic Evaluation and Retrofit of Concrete Buildings -Volume 1 and 2, Applied Technology Council. Report No. Seismic Safety Commission, Redwood City, CA. (1996).
14. FEMA 273. Federal Emergency Management Agency. NEHRP Guidelines for the Seismic Rehabilitation of Buildings, Washington, D.C. (1997).
15. FEMA-274. Federal Emergency Management Agency. NEHRP Commentary on the Guidelines for the Seismic Rehabilitation of Buildings, Washington, D.C. (1997).
16. EN 1998-1: 2004 Eurocode 8. Design of structures for earthquake resistance. Part 1: General rules, seismic actions and rules for buildings. (2004)
17. Kendzera A., Omelchenko V. Seismic Hazard of the Territory of Ukraine. 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.
18. Pustovitenko B.G. Strategy for ensuring the seismic safety of living on the territory of Ukraine.
19. Pustovitenko B.G., Kulchitskiy V.E., Pustovitenko A.A. (2006). New data on seismic hazard in Odessa and Odessa region. Retrieved from <http://www.seism.org.ua/seism04-02-r.html>
20. Evseev S.V. (1969). Intensity of earthquakes in Ukraine. Seismicity of Ukraine. Kyiv: Naukova Dumka.
21. Pustovitenko B.G., Sklyar A.M. (1996). Seismological aspects of seismic risk assessment for the territory of Izmail. Geophysical journal. V. 18, № 1, 73-80.
22. Evseev S.V. (1961). Earthquakes in Ukraine. Kiev: Publishing house of the Academy of Sciences of the Ukrainian SSR.
23. Omelchenko V.D., Kharitonov O.M., Safronov O.N., Kendzera A.V. and others. (1992). IGF The National Academy of Sciences of Ukraine of Ukraine: "On the results of additional study of the deep structure of the lithosphere in the area where the Chernobyl nuclear power plant is located in connection with the assessment of the seismic hazard of construction and operation of an industrial facility." Kyiv.
24. Nemchinov Yu.I., Khavkin A.K., Marienkov N.G., Babik K. N. (2012). Engineering methodology for the design of earthquake-resistant structures of a given category of plasticity, taking into account the provisions of Eurocode-8. Earthquake-resistant construction. Safety of structures №. 4, 50-54.
25. Nemchinov Yu.I., Marienkov N.G., Babik K.N., Khavkin A.K., Dorofeev V.S., Egupov K.V., Omelchenko V.D., Pustovitenko B.G., Kulchitsky V.E. A.A. Pustovitenko, A.M. Sklyar. (2015). Regulatory documents for new generation earthquake-resistant construction. The main provisions of DBN V.1.1-12: 2014: "Construction in seismic regions of Ukraine" taking into account the recommendations of the European standard EN 1998-1 (EUROCODE 8) and DSTU-N B V.1.2-16: 2013. Science and Construction, № 4, 4-11.

Статья поступила в редакцию 02.08.2021 года.