



НАУКОВО-ТЕХНІЧНИЙ ЖУРНАЛ
WWW.JOURNAL-NIISK.COM

ISSN 2313-6669

НАУКА ТА БУДІВНИЦТВО

SCIENCE & CONSTRUCTION

3(29)
2021





НАУКА



ТА БУДІВНИЦТВО

3 (29)'2021

Виходить чотири рази на рік

ЗАСНОВНИК

Державне підприємство «Державний науково-дослідний інститут будівельних конструкцій»

Заснований в лютому 2014 року.

Свідоцтво про державну реєстрацію
КВ № 20575-10375 Р від 24.02.2014 р.

Журнал входить до міжнародної наукометричної бази даних Copernicus з №1(15) 2018 року

<https://journals.indexcopernicus.com/search/details?id=63800&lang=pl>

Головний редактор:

Фаренюк Г.Г., д.т.н., Україна

Заступник Головного редактора:

Калюх Ю. І., д.т.н., проф., Україна

Редакційна колегія:

Балаш Георгій, д.т.н., проф., Угорська Республіка

Бамбура А. М., д.т.н., проф., Україна

Брандль Хайнц, д.т.н., проф., Австрійська Республіка

Ванічек Іван, д.т.н., проф., Чеська Республіка

Жусупбеков А. Ж., д.т.н., проф., Республіка Казахстан

Ковров А. В., к.т.н., проф., Україна

Назаренко І. І., д.т.н., проф., Україна

Немчинов Ю. І., д.т.н., проф., Україна

Савицький М. В., д.т.н., проф., Україна

Шейніч Л. О., д.т.н., проф., Україна

Виконавчий редактор: Гах Н.Д. к.т.н., Україна

Комп'ютерна верстка: Чорна К.В., Україна

Затверджено до друку Науково-технічною радою ДП НДІБК (Протокол №6 від 26.08.2021).

Журнал включено до переліку наукових фахових видань, в яких можуть публікуватися результати дисертаційних робіт (Затверджено наказом Міністерства освіти і науки України від 17.03.2020, №409).

При передруках посилання на «Наука та будівництво» є обов'язковим. Редакція не завжди поділяє думку авторів.

Адреса редакції: вул. Преображенська, 5/2, м. Київ-37, 03037, тел.: + 38 (044) 249-38-04

E-mail: journal@ndibk.gov.ua,

www.journal-science-and-construction.com

Підписано до друку: 30.08.2021

Віддруковано: Товариство з обмеженою відповідальністю «Мастеркниг», 02000 м. Київ, вул. Максима Кривоноса, 2Б

Свідоцтво про реєстрацію суб'єкта видавничої справи ДК №3861 від 18.08.2010

Замовлення № 08-30/21 від 30.08.2021

Наклад 100 примірників

ЗМІСТ

3

Немчинов Ю.І.,

Будівельна наука та забезпечення сейсмічної безпеки в Україні з урахуванням рекомендацій Єврокодів

15

**Кендзера О.В., Немчинов Ю.І., Єгупов К.В.,
Єгупов В.К., Семенова Ю.В.,**

Методичні аспекти сейсмічного районування

24

Кульбаєв Б.Б., Шокбаров Е.М.,

Паспортизація будівель і споруд існуючої забудови міста Алмати

29

**Дорофєєв В.С., Єгупов К.В., Мурашко О.В.,
Сорока М.М., Кубійович М.І.**

Проблеми науково-технічного супроводу каркасних будівель, що надбудовуються в процесі будівництва

35

Хакімов Ш.А.

Проблеми актуалізації сейсмічних норм в умовах застосування нових конструктивних систем житлово-цивільних будівель

45

**Немчинов Ю.І., Мурашко О.В., Єлькін О.В.,
Іванова О.М., Калініченко А.С., Барабаш М.С.,
Кубійович М.І., Діколь К.В.**

Науково-технічний супровід індустріального будівництва зі збільшеним кроком несучих стін у сейсмічних районах

57

**Мар'єнков М.Г., Болотов Ю.К.,
Дирда В.І., Лисиця М.І.**

Сейсмоізоляція багатоповерхових будинків складної конфігурації із пальовим ростверком



3 [29]' 2021

Published four times a year

FOUNDER

State enterprise «State Scientific Research Institute of Building Constructions»

Founded in February 2014.

Certificate of state registration

KV № 20575-10375 R dated on 24.02.2014

The journal is included in the Index Copernicus scientific database from №1(15) 2018

<https://journals.indexcopernicus.com/search/details?id=63800&lang=pl>

Editor-in-chief:

Farenjuk G., Dr., Ukraine

Deputy editor-in-chief:

Kaliukh Yu., Dr., Prof., Ukraine

Editorial Board

Balazs G., Dr., Prof., Republic of Hungary

Bambura A., Dr., Prof., Ukraine

Brandl H., Dr., Prof., Republic of Austria

Kovrov A., PhD, Prof., Ukraine

Nazarenko I., Dr., Prof., Ukraine

Nemchynov Iu., Dr., Prof., Ukraine

Savytskyi M., Dr., Prof., Ukraine

Sheinich L., Dr., Prof., Ukraine

Vanicek I., Dr., Prof., Czech Republic

Zhussupbekov A., Dr., Prof., Republic of Kazakhstan

Executive Editor: N. Gah, PhD, Ukraine

Computer layout: K. Chorna

Issue is approved for print by Scientific and technical Council of SE NIISK (Protocol №6 dated on 26.08.2021)

Journal is included in List of the scientific professional issues, where the dissertation works results may be published (It is approved by order of Ministry of education and science of Ukraine dd. 17.03.2021, №409)

The referencing on «Science & Construction» is obligatory when reprinting. The Editorial Board may be not agreed with authors' opinion.

Address of Editorial Board:

5/2 Preobrazhenska str., Kyiv-37, 03037,

tel.: + 38 (044) 249-38-04

E-mail: journal@ndibk.gov.ua,

www.journal-niisk.com

© «Science & Construction», 2021

Signed for printing: 30.08.2021

Printed: Master book Limited Liability Company 2B Maksyma Kryvonosa St., Kyiv, 02000

Certificate of Publishing Business Entity Registration DK No. 3861 of 18.08.2010

Order № 08-30/21 from 30.08.2021

Drawing: 100 copy

CONTENT

3

Nemchynov Iu.,

Construction science and provision of seismic security in Ukraine, considering the recommendations of Eurocodes

15

Kendzera O., Nemchynov Iu., Iegupov K.,

Iegupov V., Semenova Y.,

Methodical aspects of seismic zoning

24

Kulbaev B.B., Shokbarov E.M.

Passportization of buildings and structures of the existing development of the city of Almaty

29

Dorofeev V.S., Ugupov K.V., Murashko O.V.,

Soroka M.M., Kubyovych M.I.

Problems of scientific and technical support of frame buildings, built on in the construction process

35

Khakimov SH.A.

Problems of updating seismic standards in the conditions of application of new constructive systems of housing and civil buildings

45

Nemchinov Y.I., Murashko O.V., Yelkin O.V.,

Ivanova O.M., Kalinichenko A.S., Barabash M.S.,

Kubyovych M.I., Dikol K.V.

Scientific and technical support of industrial construction with increased pitch of load-bearing walls in seismic areas

57

Maryenkov M.G., Bolotov Y.K.,

Dirda V.I., Lisitsa M.I.

Seismic insulation of multi-storey buildings of complex configuration with pile grillages



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

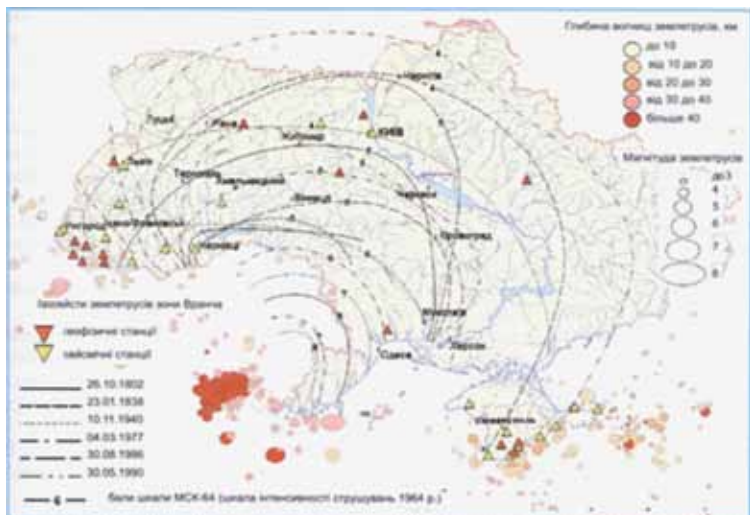


Рисунок 1 – Карта изосейст сильных Карпатских землетрясений за период с 1802 по 1990 гг. (по данным Института геофизики НАНУ).



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

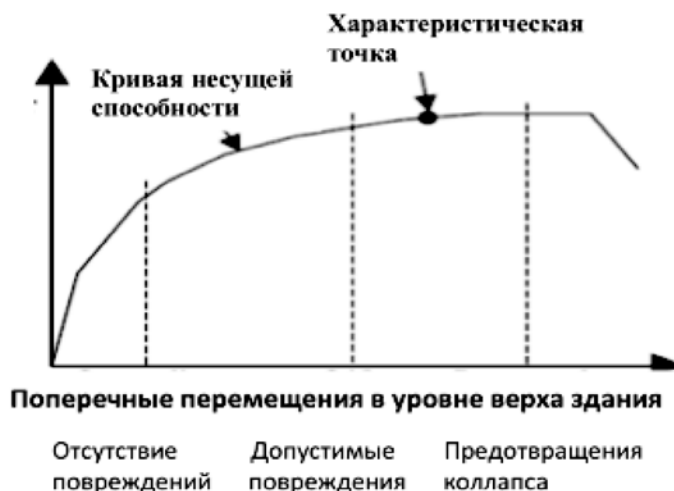


Рисунок 4 – График зависимости «нагрузка - перемещения» и уровень обеспечения безопасности здания. По оси ординат указана внешняя нагрузка

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	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 фірма «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-

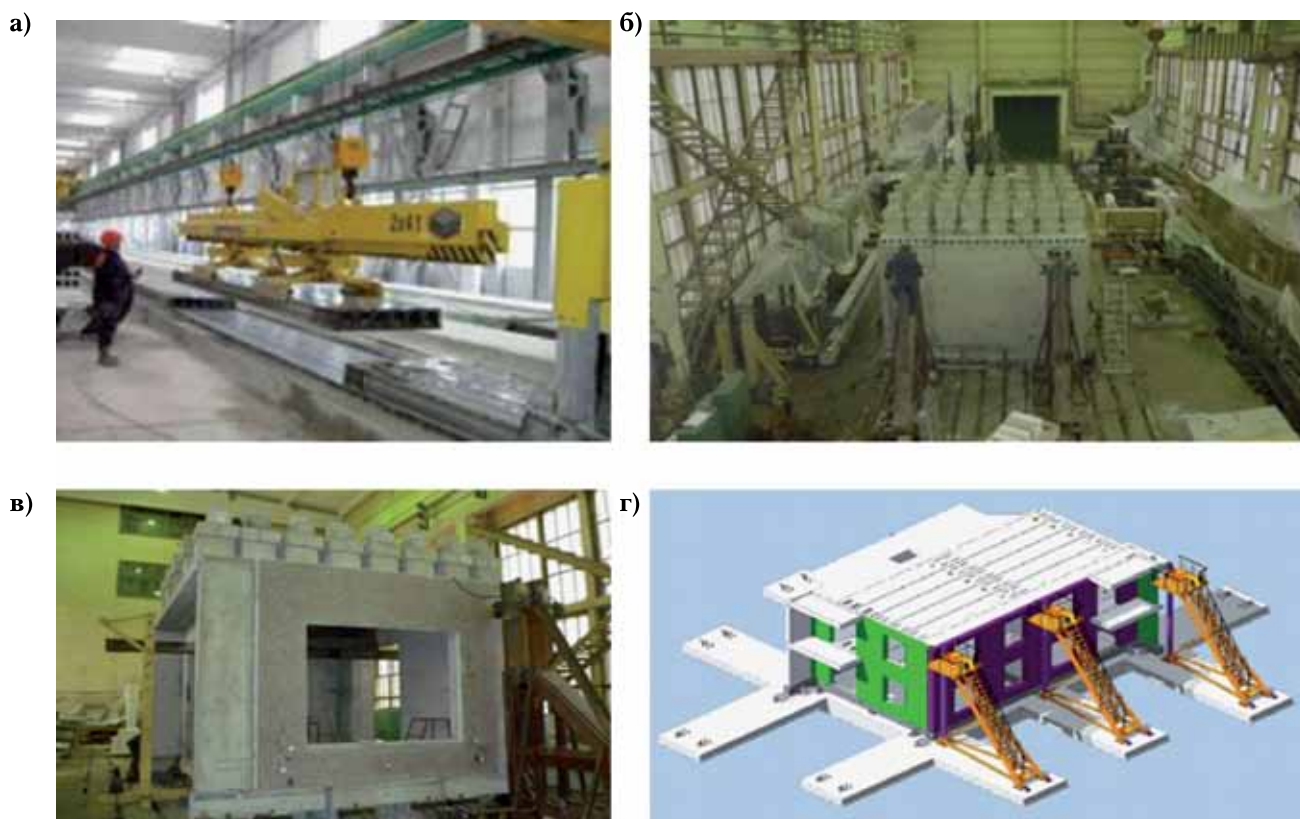


Рисунок 5 – Крупнопанельное домостроение в Украине: а - автоматизированная линия по производству экструзивных железобетонных плит по финской технологии в г. Севастополе; б, в – испытания натурных конструкций в ГП НИИСК; г – схема испытаний крупнопанельного фрагмента здания по технологии КП «БУДОВА» в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



Doi: <https://doi.org/10.33644/2313-6669-14-2021-2>

УДК 627.943:550.34



КЕНДЗЕРА О.В.

Член-кореспондент НАН України, кандидат фізико-математичних наук, заступник директора Інституту, Інститут геофізики ім. С.І. Субботіна Національної академії наук України, м. Київ, Україна, e-mail: kenzera@igph.kiev.ua, тел. +38 (044) 423 81 43, ORCID: 0000-0003-0691-0227



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



ЄГУПОВ К.В.

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



МАР'ЄНКОВ М.Г.

Доктор технічних наук, провідний науковий співробітник, ДП «Державний науково-дослідний інститут будівельних конструкцій», м. Київ, Україна, e-mail: maryenkov2019@gmail.com, тел.: +38(067)717-40-96, ORCID: 0000-0002-7246-845X



ЄГУПОВ В.К.

Канд. технічних наук, молодший науковий співробітник, Інститут геофізики ім. С.І. Субботіна Національної академії наук України, м. Одеса, Україна, e-mail: slava.yegupov@gmail.com, тел. +38 (096) 369 09 17, ORCID: 0000-0001-5093-6948



СЕМЕНОВА Ю.В.,

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

МЕТОДИЧНІ АСПЕКТИ СЕЙСМІЧНОГО РАЙОНУВАННЯ

АНОТАЦІЯ

Розглянуто результати експериментальних досліджень діяльності в галузі сейсмічного захисту. Досвід діяльності в галузі сейсмічного захисту показує, що основною концепцією сейсмічного захисту в Україні повинно стати впровадження сейсмостійкого проектування і будівництва житла та промислових об'єктів на базі об'єктивних знань про кількісні параметри реально існуючої сейсмічної небезпеки в районах розташування конкретних будівельних майданчиків. Забезпечувати реалізацію сейсмічного захисту споруд, об'єктів і територій від майбутніх землетрусів повинні в межах своєї компетенції всі суб'єкти державної влади і господарювання на території країни. Держава повинна забезпечити достовірну і

уніфіковану інформацію від чого потрібно захищатися.

Рівень сейсмічної вразливості споруд можна визначити або експериментальним шляхом, або шляхом моделювання їх динамічної поведінки (сейсмічної реакції) споруди, в цілому, або її окремих конструкцій, під час потенційно можливих землетрусів. Останній підхід має суттєву перевагу, як такий, що дозволяє багаторазове повторення розрахунків на змінюваних математичних моделях споруди. Рівень сейсмічної небезпеки є об'єктивною характеристикою території і визначається за допомогою комплексу робіт: загального сейсмічного районування території



країни, детального сейсмічного районування окремих її районів, сейсмічного мікрорайонування (СМР) майданчиків розміщення об'єктів. На основі матеріалів СМР виконаних за методом сейсмічних жорсткостей, методом реєстрації землетрусів, спеціальних вибухів та високочастотних мікросейсм, будуються моделі ґрунтових комплексів для усіх таксонометричних ділянок з врахуванням реологічних властивостей ґрунтів для врахування їх поведінки при максимальних сейсмічних впливах. Результатом робіт з сейсмічного мікрорайонування є карта СМР досліджуваного майданчика та набори розрахункових акселерограм для еталонного пункту, або для кожної із виділених на майданчику таксонометричних ділянок.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: землетрус, сейсмічне мікрорайонування, розрахункові акселерограми.

МЕТОДИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ СЕЙСМИЧЕСКОГО РАЙОНИРОВАНИЯ

АННОТАЦИЯ

Опыт деятельности в области сейсмической защиты показывает, что основной концепцией сейсмической защиты в Украине должно стать внедрение сейсмостойкого проектирования и строительства жилья и промышленных объектов на базе объективных знаний о количественных параметрах реально существующей сейсмической опасности в районах размещения конкретных строительных площадок. Обеспечивать реализацию сейсмической защиты сооружений, объектов и территорий от будущих землетрясений должны в пределах своей компетенции все субъекты государственной власти и хозяйствования на территории страны. Государство должно обеспечить достоверную и унифицированную информацию от чего нужно защищаться.

Уровень сейсмической уязвимости сооружений можно определить или экспериментальным путем, или путем моделирования их динамического поведения (сейсмической реакции) сооружения в целом или ее отдельных конструкций при возможных землетрясениях. Последний подход имеет существенное преимущество, как такой, что позволяет многократное повторение расчетов на изменяемых математических моделях сооружения. Уровень сейсмической опасности является объективной характеристикой территории и определяется с помощью комплекса работ: общего сейсмического районирования территории страны, детальное сейсмическое районирование отдельных ее районов, сейсмического микрорайонирования (СМР) площадок размещения объектов. На основе материалов СМР выполненных по методу сейсмических жесткостей, методом регистрации землетрясений, специальных взрывов и высокочастотных микросейсм,

строются модели ґрунтових комплексів для всіх інженерно-геологічних (таксонометричних) учасків з урахуванням реологічних властивостей ґрунтів для урахування їх поведінки при максимальних сейсмічних впливах. Результатом робіт по сейсмічному мікрорайонуванню являються: карта СМР досліджуваної площадки і набори розрахункових акселерограм для еталонного пункту, або для кожного із виділених на площадці інженерно-геологічних учасків.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: землетрясение, сейсмическое микрорайонирование, расчетные акселерограммы

METHODICAL ASPECTS OF SEISMIC ZONING

ABSTRACT

Experience in seismic protection shows that the main concept of seismic protection in Ukraine should be the introduction of earthquake resistant design and construction of housing and industrial facilities based on objective knowledge of the quantitative parameters of the real seismic hazard on specific construction sites. All governmental entities located on the territory of the country within their competence must ensure the implementation of seismic protection of structures, objects and territories from future earthquakes. The state must provide reliable and unified information on what to protect.

The level of seismic vulnerability of structures can be determined either experimentally or by modeling the dynamic behavior (seismic response) of the structure as a whole or its individual building units in case of possible earthquakes. The latter approach has a significant advantage and allows multiple repetition of calculations on changing mathematical models of the structure. The level of seismic hazard is an objective characteristic of the territory and is determined by a set of works: general seismic zoning of the country, detailed seismic zoning of individual areas, seismic micro-zoning (SMZ) of sites. On the basis of SMZ recordings performed using the method of seismic stiffness, the method of registration of earthquakes, special explosions and high-frequency microseisms, models of soil complexes for all engineering and geological (taxonomic) zones are built taking into account rheological properties of soils. The results of seismic microzoning are as follows a SMZ map of considered site and sets of calculation accelerograms for the reference point or for each of the engineering and geological zones selected on the site.

KEY WORDS: earthquake, seismic microzoning, calculation accelerograms

ВСТУП

Захист в Україні населення, об'єктів економіки і національного надбання держави від негативних



наслідків надзвичайних ситуацій розглядається як невід’ємна частина державної політики, національної безпеки і державного будівництва, як одна з важливих функцій центральних та місцевих органів виконавчої влади.

Сейсмічна небезпека території України зумовлена тісним сусідством її західних, південно-західних і південних областей з потужним сейсмоактивним поясом планети, який утворився в результаті колізії Африканської, Арабської і Євразійської материкових плит. Як свідчить історичний досвід, землетруси відбуваються в межах усіх древніх тектонічних платформ, хоча і набагато рідше, ніж у сейсмоактивних поясах [Kagan, 1999]. Причому землетруси на порівняно стабільних тектонічних платформах, як правило, призводять до значних економічних втрат через невідповідність будівель і споруд до їх впливів.

По всій території України відчуються сильні підкорові землетруси зони Вранча (Румунія), останні з них відбулися у 1940, 1977, 1986 і 1990 рр. [Немчинов та ін. 2013].

В умовах значної зношеності основних фондів, суттєво збільшилися ризики пов’язані із небезпечними впливами землетрусів, що, у свою чергу, підвищує рівень техногенної небезпеки в різних галузях народного господарства.

Забезпечувати реалізацію сейсмічного захисту споруд, об’єктів і територій від майбутніх землетрусів повинні в межах своєї компетенції всі суб’єкти державної влади і господарювання на території України. Держава, представлена центральними органами влади, через сейсмологічну службу НАН України повинна забезпечити достовірну і уніфіковану інформацію від чого потрібно захищатися.

На сьогоднішній день надійного прогнозування часу виникнення землетрусів не існує, а найбільш ефективним шляхом пониження сейсмічного ризику для людей і майна є забезпечення правильного сейсмостійкого проектування, будівництва та реконструкції житла і важливих промислових об’єктів в сейсмічних районах країни.

КОНЦЕПЦІЯ СЕЙСМІЧНОГО ЗАХИСТУ

За оцінками втрат, яких завдають природні катастрофи в світі, землетруси займають перше місце. Вони спричиняють великі втрати людей, спів вимірні з масштабами втрат у великих війнах або в автомобільних катастрофах. Але останні не залежить від природи. А від землетрусів, як одного з найбільш руйнівних чинників можна захиститися.

Існуючі в світі сучасні науково обґрунтовані ефективні концепції сейсмічного захисту включають: встановлення кількісних значень параметрів реальної сейсмічної небезпеки і ризику; зниження уразливості населення і важливих об’єктів в сейсмічних районах шля-

хом підвищення сейсмостійкості вже існуючих будівель і споруд; розробку і впровадження в дію норм сейсмостійкого будівництва, які відповідає реальній сейсмічній небезпеці; контроль за сейсмостійким будівництвом та за правильною експлуатацією будівель і споруд; підвищення обізнаності населення, шляхом освіти і тренінгів; оперативне сповіщення про факт виникнення сильного землетрусу і швидке реагування на нього; допомогу, відновлення і реабілітацію потерпілого населення і районів; страхування від наслідків землетрусів.

Досвід діяльності в галузі сейсмічного захисту показує, що основною концепцією сейсмічного захисту в Україні повинно стати впровадження сейсмостійкого проектування і будівництва житла та промислових об’єктів на базі об’єктивних знань про кількісні параметри реально існуючої сейсмічної небезпеки в районах їх розміщення і на конкретних будівельних майданчиках.

На даний час одним із важливих завдань сейсмічного захисту є впровадження в практику сейсмостійкого проектування прогнозних оцінок фізичних параметрів сейсмічних впливів на майданчиках будинків і споруд для їх захисту від землетрусів

СЕЙСМІЧНИЙ РИЗИК

Ризик руйнування (пошкодження) залежить як від рівня сейсмічної небезпеки, так і від сейсмічної вразливості будинків і споруд. Але, якщо рівень сейсмічної небезпеки є об’єктивною характеристикою майданчика, на якому існує, або проектується споруда, то її сейсмічна вразливість повністю залежить від проектних, або, якщо об’єкт існує та експлуатується - від реальних фізичних характеристик, які визначають його сейсмостійкість (не вразливість до впливу землетрусів).

Сейсмічний ризик описує потенційні втрати при майбутньому прогнозованому землетрусі. Він залежить від рівня сейсмічної небезпеки майданчика розміщення об’єкту та його сейсмічної вразливості. Ризик вимірюється у відсотках ймовірного руйнування об’єкту, або у обсягах економічних втрат.

Складовими сейсмічного ризику є сейсмічна небезпека території (майданчика, ділянки) і його сейсмічна вразливість. Рівень сейсмічної вразливості споруд можна визначити або експериментальним шляхом, або шляхом моделювання їх динамічної поведінки (сейсмічної реакції) споруди, в цілому, або її окремих конструкцій, під час потенційно можливих землетрусів. Останній підхід має суттєву перевагу, як такий, що дозволяє багаторазове повторення розрахунків на змінюваних математичних моделях споруди.

Рівень сейсмічної небезпеки є об’єктивною характеристикою території і визначається за допомогою комплексу робіт: загального сейсмічного



районування (ЗСР) території країни, детально-го сейсмічного районування (ДСР) окремих її районів, сейсмічного мікрорайонування (СМР) майданчиків розміщення об'єктів.

Сейсмічні впливи вимірюють в позасистемних одиницях (балах сейсмічної інтенсивності), або в системних одиницях: пікових прискореннях, швидкостях або пікових зміщеннях ґрунту.

Найповніше сейсмічну небезпеку можна виразити через величину вектора Умова-Пойнтинга, який характеризує потік сейсмічної енергії за одиницю часу через одиницю площі майданчика. Така оцінка є фізичною. Інтеграл вектора Умова-Пойнтинга по усій тривалості розрахункової акселерограми відповідає величині сейсмічної енергії, за рахунок якої може виконатися робота по руйнуванню споруди, або її відповідальних конструкцій. Величина потоку сейсмічної енергії задається розрахунковими акселерограмами, якими моделюють на досліджуваному майданчику прогнозований із заданою ймовірністю інтеграл по часу повного вектора прискорення в сейсмічних коливаннях вільної поверхні ґрунту.

Спектри розрахункових акселерограм, сейсмограм і велосиграм дозволяють визначити діапазони можливого виникнення резонансного підсилення сейсмічних коливань в будівельних об'єктах та їх окремих конструкціях, що в свою чергу дозволяє проектувати (будувати, зміцнювати існуючі) будівлі при мінімальній затраті ресурсів на забезпечення їх сейсмостійкості.

Важливими напрямками досліджень параметрів сейсмічної небезпеки є:

- Вивчення сейсмічності території України і суміжних районів: інструментальні сейсмологічні спостереження та макросейсмічні обстеження наслідків землетрусів.
- Розвиток і удосконалення апаратурної бази для сейсмологічних спостережень.
- Розв'язок методів і технологій розв'язання обернених задач сейсмології і сейсмометрії.
- Аналіз матеріалів сейсмологічних спостережень і створення баз сейсмологічних даних для досліджуваних територій.
- Побудова карт ЗСР.

Модель загасання пікового прискорення ґрунту (peak ground acceleration - *PGA*) задається за допомогою функції $G(m, r)$, яка визначає залежність середнього значення (натурального) логарифма пікового прискорення ґрунту $\ln PGA$ від події з магнітудою m на відстані r . Ця функція представляє регресійне співвідношення, побудоване на основі регіональної бази акселерограм, отриманих за допомогою мережі акселерографів. Зазвичай вона має вигляд:

$$G(m, r) = \ln Abs(PGA(m, r)) = C_1 + C_2 m + C_3 \ln(r + C_4) - C_5 r + C_6 F + C_7 S + \sigma,$$

де $C_1, C_2, C_3, C_4, C_5, C_6, C_7$ – коефіцієнти регресії, а F і S описують відповідно залежність від типу розлому (Fault) і ґрунтових умов майданчика (Soil).

Залежність інтенсивності від довжини розлома (L_{roz} в км), M – магнітуда, I – інтенсивність

$$I = 1.5 * (M - 1.1) - 3.5 * \log_{10}(H - 0.1 * 10^{0.3 * M}) + 3 \quad \text{– Ближня зона}$$

$$I = 1.5 * M - 3.5 * \log_{10}((L_{roz} * L_{roz} + H * H)^{0.5}) + 3 \quad \text{– Дальня зона}$$

НОРМАТИВНІ ДОКУМЕНТИ

Існує об'єктивна необхідність в постійному удосконаленні державних будівельних норм (ДБН), яка обумовлюється: потребою освоєння прогресивного світового досвіду, зауваженнями від проектних і наукових установ щодо деяких нормативних положень, які стримують розвиток сейсмостійкого будівництва, збільшення обсягу і якості сейсмологічних даних, необхідності, гармонізації українських будівельних норм з міжнародними стандартами, розвитком методів визначення параметрів сейсмологічної небезпеки та сейсмічного захисту будівель і споруд. В результаті удосконалюється як сейсмологічна частина документа, так і нормативні вимоги до сейсмостійкого проектування, будівництва, які повинні ефективно захищати населення і економіку країни від землетрусів [Немчинов Ю.І. та ін., 2014; Рижов Д.І. та ін. 2017].

Карти загального сейсмічного районування

Рівень небезпеки, яку здатні спричинити землетруси, показано на картах загального сейсмічного районування (ЗСР) в балах макросейсмічної шкали MSK-64. Імовірнісні карти загального сейсмічного районування території України (ЗСР-2004) масштабу 1:1000000 [Національний атлас..., 2007]. Карта побудована на основі міжнародно схваленої методики [Global Seismic ..., 2015]. Карти ЗСР-2004 : А, В і С - відповідають: 90%, 95% і 99% - ній імовірності не перевищення прогнозованої інтенсивності сейсмічних струшвань за найближчі 50 років.

Слід зазначити, що карти ЗСР показують рівень сейсмічної небезпеки в балах макросейсмічної шкали MSK-64 для ґрунтів 2-ї категорії за сейсмічними властивостями, а кожен із потенційних будівельних майданчиків може характеризуватися своїми ґрунтовими, морфологічними і тектонічними властивостями. Імовірнісний зв'язок між сейсмічною інтенсивністю в балах шкали MSK-64 і максимальними прискореннями в коливаннях ґрунту в акселерограмах зареєстрованих при землетрусах з різною інтенсивністю сейсмічних струшвань наведено в [ДСТУ-Б-В.1.1-28:2010..., 2010]. Співвідношення побудовані за даними [Аптікаєв



Ф.Ф., Ертелева О.О, 2016].

З метою гармонізації з міжнародними стандартами визначення параметрів сейсмологічної небезпеки та захисту від землетрусів об'єктів атомної енергетики і відповідно до вимог МАГАТЕ і статей 22 та 24 Закону України «Про використання ядерної енергії та радіаційну безпеку» розроблено нормативно-правовий акт «Вимоги до сейсмостійкого проектування та оцінки сейсмічної безпеки енергоблоків атомних станцій : НП 306.2.208-2016» [Рижов Д.І. та ін., 2017].

Детальне сейсмічне районування

Детальне сейсмічне районування (ДСР) є методом сейсмічного районування, який служить для визначення можливих сейсмічних впливів, в тому числі в інженерних термінах, на конкретні існуючі і проєктовані споруди, території населених пунктів і окремих районів. Масштаб карт ДСР: 1: 500 000 і крупніше.

При оцінці сейсмічної небезпеки для відповідальних об'єктів необхідно враховувати всі зони можливого виникнення землетрусів (МВЗ), що визначають рівень сейсмічних впливів в районі конкретного майданчика. Магнітудний рівень виділених зон МВЗ залежить від регіональних сейсмотектонічних умов. Виділення зон МВЗ базується на використанні результатів польових робіт. ДСР проводиться в масштабах окремих регіонів для адміністративних одиниць і конкретних будівельних об'єктів підвищеної відповідальності.

На даний час в Україні нема затвердженого базового науково-методичного керівництва по ДСР. Приймалося, що частина інформації про небезпеку від зони Вранча та інших потужних сейсмоактивних зон уже врахована в картах ЗСР території України, або в картах детального сейсмічного районування (ДСР) масштабу 1:500 000 -1:200 000.

До завдань сейсмотектонічних досліджень входить: виявлення активних розломів з оцінкою параметрів прогнозних зміщень; розробка сейсмотектонічної моделі і побудова карти зон МВЗ, небезпечних для об'єктів, які вивчаються.

Загальна тектонічна і геодинамічна обстановка - ДСР.

Потенційні зони виникнення місцевих землетрусів та сегменти розломів, що їм відповідають виділяються методами ДСР. Визначається сейсмотектонічний потенціал локальних зон в термінах максимальних магнітуд, які з імовірністю 99% не будуть перевищені за найближчі 50 років.

На основі врахування усієї сукупності даних про зв'язок між довжиною лінементів (активних розломів) і магнітуд землетрусів, приурочених до цих структур, на території Східно-Європейської платформи, для оцінки магнітуди потенційно

можливого максимального землетрусу M_{max} в роботі [Бугаев Е.Г. ..., 1999 пропонується наступне співвідношення:

$$M_{max} = 0,54 + 1,87 Lg (L) \pm K \sigma,$$

де L – Довжина лінеамента (геодинамічно активної зони) в км; σ – стандартне відхилення, яке в залежності від вибірки даних змінюється в межах від 0,6 до 0,76; K – коефіцієнт, що визначає забезпеченість оцінки M_{max} , при $K = 0$ – оцінка є найбільш імовірною.

Згідно з [Аптикаев Ф.Ф., Нерсесов И.А.,...,1980] результатом ДСР є карта-схема ДСР району розташування будівельного майданчика за даними інженерно-геологічних вишукувань (метод сейсмо-геологічних аналогій за табл. 5.1.1 ДБН В.1.1-12:2014.) та модель будови середовища під майданчиком від глибини 30 м до глибини кривлі консолідованого фундаменту (за даними глибоких свердловин, або з карт консолідованого фундаменту): літологічний склад, товщини шарів, густина, швидкості поздовжніх і поперечних хвиль, декременти поглинання. Сейсмічне мікрорайонування (СМР) будівельних та експлуатаційних майданчиків житлових будинків і важливих промислових об'єктів.

Інженерно-геологічні дослідження під проєктування і будівництво виконуються згідно ДБН «Вишукування, проєктування і територіальна діяльність. Інженерні вишукування для будівництва» [ДБН А.2.1-1-2014,...2014].

Інженерно-геологічні дослідження виконуються з метою отримання комплексу даних про інженерно-геологічні умови, що мають вплив на сейсмічний ефект досліджуваної території (включаючи геоморфологічну, тектонічну та геологічну будову, літологічний склад, стан і фізико-механічні характеристики ґрунтів, положення рівня ґрунтових вод, наявність несприятливих фізико-геологічних процесів і явищ тощо), а також можливих змін цих умов у процесі будівництва та експлуатації будівель і споруд.

Основним видом інженерно-геологічних досліджень є спеціальна інженерно-геологічна зйомка, що проводиться в масштабі прийнятому при виконанні проєктування досліджуваного об'єкту у відповідності з основними вимогами діючих нормативних документів.

В процесі інженерно-геологічних досліджень необхідно встановлювати положення рівня ґрунтових вод і проводити прогнозну оцінку його можливих змін.

Для об'єктів розташованих в зонах сейсмічності 8 балів і вище, слід проводити уточнення просторової мінливості характеристик властивостей ґрунтів і визначення показників стану, міцності і деформаційних характеристик ґрунтів в умовах природного залягання з допо-



могою динамічного або статичного зондування у відповідності з вимогами [Інженерні вишукування ..., 2012; ДБН А.2.1-1-2014..., 2014]. При цьому особлива увага приділяється вивченню динамічно не стійких різновидів ґрунтів (просадних, набухаючих, насипних, наливних, мулів, обводнених пісків тощо).

Встановлюються потужності декількох ґрунтів, що перекривають вивержені, метаморфічні і осадові корінні породи, розчленування розрізу на літологічні шари і визначення положення рівня ґрунтових вод виконуються з допомогою комплексу сейсморозвідувальних і електророзвідувальних методів (кореляційний метод заломлених хвиль (КМЗХ), сейсмокаротаж (СК), вертикальне електричне зондування (ВЕЗ) симетричним, двостороннім трьохелектродним і дипольним устаткуванням).

Вивчення активних розломів та оцінка їх параметрів

Методика виявлення та вивчення активних розломів базується на комплексі дистанційних та польових методів, що дозволяють за проявам у рельєфі та в молодих відкладах виявити активний розлом, закартувати зону пов'язаних з ним деформацій та визначити тип, амплітуду та середню швидкість зміщення.

Для оцінки сейсмотектонічного потенціалу тектонічної структури можна використовувати наприклад, наступні співвідношення:

$$M_{\max} = 1,67 (Lg L + 2,5),$$

$$M_{\max} = 6,67 (Lg W - 0,42),$$

де $M_{\max}$ – максимальна магнітуда землетрусів, здатних реалізуватися на розломі (лінеаменті); $Lg W$ – логарифм ширини лінеаменту – в км, $Lg L$ – логарифм довжини лінеаменту – в км.

Існують формули, які дозволяють оцінити величину $M_{\max}$ за $h_{\min}$ і $h_{\max}$ – верхньою і нижньою глибиною лінеаменту та кутом падіння його площини α .

СМР -

Мета сейсмічного мікрорайонування полягає в кількісній оцінці зміни (збільшення або зменшення) сейсмічної небезпеки ділянки будівництва порівняно з її фонові (вихідної) величиною, визначеною картою ЗСР-2004 та ДБН В.1.1 -12:2014 [ДБН В.1.1-12:2014, 2014], на основі комплексного вивчення сейсмічних властивостей локальних ґрунтів майданчика [Рекомендации по..., 1985], що включають:

- врахування сейсмотектонічних особливостей території (ґрунтових умов, особливостей рельєфу, наявності сейсмоактивних тектонічних порушень, несприятливих фізико-геологічних процесів і явищ тощо).

- Інженерно-геологічні дослідження, геофізичні та інші інструментальні дослідження, теоретичні розрахунки і спеціальні роботи з вибору еталонних ґрунтів на досліджуваному майданчику, або поблизу від нього.
- Комплекс робіт з сейсмічного мікрорайонування включає побудову карт СМР за методом інженерно-геологічних аналогій, за методом сейсмічних жорсткостей та за методом реєстрації землетрусів, вибухів та короткоперіодних мікросейсм.
- Карта ЗСР за методом інженерно-сейсмологічних аналогій, є основою для проведення СМР за методом сейсмічних жорсткостей, а результати СМР методом сейсмічних жорсткостей – основою для СМР і побудови карти СМР методом реєстрації землетрусів, вибухів та короткоперіодних мікросейсм.

Моделі ґрунтових комплексів на таксонометричних ділянках.

На основі матеріалів СМР виконаних за методом сейсмічних жорсткостей, методом реєстрації землетрусів, спеціальних вибухів та високочастотних мікросейсм, будуються моделі ґрунтових комплексів для усіх таксонометричних ділянок з врахуванням реологічних властивостей ґрунтів для врахування їх поведінки при максимальних сейсмічних впливах. Формування бази цифрових записів землетрусів і вибухів, зареєстрованих на досліджуваному майданчику та на еталонному ґрунті. Побудова розрахункових акселерограм за спостереженими на еталонному ґрунті та на таксонометричних ділянках, або підібраних із баз цифрових акселерограм (сейсмограм, велосіграм). На рис. 1 показана сейсмограма землетрусу із зони Вранча 06.10.2013 р., зареєстрованого на сейсмічній станції «LVVO» поблизу майданчика Запорізької АЕС.

Генерування комплексу трикомпонентних розрахункових акселерограм для усіх таксонометричних ділянок досліджуваного майданчика, які моделюють прогнозовані сейсмічні впливи від землетрусів зони Вранча та землетрусів із близьких потенційно сейсмогенних зон, з урахуванням можливої нелінійної поведінки локальних ґрунтів при максимальних розрахункових землетрусах.

На рис. 2 показано одну з набору трикомпонентних розрахункових акселерограм, згенерованих для моделювання повного вектора прискорень в сейсмічних рухах поверхні ґрунту на майданчику Запорізької АЕС при максимальному розрахунковому землетрусі з інтенсивністю 7 балів, який може реалізуватися на майданчику станції один раз на 10000 років.

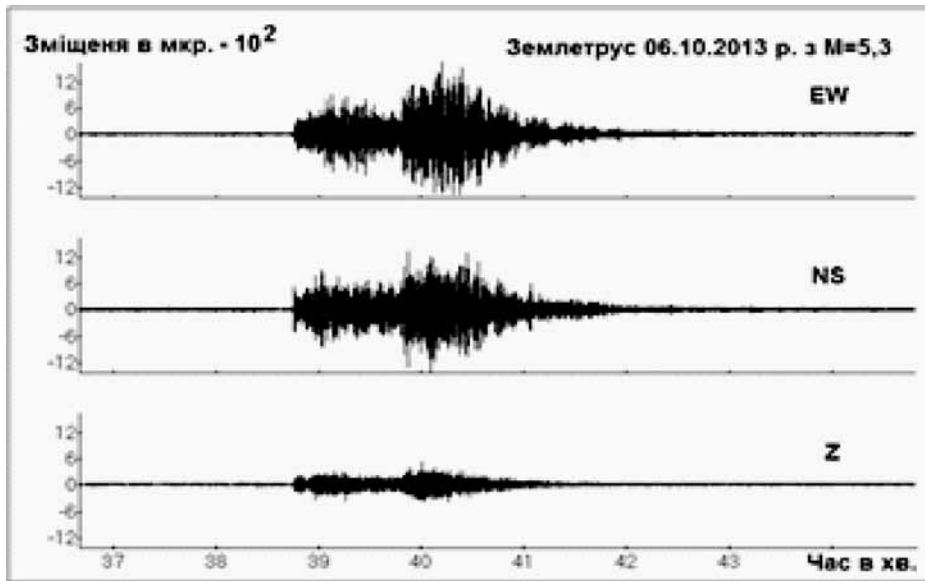


Рисунок 1 – Запис землетрусу із зони Вранча 06.10.2013 р., зареєстрованого на сейсмічній станції LVVO поблизу майданчика ЗАЕС

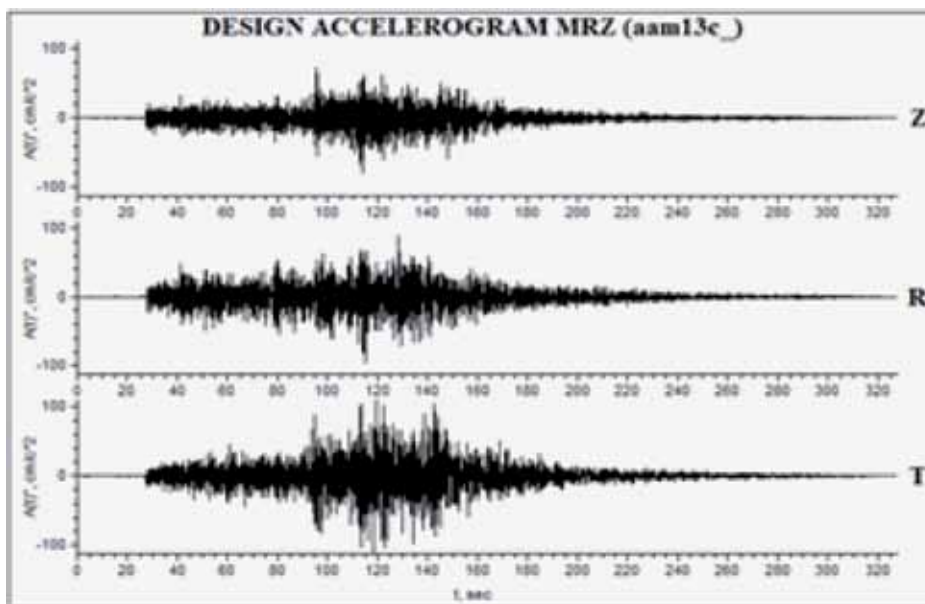


Рисунок 2 – Графік трикомпонентної розрахункової акселерограми для моделювання прискорення коливань вільної поверхні ґрунту на пром-майданчику Запорізької АЕС при реалізації на ньому максимального розрахункового землетрусу із зони Вранча.

ВИСНОВКИ

Забезпечувати реалізацію сейсмічного захисту споруд, об'єктів і територій від майбутніх землетрусів повинні в межах своєї компетенції всі суб'єкти державної влади і господарювання на території України. Держава, представлена центральними органами влади, через сейсмологічну службу НАН України повинна забезпечити достовірну і уніфіковану інформацію від чого потрібно захищатися.

Прогрес у проведенні сейсмологічних спостережень і обробки їх даних дозволяє прогно-

зувати не лише величину, чи спектральну густину, але і форму, тривалість, амплітудний і фазовий спектр прогнозованих коливань, їх розподіл в часі, кути підходу сейсмічної радіації, деформацію ґрунтів в просторі при проходженні сейсмічних хвиль різних типів, можливість виникнення нелінійних ефектів в ґрунтах при потужних землетрусах. Роботи з сейсмічного мікрорайонування повинні максимально опиратися на дані сейсмологічних спостережень, одержані локальними сейсмологічними мережами із 5-6 пунктів спостережень, додатковим завданням яких буде контроль за геодинамічними явищами в районах розташування АЕС. Результати СМР повинні відповідати конкретним майданчикам, що дозволить не лише забезпечити сейсмостійкість об'єктів, але і зробити це без зайвих матеріальних і фінансових затрат.

Записи сейсмічних подій з потенційно небезпечних сейсмоактивних зон, зареєстрованих сучасною цифровою апаратурою з надійним метрологічним забезпеченням, використовуються для генерування розрахункових акселерограм за розробленою методикою [Кендзера и др. 1989; Штейнберг В.В. и др. 1993. Руководство ..., 2000; Guide No. SSG-9. ..., 2010;

Кендзера и др. 2014; Кендзера 2015 a,b,c].

Результатом робіт з сейсмічного мікрорайонування є карта СМР досліджуваного майданчика та набори розрахункових акселерограм для еталонного пункту, або для кожної із виділених на майданчику таксонометричних ділянок.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Guide No. SSG-9. Seismic Hazards in Site Evaluation for Nuclear Installations. ISBN



- 978-92-0-102910-2. – Vienna: IAEA. - 2010. – 62 p.
2. Kagan Y.Y. Universality of the seismic moment-frequency relation // *Pure and Appl. Geoph.* - Vol.155. -1999. – P. 537-573.
 3. Global Seismic Hazard Assessment Program - GSHAP legacy. //Danciu L., Giardini D. - *Annals of geophysics*, 58, 1, 2015, S0109; doi:10.4401/ag-6734
 4. Аптікаєв Ф.Ф., Эртелева О.О, Российская сейсмическая шкала нового поколения.- Вопросы инженерной сейсмологии, - Москва: Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН, том 43, № 2, 2016. - С. 37-46.
 5. ДСТУ-Б-В.1.1-28:2010 "Захист від небезпечних геологічних процесів, шкідливих експлуатаційних впливів, від пожежі. Шкала сейсмічної інтенсивності". 2010. http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=26656.
 6. ДБН А.2.1-1-2014. Вишукування, проектування і територіальна діяльність. Інженерні вишукування для будівництва (2-га ред.). – Київ: Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України. 2014. – 63 с.
 7. ДБН В.1.1-12:2014. Будівництво в сейсмічних районах України. Київ: Мінрегіобуд України, Укрархбудінформ, 2014. 110 с.
 8. Кендзера А.В., Лесовой Ю.В., Егупов В.К., Вербицкий С.Т., Вербицкий Ю.Т., Вербицкая О.С., Прокопишин В.И., Дорофеев В.С., Егупов К.В., Ковальчук С.П., Киртока В.А. Определение параметров сейсмических воздействий для сейсмостойкого проектирования в г. Одессе // Матеріали наукової конференції-семінару «Сейсмологічні та геофізичні дослідження в сейсмоактивних регіонах. 3-5.06.2014 р. - Львів: «СПОЛОМ». - 2014. – С. 79-92.
 9. Кендзера А.В., Скляр А.М., Роман А.А., Исичко Е.С., Илиеш И.И., Стародуб Г.Р., Князева В.С. О возможности использования эмпирических передаточных функций среды при микрорайонировании территорий со сложным геологическим строением // Оценка эффекта сильных землетрясений. - М.: Наука. - 1989. - С.82-89. (Вопр. инж. сейсм. Вып.30).
 10. Кендзера О.В. Сейсмічна небезпека і захист від землетрусів. Практичне впровадження розробок Інституту геофізики ім. С.І. Субботіна НАН України. - Вісн. НАН України, 2015с, № 2. – С.44-57.
 11. Кендзера О.В. Сейсмічна небезпека і сейсмічний захист в Україні. - Український географічний журнал, № 3, 2015b. – С.9-15.
 12. Кендзера О.В., Семенова Ю.В. Встановлення спектральних характеристик ґрунтової товщі при проектуванні сейсмостійких будинків і споруд. – Наука та будівництво, № 4 , 2015а (ISSN 2313-6669). – С.48-50.
 13. Національний атлас України/ Гол. ред. Руденко Л.Г. – К.: ДНВП "Картографія", 2007. – 640 с.
 14. Немчинов Ю.І., Бабик К.М., Бамбура А.М., Богдан В.М., Мар'єнков М.Г., Хавкин О.К., Тарасюк В.Г., Шарапов Г.В., Матвеев І.В., Кришук О.Б., Рижов Д.І., Гудков Б.П., Кукунаєв В.С., Кендзера О.В., Омельченко В.Д., Пустовітенко Б.Г., Городецький О.С. та ін. Державні будівельні норми України. Будівництво в сейсмічних районах України. ДБН В.1.1-12:2014. Видання офіційне. Київ: Мінрегіонбуд України, 2014. – 110 С.
 15. Немчинов Ю.І., Хавкін О.К., Мар'єнков М.Г., Жарко Л.О., Дунін В.А., Бабік К.М., Єгупов К.В., Кендзера О.В., Єгупов В.К., Булат А.Ф., Дирда В.І., Лисиця М.І. Практичні питання динаміки будівель // Науково-виробничий журнал Будівництво України. - №6. - 2013. – С.6-21.
 16. Рижов Д.І., Шугайло О-й.П., Шугайло О-р.П. Кендзера О.В., Мар'єнков М.Г., Шендерович В.Я., Буряк Р.Я. (2017). Про сучасні вимоги до сейсмостійкого проектування та оцінки сейсмічної безпеки енергоблоків атомних станцій України URI - Ядерна та радіаційна безпека. 2017. № 2(74). С. 9-13. <http://dspace.nbuv.gov.ua/handle/123456789/129891>
 17. Руководство по ядерной и радиационной безопасности: Определение исходных сейсмических колебаний грунта для проектных основ (РБ-006-98). Нормативный документ. - М.: НТЦ ЯРБ. - 2000. – 76 с.
 18. Штейнберг В.В., Сакс М.В., Аптикаев Ф.Ф., Алказ В.Г., Гусев А.А., Ерохин Л.Ю., Заградник И, Кендзера А.В., Коган Л.А., Лутиков А.И., Попова Е.В., Раутиан Т.Г., Чернов Ю.К. Методы оценки сейсмических воздействий (пособие). // Вопросы инженерной сейсмологии, вып.34, - М.: Наука, 1993. - С.5-94. http://www.emsd.ru/~gusev/main_ru.htm
 19. Аптикаев Ф.Ф., Нерсесов И.А. Методика детального сейсмического районирования в количественных характеристиках сейсмических колебаний - Детальное сейсмическое районирование.-М.: Наука,1980,- С.96-100.
 20. Бугаев Е.Г. Методика оценки максимального потенциала платформенных землетрясений (на примере условий размещения площадки Калининской АС). – Известия РАН. Физика Земли, № 2, 1999. – С.35-51.
 21. Рекомендации по сейсмическому микрорайонированию при инженерных изысканиях



для строительства. /Под ред. С.А. Федорова. – М: Госстрой СССР, 1985. – 136с.

22. Інженерні вишукування для будівництва. Сейсмічне мікрорайонування. Загальні положення. Методичні рекомендації (перша редакція). / Мар'єнков М., Хавкін О., Немчинов Ю. – Київ: Мінерегіон України, 2012. – 20 с.

REFERENCES

1. IAEA. (2010). SSG-9. Seismic Hazards in Site Evaluation for Nuclear Installations. Vienna: IAEA.
2. Kagan Y.Y.(1999). Universality of the seismic moment-frequency relation. Pure and Applied Geophysics. Vol.155. R. 537-573.
3. Danciu L., Giardini D. (2015). Global Seismic Hazard Assessment Program - GSHAP legacy. Annals of geophysics, 58 (1) Retrieved from: <https://www.annalsofgeophysics.eu/index.php/annals/article/view/6734>
4. Aptikaev F.F., Erteleva O.O. (2016). Russian seismic scale of the new generation. Questions of engineering seismology, 43(2), 37-46.
5. Protection against dangerous geological processes, harmful operational influences, fire. Seismic intensity scale. (2010). DSTU-B-B.1.1-28:2010 Retrieved from: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=26656.
6. Survey, design and territorial activities. Engineering surveys for construction (2nd ed.).(2014).DBN A.2.1-1-2014.
7. Construction in seismic areas of Ukraine. (2014). DBN B.1.1-12: 2014.
8. Kendzera A.V, Lesovoy Y.V, Egupov V.K, Verbitsky S.T, Verbitsky U.T, ... Kirtoka V.A. (2014). Determination of parameters of seismic effects for seismic design in Odessa. Proceedings of the scientific conference-seminar "Seismological and geophysical research in seismically active regions". Lviv: SEX.
9. Kendzera A.V., Sklar A.M., Roman A.A., Isichko E.S., Iliesh I.I., Starodub G.R., Kniazeva V.S. (1989). On the possibility of using of the empirical environment transfer functions for the micro zoning of the areas with complex geology. Evaluation of the effect of strong earthquakes. The Questions of Earthquake Engineering. Vol. 30, 82-89.
10. Kendera O.V. (2015). Seismic hazard and earthquake protection. Practical implementation of developments of the Institute of Geophysics named after S.I. Subbotin of the National Academy of Sciences of Ukraine. Visnyk NAS of Ukraine, 2, 44-57.
11. Kendera O.V. (2015). Seismic hazard and seismic protection in Ukraine. Ukrainian Geographical Journal, 3, 9-15.
12. Kendera O.V, Semenova Yu.V. (2015). Establishing the spectral characteristics of the soil layer in the design of earthquake-resistant buildings and structures. Science and Construction, 4, 48-50.
13. Rudenko L.G. (ed.). (2007). National Atlas of Ukraine. Kyiv: DNVP Cartography
14. Nemchinov Yu.I, Babik K.M, Bambura A.M, Bogdan V.M, Marienkov M.G, Khavkin O.K, Tarasyuk V.G, ... Gorodetsky O.S. (2014). Construction in seismic areas of Ukraine. DBN B.1.1-12: 2014.
15. Nemchinov Yu.I, Khavkin O.K, Marienkov M.G, Zharko L.O, Dunin V.A, Babik K.M, Egupov K.V, ... Lisitsa M.I. (2013). Practical issues of building dynamics. Scientific and Production Journal of Construction of Ukraine, 6, 6-21.
16. Ryzhov D.I, Shugailo O.P, Shugailo O.P., Kendzera O.V, Maryenkov M.G, Shenderovich V.Ya., Buryak R.Ya. (2017). On modern requirements for seismic design and assessment of seismic safety of power units of nuclear power plants of Ukraine. Nuclear and radiation safety, 2 (74), 9-13. Retrieved from <http://dspace.nbuv.gov.ua/handle/123456789/129891>
17. Nuclear and Radiation Safety Guide: Determination of Initial Seismic Soil Vibrations for Design Bases (RB-006-98). (2000). Moscow: STC NRS.
18. Steinberg V.V, Sachs M.V, Aptikaev F.F, Alkaz V.G, Gusev A.A, Erokhin L.Yu., Zagradnik I.I. ... Chernov Yu.K. (1993). Methods of seismic impact assessment (manual). Questions of engineering seismology, 34, 5-94. Retrieved from http://www.emsd.ru/~gusev/main_ru.htm
19. Aptikaev F.F, Nersesov I.L. (1980). Methods of detailed seismic zoning in the quantitative characteristics of seismic oscillations: Detailed seismic zoning. Moscow: Nauka
20. Bugaev EG (1985). Methods for estimating the maximum potential of platform earthquakes (on the example of the conditions of the Kalinin NPP site). Notices of the Russian Academy of Sciences. Earth Physics, 2, 35-51.
21. Fedorov S.A.(ed). (1985). Recommendations for seismic microzoning in engineering surveys for construction. Moscow: Gosstroy SSSR.
22. Marenkov M.G., Khavkin O.K., Nemchynov Yu.I. (2012). Engineering surveys for construction. Seismic microzoning. Terms. Methodical recommendations (first edition). Kyiv: Ministry of Regional Development of Ukraine

Стаття надійшла до редакції 06.07.2021 року



Doi: <https://doi.org/10.33644/2313-6669-14-2021-3>



КУЛЬБАЕВ Б.Б.

Генеральный директор АО «КазНИИСА», Почетный строитель, Инженер-строитель; Почетный строитель Казахстана; Председатель Базовой организации в области сейсмостойкого строительства стран участников СНГ (БОСС). Республика Казахстан, г. Алматы, e-mail: Bkulbaev@kazniisa.kz, тел. 8(727)226-94-10,



ШОКБАРОВ Е.М.

К.т.н., почетный профессор КГУСТА им. Н. Исанова, Академик МАНЭБ по секции «Чрезвычайная ситуация», Управляющий директор по производству АО «КазНИИСА» Республика Казахстан, г. Алматы, e-mail: Eshokbarov@kazniisa.kz, тел. 8 (727) 392-75-93

ПАСПОРТИЗАЦИЯ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ СУЩЕСТВУЮЩЕЙ ЗАСТРОЙКИ ГОРОДА АЛМАТЫ

АННОТАЦИЯ

В Введение дана краткая характеристика сейсмических условий г. Алматы и краткое описание последних сильных землетрясений, произошедших за последние годы в Республике Казахстан. Согласно карте комплексного сейсмического микрорайонирования, территория города Алматы разделена на зоны с различной интенсивностью прогнозируемых сейсмических воздействий: зона I-8 баллов, зона II-9 баллов зона III-10 баллов. За последние 100 с небольшим лет здесь имели место три сильнейших землетрясения: Верненское 1887 г., Чиликское 1889 г. и Кеминское 1911 г. Магнитуда последнего из них была близка к 8,2 при интенсивности в эпицентре от 10 до 11 баллов. Ежегодно в Казахстане происходит, в среднем, 15-20 землетрясений интенсивностью до 3-4 баллов. Приведены результаты экспертной оценки состояния зданий существующей застройки. Экспертная оценка состояния зданий в сейсмоопасных районах Казахстана, выполненная в 1990 годах, показала, что, например, жилые здания общей площадью 16,5 млн. м² (19%) требовали сейсмоусиления; 10 млн. м² (12%) - подлежали сносу. Для получения актуальных данных по сейсмической уязвимости объектов жилищно-гражданского назначения г. Алматы поставлены следующие цели (создание электронного паспорта и электронной карты обследования сейсмостойкости объектов, получение актуальных данных, по оценке сейсмической уязвимости объектов, создание электронного паспорта обследования на сейсмостойкость объектов). Для достижения поставленных цели Паспортизация объектов недвижимости г. Алматы включали следующие этапы работ: (визуальное обследование зданий, создание электронных паспортов, выявление сейсмически уязвимых объектов, разработка рекомендаций по дальнейшей эксплуатации, сейсмоусилению или сносу, оценка экономического и социального ущерба от последствий

возможных землетрясений, оценка экономических затрат на сейсмоусиление по показателям степени повреждений зданий при возможных расчетных землетрясениях). Паспортизацией было охвачено 10 525 объектов недвижимости из них 1486 гражданских и общественных объектов; 863 социальных объектов; 8176 объектов многоквартирных жилых домов. На основании результатов паспортизации были созданы электронные паспорта зданий. Результаты паспортизации позволили выявить сейсмоопасные здания, назначить первоочередные объекты по их сейсмоусилению или сносу, определить объемы затрат на усиление сейсмоопасных зданий и сносу ветхого жилья. Были внесены корректировки по очередности в бюджетные программы города по сносу ветхого жилья и сейсмоусилению зданий. По итогам паспортизации создана электронная база данных по сейсмической уязвимости зданий и сооружений г. Алматы. Создана информационная модель городской застройки в программе ArcGIS «ArcScene». По итогам проделанных научно-исследовательских работ начата работа по созданию электронной карты сейсмического риска г. Алматы.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: землетрясение, паспортизация, обследование, экспертная оценка сейсмической уязвимости.

ПАСПОРТИЗАЦІЯ БУДІВЕЛЬ І СПОРУД ІСНУЮЧОЇ ЗАБУДОВИ МІСТА АЛМАТИ АНОТАЦІЯ

В Вступі подано коротку характеристику сейсмічних умов м.Алмати та короткий опис останніх сильних землетрусів, що сталися за останні роки в Республіці Казахстан. Згідно з картою комплексного сейсмічного микрорайонування, територія міста Алматы розділена на зони з різною інтенсивністю прогнозованих сейсмічних впливів: зона I-8 балів, зона II-9 балів зона



III-10 балів. За останні 100 з гаком років тут мали місце три найсильніших землетруси: Верненський землетрус у 1887 р., Чилікський у 1889 р., Кемінський у 1911 р. Магнітуда останнього з них була близька до 8,2 при інтенсивності в епіцентрі від 10 до 11 балів. Щорічно в Казахстані відбувається, в середньому, 15-20 землетрусів інтенсивністю до 3-4 балів. Наведено результати експертної оцінки стану будівель існуючої забудови. Експертна оцінка стану будівель у сейсмонезпечних районах Казахстану, виконана в 1990 роках, показала, що, наприклад, житлові будівлі загальною площею 16,5 млн. М2 (19%) вимагали сейсмопосилення; 10 млн. М2 (12%) - підлягали знесенню. Для отримання актуальних даних щодо сейсмічної вразливості об'єктів житлово-цивільного призначення м.Алмати поставлені наступні цілі (створення електронного паспорта та електронної карти обстеження сейсмостійкості об'єктів, отримання актуальних даних, з оцінки сейсмічної вразливості об'єктів, створення електронного паспорта обстеження на сейсмостійкість об'єктів). Для досягнення поставленої мети Паспортизація об'єктів нерухомості м.Алмати включала такі етапи робіт: (візуальне обстеження будівель, створення електронних паспортів, виявлення сейсмічно-вразливих об'єктів, розробка рекомендацій щодо подальшої експлуатації, сейсмопосилення або знесення, оцінка економічного і соціального збитку від наслідків можливих землетрусів, оцінка економічних витрат на сейсмопосилення за показниками ступеня пошкоджень будівель при можливих розрахункових землетрусах). Паспортизацією було охоплено 10 525 об'єктів нерухомості з них 1486 цивільних і суспільних об'єктів; 863 соціальних об'єктів; 8176 об'єктів багатоквартирних житлових будинків. На підставі результатів паспортизації були створені електронні паспорти будинків. Результати паспортизації дозволили виявити сейсмонезпечні будівлі, призначити першочергові об'єкти щодо їх сейсмопосилення або знесення, визначити обсяги витрат на посилення сейсмонезпечних будівель і знесення старого житла. Були внесені коригування щодо черговості в бюджетні програми міста зі знесення старого житла і сейсмопосилення будівель. За підсумками паспортизації створена електронна база даних сейсмічної вразливості будівель і споруд м.Алмати. Створено інформаційну модель міської забудови в програмі ArcGIS «ArcScene». За підсумками виконаних науково-дослідних робіт розпочато роботу зі створення електронної карти сейсмічного ризику м.Алмати.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: землетрус, паспортизація, обстеження, експертна оцінка сейсмічної вразливості.

PASSPORTIZATION OF BUILDINGS AND STRUCTURES OF THE EXISTING DEVELOPMENT OF THE CITY OF ALMATY

ABSTRACT

In the Introduction, a brief description of the seismic conditions of Almaty and a brief description of the last

strong earthquakes that have occurred in recent years in the Republic of Kazakhstan are given. According to the map of complex seismic microzoning, the territory of the city of Almaty is divided into zones with different intensities of predicted seismic impacts: zone I-8 points, zone II-9 points, zone III-10 points. Over the past 100 years, three strongest earthquakes have taken place here: Vernenskoe in 1887, Chilikscoe in 1889 and Keminskoe in 1911. The magnitude of the latter was close to 8.2 with an intensity at the epicenter from 10 to 11 points. Every year in Kazakhstan there are, on average, 15-20 earthquakes with an intensity of up to 3-4 points. The results of an expert assessment of the state of buildings of the existing development are presented. An expert assessment of the condition of buildings in earthquake-prone regions of Kazakhstan, carried out in 1990, showed that, for example, residential buildings with a total area of 16.5 million m² (19%) required seismic reinforcement; 10 million m² (12%) - to be demolished. To obtain up-to-date data on the seismic vulnerability of residential and civil objects in Almaty, the following goals have been set (creation of an electronic passport and an electronic map for examining the seismic resistance of objects, obtaining up-to-date data on assessing the seismic vulnerability of objects, creating an electronic passport for examining the seismic resistance of objects). To achieve the set goals Certification of real estate objects in Almaty included the following stages of work: (visual inspection of buildings, creation of electronic passports, identification of seismically vulnerable objects, development of recommendations for further operation, seismic enhancement or demolition, assessment of economic and social damage from the consequences of possible earthquakes, assessment economic costs of seismic reinforcement in terms of the degree of damage to buildings during possible design earthquakes). Certification covered 10,525 real estate objects, including 1,486 civil and public objects; 863 social facilities; 8176 objects of apartment buildings. Based on the results of certification, electronic passports of buildings were created. The results of certification made it possible to identify earthquake-prone buildings, designate priority facilities for their seismic reinforcement or demolition, determine the amount of costs for reinforcing earthquake-prone buildings and demolition of dilapidated housing. Priority adjustments were made to the city's budget programs for the demolition of dilapidated housing and seismic reinforcement of buildings. Based on the results of certification, an electronic database was created on the seismic vulnerability of buildings and structures in Almaty. An information model of urban development was created in the ArcGIS "ArcScene" program. Based on the results of the research work done, work has begun on the creation of an electronic map of seismic risk in Almaty.

KEY WORDS: earthquake, certification, inspection, expert assessment of seismic vulnerability.

ВВЕДЕНИЕ

Территория города расположена в одном из наиболее сейсмоактивных регионов Центральной Азии.



Алматинская сейсмогенерирующая зона граничит на юге с Заилийской, на юго-востоке с Северо-Кунгейской, на юго-западе с Кеминской, в которых и располагались очаги сильнейших землетрясений. За последние 100 с небольшим лет здесь имели место три сильнейших землетрясения: Верненское 1887 г., Чиликское 1889 г. и Кеминское 1911 г. Магнитуда последнего из них была близка к 8,2 при интенсивности в эпицентре от 10 до 11 баллов [1]. Алматинская сейсмогенерирующая зона граничит на юге с Заилийской, на юго-востоке с Северо-Кунгейской, на юго-западе с Кеминской, в которых и располагались очаги сильнейших землетрясений. При Верненском землетрясении 9 июня (29 мая) 1887 г. магнитуда (М) - 7,3, интенсивность в эпицентре (10) - 9 и более баллов (здесь и далее по тексту интенсивность указывается в баллах описательной части сейсмической шкалы MSK-64), местное время - 4 часа 35 мин., большая часть зданий города была разрушена или сильно повреждена, практически не осталось ни одного дома, который бы не пострадал хотя бы в малой степени. В отдельных районах города образовались разрывы в грунте. Местами ширина разрывов достигала 1 м при глубине до 5 м. На момент землетрясения в г. Верном и пригородных селениях по различным данным насчитывалось 1938 домов со стенами из сырцового кирпича и камня, 938 деревянных строений. При этом землетрясении в г. Верном и пригородных селениях погибло и было ранено около 800 человек. В то время в городе проживало около 30 тысяч человек [2].

В первый день после землетрясения ощутимые подземные толчки следовали с промежутком от 2 до 3 минут. К концу 1887 г. количество толчков достигло 250, а в следующем 1888 г. было отмечено около 150 повторных толчков.

На территории города выделены зоны возможного проявления тектонических разломов на земной поверхности, участки, расположенные на склонах с крутизной более 15% и сложенные рыхлыми водонасыщенными и просадочными грунтами или в зонах возможного прохождения селевых потоков. Согласно карте комплексного сейсмического микрозонирования 1981 года территория города Алматы разделена на зоны с различной интенсивностью прогнозируемых сейсмических воздействий: зона I-8 баллов, зона II-9 баллов, зона III-10 баллов. Ежегодно в Казахстане происходит, в среднем, 15-20 землетрясений интенсивностью до 3-4 баллов [3].

ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

В сейсмоопасных регионах Республики Казахстан и в г. Алматы в разное время проводились работы по экспертной оценке состояния существующей застройки.

Экспертная оценка состояния зданий в сейсмоопасных районах Казахстана, выполненная в 1990 годах, показала, что, например, жилые здания общей площадью 16,5 млн. м² (19%) требовали сейсмостойкости;



Рисунок 1 – Верненское землетрясение 1887 г. (М7,3)



Рисунок 2 – Чиликское землетрясение 1889 г. (М8,3)

ния; 10 млн. м² (12%) - подлежали сносу.

В 2008 году под эгидой Японского Агентства Международного сотрудничества (JICA) было проведено выборочное обследование 320-и многоквартирных жилых домов, расположенных в разных административных районах г. Алматы. Выполненное обследование показало, что не менее 30% существующих многоквартирных жилых домов являются не сейсмостойкими.

Международный опыт показывает, что каждое разрушительное землетрясение приводит к изменению строительных норм в сторону ужесточения требований. В связи с наблюдаемым ужесточением требований норм перед исследователями и проектировщиками возникают проблемы, связанные с оценкой сейсмостойкости и сейсмобезопасности ранее возведенных объектов [4].

В то же время развертывание комплекса работ по подготовке городов к стихийным бедствиям сдерживается в настоящий период отсутствием сведений об объемах необходимых затрат на проведение защитных мероприятий различной значимости. Обоснованием этим затратам могут служить оценки ожидаемого ущерба и возможных проявлений землетрясений, выполняемых в виде прогнозов. При этом, прогнозирование последствий землетрясений должно стать промежуточным этапом между прогнозированием землетрясений и проведением защитных



объектов, что является актуальной задачей не только для г. Алматы, но и для всех населенных пунктов, расположенных в сейсмоопасных регионах Республики Казахстан.

Работы по паспортизации проводились 2017-2018 годы.

В 2017 году было проведено обследование 7027 объектов недвижимости г. Алматы, в том числе 6493 многоквартирных жилых домов и 534 социальных объектов (школ, детских садов, больниц, поликлиник).

По результатам выполненных в 2017 году работ по паспортизации объектов недвижимости г. Алматы было выявлено:

Из общего числа обследованных зданий сейсмостойкими являются: школы – 190 из 323 (58,9%), детские сады – 129 из 246 (52,5%), больницы – 76 из 191 (39,8%), поликлиники – 69 из 89 (77,6%), многоквартирные жилые дома – 4147 из 6490 (62,5%). По строительному объему (общей площади) сейсмостойкими являются здания 73,6% школ, 62,1 % детских садов, 77,6% больниц, 91,5% поликлиник, 82,1% многоквартирных жилых домов.

В 2018 году было проведено обследование 3169 объектов жилищно-гражданского назначения г. Алматы, в том числе 1683 многоквартирных жилых домов, 1486 гражданских и общественных зданий (административные здания, торговые центры, спортивные сооружения, здания школьных и дошкольных учреждений, санаторно-курортные здания, здания отдыха и туризма, поликлиники).

Из общего числа обследованных зданий сейсмостойкими являются: школы – 80 из 96 (83,4%), детские сады – 84 из 104 (80,8%), медицинские, оздоровительные учреждения – 267 из 365 (73,2%), прочие здания (многофункциональные, административные, торговые развлекательные центры, магазины, спортивные и пр.) – 778 из 922 (84,4%), многоквартирные жилые дома – 1662 из 1683 (98,8%). По строительному объему (общей площади) сейсмостойкими являются здания 81,5% детских садов, 91,2% школ, прочих зданий (многофункциональные, административные, торговые развлекательные центры, магазины, спортивные и пр.), 99,6% многоквартирных жилых домов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты паспортизации позволили выявить сейсмоопасные здания, назначить первоочередные объекты по их сейсмоусилению или сносу, определить объемы затрат на усиление сейсмоопасных зданий и сносу ветхого жилья [5].

По полученным данным Паспортизации были откорректированы государственные программы (по сносу ветхих жилых домов) и ветхие жилые дома в г. Алматы сносятся и в место них строятся новые сейсмостойкие жилые дома.

Был произведен пространственно-территориальный анализ полученных данных со схемой сейсмического микрорайонирования.

Составлена классификация строительных объектов на основе сейсмической шкалы MSK-64 (K).

На основании результатов паспортизации были созданы электронные паспорта обследованных зданий с оценкой их сейсмической уязвимости.

Дана экспертная оценка экономических затрат на сейсмоусиление, экономического ущерба и социальных потерь от последствий возможных землетрясений различной интенсивности.

По итогам паспортизации создана электронная база данных по сейсмической уязвимости зданий и сооружений г. Алматы, что позволит повысить надежность функционирования систем жизнеобеспечения, снизить ущерб наносимого зданиям и сооружениям и уменьшить потери населения от разрушительных землетрясений.

Создана информационная модель городской застройки в программе ArcGIS «ArcScene».

По итогам проделанных научно-исследовательских работ будет продолжена работа по созданию электронной карты сейсмического риска г. Алматы.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- 1 СН РК 2.03-28-2004 «Шкала оценки интенсивности землетрясений MSK-64 (K)», Алматы 2004 г.
- 2 Таубаев А.С. «Аналитическая записка о сейсмическом режиме территории города Алматы и сейсмостойкости его застройки», г. Алматы, 2008 г.
- 3 СП РК 2.03-30-2017* «Строительство в сейсмических зонах».
- 4 Уроки Луговского землетрясения 23 мая 2003 года в Казахстане. Программа Развития ООН в Казахстане, Алматы 2004.
- 5 Ашимбаев М.У., Шокбаров Е.М., Тулеев Т.Д., Алдахов С.Д., Таубаев А.С. «Рекомендации по проектированию, строительству и усилению жилых домов из местных строительных материалов (саман, шлакозолоблоки) в сейсмических районах Казахстана» Алматы, 2008.

REFERENCES

1. Earthquake Intensity Assessment Scale: Sanitary Rules RK 2.03-28-2004 (2004). Almaty
2. Taubaev A.S. (2008). Analytical note on the seismic regime of the territory of the city of Almaty and the seismic resistance of its development. Almaty.
3. Construction in seismic areas: SP RK 2.03-30-2017*
4. 003 in Kazakhstan. United Nations Development Program in Kazakhstan. (2004). Almaty.
5. Ashimbaev M.U., Shokbarov E.M., Tuleev T.D., Aldakhov S.D., Taubaev A.S. (2008). Recommendations for the design, construction and strengthening of residential buildings from local building materials (adobe, slag ash blocks) in the seismic regions of Kazakhstan. Almaty.

Статья поступила в редакцию 13,07,2021 года.



Doi: <https://doi.org/10.33644/2313-6669-14-2021-4>

УДК 624.042.7; 699.841



ДОРОФЕЄВ В.С.

Д-р технічних наук, проф.,
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



МУРАШКО О.В.

Канд. техн. наук, доц, Одеська державна академія будівництва і Архітектури. Головний інженер, ПП «Капітель-М», м. Одеса, Україна,
e-mail: alexeymurashko@gmail.com,
тел.: +38 (067) 773-35-03,
ORCID: 0000-0002-2812-5951



СОРОКА М.М.

Канд. технічних наук, проф.,
Одеська державна академія будівництва та архітектури,
м. Одеса, Україна,
e-mail: soroka@ogasa.org.ua
тел. +38 (067) 556-35-35,
ORCID: 0000-0002-9551-9475



КУБІЙОВИЧ М.І.

Головний конструктор з інноваційного проектування. ПП «Капітель-М» м. Одеса, Україна,
e-mail: kubyiovych_m@ukr.net,
тел.: +38 (066) 314-36-85,
ORCID: 0000-0002-8500-032X

ПРОБЛЕМИ НАУКОВО-ТЕХНІЧНОГО СУПРОВОДУ КАРКАСНИХ БУДІВЕЛЬ, ЩО НАДБУДОВУЮТЬСЯ В ПРОЦЕСІ БУДІВНИЦТВА

АНОТАЦІЯ

На сьогоднішній день, під час істотних коливань на ринку нерухомості і будівельних матеріалів, для підвищення інвестиційної доцільності все частіше у забудовників виникає побажання надбудувати об'єкт в процесі будівництва. Комплекс питань пов'язаних з підготовкою та отриманням дозвільної документації виходить за рамки даної роботи. Слід відмітити, що значна зміна ТЕПів об'єкта не введенного в експлуатацію пов'язане з меншими матеріальними витратами в порівнянні з введенням в експлуатацію об'єктів, з огляду на те, що підсилення конструкцій (в разі його необхідності) набагато легше реалізувати.

Хоча найчастіше ідея надбудови виникає на етапі завершення робіт зі зведення каркаса та стінового заповнення. При такого роду надбудові виникає ціла група проблем. Досвід подібного роду надбудов свідчить про те, що при незначному збільшенні поверховості в межах 10%, а іноді і більше, проблема дефіциту несучої здатності вирішується шляхом застосування понижувальних коефіцієнтів до корисного навантаження, уточненого докладання всіх навантажень (якщо це не було виконано при первісній підготовці моделі). Іноді такого роду рішення дозволяють вирішити і проблему дефіциту несучої здатності



конструкцій нижніх поверхів.

Збільшення поверховості в межах 10% від первісної є рентабельним, Допустимим з фінансової точки зору є посилення окремих вертикальних несучих елементів нижніх поверхів. В роботі на прикладі 20-поверхового будинку, що зводиться, досліджено резерв несучої здатності зведеної частини на предмет збільшення поверховості та виявлено основні проблемні питання. Вирішенню такої низки проблем на конкретному об'єкті присвячене це дослідження.

До окремої групи ускладнень слід віднести необхідність виконувати не тільки розрахунок за спектральним методом, але й за нелінійним статичним. При застосуванні цих методів виникла розбіжність у один додатковий поверх. Але для забезпечення вимог по перекосам поверхів виникла необхідність у підсиленні вертикальних несучих елементів по другий поверх не виходячи з вимог до їхньої міцності, а виходячи з вимог до жорсткості.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: науково-технічний супровід, сейсмостійкість, надбудова, каркасні будівлі

PROBLEMS OF SCIENTIFIC AND TECHNICAL SUPPORT FOR FRAME BUILDINGS HEIGHTENING DURING THE CONSTRUCTION PROCESS

ABSTRACT

To date, during significant fluctuations on the real estate and construction materials market, in order to increase investment feasibility more and more often developers have a desire to superstructure objects during construction. The complex of issues associated with the preparation and obtaining permits is beyond the scope of this paper. It should be noted that a significant change in the object types not put into operation is associated with lower material costs compared to the commissioning of facilities, given that the enhancement (if necessary) is much easier to implement. Although most often the idea of a heightening occurs at the stage of completion of the frame and wall filling. With this type of heightening comes a whole group of problems. The experience of such heightening shows that with a slight increase in the number of floors in the range of 10%, and sometimes more, the problem of deficit bearing capacity is solved by applying reduction factors to the useful load, clarified the application of all loads (if it was not done in the original preparation of the model). Sometimes this kind of solutions also allows to solve the problem of deficit of load-carrying capacity of lower floor structures.

The increase in the number of floors within 10% of the original is cost-effective, acceptable from a financial point of view is the strengthening of

individual vertical load-bearing elements of the lower floors. In the work, on the example of a 20-storey building under construction, the reserve of the bearing capacity of the vaulted part for the increase in the number of floors is investigated and the main problematic issues are identified. The solution of such a number of problems on a specific object is devoted to this study.

A separate group of complications should include the need to perform not only the calculation by the spectral method, but also behind the nonlinear static method. The application of these methods resulted in a discrepancy of one additional floor. But in order to meet the requirements for floor misalignment, it became necessary to reinforce the vertical load-bearing elements for the second floor, not based on their strength requirements, but based on their stiffness requirements.

KEYWORDS: scientific and technical support, earthquake resistance, heightening, frame buildings

ВСТУП

На сьогоднішній день, під час істотних коливань на ринку нерухомості і будівельних матеріалів, все частіше виникає побажання надбудувати об'єкт в процесі будівництва. Комплекс питань пов'язаних з підготовкою та отриманням дозвільної документації виходить за рамки даної роботи. Таке значне зміна ТЕПов об'єкта не введеного в експлуатацію пов'язане з меншими матеріальними витратами в порівнянні з введенням в експлуатацію об'єктів, з огляду на те, що посилення (в разі його необхідності) набагато легше реалізувати. Хоча найчастіше ідея надбудови виникає на етапі завершення робіт зі зведення каркаса. При такого роду надбудові виникає ціла група проблем. Рішенню такої низки проблем на конкретному об'єкті присвячене це дослідження. В роботі на прикладі 20-поверхового будинку, що зводиться, досліджено резерв несучої здатності зведеної частини на предмет збільшення поверховості та виявлено основні проблемні питання.

При збільшенні поверховості виникає дефіцит несучої здатності окремих конструктивних елементів

До основних таких проблем слід відносити дефіцит несучої здатності:

1. паль;
2. ростверку;
3. Конструкцій нижніх поверхів;
4. Конструкцій середніх і верхніх поверхів.

Слід зазначити, що специфікою такого роду надбудови в порівнянні з класичною (надбудова введеного в експлуатацію об'єкта) полягає в тому, що, як правило, об'єкт знаходиться в рамках одного незмінного нормативного поля, тоді як при класичній надбудові проєктувальник



стикається з додатковою проблемою модифікації вимог нормативних документів.

При незначному збільшенні поверховості в межах 10%, а іноді і більше проблема дефіциту несучої здатності вирішується шляхом застосування понижувальних коефіцієнтів до корисного навантаження, уточненого докладання всіх навантажень (якщо це не було виконано при первісній підготовці моделі). Іноді такого роду рішення дозволяють вирішити і проблему дефіциту несучої здатності №3.

Саме збільшення поверховості в межах 10% від первісної є рентабельним в тому випадку якщо перші дві проблеми можливо вирішити шляхом уточнення розрахункової моделі, особливо - навантажень, з огляду на те, що введення в роботу додаткових паль і посилення ростверку знизу є досить дорогим і пов'язане з низкою технологічних проблем. Допустимим з фінансової точки зору є посилення окремих вертикальних несучих елементів нижніх поверхів (в разі необхідності) на що готові піти забудовники.

Однак після введення в дію нової редакції ДБН В.1.1-12 в 2014-му році виникла необхідність в проведенні нелінійного статичного розрахунку, який виявляє ряд додаткових дефіцитів в несучої здатності каркасу, коли крім перших трьох основних проблем виникає четверта - дефіцит несучої здатності конструкцій середніх і верхніх поверхів. При виникненні даної проблеми в більшості випадків посилення окремих вертикальних конструкцій середніх і верхніх поверхів недостатньо для забезпечення вимог, висунутих до величин перекосів поверхів.

МЕТА РОБОТИ: на прикладі 20-поверхового будинку, що зводиться, дослідити резерв

несучої здатності зведеної частини на предмет збільшення поверховості та виявити основні проблемні питання

АНАЛІЗ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

Питанню надбудови існуючих будівель в ході реконструкції приділено достатньо уваги з боку вітчизняних і зарубіжних дослідників [1-3], а проблемам науково-технічного супроводу будівництва у сейсмічних районах протягом останнього десятиріччя присвячена велика кількість робіт [4]. Це перш за все це зумовлено різноманітністю ситуацій, які або не описані в нормативних документах [5], або при яких необхідне обґрунтоване відхилення від певних вимог. Однак питання надбудови об'єктів незавершеного будівництва у сполученні з науково-технічним супроводом цього процесу знаходяться за рамками опублікованих наукових робіт, тому дане дослідження є актуальним та доцільним

ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО ОБ'ЄКТ

В роботі рішення описаної сукупності проблем пропонується розглянути на 20-поверховому будинку в м.Одесі, що знаходиться у стадії будівництва. Будівля є двосекційною у роботі наведені результати для секції 1. По другій секції отримані аналогічні результати.

На момент початку робіт з аналізу можливості надбудови додаткових поверхів будівництво каркасу було призупинено на рівні покриття 20-го поверху. Побажання інвестора було збільшити поверховість до 25-ти, за умови відсутності необхідності підсилення паль та ростверку. Підсилення вертикальних несучих елементів є припустимим. План, розріз та загальний вигляд просторової моделі наведено на рис.1-3

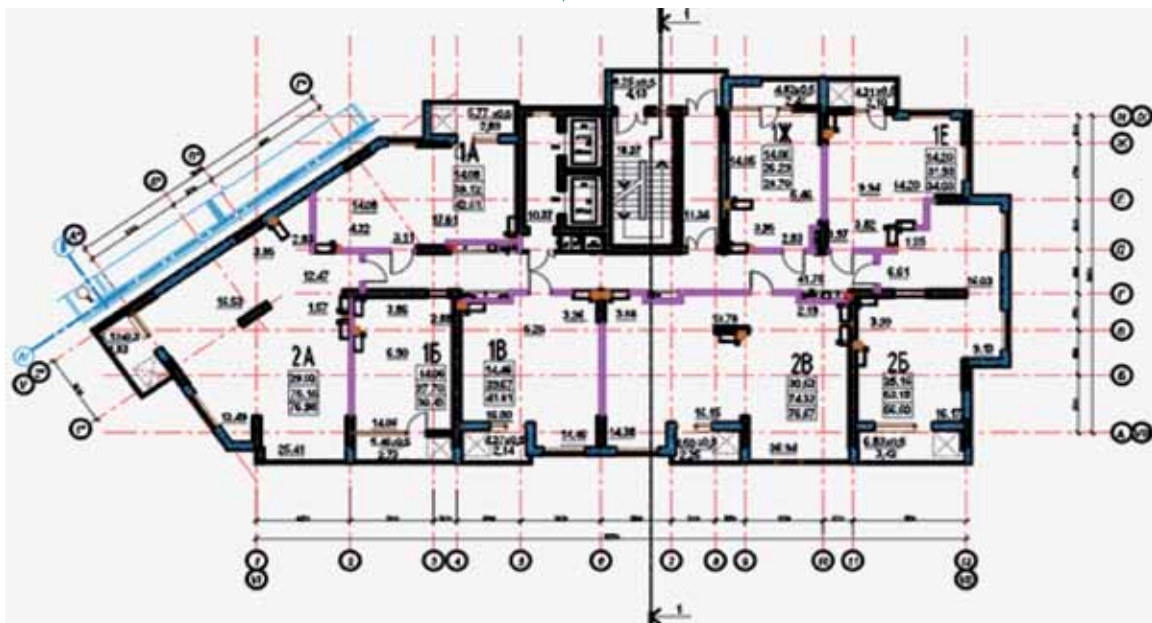


Рисунок 1 – План типового поверху

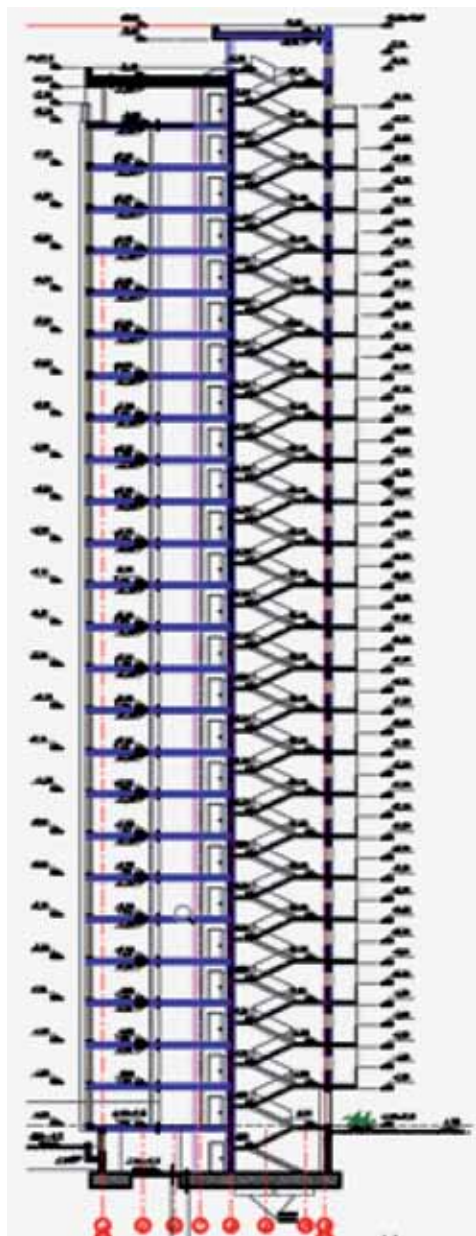


Рисунок 2 –Розріз 1-1

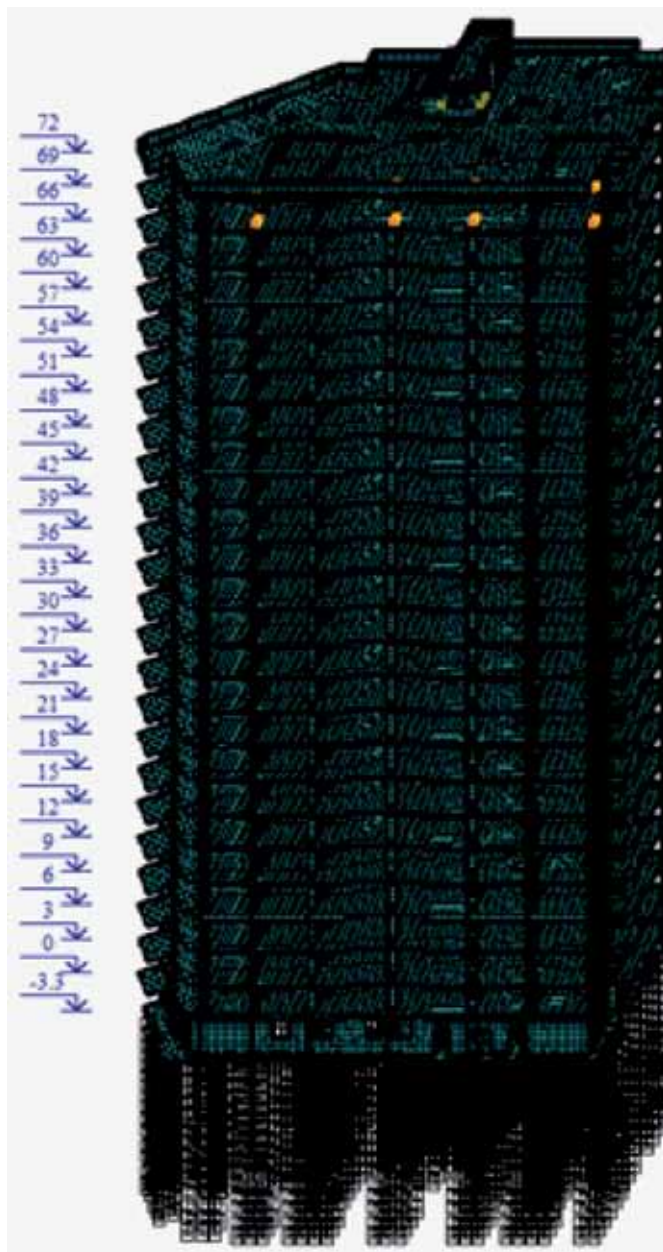


Рисунок 3 –Загальний вигляд просторової комп'ютерної моделі

Роботи по чисельному моделюванню було поділено на два етапи: 1-ий – розрахунок за спектральним методом; 2-ий за нелінійним статичним методом

1-ИЙ ЕТАП - РОЗРАХУНОК ЗА СПЕКТРАЛЬНИМ МЕТОДОМ

Першим критичним обмеженням при розрахунку за спектральним методом стало перевищення висотою будівлі відмітки 73,5м при якій значення коефіцієнту k_2 дорівнює 1,4. При цьому значення зусиль у палях значно перевищило граничне значення, а зусилля у ростверку перевищило прийняте у проекті армування. Тому наступним етапом у розрахунках стали 24 поверхи. При такій поверховості будівлі виникла

необхідність у підсиленні окремих пілонів на нижніх двох ярусах будівлі, а зусилля у палях та ростверку не перевищили критичних значень. Таким чином було визначено резерв, що було закладено при розробці початкового проекту.

2-ИЙ ЕТАП - РОЗРАХУНОК ЗА НЕЛІНІЙНИМ СТАТИЧНИМ МЕТОДОМ

За результатами розрахунку 24-поверхової будівлі були виявлені перевищення перекосів поверхів та при досягненні 90% від навантаження у 7 балів руйнувалися окремі елементи та у напрямках уздовж осі X утворювався «стрибок» при якому переміщення сягали метрів, що свідчило про настання прогресуючого обвалення. Тому було виконано низку



розрахунків з поетапним зниженням поверховості (табл.1). Таким чином було зафіксовано, що при необхідному рівні міцності жорсткість схеми є недостатньою. І виникла необхідність у збільшенні жорсткості окремих елементів до відмітки +6.000 для забезпечення вимог по перекосах поверхів.

Прийняті коригування схеми (введення посилення елементів, що зазнавали руйнування) дозволили збільшити загальну кількість надземних поверхів до 23. Для подальшого збільшення кількості поверхів критичною стала жорсткість будівлі – конструкції не руйнувались при досягненні повного рівня сейсмічних сил, але перевищувались граничні значення перекосів поверхів; збільшення висоти ще на один поверх вимагало посилення значної кількості пілонів нижніх поверхів суто для збільшення їх жорсткості, а також збільшення кількості паль та їх армування. тому подальше збільшення поверховості не є доцільним. Перекоси та переміщення для модифікованої схеми наведені на рис. 4-7.

Резерв підвищення кількості поверхів шляхом посилення окремих вертикальних елементів вичерпується 23-ма поверхами; подальше нарощування їх кількості можливе тільки в комплексі зі збільшенням жорсткості каркасу будівлі в горизонтальному напрямку – наприклад шляхом об'єднання груп пілонів в рами/діафрагми чи введенням додаткових діафрагм.

Таблиця 2 - Значення перекосів та настання «стрибку» при відповідних рівнях навантаження.

Кількість поверхів	25 пов	24 пов	23 пов	22 пов
Вплив уздовж осі X+				
90%	0.014	0.009	0.0135	0.0358
95%	"стрибок"	"стрибок"	"стрибок"	"стрибок"
100%	-	-	-	-
Вплив уздовж осі X-				
80%	0.0136	0.0127	0.011	0.0101
85%	0.0215	0.207	0.0151	0.0135
90%	"стрибок"	2 пілона зруйнова	0.0276	0.0211
95%	-	-	"стрибок"	"стрибок"
100%	-	-	-	-
Вплив уздовж осі Y+				
90%	0.0141	0.0135	0.0124	0.0121
95%	0.0187	0.0185	0.0161	0.0157
100%	0.0298	0.0318	0.0234	0.0221
Вплив уздовж осі Y-				
95%	0.0145	0.0127	0.0123	0.012
100%	0.0187	0.0168	0.0157	0.0153

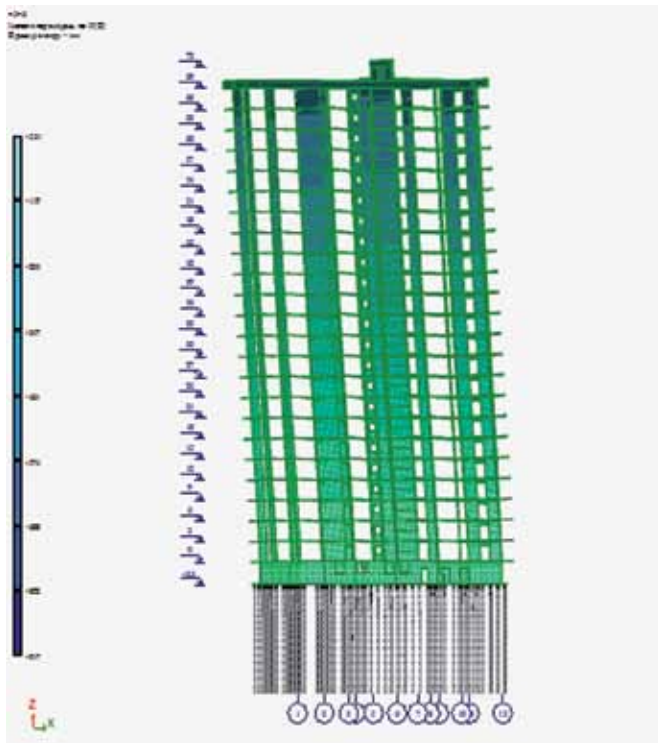


Рисунок 4 –Секція №1. Переміщення при нелінійному завантаженні «X + » (проти осі X)

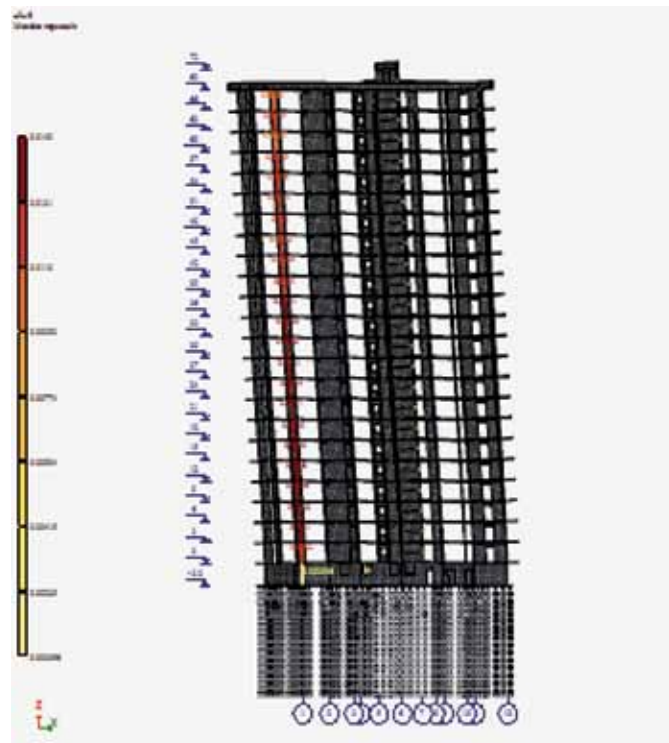


Рисунок 5 – Секція №1. Перекоси поверхів при нелінійному завантаженні «X + » (проти осі X)

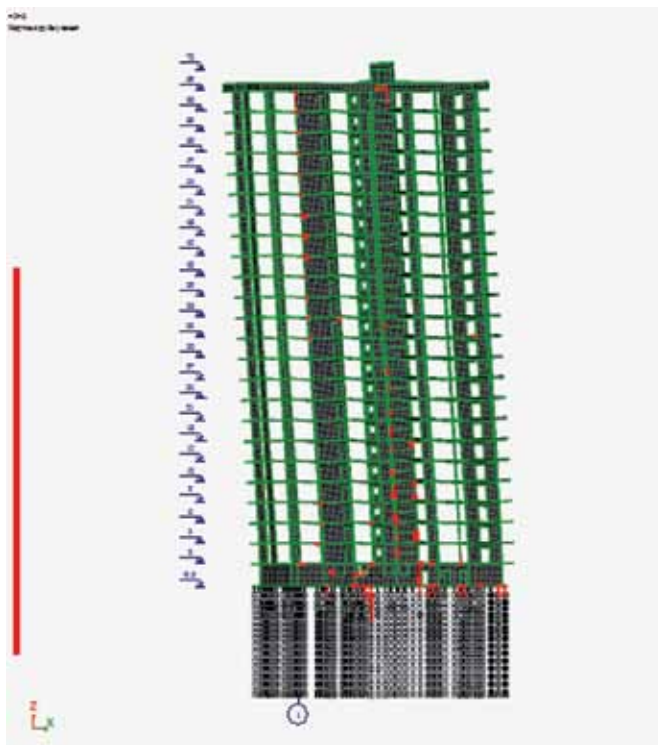


Рисунок 6 – Секція №1. Картина зруйнованих елементів при нелінійному завантаженні «X + » (проти осі X)

ВИСНОВКИ

В роботі розглянуті основні проблеми, які виникають при надбудові об'єктів в процесі їх будівництва.

1. Економічно доцільним в такого роду надбудові є таке збільшення поверховості, при якому не виникає необхідності посилення основи і фундаментів.
2. Для забезпечення вимог, висунутих до перекосів поверхів запропоновано збільшення поперечного перерізу пілонів і діафрагм, а також об'єднання окремих пілонів з метою забезпечення їх роботи, як єдиної діафрагми жорсткості.
3. При використанні такого роду посилення особливу увагу необхідно приділяти армуванню плит перекриттів, які примикають до вертикальних посилених елементів.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Немчинов Ю.И. Сейсмостойкость зданий и сооружений. В двух частях. – Киев: 2008. – 480 с.
2. Агеева Г. М. Реконструкція будинків перших масових серій - засада сталого розвитку мікрорайонів і кварталів міст / Г. М. Агеева, К. П. Кафієв, Л. І. Кривельов // Наука та будівництво. - 2021. - № 1 (27). - С.32-40.
3. Беззуб І. Комплексна реконструкція застарілого житлового фонду: українські

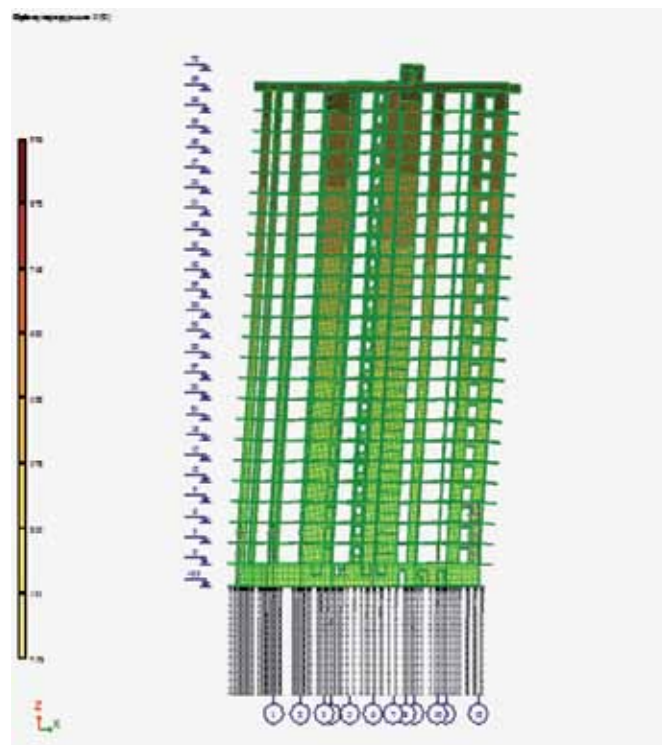


Рисунок 7 – Секція №1. Переміщення при нелінійному завантаженні «X - » (вздовж осі X)

реалії та зарубіжний досвід. Громадська думка про правотворення. 2021. № 1 (206). С. 14–25.

4. Проблемы научного сопровождения проектирования зданий повышенной этажности в городе Одесса / В. С. Дорофеев, К. В. Егупов, А. В. Мурашко, Н. Н. Сорока. Наука та будівництво. 2019. № 1. С. 38–45.
5. ДБН В.1.1-12:2014 «Строительство в сейсмических районах Украины» /Киев, Минрегион, 2014. – 110 с.

Стаття надійшла до редакції 11.08.2021 року



Doi: <https://doi.org/10.33644/2313-6669-14-2021-5>

УДК 624.042; 698.841



ХАКИМОВ Ш.А.

Канд. технических наук, зав. отд., АО «Ташкентский научно-исследовательский и проектно-изыскательский институт жилищно-гражданского строительства», г. Ташкент, Республика Узбекистан
e-mail: Sh-khakimov@rambler.ru,
тел.: +998 (71) 254-54-11
+998 (93) 184-10-23

ПРОБЛЕМЫ АКТУАЛИЗАЦИИ СЕЙСМИЧЕСКИХ НОРМ В УСЛОВИЯХ ПРИМЕНЕНИЯ НОВЫХ КОНСТРУКТИВНЫХ СИСТЕМ ЖИЛИЩНО-ГРАЖДАНСКИХ ЗДАНИЙ

АННОТАЦИЯ

В статье рассматриваются вопросы необходимости актуализации отдельных положений сейсмических норм по проектированию и конструированию новых типов конструктивных систем жилищно-гражданских зданий, а также корректировки параметров сейсмической опасности. Рассмотрены особенности конструктивных систем современного строительства в сейсмических районах и требования к их проектированию и конструированию. Приведены значения параметра, учитывающего допускаемые значения относительной неупругой деформации системы в нормах разных времён СНГ. Из анализа следует, что однотипные конструктивные системы наделены разными значениями указанного параметра, что в конечном итоге приводит к различной величине расчётной сейсмической нагрузки.

На основании анализа последствий мировых землетрясений и расчётных методов оценки сейсмостойкости зданий и сооружений, составлена таблица уязвимости (прочности) рассматриваемых типов зданий, гармонизированная со шкалой EMS-98.

Рассмотрены особенности формирования сейсмических нагрузок и предложения по их учету при проектировании конструктивных систем жилищно-гражданских зданий.

Получена диаграмма сравнения в процентах исходного ускорения для столичных городов областей Республики Узбекистан для грунтов II категории по сейсмическим свойствам и повторяемости землетрясений по карте ОСР 2017.

Разработаны требования по формированию спе-

циальных технических условий для проектирования конкретного здания с новой конструктивной системой, характеристики которого не отвечают требованиям предписывающих норм (например по этажности, пролету несущих конструкций, высоте здания и другим параметрам).

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: Сейсмические районы, современное строительство, актуализация, проектирование, конструктивные требования, расчетные параметры сейсмической опасности, специальные технические условия.

ПРОБЛЕМИ АКТУАЛІЗАЦІЇ СЕЙСМІЧНИХ НОРМ В УМОВАХ ЗАСТОСУВАННЯ НОВИХ КОНСТРУКТИВНИХ СИСТЕМ ЖИТЛОВО ЦИВІЛЬНИХ БУДІВЕЛЬ

АНОТАЦІЯ

У статті розглядаються питання необхідності актуалізації окремих положень сейсмічних норм з проектування і конструювання нових типів конструктивних систем житлово-цивільних будівель, а також коригування параметрів сейсмічної небезпеки. Розглянуто особливості конструктивних систем сучасного будівництва в сейсмічних районах і вимоги до їх проектування і конструювання. Наведені значення параметра, що враховує допустимі значення відносної непружної деформації системи в нормах різних часів СНД. З аналізу випливає, що однотипні конструктивні системи наділені різними значеннями зазначеного параметра, що в кінцевому підсумку призводить до різної величини розрахункового сейсмічного навантаження.



На підставі аналізу наслідків світових землетрусів і розрахункових методів оцінки сейсмостійкості будівель і споруд, складена таблиця вразливості (міцності) розглянутих типів будівель, гармонізована зі шкалою EMS-98.

Розглянуто особливості формування сейсмічних навантажень і пропозиції щодо їх врахування при проектуванні конструктивних систем житлово-цивільних будинків.

Отримано діаграму порівняння у відсотках вихідного прискорення для столичних міст областей Республіки Узбекистан для ґрунтів II категорії за сейсмічними властивостями і повторюваності землетрусів по карті ЗСР 2017.

Розроблено вимоги щодо формування спеціальних технічних умов для проектування конкретного будинку з новою конструктивною системою, характеристики якого не відповідають вимогам розпорядчих норм (наприклад по поверховості, прольоту несучих конструкцій, висотою будівлі та іншим параметрам).

КЛЮЧОВІ СЛОВА: Сейсмічні райони, сучасне будівництво, актуалізація, проектування, конструктивні вимоги, розрахункові параметри сейсмічної небезпеки, спеціальні технічні умови.

ABSTRACT

The article considers the issues of the need to update certain provisions of seismic norms for the design and construction of new types of structural systems of residential and civil buildings, as well as adjustments to the parameters of seismic hazard.

The features of structural systems of modern construction in seismic regions and the requirements for their design and construction are considered. The values of the parameter taking into account the admissible values of the relative inelastic deformation of the system in the norms of different times of the CIS are given. It follows from the analysis that structural systems of the same type are endowed with different values of the specified parameter, which ultimately leads to different values of the design seismic load.

Based on the analysis of the consequences of world earthquakes and calculation methods for assessing the seismic resistance of buildings and structures, a table of vulnerability (strength) of the considered types of buildings was compiled, harmonized with the EMS-98 scale.

The features of the formation of seismic loads and proposals for taking them into account in the design of structural systems of residential and civil buildings are considered.

A comparison diagram was obtained in percent of the initial acceleration for the capital cities of the regions of the Republic of Uzbekistan for soils of category II in terms of seismic properties and earthquake recurrence according to the OSR 2017 map.

Requirements have been developed for the formation of special technical conditions for the design

of a specific building with a new structural system, the characteristics of which do not meet the requirements of prescriptive standards (for example, in terms of number of story's, span of load-bearing structures, building height and other parameters).

KEYWORDS: seismic areas, modern construction, seismic norms, updating, design, design requirements, calculated parameters of seismic hazard, special technical conditions.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

За последние годы наблюдается строительный бум, особенно в Республике Узбекистан, ориентированный на возведение высотных до 51-этажных жилых домов и 20-40-этажных зданий многофункционального назначения – это банки, гостиницы, бизнес-центры и др. Это абсолютно новый вид строительства для страны, расположенной в сейсмических районах. Даже привычные ранее конструктивные системы претерпели значительные конструктивные изменения, которые выходят за рамки ограничений норм.

Такой вид строительства в Узбекистане, да и в других странах СНГ, не регламентируется и не поддерживается действующими нормами проектирования и не подкреплен качественными материалами с высокой гарантированной прочностью, конструктивными элементами, снижающими эффекты сильных землетрясений, а также полноценными сейсмологическими данными площадок строительства и др. [1].

Высотные и здания повышенной этажности возможно проектировать и возводить в Узбекистане на основании специальных технических условий (СТУ). Однако заказчик редко обращается в специализированную организацию, довольствуясь некачественными СТУ собственной разработки; обходится тривиальным расчетом, предназначенным для зданий средней этажности, тем самым экономит свои затраты на разработку полноценных СТУ.

Необходимость разработки СТУ требуется во многих странах мира, в которых нормы проектирования являются предписывающими. Нормы Узбекистана, как и нормы всех стран СНГ, являются предписывающими (делай так и только так) и поэтому возникает необходимость разработки специальных технических условий.

Необходимость разработки СТУ исключается в странах, в которых нормы проектирования являются параметрическими, примером являются нормы Японии [2]. Переход на параметрические нормы требует очень высокой культуры строительства. Необходимо активизировать деятельность институтов, разрабатывающих СТУ, повысить мотивацию необходимости и обязательности разработки СТУ.

Другим аспектом пересмотра и корректировки сейсмических норм является упорядочение расчетных параметров сейсмической опасности (карты



ОСР, карты МСР, местные эффекты сейсмических сил и др.).

Целью настоящей работы является разработка:

- предложений по актуализации тех положений норм, которые больше всего влияют на сейсмическую надежность зданий современного строительства;
- конструктивных предложений по ряду конструктивных систем, ориентированных на технико-экономическую целесообразность их применения;
- предложений по назначению расчетных сейсмических сил.

ОСОБЕННОСТИ КОНСТРУКТИВНЫХ СИСТЕМ СОВРЕМЕННОГО СТРОИТЕЛЬСТВА В СЕЙСМИЧЕСКИХ РАЙОНАХ И ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО ТРЕБОВАНИЯМ К ИХ ПРОЕКТИРОВАНИЮ И КОНСТРУИРОВАНИЮ

Нормы проектирования в сейсмических районах за последние 25-30 лет претерпели незначительные изменения. Однако существенные изменения претерпела палитра конструктивных систем жилищно-гражданского строительства и конструктивные решения.

Если рассматривать новые конструктивные типы жилых зданий, то вырисовывается такая картина: применяемые 25-30 лет тому назад конструктивные системы в настоящее время практически не находят применения. А если и применяются, то с существенными конструктивными отличиями.

Их место заняли неисследованные системы, на проектирование которых действующие сейсмические нормы не имеют полноценных расчетных и конструктивных рекомендаций. К таким системам относятся: безригельные системы, системы с так называемыми скрытыми ригелями, здания с гибкими первыми этажами, каркасно-стеновые конструкции с различным процентом соотношения стен и колонн, рамно-связевые системы, в которых вместо диафрагм используются короткие пилоны, Т-образные колонны, псевдокомплексные кирпичные здания до 7-9 этажей под видом каркасных систем, крупнопанельные здания с разряженными шпонками и составным перекрытием из многопустотных железобетонных плит безопалубочного виброформования (без шпонок на продольных гранях и арматурных выпусков по торцам), монолитные плоскостеновые железобетонные дома с единственной в продольном направлении внутренней несущей стеной, конструктивные системы, несущие конструкции которых армированы композитной арматурой практически с нулевым удлинением после разрыва, многоэтажные дома из гипсокартона системы KNAUF, усиленного гнутыми тонколистовыми стальными профилями и т. д. Для указанных конструктивных систем в действующих сейсмических нормах стран СНГ, как правило, отсутствуют рекомендации по назначению значений

коэффициентов редукции, этажности, упругопластических характеристик, а также конструктивные мероприятия, назначаемые без расчета и др.

Таким образом, в первую очередь для проектирования новых конструктивных систем в действующих нормах следует актуализировать такие параметры, значения которых изменяются в зависимости от типа несущих конструкций здания. Это упругопластические характеристики системы, которые предопределяют значение коэффициента редукции. Это повреждаемость и уязвимость конструкций при землетрясениях, которые в какой-то мере диктуют такие параметры здания, как этажность, шаги и пролеты несущих конструкций. И наконец, мероприятия, назначаемые из конструктивных соображений, которые, как правило, привязаны к конкретному конструктивному типу здания.

По сейсмическим нормам бывшего СССР на всех территориях были установлены для массового строительства жилищно-гражданских зданий одинаковые как по названию, так и по сути, типовые конструктивные системы, в том числе кирпичные, каркасные и плоскостеновые конструктивные системы. Все эти конструктивные системы рассчитывались по одинаковой методике при одних и тех же значениях упругопластических параметров, этажности, шаги и пролеты несущих конструкций, а также мероприятия, назначаемые из конструктивных соображений, были практически одинаковыми. Все конструктивные типы зданий проходили тщательные экспериментальные исследования как в головных институтах, так и в периферийных. В периферийных институтах республик, расположенных на сейсмоопасных территориях, проводились до исследования конструкций однотипных конструктивных систем, имеющих отличительные особенности, привязанные к местным условиям и технологиям их возведения.

Таким образом, для перечисленных новых конструктивных систем необходимо найти место в перечне конструктивных систем сейсмических норм, каким-то образом (расчетным или экспериментальным) ранжировать их по степени уязвимости и повреждаемости, определить так называемый уровень их природной сейсмостойкости по отношению к известным конструктивным системам. Эти новые конструктивные системы необходимо наделить значениями коэффициента редукции, учитывающего допускаемые повреждения конструкций. При невозможности установления корректных значений коэффициентов редукции по отношению к новым конструктивным системам, их необходимо проектировать на основании специальных технических условий (СТУ).

Не берусь судить, хорошо это было или плохо, но однозначно – был какой-то хороший порядок. И надо указать, что недостаточно хорошо экспериментально изученные новые конструктив-



ные системы, поспешно внедрённые в строительство, негативно проявлялись при реальных землетрясениях. В целом, конструктивные системы массового типа, технические решения и рекомендации их проектирования базировались на результатах экспериментов, достаточно хорошо переносили реальные землетрясения, в том числе и расчётные.

В настоящее время практически все страны СНГ имеют свои национальные нормы: хорошо это или не очень? Наверное, хорошо в том смысле, что каждая республика отражает в своих национальных нормах особенности, свойственные стране. Это в основном касается параметров сейсмической опасности, менталитета, экономических и других возможностей. Однако следует указать, что в конструктивном отношении все конструктивные системы во всех нормах сохранили в основном привычные нам всем формулировки названий, но практически во всех сейсмоопасных республиках начали возводить здания с применением конструктивных систем с одними и теми же названиями, но существенно отличающимся содержанием. Например, здания с привычным названием каркасной системы, возводимые сегодня в России, Узбекистане, Казахстане, Грузии и др., очень серьёзно отличаются друг от друга и от традиционных в конструктивном отношении. Многие из них привязаны к новым современным технологиям сборного и монолитного домостроения. По-хорошему, они должны иметь иные названия, отражающие специфику их конструктивных решений. И следует отметить, что практически ни в одном нормативном документе стран СНГ не отражаются эти специфические свойства конструктивных систем с одинаковыми названиями, но различных по сути.

Если мы возьмёмся сравнивать значения, например, упругопластических параметров одноимённых конструктивных систем, их этажность и др., приведённых в разных национальных нормах, то

Таблица 1 - Значения коэффициентов редукции

Тип несущей конструкции	Нормы страны				
	Казахстан	Украина	Россия	Армения	Узбекистан
Панельные здания	0,2	0,25-0,35	0,25	0,5-0,55	0,17-0,54 (для разных элементов)
Железобетонные каркасы	0,25	0,25-0,45	0,3-0,4	0,4-0,45	
Кирпичные здания	0,4	0,4-0,45	0,4	0,6	
Металлические каркасы	0,3	0,25-0,3	0,22-0,25	0,3-0,35	

Таблица 2 - Предельная этажность зданий различных конструктивных систем по нормам стран СНГ

Нормы страны	Конструктивная система								
	Панельные			Рамные каркасы			Связевые каркасы		
	Баллы								
	7	8	9	7	8	9	7	8	9
Казахстан	16	12	9	9	7	5	20	16	12
Украина	20	16	10	7	5	3	16	12	9
Россия	16	14	12	7	5	3	16	12	9
Армения	16	14	12	16	14	12	16	14	12
Узбекистан	20	16	12	12	9	6	16	12	9

не получим тождественных значений. В таблице 1 приведены значения параметра, учитывающего допускаемые значения относительной неупругой деформации системы, норм разных времён некоторых стран СНГ. Из анализа следует, что однотипные конструктивные системы наделены разными значениями указанного параметра, что в конечном итоге приводит к различной величине расчётной сейсмической нагрузки. Правильно ли это? Надо найти ответ.

Заметим, что и названия коэффициента, учитывающего допускаемые значения упругопластических параметров здания, в нормах стран СНГ разные:

Украина: K_1 – коэффициент, учитывающий неупругие деформации и локальные повреждения здания;

Казахстан: K_2 – коэффициент редукции, учитывающий конструктивные решения здания;

Армения: K_1 – коэффициент, учитывающий допускаемые повреждения конструкций при землетрясениях;

Россия: K_1 – коэффициент, учитывающий допускаемые повреждения зданий и сооружений;

Узбекистан: r – коэффициент редукции, зависящий от допускаемой относительной неупругой



Таблица 3 - аблица уязвимости (прочности) каркасных систем (гармонизированная со шкалой EMS-98)

	Конструктивный тип здания	Этаж- ность	Вероятный класс уязвимости							
			A1	A2	B	C	D	E	F1	F2
1	Жесткие здания с гибкими нижними этажами	8		—	—					
2	Системы с неполным монолитным железобетонным каркасом	7-8		—	—					
3	Монолитные железобетонные безригельные каркасные системы	7-8		—	—					
4	Монолитные железобетонные каркасные здания с кирпичным заполнением, участвующим в восприятии сейсмических нагрузок. Вариант 1	8			—	—				
5	Монолитные железобетонные каркасные здания с заполнение кирпичной кладкой не участвующей в восприятии сейсмических нагрузок с ригелями в двух направлениях	6			—	—	—	—		
6	Монолитные железобетонные каркасные здания с кирпичным заполнением, участвующим в восприятии сейсмических нагрузок. Вариант 2	8			—	—	—	—		
7	Рамно-связевые каркасные здания из монолитного железобетона	9-10			—	—	—	—		
8	Связевые каркасные системы из монолитного железобетона	9-10			—	—	—	—		
9	Каркасно-стеновые безригельные системы из монолитного железобетона	7-9			—	—	—	—		

Примечания к таблице 3:

1. Классы уязвимости A, B, C, D, E, F расположены в порядке их увеличения по уровню сейсмостойкости и двум подклассам уязвимости A2 и F2, где A2 – «абсолютная уязвимость» (хуже, чем класс A), а F2 – «гарантированная надёжность» (лучше, чем F).

2. Вариант 1 в строке 4 означает, что возведение каркаса опережает возведение кирпичного заполнения, участвующего в работе, опережает возведение монолитного каркаса.

3. Вариант 2 в строке 6 означает, что кирпичное заполнение стен, участвующее в работе, опережает возведение монолитного каркаса. Практически все перечисленные конструктивные системы каркасных зданий, перечисленные в таблице 3, не попадали под воздействие сильных землетрясений на территории республик Центральной Азии. Дефицит их сейсмостойкости определяется как разность между уровнем сейсмостойкости сооружения и величиной возможного сейсмического воздействия на площадке строительства.



деформации элемента (заметьте, не здания в целом) и периода собственных колебаний здания.

Если мы возьмём значения допускаемых поэтажных перекосов здания, то и их значения разнятся между собой для одних и тех же конструктивных систем по нормам стран СНГ.

Аналогичная картина по требованиям к этажности зданий, что показано в таблице 2.

Мы рассмотрели данные для зданий, конструктивные системы которых имели под собой основание в виде обширных экспериментальных исследований. Если мы обратимся к сейсмическим нормам Узбекистана – значениям упругопластических характеристик как для здания в целом, так и для отдельных элементов, то следует указать, что все они получены по результатам прямых экспериментальных исследований известных нам конструктивных систем. Поскольку упругопластические свойства системы очень чувствительны к типу конструктивной системы, тогда для новых типов зданий необходимо будет выполнять целый цикл испытаний для получения истинных значений или близких к ним для новых типов конструктивных систем зданий.

В условиях полного отсутствия экспериментальных данных из-за того, что в настоящее время практически во всех странах СНГ не проводятся обширные экспериментальные работы, получить достоверные данные лишь по результатам расчётов, модельного проектирования не представляется возможным. В этой ситуации в первое время значения коэффициентов редукции можно будет назначать в составе специальных технических условий, основываясь, например, на экспертном ранжировании уязвимости новых систем и расчётной оценке периодов их основного тона.

Надёжность строительных конструкций зданий при сейсмическом воздействии достигается совместным применением расчёта и основных положений по проектированию, включающих объёмно-планировочные решения и конструктивные элементы. Ни один из этих двух элементов проектирования не является достаточным для разработки проекта сейсмостойкого объекта и ни один не достаточен для суждения о его сейсмостойкости.

Для получения объективных оценок данных о сейсмостойкости зданий, их оценка, обобщённая и многофакторная, учитывает значительное количество неопределённостей, в том числе прогноз времени, места, интенсивности, спектра, длительности землетрясения, а также диссипативные способности сооружения, склонность к прогрессивному разрушению и др.

Немаловажным при этом является возможность учёта эмпирических данных о поведении различных сооружений при землетрясениях, конструктивных особенностей, общее понимание механизмов сейсмических разрушений.

Влияние отдельного фактора на общую сейсмо-

стойкость здания зависит от многих параметров. Сложность количественной оценки всех этих факторов позволяет представить каждый из них в виде произведения,

$$S = \sum_{i=1}^4 a_i S_i,$$

где a_i – удельный вес данного фактора по его влиянию на общую сейсмостойкость конструкции; S_i – выраженная в долях единицы степень соответствия данного фактора для рассматриваемого объекта в реальном случае по сравнению со случаем, когда данный фактор полностью соответствует требованиям действующих регламентов или нормативных документов, или имеет наивысшую оценку сейсмостойкости (равную единице).

Здесь и далее не приводятся процедуры расчётов значения S для рассматриваемых конструктивных типов зданий.

Многие рассматриваемые типы конструктивных систем были идентифицированы с аналогичными типами в зарубежных странах, которые подвергались землетрясениям расчётной интенсивности. Эти данные были использованы при анализе конструктивных систем, возведённых в городах Узбекистана, и их ранжировании по уязвимости или несущей способности.

Таким образом, на основании анализа последствий мировых землетрясений, расчётных методов оценки сейсмостойкости с использованием факторов, определяющих сейсмостойкость строительных конструкций зданий и сооружений, была составлена в первом приближении таблица уязвимости (прочности) рассматриваемых типов зданий, гармонизированная со шкалой EMS-98.

Данные Таблицы 3 могут быть откорректированы после проведения, например, натурных исследований несущей способности новых типов зданий с использованием сейсмометрических методов.

В действующие сейсмические нормы Узбекистана введены рекомендации по проектированию новых конструктивных типов гражданских зданий, в том числе безригельных каркасов, жёстких зданий с гибкими первыми этажами, каркасно-стеновых систем и др.

Безригельные псевдорамные системы являются самыми уязвимыми при землетрясениях. Недостатки безригельных каркасов проявляются в том, что отсутствие ригелей не позволяет обеспечить жёсткие узлы соединения с колонной, что приводит к увеличению (в 4 раза) пролётных моментов в плитах, при сейсмических воздействиях колонны значительно перегружаются, система имеет большие перемещения. Всё это является причиной высокой повреждаемости безригельных систем при землетрясениях. Колонны при образовании трещин в зоне примыкания плит могут начать работать по консольной схеме на всю высоту здания, а не как рама, что весьма опасно. Опасно



и то, что многие проектировщики довольно вольно оперируют вводимой в расчёт шириной ригеля безригельной системы. Иногда ригель принимают шириной 100, 200, 300 см и более. В таких случаях расчёт даёт удовлетворительные результаты по несущей способности системы.

В основу концепции и технических решений заложена возможность разгрузки стоек и зоны опирания плит от воздействия горизонтальных и вертикальных сейсмических нагрузок. Для этого предлагается проектировать, как правило, связевые безригельные системы, в которых горизонтальные сейсмические нагрузки расчётами 100% воспринимаются связями в виде диафрагм жёсткости, ядер жёсткости и др. Кроме этого, по осям колонн в ортогональных направлениях необходимо организовать зоны усиленного армирования, включая применение жёсткой арматуры. По периметру зданий по осям крайних колонн следует устраивать ригели. В качестве ядер жёсткости могут быть использованы лестнично-лифтовые клетки в тех случаях, когда они не создают большие эксцентриситеты между центрами масс и жёсткостей. В зданиях высотой более 2 этажей сечения стоек (колонн) должны быть не менее 50х50 см, а при сейсмичности 9 и более баллов иметь в сечении стоек первого этажа жёсткую арматуру [1].

В Узбекистане здания с гибким первым этажом практически не возводились. В настоящее время объём их строительства растёт. Поэтому этот тип зданий, как наиболее уязвимый при землетрясениях, нуждается в своём совершенствовании. Главная причина разрушения зданий с гибкими первыми этажами – это потеря устойчивости стойками из-за значительных перемещений.

Из-за огромной разницы жёсткостей первого этажа и верхних этажей самым опасным участком становится сечение колонны на границе перехода их в заделки в фундамент и ригель. При землетрясении происходит смятие бетона колонны почти одновременно по концам заделки. Происходит раздробление бетона в зоне заделки и при больших перемещениях – потеря устойчивости колонн и их полное разрушение.

Одним из путей совершенствования систем с гибким первым этажом является выравнивание жёсткостей первого и вышележащих этажей. Реализовать эту задачу без дополнительных затрат и без ущерба гибкости планировки первого этажа практически невозможно. Рекомендованы и внесены в нормы [1] для детальной последующей разработки следующие приёмы повышения сейсмостойкости жёстких зданий с гибкими первыми этажами:

- перевод жёстких верхних этажей в гибкую систему;
- введение элементов повышения жёсткости первого гибкого этажа.

Повышение жёсткости гибкого этажа рекомен-

довано осуществлять, например, путём принятия следующих конструктивных решений:

- сечения колонн первого этажа должны быть не менее 50х50 см для
- зданий до 9 этажей;
- введение в сечение железобетонной колонны первого этажа жёсткой арматуры; при этом минимум 70% прочности сечения колонны должна обеспечивать жёсткая арматура;
- введение дополнительных элементов жёсткости в конструкции первого гибкого этажа в виде диафрагм жёсткости в крайних продольных и поперечных шагах каркаса. При этом жёсткие элементы могут быть предусмотрены и за пределами здания в виде пристроек, как в поперечном, так и в продольном направлениях. Для целей повышения жёсткости гибкого этажа могут быть использованы конструкции лестнично-лифтовой шахты;
- не допускаются безригельные конструкции перекрытий. При этом ригели должны присутствовать в двух ортогональных направлениях. Рекомендуется ригель в зоне соединения с колонной первого этажа также усилить дополнительно жёсткой арматурой. Это позволит избежать смятия колонны в зоне соединения колонн с ригелем;
- рекомендуется перекрытия выполнять, как правило, в монолитном варианте. Допускается использование в качестве перекрытия железобетонных плит пустотного настила безопалубочного виброформования. При этом они используются в качестве несъемной опалубки для монолитного перекрытия.

Для обсуждения в таблице 4 приводятся требования к предельной этажности новых типов конструктивных систем жилищно-гражданских зданий.

В странах дальнего зарубежья, расположенных на сейсмоопасных территориях, таких как Япония, США, Китай, Македония, Италия, Новая Зеландия и др., экспериментальным исследованиям новых конструктивных систем, материалов, конструкций уделяется огромное внимание. В этих и других странах не сворачиваются экспериментальные исследования, а наоборот, получают дальнейшее развитие и совершенствование.

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ СЕЙСМИЧЕСКИХ НАГРУЗОК И ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО ИХ УЧЕТУ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ КОНСТРУКТИВНЫХ СИСТЕМ ЖИЛИЩНО-ГРАЖДАНСКИХ ЗДАНИЙ

Сейсмологическая часть норм, которая участвует в формировании сейсмических нагрузок, состоит из следующих данных: геофизические параметры грунтов основания, спектральные кривые, повторяемость землетрясений различной интенсивности



Габаритные параметры из железобетонных и металлических конструктивных систем						
№ п/п	Несущие конструкции	(Высота здания, м) и число этажей при сейсмичности площадки				
		7	8	9	>9	9*
1	2	3	4	5	6	7
1	Одноэтажные каркасы					
1.1	Металлические (стальные) каркасы	ТНСП	ТНСП	ТНСП	11	7,5
1.2	Железобетонные каркасы	ТНСП	ТНСП	15	11	7,5
2	Многоэтажные каркасы					
2.1	Металлические (стальные) каркасы:					
	а) рамно-связевые, связевые	(70)20	(56)16	(42)12	(19)5	(12)3
	б) рамные;	(42)12	(33)9	(24)7	(12)3	(8)2
2.2	Монолитные железобетонные каркасы, в т.ч. сборные перекрытия:					
2.2.1	рамный с ригелями в ортогональных направлениях без диафрагм;	(24)7	(19)5	(12)3	(8)2	-
2.2.2	связевой или рамно-связевой;	(56)16	(42)12	(33)9	(15)4	(12)3
2.2.3	безригельный (без диафрагм);	-	-	-	-	-
2.2.4	безригельный связевой с диафрагмами, ядрами жесткости и ригелями по периметру здания;	(33)9	(24)7	(19)5	-	-
2.2.5	рамный с жесткой арматурой;	(42)12	(33)9	(24)7	(12)3	
2.2.6	каркасно-каменные;	(38)10	(24)7	(19)5	(8)2	
2.2.7	рамный с диафрагмами из штучной кладки;	(33)9	(21)6	(15)4	(12)3	
2.2.8	жесткие здания с «гибким» первым этажом;	(24)7	(19)5	(12)3	-	
2.2.9	каркасно-стеновые;	По техническим условиям				
2.2.10	конструктивные системы с элементами сейсмоизоляции;	По техническим условиям				
2.2.11	конструктивные системы с элементами сейсмогашения;	По техническим условиям				
2.2.12	сборные и сборно-монолитные железобетонные каркасные системы (за исключением сборных перекрытий);	По техническим условиям				
2.2.13	каркасные системы с неполным каркасом	-	-	-	-	
2.2.5	рамный с жесткой арматурой;	(42)12	(33)9	(24)7	(12)3	
2.2.6	каркасно-каменные;	(38)10	(24)7	(19)5	(8)2	
2.2.7	рамный с диафрагмами из штучной кладки.	(33)9	(21)6	(15)4	(12)3	

Примечание: допускается применение указанных в таблице конструктивных систем повышенной этажности, запроектированных по специальным техническим условиям.

и ускорения из карты общего сейсмического районирования, местные эффекты по карте микросейсморайонирования территории. Некоторые нормы

имеют данные по спектральному составу ожидаемых землетрясений, вероятностные карты с различной степенью сейсмического риска.



Рисунок 1 – Диаграмма сравнения в процентах исходного ускорения для столичных городов областей Республики Узбекистан для грунтов II категории по сейсмическим свойствам и повторяемости землетрясений по карте ОСР 2017

Другая группа коэффициентов, формирующих сейсмическую нагрузку, не зависит напрямую от данных сейсмической опасности, которые либо усиливают, либо снижают эффекты от расчетных землетрясений. Как правило, большинство указанных коэффициентов имеет значения больше 1 для наиболее массовых типов современных зданий. Сейсмологическая часть норм часто подвергается изменениям. При этом ускорения (балльность) в картах общего сейсмического районирования (ОСР), как правило, увеличиваются, что приводит зачастую к неоправданному увеличению экономических и материальных затрат.

Карта ОСР-78, которая функционировала до недавнего времени, нужно отметить, что она очень редко подводила, за исключением нескольких случаев превышения на 1 балл в населенных пунктах. Немногим более 40 лет ее применения небольшой срок для установления ускорения в баллах. Это касается карты ОСР-2017 Узбекистана, разработанной Институтом сейсмологии АН РУ. На диаграмме (рис.1) приведены сравнительные данные в процентах исходного ускорения для столичных городов областей Республики Узбекистан по карте ОСР-78 и ОСР-2017.

Отличительные особенности данных карты ОСР-2017, которые произошли за 5-7 лет, по сравнению с данными ОСР-78 приведены ниже.

ОТЛИЧИТЕЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ КАРТЫ ОСР-2017:

- Количество населенных пунктов (НП) – 512 (вместо 361 по ОСР - 78)
- Повторяемость изменена в 156 НП до 10 и более раз

- 10 НП из 10-балльного района переведены на 9 и 8-балльные районы.
- В восьми НП понижена балльность.
- В 34 НП повышена балльность, в том числе на 2 балла.
- К 7-балльной зоне относятся ускорения от 100 до 195 см/с² с градацией 5 см/с², всего 19 значений вместо 100 см/с².
- К 8-балльной зоне относятся ускорения от 200 до 395 см/с² с градацией 5 см/с², всего 41 значение вместо 200 см/с².
- К 9-балльной зоне относятся ускорения от 400 до 470 см/с² с градацией 5 см/с², всего 14 значений вместо 400 см/с².
- Районы >9 баллов отсутствуют и не имеют значений ускорения вместо 586 см/с².
- Из карты исчезли районы ВОЗ– 9* с ускорением 800 см/с².

Следует указать, что инженерный анализ землетрясений на территории стран СНГ, начиная со Спитакского землетрясения, показал, что нет ни одного случая разрушения здания или значительных его повреждений после землетрясения расчетной интенсивности по причине заниженной расчетной сейсмической нагрузки с ускорениями (балльностью), подсчитанными с применением карты ОСР-78. Это объясняется тем, что на выходе расчетное ускорение увеличивается за счет коэффициентов, не зависящих напрямую от сейсмической опасности, до 6-8 раз. И надо указать, что ожидаемые эффекты от применяемых коэффициентов могут не проявляться. Таким образом, расчетные ускорения с лихвой перекрывают увеличение балльности (ускорений) и повторяемости землетрясений по новым картам, достоверность кото-



рых весьма трудно поддается проверке.

Структура формирования сейсмических сил по нормам не требует дальнейшего их увеличения для восприятия землетрясений за счет расчетно-теоретического способа увеличения значений ускорений в современных картах. Эти строки могут быть восприняты отрицательно сейсмологами, математиками, геофизиками, создающими новые карты ОСР. Однако одно очевидно, доказуемость столь разительных изменений ускорений и повторяемости за короткий отрезок времени, что приводит к неоправданным, по нашему мнению, дополнительным экономическим затратам сейсмостойкого строительства. И если на самом деле эти разительные прогнозы окажутся правильными, что весьма трудно контролировать, то эти завышенные ускорения и изменения повторяемости можно использовать для оценки сейсмического риска городов и населенных пунктов и ранжирования их по индексу сейсмического риска. И это будет верхним пределом оценки сейсмического риска зданий и сооружений существующей застройки, проводимой, как правило, ведомствами Министерств по чрезвычайным ситуациям каждой страны. А в настоящее время так сложилось, что методика расчета сейсмических сил, заложенная в нормах, с учетом данных карт ОСР-78, при прочих равных условиях, удовлетворяет требованиям по сейсмобезопасности зданий и сооружений при известных нам землетрясениях расчетной интенсивности.

В связи с потребностями проектирования и строительства зданий перед сейсмологами стоят большие задачи по удовлетворению требований строителей в части:

- установления превышения интенсивности против существующей карты ОСР страны;
- оценки интенсивности и прогнозы землетрясений в ближайшие отрезки времени – 30, 50 и 100 лет;
- установления спектральных характеристик землетрясений (прогнозирование акселерограмм) с учетом грунтовых условий;
- установления активной части временной записи и повторяемости (магнитуда и повторяемость);
- декрементов затухания в зависимости от балльности;
- разработки карт микросейсмрайонирования городов и населенных пунктов с их полноценным наполнением местными эффектами и др.

Все нормы стран СНГ имеют рекомендации по расчету конструкций зданий на физическом уровне, когда сейсмические силы принимаются по акселерограммами реальных или искусственных землетрясения. Философия расчета на акселерограммам, заложенная в нормах Узбекистана, ориентирована не на подбор сечения элементов конструкций здания, а на проверку деформативных свойств здания, запроектированного по спектральному методу.

ОБ ОТДЕЛЬНЫХ ТРЕБОВАНИЯХ ПО РАЗРАБОТКЕ СПЕЦИАЛЬНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ

Специальные технические условия – мининормы для проектирования конкретного здания с новой конструктивной системой, характеристики которого не отвечают требованиям предписывающих норм, например по этажности, шагам и пролетам несущих конструкций, высоте, а также другим параметрам. Разработанность методики создания специальных технических условий находится на среднем или низком уровнях.

Главная цель СТУ – обеспечение проектировщика инструментом, который позволит ему проектировать новые типы зданий новых типов конструктивных систем. СТУ должны содержать отсутствующие в предписывающих нормах мероприятия, компенсирующие отрицательное влияние вынужденных отступлений на сейсмостойкость проектируемого здания. При этом, мероприятия должны быть конкретными и нацеленными на обеспечение достаточной сейсмобезопасности нового типа зданий. Эти мероприятия должны касаться устройства основания и фундаментов объекта, расчетных характеристик для расчета сейсмических сил, а также конструктивных мероприятий, обеспечивающих развитие допускаемых упругопластических деформаций конструкций здания.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. КМК 2.01.03-19 «Строительство в сейсмических районах» / Госархитектстрой РУз, Ташкент, 2019. – 111 с.
2. SNIP Технические регулирования в строительстве. Аналитический обзор мирового опыта. SNIP Innovative Technologies; рук. Серых А. – Чикаго: SNIP, 2010 -889 с.

REFERENCES

1. Construction in earthquake prone areas. КМК 2.01.03-19 (2019)
2. Serih A. (ed). (2010). SNIP Technical Regulation in Construction: Analytical Review of World Experience. SNIP Innovative Technologies. Chicago: SNIP

Статья поступила в редакцию 28.07.2021 года.



Doi: <https://doi.org/10.33644/2313-6669-14-2021-6>

УДК 624.042.7; 699.841



НЕМЧИНОВ Ю.І.

Д-р техн. наук, професор, заступник директора інституту по науковій роботі, Державне підприємство «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



МУРАШКО О.В.

Канд. техн. наук, доц, Одеська державна академія будівництва і Архітектури. Головний інженер, ПП «Капітель-М», м. Одеса, Україна, e-mail: alexeymurashko@gmail.com, тел.: +38 (067) 773-35-03, ORCID: 0000-0002-2812-5951



ЄЛЬКІН О.В.

Канд. техн. наук, Директор департаменту науково-технічного розвитку КП «Будова» м. Одеса, Україна, e-mail: elkin-alex@ukr.net, тел.: + 38 (067) 486-23-42, ORCID: 0000-0002-3043-5107



ІВАНОВА О.М.

Головний інженер проекту. Проектно-конструкторське бюро КП «Будова» м. Одеса, Україна e-mail: ivanovaem@ukr.net тел.: + 38 (097) 313-24-58 ORCID: 0000-0002-5945-8572



КАЛІНІЧЕНКО А.С.

Головний інженер проекту. Відділ технологічного проектування КП «Будова» м. Одеса, Україна e-mail: Kb2a.precast@gmail.com тел.: + 38 (093) 036-63-44 ORCID: 0000-0001-9237-4218



БАРАБАШ М.С.

Д-р. техн. наук, проф., Національний авіаційний університет, директор, ТОВ «ЛІРА САПР», м. Київ, Україна, e-mail: bmari.lira@gmail.com, тел.: +38 (095) 286-39-90, ORCID: 0000-0003-2157-521X



КУБІЙОВИЧ М.І.

Головний конструктор з інноваційного проектування. ПП «Капітель-М» e-mail: kubiyovych_m@ukr.net, тел.: +38 (066) 314-36-85, ORCID: 0000-0002-8500-032X



ДІКОЛЬ К.В.

Головний конструктор проекту. ПП «Капітель-М» e-mail: junkcombat@gmail.com, тел.: +38 (066) 299-81-68, ORCID: 0000-0002-9054-5500

НАУКОВО-ТЕХНІЧНИЙ СУПРОВІД ІНДУСТРІАЛЬНОГО БУДІВНИЦТВА ЗІ ЗБІЛЬШЕНИМ КРОКОМ НЕСУЧИХ СТІН У СЕЙСМІЧНИХ РАЙОНАХ

АНОТАЦІЯ

Робота присвячена вирішенню низки проблем, що виникають при експериментальному індустріальному будівництві конструктивних систем зі збільшеним кроком несучих стін на прикладі проекту, що реалізується компанією

КП «Будова». Аналіз світового та вітчизняного досвіду проектування та будівництва великопанельних будівель в сейсмічних районах, натурних випробувань наслідків руйнівних землетрусів свідчить про значні переваги засто-



сування таких конструктивних систем. Це обумовлено перш за все, значною жорсткістю та суттєво підвищеною якістю конструкцій, що виготовляються в заводських умовах. По-друге, індустріальне будівництво дозволяє скоротити терміни будівництва та трудомісткість при виготовленні та монтажі, що веде за собою зниження вартості будівництва. По третє, ступінь пошкодження великопанельних будівель під час землетрусу, як правило, на 1-2 ступені нижче, ніж інших конструктивних систем. При усіх перерахованих перевагах слід відмітити, що про застосування перекриттів прольотом більш ніж 6,4 м не проводилося. А на сьогоднішній день на планувальні рішення зі збільшеними прольотами є суттєвий попит на ринку житлової та громадської нерухомості. Тому напрям досліджень сейсмостійкості індустріальних будівель систем зі збільшеним кроком несучих стін є актуальним.

До першочергових проблем, що виникають при розрахунку, при конструюванні, слід віднести особливості формування розрахункових моделей, розрахунку та аналізу результатів. Для вирішення проблем, що виникають при генерації розрахункових моделей та процесу розрахунку було модифіковано препроцесор та розрахунковий інструментарій програмного комплексу «LIRA-SAPR», що спростило формування моделей та розрахунок з урахуванням особливостей роботи з урахуванням нелінійності. Для вирішення конструктивних проблем, що пов'язані з відхиленням від конструктивних вимог ДБН В.1.1-12 були розроблені компенсаційні заходи, для перевірки яких було проведено низку експериментальних лабораторних та натурних досліджень, які підтвердили можливість застосовувати запропоновану систему в районах з рівнем сейсмічних впливів 6-8 балів.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: індустріальне будівництво, сейсмостійкість, збільшений крок стін, науково-технічний супровід

SCIENTIFIC AND TECHNICAL SUPPORT OF INDUSTRIAL CONSTRUCTION WITH INCREASED PITCH OF LOAD-BEARING WALLS IN SEISMIC AREAS

ABSTRACT

This work is concerned with the solution of a number of problems that arise during the experimental industrialized construction of the structural systems with increased pitch of load-bearing walls on the example of the project that is implemented by the "Collective Company BUDOVA". Analysis of world and domestic experience in the design and construction of the large-panel buildings in seismic areas, in-place

tests of the results of the devastating earthquakes demonstrates the significant advantages of such structural systems. The reason for this is firstly the significant stiffness and essentially improved quality of structures that are manufactured in the factory conditions. Secondly, the industrial construction permits to reduce the construction period and the labor intensity during the manufacture and the installation which lead to the reduction of the construction value. Third, the damage to the large-panel buildings during the earthquakes as rule is 1-2 degrees lower than to other structural systems. It is worth to remark that the use of the spans more than 6.4 m was not carried out, with this all mentioned advantages. Today there is a significant demand for the planning decisions with the increased spans in the market of residential and public estate. That's why the direction of seismic resistance of the industrial construction systems with increased pitch of load-bearing walls is relevant. It is necessary to refer the features of the calculation models formation, the calculation and the analysis of results to the first-order problems.

To solve the problems arising during the calculation models generating and the calculation process, the preprocessor and calculation tools of the software complex LIRA-SAPR was modified, which was simplified the models formation and calculation with taking into account the work features with allowance for nonlinearity. Compensatory measures have been developed to solve the constructively problems connected with the deviation from the constructively requirements of DBN B.1.1-12, to verify which a set of experimental laboratory and in-place studies investigations were conducted, and which confirm the possibility to apply of the proposed system in the areas with a level of seismic effects 6-8 points.

KEYWORDS: industrial construction, seismic resistance, increased pitch of walls, scientific and technical support.

ВСТУП

Індустріальне будівництво на сьогоднішній день є дуже поширеним за кордоном. Хоча на території колишнього СРСР ця технологія у значно спрощеному варіанті була розповсюджена ще з 70-х років минулого сторіччя. Існуючий на сьогоднішній день закордонний досвід, свідчить про застосування у сейсмічних районах конструктивних систем з кроком несучих стін, в основному 3-4 м, максимум -6,4 м.

Компанія Будова з 2015 року почала попередні роботи з розробки нової системи індустріального будівництва зі збільшеним кроком поперечних стін не лише для власних об'єктів, але й для сторонніх замовників. Основними особливостями і перевагами цієї серії є:



- великі прольоти (7,2 і більше метрів) з застосуванням екструзійних попередньо-напружених плит перекриттів,
- зовнішнє опорядження зовнішніх несучих стін склофібробетонною оболонкою, внутрішнє опорядження стінових панелей під чистову обробку, наявність у стінових панелях штроб заводського виготовлення для прокладання електричної проводки під декілька варіантів планувальних рішень квартир та проводки під систему кондиціювання для унеможливлення утворення пошкоджень у панелях мешканцями;
- відсутність на будівельному майданчику зварних з'єднань, усі необхідні зварні з'єднання виконуються у заводських умовах.

Предмет дослідження: індустріальні будинки зі збільшеним кроком несучих стін.

Об'єкт дослідження: сейсмостійкість індустріальних будинків зі збільшеним кроком несучих стін при впливах 6-8 балів.

МЕТА РОБОТИ: виконати науково-технічний супровід нової системи індустріального будівництва зі збільшеним кроком несучих стін.

Усі перераховані особливості окреслили коло проблем, які необхідно вирішувати при розрахунках, конструюванні, та підготовчих роботах до будівництва.

АНАЛІЗ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

Будівництво багатоповерхових великопанельних будинків в сейсмічних районах ґрунтувалося на проектах будівель для несейсмічного будівництва. Цьому передували значні експериментальні і теоретичні дослідження, які проводилися в ЦНДІБК ім. В.А. Кучеренко та ЦНДІЕПжитла (Москва), КазпромстройНДІпроект (Алма-Ата), ТбілЗНІЕП і ІСМіС АН Грузинської РСР (Тбілісі) і багатьох інших наукових центрах [4, 5-7, 8, 9, 11, 12]. На початку 70-х років були розроблені типові проекти нових серій житлових і громадських будівель, характеристики яких наведені в Таблиці 1 [9].

Зазвичай конструктивне рішення несучих залізобетонних панелей для районів сейсмічності 7 і 8 балів приймається однаковим [10]. Впровадженню панельних будинків передували всебічні випробування конструкцій і вузлових з'єднань в ЦНДІБК, ЦНДІЕПжитла, Казахському ПромбудНДІпроект і інших організаціях.

У 2007-2009 роках ДП НДІБК у співпраці з КримНДІпроект виконані комплексні аналітично-експериментальні дослідження в рамках науково-технічного супроводу поста-

новки на виробництво панельних будинків по фінській технології з екструзивними плитами перекриття для будівництва в сейсмічних районах [19].

В якості об'єкту досліджень були розглянуті 9-ти поверхові житлові будинки по вул. Ніканорова, 1 в м. Симферополі. Житлові будинки запроєктовані як збірні, панельні для будівництва у сейсмічних районах.

Згідно з проектом будинок має 9 поверхів і загальні розміри у плані $49,8 \times 15,5$ м. Будинок симетричний відносно поперечної осі 8, в якій розташований антисейсмічний шов. Поперечні осі будинку утворюють сітку з кроками 3,3; 3,4; 3,5 та 3,9 м, поздовжні - з кроками 5,0; 4,4; 4,0 та 2,1 м.

Фундаменти будинків – монолітні залізобетонні перехрестні стрічки з випусками для стінових панелей. За розмірами та конструкцією, без урахування дзеркальності, перший поверх будинку має 21 тип зовнішніх і 40 типів внутрішніх стінових панелей.

На основі фінської технології виготовляються трьохшарові панелі зовнішніх стін та екструзивні плити перекриття. Останні виготовляються як багатопустотні з використанням безопалубного метода з використанням попередньо напружених тросів у якості робочої арматури. Такі плити не мають арматурних випусків та шпонок на боковій поверхні. Має місце лише рифлена бокова поверхня з висотою зуба не більш ніж 10 мм, та відстанню між вершиною зубців 55 мм. За конструкцією зовнішні панелі є тришаровими. Середній шар всіх зовнішніх панелей - утеплювач товщиною $b_c = 80$ мм. Внутрішні панелі за конструкцією є залізобетонні одношарові товщиною $b_{\text{вн}} = 200$ мм. Внутрішні панелі різняться між собою геометричними параметрами та наявністю або відсутністю отворів. Арматування стінових панелей виконується арматурними стрижнями класу АПІ за ГОСТ 5781 та дротом ВрІ за ГОСТ 6727.

Основні положення використання екструзивних плит в великопанельних будинках були розроблені інститутом КримНДІпроект та можуть бути зведені до наступного:

- використовуються багатослойні панелі з одним несучим шаром товщиною 120...160 мм;
- стінові панелі мають з верхньої та нижньої поверхні арматурні випуски (в вертикальній площині), які відгинаються на верхню поверхню плит перекриття для армування "набетонки" товщиною 80 мм;
- стінові панелі мають вертикальні круглі отвори діаметром 60 мм для встановлення арматурних стрижнів діаметром 20 мм;
- плити перекриття укладаються на верхню опорну частину стінової панелі довжиною 65 мм;



Таблиця 1 - Перелік серій типових проектів великопанельних будинків для будівництва в сейсмічних районах

Типова серія	Крок поперечних стін	Поверховість	Бальність	Розробник проекту	Місце застосування
122	3,0; 3,6	5; 9	7	ЛенЗНИИЭП	Магадан (РФ)
138	2,6; 3,2	5	7; 9	ЦНИИЭПжилища	РФ
92	2,7; 3,0; 3,6	5; 9	7-8	ЦНИИЭПжилища	РФ
143	3,0; 4,2	5; 9	7-8	Молдгипрострой	Молдова
69	3,0; 3,8	5; 9	9	Казгорстройпроект	Алмати (Казахстан)
105	2,7; 3,6	4	9	Киргизгипрострой	Киргизстан
78	2,7; 3,6	4	8-9	ТашЗНИИЭП	Узбекистан
72	3,0; 6,0	5	7-8	СибЗНИИЭП	Республіка Тува (РФ)
135	3,0; 6,3	5	7-8	КБ по залізобетону	РФ
127	3,0; 4,8	4; 9	7	ТбилЗНИИЭП	Грузія
129	4,2; 5,7	9	7-8	Армгоспроект	Вірменія
148	3,0; 3,9	9	9	ТашЗНИИЭП ЦНИИЭПжилища	Ташкент
1-467АС	3,2; 6,4	5-12	7-8	КБ по залізобетону ЦНИИЭП ЛКЗ	Сочі (РФ)
Э-147	3,0; 3,6	8,9	9	ЦНИИЭПжилища ЦНИИСК, Алма-Атинский ДСК	Алмати (Казахстан)

Примітка: Навантаження на конструкції відповідали чинним на той період нормам і кліматичним районам згідно з СНІП II-6 -74

- між плитами перекриття в опорній зоні укладаються плоскі арматурні каркаси та виконується бетонування обв'язки;
- виконується монтаж верхньої стінової панелі та бетонування "набетонки" перекриття.

Таким чином, з'єднання перекриття в стінних панелях відбувається за допомогою «набетонки» перекриття і нагельних арматурних стрижнів. Завдяки «набетонці» забезпечується необхідна зсувна жорсткість, не зважаючи на незначно виражену рифлену бічну поверхню плити.

На основі аналізу світового та вітчизняного досвіду проектування та будівництва великопанельних будівель в сейсмічних районах, аналізу натурних випробувань та аналізу наслідків руйнівних землетрусів можна сформулювати наступні висновки:

1. Великопанельні житлові будівлі набули широкого поширення в сейсмічно небезпечних районах, що пов'язано з їх високою сейсмостійкістю, серед причин якої відзначають наступні [15]:
 - панельні будинки мають значну жорсткість на зсув;
 - елементи панельних будинків виготовляються в заводських умовах, що підвищує їх якість в порівнянні з іншими залізобетонними конструкціями, які зводяться на місці;
 - зміщення, що виникають вздовж швів панелей під час землетрусу, призводять до виникнення сил тертя, які надають демпфуючі властивості при сейсмічних коливаннях;
 - панельні будинки мають досить високий резерв «опору» сейсмічним коливанням: навіть якщо зруйнується один з елементів, це не призведе до повного руйнування будівлі;
 - характерним пошкодженням панельних будинків є утворення тріщин в швах, ці пошкодження не призводять до миттєвої втрати несучої здатності будівлі під час землетрусів
2. Суттєвими перевагами великопанельного домобудівництва є:
 - високий рівень індустріалізації будівництва;
 - скорочення термінів будівництва (в середньому в 1,5-2 рази);
 - зменшення трудомісткості при виготовленні та монтажі на 35-40% [13];
 - зменшення маси конструкцій до 2 разів, що призводить до відповідного зниження сейсмічних навантажень (табл. 2);
 - зменшення витрат матеріалів (табл. 3);



- зниження вартості 1 м² загальної площі на 10 -15% та загальної кошторисної вартості на 13-40%.

3. Ступінь пошкодження великопанельних будівель під час землетрусу, як правило, на 1-2 ступені нижче, ніж інших конструктивних систем.

До розглянутих вище наслідків руйнівних землетрусів показними є результати дослідження [63]. Авторами виконано ймовірнісну оцінку пошкоджень будівель різних конструктивних схем, отримані на підставі виконаного аналізу сейсмічних коливань при сценарних землетрусах, даних обстежень будівель, а також застосування функції пошкоджень будівель відповідно до Шкали сейсмічної інтенсивності MSK-64. На рисунку 1 наведено порівняння оцінок ймовірних пошкоджень будівель при землетрусах, отриманих для м. Алмати (Казахстан). Як випливає з рис. 1 великопанельні будинки є найменш вразливими.

4. Розглянуті дані свідчать про можливість розвитку конструктивних рішень великопанельних будинків для будівництва будівель підвищеної поверховості в сейсмічних районах.

1. ДЕЯКІ ОСОБЛИВОСТІ РОЗРАХУНКУ ІНДУСТРІАЛЬНОГО БУДІВНИЦТВА У СЕЙСМІЧНИХ РАЙОНАХ

При формуванні розрахункової моделі у ПК «ЛІРА-САПР» виникла низка питань, які було частково вирішено у версіях 2020-2021 року, а частково на сьогоднішній день знаходяться у розробці. До них можна віднести:

- покращена генерація сітки та стиків елементів;
- покращення розбивки стінових панелей на скінченні елементи завдяки можливості введення користувацьких ліній триангуляції стін;

Таблиця 2 - Маса будівель різних конструктивних схем, приведених до 1 м² житлової площі 4-5 поверхових будівель [5, 6]

№	Тип будівлі з несучими стінами	Маса, кН	Відносна величина маси
1	З повнотілої цегли	24,0	1
2	З віброцегляних панелей	16,0	0,67
3	Залізобетонні великопанельні	12,5	0,52
4	З об'ємних блоків	9,0-10,0	0,37-0,42

Таблиця 3 - Порівняльні техніко-економічні показники каркасно панельних і великопанельних будинків на 1 м² загальної площі, за даними [12]

Тип будинку, організація - розробник, місце будівництва	Витрати бетону, м ³				Витрата сталі, приведена до Ст.3	Кошторисна вартість, руб.*
	важкого		легкого	разом		
	збірного	Монолітного				
Каркасно-панельний ЦНИИЭПЖилища, Ташкент, Алмати	0,42	0,32	0,25	0,99	230	221
Великопанельний серії Э-109 фірма «Камю», ЦНИИЭПЖилища, Ташкент	0,77	0,43	-	1,20	120	182
Великопанельний серії Э-147 ЦНИИЭПЖилища, Алмати	0,60	0,16	0,17	0,93	93	135
Великопанельний серії 69 ЦНИИЭПЖилища, Алмати	0,69	0,04	0,15	0,88	75	131
Примітка. Кошторисна вартість приведена для порівняння						

- модифікація CE255 можливості роботи за моделлю «strain softening» (зараз знаходиться у розробці).

Особливу увагу слід приділити формуванню триангуляційної сітки з урахуванням і без урахування згладжування, бо саме наявність згладжування покращує достовірність аналізу результатів розрахунку.

Одним з найактуальніших питань при створенні будь-якої розрахункової схеми є якість триангуляційної сітки. Для збільшення точності і збіжності рішення багато інженерів прагнуть отримати якісну сітку скінченних елементів (СЕ), максимально наближених за формою до квадратів і рівносторонніх трикутників. І навпаки, велика розбіжність в розмірах СЕ, а також занадто великі або занадто малі кути між ребра-

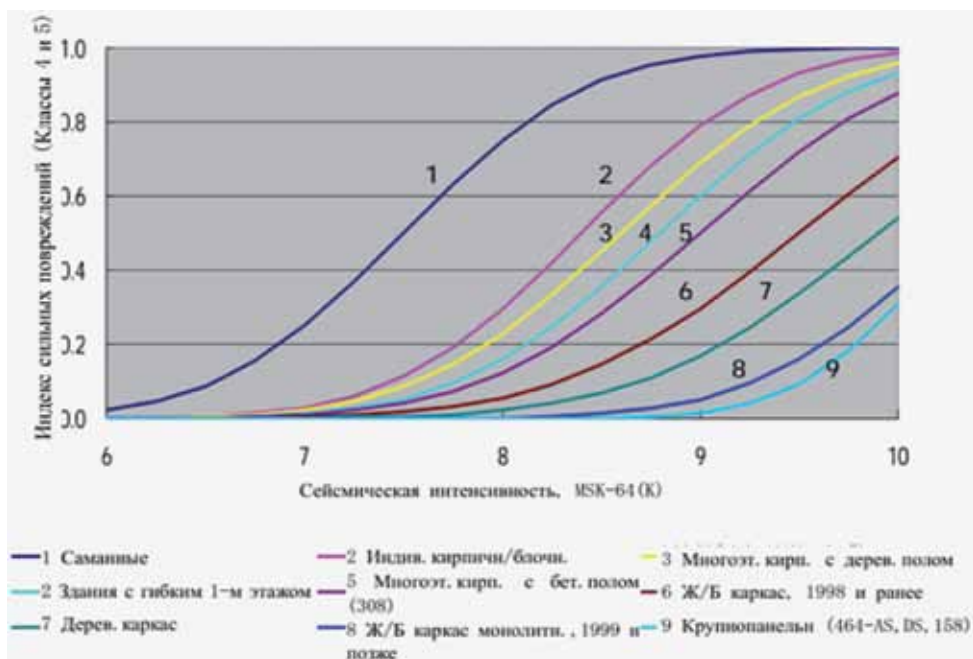


Рисунок 1 - Функції ймовірних пошкоджень будівель різних конструктивних схем характерних для м. Алмати відповідно до [14]

ми пластин можуть створити погано обумовлену матрицю, що виразиться у похибці рішення. З метою поліпшення форми СЕ використовується згладжування триангуляційної сіті.

Згладжування - це перенесення вузлів СЕ сіті як постпроцес після триангуляції з метою підвищення якості форми СЕ, прилеглих до цього вузла та об'єднання трикутних СЕ в чотирикутні в тих місцях, де це можливо.

Ідеальною формою СЕ вважаються квадрат для чотирикутних СЕ і рівносторонній трикутник для трикутних СЕ. Коефіцієнт якості форми для них дорівнює 1. Для інших форм СЕ

з триангуляцією без згладжування, 7% проти 14%. Відповідно збільшилось процентне співвідношення чотирикутників 93% проти 86%. Як ще один критерій якості СЕ можна оцінити кут між ребрами пластин. З кутом менше 40 градусів всього 1% пластин. З кутом більше 110 градусів всього 3% чотирикутних СЕ, що вдвічі менше, ніж без згладжування.

Таким чином, використання згладжування в розрахункових схемах дозволяє перемістити вузли скінченно-елементної сіті так, щоб максимально усунути зі схеми небажані елементи, перетворивши їх в більш регулярні. Отримати

коефіцієнт якості знаходиться в інтервалі від 0 до 1. Відповідно, чим вище коефіцієнт якості, тим ближче форма СЕ до ідеальної.

Порівняння СЕ сіті без згладжування (рис.2, ліворуч) і з урахуванням згладжування (рис.2, праворуч) можна виразити в наступному чисельному вигляді (табл.4). При використанні згладжування при одному і тому ж кроці триангуляції за рахунок зменшення кількості трикутних СЕ зменшилась загальна кількість пластинчастих елементів. Процентне співвідношення трикутників зменшилось практично вдвічі в порівнянні

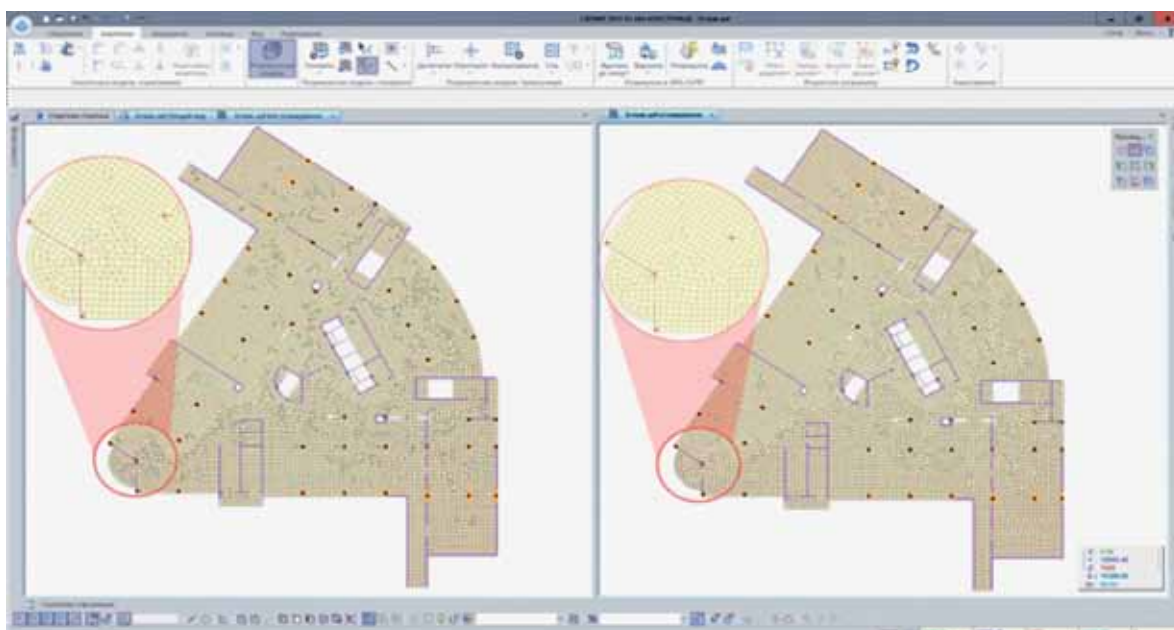


Рисунок 2 - СЕ сіть без згладжування (ліворуч) і з застосуванням згладжування (праворуч)



рішення з меншою похибкою і як наслідок отримати більш якісні результати МСЕ розрахунку [16-18].

Додатково слід відмітити моделювання стиків індустріальних будівель. Робота платформних стиків моделюється переважно в нелінійній постановці. Це пояснюється тим, що на розтягнення елементи платформного стику не працюють, а на стиск їх робота описується трілінійним законом $\delta = \delta(\epsilon)$ - рис. 3, а. Жорсткість елементів на зсув залежить від стискаючих напружень (рис. 3, б). У ПК ЛІРА-САПР робота елементів платформного стику реалізується спеціальними скінченними елементами 258 і 259.

2. ПРОБЛЕМИ КОНСТРУЮВАННЯ

Виходячи з виконаного огляду та з врахуванням запропонованих Замовником особливостей було розроблено проект 15-ти поверхового житлового будинку (рис. 4-5)

Розрахунки на сейсмічні впливи виконувались при врахуванні 5 форм власних коливань, так як вищі форми не вносять суттєвого вкладу в збільшення суми модальних мас. Перша і друга форми коливань є поступальними, третя форма коливань - крутильна.

Основні конструкторні складнощі обумовлені

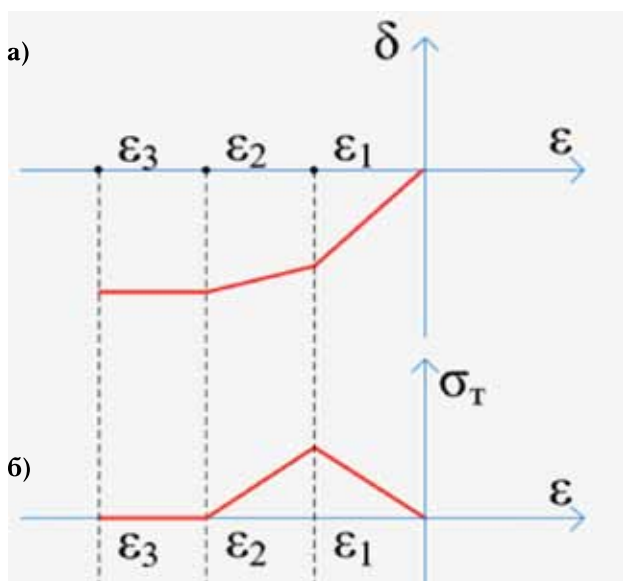


Рисунок 3 - Основні залежності при роботі стиків на стиск (а), та на зсув (б)

Таблиця 4 - Вплив згладжування СЕ сіті на форму елементів

	Без згладжування		З урахуванням згладжування		
Всього пластинчастих СЕ	1	1384	100%	1333	100%
Всього трикутних СЕ		1885	14%	890	7%
З кутом менше 40°		189	1%	122	1%
Всього чотирикутних СЕ	6	1195	86%	1244	93%
З кутом більше 110°		800	6%	385	3%

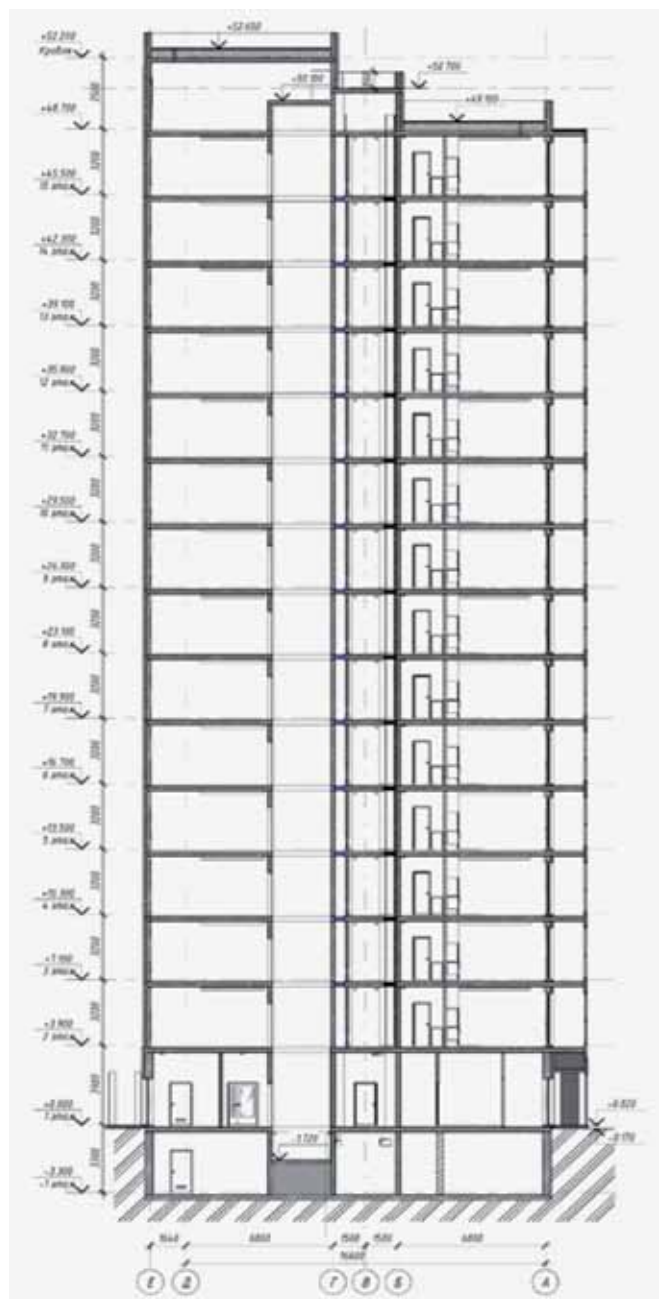


Рисунок 5 - Поперечний розріз будівлі



Рисунок 4 - План типового поверху будівлі

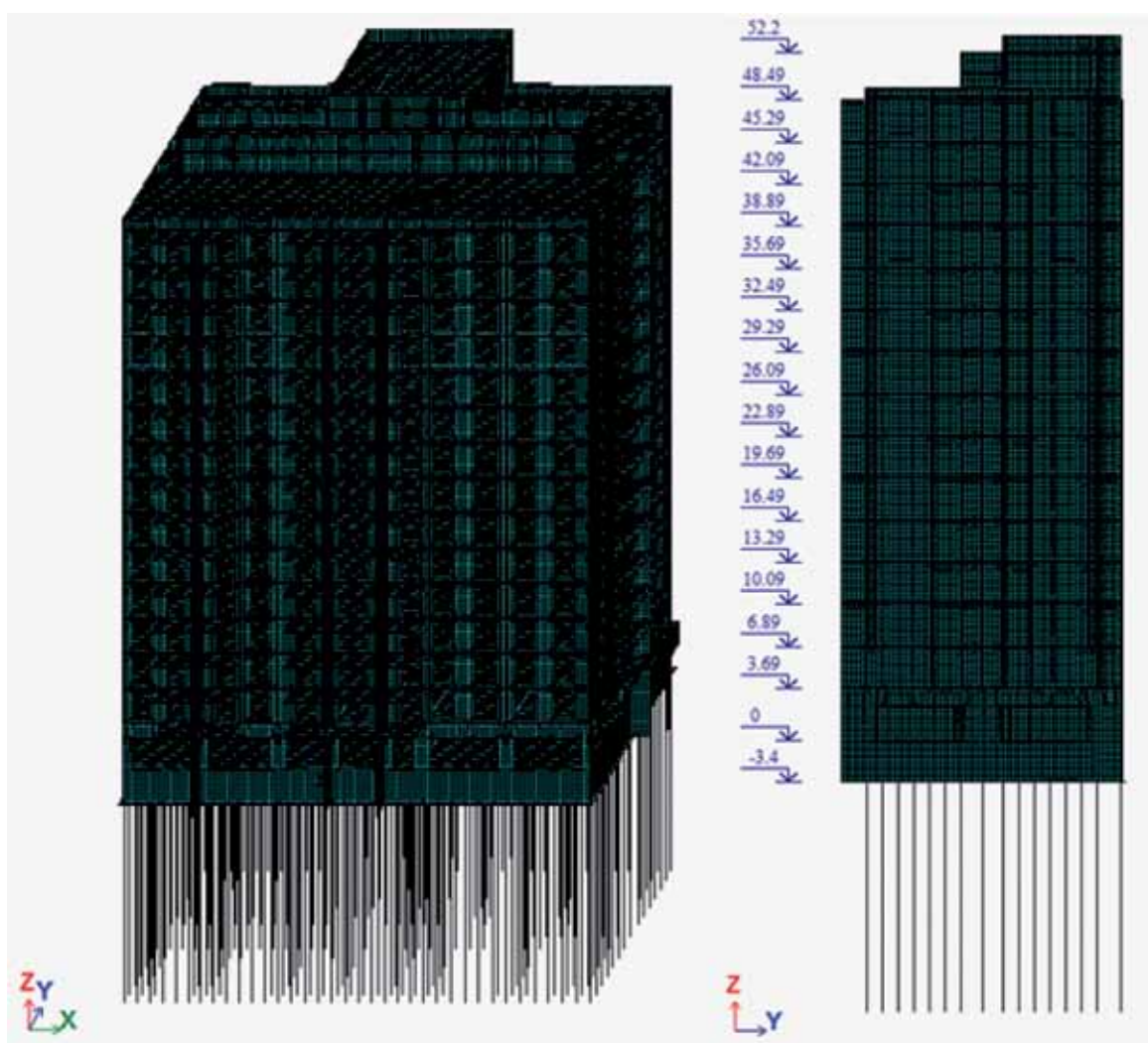


Рисунок 6 - Комп'ютерна модель будівлі. Загальний вигляд (а) та характерні аплікати (б)



Рисунок 7 - Випробування окремих панелей на вертикальні (ліворуч), та на сполучення вертикальних та горизонтальних навантажень (праворуч)

тим, що, по-перше, вертикальні та горизонтальні стикові з'єднання стінових елементів та перекриттів не є зварними або болтовими; а, по-друге, панелі деяких стін і усіх перекриттів, не є розміром на кімнату, та не складаються з двох елементів зі стикуванням між собою.

Тому для вирішення першої проблеми було прийнято рішення застосовувати муфтові різьбові муфтові з'єднання. Для компенсації другої невідповідності вимогам ДБН було прийнято рішення про виконання перекриття з монолітними ділянками, що забезпечують його роботу, як жорсткого диску.

Описані конструктивні рішення було реалізовано у розрахунковій моделі (рис. 6)

Розрахунки динамічної моделі будівлі виконані у відповідності з вимогами [5] за спектральним та нелінійним статичним методом.

В результаті проведених розрахунків отримані

Таблиця 5 - Розрахункові динамічні характеристики будівлі

№ форми коливань	Частота, Гц	Період, с	Σ модальних мас, %, при сейсмічному впливі вздовж осей	
			X	Y
1	1.04	0.96	0.00	56.14
2	1.58	0.63	0.39	56.95
3	1.60	0.63	59.37	56.95
4	1.70	0.59	59.37	56.97
5	1.71	0.58	59.62	56.97

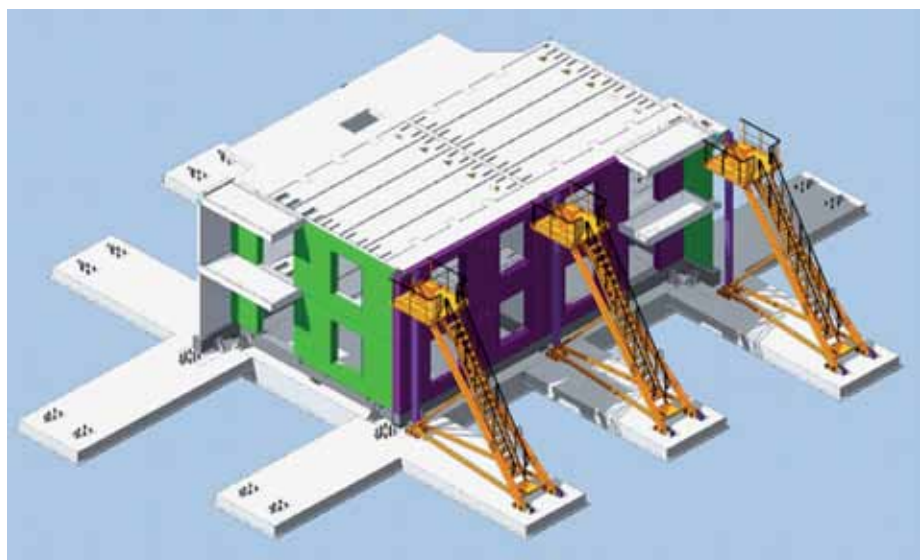


Рисунок 8 - Схема розташування контрофорсів з домкратами уздовж цифрових осей



Рисунок 9 - Завершення зведення випробувального фрагменту

динамічні характеристики моделі будівлі за формами власних коливань (табл. 5).

За результатами нелінійного статичного розрахунку при сьоми балах склав 0,00963, що не перевищує нормативного 0,017

3. ДОДАТКОВІ ПІДГОТОВЧІ РОБОТИ ДО ПОЧАТКУ БУДІВНИЦТВА

До підготовчих до будівництва робіт слід віднести низку випробувань елементів на вогнестійкість, міцність, стійкість (рис.7), та перш за все слід відмітити зведення експериментального фрагменту будинку (рис. 8-9) та натурні випробування його на еквівалент сейсмічних навантажень інтенсивністю 6-8 балів.

Результати лабораторних та натурних досліджень продемонстрували рівень сейсмостійкості, що перевищує 8 балів.

Також зведення випробувального фрагменту мало стратегічну ціль – відточити усі процеси з монтажу до початку робіт на основному об'єкті. Такий досвід у монтажу продемонстрував необхідність оптимізації монтажних зварних з'єднань, та

ВИСНОВКИ

Науково-технічний супровід експериментального індустріального будівництва дозволив вирішити широке коло питань від розрахунку, до початку будівельних робіт.

1. Комплекс чисельних, лабораторних та натурних досліджень дозволив обґрунтувати відхилення від деяких вимог нормативних документів.
2. Виконані натурні та лабораторні дослідження свідчать про значний ресурс сейсмостійкості при 8 та більше балах.
3. В ході виконаних досліджень виник-

ло коло нових запитань та проблем, які потребують подальшого більш детального дослідження:

3.1. У напрямку розрахунку та підготовки розрахункових моделей:

- Розробка для бібліотеки набору стиків вертикальних елементів із «сердечниками»;
- Створення горизонтального контактного стику з опиранням плит на консолі стінових панелей;
- Оптимізація роботи існуючого набору горизонтальних стиків в умовах використання в моделях з перекриттями з екструзійними попередньо-напруженими плитами, а також наявності в межах однієї стінової панелі ділянок з різними типами стиків;

3.2. У напрямку конструювання:

- Відхід від рішень сполучення стін з перекриттями за допомогою консолей, та перехід на платформний стик.

3.3. Подальші науково-дослідницькі роботи:

- Оптимізація конструктивних рішень з урахуванням сейсмоізоляції;
- Розробка змін до ДБН В.1.1-12

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Немчинов Ю.И. Сейсмостойкость зданий и сооружений. В двух частях. - Киев: 2008. - 480 с.
2. Проблемы научного сопровождения проектирования зданий повышенной этажности в городе Одесса / В. С. Дорофеев, К. В. Егупов, А. В. Мурашко, Н. Н. Сорока. Наука та будівництво. 2019. № 1. С. 38–45. (Індексується базою «Index Copernicus»)
3. ДБН В.1.1-12:2014 «Строительство в сейсмических районах Украины» /Киев, Минрегион, 2014. – 110 с.
4. ВСН 32-77. Инструкция по проектированию конструкций панельных жилых зданий /Госгражданстрой. – М.: Стройиздат, 1978. – 177 с.
5. Корчинский И.А., Поляков С.В., Быховский В.А., Дузинкевич С.Ю., Павлык В.С. Основы проектирования зданий в сейсмических районах. (Пособие для проектировщиков). – М.: Госстройиздат, 1961. – 488 с.
6. Поляков С.В. Сейсмостойкие конструкции зданий. – М.: Изд-во «Высшая школа», 1969. – 336с.
7. Поляков С.В. Последствия сильных землетрясений. – М.: Стройиздат, 1978. – 311 с.
8. Инструкция по определению расчетной сейсмической нагрузки для зданий и соо-



- ружений / ЦНИИСК, ИСМиС АН Груз ССР. – М.: Госстройиздат, 1962. – 128 с.
9. Лишак В.Н., Романова И.А. Конструктивные решения сейсмостойких крупнопанельных зданий (Обзор). Серия «Конструкции жилых и общественных зданий» / ЦНИИЭПжилища. – М.: ЦНТИ по гражданскому строительству и архитектуре, 1975. – 52 с.
10. Поляков С.В., Бобров Ф.В., Быченков Ю.Д., Джабуа Ш.А., Дузинкевич С.Ю., Коноводченко В.И., Мартемьянов С.В., Павлык В.С., Парамзин А.М., Чураян А.Л. Проектирование сейсмостойких зданий. Под общей ред. проф. С.В. Полякова / Руководство по проектированию сейсмостойких зданий и сооружений. Том третий. – М.: Стройиздат, 1971. – 256 с.
11. Поляков С.В. Обзор конструктивных решений крупнопанельных, крупноблочных и каркасных стен зданий для сейсмических районов. – В кн.: Исследования по сейсмостойкости крупнопанельных и каменных зданий / ЦНИИСК АСИА СССР, М.: Госстройиздат, 1962, с.5 -24.
12. Гельфанд Л.И., Лишак В.И. Конструкции многоэтажных панельных зданий в высокосейсмических районах СССР (Обзор). Отечественный опыт строительства. – М.: ЦИНИС Госстроя СССР, 1978. – 60 с.
13. Шабданов М.Д. Надежность крупнопанельных зданий в сейсмических районах/ Известия ОшТУ, 2012 №1. - с.6-10.
14. Изучение по управлению рисками землетрясений в городе Алматы Республики Казахстан. Заключительный отчет/ Японское Агентство Международного Сотрудничества (JICA), Акимат город Алматы Республики Казахстан ОУО INTERNATIONAL CORPORATION NIPPON KOEI CO., LTD. AERO ASANI CORPORATION, 2009 г. – Режим доступа: <https://openjicareport.jica.go.jp/pdf/>
15. Белаш Т.А., Зенченко Д.В. Сейсмостойкие конструкции крупнопанельных зданий Academia. Архитектура и строительство. 2019. №3. Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/seysmostoykie-konstruktsii-krupnopanelnyh-zdaniy>
16. Городецкий А. С. Моделирование работы грунтовых массивов на динамическое воздействие / А. С. Городецкий, А. В. Пикуль, Б.Ю. Писаревский // International Journal for Computational Civil and Structural Engineering. – 2017.– Vol. 13. –Issue 3. – P.34-41.
17. Barabash M. S. Chislennoe modelirovanie NDS konstrukcij s uchetom stadij zhiznennogo cikla zdaniy i sooruzhenij [Numerical modelling of the stress-strain state of structures with account of life cycle stages for buildings] // International Journal for Computational Civil and Structural Engineering, 2015.– v ol. 11, Issue 1. – P.80-90
18. Барабаш М.С. Науковий супровід об'єкту незавершеного будівництва з несучими стінами на граничні сейсмічні навантаження в м. Одеса / М. С. Барабаш, В. П. Максименко, Я. В. Башинський // Будівельні конструкції: зб. наук. праць. – К.: ДП НДІБК, 2015.– Вип. 82.– С. 156–165.
19. ДБН В.2.1-10:2018 Основи і фундаменти будівель та споруд. Основні положення.

REFERENCES

1. Nemchynov, Yu.I. (2008). Seismic resistance of buildings and structures. In two parts. Kyiv.
2. Dorofeev V. S., Egupov K. V., Murashko A. V., Soroka N. N. (2019). Problems of scientific support for the design of high-rise buildings in the city of Odessa. Science and construction. № 1, 38–45.
3. Construction in seismic regions of Ukraine: DBN V.1.1-12: 2014. (2014).
4. VSN 32-77. (1978). Instructions for the design of structures for panel residential buildings Gosgrazhdanstroy. Moscow: Stroyizdat.
5. Korchinsky I.L., Polyakov S.V .. Bykhovsky V.A., Duzinkevich S.Yu., Pavlyk V.S. (1961) Fundamentals of Building Design in Seismic Areas. (A guide for designers). Moscow: Gosstroyizdat
6. Polyakov S.V. (1969). Earthquake resistant building structures. Moscow: Publishing house "Vysshaya shkola"
7. Polyakov S.V. (1978). Consequences of strong earthquakes. Moscow: Stroyizdat.
8. Instructions for determining the design seismic load for buildings and structures. (1962). TsNIISK, ISMiS AN Georg SSR. Moscow: Gosstroyizdat.
9. Lishak V.N., Romanova I.A. (1975). Constructive solutions for seismic-resistant large-panel buildings (Review). Series "Constructions of residential and public buildings" / TsNIEPzhilishcha. Moscow: TsNTI on civil engineering and architecture.
10. Polyakov S.V., Bobrov F.V., Bychenkov Yu.D., Dzhabua Sh.A., Duzinkevich S.Yu., Konovodchenko V.I., Martemyanov S.V., Pavlyk V.S., Paramzin A. M., Churayan A.L. (1971). Design of earthquake-resistant buildings. Guidelines for the design of earthquake-resistant buildings and structures. Volume three. Moscow: Stroyizdat.
11. Polyakov S.V. (1962). Review of design



- solutions for large-panel, large-block and frame walls of buildings for seismic regions. Research on seismic resistance of large-panel and stone buildings . Moscow: Gosstroyizdat.
12. Gelfand L.I., Lishak V.I. (1978). Structures of multi-storey panel buildings in highly seismic regions of the USSR (Review). Domestic construction experience. Moscow: TsINIS Gosstroy of the USSR.
 13. Shabdanov M.D. (2012). Reliability of large-panel buildings in seismic areas. *Izvestiya OshTU* № 1, 6-10.
 14. Study on earthquake risk management in the city of Almaty, Republic of Kazakhstan. Final Report / Japan International Cooperation Agency (JICA), Akimat city of Almaty, Republic of Kazakhstan. OYO INTERNATIONAL CORPORATION NIPPON KOEI CO., LTD. AERO ASAHI CORPORATION. (2009). Retrieved from: <https://openjicareport.jica.go.jp/pdf/>
 15. Belash T.A., Zenchenkova D.V. (2019). Earthquake-resistant structures of large-panel buildings. *Architecture and construction* №3.
 16. Gorodetsky A.S. (2017). Modeling the work of soil massifs on dynamic impact / Gorodetsky A.S., Pikul A. V., Pisarevsky B.Yu. *International Journal for Computational Civil and Structural Engineering*. Vol. 13(3), 34-41.
 17. Barabash M.S. (2015). Numerical modeling of NDS constructions taking into account the stage of the life cycle of buildings and structures. [Numerical modelling of the stress-strain state of structures with account of life cycle stages for buildings]. *International Journal for Computational Civil and Structural Engineering*. Vol. 11, 1, 80-90
 18. Barabash M.S. (2015). Scientific support of the object of unfinished construction with bearing walls on the maximum seismic loads in Odessa. *Building structures: a collection of scientific papers*. Moscow: GP NIISK. Issue. 82, 156-165.
 19. Bases and foundations of buildings and structures. Main principles: DBN V.2.1-10:2018. (2018).

Стаття надійшла до редакції 05.08.2021 року



Doi: <https://doi.org/10.33644/2313-6669-14-2021-7>

УДК 624.15:699.841



МАР'ЄНКОВ М.Г.

Доктор технічних наук, провідний науковий співробітник, ДП «Державний науково-дослідний інститут будівельних конструкцій», м. Київ, Україна, e-mail: maryenkov2019@gmail.com, тел.: +38(067)717-40-96, ORCID: 0000-0002-7246-845X

БОЛОТОВ Ю.К.

Канд. технічних наук, старший науковий співробітник, ДП «Державний науково-дослідний інститут будівельних конструкцій», м. Київ, Україна, e-mail: y.bolotov@ndibk.gov.ua, тел.: +38 (050) 023-88-84, ORCID: 0000-0003-3822-9938



ДИРДА В.І.

Доктор технічних наук, проф., завідувач відділу, Інститут геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова Національної академії наук України (ІГТМ НАНУ), м. Дніпро, Україна, e-mail: vita.igtm@gmail.com, тел.: +38 (067) 560-98-73, ORCID: 0000-0002-2113-816X



ЛИСИЦЯ М.І.

Канд. технічних наук, старший науковий співробітник, Інститут геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова Національної академії наук України (ІГТМ НАНУ), м. Дніпро, Україна, e-mail: lisitsa.n.i@gmail.com, тел.: +38 (050) 500-84-01 ORCID: 0000-0001-6364-8937

СЕЙСМОІЗОЛЯЦІЯ БАГАТОПОВЕРХОВИХ БУДИНКІВ СКЛАДНОЇ КОНФІГУРАЦІЇ ІЗ ПАЛЬОВИМ РОСТВЕРКОМ

АНОТАЦІЯ

В статті представлені результати експериментально-теоретичних досліджень проблеми сейсмоізоляції багатоповерхових будівель у рівні пальового ростверку для захисту від сейсмічних впливів та нерівномірних деформацій основи. У багатьох містах України є будівельні майданчики з особливими та складними інженерно-геологічними умовами будівництва, до яких відносять сейсмічну небезпеку та наявність просідаючих ґрунтів, підземних виробок. Влаштування у рівні пальового ростверку високодемпфуючих сейсмоопор дозволяє забезпечити будівництво сейсмостійких будівель за рахунок

зниження сейсмічних навантажень до двох разів та компенсації нерівномірних деформацій основи. Предметом досліджень є житловий 25 поверховий будинок складної конфігурації (Г-подібна форма у плані та різна висота поверхів: двох підземних – 3,15 м та 4,05 м; першого – 5,25 м; житлових з другого до 24-го – 3,0 м; технічного – 4,35 м). Сейсмічність будівельного майданчика 7 балів за шкалою сейсмічної інтенсивності відповідно до стандарту України ДСТУ Б В.1.1-28.

Розрахунки просторової моделі будинку з сейсмоізоляцією на вплив акселерограм виконано у програмному комплексі ЛІРА САПР-2017. Аналіз результатів розрахунку армування плити



ростверку та паль з урахуванням сейсмоізоляції дозволив зменшити армування плити ростверку (за розрахунком $\varnothing 12\text{мм}$ – $\varnothing 16\text{мм}$ А500С проти $\varnothing 20\text{мм}$ А500С в проєкті) та кількість паль до 271 у порівнянні з проєктним рішенням без влаштування сейсмоізоляції (293 палі з варіантом жорсткого сполучення паль з плитою ростверку).

Для обґрунтування параметрів сейсмоізоляції без виконання заміни ізоляторів при експлуатації житлових будинків до 100 років необхідно враховувати старіння гуми. Методом прискореного старіння у продовж 5 років і незалежними тривалими промисловими випробуваннями масивних гумових ізоляторів встановлено, що після 55 років експлуатації в екстремальних умовах (циклічні деформації зсуву до 30% при частоті навантаження 10,2 Гц) їх статична жорсткість збільшилася не більше ніж на 25%. За результатами випробувань визначені залежності збільшення значення модуля зсуву у часі, що дозволяє визначати параметри гумових та гумометалевих сейсмоопор із врахуванням старіння гуми. З побудованої кривої прогнозу отримано, що через 50 років експлуатації гумових блоків при температурі 25°C їх жорсткість збільшиться не більше ніж на 11%.

Застосування розробленої низькомодульної гуми особливо ефективно в системах сейсмоізоляції у рівні пальового ростверку (без заміни сейсмоопор) при довготривалій експлуатації будівель і споруд (75-100 років).

КЛЮЧОВІ СЛОВА: багатоповерхові будинки, сейсмоізоляція, пальовий ростверк, випробування старіння та довговічності гуми, жорсткість, демпфування, акселерограми.

SEISMIC INSULATION OF MULTI-STOREY BUILDINGS OF COMPLEX CONFIGURATION WITH PILE GRILLAGES

ABSTRACT

The article presents the results of experimental and theoretical studies of the problem of seismic isolation of multi-storey buildings at the level of the pile grillage for protection against seismic effects and uneven deformations of the base. In many urban areas there are construction sites with special and complex engineering and geological construction conditions, which include seismic hazard and the presence of subsiding soils, underground workings.

The device at the pile level of high-damping seismic supports allows the construction of earthquake-resistant buildings by reducing seismic loads up to two times and compensating for uneven foundation settlement.

The subject of research is a 25-storey building with a complex configuration (L-shaped in the plan and different heights of floors: two underground - 3.15 m and 4.05 m; the first - 5.25 m; residential from the second to the 24th - 3, 0 m; technical - 4.35 m).

The seismicity of the construction site is 7 points on the seismic strength scale in accordance with the Ukrainian standard DSTU B V.1.1-28.

Calculations of the spatial model of a house with seismic isolation for the effect of accelerograms were performed using the LIRA SAPR-2017 software package. Analysis of the results of calculations of the reinforcement of the grillage plates and taking into account the seismic isolation made it possible to reduce the reinforcement of the grillage slab (according to the calculation of $\varnothing 12\text{мм}$ - $\varnothing 16\text{мм}$ А500S according to the project $\varnothing 20\text{мм}$ А500C) and the number of piles up to 271 in comparison with the design solution without seismic isolation (293 piles for the option of connecting piles with a grillage).

To substantiate the parameters of seismic isolation without replacing insulators during the operation of residential buildings for up to 100 years, it is necessary to ensure aging of rubber. By the method of accelerated aging for 5 years and independent long-term industrial tests of massive rubber insulators, it was found that after 55 years of operation in extreme conditions (cyclic shear deformations up to 30% at a loading frequency of 10.2 Hz), their static stiffness increased by no more than 25%.

Based on the test results, the dependence of the increase in the value of the shear modulus in time, which makes it possible to determine the parameters of rubber and rubber-metal seismic supports, taking into account the aging of rubber. From the constructed forecast curve, it was obtained that after 50 years of operation of rubber blocks at a temperature of 25 ° C, their rigidity will increase by no more than 11%.

Application of the developed low-modulus rubber of a particularly effective seismic isolation system at the level of the pile grillage (without replacing seismic supports) during long-term operation of buildings and structures (75–100 years).

KEY WORDS: multi-storey buildings, seismic isolation, pile grillage, rubber aging and durability tests, rigidity, damping, accelerograms.

ВСТУП

У статті розглянуто обґрунтування можливості проєктування системи сейсмічного захисту у рівні пальового ростверку 25 поверхового житлового будинку із складною конфігурацією у плані. Конструктивна схема будинку – залізобетонний каркас з діафрагмами та ядрами жорсткості. Розрахункова сейсмічність будівельного майданчика 7 балів. Згідно вимог ДБН В.1.1-12 [1] будівництво таких будинків у сейсмічній зоні дозволяється висотою до 12 поверхів. При відхиленні від вказаних обмежень для забезпечення сейсмостійкості багатоповерхових будівель норми [1] рекомендують використовувати сейсмоізоляцію та обґрунтовувати її ефективність при науково-технічному супроводі проєктування



відповідно до положень ДБН В.1.2-5 [2].

При будівництві будівель з влаштуванням сейсмоізоляції у рівні підземних або надземних поверхів норми України та Єврокод 8 [3] рекомендують передбачати можливість заміни сейсмоопор (наприклад, після потужного землетрусу або пожежі). Перевагою варіанту розміщення гумових сейсмоопор на залізобетонних палях нижче монолітного ростверку є забезпечення захисту від пожежі та нерівномірних осідань основи при будівництві на просідаючих ґрунтах. Недоліком варіанту встановлення сейсмоопор у рівні пальового ростверку є неможливість заміни сейсмоопор під час експлуатації будівель (100 років для житлових будинків). Тому важливим питанням є прогнозування збільшення жорсткості гумових сейсмоопор у часі (старіння гуми) для визначення параметрів сейсмоопор та частот коливань сейсмоізолюваної будівлі.

У статті виконано обґрунтування параметрів стійкої до старіння гуми на основі прискорених випробувань зразків та досвіду 55 річної експлуатації гумових опор в умовах статичних та інтенсивних динамічних навантажень. При цьому значення модуля зсуву гуми на основі натурального каучуку за 100 років експлуатації будівлі збільшується не більше ніж на 25 %.

АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

Після руйнівного землетрусу у м. Кобе в 1995 р. в Японії почали інтенсивно будувати будинки та споруди різної поверховості (до 50 поверхів) з використанням сейсмоізоляції. Причина цього – при землетрусі у Кобе не були пошкоджені будівлі, які мали системи сейсмозахисту. Найбільшого розповсюдження отримали сейсмозахисні гумовометалеві опори, які встановлюються у рівні підземного або надземного поверху. Наприклад, у Японії [4-5] на протязі 1981 – 2020 рр. з використанням багат шарових гумовометалевих опор побудовано понад 6000 будівель і споруд. Такі ж сейсмоопори використовують у США, Італії, Китаї, Україні, Armenії [6], РФ [7] та інших країнах.

У доповідях японських науковців на міжнародних конференціях з сейсмічного захисту будівель було відмічено [4-5], що будівлі з гумовометалевими опорами експлуатуються понад 40 років без заміни і пройшли перевірку роботоздатності при потужних землетрусах. Проведені випробування також сейсмоопори комплексної конструкції, яка включає гумовометалеву опору та сталеві демпфери.

Використання системи сейсмозахисту 25 поверхового готельного комплексу з розташуванням гумовометалевих сейсмоопор у рівні підземного поверху та результати випробувань опор розглянуто у статті [7]. Отримано експериментальну вертикальну жорсткість та значення модуля зсуву

багат шарової сейсмоопори при короткочасних навантаженнях, а також параметри демпфування двох типів сейсмоопор. Питання старіння гуми у приведених роботах не розглядалось.

В Україні проведено експериментальні дослідження з визначення динамічних характеристик гумових та гумовометалевих сейсмозахисних опор. Розроблено способи сейсмозахисту багатопверхових житлових будинків з застосуванням сейсмоізоляції у рівні пальового ростверку, які запатентовано [8] та використано при будівництві житлових будинків у сейсмічних зонах з розрахунковою інтенсивністю 6 та 7 балів.

Дослідженням зі старіння гуми при зберіганні і в напруженому стані присвячені сучасні роботи [9-11]. Разом з тим, роботи по старінню гумових сейсмоблоків практично відсутні.

ПОСТАНОВКА ЗАВДАННЯ

Автори даної статті у продовж 17 років виконують науково-технічний супровід проектування та будівництва житлових будинків в Україні з системами вібро- та сейсмозахисту у рівні пальового ростверку. Станом на 2021 р. здано в експлуатацію 16 будинків (від 6 до 27 поверхів із прямокутною та складною конфігурацією як у плані, так і з висотою).

При влаштуванні сейсмозахисту у рівні пальового ростверку залізобетонний монолітний ростверк спирається на гумові сейсмоопори і здійснюється як функція сейсмозахисту, так і зменшуються пошкодження конструкцій під час землетрусів (за рахунок зниження сейсмічних навантажень до двох разів). Крім цього, збільшується довговічність гумових сейсмоопор, у зв'язку з експлуатацією гуми в умовах вологого середовища. Важливим також є повне вирішення проблеми вогнезахисту гумових сейсмоопор, які захищені зверху монолітною залізобетонною плитою і з боків ґрунтом зворотної засипки.

Для обґрунтування параметрів сейсмоізоляції без виконання заміни ізоляторів при експлуатації житлових будинків до 100 років необхідно враховувати старіння гуми.

Мета роботи – чисельні дослідження просторової моделі 25 поверхового будинку з системою сейсмозахисту у рівні пальового ростверку та експериментальне визначення зміни модуля зсуву гуми з часом. Методи досліджень – розрахунки динамічної сейсмоізолюваної моделі будинку за спектральним методом та на впливи, задані акселерограмами; інтегральна оцінка ефектів старіння гуми з використанням метода прискореного теплового старіння згідно існуючих стандартів.

ОБ'ЄКТ ДОСЛІДЖЕНЬ

Житловий 25 поверховий будинок має Г-подібну форму в плані і будується з сейсмоізоляцією у рівні пальового ростверку у сейсмонезбезпечній зоні з розрахунковою інтенсивністю 7 балів. Висота



поверхів будівлі складає: двох підземних – 3,15 м та 4,05 м; першого – 5,25 м; житлових з другого до 24-го – 3,0 м; технічного – 4,35 м.

Конструктивна схема будівлі - монолітний залізобетонний безригельний каркас із залізобетонними ядрами жорсткості. Несучими вертикальними елементами каркаса є монолітні залізобетонні пілони і ядра жорсткості, горизонтальними - монолітні залізобетонні безригельні перекриття. Просторова жорсткість будівлі забезпечується спільною роботою вертикальних і горизонтальних елементів будівлі.

Фундамент будівлі – запроектований з окремих груп паль, що об'єднані монолітною залізобетонною плитою ростверку, товщиною 1700 мм, на залізобетонних палях Ø620 мм, довжиною 14,9 м. Вертикальні несучі конструкції - монолітні залізобетонні пілони. Стіни підземних поверхів товщиною 300 мм, стіни сходово-ліфтових вузлів товщиною 300 мм, 400 мм та 500 мм. Монолітні перекриття товщиною 200 мм та 250 мм. За проектом у несучих конструкціях прийнято бетон класу C25/30, робоча арматура A500C, поперечна - A240C.

Розрахункова просторова модель системи «палі-сейсмоопори-ростверк-верхня будова» і типового поверху приведені на рис. 1.

РЕЗУЛЬТАТИ РОЗРАХУНКУ БУДИНКУ

При проектуванні будівель з сейсмоізоляцією норми [1, 3] рекомендують виконувати розрахунки за прямим динамічним методом з використанням пакету акселерограм. При цьому важливим є врахування різних значень динамічної жорсткості та демпфування таких підсистем: ґрунтова або пальова основа, сейсмоопори, конструкції верхньої будови.

Розрахунок просторової системи «ґрунтова основа - палі - сейсмоізолятори - ростверк - верхня будова» виконано у програмному комплексі ЛІРА-САПР 2017 [14], який реалізує метод скінченних елементів.

Сейсмічна реакція будівель залежить від переважаючих частот (періодів) коливань ростверку будівлі на пальовій основі, демпфування у підсистемах та спектрів акселерограм.

Верифікація динамічної моделі пальового ростверку будинку виконана з використанням результатів робіт з сейсмічного мікрорайонування (СМР) майданчику будівництва. Значення динамічних жорсткостей та частот власних коливань ростверку на пальовій основі розраховані також за методиками СНиП [15] та стандарту США [16].

Дані результатів робіт з СМР дозволили визначити середню швидкість розповсюдження поперечних сейсмічних хвиль у верхніх шарах ґрунту, яка дорівнює 320 м/с.

При значенні середньої швидкості сейсмічних

хвиль були отримані значення частот власних горизонтальних коливань ростверку (як жорсткого штампу) при використанні методик норм України [15] і стандарту США [16] та при розрахунку моделі на основі метода скінченних елементів у ПК ЛІРА

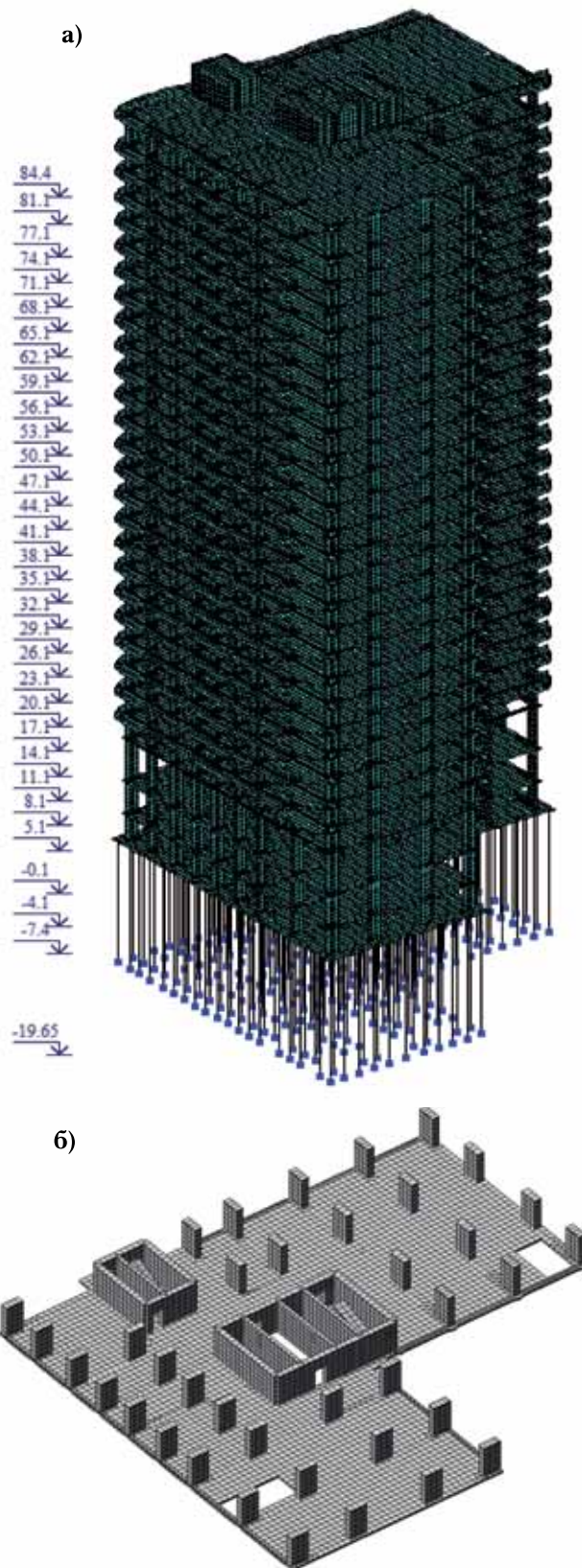


Рисунок 1 – Комп'ютерна модель будинку (а) та типового поверху (б)



САПР (табл. 1). Приведені в таблиці розрахункові дані підтверджують можливість використання розробленої динамічної моделі пальового ростверку будівлі з сейсмоізоляцією при чисельних дослідженнях за допомогою ПК ЛІРА САПР.

Розрахунки динамічної моделі на вплив акселерограм виконано у ПК ЛІРА САПР (модуль «Динаміка +») при впливах трьох довгоперіодних та однієї короткоперіодній акселерограм. Були прийняті такі три довгоперіодні акселерограми: синтезована акселерограма Vb7r, рекомендована ДБН В.1.1-12 [1]; інструментальні записи Бухарестського землетрусу 1977 р. та в Ель-Центро (США, 1940 р.). Короткоперіодна акселерограма D056-г, яка рекомендована [1], має переважаючі періоди у діапазоні 0,1-0,6 с, що відповідає періодам коливань ґрунту будівельного майданчику, які дорівнюють 0,1-0,55 с згідно результатів робіт з СМР.

Значення розрахункових горизонтальних переміщень верху просторової моделі будинку (відм. +81.100 м), перекриття на відм. +41.100 м та плити ростверку (відм. -7.400 м) з системою сейсмосахисту (рис. 2) при впливах акселерограм приведено в таблиці 2. Система сейсмосахисту будинку включає гумові сейсмоізолятори (діаметр 420 мм, висота 50 мм), які встановлено на кожній палі згідно патенту [17].

РЕЗУЛЬТАТИ ПРИСКОРЕНИХ ВИПРОБУВАНЬ НА ТЕПЛОВЕ СТАРІННЯ ГУМ

Сутність розробленого методу полягає в визначенні залежності модуля зсуву G_{∞} від часу при декількох (не менше чотирьох) підвищених

Таблиця 1- Динамічні жорсткості, демпфування та частоти горизонтальних коливань ростверку будинку, визначені при розрахунках за різними методиками

Методика розрахунку	Жорсткість K_x , кН/м	Демпфування B_x , кНс/м	Частота власних коливань розрахункова, f_p , Гц	Частота згідно СМР, f , Гц	Відносне демпфування, % від критичного
СНиП 2.02.05-87 [15]	$2,2 \cdot 10^7$	$2,0 \cdot 10^5$	3,3	3,0	10,0
ASCE-86 [16]	$1,9 \cdot 10^7$	$6,1 \cdot 10^5$	3,1	3,0	30,0
Розрахунок у ПК ЛІРА САПР [14]	$1,3 \cdot 10^7$	$2,2 \cdot 10^5$	2,5	3,0	10,0

Таблиця 2 - Амплітуди (мм) горизонтальних коливань верхньої будови будинку, визначені при відсутності сейсмоізоляції (чисельник) та з врахуванням демпфування у ґрунтовій основі та сейсмоізоляторах (знаменник)

Найменування акселерограм	Відмітки рівнів будівлі, м		
	+81.100 (покриття)	+41.100 (перекриття)	-7.400 (плита ростверку)
Ель-Центро (США, 1940р.)	<u>328,0</u> 117,0	<u>144,0</u> 54,0	<u>4,0</u> 1,7
Бухарест (Румунія, 1977 р.)	<u>350,0</u> 132,0	<u>162,0</u> 67,0	<u>7,0</u> 4,0
Vb7r (табл. 6.10 ДБН В.1.1-12 [1])	<u>300,0</u> 114,0	<u>148,0</u> 54,0	<u>6,0</u> 3,0
D056-г (табл. 6.10 ДБН В.1.1-12 [1])	<u>72,0</u> 33,0	<u>34,0</u> 16,0	<u>2,0</u> 0,3

температурах, розрахунку на основі отриманих даних коефіцієнта, що характеризує залежність швидкості зміни показника від температури старіння і екстраполяції отриманих даних на задану, еквівалентну відповідним кліматичним умовам, температуру.

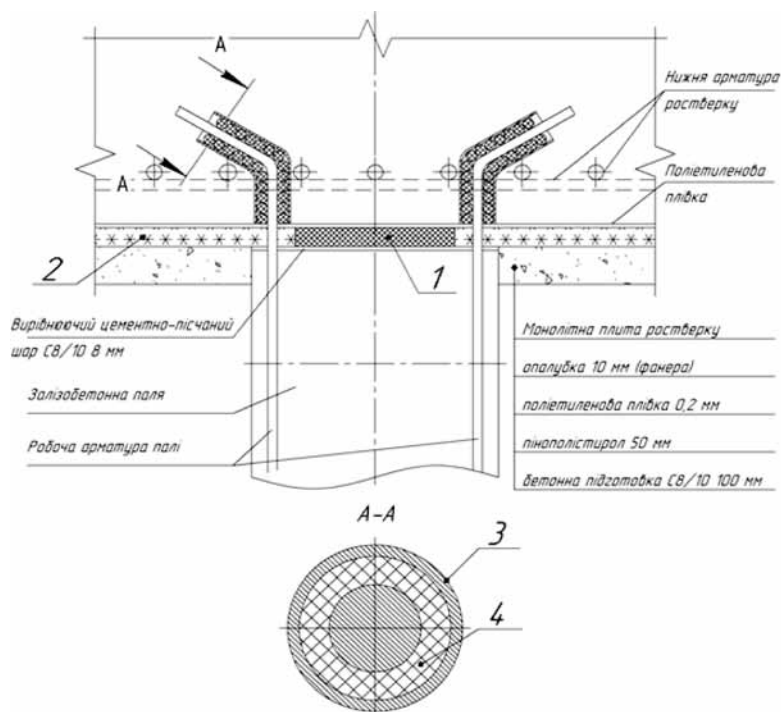


Рисунок 2 – Конструктивне рішення високодемпфуючої сейсμοзахисної опори у рівні пальового ростверку (1- гумовий сейсμοізолятор, 2- шар пінополістиролу, 3- металева гофрована труба, 4- гумові кільця)

Згідно [18] повинні бути дотримані наступні умови: вибір модельних зразків, вибір виконавчого обладнання і вибір діапазону температур і тривалості випробувань. Зазвичай при таких випробуваннях використовують стандартні зразки у вигляді тонких двосторонніх лопаток. Недоліком таких зразків є абсолютно різні поля напружень в тонкій смужці при деформації розтягування і в натуральних гумових блоках при деформаціях стиску і зсуву. Тому в якості модельних зразків обрані гумовометалеві блоки типу БРМ102 (розміри по гумі 50 × 100 × 200 мм) з низькомодульної гуми типу А. Такі зразки успішно працюють в якості пружних ланок віброконвеєру типу KB2T і досить добре вивчені.

Випробування проводилися в спеціальних термокамерах з гранично допустимою похибкою $\pm 1^\circ\text{C}$ і примусовою вентиляцією. Для визначення основного показника G_∞ , а також динамічного модуля зсуву і коефіцієнта поглинання енергії ψ використовувалася спеціальна апаратура, в тому числі і універсальний стенд «INSTRON 1126» з похибкою визначення деформацій 1-2 % і навантаження 2 %.

Тривалість випробувань була обрана такою: через повільну зміну показника G_∞ у часі експеримент при температурі $T_1=55^\circ\text{C}$ продовжували трохи більше трьох років; при температурі $T_2=70^\circ\text{C}$ – один рік; при температурі $T_3=80^\circ\text{C}$ – 200 діб; при температурі $T_4=100^\circ\text{C}$ – 150 діб.

Отримана крива прогнозу $G_\infty \sim t$ для прийня-

того значення T_e (рис. 3), що відповідає рівнянню $G_\infty = (t_e) = 0,879 \cdot 0,329 \exp(-2,75 \cdot 10^{-5} t)$. За кривою прогнозу можна визначити значення модуля зсуву гуми G_∞ при заданій тривалості експлуатації.

Зокрема, з побудованої кривою прогнозу слідує, що через 50 років експлуатації гумових блоків при температурі 25°C їх жорсткість зміниться не більше ніж на 11%.

Підтвердженням теоретичного прогнозу служить тривала експлуатація блоків гумового типу БРМ101 на вібраційних двотрубних конвеєрах KB2T. Після 55 років експлуатації в екстремальних умовах (циклічні деформації зсуву до 30% при частоті навантаження 10,2 Гц) їх статична жорсткість збільшилася не більше ніж на 25%.

Гума № 1 (марка А) рекомендована для виготовлення сейсмовіброблоків, що встановлюються в системах сейсмовіброзахисту будівель і споруд при тривалій експлуатації (до 100 років).

Гума № 1 при заміні технічного вуглецю П -803 на технічний вуглець N 220 була запатентована в Україні з наступним співвідношенням компонентів, масових частин: каучук СКІ-3 - 100; сірка - $1,5 \div 2,0$; сульфенамід Ц (N-циклогексил-2 - бензотіазол сульфенамід) - 0,8-1,0; технічний вуглець N 220 - 5-15; стеаринова кислота - 1,0; окис цинку - 5,0; неозон Д (феніл-2-нафтиламин) - 2,0; 4010Na - 2,0; еластопар (N-метил-N'-4-дінітрозоанілін) - 0,5.

ВИСНОВКИ.

За результатами розрахунків просторової моделі будинку з сейсμοізоляцією на вплив акселерограм та прискорених випробувань на теплове старіння гум можна зробити висновки:

1. За результатами розрахунку моделі будинку на вплив довгоперіодних акселерограм з врахуванням демпфування у ґрунтовій основі та сейсμοізоляторах (коефіцієнт відносного демпфування прийнято 10% від критичного) амплітуди горизонтальних коливань покриття дорівнюють 114,0 – 132,0 мм, що перевищує у 1,5-1,8 рази амплітуду коливань покриття, яка отримана рівною 74,4 мм при розрахунку моделі за спектральним методом ДБН [1].
2. Для забезпечення сейсmostійкості будівлі було запропоновано конструктивне рішення сейсμοзахисної опори з застосуванням гумових сейсμοізоляторів (рис. 2) згідно патенту [17] і розроблено практичні рекомендації з влаштування системи сейсμοзахисту багатоповерхових житлових будинків в рівні пальового ростверку.



3. Аналіз результатів розрахунку армування плити ростверку та паль з урахуванням сейсмоізоляції дозволив зменшити кількість паль до 271 у порівнянні з проектним рішенням без влаштування сейсмоізоляції (293 паль з варіантом жорсткого сполучення паль з плитою ростверку). Крім того, мінімальні значення армування плити ростверку значно менші ($\varnothing 12$ А500С – $\varnothing 16$ А500С проти $\varnothing 20$ А500С в проекті «Стадії П та РД»). Змінюються також, переважно в меншу сторону, розміри локальних зон в межах діафрагм і ядер жорсткості будинку та величини їх армування (в верхніх зонах

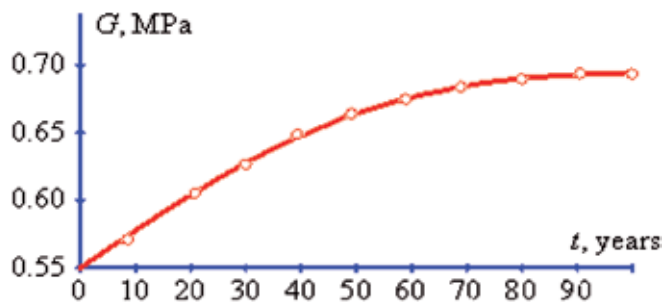


Рисунок 3 – Крива прогнозу зміни з часом умовно-рівноважного модуля зсуву G

плити величина армування зменшується $\varnothing 20$ А500С проти $\varnothing 28$ А500С за проектом).

4. Створено нову низькомодульну гуму стійку до старіння при тривалих статичних і динамічних навантаженнях.
5. Методом прискореного старіння і незалежними тривалими промисловими випробуваннями модельних масивних гумових ізоляторів підтверджена стабільність параметрів розробленої гуми.
6. Застосування низькомодульної гуми особливо ефективно в системах сейсмоізоляції у рівні пального ростверку (без заміни сеймоопор) при довготривалій експлуатації будинків (до 100 років).

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. ДБН В.1.1-12:2014. Будівництво у сейсмічних районах України / Мінрегіонбуд України. – Київ: 2014.
2. ДБН В.1.2.-5:2007. Науково-технічний супровід будівельних об'єктів. – Київ: Мінрегіонбуд України. – 2007.
3. Єврокод 8: Проектування конструкцій з урахуванням сейсмостійкості – Частина 1: Загальні правила, сейсмічні дії і правила для будівель. – Європейський стандарт EN 1998-1:2004.
4. Masaru Kikuchi, Nobuyuki Ogino (2018) Seismic Isolation Devices. Principle and application of SI devices, introduction of examples, International seminar “Technologies of earthquake-resistant construction” Sep 17-19 2018, Almaty.
5. Keita Sakakibara (2021), Structural design for seismic isolation, International seminar “Technologies of earthquake-resistant construction”, February 8-9, 2021, Bichkek.
6. Melkumyan M. G. Base Isolation Retrofitting Design for the Existing 9-Story Large-Panel Apartment Building. – International Journal of Trend in Scientific Research and Development (IJTSRD), Volume 4 Issue 4, June 2020.
7. Смирнов В.И. Испытания высокодемпфирующих резинометаллических опор для применения в сейсмоизолированном здании «Гостинично-туристического комплекса «Sea Plaza» в г. Сочи. – Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений. – №4, 2009. – С. 40-48.
8. Дирда В.І., Немчинов Ю.І., Лисиця М.І., Мар'єнков М.Г., Пугач А.М., Жарко Л.О. (2011) Антисейсмічна опора, Патент UA 58418. 11.04.2011.
9. Мелькумова Т.В. (2017) Старение резиновых изделий в процессе их хранения. Молодой ученый. № 11.3 (145.3). С. 33-35. – URL: <https://moluch.ru/archive/145/40907/>.
10. Vakulov N.V., Myshlyavtsev A.V., Malyutin V.I. (2016), Indexes objectively reflecting performance evaluation of technical rubber goods. Procedia Engineering. 152. PP. 694-700.
11. Юловская В.Д., Моханова Т.М., Петрова В.С., Карпова С.Г. Влияние состава резиновой смеси на стойкость к старению вулканизатов на основе бутадиен-нитрильных каучуков разной полярности. Каучук и резина. №1. (2017), С. 32-34.
12. Проектирование зданий с заданным уровнем обеспечения сейсмостойкости / Ю.И. Немчинов, Н.Г. Мар'єнков, А.К. Хавкин, К.Н. Бабик. Под ред. Немчинова Ю. И. – К.: 2012. – 384 с.
13. Булат А.Ф. Вибросейсмозащита тяжелых машин, зданий и сооружений с помощью резинометаллических блоков / А.Ф. Булат, В.И. Дырда, Н.И. Лисица [и др.] // Автоматизация производственных процессов в машиностроении та приладобудуванні: Український міжвідомчий науково-технічний збірник. – Львів: Львівська політехніка, 2011. – Вип. 45. – С. 460-464.
14. ПК “ЛИРА-САПР” 2017. Руководство пользователя. Обучающие примеры. Под ред. Акад. АИН Украины А.С. Городецкого. – Электронное издание: 2017 г. – 535 с.
15. СНиП 2.02.05-87. Фундаменты машин с



динамическими нагрузками.-1988 г.

16. Seismic Analysis of Safety-Related Nuclear Structures and Commentary on Standard for Analysis of Safety-Related Nuclear Structures // ASCE Standard, Sept. 1986.
17. Патент України на корисну модель № 144476. Спосіб сейсмо – і віброзахисту будівель і споруд від дії землетрусів та динамічного навантаження. МПК: F16F 1/36 (2006.01). Бюлетень № 19. Дата публікації 12.10.2020. Булат А. Ф., Дирда В. І., Калганков Є. В., Лисиця М. І., Мар'єнков М. Г., Богдан Д. В., Агальцов Г. М.
18. ГОСТ 9.707-81. Единая система защиты от коррозии и старения. Материалы полимерные. Методы ускоренных испытаний на климатическое старение. Москва. 1982.

REFERENCES

1. Construction in seismic regions of Ukraine: DBN V.1.1-12: 2014. (2014).
2. Scientific and technical support of construction sites: DBN V.1.2.-5:2007. (2007).
3. Eurocode 8: Design of structures for earthquake resistance - Part 1: General rules, seismic actions and rules for buildings. CEN. Ref. No. EN 1998-1: 2004: E.
4. Masaru Kikuchi, Nobuyuki Ogino (2018) Seismic Isolation Devices. Principle and application of SI devices, introduction of examples. International seminar “Technologies of earthquake-resistant construction” Sep 17-19 2018, Almaty.
5. Keita Sakakibara (2021), Structural design for seismic isolation. International seminar “Technologies of earthquake-resistant construction”, February 8-9, 2021, Bichkek.
6. Melkumyan M. G. Base Isolation Retrofitting Design for the Existing 9-Story Large-Panel Apartment Building. International Journal of Trend in Scientific Research and Development (IJTSRD), Volume 4 Issue 4, June 2020.
7. Smirnov V.I. (2009) Testing of high-damping rubber-metal supports for use in the seismically insulated building of the Sea Plaza Hotel and Tourist Complex in Sochi. Earthquake-resistant construction. Safety of structures. - No. 4, 40-48.
8. Dirda V.I., Nemchinov Y.I., Lisitsa N.I., Maryenkov M.G., Pugach A.M., Zharko L.O. (2011). Antiseismic Support. Patent UA 58418. 11.04.2011.
9. Melkumova T.V. (2017). Aging of rubber products during storage. A young scientist. № 11.3 (145.3). PP. 33-35. URL: <https://moluch.ru/archive/145/40907/>
10. Vakulov N.V., Myshlyavtsev A.V., Malyutin V.I. (2016). Indexes objectively reflecting performance evaluation of technical rubber goods. Procedia Engineering. 152. PP. 694-700.
11. Yulovskaya V.D., Mokhanova T.M., Petrova V.S., Karpova S.G. (2017). Influence of the rubber compound composition on the aging resistance of vulcanizates based on nitrile butadiene rubbers of different polarity. Rubber and rubber. №1. PP. 32-34.
12. Nemchinov Yu.I., Marienkov N.G., Khavkin A.K., Babik K.N. Ed. Nemchinov Yu.I. (2012). Design of buildings with a given level of seismic resistance.
13. Bulat A.F. (2011). Vibration seismic protection of heavy machines, buildings and structures using rubber-metal blocks / Bulat A.F., Dyrda V.I., Lysytsia N.I. [and others]. (2011). Automation of production processes in machinery and equipment: Ukrainian interdisciplinary science and technology collection. - Lviv: Lvivska politechnika. № 45, 460-464.
14. PC "LIRA-SAPR" 2017. (2017). User manual. Educational examples. Ed. Acad. AIN of Ukraine A.S. Gorodetsky. Electronic edition
15. Foundations of machines with dynamic loads. (1988). SNiP 2.02.05-87
16. Seismic Analysis of Safety-Related Nuclear Structures and Commentary on Standard for Analysis of Safety-Related Nuclear Structures . ASCE Standard. (1986).
17. Bulat A.F., Dyrda V.I., Kalgankov E.V., Lisa M.I., Mar'єnkov M.G., Bogdan D.V., Agaltsov G.M. (12.10.2020). Patent of Ukraine for utility model № 144476. Method of seismic and vibration protection of buildings and structures from the effects of earthquakes and dynamic loads. IPC: F16F 1/36 (2006.01). Bulletin № 19.
18. GOST 9.707-81. (1982). Unified system of protection against corrosion and aging. Polymeric materials. Accelerated Climate Aging Test Methods.

Стаття надійшла до редакції 17.07.2021 року