



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 $b_{вн} = 200$ мм. Внутрішні панелі різняться між собою геометричними параметрами та наявністю або відсутністю отворів. Арматування стінових панелей виконується арматурними стрижнями класу АІІ 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-

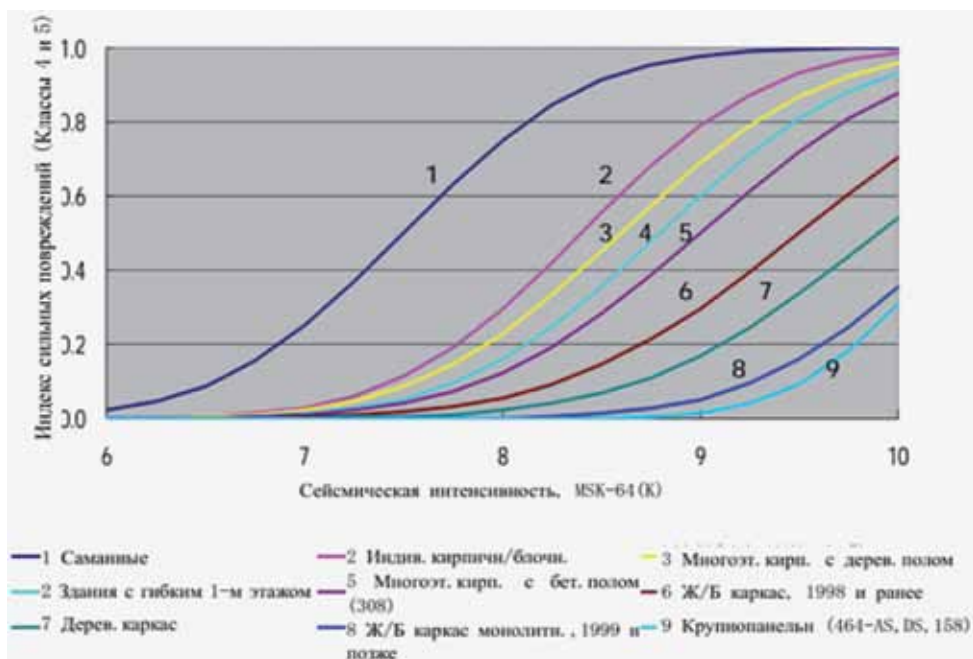


Рисунок 1 - Функции ймовірних пошкоджень будівель різних конструктивних схем характерних для м. Алмати відповідно до [14]

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

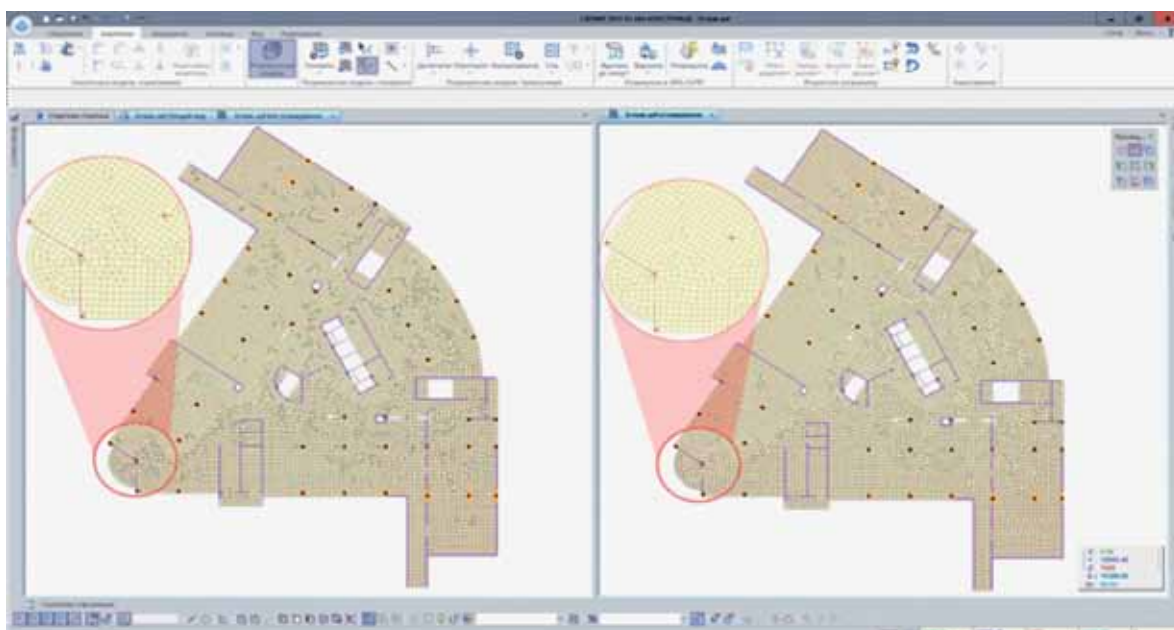


Рисунок 2 - СЕ сіть без згладжування (ліворуч) і з застосуванням згладжування (праворуч)



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

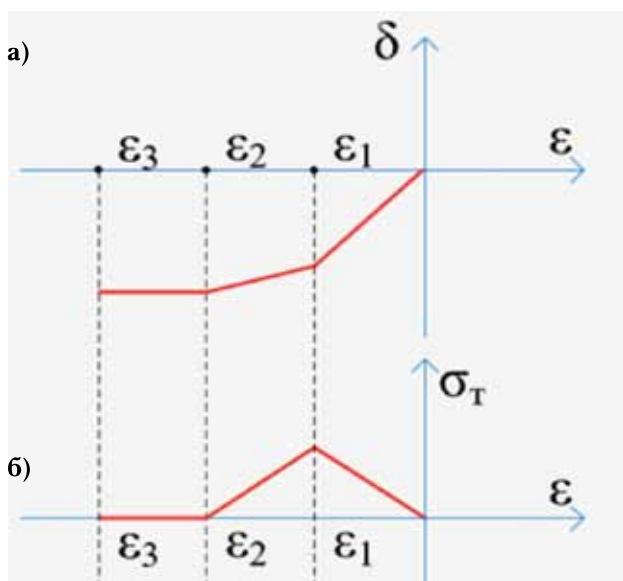


Рисунок 3 - Основні залежності при роботі стиків на стиск (а), та на зсув (б)

Таблиця 4 - Вплив згладжування СЕ сіті на форму елементів

	Без згладжування		З урахуванням згладжування	
Всього пластинчастих СЕ	1	1384100%	7	1333100%
Всього трикутних СЕ		188514%		8907%
З кутом менше 40°		1891%		1221%
Всього чотирикутних СЕ	6	119586%	7	124493%
З кутом більше 110°		8006%		3853%

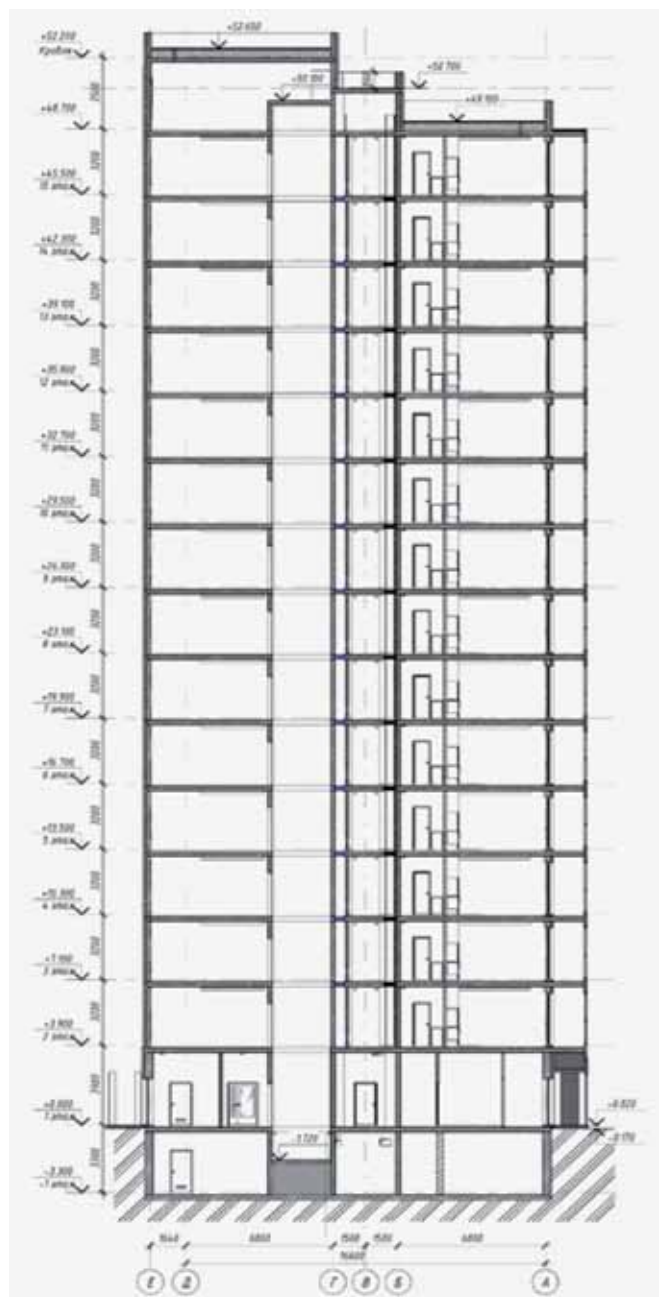


Рисунок 5 - Поперечний розріз будівлі



Рисунок 4 - План типового поверху будівлі

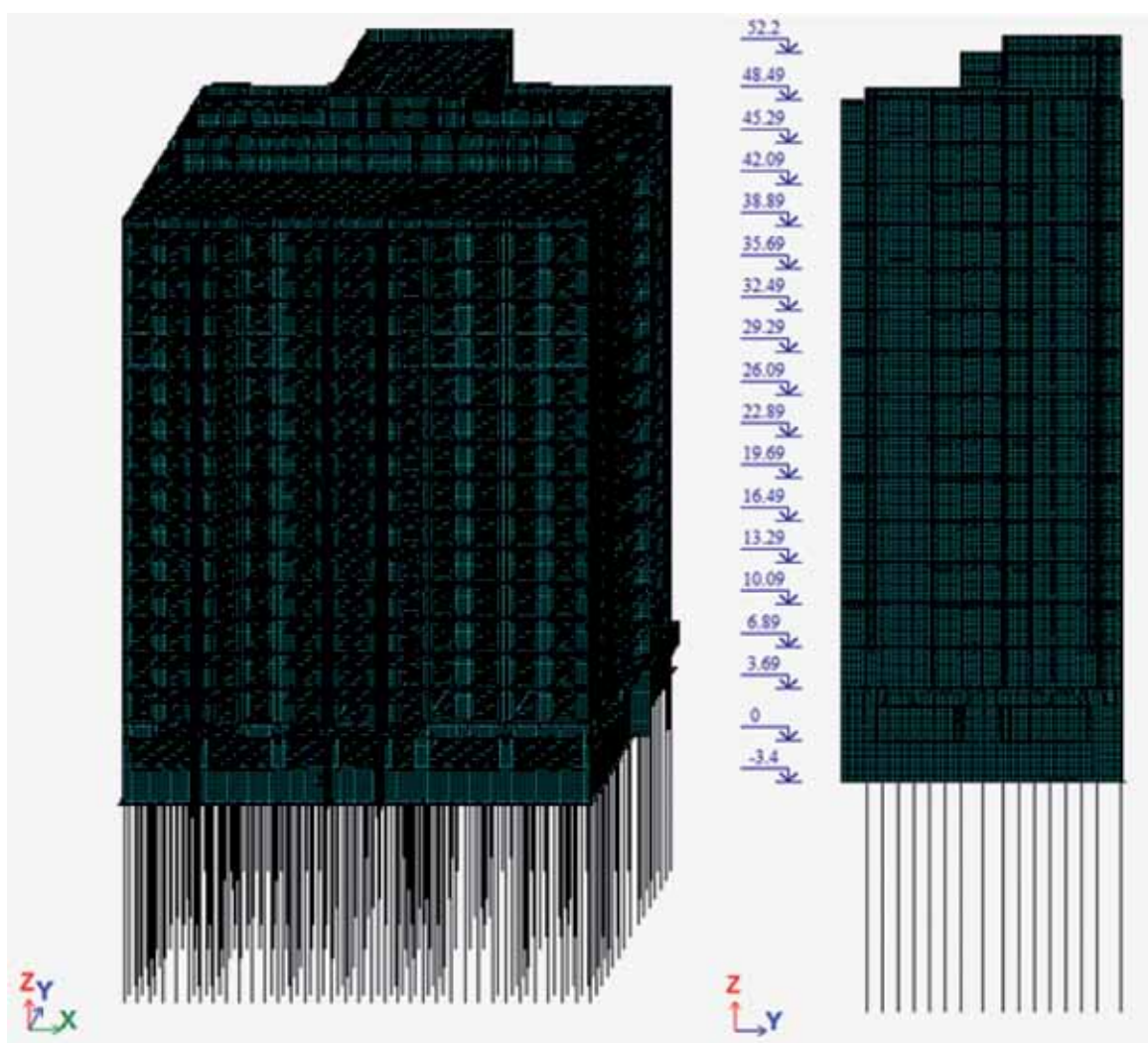


Рисунок 6 - Комп'ютерна модель будівлі. Загальний вигляд (а) та характерні аплікати (б)



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

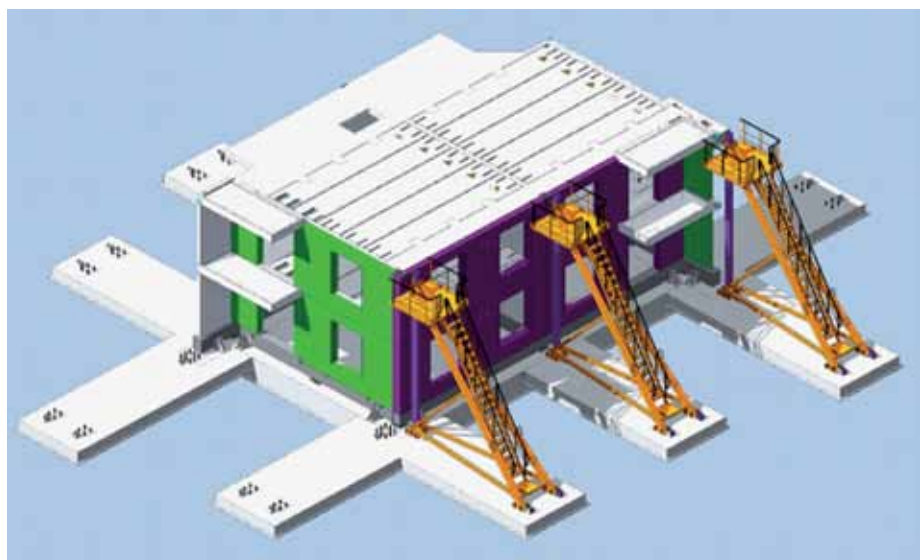


Рисунок 8 - Схема розташування контрофорсів з домкратами уздовж цифрових осей



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