Вінницький національний технічний університет
(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет будівництва, теплоенергетики та газопостачання
(повне найменування інституту, назва факультету (відділення))

Кафедра будівництва, міського господарства та архітектури
(повна назва кафедри (предметної, циклової комісії))

# Пояснювальна записка до магістерської кваліфікаційної роботи

магістр
(освітньо-кваліфікаційний рівень)

на тему *«Особливості реакцій елементів безригельного залізобетонного багатоповерхового каркасу на сейсмічні впливи за результатами прямого динамічного розрахунку»*

08.08 МКР.013.00.000. ПЗ

Виконав: магістрант *II* курсу, групи *Б-18м*
спеціальності
192 Будівництво та цивільна інженерія
(шифр і назва напряму підготовки, спеціальності)

*Микола Юрійович Томащук*
(прізвище та ініціали)
Керівник *В. М. Андрухов*
(прізвище та ініціали)
Рецензент
(прізвище та ініціали)
Опонент *О. Д. Панкевич*
(прізвище та ініціали)

**ВІННИЦЯ - 2019 року**

# РЕФЕРАТ

Робота присвячена вивченню та аналізу підходів до вибору параметрів та кількості розрахункових акселерограм, необхідних та достатніх для виконання розрахунку будівель і споруд на сейсмічні впливи за прямим динамічним методом.

В роботі розглянуто основні положення розрахунку будівель і споруд на сейсмічні впливи за прямим динамічним методом відповідно до вимог ДБН В.1.1-12:2014 «Будівництво у сейсмічних районах України», Європейських норм ДСТУ-Н Б EN 1998-1:2010 (Єврокод 8), нормативних документів інших країн та рекомендацій актуальних публікацій з цього питання.

Об’єктом досліджень є 15-ти поверховий залізобетонний житловий будинок, запроектований за схемою монолітного безрігельного каркасу для будівництва у сейсмічному районі України (м. Одеса) з інтенсивністю сейсмічних впливів 7-8 балів.

На основі аналізу результатів тестових розрахунків тривимірної комп’ютерної моделі безригельного каркасу багатоповерхової залізобетонної будівлі з використанням програмного комплексу «ЛІРА» методом прямого динамічного розрахунку виконано порівняння параметрів напружено-деформованого стану конструкцій та сейсмічних реакцій при впливі набору акселерограм.

***Ключові слова:*** сейсмічний вплив, багатоповерхова будівля, прямий динамічний метод, розрахункова акселерограма напружено-деормований стан.

ABSTRACT

The work is devoted to the study and analysis of approaches to the choice of parameters and the number of estimated accelerograms necessary and sufficient to perform the calculation of buildings and structures for seismic impacts by direct dynamic method.

The main provisions of the calculation of buildings and structures for seismic impacts by direct dynamic method in accordance with the requirements are considered in the work DBN B.1.1-12: 2014 “Construction in seismic regions of Ukraine”, European Standards DSTU-N B EN 1998-1: 2010 (Eurocode 8), regulatory documents of other countries and recommendations of current publications on this issue.

The object of research is a 15-storey reinforced concrete residential building, designed according to the scheme of a monolithic bezelless frame for construction in the seismic region of Ukraine (Odessa) with the intensity of seismic impacts 7-8 points.

On the basis of the analysis of the results of the test calculations of a three-dimensional computer model of a non-rigid frame of a multi-storey reinforced concrete building, using the LIRA software complex, the parameters of the stress-strain state of structures and the seismic reactions under the influence of a set of accelerometer were compared by the method of direct dynamic calculation.

***Keywords:*** seismic impact, multi-storey building, direct dynamic method, calculated accelerometer stress-strain state.

## ВІДОМІСТЬ АРКУШІВ ГРАФІЧНОЇ ЧАСТИНИ

| Аркуш | Найменування | Примітка |
|---|---|---|
| 1 | Тема, мета, обєкт, придмет дослідження | Плакат 1 |
| 2 | Задачі дослідження | Плакат 2 |
| 3 | Сейсмічна небезпека України, дані про сейсмічність території України, карта загального сейсмічного районування території України. | Плакат 3 |
| 4 | Записи прискорень сейсмічних коливань у часі (акселерограми), параметри інструментальних записів і синтезованих акселерограм | Плакат 4 |
| 5 | Прямий динамічний метод розрахунку | Плакат 5 |
| 6 | Розрахункава модель, загалний вигляд тривимірної розрахункої моделі, підвальний та типовий поверхи розрахункової моделі, параметри скінчених елементів компютерної моделі. | Плакат 6 |
| 7 | Результати чисельних досліджень, параметри розрахункових акселерограм, часові сигнали та спектри реакцій розрахункових акселерограм. | Плакат 7 |
| 8 | Результати чисельних досліджень, перші форми власних коливань будівлі, ізополя переміщень будівлі вздовж осі Y від сейсмічних навантажень | Плакат 8 |
| 9 | Максимальні горизонтальні переміщення, мм, в рівні перекриттів розрахункової моделі | Плакат 9 |
| 10 | Максимальні перекоси поверхів розрахункової моделі | Плакат 10 |
| 11 | Значення горизонтальних переміщень di (а) та перекосів поверхів Δi (б) при впливі розрахункових акселерограм | Плакат 11 |
| 12 | Розрахунок зусиль в конструкції, ізополя зусиль (кН) та напружень (кН/м2) | Плакат 12 |
| 13 | Порівнняня результатів розрахунку | Плакат 13 |
| 14 | Висноки за результатами досліджень | Плакат 14 |

Продовження таблиці: відомість аркушів гарфічної частини

| | | |
|---|---|---|
| 15 | Генеральний план (1:500), топографічна основа ділянки проектування, проектні візуалізації | |
| 16 | Проектні візуалізації, план поверху на відмітці 0.000 (1:100), план типового поверху (1:100), експлікації приміщень. | |
| 17 | Розріз 1-1 (1:100), розгортка по вулиці Краснова, фасад 2-10 (1:200), фасад Д-А (1:200) | |
| 18 | Армування нижнє, армування верхнє, схема стикування арматурних стержнів по довжині, специфікація монолітної з/б плити перекриття, каркасів, відомість витрат сталі на елемент, деталей | |
| 19 | Будгенплан (1:200), тимчасові будівлі і споруди | |
| 20 | Календарний графік, графік руху робочих кадрів, графік постачання будівельних конструкцій і матеріалів | |

# ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

| | | |
|---|---|---|
| ДБН | - | Державні будівельні норми України |
| ДСТУ | - | Державний стандарт України |
| МКР | - | Магістерська кваліфікаційна робота |
| МРЗ | - | Максимальний розрахунковий землетрус |
| НДС | - | Напружено-деформованого стану |
| ПЗ | - | Проектний землетрус |
| ПК | - | Програмний комплекс |
| СЕ | - | Скінченний елемент |
| СЗ | - | Слабкий землетрус |

**ЗМІСТ**

**ВСТУП**……. 10

**РОЗДІЛ 1 НАУКОВО-ДОСЛЫДНА ЧАСТИНА**……. 14

1.1 Загальні положення……..... 14

1.2 Прямий динамічний метод розрахунку із використанням акселерограм…. 15

1.2.1 Нормативні вимоги до прямих динамічних розрахунків та розрахункових акселерограм…….. 17

1.2.2 Аналіз особливостей вибору кількості та параметрів розрахункових акселерограм…….. 19

1.2.3 Використання програмних комплексів для прямого динамічного розрахунку…….. 25

1.3 Визначення мети та завдань дослідження……. 30

1.4 Розрахункові дослідження параметрів НДС будівель конструкцій 14-поверхової житлової будівлі……. 32

1.4.1 Опис комп’ютерної моделі будівлі……. 32

1.4.2 Навантаження і впливи……. 38

1.4.3 Результати розрахунку будівлі……. 50

1.5 Висновки за результатами досліджень……... 84

**РОЗДІЛ 2 ТЕХНІЧНА ЧАСТИНА**…… 89

2.1 Архітектурно-будівельні рішення……... 86

2.1.1 Благоустрій території забудови…… 86

2.1.2 Архітектурно-планувальні рішення ……..……. 87

2.1.3 Конструктивні рішення …….……..……. 89

2.1.4 Безпека життєдіяльності та охорона навколишнього середовища …….. 91

2.1.5 Техніко-економічні показники проекту…….. 92

2.2 Ораганізація будівельного виробництва…… 93

2.3. Охорона праці та безпеека в надзвичайних ситуаціях……. 101

2.3.1 Технічні рішення з безпечної експлуатації об'єкта……..….. 101

2.3.2 Технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії…….. 106

2.4 Висновки до розділу 2…….. 112

**РОЗДІЛ 3 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА**……. 113

3.1 Визначення економічної ефективності наукового розділу проекту……. 113

3.2 Висновок до розділу 3……..…… 114

**ВИСНОВКИ**……..……. 115
**ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ**……. 117
Додаток А Технічне завдання на наукову дослідну роботу…… 120

# ВСТУП

**Актуальність теми.**

Територія України знаходиться в зоні можливого впливу руйнівних землетрусів, інтенсивність яких на окремих територіях Одеської області та Криму може сягати 9 балів. Сейсмічну небезпеку необхідно враховувати при проектуванні та будівництві об’єктів громадського та виробничого призначення різного ступеню відповідальності [1].

Нормативні документи із проектування сейсмостійких конструкцій будівель і споруд передбачають дотримуватися ряду правил при проектуванні і будівництві, які забезпечують відсутність руйнування будівель при можливих землетрусах. При проектуванні відповідальних будівель і споруд, зокрема будинків підвищенної поверховості, нормами багатьох країн рекомендується виконувати розрахунки на сейсмічні впливи за прямим динамічним методом з використанням розрахункових акселерограм - реальних чи синтезованих записів прискорення коливань ґрунту у часі.

Вивчення методів розрахунку на сейсмічні впливи та набуття практичних навиків їх використання при проектуванні будівель і споруд в сейсмічних районах України є актуальним питанням для сучасних інженерів-будівельників.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.**

Робота виконана відповідно до теми:

- № 60К1 «Особливості конструктивних рішень багатоповерхових каркасно-монолітних житлово-офісних будівельпри сейсмічних впливах 8 балів».

**Метою досліджень** є оцінка впливу на сейсмічну реакцію та напружено-деформований стан безригельного каркасу багатоповерхової будівлі параметрів розрахункових акселерограм, необхідних для виконання розрахунку будівель і споруд на сейсмічні впливи за прямим динамічним методом.

**Задачі досліджень**:

- аналіз вимог нормативних документів та літературних джерел щодо особливостей розрахунку будівель і споруд на сейсмічні впливи, які задані у вигляді акселерограмземлетрусу;

- аналіз засобів та особливостей вибору параметрів та кількості розрахункових акселерограм, необхідних для виконання розрахунку будівель і споруд;
- розробка просторової розрахункової моделі безригельного каркасу багатоповерхової будівлі з використанням ПК «ЛІРА-САПР»;
- визначення величин навантажень для розрахунку моделі на основні та аварійні сполучення навантажень з урахуванням сейсмічного впливу, що здаається у вигляді акселерограм землетрусу;
- виконання розрахунку розробленої моделі на основні та аварійні сполучення навантажень;
- порівняння результатів розрахунку моделі на основні та аварійні сполучення навантажень з урахуванням сейсмічного впливу, зокрема:
  - динамічних характеристик моделі;
  - сейсмічних (інерційних) навантажень;
  - параметрів НДС основних несучих конструкцій;
  - витрат матеріалів (армування) конструкцій.
- підготовка висновків за результатами проведених досліджень.

**Об’єктом досліджень** є 15-ти поверхова житлова будівля з рамно-в`язевою конструктивною схемою із використанням монолітного залізобетонного безригельного каркасу, що проектується для будівництва у сейсмічному районі України, з інтенсивністю сейсмічних впливів 7-8 балів.

**Предметом дослідженняє** параметри напружено-деформованого стану (НДС) конструкцій 15-ти поверхової житлової будівлі, визначені за результатами розрахунку на основні та аварійні сполучення навантажень з урахуванням сейсмічного впливу, заданного у вигляді акселерограм землетрусу.

**Методи дослідження.**

Для досягнення мети та рішення поставлених завдань використовуються наступні методи досліджень:

- аналітичний огляд літературних джерел та вимог нормативних документів (розділ 1.2);

- теоретичні дослідження методів визначення сейсмічних навантажень відповідно до прямого динамічного методу розрахунку з використанням акселерограмземлетрусу (розділ 1.2);
- чисельні дослідження параметрів НДС будівельних конструкцій 15-ти поверхової житлової будівлі з рамно-в`язевою конструктивною схемою із використанням монолітного залізобетонного безригельного каркасу при впливі основних та аварійних сполучень навантажень з урахуванням сейсмічного впливу, заданного у вигляді акселерограм землетрусу (розділ 1.4);
- аналіз результатів розрахунку за визначеними параметрами динамічної реакції та НДС конструкцій, витрат матеріалів несучих конструкцій, зокрема у порівнянні із граничними значеннями відповідно до вимог нормативних документів (розділ 1.4).

**Наукова новизна роботи.**

Наукову новизну роботи складають:

- результати порівняльного аналізу параметрів інерційних (сейсмічних) навантажень на конструкції, отримані за прямим динамічним методом, зокрема у вигляді набору акселерограм землетрусів;
- результати порівняльного аналізу динамічних параметрів комп’ютерних моделей багатоповерхового залізобетонного будинку при впливі сейсмічних навантажень, заданих у вигляді акселерограм землетрусу;
- результати порівняльного аналізу НДС залізобетонних несучих конструкцій при впливі сейсмічних навантажень, заданих у вигляді акселерограм землетрусу.

**Практична цінність роботи.**

В результаті виконання МКР отримано інженерний досвід з виконання чисельних досліджень будівельних конструкцій з урахуванням сейсмічних впливів, а саме: володіння основними методами розрахунків та умовами їх застосування, вибору параметрів сейсмічного впливу в залежності від типу та відповідальності конструкцій, формування вихідних даних для розрахунків, зокрема з використанням сучасних програмних комплексів, аналіз отриманих результатів за

параметрами НДС та витратами матеріалів конструкцій.

**Особистий внесок магістранта** полягає у вивченні основних принципів проектування сейсмостійких каркасно-монолітних будівель, застосуванні сучасних методів розрахунку конструкцій на основні та аварійні сполучення навантажень з урахуванням сейсмічного впливу, чисельному моделюванні та аналізі поведінки конструкцій при сейсмічних впливах, заданих у вигляді акселерограм землетрусу.

**Апробація результатів роботи.**

Результати роботи апробовано на:

Результати роботи апробовано на: XLVIII регіональній науково-технічній конференції професорсько-викладацького складу, співробітників та студентів ВНТУ з участю працівників науково-дослідних організацій та інженерно-технічних працівників підприємств м. Вінниці та області;

Міжнародної науково-технічної конференції “ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ В ГАЛУЗЯХ ЕКОНОМІКИ УКРАЇНИ” 12-14 листопада 2019 р, ФБТЕГП ВНТУ.

**Публікації.**

За темою МКР підготовлено наступні публікації:

Андрухов В. М. Томащук М. Ю.

ОСОБЛИВОСТІ РЕАКЦІЙ ЕЛЕМЕНТІВ БЕЗРИГІЛЬНОГО КАРКАСУ НА СЕЙСМІЧНІ ВПЛИВИ ЗА ПРЯМИМ ДИНАМІЧНИМ РОЗРАХУНКОМ

https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/egeu/egeu2019/paper/viewFile/8453/7050

# РОЗДІЛ 1 НАУКОВО-ДОСЛЫДНА ЧАСТИНА

## 1.1 Загальні положення

Основні вимоги, яких треба дотримуватися при проектуванні будівель і споруд, які будуються у сейсмічних районах України (із сейсмічністю 6 балів і вище) наведені в Держаних будівельних нормах України ДБН В.1.1-12:2014 «Будівництво у сейсмічних районах України» [2] та гармонізованих європейських нормах ДСТУ-Н Б EN 1998-1:2010 «Єврокод 8. Проектування сейсмостійких конструкцій. Частина 1. Загальні правила, сейсмічні дії, правила щодо споруд» [3].

Проектуючи будівлі і споруди для будівництва у сейсмічно небезпечних районах, окрім розрахунків на основне сполучення навантажень, слід також виконувати розрахунки на аварійне сполучення навантажень [2, 4] з урахуванням наступних рівнів сейсмічного впливу.

Сейсмічні навантаження, які приймаються в розрахунку, визначаються відповідно до карт Загального сейсмічного районування території України ЗСР-2004-А, ЗСР-2004-В та ЗСР-2004-С, розміщенних у ДБН В.1.1-12:2014 [2]. Вибір певної карти ЗСР виконується в залежності від класу наслідків (відповідальності) будівель і споруд, визначених відповідно до ДБН В.1.2-14-2009 [4], періоду повторюваності сейсмічних впливів та їх інтенсивності відповідно до [5].

Розрахунки споруд на аварійне сполучення навантажень з урахуванням сейсмічного впливу слід виконувати із використанням:

- спектрального методу;
- прямого динамічного методу із застосуванням інструментальних записів прискорень ґрунту при землетрусах або набору синтезованих акселерограм.

Нормативні документи з сейсмостійкого будівництва багатьох країн регламентують застосування в якості основного спектральний метод визначення сейсмічних навантажень на будівлі і споруди. За основу приймаються графіки спектральних коефіцієнтів динамічності $\beta(T)$, які є спектрами реакції в формі відносних прискорень і, в той же час, характеризують спектральний склад впливу

[5].

Розрахунки за спектральним методом слід виконувати для всіх будівель і споруд. Для будівель і споруд простої геометричної форми із симетричним і регулярним розміщенням мас і жорсткостей, розрахункові сейсмічні навантаження слід приймати такими, що діють горизонтально у напрямку основних осей будівлі. Дію сейсмічних навантажень у вказаних напрямках, як правило, приймають окремо.

## 1.2 Прямий динамічний метод розрахунку із використанням акселерограм

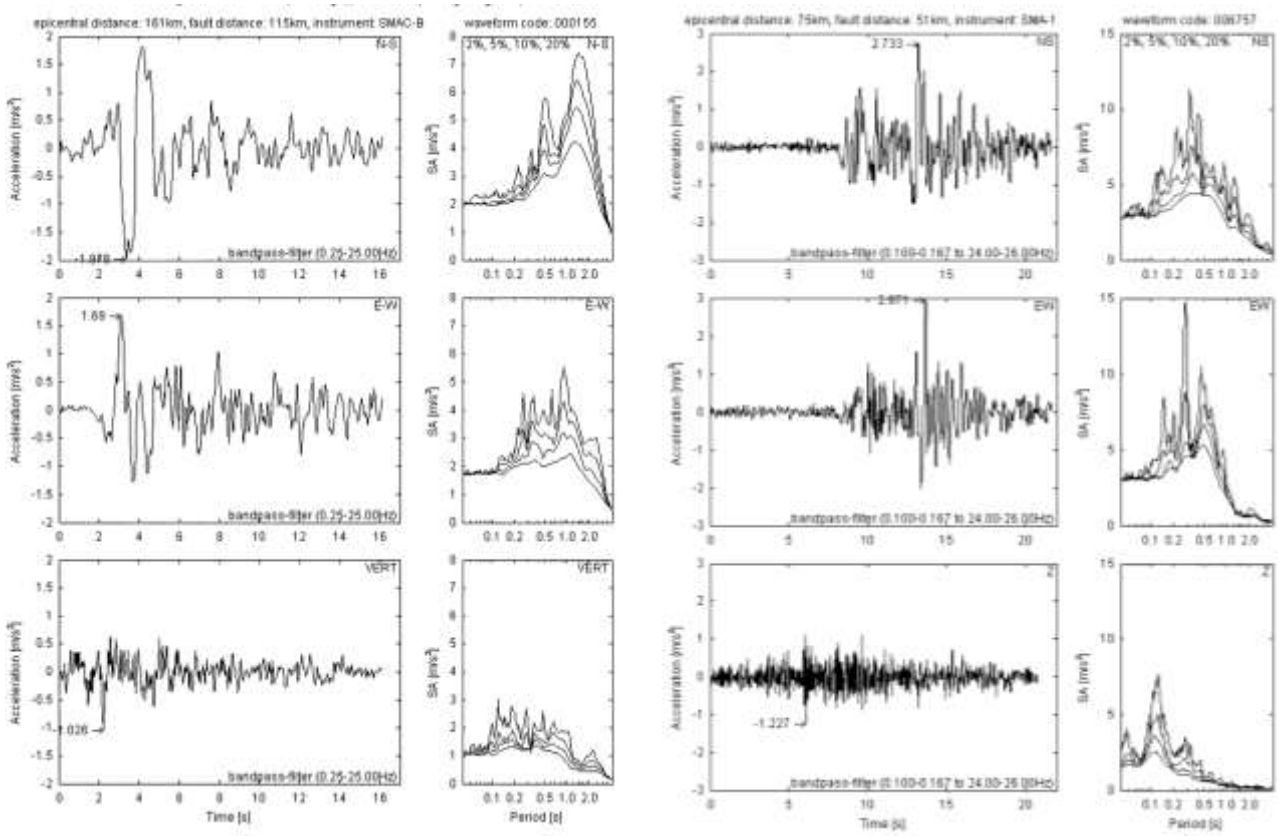
Розрахунок будівель за спектральними характеристиками дає лише наближення до дійсних зусиль і деформацій, що виникають в конструкціях під час землетрусу.В якості альтернативного способу завдання сейсмічного впливу використовують закони сейсмічних рухів грунту, які найчастіше представлені функцією зміни прискорення в часі (акселерограмою).

Акселерограма землетрусу представляє собою запис у часі однокомпонентного процесу зміни прискорення коливань грунту при сейсмічній події у вигляді графіка або набору значень для фіксованого напрямку. Трикомпоненті акселерограми містять дві горизонтальні (ортогональні) компоненти - радіальну (R) і тангенціальну (T) та вертикальну (Z) компоненту.

Розрізняють реальні та синтезовані акселерограми. Перші реєструються обладнанням сейсмічних станцій під час земелетрусу. Реальна акселерограма відображає характер коливань грунту на майданчику реєстрації лише під час конкретної сейсмічної події. Синтезовані акселерограми отримують за допомогою розрахункових методів на основі статистичної обробки та аналізу ряду акселерограм і / або спектрів реальних землетрусів з урахуванням місцевих сейсмологічних умов.

Кожний землетрус володіє унікальними спектральними і амплітудними особливостями, що відрізняють його від попередніх подій. На рисунку 1.1 наведено графіки коливань грунту, зафіксовані у Бухаресті 4 березня 1977 року (а) та 30 серпня 1986 року (б) при руйнівних землетрусах з епіцентрами в горах Вранча

(Румунія).




а) б)

Рисунок 1.1 – Акселерограми та спектри реакції землетрусів 4.03.1977 року (а) та 30.08.1986 року (б) з епіцентром в горах Вранча (Румунія) (*за даними Національного центру геофізичних даних*)

Як видно з рисунку 1.1 вплив сейсмічних подій з епіцентром в одному регіоні та приблизно рівною магнітудою (М7,5 та М7,2) може суттєво відрізнятися як за інтенсивністю коливань (значеннями прискорень), так і за спектральним складом (переважаючими періодами). Для події 1977 року переважаючі періоди знаходились в широкому діапазоні від 0,3 до 2 с; у 1986 році переважаючі періоди становили 0,1 - 0,5 с. Значний вплив має відстань від епіцентру та властивості грунтів, якими складений майданчик будівництва.

Акселерограми землетрусів є основою для виконання наступних задач:

- побудови графіків спектрів реакції (коефіцієнтів динамічності β) для використання у спектральному методі розрахунку;
- проведення прямих динамічних розрахунків нетипових і відповідальних будівель і споруд з урахуванням нелінійної роботи конструкцій.

Прямі динамічні розрахунки будівель і споруд виконують з використанням розрахункових акселерограм (інструментальних записів прискорень ґрунту при землетрусах або набору синтезованих акселерограм).

Інструментальні записи сейсмічних подій, зареєстровані на території України, представляють цінні відомості про спектральний склад впливів і охоплюють досить широкий діапазон періодів від 0,1 - 3,0 с. Зважаючи на незначний рівень впливів, представлені записи не можуть безпосередньо використовуватися для розрахунку будівель і споруд, але можуть послужити основою для побудови синтезованих розрахункових акселерограм. Втім зареєстровані записи також можна використовувати для розрахунків, виконавши масштабування акселерограми, тобто збільшивши її прискорення до необхідного значення, яке відповідає сейсмічній інтенсивності на майданчику будівництва.

Акселерограми використовують при розрахунку конструкцій з урахуванням нелінійності їх роботи, в методах врахування взаємодії споруди з основою, крім того, виконувати прямі динамічні розрахунки з використанням розрахункових акселерограм при проектуванні нетипових і відповідальних будівель і споруд рекомендують нормативні документи [2, 3]. Цим викликаний особливий інтерес до проблеми завдання розрахунковихакселерограм.

### 1.2.1 Нормативні вимоги до прямих динамічних розрахунків та розрахункових акселерограм

Відповідно до [2] розрахункові акселерограми повинні максимально повно моделювати сейсмічні коливання вільної поверхні ґрунту при землетрусах з близьких і віддалених сейсмоактивних зон з урахуванням особливостей випромінювання сейсмічних хвиль з осередку землетрусу, закономірностей загасання сейсмічних коливань з відстанню і резонансних властивостей ґрунту на будівельному (експлуатаційному) майданчику.

Критерієм вибору розрахункової акселерограми є максимальне прискорення, що відповідає сейсмічності будівельного майданчика. До синтезованих акселерограм пред'являються наступні вимоги [2]:

1. крок дискретизації акселерограм в часі повинен становити не більше 0,01 с;
2. максимальна амплітуда акселерограми не повинна бути нижче стандартного значення максимального прискорення;
3. на будь-який частоті в діапазоні від 0,2 Гц до 33 Гц значення спектру реакції синтезованої акселерограми не повинні відхилятися від відповідних значень стандартного спектру більш ніж на 10 %;
4. у момент закінчення акселерограми розраховані за нею швидкість і переміщення коливань повинні бути близькими до нуля.

Виконуючи прямі динамічні розрахунки будівель і споруд на стадії проектування, допускається використання набору розрахункових акселерограм, наведених в таблиці 6.10 [2]. При цьому необхідно обирати акселерограми, переважаючі періоди яких близькі до періодів власних коливань будівлі. Необхідна кількість використаних записів при цьому не обумовлюється.

Розрахункові сейсмічні навантаження, визначені за прямим динамічним методом з використанням акселерограм, приймаються не нижче навантажень, визначених за спектральним методом.

Відповідно до [3] тривалість акселерограм повинна відповідати магнітуді і іншим властивостям, характерним сейсмічній події, від якої залежить визначення $a_g$.

Коли дані про особливості будівельного майданчика недоступні, мінімальна тривалість $T_s$ постійної частини акселерограми повинна дорівнювати 10 с.

Комплект штучних акселерограм має задовільняти наступним вимогам:

1. повинно бути використано мінімум 3 акселерограми;
2. середнє значення прискорення, обчислене з окремої акселерограми, не може бути менше, ніж значення $a_g S$для даного майданчика (аналогічно позиції 2 вимог [2]);
3. у діапазоні періодів між $0{,}2T_1$ и $2T_1$, де $T_1$є основним періодом коливань будівлі у напрямку прикладання акселерограми, жодне значення пружного спектру з 5 % демпфування, який обчислюється з урахуванням усіх

акселерограм, не може бути менш ніж 90 % від відповідного значення пружного спектру (відповідає позиції 3 вимог [2]).

В роботі [6] наведено вимоги нормативного документу США [7] щодо вибору розрахункових акселерограм. Відповідно до ASCE 7-05 записи землетрусів слід вибирати виходячи з магнітуд події, відстані до епіцентру та механізмів джерела, які відповідають максимально розглянутому землетрусу. Якщо потрібна кількість відповідних записів недоступна, можуть бути включені відповідні синтезовані записи руху.

Для двовимірного аналізу симетричних в плані будівель, ASCE 7-05 вимагає масштабування записів коливань на основі інтенсивності таким чином щоб середнє значення спектрів відгуку для 5% демпфування було не менше ніж проектний спектр реакцій в діапазоні періодів від $0{,}2T_1$ до $1{,}5T_1$.

Проектне значення параметрів НДС (зусиль, деформацій або перекосів поверхів) приймається як середнє значення, отримане від сімох (і більше) записів, або як максимальне значення для всіх записів, якщо система аналізується на вплив менше семи акселерограм.

### 1.2.2 Аналіз особливостей вибору кількості та параметрів розрахункових акселерограм

В роботі [5]проаналізовано параметри, які мають найбільший вплив на спектральну форму коливань грунту і, відповідно, акселерограм. До них відносяться:

- магнітуда очікуваної сейсмічної події;
- відстань площадки до епіцентрів можливих землетрусів;
- властивості грунтів площадки (як правило описується швидкістю зсувної хвилі розповсюдження коливань в межах потужності 30 м від поверхні);
- вплив напрямку.

Встановлено, що події з більшими магнітудами дають більш широкі спектри реакцій. Як показано на рисунку 1.2 спектральний пік поступово зміщується від ~ 0,15 сек для землетрусу найменшої магнітуди (M4,9) до ~ 0,5 сек для найбільших подій (M7,6 - 7,9).

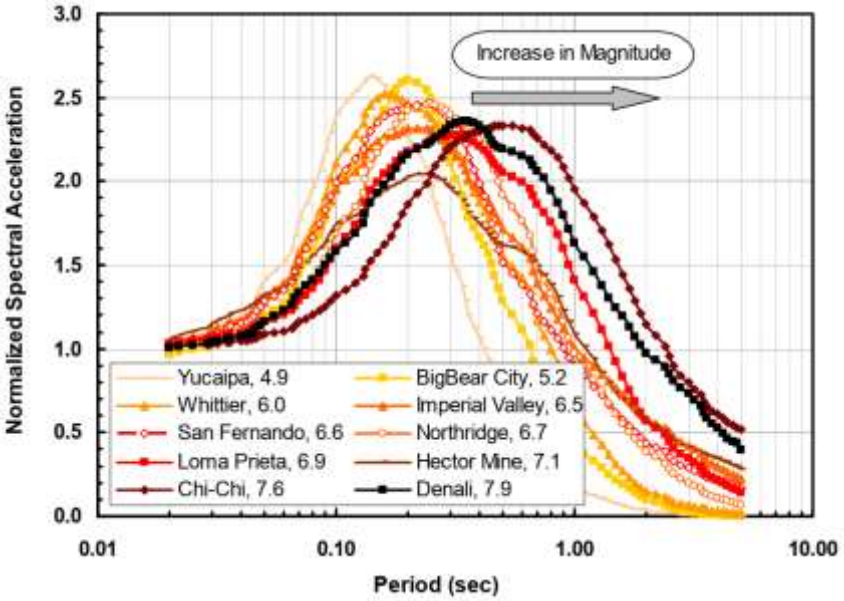



Рисунок 1.2 - Порівняння середньої спектральної форми землетрусів магнітудою від 4,9 до 7,9 - збільшення магнітуди зміщує переважаючий період на більш високі значення

Переважаючий період впливу також зміщується до більш високих значень із збільшенням відстані від епіцентру землетрусу. На рисунку 1.3 зображено таку залежність спектральної форми від відстанідля землетрусу магнітудою M7.6 на Тайвані 1999 року. Для цієї конкретної події переважаючий період зміщується від приблизно 0,35 сек на найближчих відстанях (0-20 км) до 1,2 секунди на найдальших відстанях від епіцентру (120-140 км).

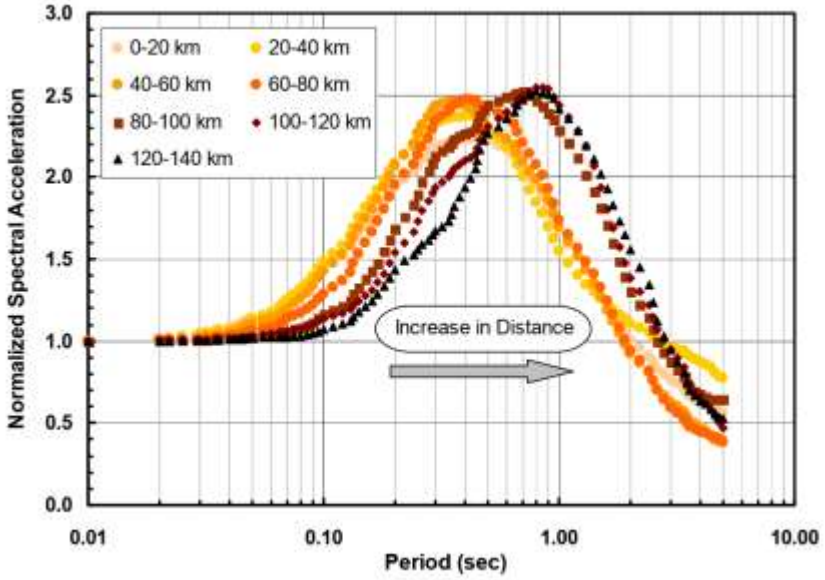



Рисунок 1.3 - Зсув переважаючого періоду середньої спектральної форми до більш високих значень із збільшенням середньої відстані в кожні 20 км відстані (Дані землетрусу 1999 року Chi-Chi(Тайвань) з магнітудою M7.6)

Крім магнітуди та відстані спектральна форма акселерограми залежить також від грунтових умов майданчика. Переважаючий період ділянки, як правило, нижчий, ніж у майданчика із більш слабкими грунтами. Ця тенденція показана на рисунку 1.4, де порівнюється середня спектральна форма в залежності від швидкостей грунту 180-360 м/с (графік з трикутникам) та скельного грунту 540-720 м/с (графік з колами).

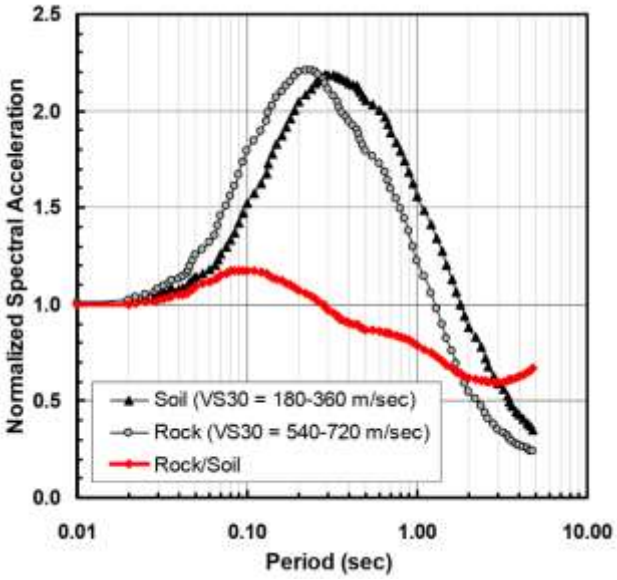



Рисунок 1.4 - Порівняння середніх спектральних форм “гірських порід” та “ґрунтів” та їх передавальної функції (відношення «гірські породи / ґрунт»)

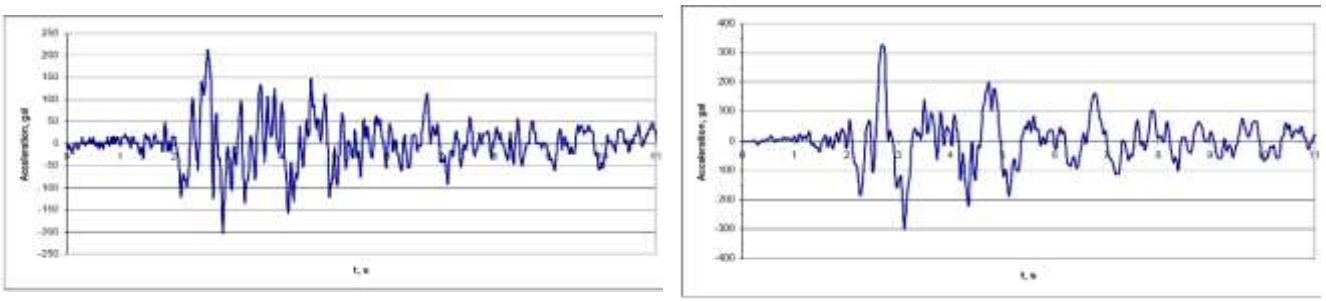
Для застосування набору акселерограм на практиці пропонуються наступні рекомендації [8]: визначившись із магнітудою впливу необхідно обрати переважаючі частоти акселерограми. Переважаючі частоти повинні вибиратися, ґрунтуючись на сейсмічних властивостях майданчика будівництва, а також на основі резонансних частот споруди. Далі, в залежності від необхідної інтенсивності землетрусу,обирають з банку даних існуючий запис (за наявності), виконують масштабування менш інтенсивної акселрограми або моделюють синтезовану акселерограму.

У роботі [9] розглянуті теоретичні основи методу підгтовки акселерограми під умови конкретного будівельного майданчика. Існують різні способи вибору такого сигналу:

- підбір реальних акселерограми з світового банку даних з урахуванням магнітуди, глибини, епіцентральної відстані, будови грунтового середовища;
- генерування акселерограми на основі узагальнених даних про параметри осередку, спектральних особливостей середовища, тривалості та інтенсивності коливань;
- перерахунок реального запису сильного землетрусу небезпечного для даної території з пункту реєстрації на досліджуваний майданчик.

Вибір того чи іншого способу зазвичай обумовлений станом вивченості сейсмологічної обстановки в регіоні. Для території України реальні записи у необхідній кількості відсутні, тож перший метод практично не використовується, іноді використовується третій метод. Основним методом отримання розрахункових акселерограм є генерування синтезованих записів за результатами робіт із сейсмічного районування конкретного будівельного майданчика відповідно до положень ДБН В.1.1-12 [2]. Авторами [10] показано, що акселерограми слід розраховувати тільки з урахуванням властивостей ґрунтів для конкретних майданчиків будівництва, що дає змогу досягти необхідної сейсмостійкості за одночасного зниження вартості об’єкта.

На рисунку 1.5 наведено приклад реальної акселерограми, отриманої при сейсмічній події 30.08.86 р. в м. Кишиневі (а) та підготовленої на її основі розрахункової акселерограми (б), використаної для проектування 19-ти поверхового житлового будинку [9].Як видно з рисунку 1.5 вихідна та розрахункова акселерограми можуть суттєво відрізнятися як за інтенсивністю, так і за спектральним складом.



а) б)

Рисунок 1.5 – Реальна (а) та масштабована (б) горизонтальна (вздовж осі Y) компонента розрахункової акселерограми для проектування 19-ти поверхового житлового будинку [9]

Для проведення динамічного аналізу слід також визначитися з кількістю акселерограм, які використовуються в аналізі.

Як зазначається в публікації [11] розрахунок на одну акселерограму землетрусу не тільки не дає об'єктивної картини поведінки, а й дезінформує проектувальника про динамічний характер роботи будівлі або споруди під. навантаженням. У нормах [2], за відсутності даних для конкретного будівельного майданчика, рекомендується використовувати в розрахунках не одну акселерограму, а набір (пакет) акселерограм. Аналогічні рекомендації містяться в Єврокоді-8 [3]. В останніх дослідженнях використовується різна кількість розрахункових акселерограм: від п’яти до тридцяти [12], десятьреальних записів, пристосованих до умов будівництва в Турції [13], п'ятнадцять реальних акселерограм, записаних сейсмостанціями України [14] тощо.

В роботі [12] проаналізовано сейсмічну реакцію чотирьох наборів по 5, 10, 20 та 30 акселерограм. При цьому результати розрахунку на 30 акселерограм використовувались як орієнтир для того, щоб перевірити можливість використання 5, 10 та 20 акселерограм в прямому динамічному аналізі. Узагальнені результати аналізу наведені на рисунку 1.6 у вигляд усереднених спектрів реакції (прискорень), отриманих від 5, 10, 20 та 30 акселерограм у порівнянні із переважаючими періодами коливань *T* розглянутої споруди.

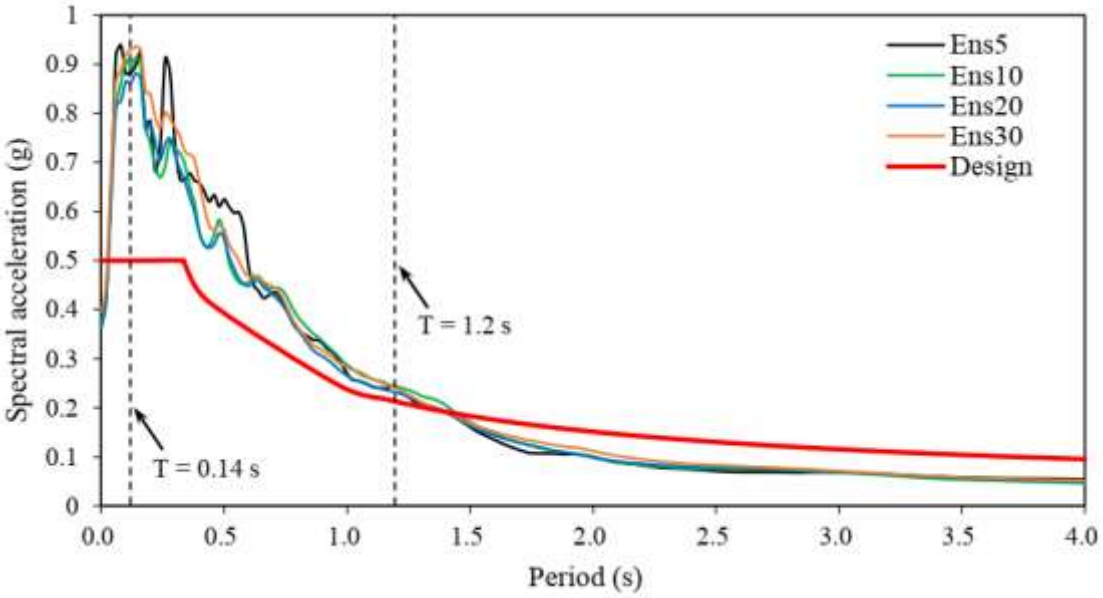
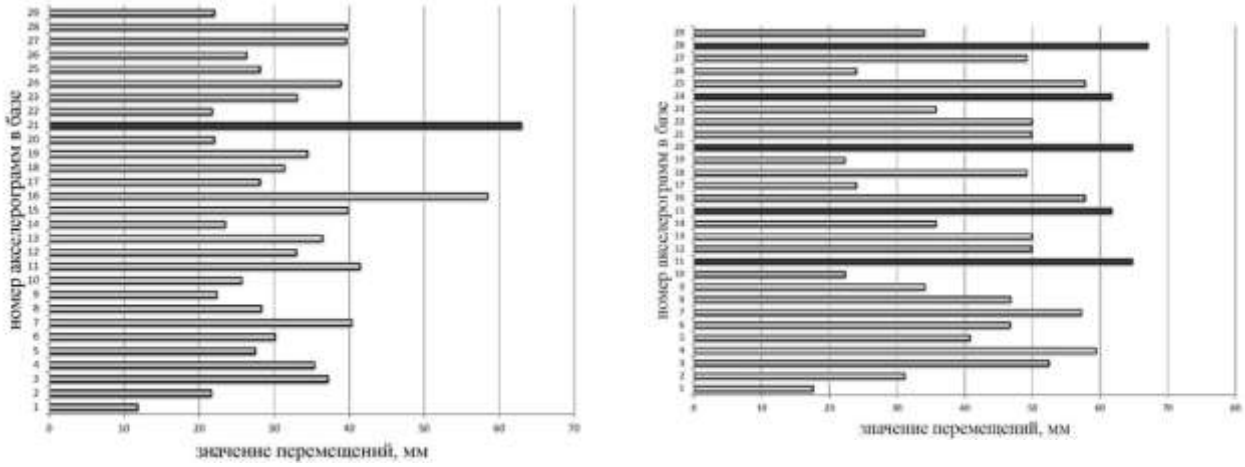



Рисунок 1.6 – Середні спектри реакції отримані за результатами прямого динамічного аналізу з використанням 5, 10, 20 та 30 записів [12]

Як видно з рисунку 1.6 сейсмічні реакції споруди у вигляді лінійних спектрів реакцій, отримані при впливі наборів з 5, 10, 20 та 30 акселерограм, практично не відрізняютьсядля періодів T=0,14 с та T=1,2 с. Це дозволило авторам [12] сформулювати висновок про те, що для лінійного аналізу та для цілей конкретного проекту достатньо 5 акселерограм. В той же час для нелінійного аналізу при високих рівнях сейсмічного збудження рекомендується приймати не менше 10 акселерограм.

Виникає питання - які саме акселерограми вибрати для конкретного об'єкта будівництва. Автори [10] запропонували наступну послідовність дій для підготовки моделі впливу:

- спочатку визначаються динамічні характеристики об'єкта проектування за аналізом форм власних коливань чи спектральним методом;
- відповідно до розроблених авторами [11] табличних даних або графічного матеріалу (приклади наведено на рисунку 1.7), вибирається необхідна кількість акселерограм, за результатами розрахунку на які отримані максимальні переміщення і внутрішні зусилля;
- після формування пакета акселерограм виконується розрахунок будівлі з використанням функції сучасних обчислювальних комплексів.




а) б)

Рисунок 1.7 - Значення переміщень при розрахунку на задані акселерограми землетрусу для періодів 0.9с (а) і 1,0 с (б) відповідно до [11]

Аналогічна таблиця може бути отримана для кожного будівельного об'єкта або регіону в цілому. В той же час представлений спосіб не враховує зміни періодів коливань, викликаних нелінійними властивостями матеріалів і зниженням жорсткості при руйнуванні контрукцій.

Таким чином, не зважаючи на різні підходи до моделювання сейсмічного впливу у вигляді розрахункових акселерограм, значної кількості чинників, що впливають на вибір їх параметрів та необхідної кількості, особливу увагу у нормативних документах та відомих дослідженнях прямого динамічного розрахунку приділено саме необхідності забезпечення близькості переважаючих періодівсейсмічного впливу до періодів власних коливань будівлі.

### 1.2.3 Використання програмних комплексів для прямого динамічного розрахунку

Сучасні методи розрахунку на сейсмічні навантаження з урахуванням реального розподілу сейсмічних мас в просторовій системі дозволяють вирішувати практичні питання розрахунку і проектування будівель з підвищеною поверховістю.

Велику перевагу надає використання програмних комплексів (ПК) розрахунку, зокрема «ЛІРА-САПР» [16], «МОНОМАХ» [17], «САПФІР» [18], «СКАД Софт» [19] та інших.

Реалізація сучасних швидкодіючих алгоритмів розв'язання великорозмірних систем рівнянь, кроково-ітераційних алгоритмів розв'язання нелінійних рівнянь, тривимірна графіка створення розрахункових моделей та візуалізації результатів практично не накладають обмежень на клас споруд і характер впливів на них [20]. Крім того, в ПК реалізовані і враховані підвищені вимоги до розрахунку сейсмостійких будівель, закладені в різних нормативних документах, зокрема ДБН В.1.1-12 [2].

Для створення просторової розрахункової схеми будівлі використовується переважно ПК «МОНОМАХ» або ПК «САПФІР» Ці комплекси є спеціалізованими системами проектування з інтегрованими засобами САПР і дозволяють працювати безпосередньо архітекторові і конструктору з основними конструктивними елементами - колона, плита, балка, стіна, отвір тощо.

ПК «ЛІРА-САПР» - це багатофункціональний програмний комплекс для розрахунку, дослідження і проектування конструкцій різного призначення. Із використанням ПК «ЛІРА-САПР» виконують розрахунки конструкцій на всі види статичних навантажень (силові, температурні, деформаційні) і динамічних впливів (вітер з урахуванням пульсації, сейсмічні впливи за різними нормами, гармонійні коливання тощо), автоматизувати ряд процесів проектування: визначення розрахункових сполучень навантажень і зусиль, підбір і перевірку перерізів сталевих та залізобетонних конструкцій.

ПК «ЛІРА-САПР» містить 24 модулі розрахунків конструкцій на сейсмічні навантаження. Зокрема, в ПК «ЛІРА-САПР» реалізовані всі методи розрахунку, передбачені ДБН В.1.1-12 [2], спектральний метод розрахунку відповідно до нормативних документів країн Європейського Союзу (Єврокод 8 [3]), США, Азербайджану, Арменії, Грузії, Узбекистану та інших, а також прямий динамічний метод з використанням одно- та трикомпонентних акселерограм. Нижче наведено стислий опис Модуля 27 - розрахунок на акселерограму (одна складова).

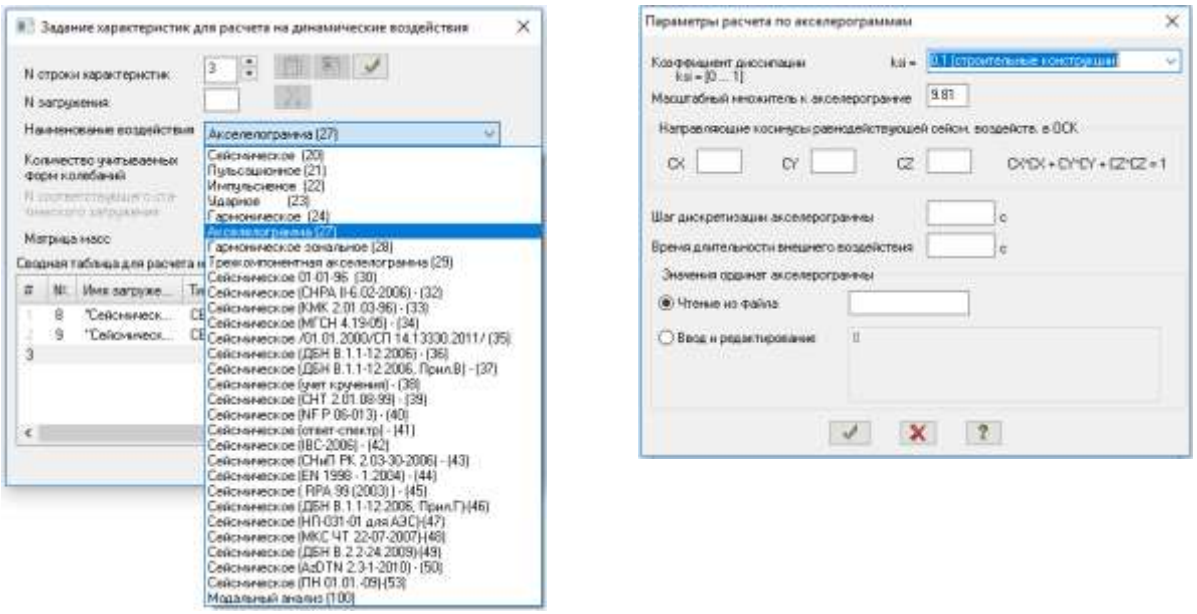
**Модуль 27 - розрахунок на акселерограму**

Загальний вигляд меню завдання динамічних навантажень з обраним модулем 27 ПК «ЛІРА САПР» наведено на рис. 1.8, а; меню завдання вихідних даних для розрахунку – на рис. 1.8, б.

При розрахунку на акселерограму у відповідних полях меню вводиться масштабний множник до акселерограми, крок дискретизації і час тривалості зовнішнього впливу.

Якщо відомо напрямок, зя яким відбувається вплив, то він задається направляючими косинусами (CX, CY і CZ). Зважаючи на те, що умова CX*CX+CY*CY=1 має завжди дотримуватися, достатньо задати два косинуса з трьох; третій встановлюється автоматично.

Зі списку обирається коефіцієнт дисипації ksi (параметр загасання коливань) або задається значення цього коефіцієнта в діапазоні від 0 до 1 в залежності від типу використаного матеріалу конструкцій (таблиця 1.1).




а) б)

Рисунок 1.8 – Меню модуля 27 «ПК «ЛІРА-САПР»» для завдання сейсмічного навантаження за прямим динамічним методом з використанням однокомпонентної акселерограми

Таблиця 1.1 – Коефіцієнти дисипації конструкцій

| Матеріал | коефіцієнт ksi для навантажень I і II категорії | коефіцієнт ksi для навантажень III і IV категорії |
|---|---|---|
| Залізобетон ненапруж. | 0.025 | 0.05 |
| Залізобетон попередньо ненапружений | 0.0125 | 0.025 |
| Прокатна сталь | 0.005 | 0.0125 |
| Цегляна кладка | 0.02 | 0.04 |
| Дерев`яні конструкції | 0.015 | 0.025 |

Ординати акселерограми можуть бути прочитані з файлу (для цього потрібно вказати курсором на радіо-кнопку «*Читання з файлу*» і вказати у вікні ім'я файлу) або введені і скориговані вручну (для цього потрібно вказати курсором на радіо-кнопку «*Введення і редагування*»). Текстовий файл із даними акселерограми при цьому має знаходитися у папці «LDATA» з вихідними даними ПК «ЛІРА-САПР».

Масштабний множник до акселерограми множиться на значення вихідної акселерограми. Якщо ординати акселерограми є відносними величинами (в частках від прискорення *g*), то масштабний множник дорівнює 9.81 м/с$^2$.

Зважаючи на те, що амплітуди синтезованих акселерограм, запропонованих у ДБН В.1.1-12 [2], задані в м/с$^2$, до них вводяться наступні масштабні множники, які відповідають сейсмічності майданчика будівництва:

- 0,5 - для 6 балів;
- 1,0 - для 7 балів;
- 2,0 - для 8 балів
- 3,3 - для 9 балів.

Наприклад, якщо для розрахунку обрана синтезована акселерограма *Vb1* з максимальною амплітудою радіального прискорення 1.485 м/с$^2$, то розрахунок для майданчика будівництва з розрахунковою сейсмічністю 8 балів буде проведений на прискорення 2*1.485 = 2.97 м/с$^2$.

Текстові файли синтезованих акселерограм (трикомпонентних та окремих компонент) з їх описом та характеристиками надаються в якості додатку до ДБН В.1.1-12 [2] та входять в стандартний набір ПК «ЛІРА-САПР».

Формування динамічних завантажень із статичних

Діалогове вікно призначене для завдання інформації про статичні навантаження (маси), які мають бути враховані при формуванні сейсмічного навантаження, як це передбачено п. 1.3.4 та таблицею 1.4. Загальний вигляд вікна наведено на рис. 1.9.

Маса може бути накопичена або з статичних завантажень (одного або декількох) - код 1, або з щільності матеріалу, заданої при описі параметрів жорсткості, - код 2. Необхідний код вказується за допомогою відповідної радіо-кнопки.

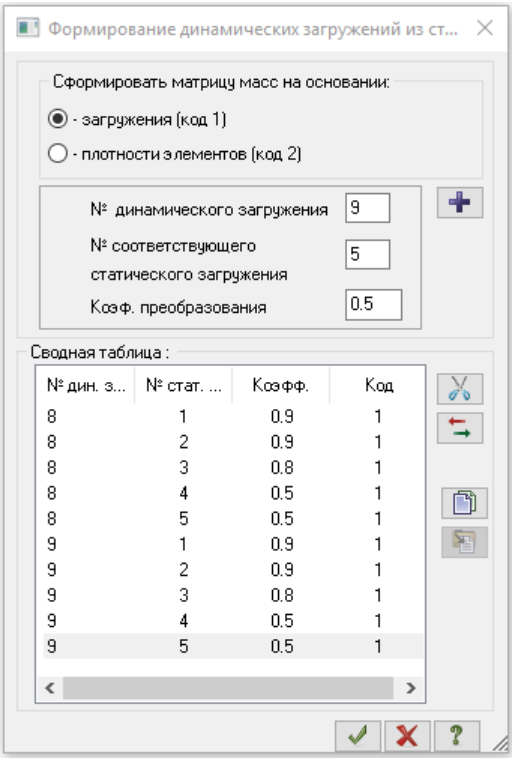



Рисунок 1.9 – Загальний вигляд меню ПК «ЛІРА-САПР» для формування динамічних завантажень з статичних

У відповідних полях введення задається номер нового динамічного завантаження, номер існуючого статичного завантаження і коефіцієнт перетворення.

За допомогою кнопки «*Додати*» задана інформація вноситься в зведену таблицю.

Видалення рядків таблиці проводиться за допомогою кнопки «*Видалити*». Доступ до будь-якого рядку заданої таблиці та зміна його значення виконується за допомогою кнопки «*Змінити*».

Результати розрахунку

Крім стандартних параметрів НДС елементів розрахункової схеми (переміщень, внутрішніх зусиль, напружень тощо) результатами розрахунку на сейсмічні навантаження в ПК «ЛІРА-САПР» є:

- частоти власних коливань;
- форми (координати) власних коливань;
- маси, зосереджені в узлах розрахункової схеми;

- інерційні навантаження, зосереджені в узлах розрахункової схеми.

Таблиці результатів формуються у вигляді інтерактивних таблиць, які формуються автоматично за допомогою редактора ПК «ЛІРА-САПР» (рис. 1.10), для кожної з складових сейсмічного впливу.

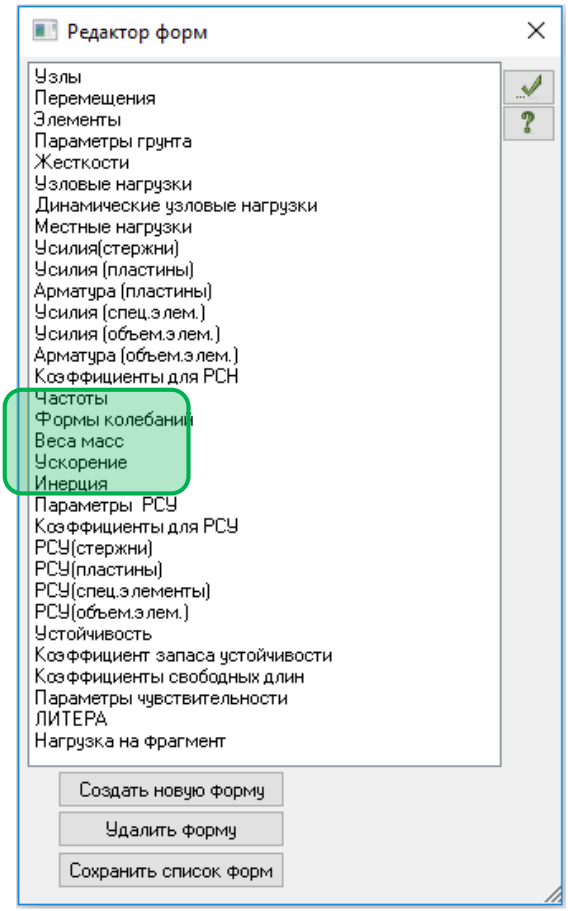



Рисунок 1.10 – Меню «Редактор форм» ПК «ЛІРА-САПР» для формування результатів розрахунку на сейсмічний вплив.

## 1.3 Визначення мети та завдань дослідження

**Метою дослідженьє** оцінка впливу на сейсмічну реакцію та напружено-деформований стан безригельного каркасу багатоповерхової будівлі параметрів розрахункових акселерограм, необхідних для виконання розрахунку будівель і споруд на сейсмічні впливи за прямим динамічним методом.

**Задачі досліджень, основні етапи та послідовність** їх виконання наведено у вигляді блок-схеми на рис. 1.11.

Аналіз вимог нормативних документів та літературних джерел щодо особливостей розрахунку будівель і споруд на сейсмічні впливи за прямим динамічним методом та вибору параметрів та кількості розрахункових акселерограм

↓

Визначення мети та завдань дослідження

↓

Розробка розрахункової моделі безригельного каркасу багатоповерхової будівлі

↓

Збір навантажень для розрахунку моделі на основні та аварійні сполучення навантажень з урахуванням сейсмічного впливу.
Моделювання сейсмічного впливу за різними методами розрахунку:
- спектральним методом;
- прямим динамічним методом з використанням набору акселерограм.

↓

Розрахунок моделі на основні та аварійні сполучення навантажень.
Аналіз результатів розрахунку

↓

Порівняння результатів розрахунку моделі на основні та аварійні сполучення навантажень з урахуванням сейсмічного впливу, заданого набором розрахункових акселерограм, зокрема:
- динамічних характеристик;
- параметрів НДС конструкцій;
- витрат матеріалів (армування) конструкцій

↓

Підготовка висновків за результатами проведених досліджень

Рисунок 1.11 – Блок-схема основних етапів досліджень

Для досягнення мети та рішення поставлених завдань використовуються наступні **методи досліджень**:

- теоретичні дослідження методів визначення сейсмічних навантажень відповідно до прямого динамічного методу розрахунку з використанням акселерограмземлетрусу;

- чисельні дослідження параметрів НДС будівельних конструкцій 15-ти поверхової житлової будівлі з рамно-в`язевою конструктивною схемою із використанням монолітного залізобетонного безригельного каркасу при впливі основних та аварійних сполучень навантажень з урахуванням сейсмічного впливу, заданного у вигляді акселерограм землетрусу;

аналіз результатів розрахунку за визначеними параметрами динамічної реакції та НДС конструкцій, витрат матеріалів несучих конструкцій, зокрема у порівнянні із граничними значеннями відповідно до вимог нормативних документів.

## 1.4 Розрахункові дослідження параметрів НДС будівельних конструкцій 15-ти поверхової житлової будівлі

### 1.4.1 Опис комп’ютерної моделі будівлі

Розрахунки комп'ютерних моделей 15-ти поверхової будівлі виконані за допомогою програмного комплексу (ПК) «ЛІРА-САПР» [16], який є комп'ютерною системою для структурного аналізу і проектування.

Загальний вигляд тривимірної комп'ютерної моделі наведено на рис. 1.12.

Розрахункова модель секцій будівлі включає підвальний, перший поверх, 13 житлових і технічний поверх. Загальна висота від фундаментної плити до покриття машинного приміщення ліфта - 49,8 м.

Графічне відображення елементів розрахункової схеми будівлі на характерних відмітках наведено на рисунках 1.13 – 1.19.

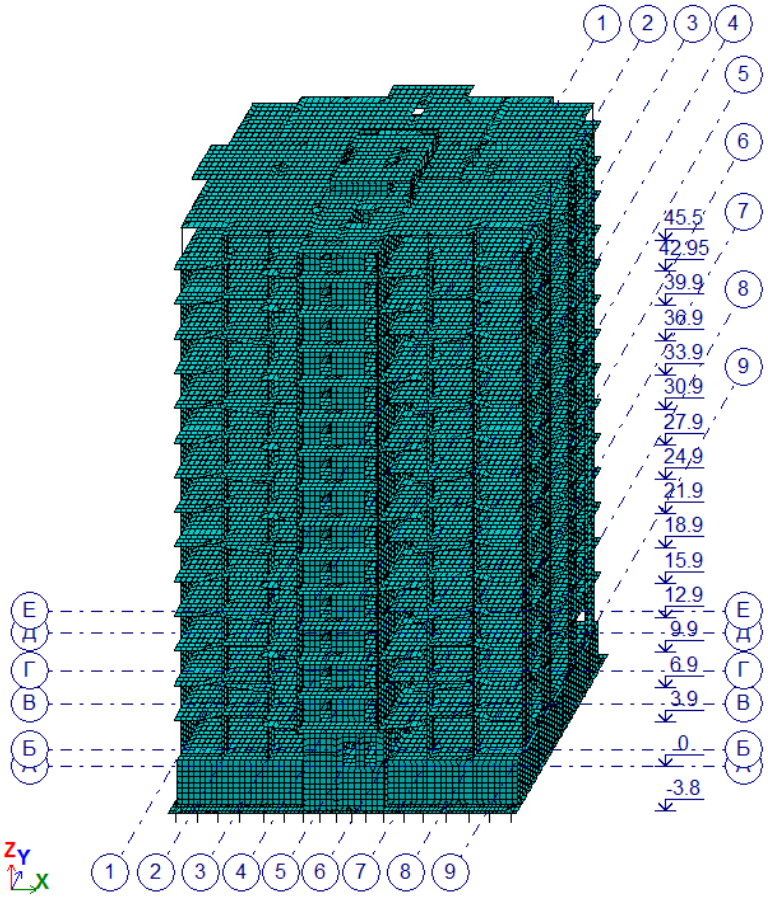



Рисунок 1.12 - Загальний вигляд тривимірної комп'ютерної моделі 15-ти поверхового будинку

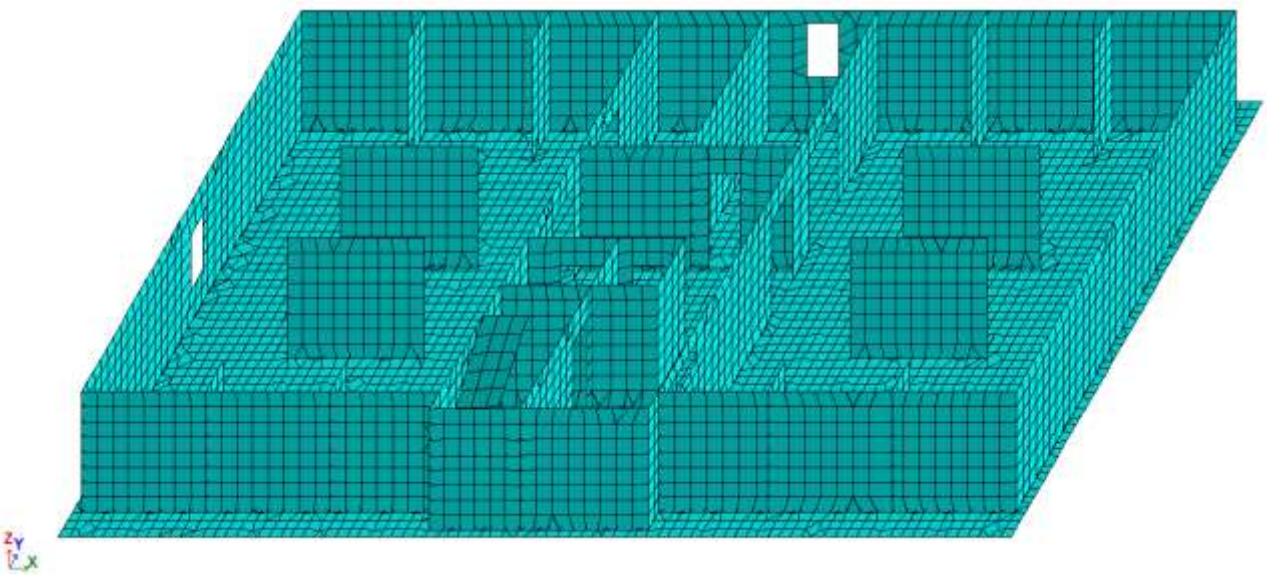


Рисунок 1.13 – Фрагмент розрахункової моделібудівлі. Підвальний поверх

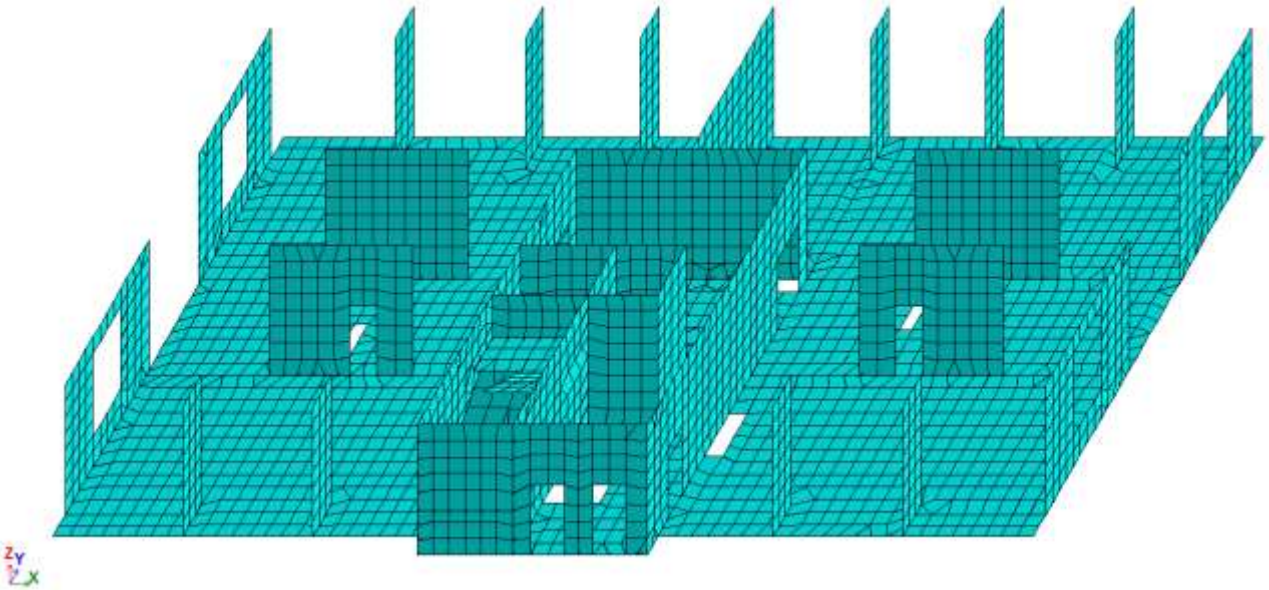


Рисунок 1.14 – Фрагмент розрахункової моделібудівлі. Перший поверх

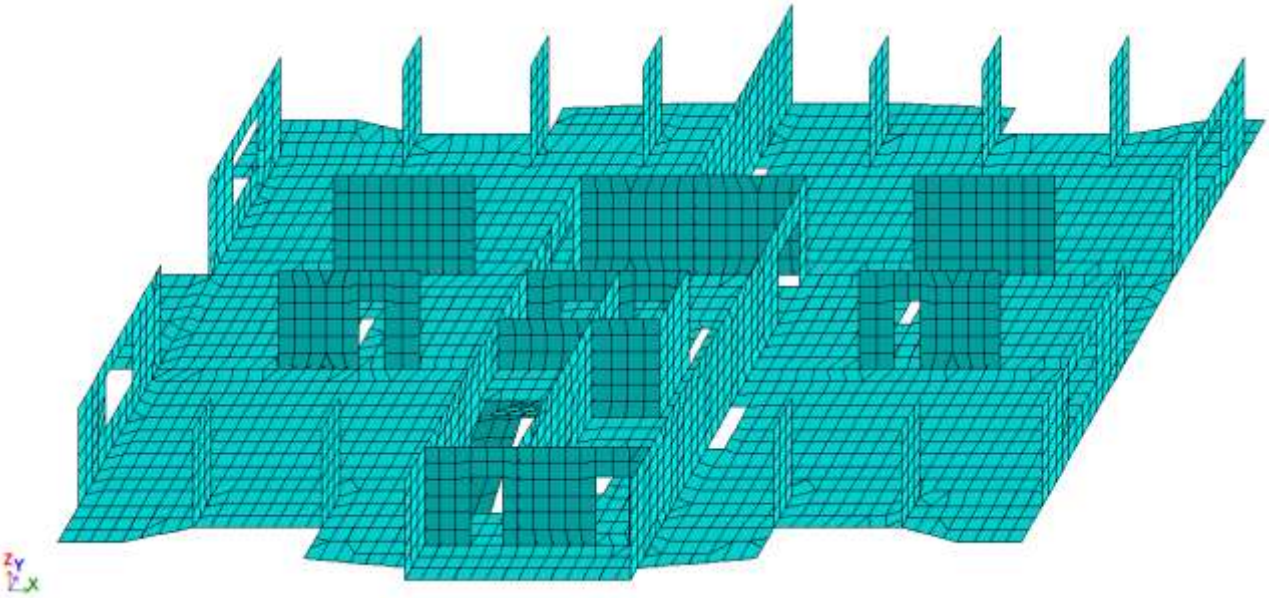


Рисунок 1.15 – Фрагмент розрахункової моделібудівлі. Типовий парний поверх

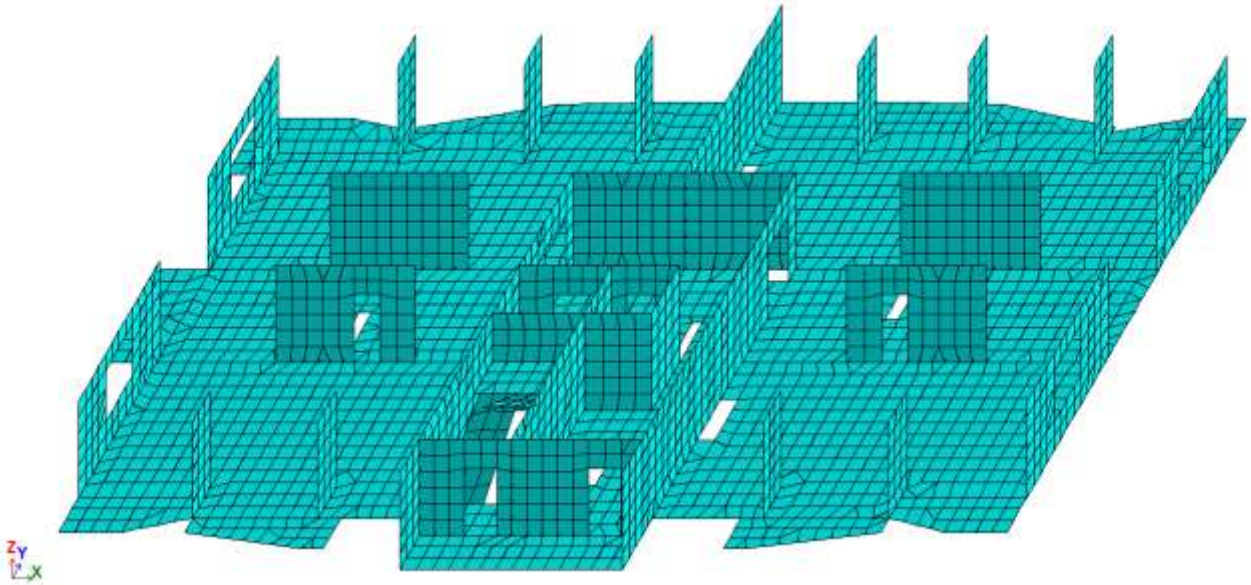


Рисунок 1.16 – Фрагмент розрахункової моделібудівлі.

Типовий непарний поверх

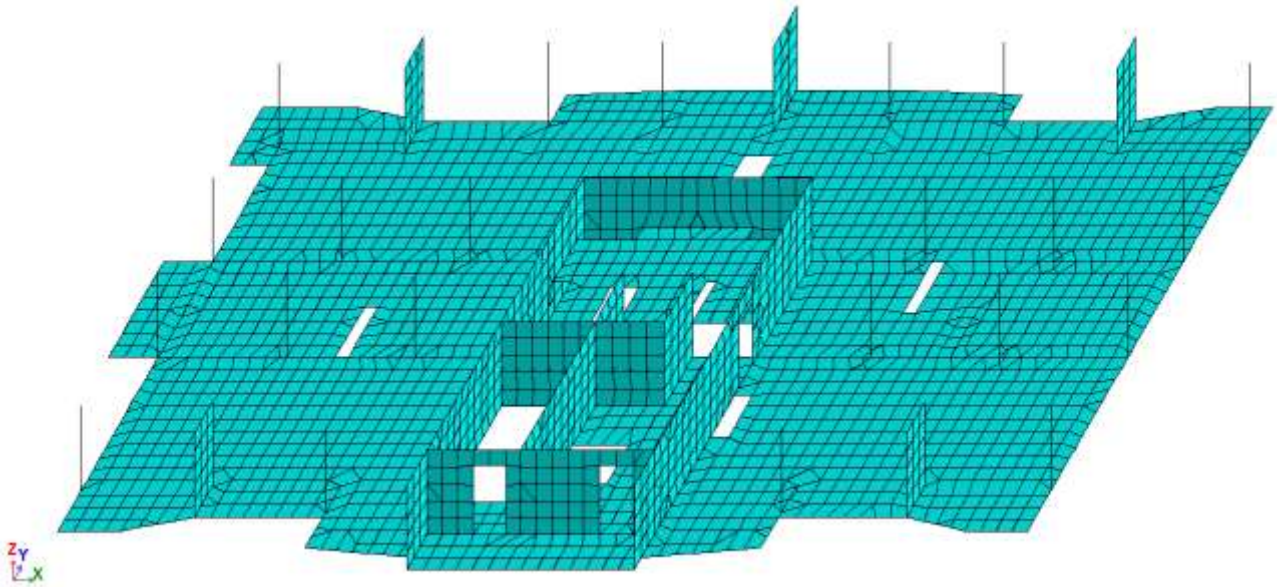


Рисунок 1.17 – Фрагмент розрахункової моделібудівлі. Технічний поверх

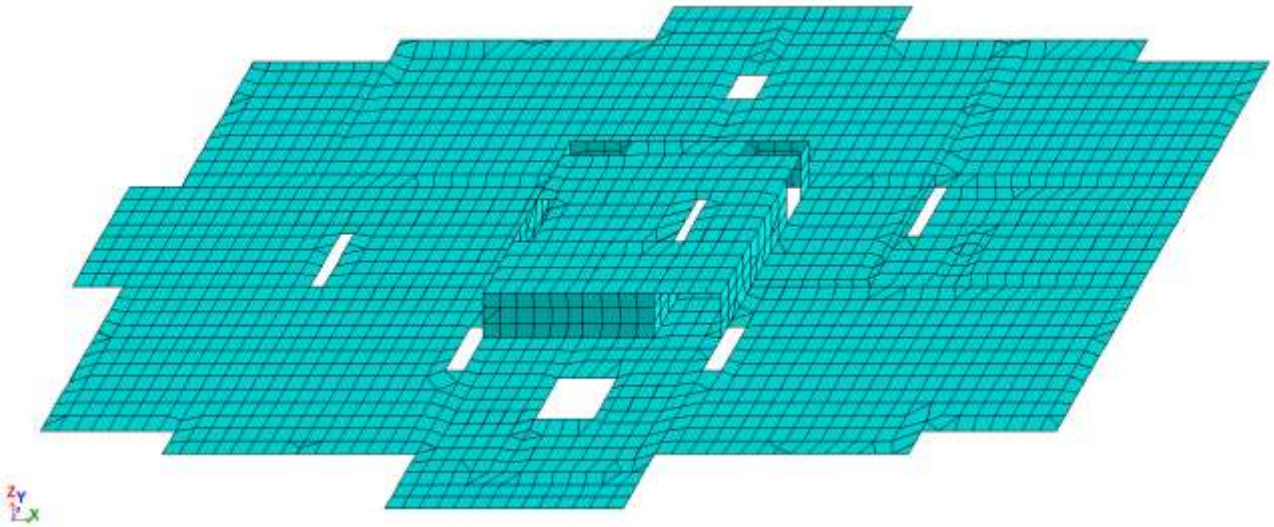


Рисунок 1.18 – Фрагмент розрахункової моделібудівлі. Покрівля

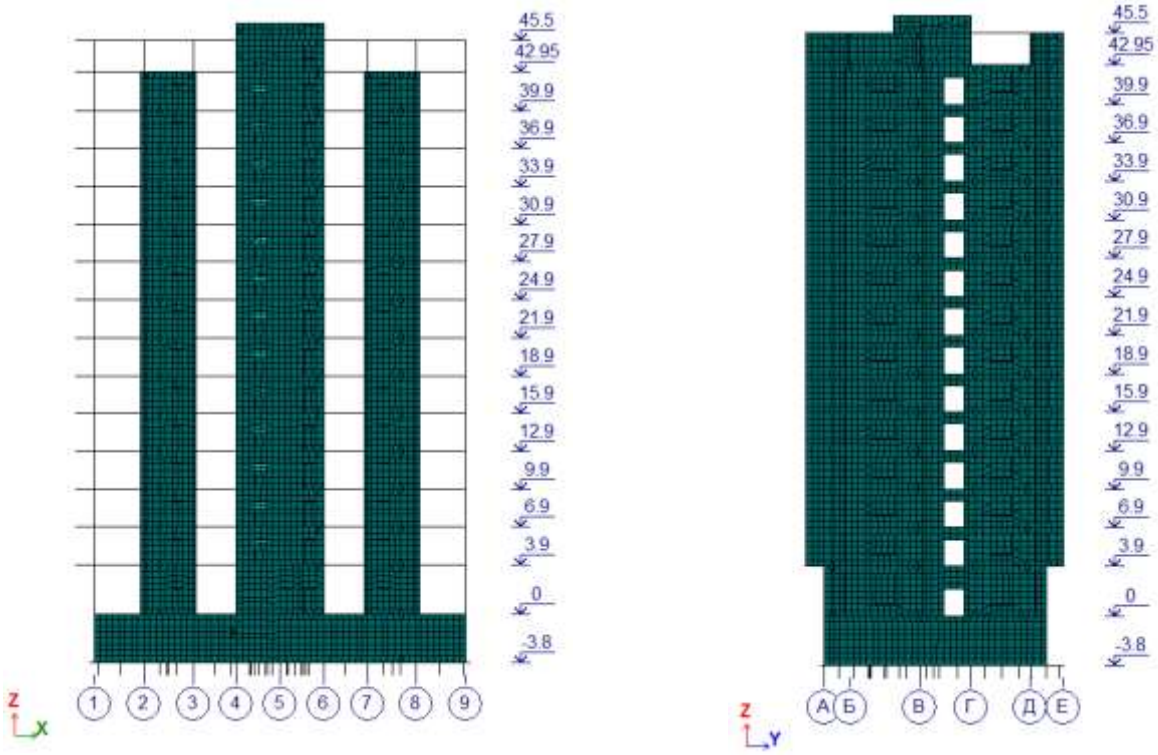


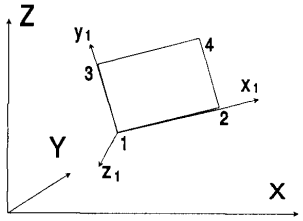
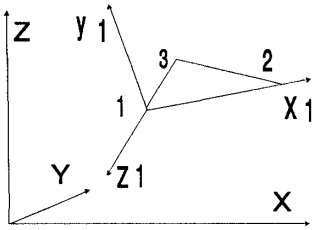
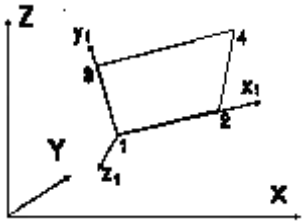

Рисунок 1.19 – Фрагменти розрахункової моделібудівлі

Розрахункову схему прийнято у вигляді просторової системи, що відображає конструктивне рішення будівлі і включає стрижневі скінчені елементи, що моделюють роботу колон і паль, і оболонкові скінчені елементи, що моделюють роботу перекриттів, діафрагм жорсткості і плитного ростверку (таблиця 3.1). Жорсткістні характеристики елементів наведені в таблиці 1.2.

Сполучення несучих елементів між собою - жорстке.

Вплив ґрунтової основи в розрахунках не враховано.

Таблиця 1.2 - Опис типів скінчених елементів, використаних у комп’ютерних моделях будівлі

| № СЕ | Найменування СЕ | Площина розташування | Ступені свободи | Коментарі |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 10 | Універсальний стержень | довільно | X,Y,Z, UX,UY,UZ | 1. Використовується для одно-, двух- і тривимірних завдань. |
| 41 | Універсальний прямокутний елемент оболонки   | довільно | X,Y,Z UX,UY,UZ | 1. Допускається наявність пружної основи.<br>2.Враховуються властивості матеріалу :<br>- ізотропія;<br>- трансверсальна ізотропія;<br>- ортотропия;<br>- анізотропія |
| 42 | Універсальний трикутний елемент оболонки   | довільно | X,Y,Z, UX,UY,UZ | 1. Допускається наявність пружної основи.<br>2.Враховуються властивості матеріалу :<br>- ізотропія;<br>- трансверсальна ізотропія;<br>- ортотропия;<br>- анізотропія |
| 44 | Універсальний чотирикутний елемент оболонки   | довільно | X,Y,Z UX,UY,UZ | 1. Допускається наявність пружної основи.<br>2.Враховуються властивості матеріалу :<br>- ізотропія;<br>- трансверсальна ізотропія;<br>- ортотропия;<br>- анізотропія |

Таблиця 1.3 - Параметри скінчених елементів комп'ютерної моделі будівлі

| № т.ж. | Геометричні параметри | Фізико-механічні параметри | Положення в конструктивній схемі будинку |
|---|---|---|---|
| 2 | Брус 40х40 | E=3,06e+006, ν=0.2, Ro=2,5 | Колони |
| 3 | Брус 30х40 | E=3,06e+006,ν=0.2, Ro=2,5 | Колони |
| 4 | Пластина Н40 | E=3,06e+006, ν =0.2, Ro=2.5 | Діафрагми жорсткості |
| 5 | Пластина Н30 | E=3,06e+006, ν =0.2, Ro=2.5 | Діафрагми жорсткості, стіни шахт лифтів, стіни сходової клітини |
| 6 | Пластина Н25 | E=3,06e+006, ν =0.2, Ro=2.5 | Стіни шахт лифтів |
| 7 | Пластина Н20 | E=3,06e+006, ν =0.2, Ro=2.5 | Перекриття на всіх поверхах |
| 8 | Пластина Н40 | E=2.75e+006, ν =0.2, Ro=2.5 | Стіни підвалу |
| 9 | Брус 1х1 | E=3,06e+006,ν=0.2,Ro =0,1 | Фіктивні стрижні для реалізації лінійних навантажень від ваги зовнішніх стін і огорож |
| 10 | Пластина Н120 | E=2,75e+006, ν =0.2, Ro=2.5 | Плита ростверку |
| Позначення:<br>Ro - щільність матеріалу елементів розрахункової схеми, тс/м$^3$;<br>E - модуль пружності, тс/м$^2$; ν – коефіцієнт Пуасона | | | |

### 1.4.2 Навантаження і впливи

При розрахунку враховані наступні навантаження і впливи:

1. Постійні і довготривалі розрахункові навантаження - прийняті відповідно до проектних даних (розділ АР).

2. Короткочасні:

- снігове навантаження;
- вітрове навантаження.

3. Сейсмічний вплив, заданий за спектральним та прямим динамічним методом

1.4.2.1 Постійне навантаження від власної ваги несучих конструкцій

Розрахункове постійне навантаження від власної ваги несучих конструкцій. Величина цього навантаження визначалася програмно по щільності матеріалів і геометричним параметрам кінцевих елементів.

1.4.2.2 Снігове навантаження

Розрахунок снігового навантаження виконано відповідно розділу 8 ДБН В.1.2-2 [21].

Характеристичне значення снігового навантаження для м. Одеса згідно з таблицею Додатку Е становить – 100кг/м$^2$.

Коефіцієнт, що враховує режим експлуатації покрівлі $C_e$=1 (п. 8.9).

Коефіцієнт географічної висоти $C_{alt}$=1 (H<0,5км, п.8.10).

Коефіцієнт μ=1 (для горизонтальних поверхонь, додаток Ж).

Коефіцієнт $C=\mu C_e C_{alt}=1$.

Граничне розрахункове значення снігового навантаження на горизонтальну проекцію покриття:

$$S_m=\gamma_{fm}S_0C=1{,}14\cdot100\cdot1=114 \text{ кг/м}^2,$$

де $\gamma_{fm}$=1,14 при T=100 років (таблиця 8.1).

Експлуатаційне розрахункове значення снігового навантаження:

$$S_e=\gamma_{fe}S_0C=0{,}49\cdot100\cdot1=49 \text{ кг/м}^2,$$

де $\gamma_{fe}$=0,49 при η=0,02 (таблиця 8.2).

1.4.2.3 Вітрове навантаження

Розрахунок вітрового навантаження виконано відповідно розділу 9 ДБН В.1.2-2 [21].

| Вихідні дані | |
|---|---|
| Вітровий район | 3 |
| Характеристичне значення вітрового тиску $W_0$ | 46 кг/м$^2$ |
| Тип місцевості | IV – міські території, на яких принаймні 15% поверхні зайнято будівлями, що мають висоту понад 15 м |
| Тип споруди | Вертикальні поверхні і поверхні, що відхиляються від вертикальних не більше ніж на 15° |

Експлуатаційне розрахункове значення вітрового навантаження визначається як:

$$W_e=\gamma_{fe}W_0C,$$

де $\gamma_{fe}$ = 0,21 при η=0,02 (п. 9.15, таблиця 9.3);

$C=C_{aer}C_hC_{alt}C_{rel}C_{dir}C_d$ ;

$C_{aer}$=0,8+0,6=1,4 (додаток И);

$C_h$ - залежить від висоти споруди і типу місцевості (таблиця 9.02);

$C_{alt}$ =1 при H<0,5 км (п. 9.10);

$C_{rel}$ =1,1 при φ<0,05 (п. 9.11);

$C_{dir}$ =1 (п. 9.12);

$C_d$=0,95 (п. 9.13, рис. 9.5).

C=1,4x0,95x $C_h$=1,33 $C_h$;

Експлуатаційне розрахункове значення вітрового навантаження складає:

$$W_e=0,21x46x1,33\ C_h=12.85\ C_h$$

Граничне розрахункове значення вітрового навантаження складає:

$$W_m=\gamma_{fm}W_0C,$$

де $\gamma_{fm}$ = 1,14 при T=100 років (п. 9.14, таблиця 9.1).

$$W_m=1,14x46x1,33\ C_h=69.75\ C_h.$$

Погонне вітрове навантаження, прикладене до перекриттів поверхів, наведене в таблиці 1.4.

Таблиця 1.4 - Розрахунок погонного вітрового навантаження

| № поверху | Відмітка поверху | $C_h$ | $W_m$ (кгс/м$^2$) | $W_m$ (кгс/м) | $W_e$ (кгс/м) |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 0.00 | 0.600 | 42 | 82 | 15 |
| 2 | 3.90 | 0.600 | 42 | 152 | 28 |
| 3 | 6.90 | 0.752 | 52 | 162 | 30 |
| 4 | 9.90 | 0.992 | 69 | 202 | 37 |
| 5 | 12.90 | 1.116 | 78 | 233 | 43 |
| 6 | 15.90 | 1.236 | 86 | 259 | 48 |
| 7 | 18.90 | 1.356 | 95 | 283 | 52 |
| 8 | 21.90 | 1.452 | 101 | 303 | 56 |
| 9 | 24.90 | 1.535 | 107 | 321 | 59 |
| 10 | 27.90 | 1.617 | 113 | 338 | 62 |
| 11 | 30.90 | 1.700 | 119 | 356 | 66 |
| 12 | 33.90 | 1.782 | 124 | 373 | 69 |
| 13 | 36.90 | 1.865 | 130 | 390 | 72 |
| 14 | 39.90 | 1.947 | 136 | 405 | 75 |
| 15 | 42.90 | 1.979 | 138 | 414 | 76 |

1.4.2.4 Сейсмічний вплив

Сейсмічні навантаження визначені за наступними методами:

- спектральним методом відповідно до ДБН В.1.1-12 [2];
- прямим динамічним методом із застосуванням набору з 24 однокомпонентих акселерограм, рекомендованих ДБН В.1.1-12 [2].

Спектральний метод

Згідно з вимогами [2] сейсмічні навантаження *Sik* в *k*-ій точці будівлі за прийнятим напрямом сейсмічного впливу і-го тону власних коливань визначалися за формулою:

$$S_{ki} = k_1 k_2 k_3 S_{0ki}, \quad S_{0ki} = Q_k a_0 k_{гр} \beta_i \eta_{ki},$$

де $k_1$ – коефіцієнт, що враховує непружні деформації і локальні пошкодження елементів будівлі (споруди), значення якого за таблицею 6.3 прийнято рівним 0,3;

$k_2$ – коефіцієнт, відповідальності будівлі, який приймається рівним 1;

$k_3$ – коефіцієнт, що враховує поверховість будівлі заввишки понад 5 поверхів дорівнює $k_3$=1+0.04·(n-5)=1+0.04·(15-5)=1,4;

$a_0$ – розрахункова амплітуда прискорення основи, яка складає 0,1 від прискорення вільного падіння *g* для району сейсмічністю 7 балів;

$k_{гр}$ – коефіцієнт, що враховує нелінійне деформування ґрунтів, відповідно до таблиці 6.6 прийнято рівним 1;

$\beta_i$– спектральний коефіцієнт динамічності, що відповідає *i*-ій формі власних коливань будівлі або споруди, приймається за рисунком 6.2;

$\eta_{ki}$ – коефіцієнт, що залежить від форми власних коливань будівлі або споруди і від місця розташування навантаження.

При виконанні розрахунку маси формуються автоматично з вертикальних навантажень з урахуванням коефіцієнтів:

0,9 – для постійних навантажень;

0,8 – для тимчасових тривалих;

0,5 – для короткочасних.

Прямий динамічний метод розрахунку із застосуванням акселерограм

Відповідно до положень [2] в якості сейсмічного впливу для виконання прямого динамічного розрахунку прийнято акселерограму землетрусу, переважаючий період якої є близьким до періодів власних коливань будівлі.

Для цих досліджень в якості розрахункового впливу прийнято акселерограми, параметри яких наведені в таблиці 1.5.

Таблиця 1.5 – Параметри розрахункової акселерограми *vb6*

| № ч.ч. | Шифр акселерограми | Діапазон переважаючих періодів, $T_{пер}$, с | Амплітуда максимального прискорення, $a_{max}$, м/с$^2$ | Крок дискретизації, $\Delta t$, с | Кількість точок $N$ | Час дії акселерограми |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Vb1r | 0,1-0,3 | 1,485 | 0.0125 | 10500 | 131.2375 |
| 2 | Vb1t | 0,1-0,3 | 1,298 | 0.0125 | 10500 | 131.2375 |
| 3 | Vb1z | 0,1-0,3 | 0,972 | 0.0125 | 10500 | 131.2375 |
| 4 | Vb2r | **0,2-0,4** | **0,795** | **0.01001** | **10500** | **105.09499** |
| 5 | Vb2t | **0,3-0,5** | **1,478** | **0.01001** | **10500** | **105.09499** |
| 6 | Vb2z | **0,3-0,9** | **0,877** | **0.01001** | **10500** | **105.09499** |
| 7 | Vb3r | 0,4-0,7 | 1,394 | 0.00781 | 16800 | 131.20019 |
| 8 | Vb3t | 0,4-0,7 | 1,494 | 0.00781 | 16800 | 131.20019 |
| 9 | Vb3z | 0,2-0,35 | 0,885 | 0.00781 | 16800 | 131.20019 |
| 10 | Vb4r | 0,15-0,25 | 1,372 | 0.01001 | 10710 | 107.19709 |
| 11 | Vb4t | 0,6-0,9 | 1,495 | 0.01001 | 10710 | 107.19709 |
| 12 | Vb4z | 0,7-0,9 | 1,225 | 0.01001 | 10710 | 107.19709 |
| 13 | Vb5r | 0,3-0,7 | 1,419 | 0.00684 | 8195 | 56.04696 |
| 14 | Vb5t | 0,15-0,7 | 1,485 | 0.00684 | 8195 | 56.04696 |
| 15 | Vb5z | 0,55-0,8 | 1,134 | 0.00684 | 8195 | 56.04696 |
| 16 | Vb6r | 0,9-1,5 | 1,528 | 0.00781 | 17500 | 136.66719 |
| 17 | Vb6t | 0,5-1,4 | 0,876 | 0.00781 | 17500 | 136.66719 |
| 18 | Vb6z | 0,5-0,9 | 0,525 | 0.00781 | 17500 | 136.66719 |
| 19 | Vb7r | 1,0-1,7 | 1,166 | 0.01001 | 17430 | 174.46429 |
| 20 | Vb7t | 1,0-1,7 | 1,490 | 0.01001 | 17430 | 174.46429 |
| 21 | Vb7z | 1,0-1,7 | 1,126 | 0.01001 | 17430 | 174.46429 |
| 22 | Vb8r | 1,1-2,0 | 1,384 | 0.01001 | 16750 | 167.65749 |
| 23 | Vb8t | 1,1-2,0 | 1,495 | 0.01001 | 16750 | 167.65749 |
| 24 | Vb8z | 0,4-1,0 | 1,088 | 0.01001 | 16750 | 167.65749 |
| **Примітка.** Індекси r, t, z у шифрі акселерограми - горизонтальна радіальна, горизонтальна тангенціальна (перпендикулярна до радіальної) і вертикальна компоненти відповідно. | | | | | | |

Максимальні прискорення всіх записів були приведені до єдиного значення 1,5 м/с$^2$ шляхом масштабування. Наприклад, для акселерограми Vb1t максимальне прискорення складає 1,298м/с$^2$. Для приведення її максимального прискорення до 1,5 м/с$^2$всі значення в записі були помножені на коефіцієнт масштабування 1,5/1,298=1,156. Аналогічні дії були виконані для всіх акселерограм.

Нелінійну роботу конструкцій вархвовано шляхом введення коефіцієнту непружніх деформацій і локальних пошкоджень$k_1$= 0,3.

Відомості про навантаження, використані в розрахунках, наведені в таблиці 1.6.

Таблиця 1.6 - Таблиця завантажень

| Ч.ч. | Вид навантаження | Характеристичне значення, кгс/м$^2$ | Коефіцієнт надійності за навантаженням | Розрахункове значення, кгс/м$^2$ |
|---|---|---|---|---|
| **1** | **Постійне** | | | |
| | власна вага несучих конструкцій | Визначається автоматично | 1,1 | Визначається автоматично |
| **2** | **Постійне** | | | |
| | **на плиту покриття**<br>- власна вага над технічним поверхом<br>- власна вага над котельнею<br>- вага парапету | <br>134кг/м$^2$<br>168кг/м$^2$<br>240 кг/м | | <br>172,4 кг/м$^2$<br>215,1кг/м$^2$<br>288 кг/м |
| | **на перекриття котельної**<br>- вага підлоги та інженерного обладнання<br>- вага зовнішніх стін | <br>440,8кг/м$^2$<br>812 кг/м | | <br>526,5кг/м$^2$<br>974 кг/м |
| | **на перекриття технічного поверху**<br>- вага підлоги, вентиляційних каналів, інженерних комунікацій<br>- вага зовнішніх стін<br>- вага ліфтового обладнання | <br>161,1 кг/м$^2$<br>522 кг/м<br>884 кг/м$^2$ | | <br>193,3 кг/м$^2$<br>626 кг/м<br>928 кг/м$^2$ |
| | **на перекриття типового поверху**<br>- вага підлоги, вентиляційних каналів, інженерних комунікацій<br>- вага зовнішніх стін | <br>162,3кг/м$^2$<br>650кг/м | <br>1,2<br>1,2 | <br>199,5 кг/м$^2$<br>780 кг/м |
| | **на перекриття офісного поверху**<br>- вага підлоги, вентиляційних каналів, інженерних комунікацій<br>- вага зовнішніх стін | <br>187,3кг/м$^2$<br>858кг/м | <br>1,2<br>1,2 | <br>231,05 кг/м$^2$<br>1030 кг/м |
| | **на плиту ростверка**<br>- вага підлоги<br>- боковий тиск груну на стіни підвалу | <br>114 кг/м$^2$<br>2223 кг/м2 | <br>1,2<br>1,15 | <br>147,8 кг/м$^2$<br>2556кг/м2 |
| **3** | **Тривале** | | | |
| | **вага тимчасових перегородок**<br>- на підлогу технічного поверху<br>- на перекриття типового | <br>27,5 кг/м$^2$<br>90кг/м$^2$ | <br>1,2<br>1,2 | <br>33 кг/м$^2$<br>108 кг/м$^2$ |

| Ч.ч. | Вид навантаження | Характеристичне значення, кгс/м$^2$ | Коефіцієнт надійності за навантаженням | Розрахункове значення, кгс/м$^2$ |
|---|---|---|---|---|
| | поверху<br>- на підлогу офісного поверху<br>- на ростверк | <br>90 кг/м$^2$<br>90 кг/м$^2$ | <br>1,2<br>1,2 | <br>108 кг/м$^2$<br>108 кг/м$^2$ |
| **4** | **Короткочасне** | | | |
| | **корисне**<br>- на підлогу котельні<br>- на підлогу технічного поверху<br>- на перекриття типового поверху:<br>- жилі приміщення<br>- коридори, сходи<br>- балкони<br>- на підлогу офісного поверху:<br>- офісні приміщення<br>- коридори, сходи<br>- на фундаментну плиту | <br>200 кг/м$^2$<br>200 кг/м$^2$<br><br>150 кг/м$^2$<br>300 кг/м$^2$<br>200 кг/м$^2$<br><br>200 кг/м$^2$<br>300 кг/м$^2$<br>200кг/м$^2$ | <br>1,2<br>1,2<br><br>1,3<br>1,2<br>1,2<br><br>1,2<br>1,2<br>1,2 | <br>240 кг/м$^2$<br>240 кг/м$^2$<br><br>195 кг/м$^2$<br>360 кг/м$^2$<br>240 кг/м$^2$<br><br>240 кг/м$^2$<br>360 кг/м$^2$<br>240 кг/м$^2$ |
| **5** | Снігове | 52 кг/м$^2$ | | 120 кг/м$^2$ |
| **6** | Вітрове вздовж осі X | | | 69.75 $C_h$ |
| **7** | Вітрове вздовж осі Y | | | 69.75 $C_h$ |
| **8** | Сейсмічне (спектральний метод ДБН) вздовж осі Y | | | 7 балів |
| **9-33** | Сейсмічне (розрахункові акселерограми) | складові вздовж осі Y | | 7 балів |

### 1.4.2.5 Сполучення навантажень

Розрахункові сполучення зусиль (табл. 1.7), призначені для розрахунку армування, складені з урахуванням діючих ДБН [22, 23].

Для визначення навантажень на конструктивні елементи складені розрахункові сполучення навантажень, куди увійшли як статичні, так і динамічні навантаження (табл. 1.8). Коефіцієнти в таблиці прийняті у відповідності з вимогами [22, 23].

Таблиця 1.7 - Коефіцієнти сполучень зусиль для статичного і динамічного розрахунку

| № навантаження | Найменування навантажень | $k_f$ | $k_{дл}$ | $\psi$ для | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | РСУ 1 | РСУ 2 | РСУ 3 |
| 1 | Власна вага конструкцій | 1,10 | 1,00 | 1,1 | 1,1 | 0,88 |
| 2 | Постійне | 1,10 | 1,00 | 1,1 | 1,1 | 0,88 |
| 3 | Тимчасове тривале | 1,20 | 1,00 | 1,1 | 1,045 | 0,78 |
| 4 | Короткочасне (корисне) | 1,20 | 0,35 | 1,1 | 0,99 | 0,488 |
| 5 | Короткочасне (сніг) | 2,33 | 0,35 | 1,1 | 0,99 | 0,488 |
| 6 | Короткочасне вітер вздовж осі X (±) | 5,43 | 0,00 | 1,1 | 0,99 | 0,0 |
| 7 | Короткочасне вітер вздовж осі Y (±) | 5,43 | 0,00 | 1,1 | 0,99 | 0,0 |
| 8 | Сейсмічне (спектр ДБН) вздовж осі Y (±) | 1,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,975 |
| 9-33 | Сейсмічне (розрахункові акселерограми)вздовж осі Y | 1,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,975 |

**Примітки:**

1. Для основних сполучень (РСУ 1 і РСУ 2) коефіцієнти $\psi$ сформовані з навантажень №№ 1-7 з коефіцієнтами відповідно 1.0 і 1.0; 0,95; 0,9, помноженим на коефіцієнти відповідальності $\gamma_n$ = 1.1 ( табл. 5 [4]).
2. Для аварійних сполучень (РСУ 3) маси були сформовані з навантажень №№ 1-5 з коефіцієнтами 0,9; 0,8; 0,5, помноженим на відповідні коефіцієнти відповідальності $\gamma_n$ = 0,975 (табл. 5 [4]).
3. Частка тривалості навантажень визначається як відношення квазіпостійної їх частини до характеристичного значення. Квазіпостійні навантаження враховуються тільки при розрахунках на повзучість, тому при розрахунках за I граничним станом значення коефіцієнтів частки тривалості не впливають на результат розрахунку.
4. Вітрові і сейсмічні навантаження визначені як знакозмінні і взаємовиключні.

**Позначення:**

$k_f=\gamma_{fm}/\gamma_{fe}$ - коефіцієнт надійності за навантаженням;

$k_{дл}$ - частка тривалості навантаження;

$\psi$ - коефіцієнти сполучень навантажень.

Таблиця 1.8 - Комбінації завантажень для розрахунку зусиль у конструктивних елементах

| № | Завантаження | I основне сполучення | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| 1 | Власна вага конструкцій | 1,1 | 1,1 | 1,1 | 1,1 | 1,1 | 1,1 | 1,1 | 1,1 |
| 2 | Постійне | 1,1 | 1,1 | 1,1 | 1,1 | 1,1 | 1,1 | 1,1 | 1,1 |
| 3 | Тимчасове тривале | 1,1 | 1,1 | 1,1 | 1,1 | 1,1 | 1,1 | 1,1 | 1,1 |
| 4 | Короткочасне (корисне) | - | 1,1 | - | - | - | - | - | - |
| 5 | Короткочасне (сніг) | - | - | 1,1 | - | - | - | - | - |
| 6 | Короткочасне - вітер вздовж +X | - | - | | 1,1 | - | - | - | - |
| 7 | Короткочасне - вітер вздовж +Y | - | - | - | - | 1,1 | - | - | - |
| 8 | Короткочасне - вітер вздовж -X | - | - | - | - | - | 1,1 | - | - |
| 9 | Короткочасне - вітер вздовж -Y | - | - | - | - | - | - | 1,1 | - |
| 10 | Сейсмічне (спектральний ДБН) вздовж осі Y | - | - | - | - | - | - | - | |
| 11-34 | Сейсмічне (розрахункові акселерограми) – вздовж Y | - | - | - | - | - | - | - | - |

| № | Завантаження | II основне сполучення | | | | Аварійне сполучення (сейсмічний вплив) | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 |
| 1 | Власна вага конструкцій | 1,1 | 1,1 | 1,1 | 1,1 | 0,88 | 0,88 | 0,88 | 0,88 |
| 2 | Постійне | 1,1 | 1,1 | 1,1 | 1,1 | 0,88 | 0,88 | 0,88 | 0,88 |
| 3 | Тимчасове тривале | 1,045 | 1,045 | 1,045 | 1,045 | 0,78 | 0,78 | 0,78 | 0,78 |
| 4 | Короткочасне (корисне) | 0,99 | 0,99 | 0,99 | 0,99 | 0,488 | 0,488 | 0,488 | 0,488 |
| 5 | Короткочасне (сніг) | 0,99 | 0,99 | 0,99 | 0,99 | 0,488 | 0,488 | 0,488 | 0,488 |
| 6 | Короткочасне - вітер вздовж +X | 0,99 | - | 0,99 | - | - | - | - | - |
| 7 | Короткочасне - вітер вздовж +Y | - | 0,99 | - | - | - | - | - | - |
| 8 | Короткочасне - вітер вздовж -X | - | - | 0,99 | - | - | - | - | - |
| 9 | Короткочасне - вітер вздовж -Y | - | - | - | 0,99 | - | - | - | - |
| 10 | Сейсмічне (спектральний ДБН) вздовж осі Y | - | - | - | - | 0,975 | - | -0,975 | - |
| 11-34 | Сейсмічне (розрахункові акселерограми) – вздовж Y | - | - | - | - | - | 0,975 | - | -0,975 |

1.4.2.6 Завдання сейсмічних навантажень в ПК «ЛІРА САПР»

Для виконання розрахунків і завдання сейсмічного навантаження використані наступні модулі ПК «ЛІРА-САПР» [16]:

- Модуль 36 – спектральний метод відповідно до ДБН В.1.1-12 [2];
- Модуль 29 - розрахунок на акселерограму (три складові).

Відповідно до вихідних даних проекту виконано підготовку даних для виконання розрахунку за розглянутими методами.

В якості прикладу заповнення вихідних даних для розрахунку сейсмічних навантажень за кожним модулем ПК «ЛІРА-САПР» на рис. 1.20,1.21 наведені таблиці для горизонтальної складової сейсмічного впливу. Аналогічним чином заповнені вихідні дані для розрахунку за іншими складовими сейсмічного впливу.

Поправочні коефіцієнти масштабування та непружніх деформацій задані у відповідне поле модулю розрахунку ПК «ЛІРА».

Всі використані акселерограми прикладені за напрямком Y.

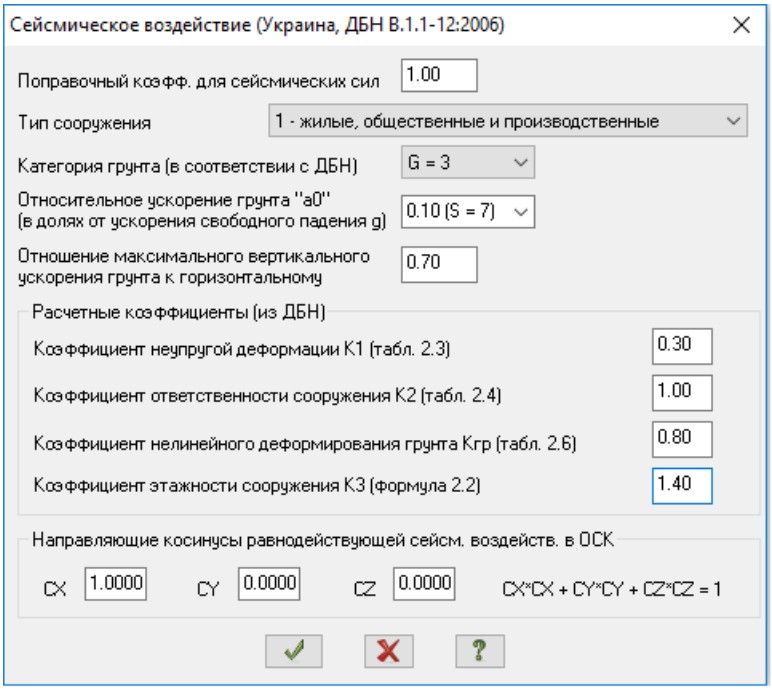
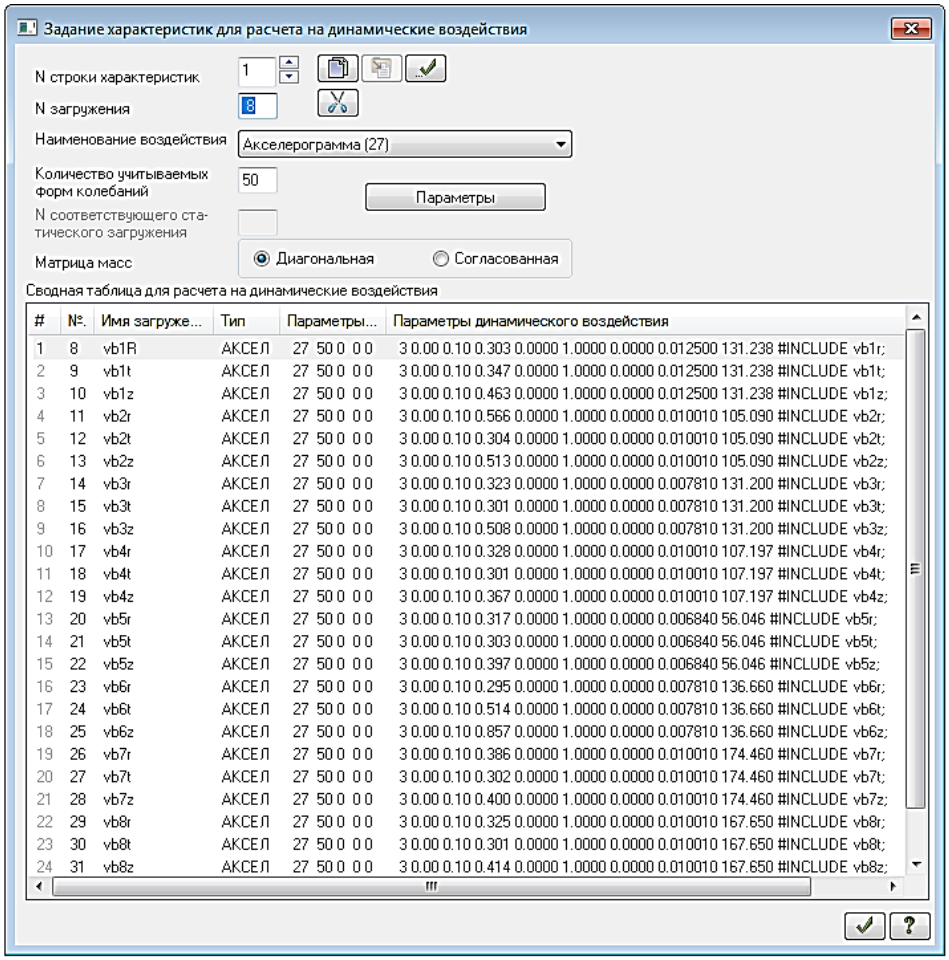



Рисунок 1.20 – Вихідні дані для розрахунку сейсмічного впливу за спектральним методом відповідно до ДБН В.1.1-12 [2]



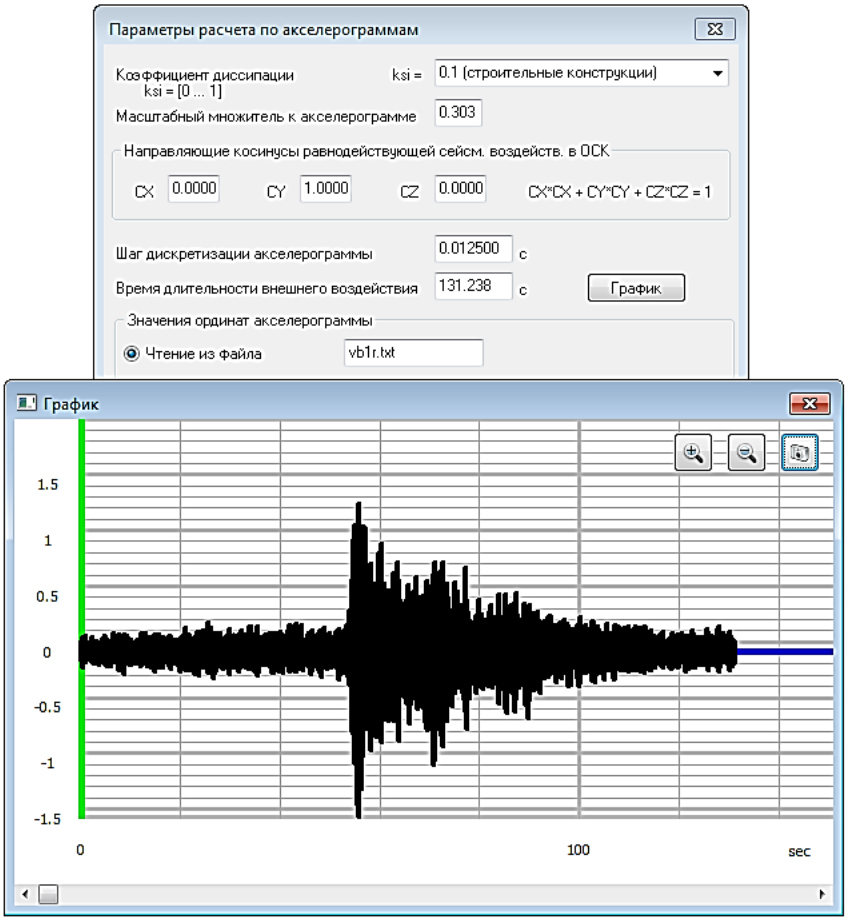




Рисунок 1.21 – Вихідні дані для розрахунку сейсмічного впливу за прямим динамічним методом з використанням акселерограм

### 1.4.3 Результати розрахунку будівлі

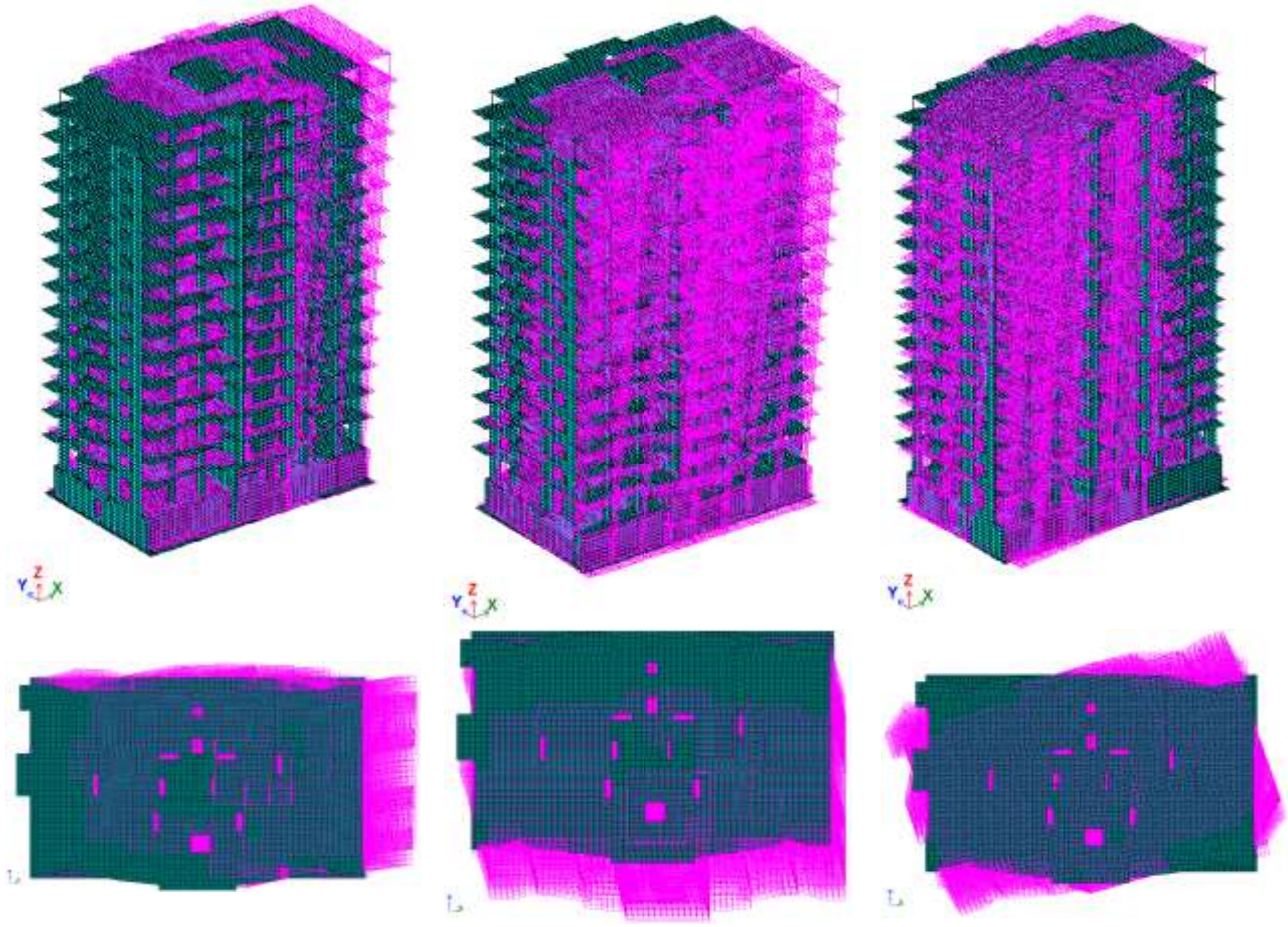
1.4.3.1 Модальний аналіз

Розрахунки динамічної моделі будівлі виконані у відповідності з вимогами ДБН [2]. Врезультаті модального аналізу отримані динамічні характеристики моделі будівлі за формами власних коливань (табл. 1.9).

Таблиця 1.9 - Розрахункові динамічні характеристики будівлі при розрахунку за спектральним методом ДБН [2] та прямим динамічним методом

| № форми коливань | Частота, Гц | Період, с | Сума модальних мас, %, за напрямкомY |
|---|---|---|---|
| 1 | 0.732 | 1.366 | 2.278 |
| 2 | 0.736 | 1.359 | 72.941 |
| 3 | 1.174 | 0.852 | 72.950 |
| 4 | 2.553 | 0.392 | 72.950 |
| 5 | 2.758 | 0.363 | 99.529 |
| **Примітка.** Заливкою відзначені форми коливань, які визначають напружено-деформований стан будівлі | | | |

Форми власних коливань наведені на рис. 1.22.



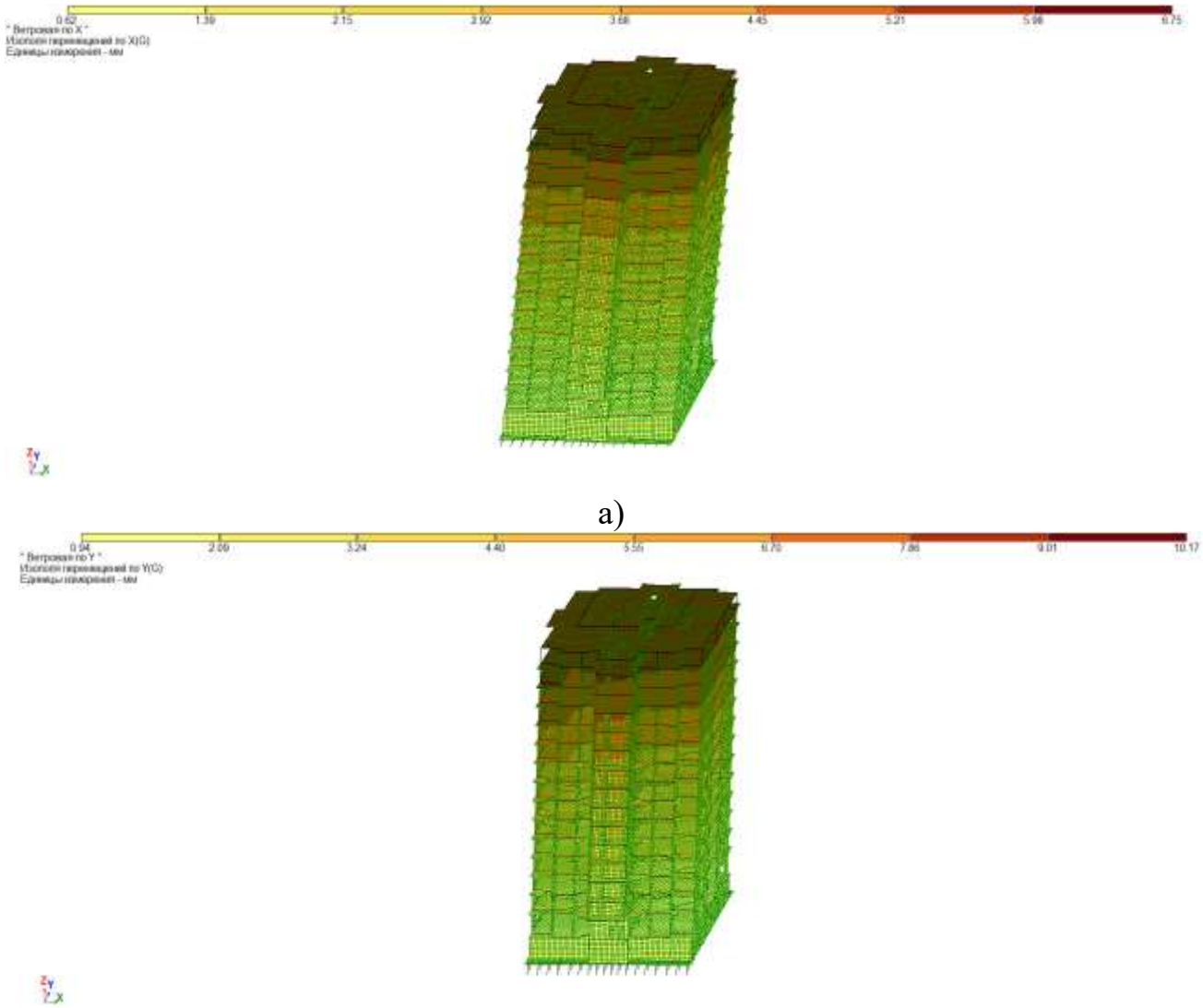
а) б) в)

Рисунок 1.22- Першітри форми власних коливань будівлі:
а – перша; б – друга; в - третя

Перша і друга форми коливань будівлі є поступальними (вздовж осей X і Y відповідно), третя форма коливань – крутильна, що відповідає вимогам ДБН [2]. Для задоволення вимог ДБН [2] щодо мінімальної суми врахованих модальних мас - не менше 85% при горизонтальних коливаннях подальші розрахунки виконувались при врахуванні 5 форм власних коливань.

1.4.3.2 Деформований стан будівлі

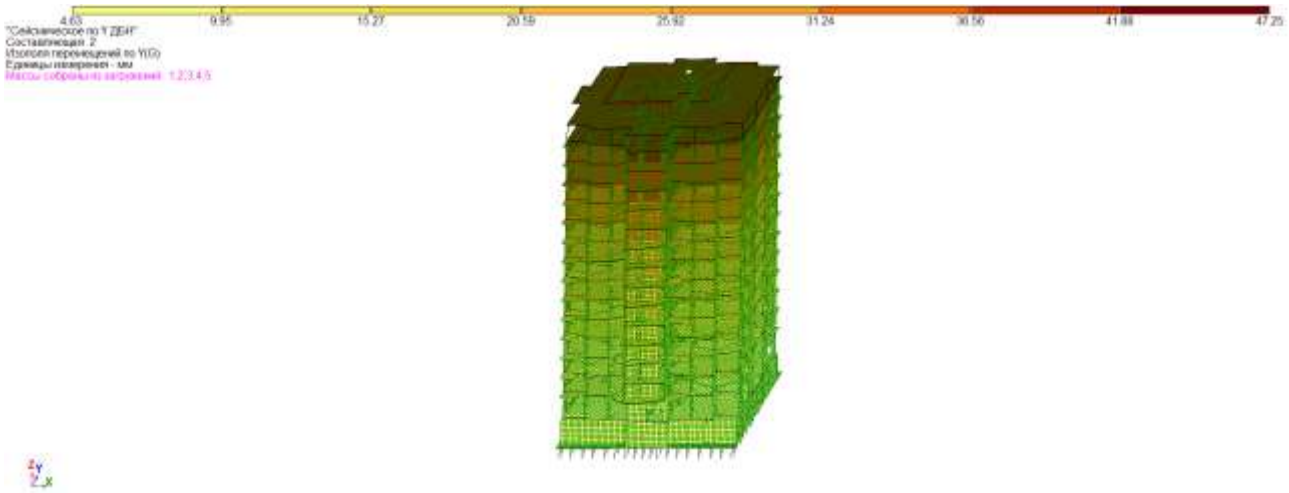
На рис. 1.23, 1.24 наведено ізополя переміщень розрахункової моделі будівлі, отримані від вітрових навантажень та сейсмічного впливу інтенсивністю 7 балів, отриманих за різними методиками розрахунку.



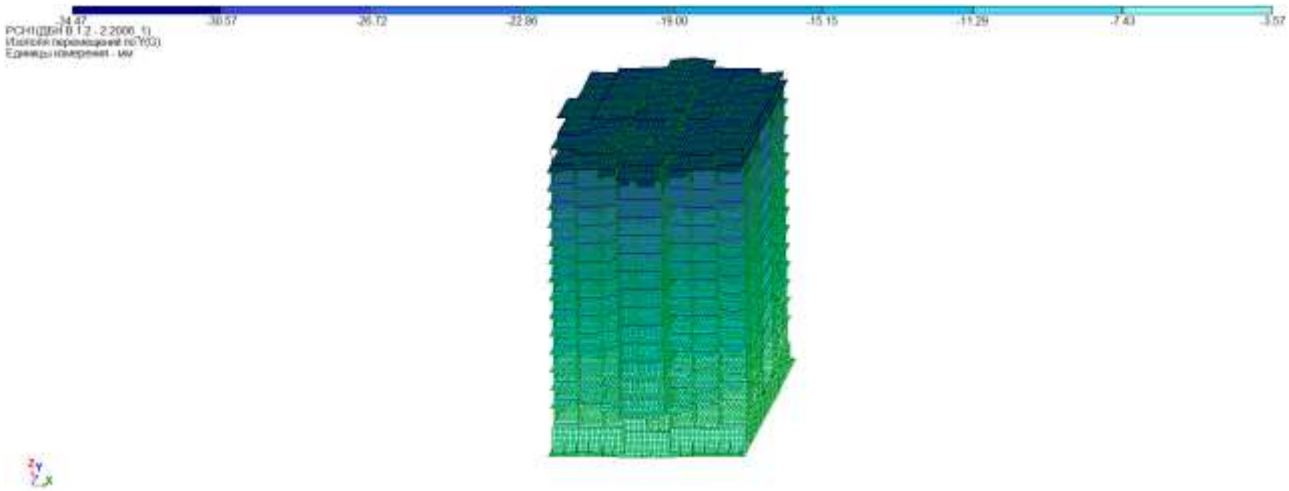
а)

б)

Рисунок 1.23 – Ізополя горизонтальних переміщень будівлі від вітрових навантажень: а – вздовж осі X; б – вздовж осі Y



а)



б)

Рисунок 1.24 – Ізополя переміщень будівлі вздовж осі Y від сейсмічних навантажень, визначених за спектральним методом (а) та прямим динамічним методом (б)

Значення горизонтальних переміщень та перекосів поверхів, отриманих в результаті розрахунку на сейсмічні впливи, задані за набором акселерограм, наведені в таблицях 1.10 та 1.11, відповідно.

Відповідно до 6.3.7 [2] перекіс поверху обчислюється як відношення різниці горизонтальних переміщень верху і низу *k*-го поверху до його висоти $H_L$:

$$\Delta_k = \frac{U_k - U_{k-1}}{H_L}.$$

.

Таблиця 1.10 – Максимальні горизонтальні переміщення, мм, в рівні перекриттів

| Відмітка поверху, м | Максимальні горизонтальні переміщення, мм, при впливі акселерограми № | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| -3.8 | 0.46 | 0.47 | 0.54 | 2.77 | 3.04 | 3.61 | 7.42 | 3.65 | 3.39 | 3.76 | 2.53 | 3.19 |
| 0 | 0.98 | 0.96 | 1.05 | 3.60 | 3.79 | 4.86 | 11.02 | 5.13 | 5.03 | 5.59 | 3.38 | 4.38 |
| 3.9 | 1.49 | 1.43 | 1.54 | 4.60 | 4.68 | 6.39 | 15.34 | 6.92 | 7.00 | 7.78 | 4.38 | 5.82 |
| 6.9 | 1.87 | 1.77 | 1.91 | 5.45 | 5.44 | 7.69 | 18.93 | 8.43 | 8.64 | 9.60 | 5.22 | 7.04 |
| 9.9 | 2.25 | 2.10 | 2.27 | 6.35 | 6.26 | 9.06 | 22.64 | 10.00 | 10.33 | 11.48 | 6.11 | 8.32 |
| 12.9 | 2.62 | 2.43 | 2.63 | 7.28 | 7.12 | 10.48 | 26.43 | 11.62 | 12.06 | 13.40 | 7.03 | 9.64 |
| 15.9 | 2.99 | 2.75 | 2.99 | 8.25 | 8.02 | 11.93 | 30.30 | 13.27 | 13.83 | 15.36 | 7.98 | 10.99 |
| 18.9 | 3.36 | 3.07 | 3.34 | 9.23 | 8.94 | 13.41 | 34.21 | 14.94 | 15.61 | 17.35 | 8.94 | 12.35 |
| 21.9 | 3.72 | 3.38 | 3.70 | 10.24 | 9.89 | 14.91 | 38.15 | 16.63 | 17.41 | 19.35 | 9.92 | 13.74 |
| 24.9 | 4.08 | 3.69 | 4.05 | 11.25 | 10.86 | 16.41 | 42.10 | 18.32 | 19.22 | 21.35 | 10.91 | 15.13 |
| 27.9 | 4.43 | 4.01 | 4.40 | 12.28 | 11.84 | 17.93 | 46.06 | 20.03 | 21.02 | 23.36 | 11.90 | 16.53 |
| 30.9 | 4.78 | 4.32 | 4.74 | 13.30 | 12.83 | 19.45 | 50.01 | 21.72 | 22.83 | 25.36 | 12.90 | 17.92 |
| 33.9 | 5.13 | 4.63 | 5.09 | 14.33 | 13.83 | 20.96 | 53.94 | 23.41 | 24.62 | 27.36 | 13.89 | 19.31 |
| 36.9 | 5.47 | 4.94 | 5.43 | 15.36 | 14.83 | 22.47 | 57.84 | 25.10 | 26.40 | 29.34 | 14.88 | 20.70 |
| 39.9 | 5.81 | 5.25 | 5.77 | 16.39 | 15.82 | 23.97 | 61.72 | 26.77 | 28.17 | 31.30 | 15.87 | 22.07 |
| 42.95 | 6.15 | 5.56 | 6.11 | 17.42 | 16.83 | 25.48 | 65.62 | 28.45 | 29.95 | 33.28 | 16.87 | 23.46 |
| 45.5 | 6.42 | 5.82 | 6.39 | 18.26 | 17.65 | 26.71 | 68.79 | 29.82 | 31.40 | 34.89 | 17.68 | 24.59 |

Закінчення таблиці 1.10

| Відмітка поверху, м | Максимальні горизонтальні переміщення, мм, при впливі акселерограми № | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 |
| -3.8 | 2.85 | 2.79 | 2.36 | 5.62 | 3.80 | 3.21 | 8.02 | 7.50 | 7.14 | 6.79 | 9.19 | 4.59 |
| 0 | 3.84 | 3.34 | 2.93 | 8.67 | 5.54 | 4.28 | 12.22 | 11.43 | 11.00 | 10.49 | 14.09 | 6.76 |
| 3.9 | 5.04 | 3.93 | 3.56 | 12.25 | 7.63 | 5.60 | 17.18 | 16.08 | 15.54 | 14.84 | 19.85 | 9.37 |
| 6.9 | 6.05 | 4.41 | 4.07 | 15.19 | 9.37 | 6.71 | 21.27 | 19.92 | 19.27 | 18.41 | 24.60 | 11.53 |
| 9.9 | 7.12 | 4.92 | 4.62 | 18.22 | 11.17 | 7.89 | 25.49 | 23.87 | 23.11 | 22.09 | 29.50 | 13.77 |
| 12.9 | 8.22 | 5.47 | 5.19 | 21.31 | 13.01 | 9.11 | 29.80 | 27.91 | 27.03 | 25.83 | 34.50 | 16.07 |
| 15.9 | 9.35 | 6.05 | 5.79 | 24.45 | 14.89 | 10.36 | 34.19 | 32.01 | 31.01 | 29.64 | 39.58 | 18.40 |
| 18.9 | 10.50 | 6.66 | 6.41 | 27.61 | 16.79 | 11.63 | 38.62 | 36.16 | 35.04 | 33.49 | 44.73 | 20.76 |
| 21.9 | 11.66 | 7.30 | 7.06 | 30.80 | 18.70 | 12.92 | 43.08 | 40.34 | 39.09 | 37.36 | 49.90 | 23.14 |
| 24.9 | 12.84 | 7.98 | 7.72 | 34.00 | 20.62 | 14.22 | 47.56 | 44.53 | 43.15 | 41.25 | 55.10 | 25.52 |
| 27.9 | 14.01 | 8.67 | 8.41 | 37.19 | 22.54 | 15.53 | 52.04 | 48.72 | 47.22 | 45.13 | 60.29 | 27.91 |
| 30.9 | 15.19 | 9.39 | 9.10 | 40.37 | 24.46 | 16.84 | 56.50 | 52.90 | 51.26 | 48.99 | 65.47 | 30.28 |
| 33.9 | 16.37 | 10.12 | 9.80 | 43.53 | 26.37 | 18.15 | 60.95 | 57.06 | 55.29 | 52.84 | 70.62 | 32.65 |
| 36.9 | 17.54 | 10.86 | 10.51 | 46.67 | 28.26 | 19.45 | 65.36 | 61.19 | 59.29 | 56.66 | 75.74 | 35.00 |
| 39.9 | 18.71 | 11.61 | 11.22 | 49.79 | 30.14 | 20.75 | 69.73 | 65.28 | 63.25 | 60.45 | 80.81 | 37.34 |
| 42.95 | 19.88 | 12.37 | 11.94 | 52.92 | 32.03 | 22.06 | 74.14 | 69.40 | 67.24 | 64.26 | 85.92 | 39.69 |
| 45.5 | 20.84 | 12.99 | 12.52 | 55.48 | 33.57 | 23.12 | 77.73 | 72.76 | 70.49 | 67.36 | 90.08 | 41.60 |

Таблиця 1.11 – Максимальні перекоси поверхів

| Відмітка поверху, м | Максимальні перекоси поверхівпри впливі акселерограми № | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| -3.8 | 0.0001 | 0.0001 | 0.0001 | 0.0002 | 0.0002 | 0.0003 | 0.0009 | 0.0004 | 0.0004 | 0.0005 | 0.0002 | 0.0003 |
| 0 | 0.0001 | 0.0001 | 0.0001 | 0.0003 | 0.0002 | 0.0004 | 0.0011 | 0.0005 | 0.0005 | 0.0006 | 0.0003 | 0.0004 |
| 3.9 | 0.0001 | 0.0001 | 0.0001 | 0.0003 | 0.0003 | 0.0004 | 0.0012 | 0.0005 | 0.0005 | 0.0006 | 0.0003 | 0.0004 |
| 6.9 | 0.0001 | 0.0001 | 0.0001 | 0.0003 | 0.0003 | 0.0005 | 0.0012 | 0.0005 | 0.0006 | 0.0006 | 0.0003 | 0.0004 |
| 9.9 | 0.0001 | 0.0001 | 0.0001 | 0.0003 | 0.0003 | 0.0005 | 0.0013 | 0.0005 | 0.0006 | 0.0006 | 0.0003 | 0.0004 |
| 12.9 | 0.0001 | 0.0001 | 0.0001 | 0.0003 | 0.0003 | 0.0005 | 0.0013 | 0.0006 | 0.0006 | 0.0007 | 0.0003 | 0.0004 |
| 15.9 | 0.0001 | 0.0001 | 0.0001 | 0.0003 | 0.0003 | 0.0005 | 0.0013 | 0.0006 | 0.0006 | 0.0007 | 0.0003 | 0.0005 |
| 18.9 | 0.0001 | 0.0001 | 0.0001 | 0.0003 | 0.0003 | 0.0005 | 0.0013 | 0.0006 | 0.0006 | 0.0007 | 0.0003 | 0.0005 |
| 21.9 | 0.0001 | 0.0001 | 0.0001 | 0.0003 | 0.0003 | 0.0005 | 0.0013 | 0.0006 | 0.0006 | 0.0007 | 0.0003 | 0.0005 |
| 24.9 | 0.0001 | 0.0001 | 0.0001 | 0.0003 | 0.0003 | 0.0005 | 0.0013 | 0.0006 | 0.0006 | 0.0007 | 0.0003 | 0.0005 |
| 27.9 | 0.0001 | 0.0001 | 0.0001 | 0.0003 | 0.0003 | 0.0005 | 0.0013 | 0.0006 | 0.0006 | 0.0007 | 0.0003 | 0.0005 |
| 30.9 | 0.0001 | 0.0001 | 0.0001 | 0.0003 | 0.0003 | 0.0005 | 0.0013 | 0.0006 | 0.0006 | 0.0007 | 0.0003 | 0.0005 |
| 33.9 | 0.0001 | 0.0001 | 0.0001 | 0.0003 | 0.0003 | 0.0005 | 0.0013 | 0.0006 | 0.0006 | 0.0007 | 0.0003 | 0.0005 |
| 36.9 | 0.0001 | 0.0001 | 0.0001 | 0.0003 | 0.0003 | 0.0005 | 0.0013 | 0.0006 | 0.0006 | 0.0007 | 0.0003 | 0.0005 |
| 39.9 | 0.0001 | 0.0001 | 0.0001 | 0.0003 | 0.0003 | 0.0005 | 0.0013 | 0.0006 | 0.0006 | 0.0006 | 0.0003 | 0.0005 |
| 42.95 | 0.0001 | 0.0001 | 0.0001 | 0.0003 | 0.0003 | 0.0005 | 0.0012 | 0.0005 | 0.0006 | 0.0006 | 0.0003 | 0.0004 |
| 45.5 | 0.0001 | 0.0001 | 0.0001 | 0.0002 | 0.0002 | 0.0003 | 0.0009 | 0.0004 | 0.0004 | 0.0005 | 0.0002 | 0.0003 |
| **максимальне** | **0.0001** | **0.0001** | **0.0001** | **0.0003** | **0.0003** | **0.0005** | **0.0013** | **0.0006** | **0.0006** | **0.0007** | **0.0003** | **0.0005** |
| **середнє** | **0.0001** | **0.0001** | **0.0001** | **0.0003** | **0.0003** | **0.0005** | **0.0013** | **0.0005** | **0.0006** | **0.0006** | **0.0003** | **0.0004** |

Закінчення таблиці 1.11

| Відмітка поверху, м | Максимальні перекоси поверхівпри впливі акселерограми № | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 |
| -3.8 | 2.85 | 2.79 | 2.36 | 5.62 | 3.80 | 3.21 | 8.02 | 7.50 | 7.14 | 6.79 | 9.19 | 4.59 |
| 0 | 3.84 | 3.34 | 2.93 | 8.67 | 5.54 | 4.28 | 12.22 | 11.43 | 11.00 | 10.49 | 14.09 | 6.76 |
| 3.9 | 5.04 | 3.93 | 3.56 | 12.25 | 7.63 | 5.60 | 17.18 | 16.08 | 15.54 | 14.84 | 19.85 | 9.37 |
| 6.9 | 6.05 | 4.41 | 4.07 | 15.19 | 9.37 | 6.71 | 21.27 | 19.92 | 19.27 | 18.41 | 24.60 | 11.53 |
| 9.9 | 7.12 | 4.92 | 4.62 | 18.22 | 11.17 | 7.89 | 25.49 | 23.87 | 23.11 | 22.09 | 29.50 | 13.77 |
| 12.9 | 8.22 | 5.47 | 5.19 | 21.31 | 13.01 | 9.11 | 29.80 | 27.91 | 27.03 | 25.83 | 34.50 | 16.07 |
| 15.9 | 9.35 | 6.05 | 5.79 | 24.45 | 14.89 | 10.36 | 34.19 | 32.01 | 31.01 | 29.64 | 39.58 | 18.40 |
| 18.9 | 10.50 | 6.66 | 6.41 | 27.61 | 16.79 | 11.63 | 38.62 | 36.16 | 35.04 | 33.49 | 44.73 | 20.76 |
| 21.9 | 11.66 | 7.30 | 7.06 | 30.80 | 18.70 | 12.92 | 43.08 | 40.34 | 39.09 | 37.36 | 49.90 | 23.14 |
| 24.9 | 12.84 | 7.98 | 7.72 | 34.00 | 20.62 | 14.22 | 47.56 | 44.53 | 43.15 | 41.25 | 55.10 | 25.52 |
| 27.9 | 14.01 | 8.67 | 8.41 | 37.19 | 22.54 | 15.53 | 52.04 | 48.72 | 47.22 | 45.13 | 60.29 | 27.91 |
| 30.9 | 15.19 | 9.39 | 9.10 | 40.37 | 24.46 | 16.84 | 56.50 | 52.90 | 51.26 | 48.99 | 65.47 | 30.28 |
| 33.9 | 16.37 | 10.12 | 9.80 | 43.53 | 26.37 | 18.15 | 60.95 | 57.06 | 55.29 | 52.84 | 70.62 | 32.65 |
| 36.9 | 17.54 | 10.86 | 10.51 | 46.67 | 28.26 | 19.45 | 65.36 | 61.19 | 59.29 | 56.66 | 75.74 | 35.00 |
| 39.9 | 18.71 | 11.61 | 11.22 | 49.79 | 30.14 | 20.75 | 69.73 | 65.28 | 63.25 | 60.45 | 80.81 | 37.34 |
| 42.95 | 19.88 | 12.37 | 11.94 | 52.92 | 32.03 | 22.06 | 74.14 | 69.40 | 67.24 | 64.26 | 85.92 | 39.69 |
| 45.5 | 20.84 | 12.99 | 12.52 | 55.48 | 33.57 | 23.12 | 77.73 | 72.76 | 70.49 | 67.36 | 90.08 | 41.60 |
| **максимальне** | **0.0004** | **0.0002** | **0.0002** | **0.0011** | **0.0006** | **0.0004** | **0.0015** | **0.0014** | **0.0014** | **0.0013** | **0.0017** | **0.0008** |
| **середнє** | **0.0004** | **0.0002** | **0.0002** | **0.0010** | **0.0006** | **0.0004** | **0.0014** | **0.0013** | **0.0013** | **0.0012** | **0.0016** | **0.0008** |

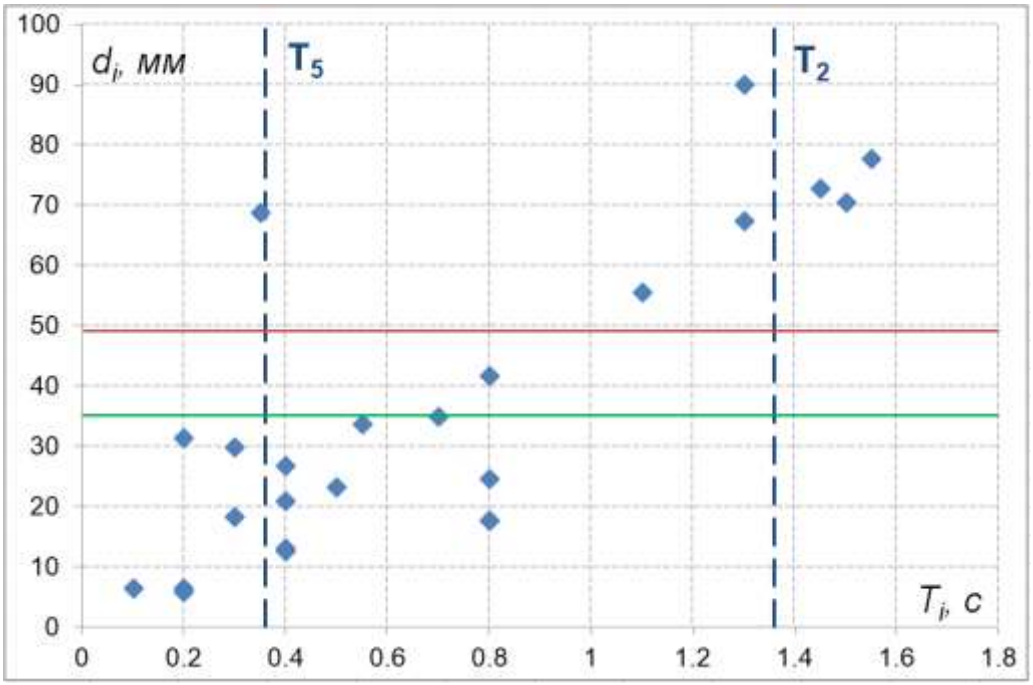
На рисунку 1.25 наведені значення горизонтальних переміщень $d_i$ вздовж осі Y (а) та перекосів поверхів $\Delta_i$ (б) в залежності від переважаючих періодів акселерограм $T_i$. Для порівняння наведені відповідні значення, отримані за спектральним методом розрахунку (48,91 мм - червона лінія), середні значення переміщень та перекосів (36,12 - зелена лінія) та значення періодів власних коливань будівлі задругою ($T_2$=1,36 с) та п'ятою ($T_5$=0,36 с) формами коливань.

Аналіз наведених даних свідчить про те, що максимальні значення динамічної реакції будівлі (у вигляді горизонтальних переміщень та перекосів поверхів) отримані при впливі розрахунковихакселерограм з діапазонамипереважаючих періодів1,2-1,6 с та 0,3-0,4 с, що відповідають періодам власних коливань будівлі за переважаючими формами. При впливі інших акселерограм зазначені параметри є значно меншими, хоча інтенсивність всіх акселерограм є рівною.

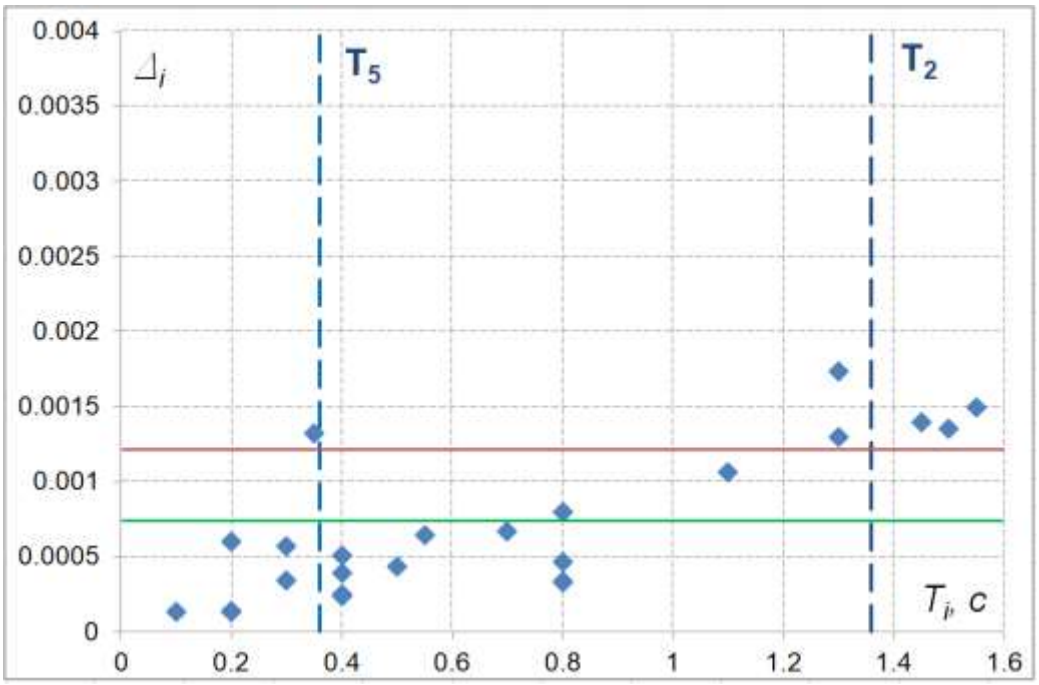
Середні значення горизонтальних переміщень та перекосів поверхів є меншими ніж аналогічні значення, отримані за спектральним методом.

З рисунку 1.25,а видно, що для переважаючих періодів 0,2 с; 0,3 с; 0,4 с; 0,8 с та 1,3 с отримано по декілька значень переміщень. Для подальшої обробки вилучені мінімальні значення та враховуються лише максимальні значення для цих періодів. Виходячи з цього середні значення переміщень для всіх акселерограм були перераховані і склали 47,62 мм (рисунок 1.26), що так само менше ніж результати за спектральним методом.

Для подальшої бробки розрахункові акселерограми були згруповані по 3 записи кожна. Для цих груп отримані максимальні значення для кожної з груп (рис. 1.27). Як випливає з аналізу даних на рисунку 1.27 максимальні значення горизонтальних переміщень, отримані за групами з трьох акселерограм, мають суттєвий розброс і так само залежать від переважаючих періодів сейсмічних записів. Так само відзначаються максимальні значення в групах, діапазонипереважаючих періодів яких близькі до періодів власних коливань будівлі.




а)




б)

Рисунок 1.25 –Значення горизонтальних переміщень $d_i$ (а) та перекосів поверхів $\Delta_i$ (б) при впливі розрахункових акселерограм:

$T_2$, $T_5$– періоди власних коливань будівлі за другою та п’ятою формами;

червона лінія – значення переміщень та перекосів за спектральним методом;

зелена лінія – середні значення переміщень та перекосів

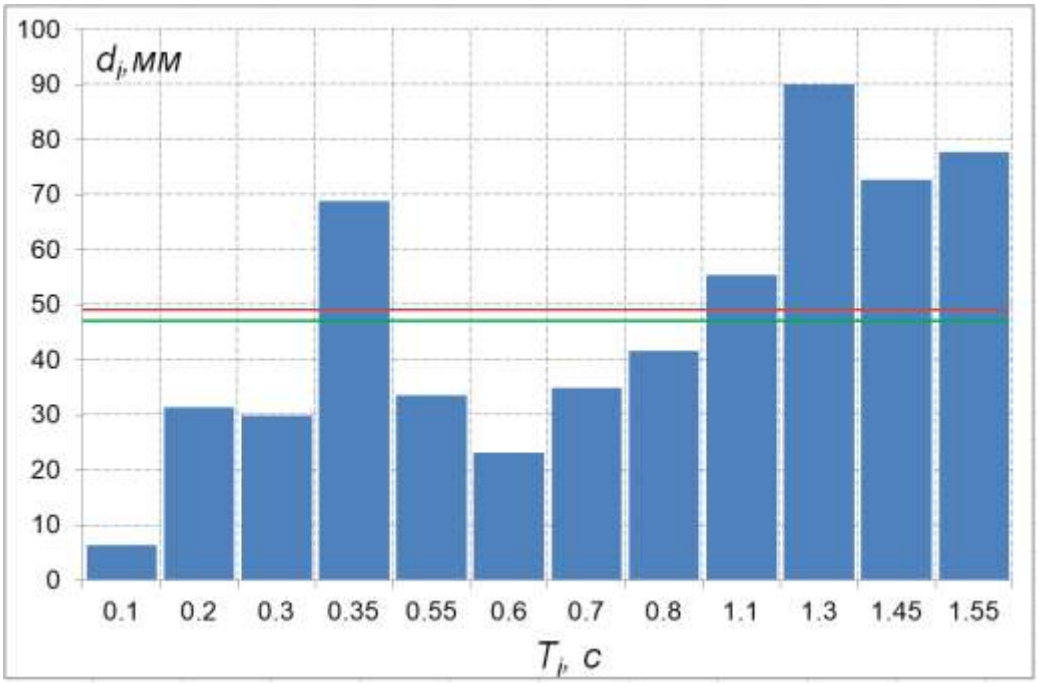



Рисунок 1.26 – Максимальні значення горизонтальних переміщень $d_i$ в залежності від переважаючих періодів розрахункових акселерограм: червона лінія – значення переміщень за спектральним методом; зелена лінія – середні значення переміщень

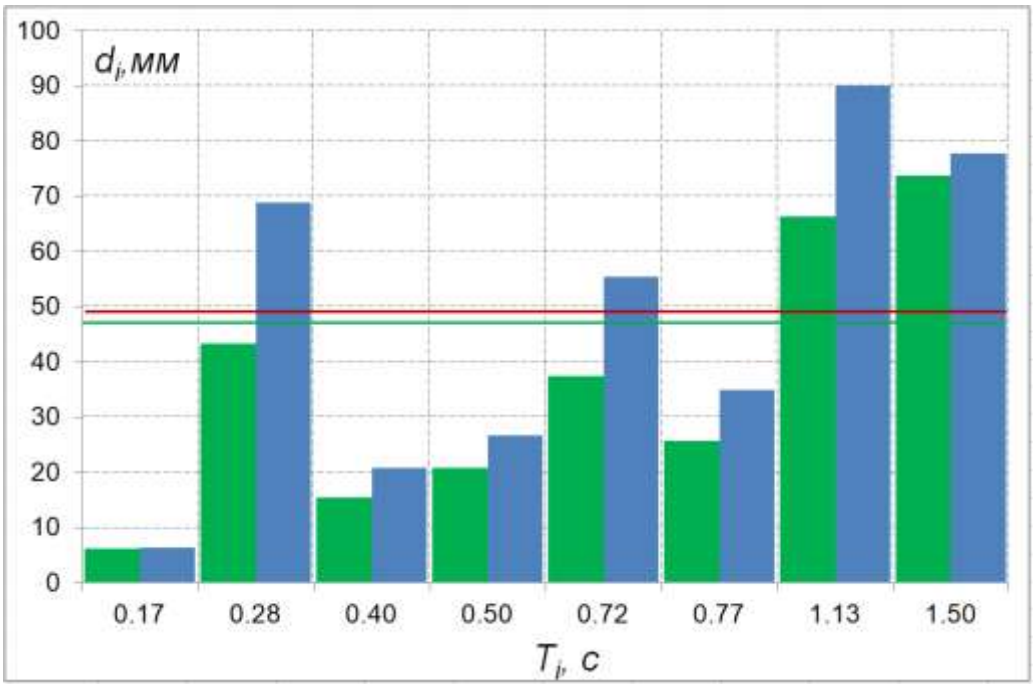
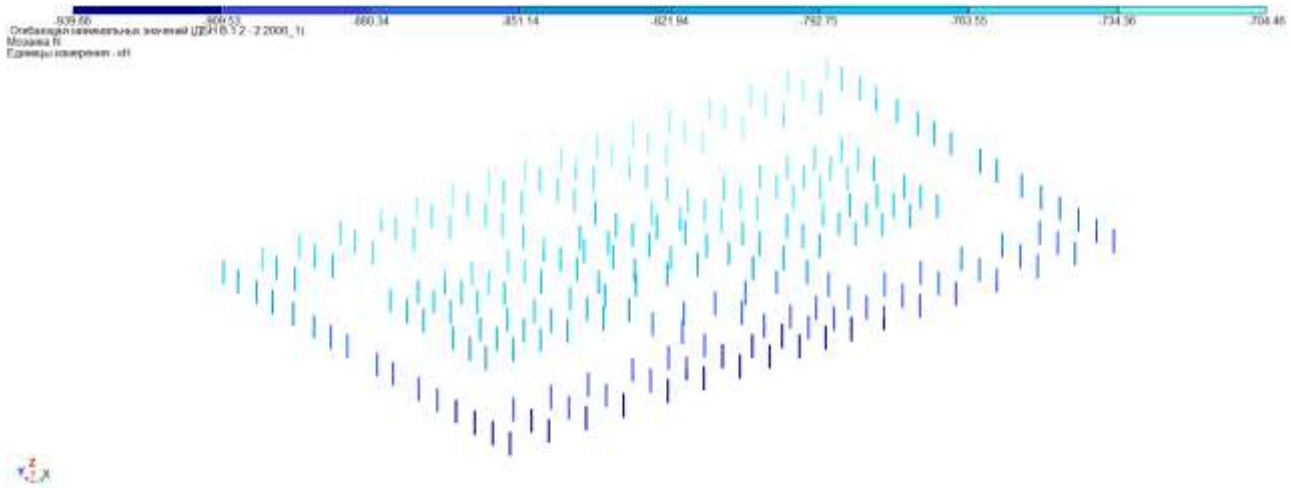


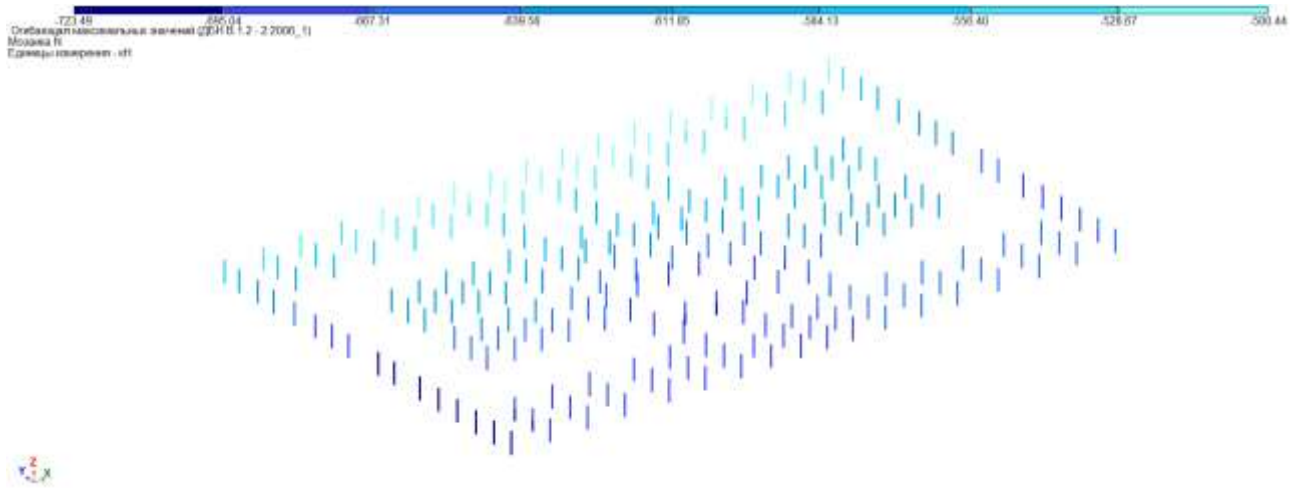

Рисунок 1.27 – Максимальні (сині стовпчики) та середні (зелені стовпчики) значення горизонтальних переміщень $d_i$ при впливі груп розрахункових акселерограм: червона лінія – значення переміщень спектральним методом; зелена лінія – середні значення переміщень

### 1.4.3.3 Розрахунок зусиль в конструкціях

В результаті розрахунку конструкцій отримані значення зусиль в основних несучих конструкціях будівлі від основних та аварійних сполучень навантажень. На рисунках 1.28 – 1.39 наведені ізополя навантажень на палі, окремих компонентів напружень в плитному ростверку, вертикальних несучих елементах та плиті перекриття типового поверху будівлі від аварійних сполучень навантажень. Для прямого динамічного методу наведені максимальні значення за результатами розрахунку на всі акселерограми.

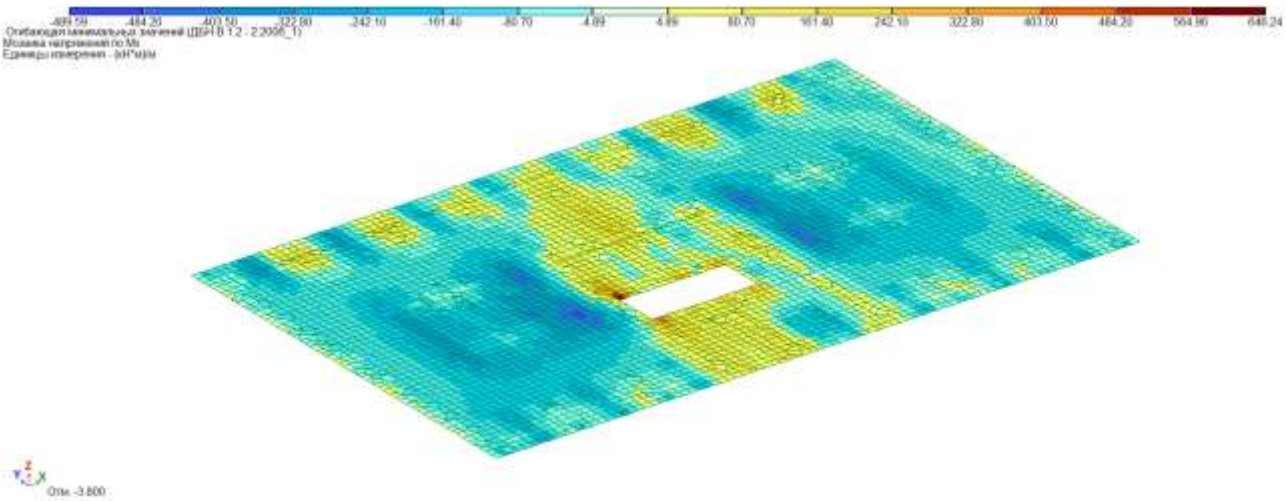


а)

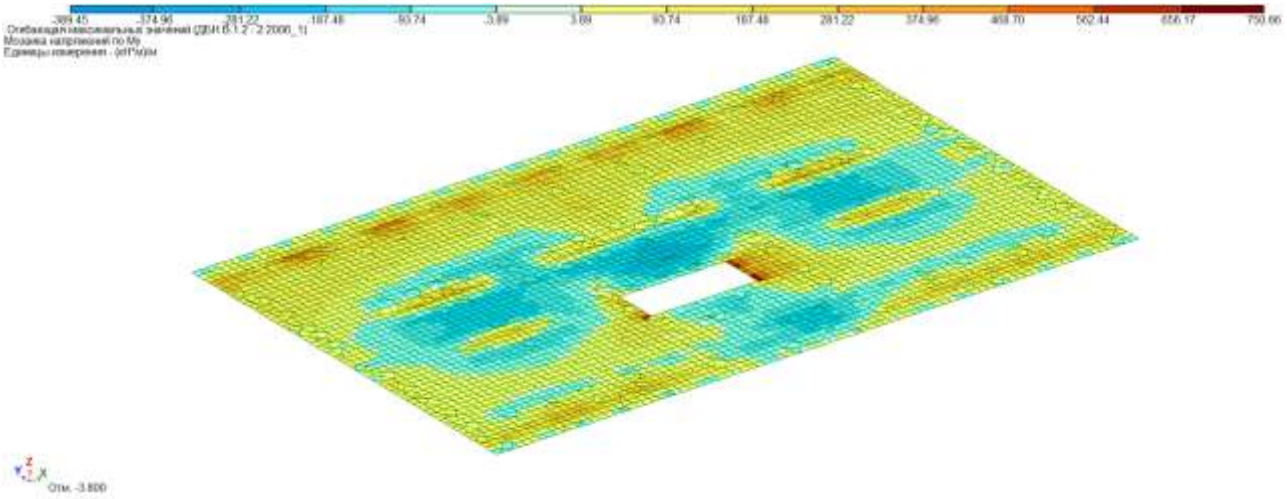


б)

Рисунок 1.28 – Ізополя розрахункових навантажень на палі (кН) від основних сполучень навантажень: а – максимальні;б - мінімальні

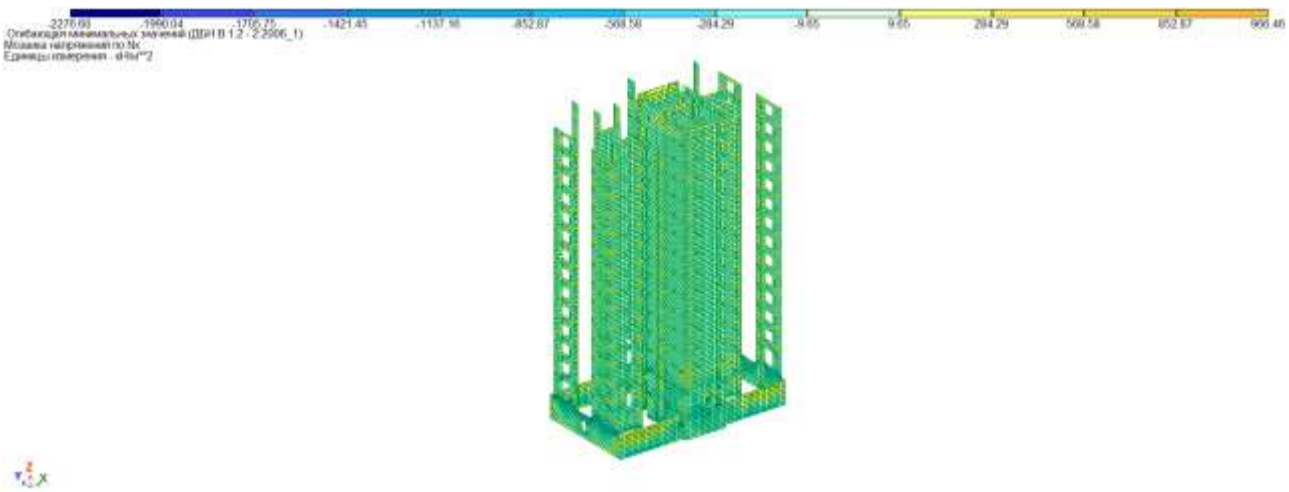


а)

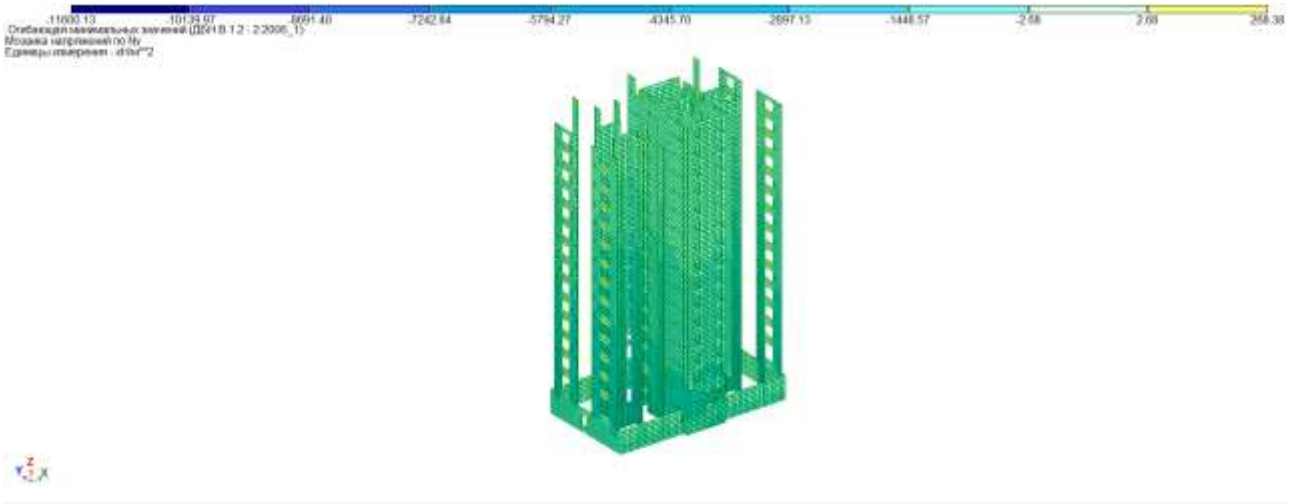


б)

Рисунок 1.29 - Ізополя напружень (кН/м$^2$) в плитному ростверку від основних сполучень навантажень: а – Мх; б - Му

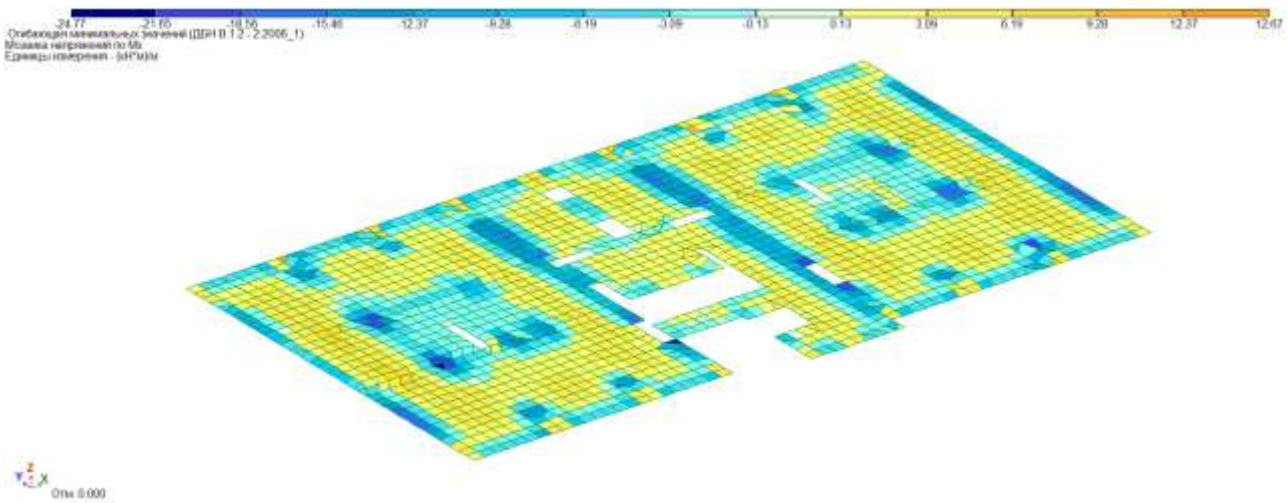


а)

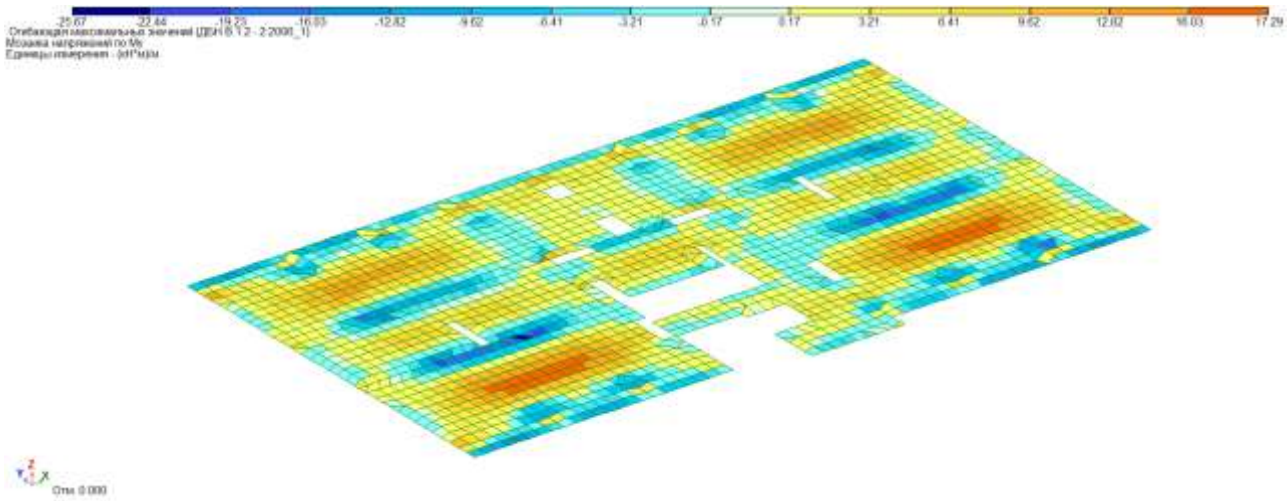


б)

Рисунок 1.30 – Ізополя розрахункових напружень (кН/м$^2$) у вертикальних несучих елементах від основних сполучень навантажень:а – Nx; б - Ny

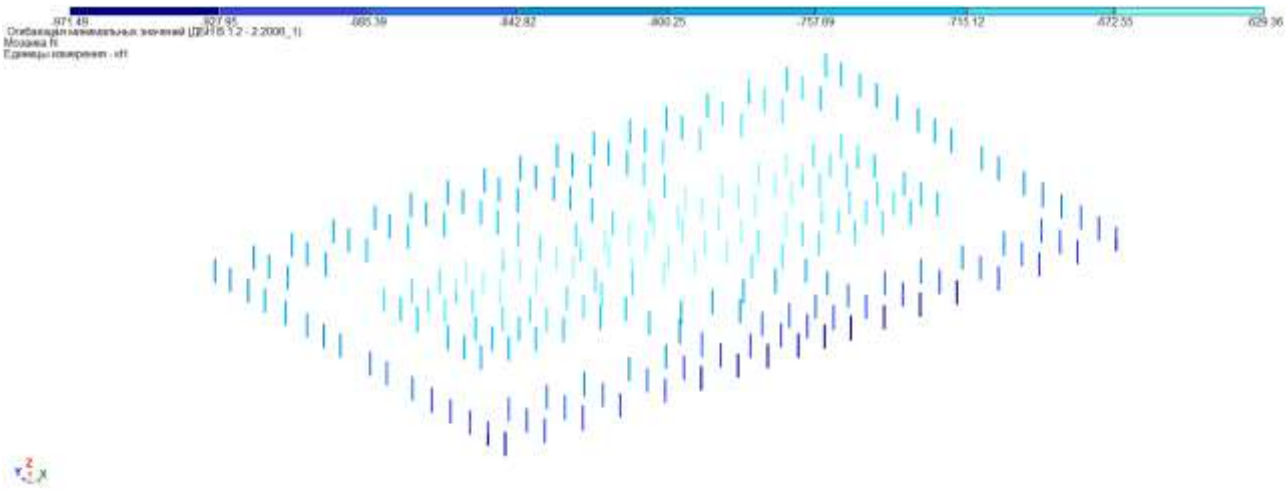


а)

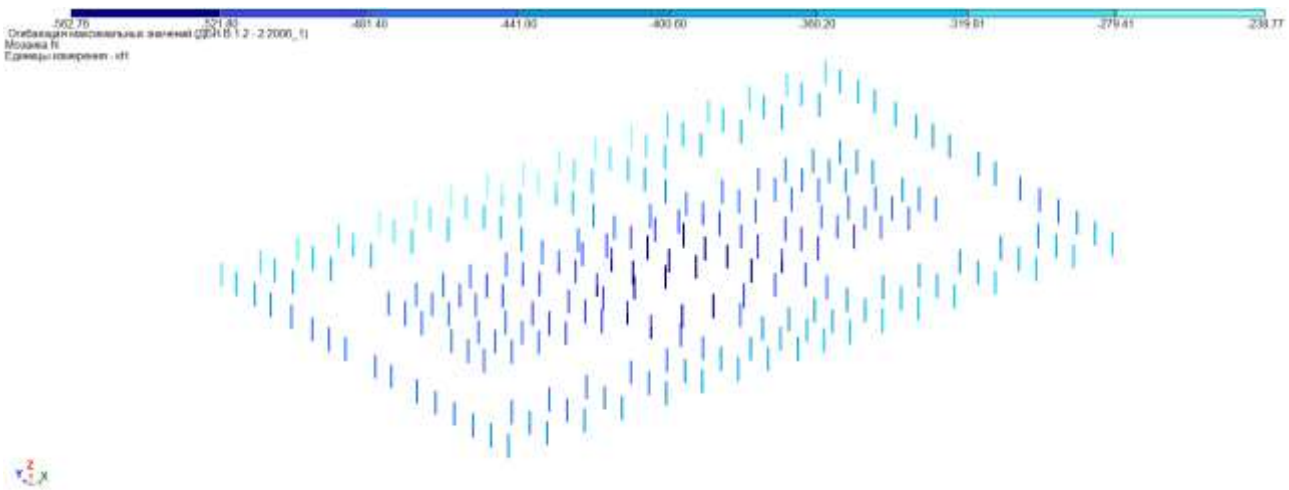


б)

Рисунок 1.31 - Ізополя напружень (кН/м$^2$) в плиті перекриття на відм. 0,000 від основних сполучень навантажень: а – Мх; б - Му

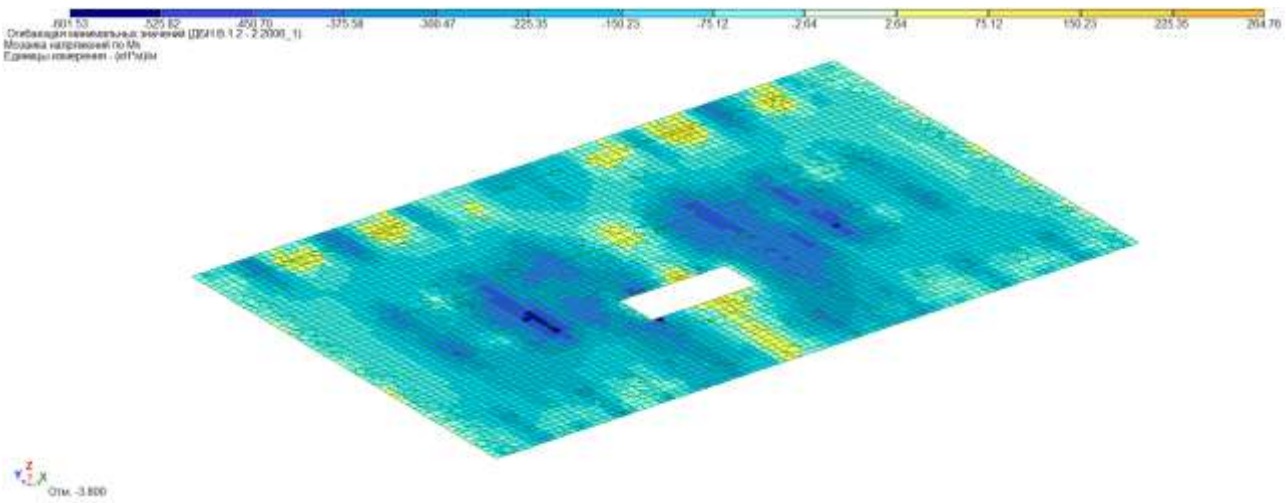


а)

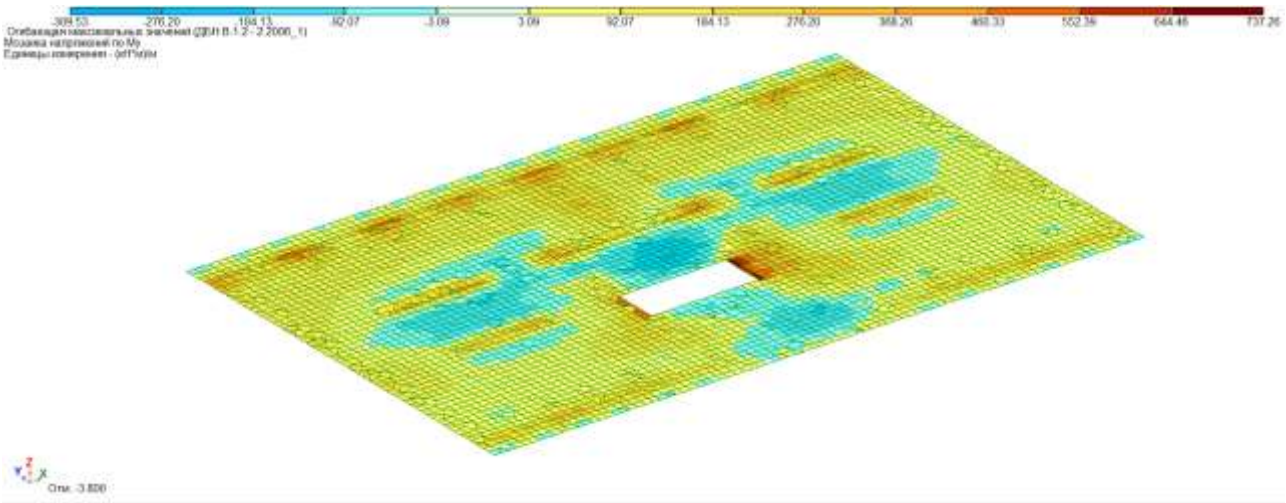



б)

Рисунок 1.32 – Ізополя розрахункових навантажень (кН) на палі від аварійних сполучень навантажень (з урахуванням сейсмічного впливу інтенсивністю 7 балів за спектральними методом): а – мінімальні; б – максимальні

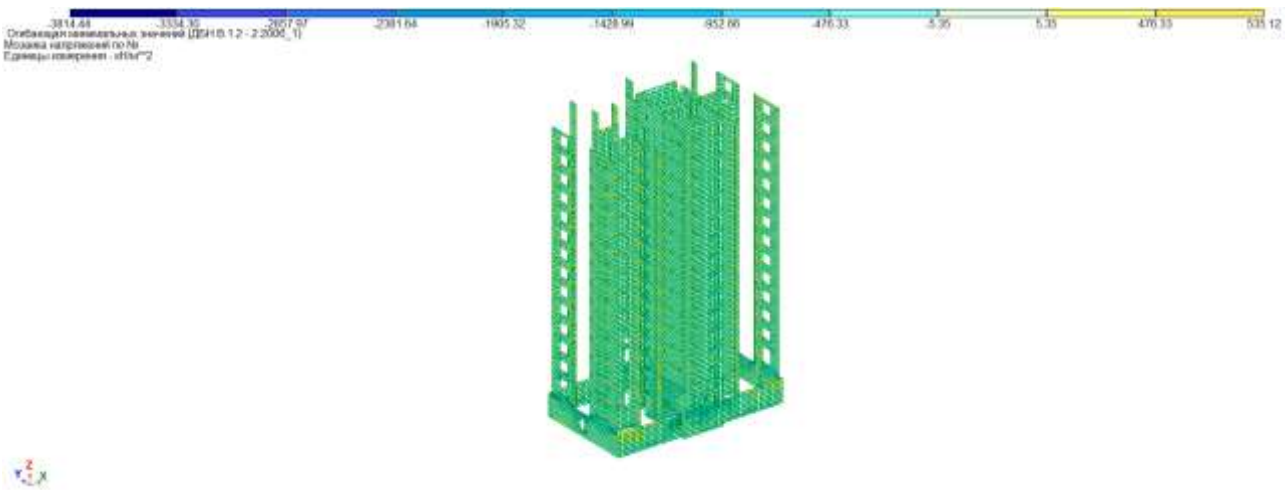



а)

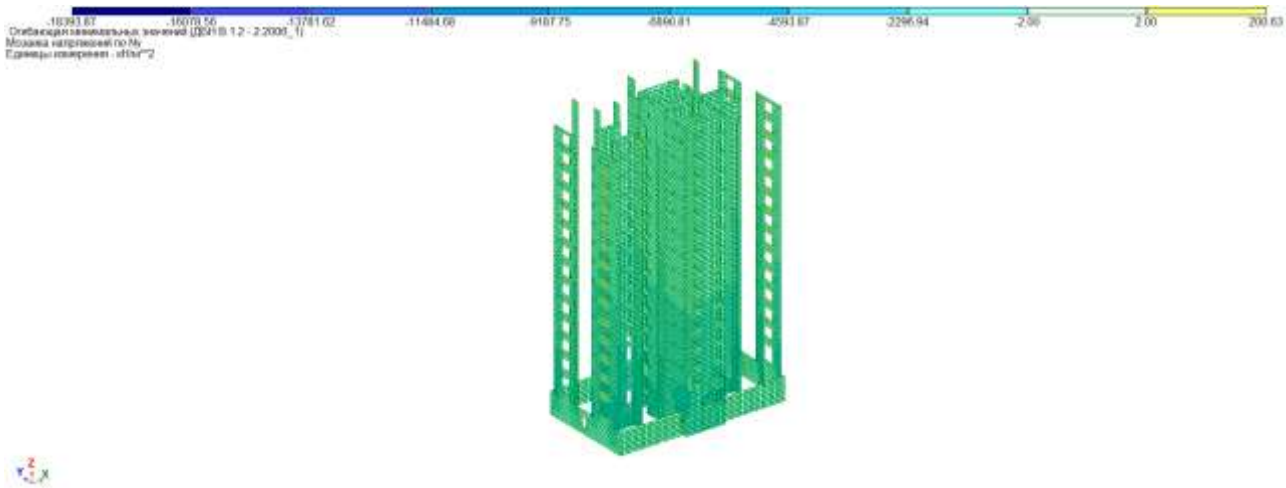



б)

Рисунок 1.33 - Ізополя напружень (кН/м$^2$) в плитному ростверку від аварійних сполучень навантажень (з урахуванням сейсмічного впливу інтенсивністю 7 балів за спектральними методом):а – Мх; б - Му

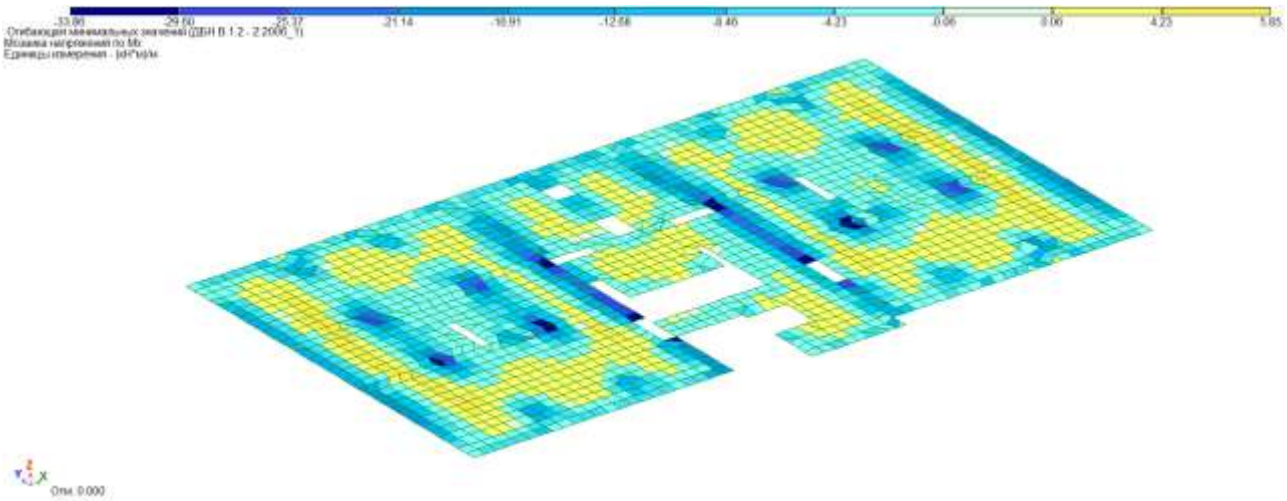


а)

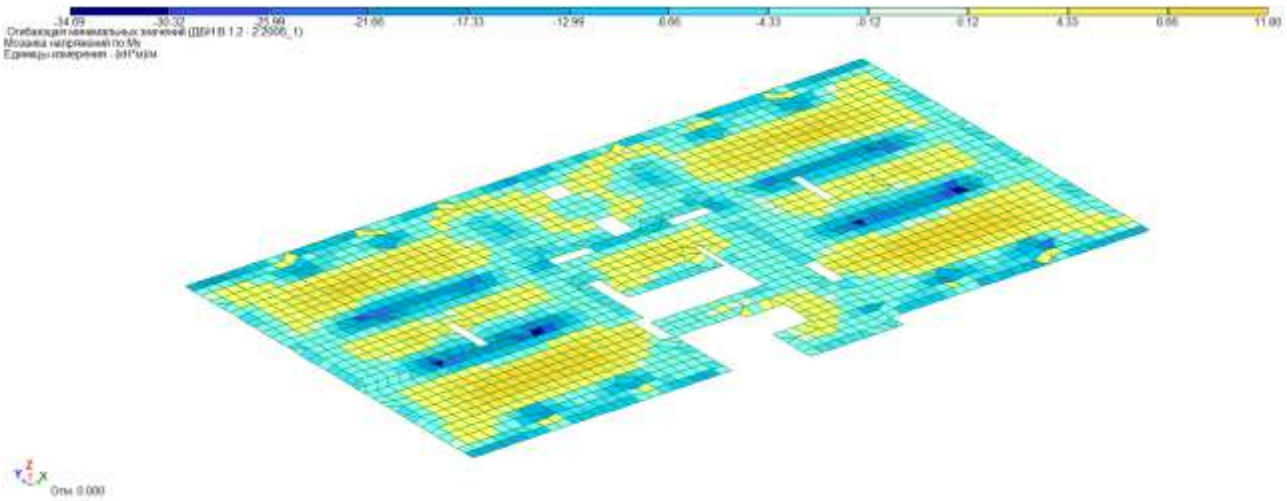


б)

Рисунок 1.34 – Ізополя розрахункових напружень (кН/м$^2$) у вертикальних несучих елементах від аварійних сполучень навантажень (з урахуванням сейсмічного впливу інтенсивністю 7 балів за спектральним методом): а – Nx; б - Ny

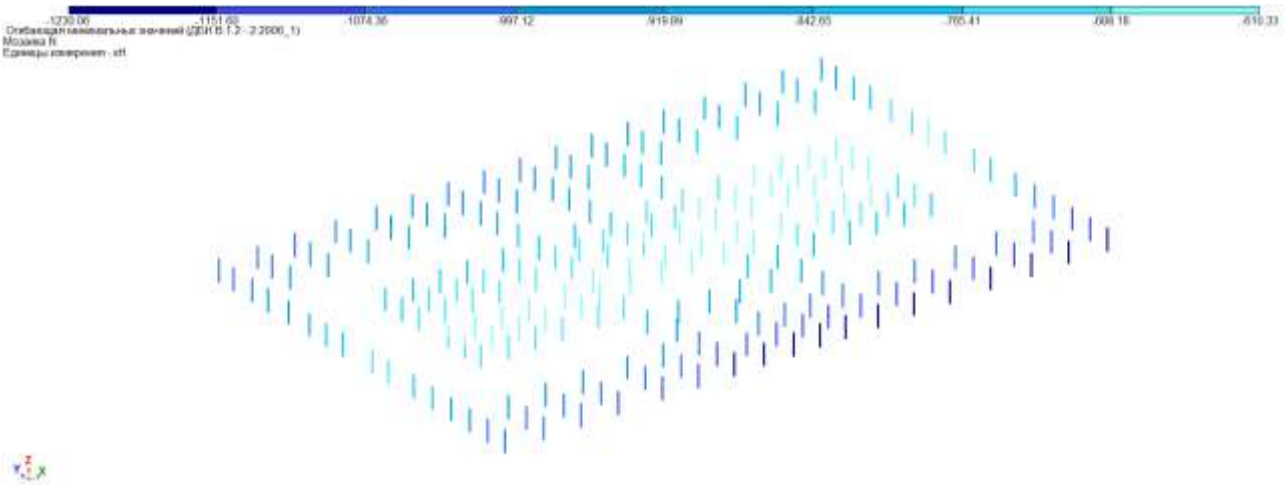


а)

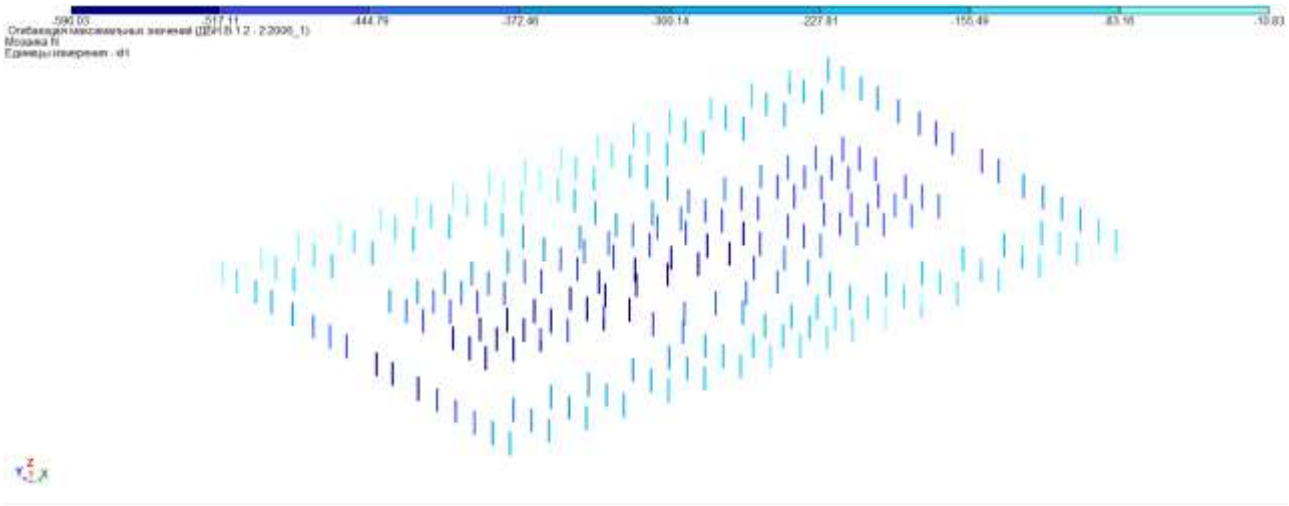


б)

Рисунок 1.35 - Ізополя напружень (кН/м$^2$) в плиті перекриття на відм. 0,000 від аварійних сполучень навантажень (з урахуванням сейсмічного впливу інтенсивністю 7 балів за спектральним методом):а – Мх; б - Му



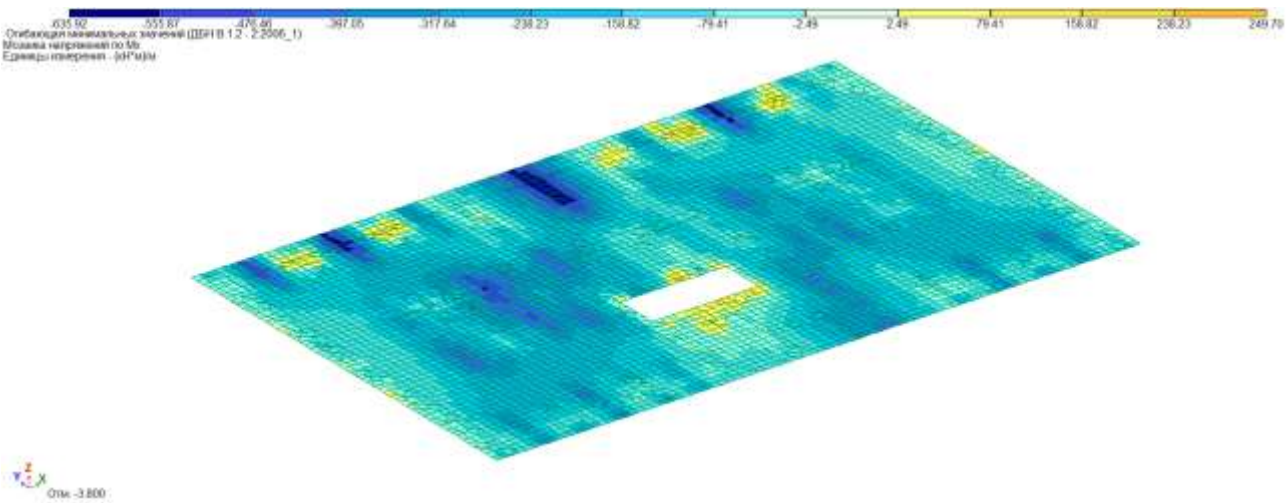
а)



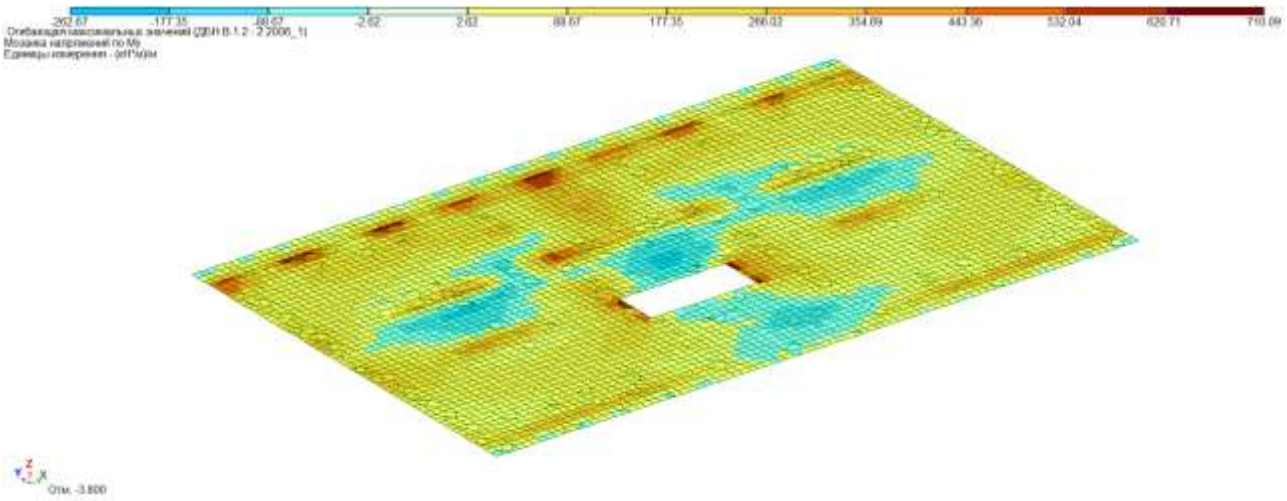

б)

Рисунок 1.36 – Ізополя максимальних розрахункових навантажень (кН) на палі від аварійних сполучень навантажень (з урахуванням сейсмічного впливу інтенсивністю 7 балів за прямим динамічним методом:

а – мінімальні; б – максимальні

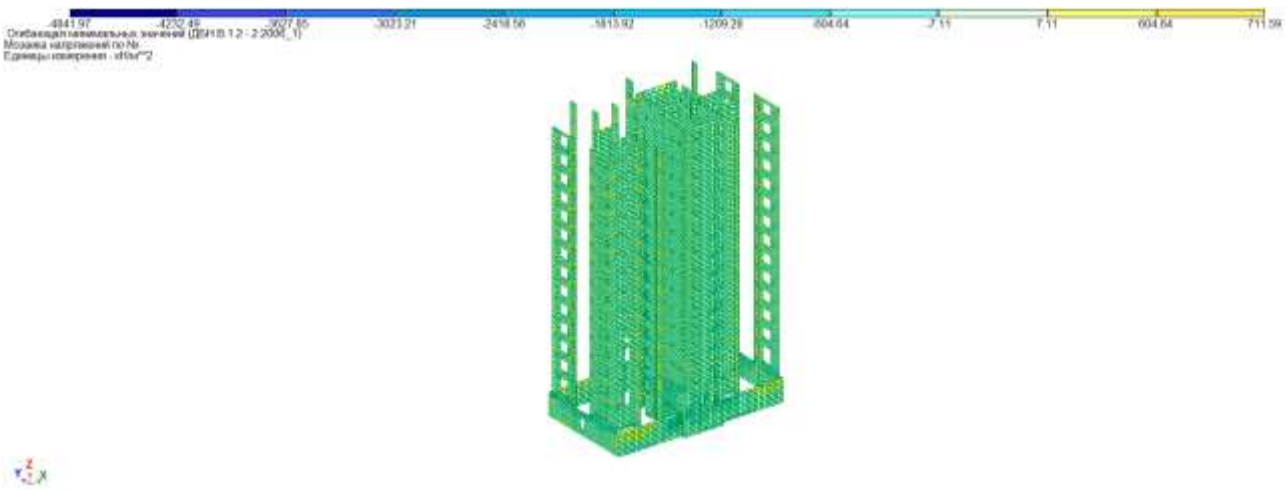



а)

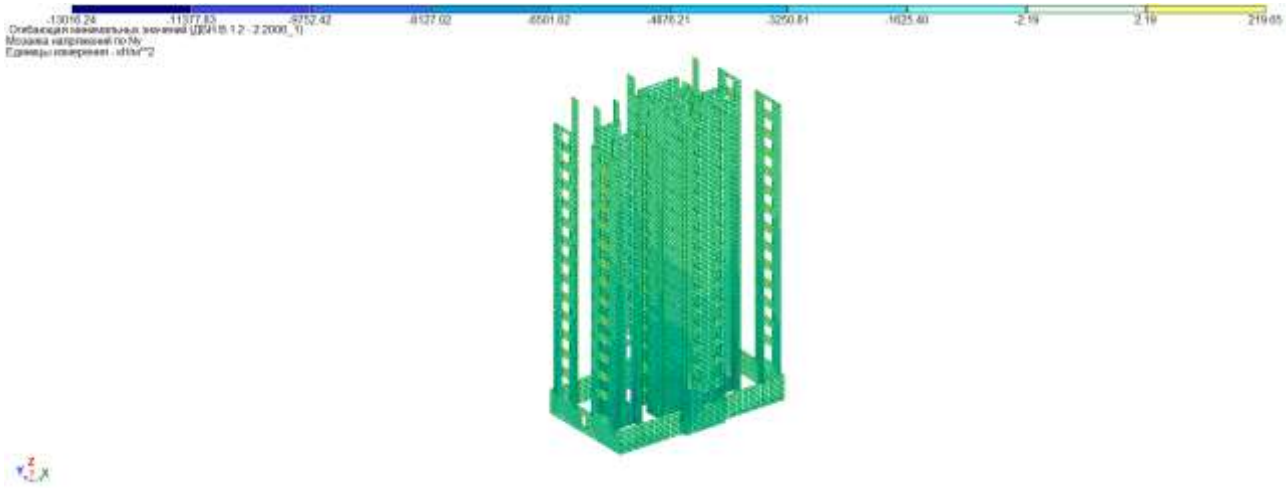



б)

Рисунок 1.37 - Ізополя максимальних напружень (кН/м$^2$) в плитному ростверку від аварійних сполучень навантажень (з урахуванням сейсмічного впливу інтенсивністю 7 балів за прямим динамічним методом):а – Мх; б - Му

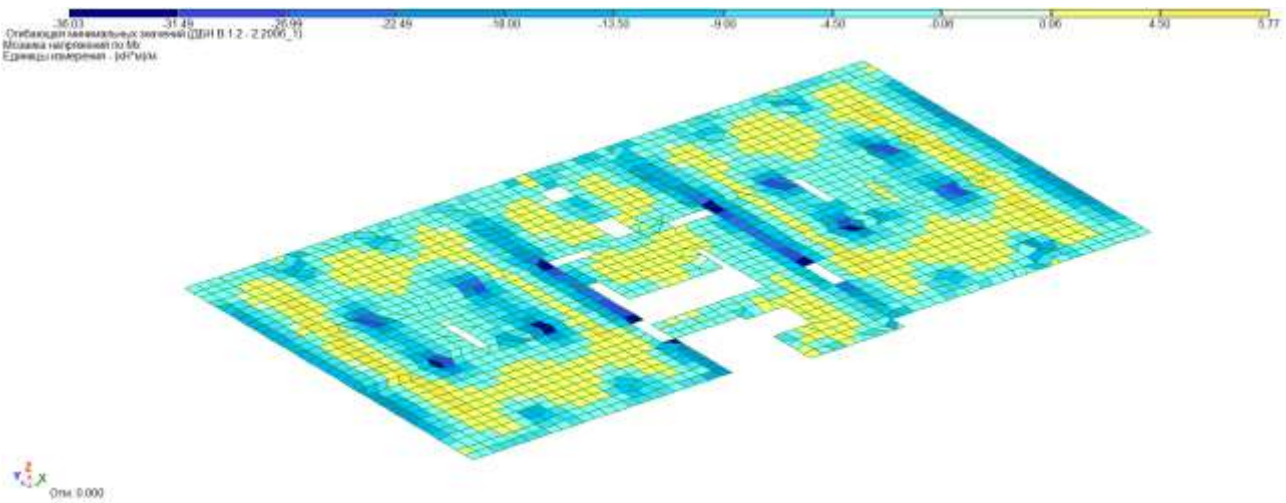


а)

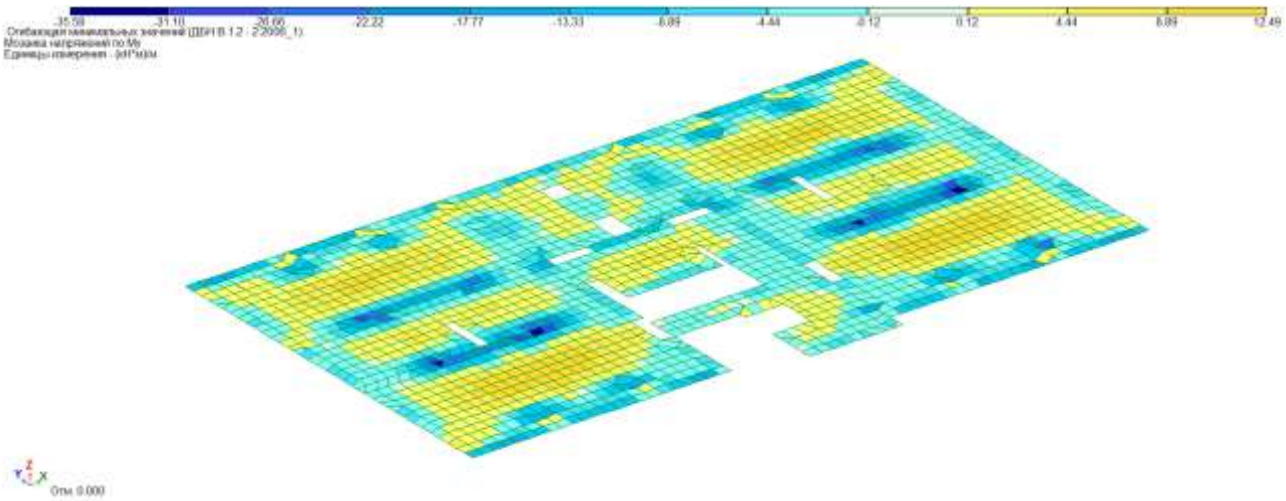


б)

Рисунок 1.38– Ізополя максимальних напружень (кН/м$^2$) у вертикальних несучих елементах від аварійних сполучень навантажень (з урахуванням сейсмічного впливу інтенсивністю 7 балів за прямим динамічним методом):а – Nx; б - Ny



а)



б)

Рисунок 1.39 - Ізополя максимальних напружень (кН/м$^2$) в плиті перекриття на відм. 0,000від аварійних сполучень навантажень (з урахуванням сейсмічного впливу інтенсивністю 7 балів за прямим динамічним методом):а – Мх; б - Му

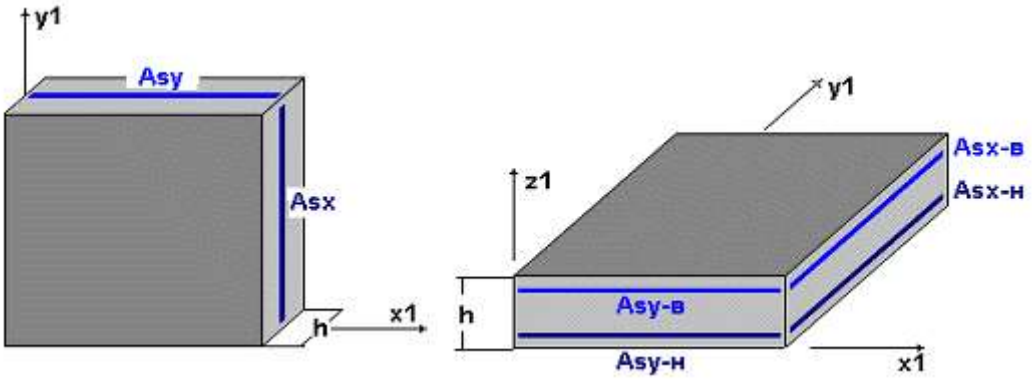
1.4.3.4 Результати розрахунку армування конструкцій

Критерієм міцності залізобетонних конструкцій може служити необхідний коефіцієнт армування при невигідних поєднаннях розрахункових навантажень. В рамках даного дослідження було прийнято, що для виключення крихкого руйнування залізобетонних конструкцій, їх армування не повинно перевищувати 4%.

Визначення розрахункового армування конструкцій будівлі виконувалося з допомогою модулів ЛІР-АРМ програмного комплексу «ЛИРА-САПР» [16]. Система ЛІР-АРМ призначена для визначення і перевірки армування у стрижневих і пластинчастих елементах у відповідності з нормативними вимогами ДБН [22, 23].

При визначенні розрахункового армування несучих конструкцій будівлі враховувалися розрахункові сполучення зусиль, наведені вище в таблиці 1.8.

Розрахункове армування видається відповідно до схем розташування армування та умовних позначень, прийнятих в модулі ЛІР-АРМ ПК «ЛИРА САПР» [16]. Схеми розташування армування в плоскостних скінченних елементів наведені на рис. 1.40.




а) б)

Рисунок 1.40 - Схеми розташування поздовжньої арматури:
а - балок-стінок, б - плит і оболонок.

В результаті підбору плоских СЕ видається площа поздовжньої арматури (см$^2$) на погонний метр:

AS1 (Asx-н) - площа нижньої арматури у напрямку X (для балки-стінки посередині);

AS2 (Asx-в) - площа верхньої арматури у напрямку X;

AS3 (Asy-н) - площа нижньої арматури у напрямку Y (для балки-стінки посередині);

AS4 (Asy-в) - площа верхньої арматури у напрямку Y.

Результати розрахунку арматури для несучих залізобетонних елементів будівлі наведені в таблицях 1.12 – 1.14.

Таблиця 1.12- Максимальне розрахункове армування діафрагм від аварійних сполучень (спектральний метод)

| Z, м | Максимальна розрахункова площа арматури, см$^2$/пм | | | | | | Максимальний % армування | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | по позиції | | | | по напрямку | | | |
| | AS1 | AS2 | AS3 | AS4 | AS1+AS2 | AS3+AS4 | AS1+AS2 | AS3+AS4 |
| **товщиною20 см (т.ж.7)** | | | | | | | | |
| +46,800 | 1.08 | 0.91 | 0.95 | 1.04 | 1.99 | 1.86 | 0.10 | 0.09 |
| **товщиною 25 см(т.ж.6)** | | | | | | | | |
| -3,800 | 4.92 | 5.82 | 4.62 | 5.79 | 10.74 | 10.44 | 0.43 | 0.42 |
| 0,000 | 4.32 | 3.43 | 1.28 | 2.42 | 7.75 | 4.72 | 0.31 | 0.19 |
| +3,900 | 3.80 | 4.85 | 2.21 | 3.74 | 8.65 | 7.06 | 0.35 | 0.28 |
| +6,900 | 3.74 | 4.47 | 1.81 | 3.52 | 8.21 | 6.28 | 0.33 | 0.25 |
| +9,900 | 3.63 | 3.78 | 1.77 | 1.85 | 7.41 | 5.55 | 0.30 | 0.22 |
| +12,900 | 3.78 | 4.53 | 1.83 | 2.22 | 8.31 | 6.36 | 0.33 | 0.25 |
| +15,900 | 1.06 | 1.81 | 1.00 | 2.22 | 2.87 | 2.81 | 0.11 | 0.11 |
| +18,900 | 1.00 | 1.54 | 1.00 | 1.89 | 2.54 | 2.54 | 0.10 | 0.10 |
| +21,900 | 1.00 | 1.32 | 1.00 | 1.59 | 2.32 | 2.32 | 0.09 | 0.09 |
| +24,900 | 1.00 | 1.15 | 1.00 | 1.37 | 2.15 | 2.15 | 0.09 | 0.09 |
| +27,900 | 1.00 | 1.21 | 1.00 | 1.28 | 2.21 | 2.21 | 0.09 | 0.09 |
| +30,900 | 1.00 | 1.08 | 1.00 | 1.15 | 2.08 | 2.08 | 0.08 | 0.08 |
| +33,900 | 1.00 | 1.03 | 1.00 | 1.08 | 2.03 | 2.03 | 0.08 | 0.08 |
| +36,900 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 0.99 | 2.00 | 2.00 | 0.08 | 0.08 |
| +39,900 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 0.96 | 2.00 | 2.00 | 0.08 | 0.08 |
| +44,000 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 0.96 | 2.00 | 2.00 | 0.08 | 0.08 |
| **товщиною 30 см(т.ж.5)** | | | | | | | | |
| -3,800 | 11.06 | 13.17 | 16.75 | 16.13 | 24.23 | 29.92 | 0.81 | 1.00 |
| 0,000 | 12.51 | 12.97 | 37.80 | 35.95 | 25.48 | 50.77 | 0.85 | 1.69 |
| +3,900 | 13.41 | 14.67 | 19.05 | 17.47 | 28.08 | 33.72 | 0.94 | 1.12 |
| +6,900 | 15.18 | 15.98 | 15.12 | 14.50 | 31.16 | 31.11 | 1.04 | 1.04 |
| +9,900 | 15.72 | 16.05 | 14.10 | 12.88 | 31.76 | 30.15 | 1.06 | 1.00 |
| +12,900 | 15.70 | 15.61 | 12.50 | 11.57 | 31.31 | 28.11 | 1.04 | 0.94 |
| +15,900 | 14.94 | 15.25 | 11.22 | 10.38 | 30.18 | 26.46 | 1.01 | 0.88 |
| +18,900 | 14.22 | 14.50 | 10.04 | 9.35 | 28.72 | 24.54 | 0.96 | 0.82 |
| +21,900 | 13.38 | 13.39 | 8.88 | 8.37 | 26.78 | 22.27 | 0.89 | 0.74 |
| +24,900 | 12.19 | 12.22 | 7.98 | 7.49 | 24.42 | 20.20 | 0.81 | 0.67 |
| +27,900 | 10.85 | 10.87 | 7.13 | 6.75 | 21.72 | 18.00 | 0.72 | 0.60 |
| +30,900 | 9.36 | 9.37 | 6.34 | 6.51 | 18.73 | 15.71 | 0.62 | 0.52 |
| +33,900 | 7.81 | 7.82 | 5.59 | 6.27 | 15.62 | 13.41 | 0.52 | 0.45 |

| Z, м | Максимальна розрахункова площа арматури, см²/пм | | | | | | Максимальний % армування | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | по позиції | | | | по напрямку | | | |
| | AS1 | AS2 | AS3 | AS4 | AS1+AS2 | AS3+AS4 | AS1+AS2 | AS3+AS4 |
| +36,900 | 6.13 | 6.04 | 5.60 | 5.96 | 12.17 | 11.64 | 0.41 | 0.39 |
| +39,900 | 5.38 | 4.85 | 7.38 | 7.14 | 10.22 | 12.22 | 0.34 | 0.41 |
| +44,000 | 2.49 | 2.69 | 4.45 | 3.28 | 5.18 | 7.15 | 0.17 | 0.24 |
| +46,800 | 2.18 | 2.68 | 3.62 | 4.82 | 4.86 | 6.31 | 0.16 | 0.21 |
| **товщиною40 см (т.ж.4)** | | | | | | | | |
| -3,800 | 2.32 | 2.92 | 3.89 | 2.15 | 5.24 | 6.82 | 0.13 | 0.17 |
| 0,000 | 10.93 | 11.34 | 13.15 | 11.61 | 22.27 | 24.48 | 0.56 | 0.61 |
| +3,900 | 10.39 | 10.65 | 8.73 | 8.73 | 21.04 | 19.38 | 0.53 | 0.48 |
| +6,900 | 7.63 | 7.59 | 6.55 | 4.72 | 15.22 | 14.15 | 0.38 | 0.35 |
| +9,900 | 6.87 | 6.68 | 2.69 | 2.87 | 13.55 | 9.37 | 0.34 | 0.23 |
| +12,900 | 2.30 | 3.03 | 2.80 | 2.45 | 5.33 | 5.83 | 0.13 | 0.15 |
| +15,900 | 2.29 | 2.68 | 2.33 | 2.24 | 4.98 | 5.02 | 0.12 | 0.13 |
| +18,900 | 2.21 | 2.34 | 2.12 | 2.08 | 4.55 | 4.46 | 0.11 | 0.11 |
| +21,900 | 1.99 | 2.05 | 2.05 | 1.98 | 4.04 | 4.10 | 0.10 | 0.10 |
| +24,900 | 1.76 | 1.82 | 1.92 | 1.91 | 3.58 | 3.75 | 0.09 | 0.09 |
| +27,900 | 1.54 | 1.64 | 1.83 | 1.82 | 3.18 | 3.47 | 0.08 | 0.09 |
| +30,900 | 1.66 | 1.65 | 1.81 | 1.72 | 3.32 | 3.46 | 0.08 | 0.09 |
| +33,900 | 1.58 | 1.93 | 2.89 | 2.59 | 3.52 | 4.82 | 0.09 | 0.12 |
| +36,900 | 1.93 | 1.95 | 3.74 | 3.39 | 3.88 | 5.68 | 0.10 | 0.14 |
| +39,900 | 3.11 | 3.23 | 5.25 | 5.45 | 6.34 | 8.48 | 0.16 | 0.21 |
| +44,000 | 2.32 | 2.45 | 4.45 | 4.70 | 4.76 | 6.89 | 0.12 | 0.17 |
| **стіни товщиною 40 см (т.ж.8)** | | | | | | | | |
| -3,800 | 15.56 | 17.78 | 16.69 | 15.08 | 33.34 | 34.47 | 0.83 | 0.86 |

**Позначення:**
Z - апликата перекриття в комп'ютерній моделі будівлі;
AS1 і AS2 - нижня і верхня відносно осі Z1 вертикальна арматура;
AS3 і AS4 - нижня і верхня відносно осі Z1 горизонтальна арматура.
**Примітки:**
1. При підборі арматури враховані конструктивні вимоги.
2. Результати, наведені в таблиці, відповідають відстані від центра ваги арматури дограней перерізу, рівному3 см.

Таблиця 1.13- Максимальне розрахункове армування діафрагм від аварійних сполучень (прямий динамічний метод)

| Z, м | Максимальна розрахункова площа арматури, см$^2$/пм | | | | | | Максимальний % армування | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | по позиції | | | | по напрямку | | | |
| | AS1 | AS2 | AS3 | AS4 | AS1+AS2 | AS3+AS4 | AS1+AS2 | AS3+AS4 |
| **товщиною20 см (т.ж.7)** | | | | | | | | |
| +46,800 | 1.69 | 1.42 | 1.49 | 1.62 | 3.11 | 2.90 | 0.16 | 0.15 |
| **товщиною 25 см(т.ж.6)** | | | | | | | | |
| -3,800 | 7.67 | 9.08 | 7.20 | 9.04 | 16.75 | 16.28 | 0.67 | 0.65 |
| 0,000 | 6.73 | 5.35 | 2.00 | 3.78 | 12.08 | 7.36 | 0.48 | 0.29 |
| +3,900 | 5.93 | 7.57 | 3.44 | 5.83 | 13.50 | 11.02 | 0.54 | 0.44 |
| +6,900 | 5.83 | 6.97 | 2.82 | 5.48 | 12.80 | 9.79 | 0.51 | 0.39 |
| +9,900 | 5.66 | 5.89 | 2.76 | 2.88 | 11.56 | 8.65 | 0.46 | 0.35 |
| +12,900 | 5.89 | 7.07 | 2.86 | 3.46 | 12.96 | 9.92 | 0.52 | 0.40 |
| +15,900 | 1.66 | 2.82 | 1.50 | 3.47 | 4.48 | 4.32 | 0.18 | 0.17 |
| +18,900 | 1.56 | 2.40 | 1.50 | 2.95 | 3.96 | 3.90 | 0.16 | 0.16 |
| +21,900 | 1.50 | 2.05 | 1.50 | 2.48 | 3.55 | 3.55 | 0.14 | 0.14 |
| +24,900 | 1.50 | 1.80 | 1.50 | 2.14 | 3.30 | 3.30 | 0.13 | 0.13 |
| +27,900 | 1.50 | 1.88 | 1.50 | 2.00 | 3.38 | 3.38 | 0.14 | 0.14 |
| +30,900 | 1.50 | 1.69 | 1.50 | 1.79 | 3.19 | 3.19 | 0.13 | 0.13 |
| +33,900 | 1.50 | 1.61 | 1.50 | 1.69 | 3.11 | 3.11 | 0.12 | 0.12 |
| +36,900 | 1.50 | 1.50 | 1.50 | 1.55 | 3.00 | 3.00 | 0.12 | 0.12 |
| +39,900 | 1.52 | 1.50 | 1.50 | 1.50 | 3.02 | 3.00 | 0.12 | 0.12 |
| +44,000 | 1.50 | 1.50 | 1.50 | 1.50 | 3.00 | 3.00 | 0.12 | 0.12 |
| **товщиною 30 см(т.ж.5)** | | | | | | | | |
| -3,800 | 17.26 | 20.54 | 26.12 | 25.16 | 37.80 | 46.67 | 1.26 | 1.56 |
| 0,000 | 19.51 | 20.23 | 58.97 | 56.08 | 39.74 | 79.20 | 1.32 | 2.64 |
| +3,900 | 20.92 | 22.88 | 29.71 | 27.25 | 43.80 | 52.60 | 1.46 | 1.75 |
| +6,900 | 23.68 | 24.94 | 23.59 | 22.62 | 48.61 | 48.53 | 1.62 | 1.62 |
| +9,900 | 24.52 | 25.03 | 22.00 | 20.09 | 49.55 | 47.03 | 1.65 | 1.57 |
| +12,900 | 24.49 | 24.35 | 19.50 | 18.05 | 48.84 | 43.85 | 1.63 | 1.46 |
| +15,900 | 23.30 | 23.78 | 17.50 | 16.19 | 47.09 | 41.28 | 1.57 | 1.38 |
| +18,900 | 22.18 | 22.62 | 15.66 | 14.58 | 44.80 | 38.28 | 1.49 | 1.28 |
| +21,900 | 20.88 | 20.89 | 13.85 | 13.06 | 41.77 | 34.74 | 1.39 | 1.16 |
| +24,900 | 19.02 | 19.07 | 12.44 | 11.69 | 38.09 | 31.51 | 1.27 | 1.05 |
| +27,900 | 16.93 | 16.96 | 11.12 | 10.52 | 33.89 | 28.08 | 1.13 | 0.94 |
| +30,900 | 14.60 | 14.62 | 9.89 | 10.15 | 29.22 | 24.50 | 0.97 | 0.82 |
| +33,900 | 12.18 | 12.19 | 8.72 | 9.78 | 24.37 | 20.92 | 0.81 | 0.70 |
| +36,900 | 9.56 | 9.42 | 8.74 | 9.30 | 18.98 | 18.16 | 0.63 | 0.61 |
| +39,900 | 8.39 | 7.56 | 11.51 | 11.14 | 15.95 | 19.07 | 0.53 | 0.64 |
| +44,000 | 3.89 | 4.20 | 6.95 | 5.12 | 8.09 | 11.15 | 0.27 | 0.37 |
| +46,800 | 3.40 | 4.19 | 5.65 | 7.52 | 7.58 | 9.84 | 0.25 | 0.33 |
| **товщиною40 см (т.ж.15)** | | | | | | | | |
| -3,800 | 3.61 | 4.56 | 6.07 | 3.36 | 8.17 | 10.63 | 0.20 | 0.27 |
| 0,000 | 17.05 | 17.69 | 20.51 | 18.11 | 34.74 | 38.20 | 0.87 | 0.95 |
| +3,900 | 16.21 | 16.61 | 13.62 | 13.62 | 32.82 | 30.23 | 0.82 | 0.76 |
| +6,900 | 11.90 | 11.84 | 10.22 | 7.36 | 23.75 | 22.07 | 0.59 | 0.55 |

| Z, м | Максимальна розрахункова площа арматури, см$^2$/пм | | | | | | Максимальний % армування | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | по позиції | | | | по напрямку | | | |
| | AS1 | AS2 | AS3 | AS4 | AS1+AS2 | AS3+AS4 | AS1+AS2 | AS3+AS4 |
| +9,900 | 10.72 | 10.42 | 4.20 | 4.48 | 21.13 | 14.62 | 0.53 | 0.37 |
| +12,900 | 3.59 | 4.73 | 4.37 | 3.82 | 8.32 | 9.10 | 0.21 | 0.23 |
| +15,900 | 3.58 | 4.19 | 3.64 | 3.49 | 7.76 | 7.82 | 0.19 | 0.20 |
| +18,900 | 3.44 | 3.65 | 3.31 | 3.24 | 7.09 | 6.96 | 0.18 | 0.17 |
| +21,900 | 3.11 | 3.19 | 3.20 | 3.10 | 6.30 | 6.40 | 0.16 | 0.16 |
| +24,900 | 2.75 | 2.84 | 3.00 | 2.98 | 5.59 | 5.84 | 0.14 | 0.15 |
| +27,900 | 2.40 | 2.56 | 2.86 | 2.84 | 4.96 | 5.41 | 0.12 | 0.14 |
| +30,900 | 2.59 | 2.58 | 2.82 | 2.69 | 5.17 | 5.40 | 0.13 | 0.14 |
| +33,900 | 2.47 | 3.01 | 4.51 | 4.04 | 5.48 | 7.52 | 0.14 | 0.19 |
| +36,900 | 3.01 | 3.04 | 5.83 | 5.29 | 6.05 | 8.87 | 0.15 | 0.22 |
| +39,900 | 4.85 | 5.04 | 8.20 | 8.50 | 9.89 | 13.24 | 0.25 | 0.33 |
| +44,000 | 3.61 | 3.82 | 6.94 | 7.33 | 7.43 | 10.75 | 0.19 | 0.27 |
| **стіни товщиною 40 см (т.ж.8)** | | | | | | | | |
| -3,800 | 24.28 | 27.73 | 26.04 | 23.53 | 52.01 | 53.77 | 1.30 | 1.34 |

**Позначення:**
Z - апликата перекриття в комп'ютерній моделі будівлі;
AS1 і AS2 - нижня і верхня відносно осі Z1 вертикальна арматура;
AS3 і AS4 - нижня і верхня відносно осі Z1 горизонтальна арматура.
**Примітки:**
1. При підборі арматури враховані конструктивні вимоги.
2. Результати, наведені в таблиці, відповідають відстані від центра ваги арматури дограней перерізу, рівному3 см.

Таблиця 1.14- Максимальнірозрахункові відсотки армування елементів будівлі

| №№ т.ж. | Назва елементу | Максимальний % армування при розрахунках на аварійне сполучення навантажень | |
|---|---|---|---|
| | | Спектральний | Прямий динамічний |
| 4 | Діафрагми 40 см | 0.61 | 0.95 |
| 5 | Діафрагми 30 см | 2.46 | 3.84 |
| 6 | Діафрагми 25 см | 0.43 | 0.67 |
| 7 | Перекриття 20 см | 1.12 | 1.74 |
| 8 | Стіни підвалу 40 см | 0.83 | 1.30 |
| 10 | Плита ростверку 120 см | 0.54 | 0.84 |

Результати, наведені в таблиці 1.14, свідчать про те, що максимальні розрахункові відсотки армування несучих елементів не перевищують граничного значення (4%). Слід зазначити, що максимальні значення армування від аварійних сполучень навантажень для діафрагм товщиною 30 см (3,84%) зафіксовані лише в окремих елементах. Максимальні значення армування переважної більшості елементів діафрагм товщиною 30 см не перевищують 1,92%.

1.4.3.5 Порівняння результатів розрахунку

В таблиці 1.15 наведено порівняння основних параметрів напружено-деформованого стану окремих конструктивних елементів та будівлі загалом, отримані за результатами розрахунку на основні та аварійні сполучення навантажень з урахуванням сейсмічного впливу інтенсивністю 7 балів, заданого за спектральним методом та прямим динамічним методом у вигляді розрахункових акселерограм.

Таблиця 1.15 - Порівняння результатів розрахунку будівлі

| Конструктивний елемент | Показник | Сполучення навантажень та метод розрахунку | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | основні | аварійні | | |
| | | | спектральний | прямий динамічний | |
| | | | | середнє | максимальне |
| Деформації | | | | | |
| Будівля загалом | Горизонтальне переміщення верху, мм | 10,17 | 48,91 | 36,12 | 90,1 |
| Поверхи | Перекіс поверху [0.004] | - | 0,0012 | 0,0009 | 0,0017 |
| Зусилля | | | | | |
| Палі | $N_{max}$,кН | -500,4 | -562,7 | -344,1 | -10,9 |
| | $N_{min}$,кН | -939,7 | -971,5 | -855,4 | -1230,1 |
| Ростверк | $M_x$,кН/м$^2$ | 646,2 | 601,5 | 484,6 | 635,92 |
| | $M_y$,кН/м$^2$ | 750,6 | 737,4 | 596,6 | 710,2 |
| Діафрагми | $N_x$,кН/м$^2$ | 2276 | 3814 | 2858 | 6417 |
| | $N_y$,кН/м$^2$ | -11600 | -18394 | -11649 | -27771 |
| Перекриття | $M_x$,кН/м$^2$ | 24,8 | 33,9 | 18,9 | 33,4 |
| | $M_y$,кН/м$^2$ | 25,7 | 35,0 | 24,7 | 41,12 |
| Розрахункове армування | | | | | |
| Ростверк | % армування перерізу | 0,43 | 0,54 | - | 0,84 |
| Діафрагми | | 0,51 | 2,46 | - | 3,84 |
| Перекриття | | 0,69 | 1,12 | - | 1,74 |

За результатами аналізу даних таблиці 1.15 можна зробити наступні висновки:

1. Значення параметрів напружено-деформованого стану будівлі, викликані аварійними сполученнями навантаженнями із урахуванням сейсмічних впливів інтенсивністю 7 балів, перевищують аналогічні значення НДС від основних сполучень навантажень, зокрема при впливі вітрових навантажень.
2. Горизонтальні переміщення верху будівлі, перекоси поверхів та значення внутрішніх зусиль у елементах конструкцій сягають більших значень при

сейсмічному впливі у вигляді розрахункових акселерограм у порівнянні із аналогічним впливом, заданим за спектральним методом.

3. Середні значення горизонтальних переміщень верху будівлі від сейсмічних навантажень інтенсивністю 7 балів, отримані за прямим динамічним методом, становлять 36,12 мм і не перевищують аналогічних значень, отриманих за спектральним методом розрахунку (48,91 мм). Максимальні значення горизонтальних переміщень верху будівлі від сейсмічних навантажень інтенсивністю 7 балів, отримані за прямим динамічним методом, становлять 90,1 мм, що у 1,8 рази перевищує аналогічні значення, отримані за спектральним методом.
4. Максимальні значення перекосів поверхів становлять 0,0017, тобто не перевищують граничні значення 0,004, встановлені ДБН [2] для будівлі з розглянутою конструктивною схемою.
5. Параметри армування основних несучих конструкцій будівлі, викликані аварійними сполученнями навантаженнями із урахуванням сейсмічних впливів інтенсивністю 7 балів, перевищують аналогічні значення від основних сполучень навантажень. Максимальні відсотки розрахункового армування конструкцій, визначені від аварійних сполучень навантажень з урахуванням сейсмічного впливу інтенсивністю 7 балів, заданих у вигляді розрахункових акселерограм, не перевищують граничного значення 4%.

1.4.3.6 Порівняння витрат армування за спектральним та прямим динамічним методами розрахунку

Розраховано витрати додаткової арматури для забезпечення сейсмостійкості конструкцій при сейсмічному впливі інтенсивністю 7 балів, заданому за спектральним методом та прямим динамічним методом з використанням акселерограм. Результати розрахунку площі, об'єму, ваги та вартості додаткової арматури наведені в таблицях 1.16 та 1.17 для вертикальних та горизонтальних несучих конструкцій. В розрахунках вартості додаткової арматури прийнята ціна 14150 грн за одну тону відповідно до цін виробників [24] станом на 23.11.19 (прокат для армування залізобетонних конструкцій, клас А400/ А500, діаметр 16 – 32 мм). За результатами розрахунку отримано, що максимальна вага додаткової

арматури в діафрагмах, плитах перекриття та ростверку, складає 87,6 т; вартість додаткової арматури складає 1 240 тис. грн.

Таблиця 1.16 - Збільшення витрат арматури в діафрагмах жорсткості та стінах будинку

| Відм., м | Макс. % армування ($\mu_x+\mu_y$) | | Збільшення армування $\Delta\mu$, % | Площа діафрагм на поверсі, м$^2$. | Об'єм додаткової арматури, м$^3$ | Вага додаткової арматури, т ($\rho$ = 7,81 т/м$^3$) | Вартість додаткового армування, грн. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | спектральний метод | прямий динамічний метод | | | | | |
| Діафрагми товщиною 25 см | | | | | | | |
| -3,800 | 0.82 | 1.27 | 0.46 | 0.86 | 0.01 | 0.08 | 1168.03 |
| 0,000 | 0.45 | 0.70 | 0.25 | 0.86 | 0.01 | 0.05 | 639.11 |
| +3,900 | 0.58 | 0.91 | 0.33 | 0.86 | 0.01 | 0.06 | 837.46 |
| +6,900 | 0.51 | 0.79 | 0.28 | 0.86 | 0.01 | 0.05 | 727.26 |
| +9,900 | 0.45 | 0.70 | 0.25 | 0.86 | 0.01 | 0.05 | 639.11 |
| +12,900 | 0.49 | 0.77 | 0.28 | 0.86 | 0.01 | 0.05 | 705.23 |
| +15,900 | 0.24 | 0.37 | 0.13 | 0.86 | 0.00 | 0.02 | 341.59 |
| +18,900 | 0.22 | 0.34 | 0.12 | 0.86 | 0.00 | 0.02 | 308.54 |
| +21,900 | 0.19 | 0.30 | 0.11 | 0.86 | 0.00 | 0.02 | 275.48 |
| +24,900 | 0.18 | 0.28 | 0.10 | 0.86 | 0.00 | 0.02 | 253.44 |
| +27,900 | 0.18 | 0.28 | 0.10 | 0.86 | 0.00 | 0.02 | 253.44 |
| +30,900 | 0.17 | 0.26 | 0.09 | 0.86 | 0.00 | 0.02 | 242.42 |
| +33,900 | 0.16 | 0.25 | 0.09 | 0.86 | 0.00 | 0.02 | 231.40 |
| +36,900 | 0.15 | 0.24 | 0.09 | 0.86 | 0.00 | 0.02 | 220.38 |
| +39,900 | 0.15 | 0.24 | 0.09 | 0.86 | 0.00 | 0.02 | 220.38 |
| +44,000 | 0.15 | 0.24 | 0.09 | 0.86 | 0.00 | 0.02 | 221.08 |
| Діафрагми товщиною 30 см | | | | | | | |
| -3,800 | 1.89 | 2.95 | 1.06 | 20.81 | 0.60 | 4.65 | 65799.58 |
| 0,000 | 3.30 | 5.15 | 1.85 | 20.81 | 1.04 | 8.11 | 114748.04 |
| +3,900 | 1.96 | 3.06 | 1.10 | 20.81 | 0.62 | 4.82 | 68206.88 |
| +6,900 | 1.79 | 2.80 | 1.00 | 20.81 | 0.56 | 4.40 | 62322.36 |
| +9,900 | 1.76 | 2.75 | 0.99 | 20.81 | 0.55 | 4.33 | 61252.45 |
| +12,900 | 1.64 | 2.56 | 0.92 | 20.81 | 0.52 | 4.03 | 56972.80 |
| +15,900 | 1.61 | 2.51 | 0.90 | 20.81 | 0.51 | 3.95 | 55902.89 |
| +18,900 | 1.55 | 2.42 | 0.87 | 20.81 | 0.49 | 3.82 | 54030.55 |
| +21,900 | 1.45 | 2.27 | 0.81 | 20.81 | 0.46 | 3.57 | 50553.33 |

| Відм., м | Макс. % армування ($\mu_x+\mu_y$) | | Збільшення армування $\Delta\mu$, % | Площа діафрагм на поверсі, м$^2$. | Об'єм додаткової арматури, м$^3$ | Вага додаткової арматури, т ($\rho$ = 7,81 т/м$^3$) | Вартість додаткового армування, грн. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | спектральний метод | прямий динамічний метод | | | | | |
| +24,900 | 1.33 | 2.08 | 0.75 | 20.81 | 0.42 | 3.27 | 46273.69 |
| +27,900 | 1.18 | 1.85 | 0.66 | 20.81 | 0.37 | 2.91 | 41191.60 |
| +30,900 | 1.03 | 1.61 | 0.58 | 20.81 | 0.32 | 2.53 | 35842.05 |
| +33,900 | 0.90 | 1.40 | 0.50 | 20.81 | 0.28 | 2.21 | 31294.92 |
| +36,900 | 0.78 | 1.22 | 0.44 | 20.81 | 0.25 | 1.93 | 27282.75 |
| +39,900 | 0.82 | 1.27 | 0.46 | 20.81 | 0.26 | 2.00 | 28352.66 |
| +44,000 | 0.38 | 0.60 | 0.22 | 20.81 | 0.12 | 0.95 | 13373.90 |
| +46,800 | 0.27 | 0.42 | 0.15 | 20.81 | 0.08 | 0.66 | 9361.73 |
| Діафрагми товщиною 40 см | | | | | | | |
| -3,800 | 0.25 | 0.40 | 0.14 | 11.76 | 0.05 | 0.35 | 4988.12 |
| 0,000 | 1.16 | 1.81 | 0.65 | 11.76 | 0.21 | 1.61 | 22824.44 |
| +3,900 | 0.96 | 1.50 | 0.54 | 11.76 | 0.17 | 1.34 | 18894.41 |
| +6,900 | 0.65 | 1.01 | 0.36 | 11.76 | 0.11 | 0.90 | 12697.04 |
| +9,900 | 0.39 | 0.61 | 0.22 | 11.76 | 0.07 | 0.54 | 7708.92 |
| +12,900 | 0.22 | 0.35 | 0.12 | 11.76 | 0.04 | 0.31 | 4383.50 |
| +15,900 | 0.21 | 0.32 | 0.12 | 11.76 | 0.04 | 0.29 | 4081.19 |
| +18,900 | 0.19 | 0.30 | 0.11 | 11.76 | 0.03 | 0.27 | 3778.88 |
| +21,900 | 0.18 | 0.29 | 0.10 | 11.76 | 0.03 | 0.26 | 3627.73 |
| +24,900 | 0.17 | 0.26 | 0.09 | 11.76 | 0.03 | 0.24 | 3325.42 |
| +27,900 | 0.16 | 0.25 | 0.09 | 11.76 | 0.03 | 0.22 | 3174.26 |
| +30,900 | 0.16 | 0.25 | 0.09 | 11.76 | 0.03 | 0.22 | 3174.26 |
| +33,900 | 0.19 | 0.30 | 0.11 | 11.76 | 0.03 | 0.27 | 3778.88 |
| +36,900 | 0.22 | 0.34 | 0.12 | 11.76 | 0.04 | 0.30 | 4232.35 |
| +39,900 | 0.32 | 0.49 | 0.18 | 11.76 | 0.06 | 0.44 | 6197.37 |
| +44,000 | 0.28 | 0.43 | 0.16 | 11.76 | 0.05 | 0.38 | 5441.59 |
| Стіни підвалу товщиною 40 см | | | | | | | |
| -3,800 | 1.62 | 2.53 | 0.91 | 34.04 | 1.18 | 9.18 | 129929.50 |
| | | | | **Разом:** | **9.70** | **75.78** | **1072284.40** |

Таблиця 1.17 - Збільшення витрат арматури в плитах ростверку та перекриття

| Відм., м | Макс. % армування ($\mu_x+\mu_y$) | | Збільшення армування $\Delta\mu$, % | Площа додаткової арматури $A_s$, см$^2$/п.м. | Об'єм додаткової арматури, м$^3$ | Вага додаткової арматури, т ($\rho$ = 7,81 т/м$^3$) | Вартість додаткового армування, грн. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | спектральний метод | прямий динамічний метод | | | | | |
| Ростверк товщиною 120 см | | | | | | | |
| -3,800 | 1.26 | 1.97 | 0.71 | 75.60 | 0.53 | 4.17 | 59022.53 |
| Плити перекриття товщиною 20 см | | | | | | | |
| 0,000 - +45,500 (16 перекриттів) | 1.12 | 1.74 | 0.62 | 13.00 | 1.29 | 10.07 | 142515.63 |
| | | | | **Разом:** | **1.52** | **11.84** | **167579.64** |

## 1.5 Висновки за результатами досліджень

В роботі розглянуто основні методи розрахунку будівель і споруд на сейсмічні впливи відповідно до вимог нормативних документів України ДБН В.1.1-12:2014 [2] та гармонізованих Європейських норм ДСТУ-Н Б EN 1998-1:2010 [3], зокрема прямий динамічний метод з використанням реальних чи синтезованих записів прискорення коливань ґрунту з часом (акселерограм).

На основі аналізу положень нормативних документів, вітчизняних та закордонних наукових публікацій щодо особливостей вибору параметрів та кількості розрахункових акселерограм, необхідних для виконання розрахунку будівель і споруд на сейсмічні впливи за прямим динамічним методом.

Розроблено просторову розрахункову модель 15-ти поверхової залізобетонної житлової будівлі з використанням програмного комплексу «ЛИРА САПР», в якому реалізовано основні методи розрахунку будівельних конструкцій на сейсмічні вплив.

За результатами чисельних досліджень отримано параметри НДС конструкцій при дії основних та аварійних сполучень навантажень з урахуванням сейсмічного впливу інтенсивністю 7 балів. Сейсмічний вплив задано у вигляді набору з 24 розрахункових акселерограм, рекомендованих ДБН В.1.1-12:2014 [2]. Для визначення впливу на НДС конструкцій параметрів акселерограм максимальні прискорення всіх записів були приведені до єдиного значення 1,5 м/с$^2$.

Виконано порівняльний аналіз динамічної реакції та НДС розглянутих впливів за наступними параметрами:

- значеннями горизонтальних переміщень та перекосі поверхів;
- значеннями зусиль в елементах несучих конструкцій;
- максимальним армуванням елементів несучих конструкцій.

Максимальні параметри динамічної реакції будівлі отримані від аварійного сполучення з урахуванням розрахунковихакселерограм з діапазонамипереважаючих періодів1,2 - 1,6 с та 0,3-0,4 с, що відповідають періодам власних коливань будівлі за переважаючими формами. Параметри НДС будівлі при впливі інших акселерограм є значно меншими, хоча інтенсивність всіх акселерограм була рівною.

За результатами статистичної обробки встановлено, що використання середніх

значень розрахункових параметрів, отриманих за всіма акселерограмами, може призвести до заниження оцінки сейсмічної реакції. Зокрема середні значення горизонтальних переміщень будівлі виявилися нижчими за аналогічні значення, отримані за спектральним методом. В цьому випадку відповідно до 6.2.2 [2] в якості розрахункових параметрів НДС слід приймати саме ті, що визначені за спектральним методом.

Максимальні значення горизонтальних переміщень, отримані за групами з трьох акселерограм, мають суттєвий розброс і так само залежать від переважаючих періодів сейсмічних записів.

Таким чином, визначальним параметром при виборі розрахункових акселерограм для виконання прямого динамічного розрахунку є діапазон переважаючих періодівакселерограм. За відсутності акселерограм для конкретної площадки будівництва саме цей критерій має бути основним при виборі розрахункового впливу. В якості розрахункових параметрів сейсмічної реакції та НДС конструкцій мають прийматися максимальні значення, отримані за щонайменше трьома акселерограмами з переважаючими періодами в діапазоні, близькому до періодів власних коливань будівлі або споруди.

Розрахунки конструкцій за прямим динамічним методом з використанням акселерограм мають виконуватись з урахуванням особливостей нелінійного деформування конструкцій і ґрунту основи.

Розраховано витрати додаткової арматури для забезпечення сейсмостійкості конструкцій при сейсмічному впливі інтенсивністю 7 балів, заданому за спектральним методом та прямим динамічним методом.За результатами розрахунку отримано, що максимальна вага додаткової арматури в діафрагмах, плитах перекриття та ростверку, складає 87,6 т; вартість додаткової арматури складає 1 240 тис. грн.

# РОЗДІЛ 2 ТЕХНІЧНА ЧАСТИНА

## 2.1 Архітектурно-будівельні рішення

### 2.1.1 Благоустрій території забудови

Генеральний план забудови території розроблений на топографічній основі в масштабі 1: 500.Проектом передбачено благоустрій та озеленення прилеглої території: асфальтування під'їздів та вимощення будівлі, замощення декоративною плиткою тротуарів, майданчиків, влаштування гостьових парковок, озеленення газонів сумішшю газонних трав стійких до витоптування, посадку нових дерев і чагарників, влаштування квітників.

Запроектована житлова будівля знаходиться в місті Одеса і розміщується вздовж вулиці Краснова. Зі сходу, півдня і півночі ділянка забудови обмежена проектованими внутрішньоквартальними проїздами. Під'їзд до житлового комплексу і в'їзд в паркінг (виїзд) здійснюється з боку вул. Краснова і з боку запроектованих проїздів.

Рельєф майданчика будівництва спокійний, рівний. Висотне положення проектованого комплексу та вертикальне планування ділянки запроектовані, виходячи з умов водовідведення дощових та талих вод, примикання до позначок існуючої дороги і майданчика будівництва в цілому.Відведення атмосферних вод від будівлі і ділянки вирішено поверхневим стоком уздовж бортового каменю спланованою територією, в понижені місця рельєфу.

Проект благоустрою території включає в себе влаштування покриттів внутрішньоквартального проїзду, майданчиків, тротуарів, вимощення, озеленення і установку устаткування. Покриття проїжджої частини прийнято асфальтобетонне, тротуарів - з декоративної плитки.

При встановленні інженерно-сейсмологічної характеристики майданчику будівництва визначено, що нормативна інтенсивність сейсмічних впливів для м. Одеси прийнята на основі карти «А» і списку населених пунктів України, наведеного в ДБН В.1.1-12, і становить 7 балів за шкалою ДСТУ Б В.1.1-28.

Відповідно до результатів інженерно-геологічних вишукувань зроблено категорія ґрунтів за сейсмічними властивостями – третя. Таким чином відповідно до таблиці 1.1 ДБН В.1.1-12 розрахункова сейсмічність майданчика будівництва має становити 8 балів. Відповідно до ДБН В.1.1-12 розрахункова сейсмічність має бути уточнена за

результатами робіт з сейсмічного мікрорайонування майданчика будівництва.

Для озеленення проектованої території прийняті наступні заходи: посадка дерев, чагарників, влаштування квітників і газонів. На майданчику для відпочинку проектом передбачена установка лавок і контейнерів для сміття.

Перед визначенням робіт благоустрою, проектований житловий комплекс обладнується системами водопостачання та каналізації, розробленими відповідно до діючих норм і правил, що діють на території України. Водопостачання всіх вбудованих приміщень здійснюється від магістральних трубопроводів систем холодного і гарячого водопостачання нижніх зон. Всі відгалуження до споживачів вбудованих приміщень обладнуються водомірами холодної і гарячої води. Прилади санвузлів приєднуються до стояків госп-побутової каналізації житлової частини будівлі.Стоки від виробничих процесів вбудованих приміщень відводяться окремою системою виробничої каналізації в зовнішню мережу.

Всі роботи з благоустрою території виконувати після прокладки всіх підземних комунікацій.

### 2.1.2 Архітектурно-планувальні рішення

Проектом передбачено будівництво житлового 14-типоверхового будинку, до планувальної характеристики якого входять 14 житлових поверхів, висотою 3.0 м і технічний поверх.

У житловому будинку передбачаються 1-2 кімнатні квартири. Всі квартири мають поліпшене планування: просторі житлові кімнати і кухні, широкі передпокої.

Несучі монолітні стіни виконуються з утепленням з зовнішньої сторони пінополістиролом товщиною 100 мм. Зовнішні ненесучі стіни будівель виконуються з кладки газобетонних блоків ($\lambda$ = 400 кг/куб.м) товщиною 400 мм з укладанням його за допомогою спеціального клейового складу. Міжквартирні стіни - з газобетонних блоків товщиною 200 мм. Перегородки - з газобетонних блоків товщиною 100 мм.

У будівлі передбачено технічні поверхи: під першим поверхом будівлі і на другому поверсі. У технічних поверхах передбачені електрощитові (в кожній блок-секції), технічні приміщення, протипожежні пости (два приміщення на будинок). Передбачені також не задимлювані сходові клітки, забезпечені природним

освітленням. Покрівля плоска, поєднана. Водостік – внутрішній. Будівля обладнується ліфтами, що опускаються на поверх, де розташовується стоянка автомобілів.

У всіх приміщеннях квартир виконується внутрішнє оздоблення, штукатурні роботи, цементно-піщана стяжка по перекриттях, затирка стель, встановлюються віконні та дверні балконні блоки. Вхідні дверні блоки в квартири виконуються металевими, протипожежними, посиленої конструкції. Решта оздоблювальних робіт виконується за рахунок власників квартир.Оздоблення стін сходових клітин: водоемульсійне фарбування стін (0.4 м від підлоги - масляне фарбування світлих тонів), клейова побілка нижньої частини сходових площадок і маршів. До виконання зовнішнього оздоблення будівлівідносяться стіни - штукатурка по сітці, по пінополістиролу, з подальшим високоякісним фарбуванням фасадними акриловими фарбами, частково - обробка керамічною плиткою під натуральний камінь.

Віконні і балконні дверні блоки виконуються з металопластикового профілю білого кольору. Цоколь будівлі - в облицюванні натуральним каменем.

У рівні першого поверху житлових будинків передбачено розміщення приміщень громадського призначення. Висота приміщень передбачена 4,2 м. Можливе розміщення: магазинів непродовольчої групи товарів загальною площею до 1000 кв.м). Завантаження магазинів - ізольоване від житлової частини комплексу, з рівня паркінгу.

Також розміщений надземний паркінг розміщений в рівні перших поверхів будівлі і під дворовим простором, на якому розміщена стоянка автомобілів, що належать громадянам. Паркінг запроектований дворівневим, надземний і підземний. З кожного рівня передбачені самостійні заїзди і виїзди автомашин.Стоянка розділена на відсіки місткістю не більше 100 машино-місць. З кожного відсіку передбачено не менше двох розосереджених виїздів (в'їздів). Ворота - підйомні. Оздоблення стін - вапняна побілка, підлоги - бетонні, армовані. З паркінгу передбачені евакуаційні виходи назовні в дворовий простір. Між першим поверхом і паркінгом особлива вимога до герметичності і звукопоглинанню перекриття. Герметичність забезпечується застосуванням гідросклоізола, звукоізоляція забезпечується за рахунок керамзитової засипки в перекриття.

До об'ємно-планувальних рішень будівлі відносяться системи його інженерного обладнання, які забезпечують оптимальний рівень енерговитрат при будівництві і експлуатації.

Нагрівальні прилади забезпечені кранами для регулювання тепловіддачі. Труби опалення та теплопостачання, прокладені в штробах стін та підлог, що проходять через холодні приміщення підлягають обов'язковій ізоляції.

Площі світлопрозорих огороджень не перевищують величин, що регламентуються діючими нормами.Огороджувальні конструкції будівлі запроектовані з теплозахисними властивостями, які забезпечують питоме споживання теплової енергії, що витрачається на опалення в межах встановлених нормативів.

З метою економії електроенергії передбачено автоматичне керування освітленням сходових клітин, входів від фотодатчика, освітлення вбудованих приміщень виконується світильниками з найбільш світловідбиваючим ефектом.

Електрообладнання житлового будинку передбачає заходи, що дозволяють економити електроенергію, матеріальні та трудові ресурси. При проектуванні передбачено нове електрообладнання, освоєний ЮЕК згідно наказів Комітету будівництва, архітектури та житлової політики України, Комітету по нагляду за охороною праці та Міністерства енергетики України.

### 2.1.3 Конструктивні рішення

Конструктивні рішення будівлі, що проектується представлено визначеними конструктивними елементами, які створюють основу надійності будівництва і експлуатаційну довговічність будівлі.

Фундаменти 14-поверхової будівлі передбачаються у вигляді суцільних залізобетонних плит - ростверків на пальовій основі. Палі, що занурюються способом вдавлювання, призматичні, з бетону класу за міцністю С25/30, перерізом 35 х 35 см, довжиною 20 м. Несуча здатність палі, визначена за результатами статичного зондування (зонд II типу) -139,0 т. при осіданні 25 мм.

Плита ростверку товщиною 1200 мм виконана з монолітного бетону класу С15/20 і заармована арматурою А400С; поперечна арматура - А240С.

Стіни підвалу - залізобетонні, товщиною 400 мм (бетон кл С15/20, арматура А400С і А240С).

Всі несучі конструкції (колони, пілони, діафрагми жорсткості, плити перекриттів, стіни сходової клітки, стіни шахт ліфтів) виконані з монолітного бетону класу С20/25 і заармовані арматурою А400С; поперечна арматура - А240С. Верхню будову запроектовано за схемою безригельного каркаса.

Прийнято наступні перерізи несучих елементів:

- плити перекриття – товщиною 20 см;
- діафрагми жорсткості, пілони – товщиною 40 см;
- стіни шахт ліфтів – товщиною 20, 25 и 30 см;
- колони – 40 х 40 мм та 40 х30 см.

Стилобатна частина - одноповерхова будівля каркасної конструкції, розділена на секції антисейсмічними швами.

Заповнення несучих зовнішніх стін, а так само внутрішньо квартирних і міжквартирних перегородок передбачені з газобетону з укладанням його за допомогою спеціального клейового складу. Кріплення перегородок до несучих елементів будівель виключатиме можливість передачі на них горизонтальних навантажень і забезпечить при цьому їх стійкість.

Зовнішні огороджувальні стіни виконані з оштукатурених газобетонних блоків

(□ = 400кг/м3) товщиною 40 см.

Перегородки виконані з газобетону □ = 400 кг/м$^3$:

- міжквартирні - товщиною 20 см;
- внутрішньоквартирні - товщиною 10 см.

Парапети - з газобетонних блоків (□ = 400кг/м$^3$) товщ. 40 см і висотою 150 см.

Поділ визначається рекомендаціями ДБН В.1.1-2006 «Будівництво в сейсмічних районах України» і технологічними потребами.

### 2.1.4 Безпека життєдіяльності та охорона навколишнього середовища

До комплексу заходів щодо охорони навколишнього середовища включається:

- повне забезпечення об'єкта інженерними мережами, що виключають можливість ерозії грунту;
- відсутність джерел електромагнітного випромінювання;
- відсутність викиду в атмосферу шкідливих речовин;
- озеленення прилеглої території;
- своєчасне прибирання території

У проекті передбачається пристрій автоматичної установки пожежної сигналізації. Для оповіщення про пожежу використовується сигнальна сирена, що встановлюється на 1-му поверсі на висоті 2,5 м від рівня підлоги. Електроживлення апаратури здійснюється від мережі змінного струму 220В, резервне електроживлення - від вмонтованої в централі акумуляторної батареї.

Евакуаційні виходи відповідають вимогам нормативних документів. З кожної квартири, через повітряну зону, є вихід на незадимлювану сходову клітку і передбачений другий, в якості якого прийнято вихід на лоджію з простінком від торця лоджії до віконного отвору 1,2 м. Передбачене заземлення трубопроводів і щитів. Зовнішнє пожежогасіння передбачається від пожежних гідрантів розташованих на міському протипожежному водопроводі.

При розробці генерального плану передбачені заходи з інженерної підготовки території, а саме - вертикальне планування і організація відведення дощових і талих вод. Система видаляння сміття, відходів і нечистот відповідає загальним вимогам до санітарно гігієнічних приміщень.Повітря, що викидається в атмосферу з систем вентиляції не містить забруднюючі шкідливі речовини і розсіюється. Водовідведення з будівлі здійснюється безпосередньо в міські комунікації без попереднього очищення.

### 2.1.5 Техніко-економічні показники проекту

Техніко-економічні показники проекту визначаємо з розрахунку об’ємів ділянки території та запроектованих на ній об’єктів будівництва, що створює чіткість і правильність прийнятих проектних рішень..

1. Благоустрій території:

- Площа ділянки - 2,56га;
- Площа забудови - 14275,0м$^2$;
- Площа покриття - 7 680,0м$^2$;
- Площа озеленення - 5 650,0м$^2$.

2. 14-ти поверховий житловий будинок**:**

- Житлова площа - 4 587,36м$^2$;
- Площа квартир - 8 584,68м$^2$;
- Загальна площа квартир - 8 884,68 м$^2$;
- Кількість квартир - 196шт.,

а саме: - 1 кімнатних - 24шт.;

- 2 кімнатних - 144шт.;
- 2 кімнатних (пентхаус) - 4шт.;
- 3 кімнатних - 24 шт.;
- Загальна площа вбудованих приміщень - 354,0м$^2$.

## 2.2 Організація будівельного виробництва

Дозвіл на виконання будівельних робіт з нового будівництва, реконструкції, реставрації та капітального ремонту будинків, споруд та інших об’єктів розширення і технічного переоснащення є документом, що посвідчує право забудовника (замовника) та генерального підрядника на виконання будівельних робіт, у відповідності до затвердженої проектної документації, підключення до інженерних мереж та споруд та надає право на проведення земляних робіт.

Подання документів до інспекцій Держархбудконтролю для одержання дозволу на виконання будівельних робіт здійснюється забудовником (замовником).

Дозвіл на виконання підготовчих робіт надається на безоплатній основі з додержанням вимог Закону України “Про дозвільну систему у сфері господарської діяльності”.Дозвіл видається на весь термін будівництва об’єкта (нормативний або передбачений контрактом). Якщо цей строк не дотримано, то продовження дії дозволу встановлюється на строк, що не перевищує одного календарного року.

Підготовчий період будівництва передбачає виконання робіт з інженерної підготовки території будівництва, організацію будівельного майданчика відповідно до проекта організації будівництва і будгенплану.

Основний період будівництва підрозділяють на цикли:

Підземний (нульовий) цикл - включає земляні роботи (риття котлованів під фундаменти зі зворотним засипанням і ущільненням ґрунту); бетонні та залізобетонні роботи; монтаж будівельних конструкцій і технічного підпілля; роботи з гідроізоляції фундаментів; прокладка постійних зовнішніх комунікацій з пристроєм вводів в будівлі.

Надземний цикл будівництва включає: цегляну кладку стін і перегородок; процеси монтажу будівельних конструкцій будівлі вище позначки підлоги першого поверху - монтаж зовнішніх і внутрішніх стін, перекриттів, колон, конструкцій сходів і ліфтових шахт, віконних і дверних блоків, конструкцій покриттів і покрівель; санітарно-технічні та електротехнічні роботи.

Оздоблювальний цикл будівництва містить роботи із влаштування підлог, штукатурки та облицювання поверхонь стін; пристрою підвісних стель, малярні та скляні роботи; внутрішні санітарно-технічні та електротехнічні роботи.

Організація робіт для їх подальшого виконання на території будівництва повинна повторювати технологію їх реалізації на будівельному майданчику. Встановлені об’єми робіт використовуються для розрахунку картки – визначника в таблиці 6.

Відомість потреби в основних будівельних машинах і механізмах занесені в таблицю 5.

Таблиця 5 – Основні будівельні машини і механізми

| № п/п | Найменування робіт | Найменування основних будівельних машин і механізмів | Кількість |
|---|---|---|---|
| 1 | Земляні роботи | Бульдозер<br>Екскаватор<br>Автосамоскид<br>Пневмоколісний каток | 1<br>1<br>6<br>1 |
| 2 | Надземні будівельні роботи | Автобетоновоз<br>Бетонозмішувач<br>Автосамоскид<br>Кран баштовий<br>Зварювальний апарат<br>Компресор пересувний | 1<br>2<br>6<br>1<br>2<br>1 |

Календарний графік повинен встановлювати послідовність і терміни виконання окремих видів робіт, загальну тривалість будівництва об’єкту у межах нормативної, максимально можливе суміщення робіт на об’єкту.

На будівельному генеральному плані відображені основні питання підготовчого і основного періоду будівництва.

На будівельному майданчику тимчасові будівлі і споруди розміщені на відстані від ведення робіт для забезпечення безпеки праці та умов працюючих.

Відкриті склади використовуються для зберігання матеріалів, які не вимагають захисту від шкідливих атмосферних впливів (бетонні і залізобетонні вироби та конструкції, цегла, керамічні труби, природні та штучні насипні будівельні матеріали та сировина для приготування будівельних сумішей, великорозмірні металеві конструкції та вироби, які покриті захисними покриттями, та інші. Тимчасові відкриті

склади проектуються біля місць роботи вантажопідйомних машин і механізмів з урахуванням можливостей під'їзних внутрішньо майданчикових транспортних шляхів.

Тимчасові склади закритого типу використовуються для зберігання матеріалів та конструкцій, які піддаються негативному атмосферному впливу і корозії (цемент, вапно, незахищені металеві вироби та конструкції тощо).

Доставка будівельних матеріалів, конструкцій, здійснюється автомобілями по діючим і тимчасовим автошляхам.

Електропостачання будівельного майданчика здійснюється через підключення до існуючої електромережі. Для підключення тимчасової мережі виконується трансформаторна підстанція. Електроенергія на будівельному майданчику використовується на виробничі потреби і на внутрішнє освітлення приміщень та на зовнішнє охоронне освітлення будівельного майданчика.

На будівельному майданчику передбачене тимчасове водопостачання для забезпечення виробничих та господарсько-побутових потреб. Джерелом тимчасового водопостачання є існуючий водопровід.

Виконуємо розрахунок і проектування елементів будівельного майданчика, до яких відносяться: будівля, що проектується, тимчасові дороги і площадки, склади для зберігання матеріалів, інші тимчасові приміщення.

1. Адміністративно-побутові будівлі

Визначаємо загальну кількість робітників за формулою:

$$N_{заг} = 0{,}89\ (N_р + N_{ітр} + N_{моп} + N_{сл}),$$

де 0,89 – коефіцієнт виходу на роботу;

$N_р$– максимальна кількість робочих за графіком руху робочих кадрів, чол;

$N_{ітр}$– кількість інженерно-технічних працівників, приймається 8% від $N_{max}$,чол;

$N_{моп}$– кількість молодшого обслуговуючого персоналу, приймається 2,5 % від $N_{max}$, чол;

$N_{сл}$ – кількість службовців, яка приймається у розмірі 5% від $N_{max}$, чол.

$N_{заг} = 0{,}89(185 + 15 + 5 + 10) = 192$ чол.

Виконробська з диспетчерською з розрахунку 5 м$^2$площі на одного працівника визначаємо за формулою:

$$S_1 = 5\cdot\sum (N_{ітр} + N_{моп}) = 5\cdot(15+5) = 100\ м^2$$

Гардеробні з умивальниками з розрахунку 0,7 $м^2$ на одного працівника визначаємо за формулою:

$$S_2 = N_{max}\cdot 0,7 = 185\cdot 0,7 = 129,5\ м^2$$

Душові приміщення з розрахунку 0,4 $м^2$ на одного працівника визначаємо за формулою:

$$S_3 = 0,4\cdot(N_р + N_{сл}) = 0,4\cdot(185 + 10) = 78\ м^2$$

Приміщення для прийому їжі з розрахунку 0.8 $м^2$ на одного працівника визначаємо за формулою:

$$S_4 = N_{заг}\cdot 0,8 = 192\cdot 0,8 = 153,6\ м^2$$

Приміщення для сушіння одягу з розрахунку 0,2$м^2$ на одного працівника визначаємо за формулою:

$$S_5 = 0,2\cdot N_{заг} = 0,2\cdot 192 = 38,4\ м^2$$

Туалети з розрахунку 0,1 $м^2$ на одного працівника визначаємо за формулою:

$$S_6 = 0,1 \cdot Nзаг = 0,1\cdot 192 = 19,2\ м^2 > 2,16\ м^2$$

Проектування тимчасових будівель і споруд проводимо у відповідності із каталогами уніфікованих типових проектів інвентарних будівель і споруд, а також з урахуваннямвеличин розрахованих площ

2. Тимчасові склади

Для визначення розмірів складів відкритого та закритого типу необхідно спочатку визначити об’єм матеріалів конструкцій і деталей, які повинні зберігатися на складі Запас матеріалів, конструкцій і деталей на будівельному майданчику повинен забезпечувати нормальний безперебійний хід будівництва і разом з ним не бути занадто великим.

3. Мережі тимчасового водопостачання

Підключення запроектовано від існуючої мережі водопроводу через влаштовані тимчасові водопроводні колодязі на будівельному майданчику. Такі мережі проектуються зі стальних або чавунних труб. Витрати води на виробничі, господарські і побутові потреби визначаємо з максимальної кількості робочих і машин.Секундні виробничі витрати води за зміну визначаємо за формулою:

$$\mathbf{B_{вир}} = \frac{\sum \mathbf{B_{вир} \cdot к}}{\mathbf{t \cdot 3600}}$$ , (л/с), де t = 8 годин - тривалість зміни

$B_{вир}$ = 372100/8·3600 = 12,9 л/с.

Секундні господарсько-побутові витрати води за зміну визначаємо за формулою:

$$\mathbf{B_{госп}} = \frac{\sum \mathbf{B_{госп} \cdot К}}{\mathbf{t \cdot 3600}}$$, (л/с)

$B_{вир}$ = 3400/8·3600 = 0,12 л/с.

4. Мережі тимчасового електрозабезпечення

Підключення запроектовано від існуючої трансформаторної підстанції. Встановлюється пристрій прокладання електромереж: силова на 380 В (для кранів, екскаваторів, штукатурних станцій, бетононасосів тощо) і освітлювальна на 220 В (для освітлення доріг, площадок складів, робіт нічних змін, проїздів і тимчасових будівель).

.

Таблиця 3 - Карта-визначник

| Найменування робіт | Обсяги робіт | | Нормативне джерело | Норма затрат праці | | Затрати праці (трудомісткість) | | Склад ланки | Склад бригади |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Кіл-сть | Од. вим | | люд - год | маш - год | люд - год | маш - год | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| Зрізання рослинного шару | 12,69 | 1000 $м^3$ | Е2-1-5 | 0,6 | 0,6 | 5,32 | 5,32 | Машиніст 6р. - 1 | 1 |
| Розробка ґрунту екскаватором з вантаженням в транспортний засіб | 14,52 | 100 $м^3$ | Е2-1-9 | 2,0 | 1,0 | 29,04 | 14,52 | Машиніст 6р. – 1<br>Помічник маш. 5р - 1 | 2 |
| Розробка ґрунту у відвал | 7,79 | 100 $м^3$ | Е2-1-9 | 1,56 | 0,78 | 12,15 | 6,08 | Машиніст 6р. – 1<br>Поміч. маш. 5р-1 | 2 |
| Планування дна котловану | 0,53 | 1000 $м^2$ | Е2-1-36 | 0,19 | 0,19 | 0,1 | 0,1 | Машиніст 6р. – 1 | 1 |
| Ручна доробка ґрунту | 52,9 | $м^3$ | Е2-1-47 | 0,85 | - | 44,97 | - | Землекоп 2р. – 1 | 4 |
| Вертикальне занурення паль | 307 | 1 свая | Е12-25 | 4,2 | 1,4 | 1289,4 | 429,8 | Машин. копра 6р–1<br>Копровик 5р – 1<br>3р - 1 | 7 |
| Влаштування бетонної підготовки товщиною 0,1м | 2,68 | 100 $м^2$ | УКН – 1 | 21,4 | - | 57,35 | - | Бетонник 3 – 2 р. | 5 |
| Влаштування монолітного ростверка | 103,4 | 1$м^3$ | Е4-1-49Б | 0,23 | - | 37 | - | Плотник 4-2р - 3<br>Арматурщик 4–2р<br>Бетонник 4-2р. - 3 | 11 |
| Влаштування монолітних колон | 190,8 | 1$м^3$ | Е4-1-49Б | 2,2 | - | 419,8 | - | Плотник 4-2р - 6<br>Арматурщик 4–2р<br>Бетонщик 4-2р. - 6 | 24 |
| Влаштування монолітного перекриття | 483,75 | 1$м^3$ | Е4-1-49Б | 0,57 | - | 275,7 | - | Плотник 4-2р - 5<br>Арматурщик 4–2р<br>Бетонщик 4-2р. – 5<br>Слесарь стр. 4р - 1 | 24 |
| Кладка стін підвалу | 83,5 | 1$м^3$ | Е3-3А | 2,6 | - | 217,1 | - | Каменщик 5–2р–9 | 11 |

| | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Влаштування гідроізоляції стін підвалу<br>- вертикальною<br>- горизонтальною | 3,258<br>0,543 | 100 $м^2$ | Е11-37 | 2,3<br>1,6 | - | 7,49<br>0,87 | - | Гідроізоліровщик 4р - 1<br>2 р. - 1 | 3 |
| Пошарове ущільнення ґрунту: вручну (елект. трамбівками) | 2,71 | 100 $м^2$ | Е 2-1- 59 | 1,9 | - | 5,15 | - | Землекопи 3р -1 | 1 |
| Влаштування монолітних сходових площадок | 2,77 | 1$м^3$ | Е4-1-49Г | 2,1 | - | 5,8 | - | Плотник 4-2р - 3<br>Арматурник 4–2р<br>Бетонник 4-2р. - 3 | 5 |
| Монтаж сходових маршів | 7 | шт. | Е4-1-10 | 2,2 | 0,55 | 15,4 | 3,85 | Монтажник 4-2р<br>Машиніст 6р. | 5 |
| Влаштування монолітних балконних плит | 28,11 | 1$м^3$ | Е4-1-49Г | 2,1 | - | 59 | - | Плотник 4-2р - 3<br>Арматурник 4–2р<br>Бетонник 4-2р. - 3 | 5 |
| Влаштування щебеневої підготовки | 4,2 | 100 $м^2$ | ДБН 11-1-2 | 10,7<br>6 | - | 45,2 | - | Бетонщик 3р – 1<br>2р - 1 | 8 |
| Влаштування бетонної підготовки | 63 | $м^3$ | ДБН 11-2-9 | 5,07<br>8 | - | 319,9 | - | Бетонщик 3р – 1 | 8 |
| Огорожа балконів | 285,3 | 1$м^2$ | Е3-11 | 0,57 | - | 162,6 | - | Каменщик 4р - 5<br>2р–6 | 11 |
| Влаштування зовнішніх стін | 203,3 | 1$м^3$ | Е 3-6 | 2,5 | - | 508,3 | - | Каменщик 5–2р–9 | 11 |
| Влаштування перегородок | 792 | 1$м^2$ | Е 3-12 | 0,66 | - | 522,72 | - | Каменщик 4р - 5<br>2р–6 | 11 |
| Влаштування цементної стяжки | 14,75 | 100 $м^2$ | Е19-44 п.1а | 8,5 | - | 125,4 | - | Бетонщик 3р-1<br>2р - 1 | 8 |
| Влаштування пароізоляції | 4,2 | 100 $м^2$ | Е 7-13 п.1 | 6,7 | - | 28,14 | - | Изолировщики<br>3р – 1 2р. – 1 | |
| Влаштування теплоізоляції | 4,2 | 100 $м^2$ | Е 7-14 | 8,7 | - | 36,54 | - | Изолировщики<br>3р – 1 2р. – 1 | 10 |
| Влаштування цементної стяжки | 4,2 | 100 $м^2$ | §Е 7-15 п.9 | 6,8 | - | 28,56 | - | Изолировщики<br>3р – 1 2р. – 1 | 10 |
| Покриття даху, що наплавляється гідроізоляційною мембраною | 4,2 | 100 $м^2$ | §Е 7-2 п.1 | 4,8 | - | 20,16 | - | Кровельщики<br>4р – 1 3р. – 1 | 10 |

| | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Високоякісна штукатурка фасаду | 42,81 | 100 м$^2$ | Е 8-1-2 | 12 | - | 513,7 | - | Штукатури<br>4р. – 3<br>3р. – 7<br>2р. - 7 | 17 |
| Заповнення віконних прорізів | 6,527 | 100 м$^2$ | ДБН 10-19-1 | 208,5 | - | 1361 | - | Плотник 4р-1<br>2р-1 | 8 |
| Заповнення дверних прорізів | 11,63 | 100 м$^2$ | ДБН 10-26-1 | 142 | - | 1651 | - | Плотник 4р-1<br>2р-1 | 8 |
| Штукатурення приміщень всередині | 54,7 | 100 м$^2$ | Е 8-1-2 | 4,0 | - | 217,8 | - | Штукатури<br>4р. – 5<br>3р. – 5<br>2р. - 6 | 16 |
| Шпаклювання стель | 49,13 | 100 м$^2$ | Е 8-1-2 | 4,0 | - | 196,5 | - | Штукатури<br>4р. – 5<br>3р. – 5<br>2р. - 6 | 16 |
| Фарбування стін водоемульсійними фарбами | 49,13 | 100 м$^2$ | Е 8-1-2 | 16 | - | 786,1 | - | Штукатури<br>4р. – 5<br>3р. – 5<br>2р. - 6 | 16 |
| Облицювання стін керамічною плиткою | 43,26 | 100 м$^2$ | Е 8-1-2 | 16 | - | 692,2 | - | Штукатури<br>4р. – 5<br>3р. – 5<br>2р. - 6 | 16 |
| Влаштування мозаїчної підлоги | 408,6 | 1 м$^2$ | Е 19-7 | 0,51 | - | 208,4 | - | Паркетчик 4р-1<br>3р-1 | 7 |
| Шпаклівка стель | 15,45 | 100 м$^2$ | ДБН 16-183-2 | 103,5 | - | 1599,1 | - | Шпаклевщик 4р-1<br>3р-1 | 8 |
| Фарбування стель | 15,45 | 100 м$^2$ | Е 19-7 | 1,2 | - | 18,54 | - | Маляр 4р-1<br>3р-1 | 4 |
| Влаштування електропостачання | - | - | | - | - | 2177 | - | Электромонтажники | 20 |
| Влаштування каналізації | - | - | | - | - | 2420 | - | Сантехники | 20 |
| Благоустрій території2% | - | - | | - | - | 968 | - | Різноробочі | 10 |
| Всього | | | | | | 57113 | 479,1 | | |

## 2.3 Охорона праці та безпека в надзвичайнох ситуацій

У випускній кваліфікаційній роботі здійснено дослідження особливостей реакцій елементів безригільного каркасу на сейсмічні впливи за прямим динамічним розрахунком.

На будівельно-монтажний персонал, який здійснює будівництво сейсмостійких багатоповерхових будівель, впливають такі небезпечні та шкідливі виробничі фактори за ГОСТ 12.0.003-74:

фізичні:

• підвищена та понижена температура повітря робочої зони;

• підвищена та понижена вологість повітря;

• підвищена та знижена рухливість повітря;

• підвищена запиленість та загазованість повітря робочої зони;

• підвищена та понижена температура поверхонь обладнання, матеріалів;

• підвищений рівень шуму на робочому місці;

• підвищений рівень вібрації;

• недостатнє освітлення робочої зони;

• нестача природного освітлення;

• небезпечний рівень напруги електричного кола, замикання якого може відбутися через тіло людини;

психофізіологічні:

• фізичні перевантаження (динамічні);

• нервово - психічні перевантаження (монотонність праці, перенапруга аналізаторів).

### 2.3.1 Технічні рішення з безпечної експлуатації об'єкту

2.3.1.1 Технічні рішення з безпечної організації робочих місць

Сейсмостійкість споруди забезпечується як вибором сприятливої в сейсмічному відношенні майданчика будівництва, так і розробкою найбільш раціональних конструктивної і планувальної схем споруди, спеціальними конструктивними заходами, що підвищують міцність і монолітність несучих конструкцій, що створюють можливість розвитку в конструктивних елементах і вузлах пластичних

деформацій, що значно збільшують опірність споруд дії сейсмічних сил. Велике значення для підвищення сейсмостійкості споруд має високу якість будівельних матеріалів і робіт.

Будинки, які експлуатуються в сейсмічних районах до виникнення землетрусу, знаходяться в такому ж напруженому стані, як і в несейсмічних районах. Тому вони повинні відповідати всім експлуатаційним вимогам відповідно до загально будівельних норм. І тільки в момент землетрусу, коли ці будівлі відчувають додаткові зовнішні впливи, повинні вступати в роботу той резерв міцності системи, який був заздалегідь передбачений проектувальником. Звідси видно, що несуча здатність будівлі повинна бути забезпечена за умови одночасної дії експлуатаційних і сейсмічних навантажень. Розрахунок конструкцій на таке поєднання зовнішніх навантажень називається розрахунком на особливі впливи.

Природно припускати, що будівлі в момент землетрусу не «завантажені» повною мірою експлуатаційними навантаженнями. Тому при розрахунку будинків на сейсмостійкість експлуатаційні навантаження приймаються дещо зменшеними в порівнянні з розрахунковими для не сейсмостійких будівель. Ця обставина враховується відповідними коефіцієнтами, які приводяться в нормах.

При виборі місця будівництва з точки зору його сейсмічної активності слід пам'ятати, що чим вище шкала району, тим вище пред'являються вимоги до антисейсмічним заходам, а значить, і вартість їх підвищується. Тому різні за своїм призначенням будівлі (ступінь відповідальності споруди, різні терміни експлуатації тощо), навіть за умови будівництва їх на одному будівельному майданчику, проектуються з різним ступенем особистої відповідальності.

Форма будівлі в плані в ряді випадків має велике значення, так як від форми залежить робота всієї системи. Зокрема, коло є найкращою формою будівлі, але не завжди відповідає вимогам планування; найкращим раціональним рішенням може бути квадрат. У цьому випадку стіни (рами) в обох напрямках мають однакову або близьку один одному міцність, що сприятливо позначається на рівноміцності будівлі при будь-якому напрямку сейсмічного впливу. Якщо ж з архітектурно - планувальних міркувань необхідні злами зовнішніх стін у плані будівлі, то за відсутності жорстких перекриттів, надійно об'єднують всі стіни в єдину систему, слід розрізати будівлю на

окремі замкнуті по контуру відсіки простої форми. Ці вимоги пред'являються, в основному, до кам'яних і великопанельних безкаркасних будівлях. Конструктивні рішення таких відсіків повинні забезпечити незалежну роботу кожного з них при сейсмічних коливаннях. Це досягається за рахунок антисейсмічних швів, які слід поєднувати з метою економічності будівництва з температурними або осадочними швами, Залежно від конструктивних рішень будівель антисейсмічні шви здійснюються шляхом постановки парних стін, парних рам (колон), крім того, можна передбачити консолі, що виступають в рівні перекриттів контактуючих відсіків, але не пов'язаних один з одним.

Ширина антисейсмічних швів визначається розрахунком і не повинна бути менше подвоєної суми максимальних горизонтальних зміщень елементів відсіків. Згідно нормам ширину антисейсмічного шва потрібно призначити залежно від висоти будівлі, висотою до 5 м - не менше 3 см, вище 5 м на кожні 5 м висоти ширину шва збільшують на 2 см.

Внутрішнє планування будівлі повинна сприяти симетричному і рівномірному розподілу жорсткостей несучих елементів і мас. Тут особливу роль виконують міжповерхові перекриття і покриття, які повинні зв'язати по горизонталі в одне ціле несучі стіни і тим самим забезпечити розподіл сейсмічної сили в межах поверху. Досвід показує, що ті будівлі, перекриття яких недостатньо жорстко пов'язані з несучими стінами, при землетрусах пошкоджуються сильніше. Це стосується в першу чергу до кам'яних і крупнопанельних будинків, в яких наявність зламів стін у плані може викликати в місцях сполучення їх по висоті поверху значні зусилля Тому дуже важливо для подібних будівель наявність наскрізних стін на всю ширину будівлі.

Висоту будівлі в межах відсіку слід призначати однаковою. Збільшення висоти за інших рівних умовах призводить до збільшення його інерційної маси, а отже, до збільшення сейсмічної сили, що можуть призвести до економічно недоцільних за розмірами перерізів несучих елементів будівлі. При цьому найбільші внутрішні зусилля (поперечна сила і згинальний момент) з'являються в основі будівлі; вони можуть бути зменшені шляхом зниження рівня програми одно діючих сейсмічних сил по висоті будівлі. Це в основному за рахунок полегшення вище розташованих поверхів (застосування легких, але досить міцних конструкцій, перенесення важкого

устаткування, матеріалів в нижні поверхи).

Будівля відповідної конструктивної системи завантажена, в загальному випадку, нерівномірно розподіленим навантаженням. До неї належать корисні навантаження, а також власні ваги всіх конструкцій будівель. При переході до розрахункової схемою будівлі ці навантаження можуть бути приведені до рівномірно розподіленим або зосередженим. При проектуванні сейсмостійких будівель найчастіше користуються зосередженими по висоті навантаженнями, які розташовують у рівнях міжповерхових перекриттів, тобто кількість перекриттів визначає число зосереджених навантажень, величини яких залежать від ваги відповідного перекриття і тимчасового навантаження на нього, а також від ваги стін та інших конструкцій в межах половини висоти примикають поверхів. З цього випливає, що зібрані навантаження в будь-якому напрямку (уздовж або поперек будівлі) будуть однаковими.

2.3.1.2 Електробезпека

Досліджуване приміщення електрифіковано згідно з усіма відповідними нормами. Зокрема, в приміщенні використовується чотири провідна трифазна електромережа з заземленим нульовим проводом. Величина напруги цієї мережі становить 380 х 220В (фазна напруга (фаза – «0») – 220В, а міжфазна лінійна (фаза – фаза) – 380В). Категорія умов з небезпеки електротравматизму – без підвищеної небезпеки, оскільки відсутні чинники підвищеної небезпеки.

Улаштування та експлуатація електроустановок повинні здійснюватися відповідно до Правил технічної експлуатації електроустановок споживачів (наказ від 25.07.2006 № 258 Мінпаливенерго України), Правил улаштування електроустановок (наказ від 28.08.2006 № 305 Мінпаливенерго України), НПАОП 0.00-1.29, НПАОП 40.1-1.01, НПАОП 40.1-1.07, НПАОП 40.1-1.21, НПАОП 40.1-1.32. Електробезпека на будівельному майданчику повинна забезпечуватися відповідно до вимог ГОСТ 12.1.013.

Улаштування і технічне обслуговування тимчасових і постійних електричних мереж на виробничій території повинен здійснювати персонал, що має відповідну кваліфікаційну групу з електробезпеки.

Розведення тимчасових електромереж напругою до 1000 В, що

використовуються для електрозабезпечення об'єктів будівництва, необхідно виконати ізольованими проводами чи кабелями на опорах або конструкціях, розрахованих на відповідну механічну міцність під час прокладання по них проводів і кабелів на висоті над рівнем землі та настилу не менше ніж, м: 2,5 – над робочими місцями; 3,5 – над проходами; 6,0 – над проїздами.

Світильники загального освітлення напругою 127 В і 220 В необхідно встановлювати на висоті не менше ніж 2,5 м від рівня землі, підлоги, настилу. За висоти підвішування менше ніж 2,5 м необхідно згідно з ПУЕ (наказ Мінпаливенерго України від 28.08.06 № 305) використовувати напругу не вище ніж 25 В. Живлення світильників напругою до 25 В повинно здійснюватися від знижувальних трансформаторів, машинних перетворювачів, акумуляторних батарей. Застосовувати для зазначених цілей автотрансформатори, дроселі та реостати забороняється. Корпуси знижувальних трансформаторів і їх вторинні обмотки слід заземлити. Переносні світильники мають бути тільки промислового виготовлення. Інші світильники застосовувати в якості переносних забороняється.

Вимикачі, автомати та інші комутаційні електричні апарати, що застосовуються на відкритому повітрі або у вологих цехах, повинні бути у пожежо-вибухозахищеному виконанні. Усі електропускові пристрої слід розміщувати так, щоб унеможливлювався пуск машин, механізмів і устаткування сторонніми особами. Забороняється вмикання декількох струмоприймачів одним пусковим пристроєм. Розподільні щити і рубильники необхідно закривати на замок.

Штепсельні розетки на номінальні струми до 20 А, призначені для живлення переносного електроустаткування і ручного електроінструменту, що застосовуються поза приміщеннями, повинні бути обладнані пристроями захисного відключення (ПЗВ) зі струмом спрацьовування не більше ніж 30 мА або кожна розетка повинна живитися від індивідуального розподільного трансформатора з напругою не більше ніж 25 В.

Металеві будівельні риштовання, металеві огорожі місць, де виконуються роботи, полиці та лотки для прокладання кабелів і проводів, рейкові колії вантажопідіймальних кранів і транспортних засобів з електричним приводом, корпуси устаткування, машин і механізмів з електроприводом необхідно заземлювати

відповідно до Правил улаштування електроустановок одразу після їх встановлення на місце до початку виконання будь-яких робіт.

Штепсельні розетки й вилки, що застосовуються у мережах напругою до 25 В, повинні мати таку конструкцію, що унеможливлює вмикання у розетки вилки напругою більше ніж 25 В.

Струмовідні частини електроустановок повинні бути ізольовані, огороджені чи розміщені в місцях, недоступних для випадкового дотику до них. Захист електричних мереж і електроустановок від несанкціонованого втручання на виробничій території необхідно забезпечити за допомогою запобіжників з каліброваними плавкими вставками або автоматичних вимикачів відповідно до НПАОП 40.1-1.32.

Допуск персоналу будівельно-монтажних організацій до робіт у діючих установках і охоронній зоні ліній електропередачі повинен здійснюватися відповідно до вимог НПАОП 0.00-1.29, НПАОП 40.1-1.01, НПАОП 40.1-1.07, НПАОП 40.1-1.21, НПАОП 40.1-1.32 а також наказів Мінпаливенерго України від 25.07.2006 № 258 та від 28.08.2006 № 305.

Підготовка робочого місця і допуск до роботи персоналу, який працює за відрядженням, здійснюються завжди персоналом організації, що експлуатує електротехнічне устаткування.

### 2.3.2 Технічні рішення з гігієни праці і виробничої санітарії

2.3.2.1 Мікроклімат

Основними нормативними документами, що регламентують параметри мікроклімату виробничих приміщень, є ДСН 3.3.6.042-99 [16 ].

Мікроклімат приміщень на будівництві характеризується наступними чинниками: температурою повітря, відносною вологістю повітря, швидкістю руху повітря, інтенсивністю теплового випромінювання.

Робота з обслуговування технологічного обладнання відноситься до категорії IIа по важкості праці.

Допустимі норми температури, відносної вологості та швидкості руху повітря в робочій зоні виробничих приміщень приведені в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 - Нормовані параметри мікроклімату в робочій зоні з категорією

робіт IIа.

| Період року | Категорія робіт | Допустимі | | |
|---|---|---|---|---|
| | | t, °C | W, % | V,м/с |
| Теплий | Середньої важкості IIа | 17-29 | 65 при 26°C | 0,2-0,4 |
| Холодний | | 15-24 | До 75% | не більше 0,3 |

Для забезпечення необхідних за нормативами параметрів мікроклімату проектом передбачено:

1. Температура внутрішніх поверхонь будівельних конструкцій робочої зони і зовнішніх поверхонь обладнання при забезпеченні оптимальних параметрів мікроклімату не повинні бути більше ніж на 2°C за діапазон норм.

2. Якщо температура поверхонь вище або нижче оптимальної температури повітря, то робочі місця повинні бути віддалені від них на відстань не менше їм.

3. Для забезпечення нормованих значень руху кисню проектом передбачається витяжна та припливна вентиляційні системи.

2.3.2.2 Склад повітря робочої зони

Робочою зоною вважається простір, який обмежений огороджуючими конструкціями виробничих приміщень, що мають висоту 2 м над рівнем підлоги або площини, на яких знаходяться місця постійного або непостійного перебування працюючих. Склад повітря робочої зони залежить від складу атмосферного повітря і впливу на нього ряду шкідливих виробничих факторів, утворених в процесі трудової діяльності людини. Склад повітря залишається постійним. Забруднення повітря робочої зони регламентується граничнодопустимими концентраціями (ГДК) в мг/мЗ[ ].

Таблиця 2.3 - Можливі забруднювачі повітря можуть і їх ГДК

| Найменування речовини | ГДК, мг/куб.м | | Клас небезпечності |
|---|---|---|---|
| | Максимально разова | Середньодобова | |
| Пил нетоксичний | 0,5 | 0,15 | 4 |

Для нормалізації складу повітря робочої зони потрібно здійснювати щоденне прибирання робочого місця. Нагромадження пилу вказує на необхідність у вживанні заходів по очищенню від нього. Тому необхідно здійснювати наступні заходи:

- очищувати пил якнайчастіше.
- щодня протирати гарячі поверхні.

Планувати прибирання так щоб вони приходилось на час, коли устаткування виключене, як, наприклад, у другу половину дня п'ятниці або на вихідні.

2.3.2.3 Виробниче освітлення

Природне освітлення

В залежності від джерела світла промислове освітлення поділяється на: - природне освітлення - освітленість приміщень світлом неба (прямого або відображеного), яке проникає через світлові пройми в зовнішніх огороджених конструкціях. По своєму спектральному складу воно є найбільш сприятливим. Природне освітлення характеризується коефіцієнтом природної освітленості КПО ($e_н$). КПО - відношення природного освітлення, яке створюється в деякій точці заданої площини всередині приміщення світлом неба, до значення зовнішньої горизонтальної освітленості.

КЕО при природному та суміщеному освітленню.

Характеристика зорової роботи при виконанні - роботи високої точності;

Розряд - III;

Підрозряд зорової роботи - б;

Контраст об'єкту розпізнавання - середній;

Характеристика фону - темний;

Бокове КЕО, %:

- природне 2,0;
- суміщене 1,2.

Основною величиною для розрахунку і нормування природного освітлення є коефіцієнт природної освітленості (КПО). Прийняте роздільне нормування КЕО для бічного і верхнього освітлення. Ті місця, що освітлюється тільки бічним світлом, нормується мінімальне значення КЕО в межах робочої зони, що повинно бути

забезпечене в точках, найбільше віддалених від вікна. Нормовані значення КЕО для будинків визначаються за формулою:

$$e_n = e_н \cdot m_n ,$$

де $e_н$ - значення КЕО для будинків;

$m_n$ - коефіцієнт сонячності клімату - 0,85, вікна зорієнтовані на захід.

Природне: $e_n = 2{,}0 \cdot 0{,}85 = 1{,}7\ \%$ ,

суміщене: $e_n = 1{,}2 \cdot 0{,}85 = 1{,}0\ \%$ .

Штучне освітлення.

- штучне освітлення використовується двох систем: загальне або комбіноване. Загальне освітлення - освітлення, при якому світильники розміщуються у верхній зоні приміщення рівномірно або пристосувальне до розташування обладнання Комбіноване освітлення - додаткове освітлення, при якому до загального освітлення додається ще й місцеве. Місцеве освітлення - освітлення, яке створюється світильниками, які концентрують світловий потік безпосередньо на робочих місцях.

Штучне освітлення, лк:

загальне - 300 лк; комбіноване – 1000 лк.

Для забезпечення нормативного значення $e_{min}$ передбачено:

2.3.2.4 Виробничий шум

Рівень звука вимірюється в децибелах і визначається по формулі:

$$L = 20 \cdot lg\left(\frac{P}{P_0}\right) = 20 \cdot lg\left(\frac{U}{U_0}\right),$$

де $L$ - рівень шуму, дБ;

Р - звуковий тиск, Па;

$Uo$- коливальна швидкість, $5 \cdot 10^{-8}$ м/с;

$P_0$ - нульове значення звукового тиску на нижньому порозі чутності в октавній смузі зі середньогеометричною частотою 1000 Гц, умовно прийняте рівним $2\text{-}10^{-5}$ Па.

Для відносної логарифмічної шкали в якості нульових рівнів обрані показники, що характеризують мінімальний поріг сприйняття звуку людським вухом на частоті 1000 Гц. Нормативним документом, який регламентує рівні шуму для різних категорій робочих місць службових приміщень, є «ССБТ. Шум Загальні вимоги безпеки».

Таблиця 2.4 – Рівень звукового тиску

| Характер робіт | Допустимі рівні звукового тиску (дБ) в стандартизованих октавних смугах з середньогеометричними частотами, Гц | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 32 | 63 | 125 | 250 | 500 | 1000 | 2000 | 4000 | 8000 |
| Постійні робочі місця в промислових приміщеннях | 107 | 95 | 87 | 82 | 78 | 75 | 73 | 71 | 69 |

Шум порушує нормальну роботу шлунка, особливо впливає на центральну нервову систему. Для забезпечення допустимих параметрів шуму в приміщенні, проектом передбачено засоби колективного захисту: акустичні, архітектурно-планувальні й організаційно-технічні.

Засоби боротьби із шумом в залежності від числа осіб, для яких вони призначені, поділяються на засоби індивідуального захисту і на засоби колективного захисту - «ССБТ. Засоби індивідуального захисту органів слуху. Загальні технічні умови і методи випробувань» і «Засоби і методи захисту від шуму. Класифікація».

Для зниження шуму в приміщенні, необхідно:

- безпосередньо біля джерел шуму використовувати звукопоглинаючі матеріали для покриття стелі, стін, застосовувати підвісні звукопоглиначі.
- для боротьби з вентиляційним шумом потрібно застосовувати мало шумові вентилятори.

2.3.2.4 Виробничі вібрації

Вібрація відноситься до факторів, які мають велику біологічну активність. Як загальна, так і локальна вібрація несприятливо впливає на організм людини, викликає зміну у функціональному стані вестибулярного апарату, центральної нервової, серцево-судинної систем, погіршує самопочуття та може призвести до розвитку професійних захворювань.

На електростанції присутня вібрація типу - За. Тобто технологічна вібрація, яка діє на будівельно-монтажний персонал, або яка передається на робочі місця, не маючи джерел випромінювання.

Таблиця 2.5 - Допустимі рівні вібрації на постійних робочих місцях

| Вид вібрації | Октавні смуги з середньогеометричними частотами, Гц | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 2 | 4 | 8 | 16 | 31,5 | 63 | 125 | 250 | 500 | 1000 |
| Загальна вібрація: на постійних робочих місцях в виробничих приміщеннях | $\frac{1,3*}{108}$ | $\frac{0,45}{99}$ | $\frac{0,22}{93}$ | $\frac{0,2}{92}$ | $\frac{0,2}{92}$ | $\frac{0,2}{92}$ | - | - | - | - |
| Локальна вібрація | - | - | $\frac{2,8}{115}$ | $\frac{1,4}{109}$ | $\frac{1,4}{109}$ | $\frac{1,4}{109}$ | $\frac{1,4}{109}$ | $\frac{1,4}{109}$ | $\frac{1,4}{109}$ | $\frac{1,4}{109}$ |

* В чисельнику середньоквадратичне значення вібрації, м/с•$10^{-2}$, в знаменнику – логарифмічні рівні вібрації, дБ.

Для зменшення дії вібрацій на працюючих проектом передбачено:

- динамічне погашення вібрації - приєднання до захисного об'єкту системи, реакції якої зменшують розмах вібрації об'єкта в точках приєднання системи;
- зміна конструктивних елементів машин;
- застосування засобів індивідуального захисту, а саме рукавиці, вкладиші і прокладки, віброзахисне взуття з пружнодемпферуючим низом.

2.3.2.5 Психофізіологічні фактори

Психофізіологічні фактори вибираються відповідно з Гігієнічною класифікацією праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу, затвердженої Наказом Міністерства охорони здоров'я № 528 від 27 грудня 2001 року.

Умови праці технологічного персоналу, який здійснює дослідження стану багатоповерхового будинку, по важкості праці відносяться до категорії IIа.

При регіональному навантаженні (з переважною участю м’язів рук та плечового суглоба) для чоловіків клас умов праці допустимий (середньої важкості) до 45 Вт.

Маса вантажу, що постійно підіймається та переміщується вручну для чоловіків складає до 15 кг, що є оптимальними умовами праці.

Статичне навантаження, величина статичного навантаження за зміну при утриманні вантажу, докладанні зусиль складає 36000 кг/с для чоловіків  що є оптимальним.

Робоча поза є оптимальна: вільна зручна поза, можливість зміни пози («сидячи – стоячи») за бажанням працівника; перебування в позі «стоячи» до 40% часу зміни.

Переміщення у просторі (переходи, обумовлені технологічним процесом, протягом зміни) складає до 4 км по горизонталі та до 2 км по вертикалі.

Умов праці за показниками напруженості праці:

Інтелектуальні навантаження: рішення простих альтернативних завдань згідно з інструкцією. Сприймання сигналів з наступною корекцією дій та операцій. Характер виконуваної роботи є за індивідуальним планом.

Також на працівника впливають сенсорні навантаження, такі як :
тривалість зосередження уваги (в % від часу зміни) до 50%;
навантаження на слуховий аналізатор (при виробничій необхідності сприйняття мови чи диференційованих сигналів). Розбірливість слів та сигналів від 100% до 90%.

Всі ці фактори є оптимальними (напруженість праці легкого ступеня).

Монотонність навантажень. Монотонність виробничої обстановки, час пасивного спостереження за технологічним процесом в % від часу зміни складає < 75% що є оптимальним.

## 2.4 Висновки до розділу 2

У технічній частині прийнято основні архітектурно-будівельні рішення, вибрано конструкцію зовнішнього огородження. Також сплановано генеральний план території. Виконана топографічна основа дільянки проектування та проектні візуалізації.

В організаційному розділі на будгенплані наведена ситуація району забудови, складено перелік загально-будівельних робіт та підраховані об’єми, на основі яких розроблено календарний графік виконання робіт та розраховано основні техніко-економічні показники проекту.

# РОЗДІЛ 3 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

## 3.1 Виначення економічної ефективності наукового розділу проекту

Початковий варіант армування конструкці, має короткий термін експутації порівняно з науковою розробкою додаткового армування. Тому використаємо методологію порівняння варіантів інвестування об’єктів, що мають різні терміни служби

Варіанти вкладання інвестицій в основні фонди, що мають різні терміни служби, при порівнянні слід звести до зіставного вигляду шляхом врахування додаткових інвестицій для того, щоб системи з коротшими термінами служби замінити новими. Розрахунок виконується за такою формулою

$$Пд = Кв + \sum_{i=1}^{t} Сi/(1+Ем)^{i},$$

де Пд – приведені витрати на виробництво одиниці продукції об’єкта, що має великий термін служби, грн.;

Сі – річні експлуатаційні витрати у відповідні роки, грн/рік;

t – термін функціонування основних фондів з великим терміном служби, років;

Кв – обсяги інвестицій в об’єкти з великим терміном служби, грн.

Для основних фондів, що мають короткий термін служби:

$$Пк = К1 + Кj/ (1+Ем)^{j} +\ldots+ Кm/ (1+ Ем)^{m} +\sum_{i=1}^{t} Сi/ (1+Ем)^{i}$$

де Пк – приведені витрати на виробництво одиниці продукції об’єкта з коротким терміном служби, грн;

К1 – обсяг інвестицій у будівництво об’єкту з коротким терміном служби, грн;

Кj,…,Кm – обсяги інвестицій на зміну основних фондів з короткими термінами служби через j … m років, грн;

Для першого варіанта, який має довгі строки експлуатації, приведені витрати розраховуються за формулою (17): $Пд = 2240 + 2,5/ 1,25 + 2,5/ 1,25^{2} + \ldots + 2,5/ 1,25^{100} = 7,5 + 2,5\cdot 3,98 = 2890$ тис.грн.

Для другого варіанта, який має короткі строки експлуатації і потребує заміни

на 8 та 16 роках, приведені витрати розраховуються за формулою (18): Пк = 1890 + $1240/1{,}25^{50}$ + +4,2/1,25 + $4{,}2/1{,}25^{2}$ + … + $4{,}2/1{,}25^{100}$ = = 3,5 +0,84 + 0,14 + 1,4·3,98 = 3240 тис.грн.

3.2 Висновок за розділом 3: оскільки Пк < Пд, то при будівництві слід застосовувати варіант з додатковим армуванням.

# ВИСНОВОК

В роботі розглянуто основні положення розрахунку будівель і споруд на сейсмічні впливи за прямим динамічним методом відповідно до вимог ДБН В.1.1-12:2014 «Будівництво у сейсмічних районах України», Європейських норм ДСТУ-Н Б EN 1998-1:2010 (Єврокод 8), нормативних документів інших країн та рекомендацій актуальних публікацій з цього питання.

Об’єктом досліджень є 15-ти поверховий залізобетонний житловий будинок, запроектований за схемою монолітного безрігельного каркасу для будівництва у сейсмічному районі України (м. Одеса) з інтенсивністю сейсмічних впливів 7-8 балів.

Виконано аналіз положень нормативних документів, вітчизняних та закордонних наукових публікацій щодо особливостей вибору параметрів та кількості розрахункових акселерограм, необхідних для виконання розрахунку будівель і споруд на сейсмічні впливи за прямим динамічним методом.

За результатами чисельних досліджень отримано параметри НДС конструкцій при дії основних та аварійних сполучень навантажень з урахуванням сейсмічного впливу інтенсивністю 7 балів. Сейсмічний вплив задано у вигляді набору з 24 розрахункових акселерограм, рекомендованих ДБН В.1.1-12:2014.

Підтверджено, що визначальним параметром при виборі розрахункових акселерограм для виконання прямого динамічного розрахунку є діапазони переважаючих періодів акселерограм та їх близькість до періодів переважаючих форм власних коливань будівлі. За відсутності акселерограм для конкретної площадки будівництва саме цей критерій має бути основним при виборі розрахункового впливу.

Розраховано витрати додаткової арматури для забезпечення сейсмостійкості конструкцій при сейсмічному впливі інтенсивністю 7 балів, заданому за спектральним методом та прямим динамічним методом. За результатами розрахунку отримано, що максимальна вага додаткової арматури в діафрагмах, плитах перекриття та ростверку, складає 87,6 т; вартість додаткової арматури складає 1 240 тис. грн

У технічній частині прийнято основні архітектурно-будівельні рішення, вибрано конструкцію зовнішнього огородження. Також сплановано генеральний план

території. Виконана топографічна основа дільянки проектування та проектні візуалізації.

В організаційному розділі на будгенплані наведена ситуація району забудови, складено перелік загально-будівельних робіт та підраховані об’єми, на основі яких розроблено календарний графік виконання робіт та розраховано основні техніко-економічні показники проекту.

Початковий варіант армування конструкці, має короткий термін експутації порівняно з науковою розробкою додаткового армування. Тому використаємо методологію порівняння варіантів інвестування об’єктів, що мають різні терміни служби. оскільки Пк < Пд, то при будівництві слід застосовувати варіант з додатковим армуванням.

# ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ


1. Немчинов Ю.И. Сейсмостойкость зданий и сооружений. В двух частях. – К: Гудименко С.В., 2008. – 480 с.
2. ДБН В.1.1-12:2014. Будівництво у сейсмічних районах України. – К.: Мінрегіонбуд України, 2014 р. – 117 с.
3. ДСТУ-Н Б EN 1998-1:2010 Єврокод 8. Проектування сейсмостійких конструкцій. Частина 1. Загальні правила, сейсмічні дії, правила щодо споруд (EN 1998-1:2004, IDT).
4. ДБН В.1.2-14-2009. Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель, споруд, будівельних конструкцій та основ. – К.: Мінрегіонбуд України, 2009.
5. ДСТУ Б В.1.1-28: 2010. Шкала сейсмической интенсивности. - К.: Минрегион Украины, 2010.
6. Kalkan E. and Chopra A.K., 2010, Practical Guidelines to Select and Scale Earthquake Recordsfor Nonlinear Response History Analysis of Structures: U.S. Geological Survey Open-File Report 2010, 113 p.
7. American Society of Civil Engineers (2005), ASCE 7-05 Minimum Design Loads for Buildings,Reston, VA.
8. Мкртычев О.В., Решетов А.А. Представительный набор акселерограмм землетрясений для расчета зданий и сооружений на сейсмические воздействия // Вестник МГСУ. 2017. Т. 12. Вып. 7 (106). с. 754–760. DOI: 10.22227/1997-0935.2017.7.754-760.
9. Исичко Е.С. Методика расчета акселерограмм для конкретной строительной площадки// Buletinul Institutului de Geologie şi Seismologie al AŞM. № 1, 2007. с. 58-67.
10. Кендзера А.В., Семенова Ю.В. Расчетные акселерограммы для прямого динамического метода определения сейсмических нагрузок// Геофизический журнал №4, Т.41, 2019, с. 210-216. DOI: https://doi.org/10.24028/gzh.0203-3100.v41i4.2019.177389

11. Егупов К.В. Способ выбора пакета расчетных акселерограмм/К.В. Егупов, А.С. Бондаренко// Будівельні конструкції. - 2013. - Вип. 79. - С. 58-63. - Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/buko_2013_79_9.
12. Kang Huang Minimum Number of Accelerograms for Time-History Analysis of Typical Highway Bridges// Presented in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of Master of Applied Science (Civil Engineering) at Concordia University Montreal, Quebec, Canada, 2014.Режим доступу: https://spectrum.library.concordia.ca/978808/1/Huang_MASc_F2014.pdf.
13. Yasin M. FAHJAN Selection and Scaling of Real Earthquake Accelerograms to Fit the Turkish Design Spectra. Режим доступу: http://www.imo.org.tr/resimler/ekutuphane/pdf/16417_42_12.pdf.
14. Бабик К.Н. К вопросу использования реальных записей землетрясений в расчетах зданий на сейсмические воздействия// Будівельні конструкції. Міжвідомчий науково-технічний збірник. Вип. 64. – К.: НДІБК, 2006. – стор. 491-498.
15. Earthquake Engineering and Seismology (a joint event of the 13th ECEE & 30th General Assemblyof the ESC), Sep 2006, Geneve, Switzerland. Paper Number: 5. ffhal-00714018.
16. Программный комплекс Лира-Сапр. Руководство пользователя. Обучающие примеры. Под ред. академика АИН Украины А. С. Городецкого. – Электр. издание.: 2017. – 535с.
17. МОНОМАХ-САПР 2013. Учебное пособие: Примеры расчета и проектирования. Городецкий Д.А., Юсипенко С.В., Батрак Л.Г., Лазарев А.А., Рассказов А.А.– К.: Электронное издание, 2013. – 368 с.
18. САПФИР 2017. Учебное пособие. Бойченко В.В., Медведенко Д.В., Палиенко О.И., Шут А.А. Под ред. Академика РААСН, докт. техн. наук, проф. А.С. Городецкого. Электронное издание, 2017г., – 130 с.
19. Перельмутер А.В., Сливкер В.И. Расчетные модели сооружений и возможность их анализа.– М.: Изд-во СКАД СОФТ, 2011. – 736 с.

20. Марьенков Н.Г. Нелинейный расчет зданий на сейсмические воздействия с применением ПК «Лира» / Марьенков Н.Г., Максименко В.П., Бабик К.Н.// Будівельні конструкції: зб. наук. праць. – К.: НДІБК, 2006. – вип. 64. – с. 188–195.
21. ДБН В.1.2-2:2006. Навантаження і впливи. Норми проектування / Мінбуд України. – К.: «Сталь», 2006. – 59 с.
22. ДБН В.2.6-98:2009. Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення проектування.- К.: Мінрегіонбуд України, 2009.
23. ДСТУ Б В.2.6-156:2010. Бетонні та залізобетонні конструкції з важкого бетону. Правила проектування. - К.: Мінрегіонбуд України, 2011.
24. Металлопрокат прайс-лист цена. Режим доступу: https://www.ssc.org.ua/ua/metal/price_page.html/
25. Андрухов В. М. Томащук М. Ю. ОСОБЛИВОСТІ РЕАКЦІЙ ЕЛЕМЕНТІВ БЕЗРИГІЛЬНОГО КАРКАСУ НА СЕЙСМІЧНІ ВПЛИВИ ЗА ПРЯМИМ ДИНАМІЧНИМ РОЗРАХУНКОМ. Режим доступу: https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/egeu/egeu2019/paper/viewFile/8453/7050

# Додаток А

Міністерство освіти і науки України

Вінницький національний технічний університет

ЗАТВЕРДЖЕНО

Завідувач кафедри БМГА,

д.т.н., проф. _____А. С. Моргун

**ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ**

**НА НАУКОВО-ДОСЛІДНУ РОБОТУ**

*«ОСОБЛИВОСТІ РЕАКЦІЙ ЕЛЕМЕНТІВ БЕЗРИГЕЛЬНОГО ЗАЛІЗОБЕТОННОГО БАГАТОПОВЕРХОВОГО КАРКАСУ НА СЕЙСМІЧНІ ВПЛИВИ ЗА РЕЗУЛЬТАТАМИ ПРЯМОГО ДИНАМІЧНОГО РОЗРАХУНКУ»*

ПОГОДЖЕНО

Керівник МКР,

к.т.н., доц. _____*В. М. Андрухов*

Відповідальний виконавець, магістрант _____ *Томащук М. С.*

Вінниця 2019

## 1. Підстава для виконання роботи

Робота проводиться на підставі наказу ВНТУ від_02_._10_2018 року №_253_
Дата початку роботи - 01.09.2019 р.
Дата закінчення роботи - 05.12.2019 р.

## 2. Мета і призначення НДР

***Актуальність проблеми.*** Значна частина території Землі знаходиться в зонах з підвищеною сейсмічною активністю. Ці зони, як правило, знаходяться в районах з чудовим кліматом, гарною природою і тому є привабливими для поселення та проживання людей. Людство на сьогодні не навчилось передбачати, прогнозувати з певним ступенем надійності місце, силу та час, такого геофізичного явища, як землетрус. А також багато чого, ще не досліджено, із методів захисту інженерних будівельних об’єктів від землетрусів. А для останніх це геофізичне явище, при певних інтенсивностях впливів, носить катастрофічні наслідки, а разом з тим і для людства, яке часто платить життями при руйнуванні будівельних об’єктів.

Особливістю висотних будівель, що проектуються для будівництва в сейсмічних районах, полягає в тому, що наявний досвід і діючі в багатьох країнах норми проектування з сейсмостійкого будівництва ґрунтуються на досвіді аналізу наслідків землетрусів для будівель невеликої поверховості - вони не відносяться до споруд, загальна висота яких становить понад 50 - 75 м. Нормативні документи з сейсмостійкого будівництва багатьох країн регламентують застосування в якості основного спектральний метод визначення сейсмічних навантажень на будівлі і споруди. Розрахунок будівель за спектральними характеристиками дає лише наближення до дійсних зусиль і деформацій, що виникають в конструкціях під час землетрусу. В якості альтернативного способу завдання сейсмічного впливу використовують закони сейсмічних рухів ґрунту, які найчастіше представлені функцією зміни прискорення в часі (акселерограмою).

Акселерограми використовують при розрахунку конструкцій з урахуванням нелінійності їх роботи, в методах врахування взаємодії споруди з основою, крім того, виконувати прямі динамічні розрахунки з використанням розрахункових акселерограм при проектуванні нетипових і відповідальних будівель і споруд рекомендують нормативні документи [2, 3]. Цим викликаний особливий інтерес до проблеми завдання розрахункових акселерограм.

Виконуючи прямі динамічні розрахунки будівель і споруд на стадії проектування, допускається використання набору розрахункових акселерограм, наведених в таблиці 6.10 [2]. При цьому необхідно обирати акселерограми, переважаючі періоди яких близькі до періодів власних коливань будівлі. Необхідна кількість використаних записів при цьому не обумовлюється.

Робота присвячена дослідженню з встановлення необхідної кількості та параметрів акселерограф для забезпечення належного рівня безпеки при прийнятті конструктивних рішень в будівлях зведених в сейсмоактивних зонах.

Розрахункові сейсмічні навантаження, визначені за прямим динамічним методом з використанням акселерограм, приймаються не нижче навантажень, визначених за спектральним методом.

***Мета дослідження.*** Метою роботи є оцінка впливу на сейсмічну реакцію та напружено-деформований стан безригельного каркасу багатоповерхової будівлі параметрів розрахункових акселерограм, необхідних для виконання розрахунку будівель і споруд на сейсмічні впливи за прямим динамічним методом.

***Задачі дослідження:***

- аналіз вимог нормативних документів та літературних джерел щодо особливостей розрахунку будівель і споруд на сейсмічні впливи, які задані у вигляді акселерограм землетрусу;
- аналіз засобів та особливостей вибору параметрів та кількості розрахункових акселерограм, необхідних для виконання розрахунку будівель і споруд;
- розробка просторової розрахункової моделі безригельного каркасу багатоповерхової будівлі з використанням ПК «ЛІРА-САПР»;
- визначення величин навантажень для розрахунку моделі на основні та аварійні сполучення навантажень з урахуванням сейсмічного впливу, що здаається у вигляді акселерограм землетрусу;
- виконання розрахунку розробленої моделі на основні та аварійні сполучення навантажень;
- порівняння результатів розрахунку моделі на основні та аварійні сполучення навантажень з урахуванням сейсмічного впливу, зокрема:
    - динамічних характеристик моделі;
    - сейсмічних (інерційних) навантажень;
    - параметрів НДС основних несучих конструкцій;
    - витрат матеріалів (армування) конструкцій.
- підготовка висновків за результатами проведених досліджень.

***Об'єкт дослідження:***. є 15-ти поверхова житлова будівля з рамно-в`язевою конструктивною схемою із використанням монолітного залізобетонного безригельного каркасу, що проектується для будівництва у сейсмічному районі України (м. Одеса), з інтенсивністю сейсмічних впливів 7-8 балів.

***Предмет дослідження*** – є параметри напружено-деформованого стану (НДС) конструкцій 15-ти поверхової житлової будівлі, визначені за результатами розрахунку на основні та аварійні сполучення навантажень з урахуванням сейсмічного впливу, заданого у вигляді акселерограм землетрусу.

***Узагальнений науковий результат*** – Наукову новизну роботи складають:

- результати порівняльного аналізу параметрів інерційних (сейсмічних) навантажень на конструкції, отримані за прямим динамічним методом, зокрема у вигляді набору акселерограм землетрусів;
- результати порівняльного аналізу динамічних параметрів комп'ютерних моделей багатоповерхового залізобетонного будинку при впливі сейсмічних навантажень, заданих у вигляді акселерограм землетрусу;
- результати порівняльного аналізу НДС залізобетонних несучих конструкцій при впливі сейсмічних навантажень, заданих у вигляді акселерограм землетрусу.

***Узагальнений практичний результат*** – в результаті виконання МКР отримано інженерний досвід з виконання чисельних досліджень будівельних конструкцій з урахуванням сейсмічних впливів, а саме: володіння основними методами розрахунків та умовами їх застосування, вибору параметрів сейсмічного впливу в залежності від висоти та відповідальності конструкцій, формування вихідних даних для розрахунків, зокрема з використанням сучасних програмних комплексів, аналіз отриманих результатів за параметрами НДС та витратами матеріалів конструкцій.

## 3. Вихідні дані для проведення НДР

Науково-дослідна робота проводилась вперше.

Висотне будівництво в Україні активно розвивається у великих містах та курортних зонах, значна частина яких знаходиться в сейсмонебезпечних районах. Зважаючи на проектний клас наслідків (відповідальності) таких будівель (переважно значний ССЗ), сейсмічний вплив інтенсивністю від 6 балів і вище має бути врахований при проектуванні висотних будівель практично у всіх районах України.

Нормативні документи з сейсмостійкого будівництва багатьох країн регламентують застосування в якості основного спектральний метод визначення сейсмічних навантажень на будівлі і споруди. Розрахунок будівель за спектральними характеристиками дає лише наближення до дійсних зусиль і деформацій, що виникають в конструкціях під час землетрусу. В якості альтернативного способу завдання сейсмічного впливу використовують закони сейсмічних рухів ґрунту, які найчастіше представлені функцією зміни прискорення в часі (акселерограмою).

Акселерограми використовують при розрахунку конструкцій з урахуванням нелінійності їх роботи, в методах врахування взаємодії споруди з основою, крім того, виконувати прямі динамічні розрахунки з використанням розрахункових акселерограм при проектуванні нетипових і відповідальних будівель і споруд рекомендують нормативні документи [2, 3]. Цим викликаний особливий інтерес до проблеми завдання розрахункових акселерограм.

Виконуючи прямі динамічні розрахунки будівель і споруд на стадії проектування, допускається використання набору розрахункових акселерограм, наведених в таблиці 6.10 [2]. При цьому необхідно обирати акселерограми, переважаючі періоди яких близькі до періодів власних коливань будівлі. Необхідна кількість використаних записів при цьому не обумовлюється.

Робота присвячена дослідженню з встановлення необхідної кількості та параметрів акселерограф для забезпечення належного рівня безпеки при прийнятті конструктивних рішень в будівлях зведених в сейсмоактивних зонах.

Розрахункові сейсмічні навантаження, визначені за прямим динамічним методом з використанням акселерограм, приймаються не нижче навантажень, визначених за спектральним методом.

**Під час проведення НДР були використані матеріали таких публікацій:**


26. Немчинов Ю.И. Сейсмостойкость зданий и сооружений. В двух частях. – К: Гудименко С.В., 2008. – 480 с.

27. ДБН В.1.1-12:2014. Будівництво у сейсмічних районах України. – К.: Мінрегіонбуд України, 2014 р. – 117 с.

28. ДСТУ-Н Б EN 1998-1:2010 Єврокод 8. Проектування сейсмостійких конструкцій. Частина 1. Загальні правила, сейсмічні дії, правила щодо споруд (EN 1998-1:2004, IDT).

29. ДБН В.1.2-14-2009. Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель, споруд, будівельних конструкцій та основ. – К.: Мінрегіонбуд України, 2009.

30. ДСТУ Б В.1.1-28: 2010. Шкала сейсмической интенсивности. - К.: Минрегион Украины, 2010.

31. Kalkan E. and Chopra A.K., 2010, Practical Guidelines to Select and Scale Earthquake Recordsfor Nonlinear Response History Analysis of Structures: U.S. Geological Survey Open-File Report 2010, 113 p.

32. American Society of Civil Engineers (2005), ASCE 7-05 Minimum Design Loads for Buildings, Reston, VA.

33. Мкртычев О.В., Решетов А.А. Представительный набор акселерограмм землетрясений для расчета зданий и сооружений на сейсмические воздействия // Вестник МГСУ. 2017. Т. 12. Вып. 7 (106). с. 754–760. DOI: 10.22227/1997-0935.2017.7.754-760.

34. Исичко Е.С. Методика расчета акселерограмм для конкретной строительной площадки// Buletinul Institutului de Geologie şi Seismologie al AŞM. № 1, 2007. с. 58-67.

35. Кендзера А.В., Семенова Ю.В. Расчетные акселерограммы для прямого динамического метода определения сейсмических нагрузок// Геофизический журнал №4, Т.41, 2019, с. 210-216. DOI: https://doi.org/10.24028/gzh.0203-3100.v41i4.2019.177389

36. Егупов К.В. Способ выбора пакета расчетных акселерограмм/К.В. Егупов, А.С. Бондаренко// Будівельні конструкції. - 2013. - Вип. 79. - С. 58-63. - Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/buko_2013_79_9.

37. Kang Huang Minimum Number of Accelerograms for Time-History Analysis of Typical Highway Bridges// Presented in Partial Fulfillment of the Requirements for the

Degree of Master of Applied Science (Civil Engineering) at Concordia University Montreal, Quebec, Canada, 2014. Режим доступу: https://spectrum.library.concordia.ca/978808/1/Huang_MASc_F2014.pdf.

38. Yasin M. FAHJAN Selection and Scaling of Real Earthquake Accelerograms to Fit the Turkish Design Spectra. Режим доступу: http://www.imo.org.tr/resimler/ekutuphane/pdf/16417_42_12.pdf.

39. Бабик К.Н. К вопросу использования реальных записей землетрясений в расчетах зданий на сейсмические воздействия// Будівельні конструкції. Міжвідомчий науково-технічний збірник. Вип. 64. – К.: НДІБК, 2006. – стор. 491-498.

40. Earthquake Engineering and Seismology (a joint event of the 13th ECEE & 30th General Assembly of the ESC), Sep 2006, Geneve, Switzerland. Paper Number: 5. ffhal-00714018.

41. Программный комплекс Лира-Сапр. Руководство пользователя. Обучающие примеры. Под ред. академика АИН Украины А. С. Городецкого. – Электр. издание.: 2017. – 535с.

42. МОНОМАХ-САПР 2013. Учебное пособие: Примеры расчета и проектирования. Городецкий Д.А., Юсипенко С.В., Батрак Л.Г., Лазарев А.А., Рассказов А.А.– К.: Электронное издание, 2013. – 368 с.

43. САПФИР 2017. Учебное пособие. Бойченко В.В., Медведенко Д.В., Палиенко О.И., Шут А.А. Под ред. Академика РААСН, докт. техн. наук, проф. А.С. Городецкого. Электронное издание, 2017г., – 130 с.

44. Перельмутер А.В., Сливкер В.И. Расчетные модели сооружений и возможность их анализа. – М.: Изд-во СКАД СОФТ, 2011. – 736 с.

45. Марьенков Н.Г. Нелинейный расчет зданий на сейсмические воздействия с применением ПК «Лира» / Марьенков Н.Г., Максименко В.П., Бабик К.Н.// Будівельні конструкції: зб. наук. праць. – К.: НДІБК, 2006. – вип. 64. – с. 188–195.

## 4. Виконавці НДР

Організація – виконавець – кафедра БМГА ВНТУ.

Відповідальний виконавець - магістрант Томащук М. Ю.

## 5. Вимоги до виконання НДР

У процесі виконання НДР слід використовувати програмні комплекси, які реалізують методи числового аналізу, що пройшли сертифікацію.

Вимоги нормативних матеріалів ДБН та ДСТУ до розробки проектної документації діючих в державі та результати передового світового досвіду.

## 6. Етапи НДР і терміни її виконання

| Етап | Назва та зміст етапу | Терміни виконання | | Очікувані результати | Звітна документація |
|---|---|---|---|---|---|
| | | початок | закінчення | | |
| 1 | Огляд літературних джерел та їх аналіз | 01.09.2019 | 30.09.2019 | Визначення ступеню вивченості проблеми | Текст ПЗ МКР |
| 2 | Оцінка відповідності конструктивного рішення нормативним документам для зведення в сейсмічно активних зонах. | 20.09.2019 | 30.09.2019 | Оцінити прийнятність варіанту планувальних рішень для зведення будівлі в сейсмічному районі. | Текст ПЗ МКР, плакати |
| 3 | Аналіз можливого впливу вищих форм коливань на параметри НДС конструктивних елементів будівлі, а також на динамічні характеристики для будівництва в районах з інтенсивністю сейсмічних впливі в до 7 балів. | 01.10.2019 | 31.10.2019 | Визначити на основі огляду літературних джерел можливий вклад в параметри НДС будівлі та динамічні характеристики вищих форм коливань при сейсмічних впливах. | Текст ПЗ МКР, плакати |
| 4 | Дослідити фактори на які найбільш суттєвий вклад мають вищі форми коливань, а також способи їх врахування | 15.10.2019 | 15.11.2019 | Пропозиції з розробки та прийняття конструктивних рішень, які дозволять забезпечити надійний варіант експлуатаційних характеристик висотних будівель | Текст ПЗ МКР, плакати |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 5 | Визначити параметр альні критерії діапазону врахування вищих форм коливань для зведення висотних будівель в районах з можливими сейсмічними впливами до 7 балів | 01.11.2019 | 10.11.2019 | Встановити необхідні та достатні границі діапазону необхідного врахування форм коливань для забезпечення надійних конструктивних рішень висотних ЗБК будівель | Текст ПЗ МКР, плакати |
| 6 | Виконати техніко-економічне порівняння розглянутих варіантів конструктивного рішення з підвищення сейсмостійкості при врахуванні вищих форм коливань для висотних будівель | 10.11.2019 | 15.11.2019 | ТЕО розглянутих варіантів, висновки по дослідній частині роботи | Текст ПЗ МКР, плакати |

**7. Очікувані результати та порядок реалізації НДР**

Результати НДР можуть бути використані:

- проектно-конструкторськими організаціями при проектуванні висотних будівель з залізобетонним каркасом для районів з можливою інтенсивністю коливань у 7-м балів
- в навчальному процесі при підготовці інженерів будівельників.

**8. Матеріали, які подаються під час закінчення НДР та її етапів**

Текст пояснювальної записки МКР та ілюстраційний матеріал у вигляді плакатів. Підготовлені статі і доповіді на науково-технічні конференції.

Результати роботи апробовано на: XLVIII регіональній науково-технічній конференції професорсько-викладацького складу, співробітників та студентів ВНТУ з участю працівників науково-дослідних організацій та інженерно-технічних працівників підприємств м. Вінниці та області;

Міжнародної науково-технічної конференції “ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ В ГАЛУЗЯХ ЕКОНОМІКИ УКРАЇНИ” 12-14 листопада 2019 р, ФБТЕГП ВНТУ.

**Публікації.**

Андрухов В.М., Михнян М. С. Оцінка величини вкладу вищих форм коливань в параметри НДС при сейсмічних впливах. // Збірник матеріалів Міжнародної науково-технічної конференції «ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ В ГАЛУЗЯХ ЕКОНОМІКИ УКРАЇНИ-2019». – Вінниця, 2019. Режим доступу: https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/egeu/egeu2019/paper/viewFile/8453/7050

**9. Порядок приймання НДР та її етапів**

Подання результатів кожного етапу на розгляд наукового керівника.

Представлення остаточної редакції МКР на розгляд зав. кафедри БМГА та опонента.

Захист МКР на засіданні ДЕК.

**10.Вимоги до розроблення документації**

Звітна документація повинна містити: результати огляду літературних джерел, аналіз одержаних результатів, визначення економічного ефекту від впровадження результатів дослідження.

**11.Вимоги щодо технічного захисту інформації з обмеженим доступом**

У зв’язку з тим, що інформація не є конфіденційною, заходи з її технічного захисту не передбачаються.