



ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет будівництва, теплоенергетики та газопостачання

Кафедра будівництва, міського господарства та архітектури

ОСОБЛИВОСТІ РЕАКЦІЙ ЕЛЕМЕНТІВ БЕЗРИГІЛЬНОГО ЗАЛІЗОБЕТОННОГО БАГАТОПОВЕРХОВОГО КАРКАСУ НА СЕЙСМІЧНІ ВПЛИВИ ЗА РЕЗУЛЬТАТАМИ ПРЯМОГО ДИНАМІЧНОГО РОЗРАХУНКУ

Магістрант: Томащук М.Ю.

Науковий керівник: Андрухов В. М., к.т.н., доцент кафедри БМГА

Мета досліджень

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

Об'єкт досліджень

14-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.

Предмет досліджень

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.

ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕНЬ

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:

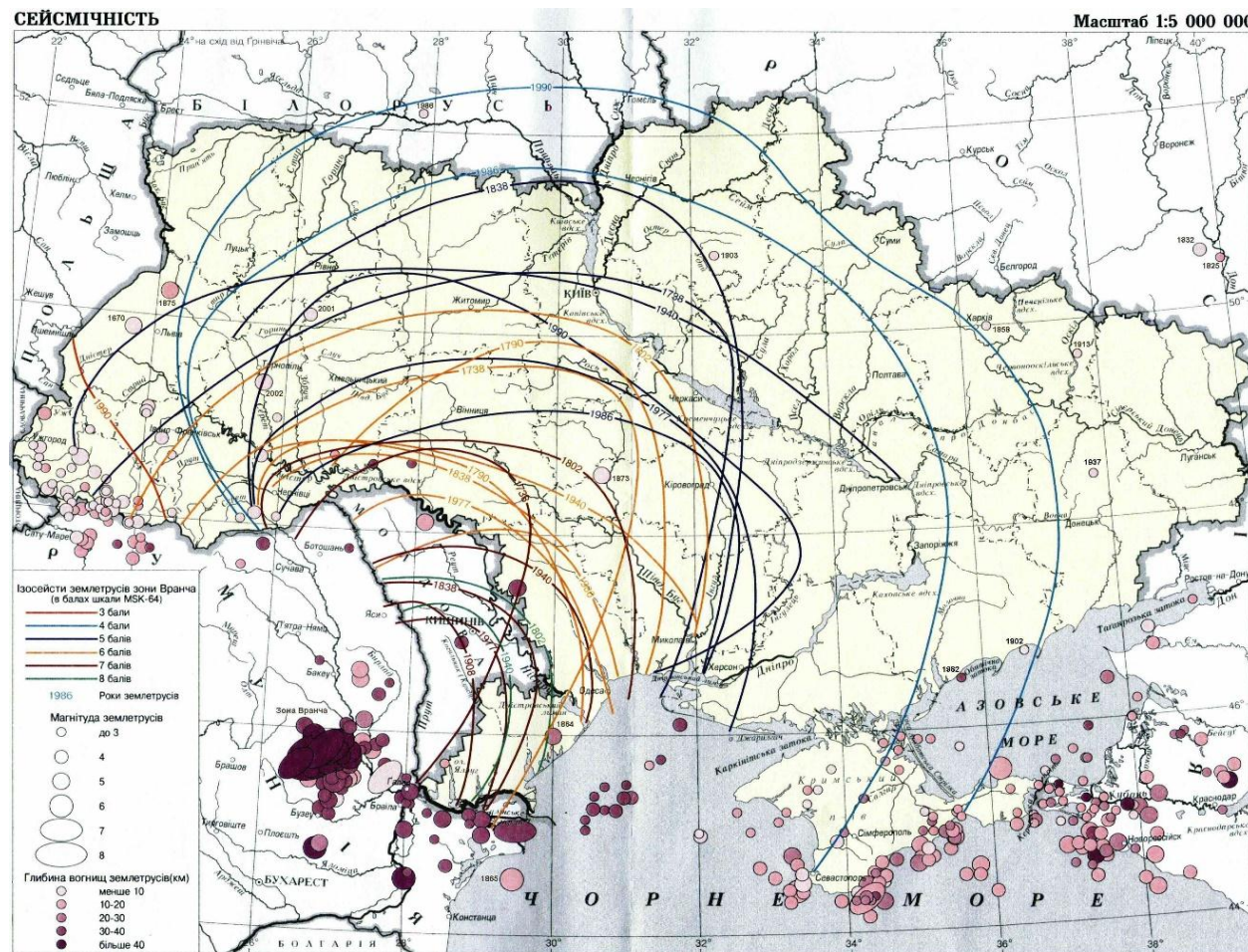
- динамічних характеристик;
- параметрів НДС конструкцій;
- витрат матеріалів (армування) конструкцій

Підготовка висновків за результатами проведених досліджень

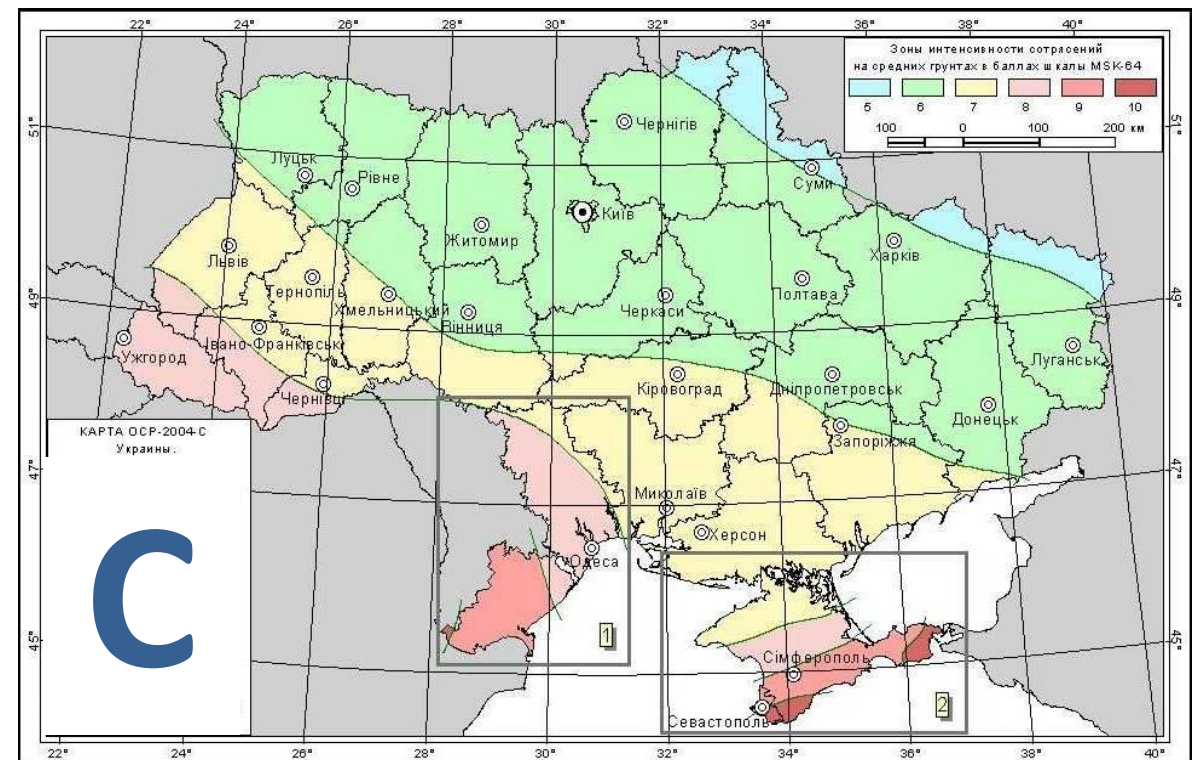
СЕЙСМІЧНА НЕБЕЗПЕКА ТЕРИТОРІЇ УКРАЇНИ

В Україні сейсмонебезпечні райони інтенсивністю 6-9 балів займають близько 20% території (близько 120 тис. км²), на якій мешкає понад 10 млн. осіб.

Сейсмічні зони різної інтенсивності охоплюють АР Крим (6-9 балів), Закарпатську (7 балів), Чернівецьку (6-7 балів), Вінницьку (6 балів), Кіровоградську (6 балів), Львівську (6 балів), Одеську (6-9 балів), Тернопільську (6 балів), Хмельницьку (6 балів) області України.



Дані про сейсмічність території України

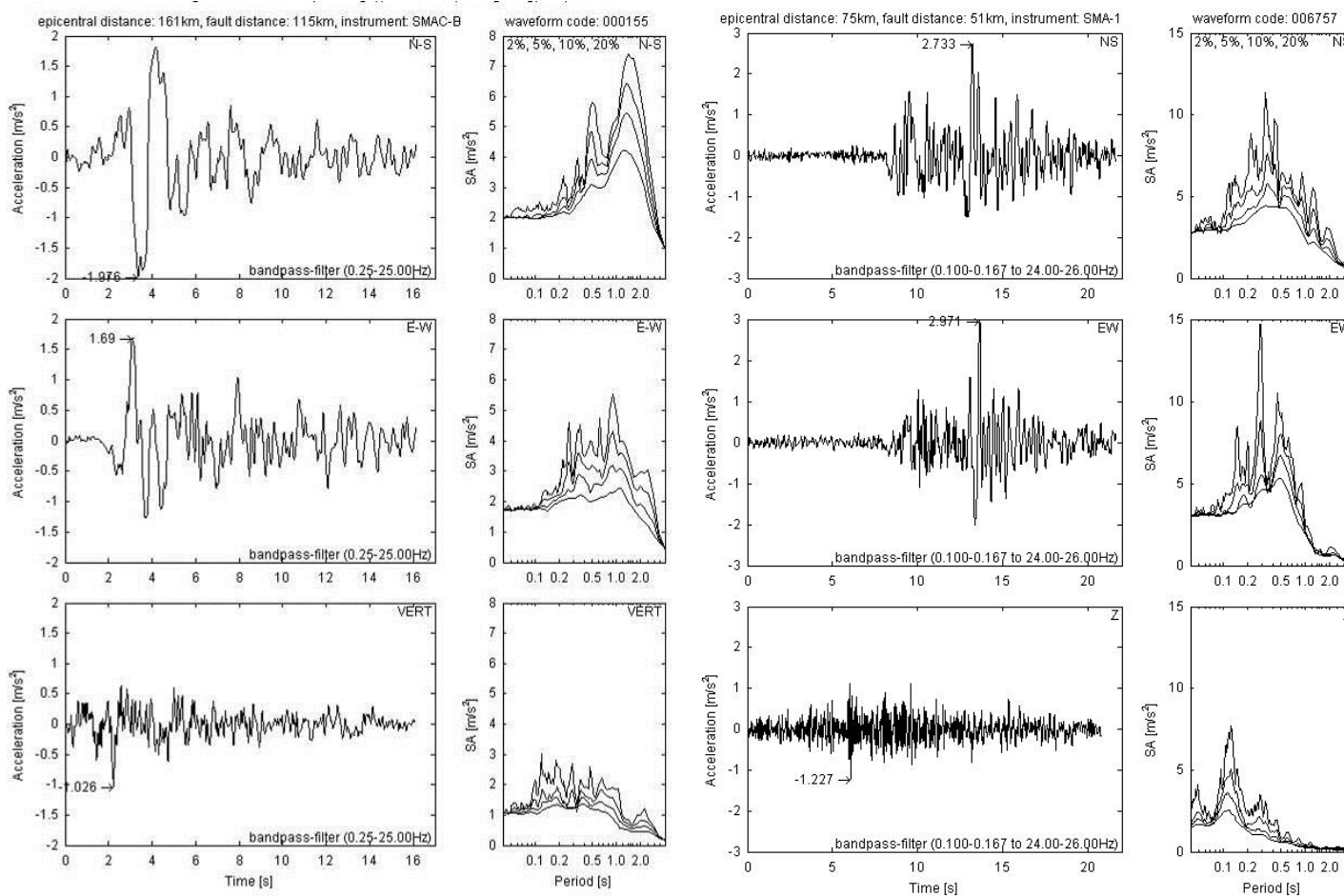


Карта загального сейсмічного районування території України ЗСР-2004-С, що використовується для об'єктів класу наслідків (відповідальності) ССЗ

Об'єкти класу наслідків (відповідальності) ССЗ мають бути обов'язково розраховані за прямим динамічним методом розрахунку із використанням акселерограм.

Записи прискорень сейсмічних коливань у часі (акселерограми)

Параметри інструментальних записів і синтезованих акселерограм, рекомендованих **ДБН В.1.1-12**



а)

б)

Акселерограми та спектри реакції землетрусів 4.03.1977 року (а) та 30.08.1986 року (б) з епіцентром в горах Вранча (Румунія)

Як видно з рисунку, вплив сейсмічних подій з епіцентром в одному регіоні та приблизно рівною інтенсивністю (M7,5 та M7,2) може суттєво відрізнятися за значеннями прискорень (1,97 та 2,97 м/с²), та за спектральним складом (переважаючими періодами 0,3 – 2,0 та 0,1 – 0,5 с)

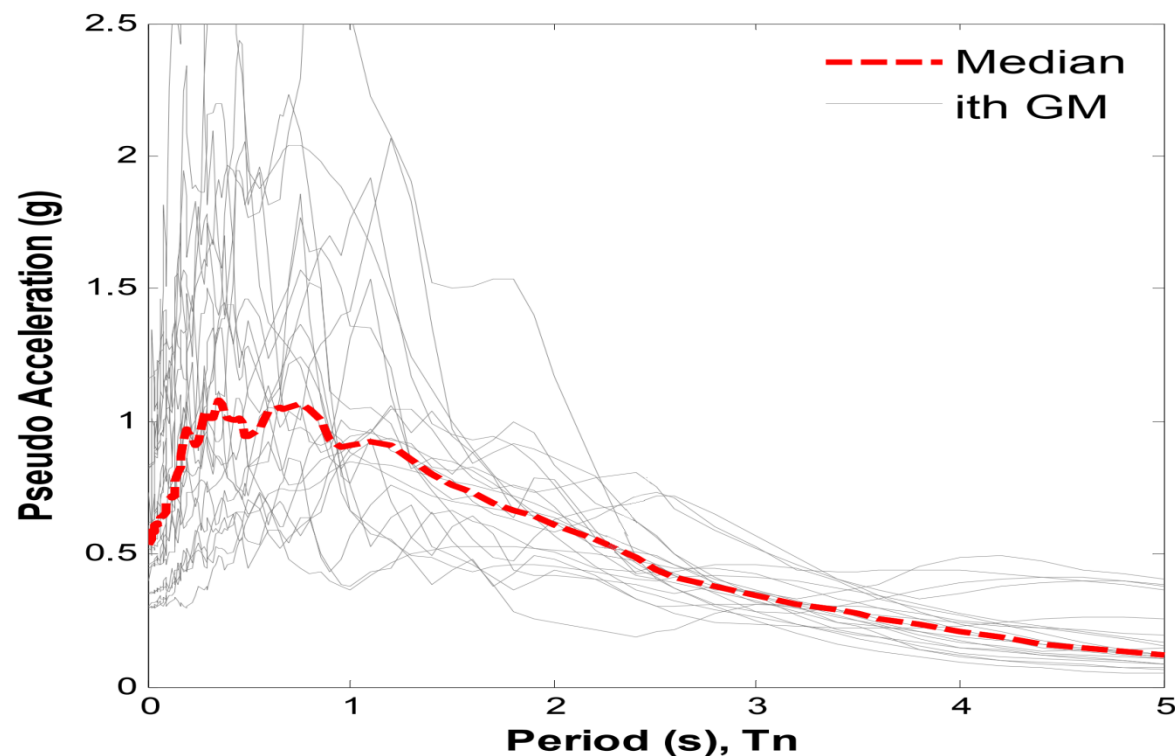
| Ч.ч. | Шифр акселерограми | Діапазон переважуючих періодів $T_{пер}$, с | Амплітуда максимального прискорення A_{max} , м/с ² | Крок дискретизації Δt , с | Кількість значень N |
|------|---|--|--|-----------------------------------|-----------------------|
| 1 | B034-r B034-t B034-z | 0,15-0,65 | 3,478 | 0,02 | 2197 |
| | | 0,1-0,55 | 4,257 | 0,02 | 2198 |
| | | 0,05-0,25 | 1,169 | 0,02 | 2194 |
| 2 | B037-r B037-t B037-z | 0,1-0,5 | 2,643 | 0,02 | 1518 |
| | | 0,1-0,5 | 3,408 | 0,02 | 1520 |
| | | 0,05-0,4 | 1,298 | 0,02 | 1518 |
| 3 | D056-r D056-t D056-z | 0,1-0,6 | 3,094 | 0,02 | 3089 |
| | | 0,1-0,5 | 2,654 | 0,02 | 3094 |
| | | 0,1-0,4 | 1,533 | 0,02 | 3092 |
| 4 | 000155XA(r) 000155YA(t) 000155ZA(z) | 0,5-2,0 | 1,974 | 0,01 | 4839 |
| | | 0,4-1,6 | 1,69 | 0,01 | 4842 |
| | | 0,1-1,0 | 1,026 | 0,01 | 4824 |
| 5 | 006757XA(r) 006757XA(t) 006757XA(z) | 0,2-1 | 2,73 | 0,01 | 2168 |
| | | 0,25-0,75 | 2,972 | 0,01 | 2168 |
| | | 0,1-0,2 | 1,227 | 0,01 | 2168 |
| 6 | Vb6r Vb6t Vb6z | 0,9-1,5 | 1,528 | 0,00781 | 17500 |
| | | 0,5-1,4 | 0,876 | 0,00781 | 17500 |
| | | 0,5-0,9 | 0,525 | 0,00781 | 17500 |
| 7 | Vb7r Vb7t Vb7z | 1,0-1,7 | 1,168 | 0,01001 | 17430 |
| | | 1,0-1,7 | 1,480 | 0,01001 | 17430 |
| | | 1,0-1,7 | 1,126 | 0,01001 | 17430 |
| 8 | Vb8r Vb8t Vb8z | 1,1-2,0 | 1,384 | 0,01001 | 16750 |
| | | 1,1-2,0 | 1,485 | 0,01001 | 16750 |
| | | 0,4-1,0 | 1,088 | 0,01001 | 16750 |

Примітка. Індекси. r, t, z у шифрі акселерограми – горизонтальна радіальна, горизонтальна тангенціальна (перпендикулярна до радіальної) і вертикальна компоненти відповідно.

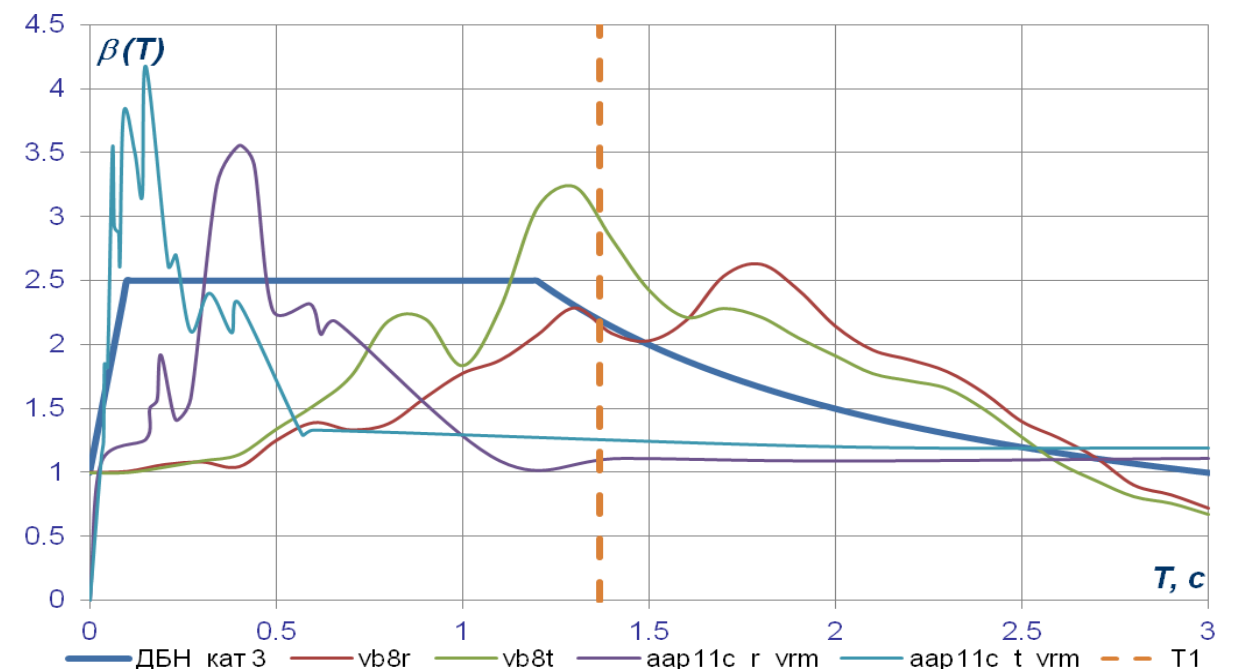
ПРЯМИЙ ДИНАМІЧНИЙ МЕТОД РОЗРАХУНКУ

Параметри, які мають найбільший вплив на форму коливань ґрунту і за якими обирають акселерограми для розрахунку:

- інтенсивність очікуваної сейсмічної події;
- відстань площадки до епіцентрів можливих землетрусів;
- властивості ґрунтів площадки;
- вплив напрямку.



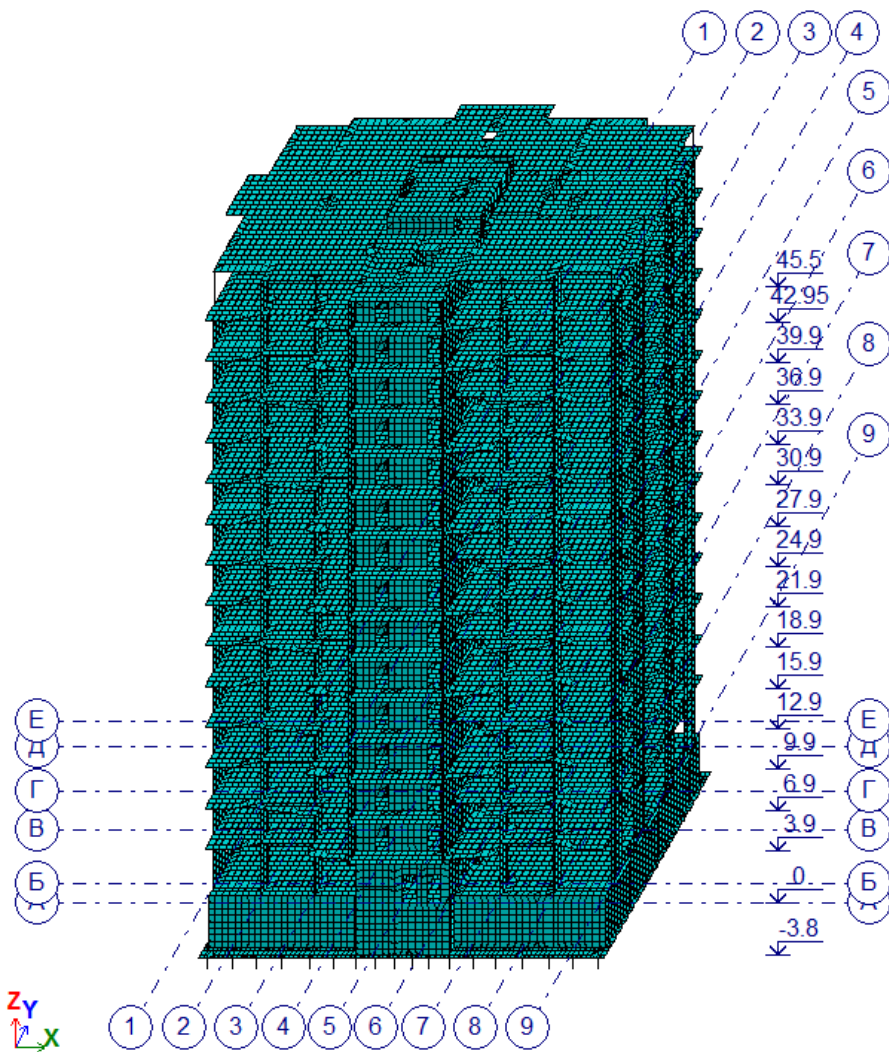
Проектне значення параметрів НДС (зусиль, деформацій) приймається як **середнє** значення, отримане **від сімох (і більше)** записів, або як **максимальне** значення, якщо використовується **менше семи** акселерограм



У нормативних документах та дослідженнях прямого динамічного розрахунку особливу увагу приділено необхідності забезпечення **близькості переважаючих періодів сейсмічного впливу до періодів власних коливань будівлі**

РОЗРАХУНКОВА МОДЕЛЬ

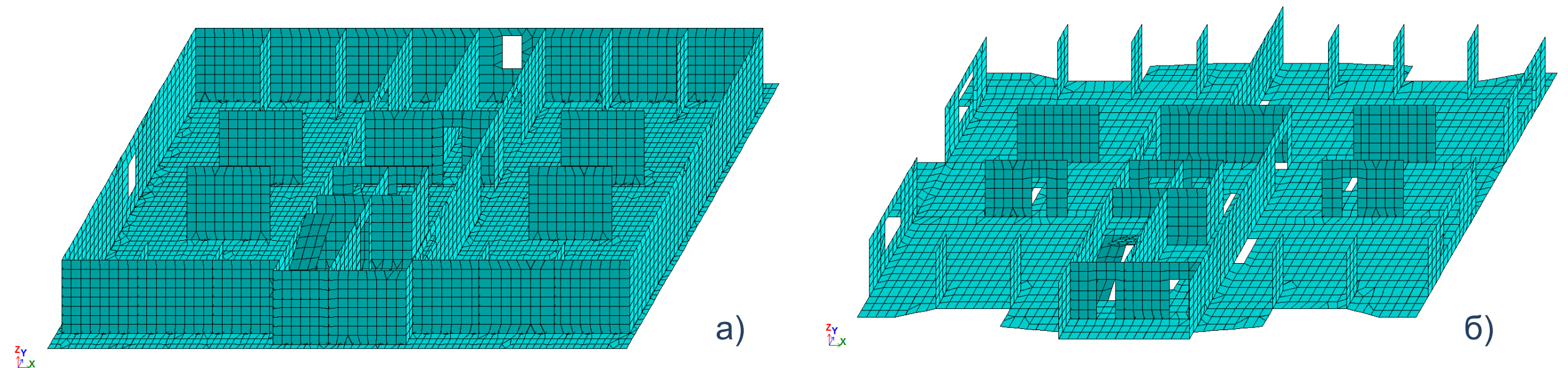
Параметри скінчених елементів комп'ютерної моделі



| № т.ж. | Геометричні параметри | Фізико-механічні параметри | Положення в конструктивній схемі будинку |
|--------|-----------------------|---------------------------------|---|
| 1 | Брус 35x35 | $E=45388, \nu=0.2, R_o=2,5$ | Палі |
| 2 | Брус 40x40 | $E=3,06e+006, \nu=0.2, R_o=2,5$ | Колони |
| 3 | Брус 30x40 | $E=3,06e+006, \nu=0.2, R_o=2,5$ | Колони |
| 4 | Пластина Н40 | $E=3,06e+006, \nu=0.2, R_o=2,5$ | Діафрагми жорсткості |
| 5 | Пластина Н30 | $E=3,06e+006, \nu=0.2, R_o=2,5$ | Діафрагми жорсткості, стіни шахт ліфтів, стіни сходової клітини |
| 6 | Пластина Н25 | $E=3,06e+006, \nu=0.2, R_o=2,5$ | Стіни шахт ліфтів |
| 7 | Пластина Н20 | $E=3,06e+006, \nu=0.2, R_o=2,5$ | Перекриття на всіх поверхах |
| 8 | Пластина Н40 | $E=2,75e+006, \nu=0.2, R_o=2,5$ | Стіни підвалу |
| 9 | Брус 1x1 | $E=3,06e+006, \nu=0.2, R_o=0,1$ | Фіктивні стрижні для реалізації лінійних навантажень від ваги зовнішніх стін і огорож |
| 10 | Пластина Н120 | $E=2,75e+006, \nu=0.2, R_o=2,5$ | Плита ростверку |

Позначення: R_o - щільність матеріалу елементів розрахункової схеми, тс/м³;
 E - модуль пружності, тс/м²; ν – коефіцієнт Пуасона

Загальний вигляд тривимірної комп'ютерної моделі



Підвальний (а) та типовий (б) поверхи розрахункової моделі

РЕЗУЛЬТАТИ ЧИСЕЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Розрахунок просторової моделі виконано із використанням ПК «ЛІРА»:

- за спектральним методом; за прямим динамічним методом.

Завдання розрахункових акселерограм в ПК «ЛІРА»

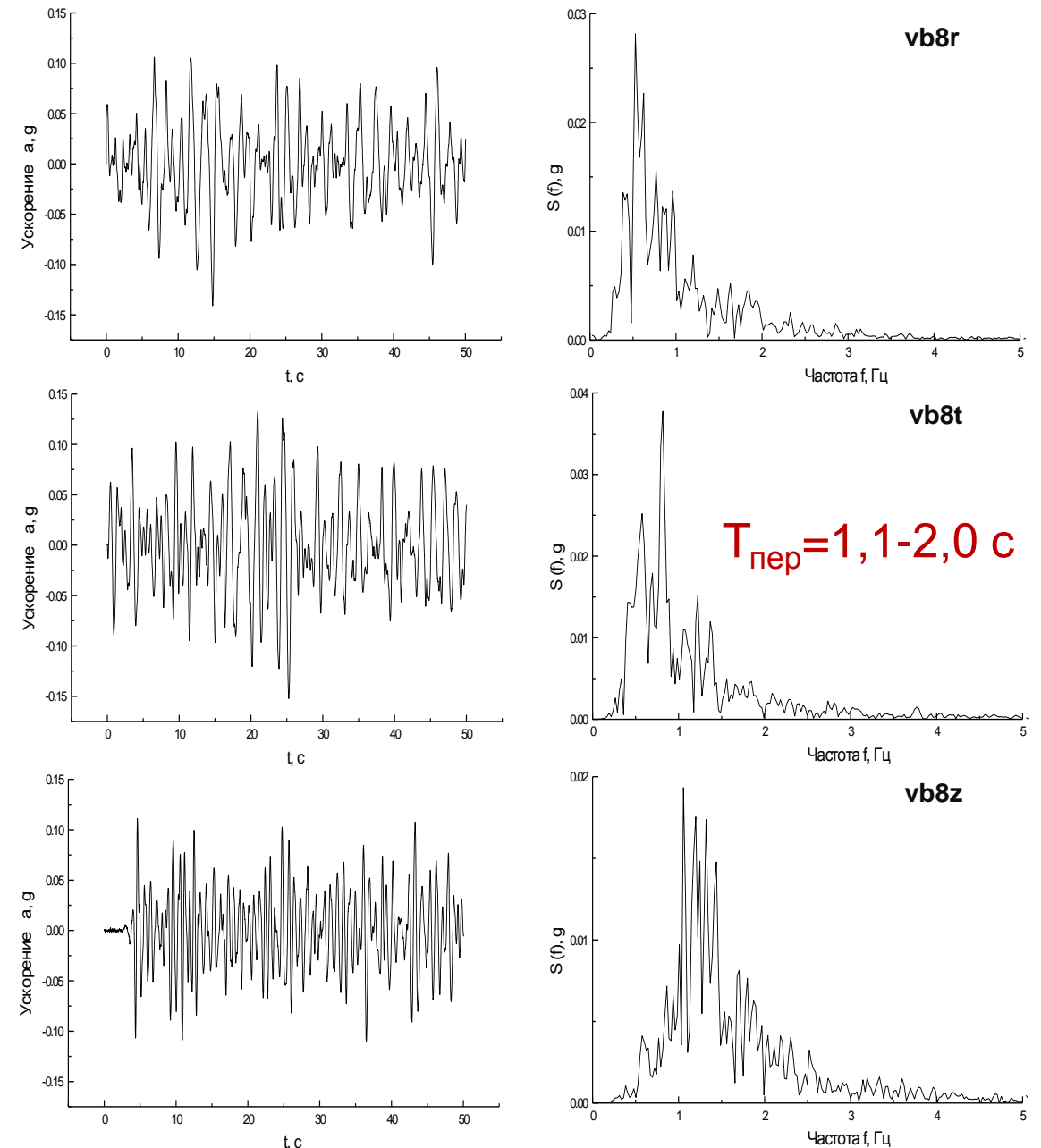
Задание характеристик для расчета на динамические воздействия

Н строки характеристик: 1
Н загрузки: 8
Наименование воздействия: Акселерограмма (27)
Количество учитываемых форм колебаний: 50
Матрица масс: Диагональная Согласованная

Сводная таблица для расчета на динамические воздействия

| # | № | Имя загрузки... | Тип | Параметры... | Параметры динамического воздействия |
|----|----|-----------------|-------|--------------|--|
| 1 | 8 | vb1R | АКСЕЛ | 27 50 0 0 0 | 3 0.00 0.10 0.303 0.0000 1.0000 0.0000 0.012500 131.238 #INCLUDE vb1r; |
| 2 | 9 | vb1t | АКСЕЛ | 27 50 0 0 0 | 3 0.00 0.10 0.347 0.0000 1.0000 0.0000 0.012500 131.238 #INCLUDE vb1t; |
| 3 | 10 | vb1z | АКСЕЛ | 27 50 0 0 0 | 3 0.00 0.10 0.463 0.0000 1.0000 0.0000 0.012500 131.238 #INCLUDE vb1z; |
| 4 | 11 | vb2r | АКСЕЛ | 27 50 0 0 0 | 3 0.00 0.10 0.566 0.0000 1.0000 0.0000 0.010010 105.090 #INCLUDE vb2r; |
| 5 | 12 | vb2t | АКСЕЛ | 27 50 0 0 0 | 3 0.00 0.10 0.304 0.0000 1.0000 0.0000 0.010010 105.090 #INCLUDE vb2t; |
| 6 | 13 | vb2z | АКСЕЛ | 27 50 0 0 0 | 3 0.00 0.10 0.513 0.0000 1.0000 0.0000 0.010010 105.090 #INCLUDE vb2z; |
| 7 | 14 | vb3r | АКСЕЛ | 27 50 0 0 0 | 3 0.00 0.10 0.323 0.0000 1.0000 0.0000 0.007810 131.200 #INCLUDE vb3r; |
| 8 | 15 | vb3t | АКСЕЛ | 27 50 0 0 0 | 3 0.00 0.10 0.301 0.0000 1.0000 0.0000 0.007810 131.200 #INCLUDE vb3t; |
| 9 | 16 | vb3z | АКСЕЛ | 27 50 0 0 0 | 3 0.00 0.10 0.508 0.0000 1.0000 0.0000 0.007810 131.200 #INCLUDE vb3z; |
| 10 | 17 | vb4r | АКСЕЛ | 27 50 0 0 0 | 3 0.00 0.10 0.328 0.0000 1.0000 0.0000 0.010010 107.197 #INCLUDE vb4r; |
| 11 | 18 | vb4t | АКСЕЛ | 27 50 0 0 0 | 3 0.00 0.10 0.301 0.0000 1.0000 0.0000 0.010010 107.197 #INCLUDE vb4t; |
| 12 | 19 | vb4z | АКСЕЛ | 27 50 0 0 0 | 3 0.00 0.10 0.367 0.0000 1.0000 0.0000 0.010010 107.197 #INCLUDE vb4z; |
| 13 | 20 | vb5r | АКСЕЛ | 27 50 0 0 0 | 3 0.00 0.10 0.317 0.0000 1.0000 0.0000 0.006840 56.046 #INCLUDE vb5r; |
| 14 | 21 | vb5t | АКСЕЛ | 27 50 0 0 0 | 3 0.00 0.10 0.303 0.0000 1.0000 0.0000 0.006840 56.046 #INCLUDE vb5t; |
| 15 | 22 | vb5z | АКСЕЛ | 27 50 0 0 0 | 3 0.00 0.10 0.397 0.0000 1.0000 0.0000 0.006840 56.046 #INCLUDE vb5z; |
| 16 | 23 | vb6r | АКСЕЛ | 27 50 0 0 0 | 3 0.00 0.10 0.295 0.0000 1.0000 0.0000 0.007810 136.660 #INCLUDE vb6r; |
| 17 | 24 | vb6t | АКСЕЛ | 27 50 0 0 0 | 3 0.00 0.10 0.514 0.0000 1.0000 0.0000 0.007810 136.660 #INCLUDE vb6t; |
| 18 | 25 | vb6z | АКСЕЛ | 27 50 0 0 0 | 3 0.00 0.10 0.857 0.0000 1.0000 0.0000 0.007810 136.660 #INCLUDE vb6z; |
| 19 | 26 | vb7r | АКСЕЛ | 27 50 0 0 0 | 3 0.00 0.10 0.386 0.0000 1.0000 0.0000 0.010010 174.460 #INCLUDE vb7r; |
| 20 | 27 | vb7t | АКСЕЛ | 27 50 0 0 0 | 3 0.00 0.10 0.302 0.0000 1.0000 0.0000 0.010010 174.460 #INCLUDE vb7t; |
| 21 | 28 | vb7z | АКСЕЛ | 27 50 0 0 0 | 3 0.00 0.10 0.400 0.0000 1.0000 0.0000 0.010010 174.460 #INCLUDE vb7z; |
| 22 | 29 | vb8r | АКСЕЛ | 27 50 0 0 0 | 3 0.00 0.10 0.325 0.0000 1.0000 0.0000 0.010010 167.650 #INCLUDE vb8r; |
| 23 | 30 | vb8t | АКСЕЛ | 27 50 0 0 0 | 3 0.00 0.10 0.301 0.0000 1.0000 0.0000 0.010010 167.650 #INCLUDE vb8t; |
| 24 | 31 | vb8z | АКСЕЛ | 27 50 0 0 0 | 3 0.00 0.10 0.414 0.0000 1.0000 0.0000 0.010010 167.650 #INCLUDE vb8z; |

Часові сигнали та спектри реакції розрахункових акселерограм vb8



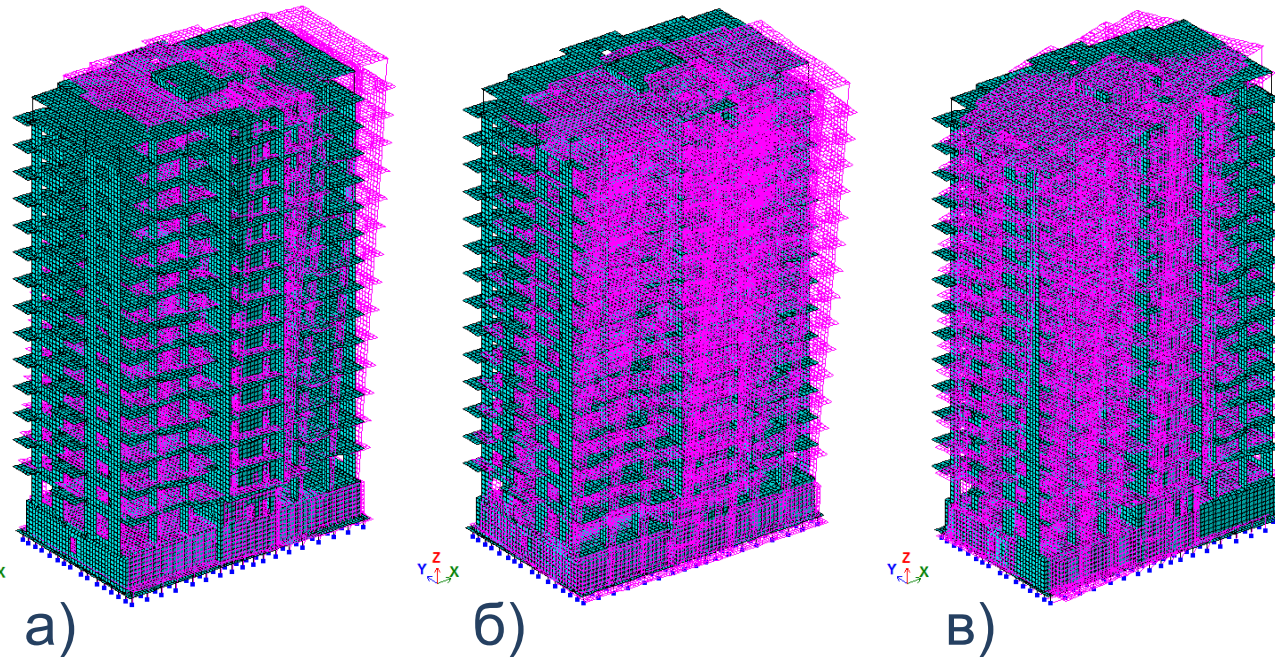
Максимальні прискорення всіх записів приведені до єдиного значення $1,5 \text{ м/с}^2$ шляхом масштабування.

РЕЗУЛЬТАТИ ЧИСЕЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

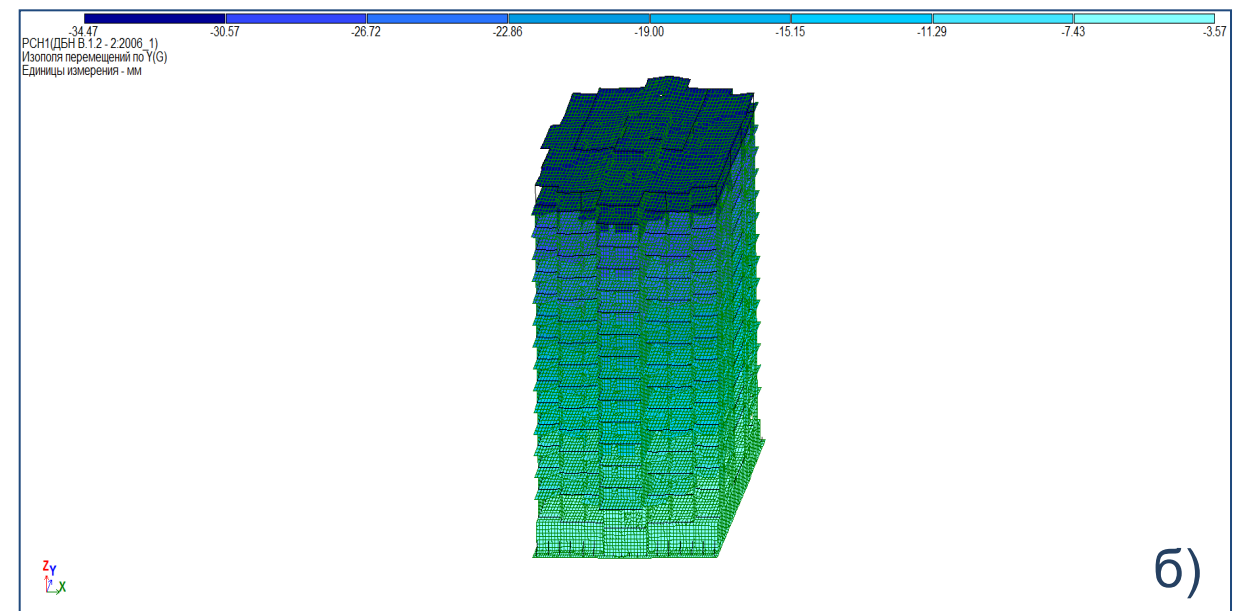
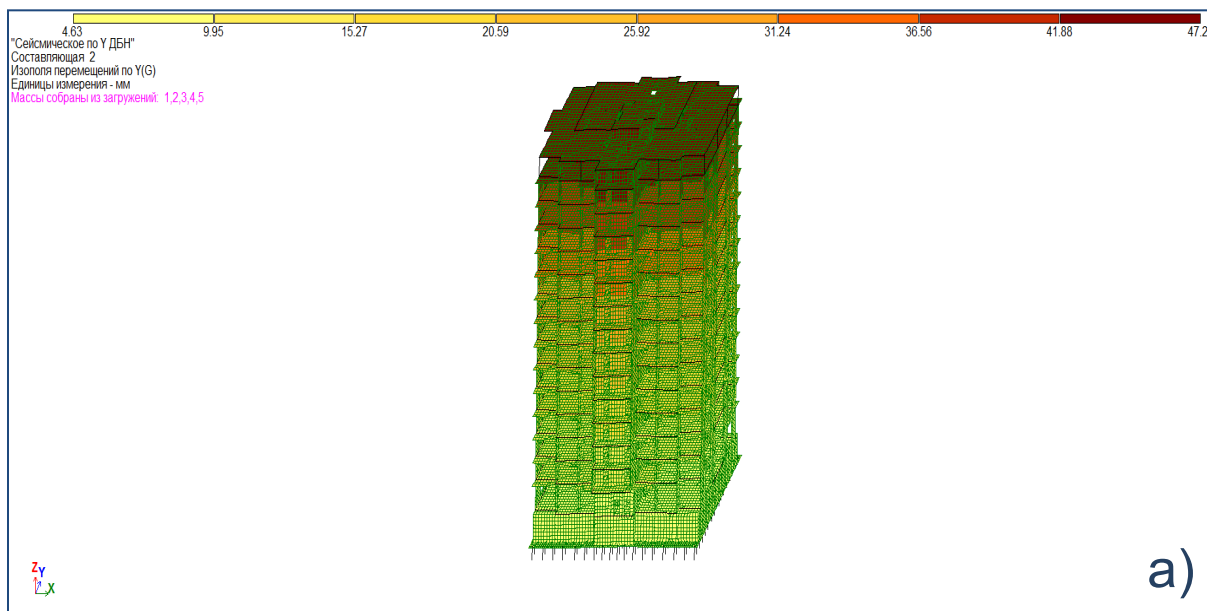
Розрахункові динамічні характеристики

| № форми коливань | Частота, Гц | Період, с | Сума модальних мас, %, за напрямком | | |
|------------------|-------------|-----------|-------------------------------------|--------|--------|
| | | | X | Y | Z |
| 1 | 0.732 | 1.366 | 69.047 | 2.278 | 0.001 |
| 2 | 0.736 | 1.359 | 71.282 | 72.941 | 0.005 |
| 3 | 1.174 | 0.852 | 71.512 | 72.950 | 0.005 |
| 4 | 2.553 | 0.392 | 97.985 | 72.950 | 0.005 |
| 5 | 2.758 | 0.363 | 97.985 | 99.529 | 0.009 |
| 6 | 3.181 | 0.314 | 97.993 | 99.544 | 0.010 |
| 7 | 4.260 | 0.235 | 97.995 | 99.547 | 98.035 |
| 8 | 4.807 | 0.208 | 99.129 | 99.547 | 98.415 |
| 9 | 5.234 | 0.191 | 99.876 | 99.547 | 98.473 |
| 10 | 6.378 | 0.157 | 99.917 | 99.547 | 98.473 |

Примітка. Заливкою відзначені форми коливань, які визначають напружено-деформований стан будівлі



Перші форми власних коливань будівлі:
 а – перша (поступальна вздовж осі X);
 б – друга (поступальна вздовж осі Y);
 в - третя (крутильна)



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

Максимальні горизонтальні переміщення, мм, в рівні перекриттів розрахункової моделі

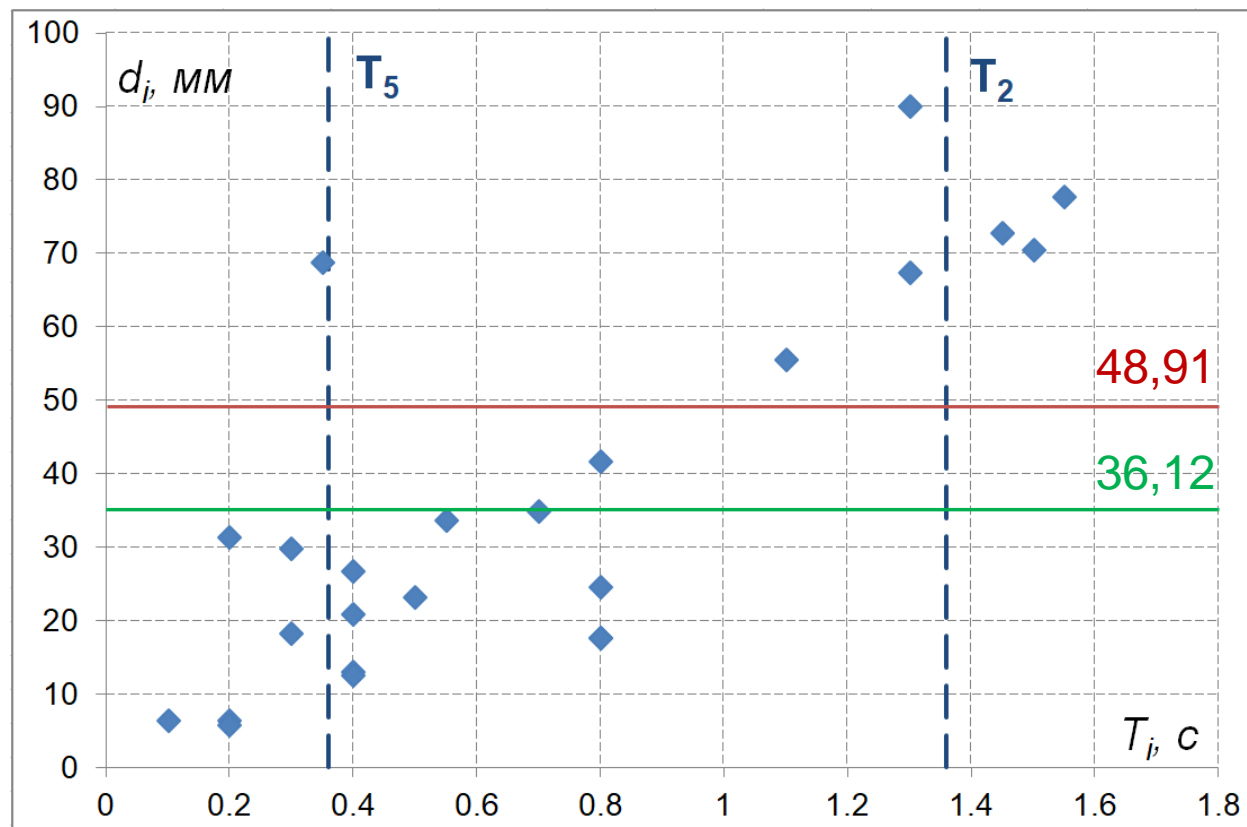
| Відмітка поверху, м | Максимальні горизонтальні переміщення, мм, при впливі акселерограми № | | | | | | | | | | | |
|------------------------|---|-------------|-------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| | 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 |

| 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 |

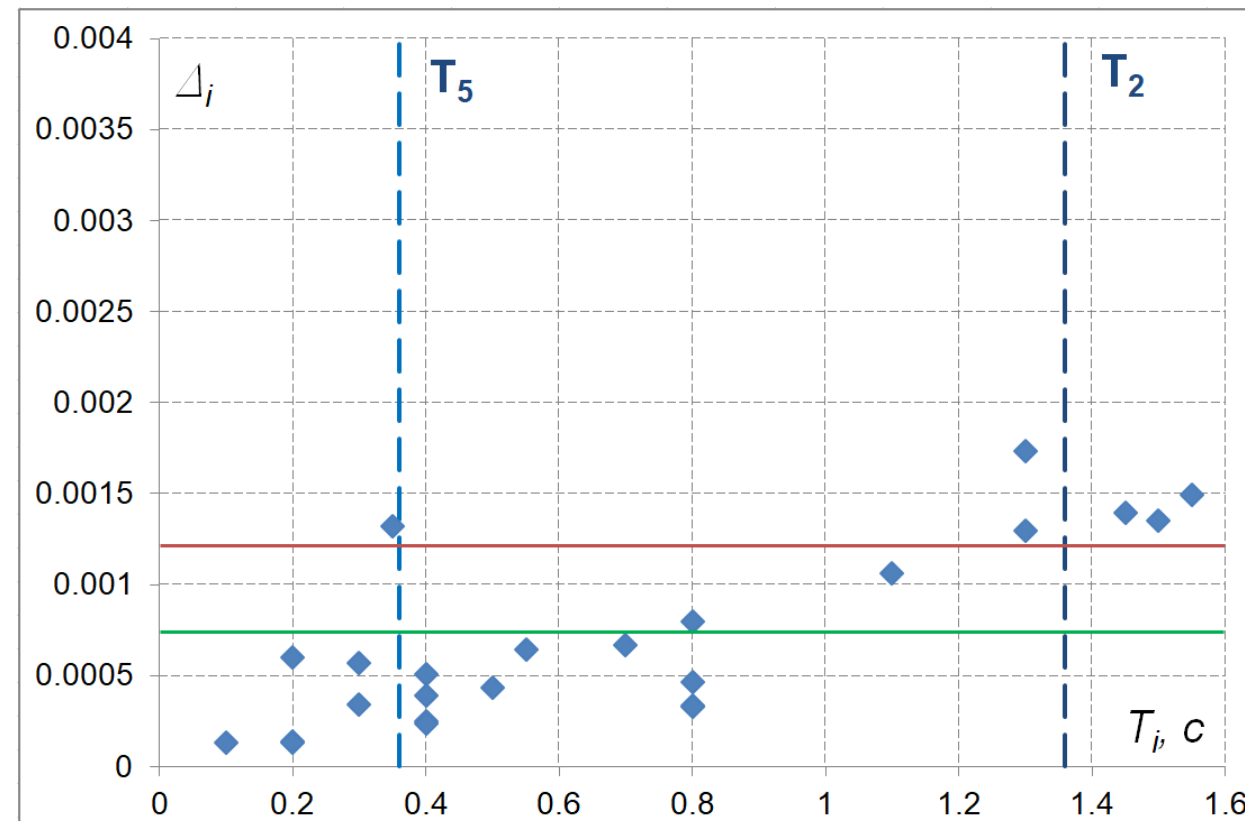
Максимальні перекоси поверхів розрахункової моделі

| Відмітка поверху, м | Максимальні перекоси поверхів при 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 |

| Відмітка поверху, м | Максимальні перекоси поверхів 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 |
| 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 |



а)



б)

Значення горизонтальних переміщень d_i (а) та перекосів поверхів Δ_i (б)

при впливі розрахункових акселерограм:

$T_2=1,36$ с, $T_5=0,36$ с – періоди власних коливань будівлі за другою та п'ятою формами;

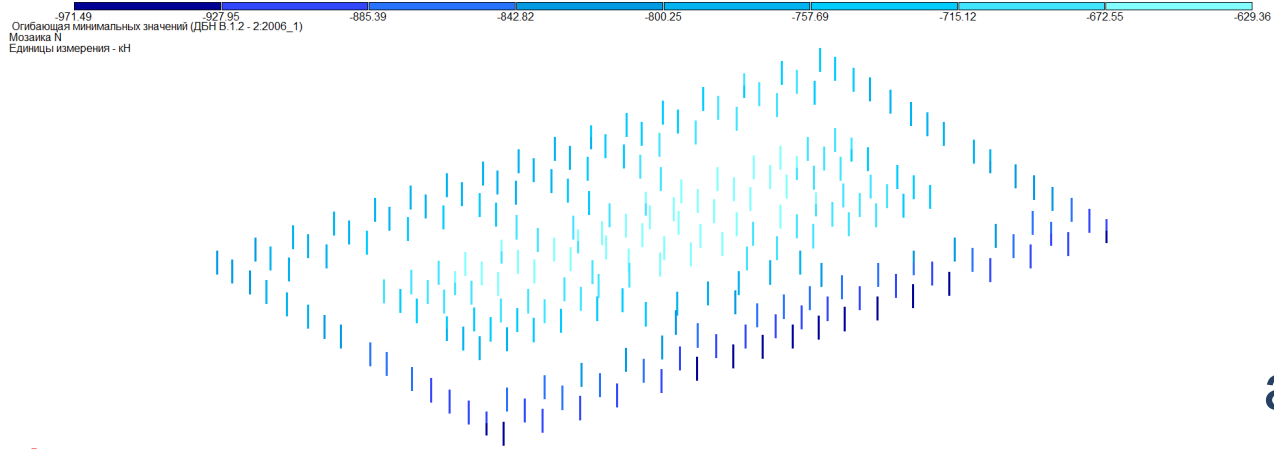
червона лінія – значення переміщень та перекосів за спектральним методом;

зелена лінія – середні значення переміщень та перекосів

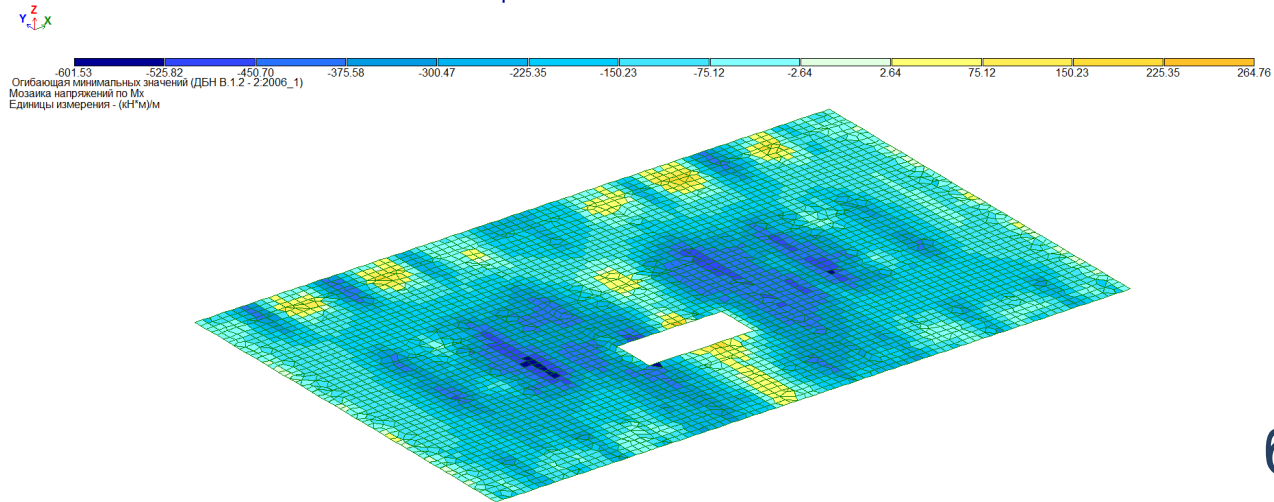
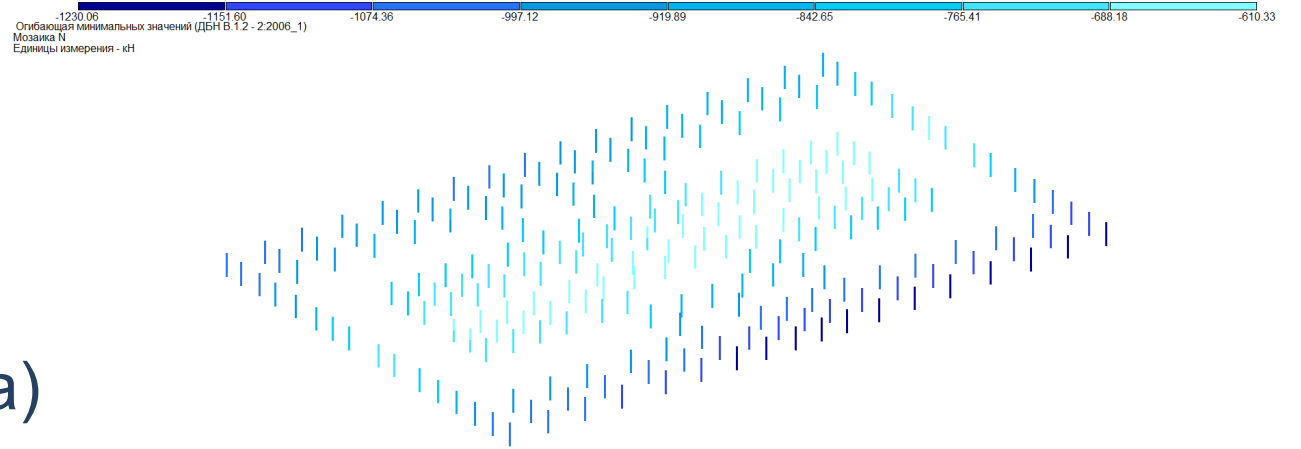
Максимальні значення динамічної реакції будівлі (у вигляді горизонтальних переміщень та перекосів поверхів) отримані при впливі розрахункових акселерограм з діапазонами переважаючих періодів 1,2-1,6 с та 0,3-0,4 с, що відповідає періодам власних коливань будівлі за переважаючими формами.

При впливі інших акселерограм зазначені параметри є значно меншими, хоча інтенсивність всіх акселерограм є рівною ($1,5 \text{ м/с}^2$)

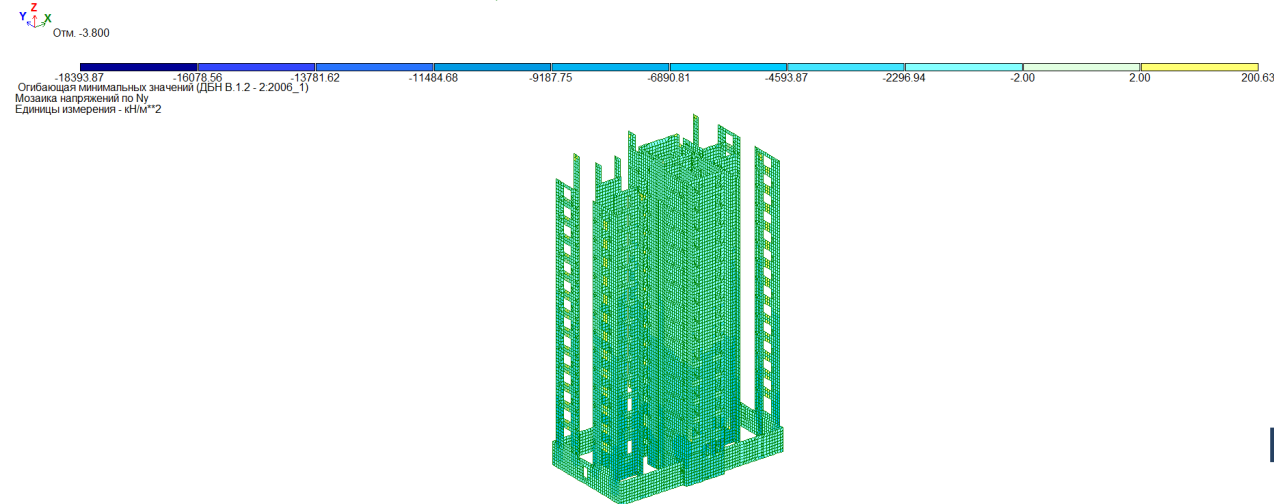
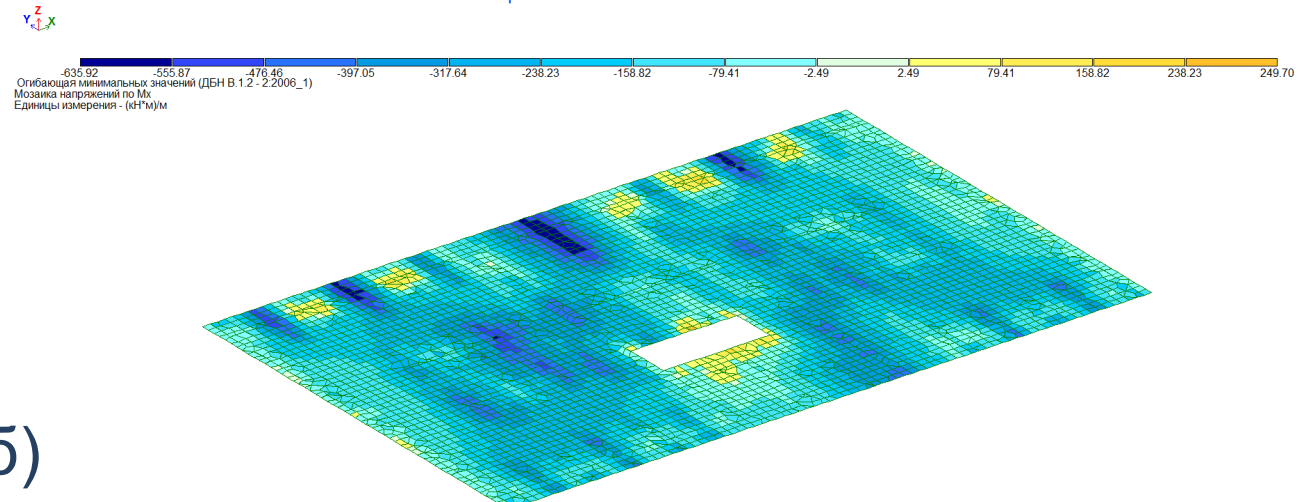
РОЗРАХУНОК ЗУСИЛЬ В КОНСТРУКЦІЯХ



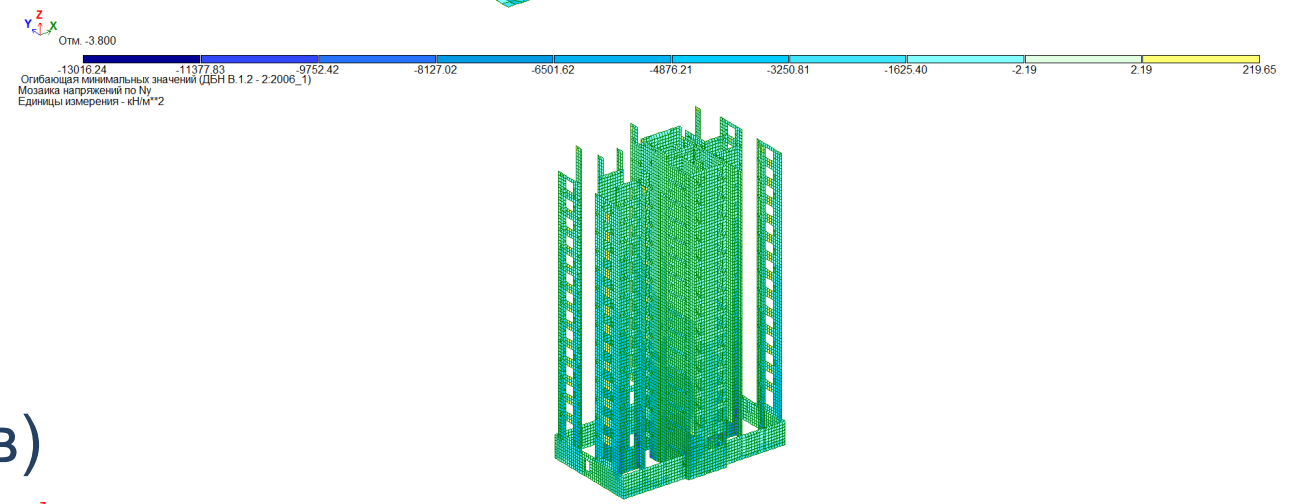
a)



б)



в)



Ізополя зусиль (кН) та напружень (кН/м²) в СЕ розрахункової моделі за спектральним (зліва) та прямим динамічним (справа) методами ДБН В.1.1-12:2014:
а – поздовжні зусилля в палях (а); б – напруження M_u в плитному ростверку;
в – напруження N_u в діафрагмах жорсткості

ПОРІВНЯННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ РОЗРАХУНКУ

| 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 | $N_{max}, \text{кН}$ | -500,4 | -562,7 | -344,1 | -10,9 |
| | $N_{min}, \text{кН}$ | -939,7 | -971,5 | -855,4 | -1230,1 |
| Ростверк | $M_x, \text{кН/м}^2$ | 646,2 | 601,5 | 484,6 | 635,92 |
| | $M_y, \text{кН/м}^2$ | 750,6 | 737,4 | 596,6 | 710,2 |
| Діафрагми | $N_x, \text{кН/м}^2$ | 2276 | 3814 | 2858 | 6417 |
| | $N_y, \text{кН/м}^2$ | -11600 | -18394 | -11649 | -27771 |
| Перекриття | $M_x, \text{кН/м}^2$ | 24,8 | 33,9 | 18,9 | 33,4 |
| | $M_y, \text{кН/м}^2$ | 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 |

Горизонтальні переміщення верху будівлі, перекуси 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.

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 та Європейських норм ДСТУ-Н Б EN 1998-1:2010, зокрема прямий динамічний метод з використанням реальних чи синтезованих записів прискорення коливань ґрунту з часом (акселерограм).

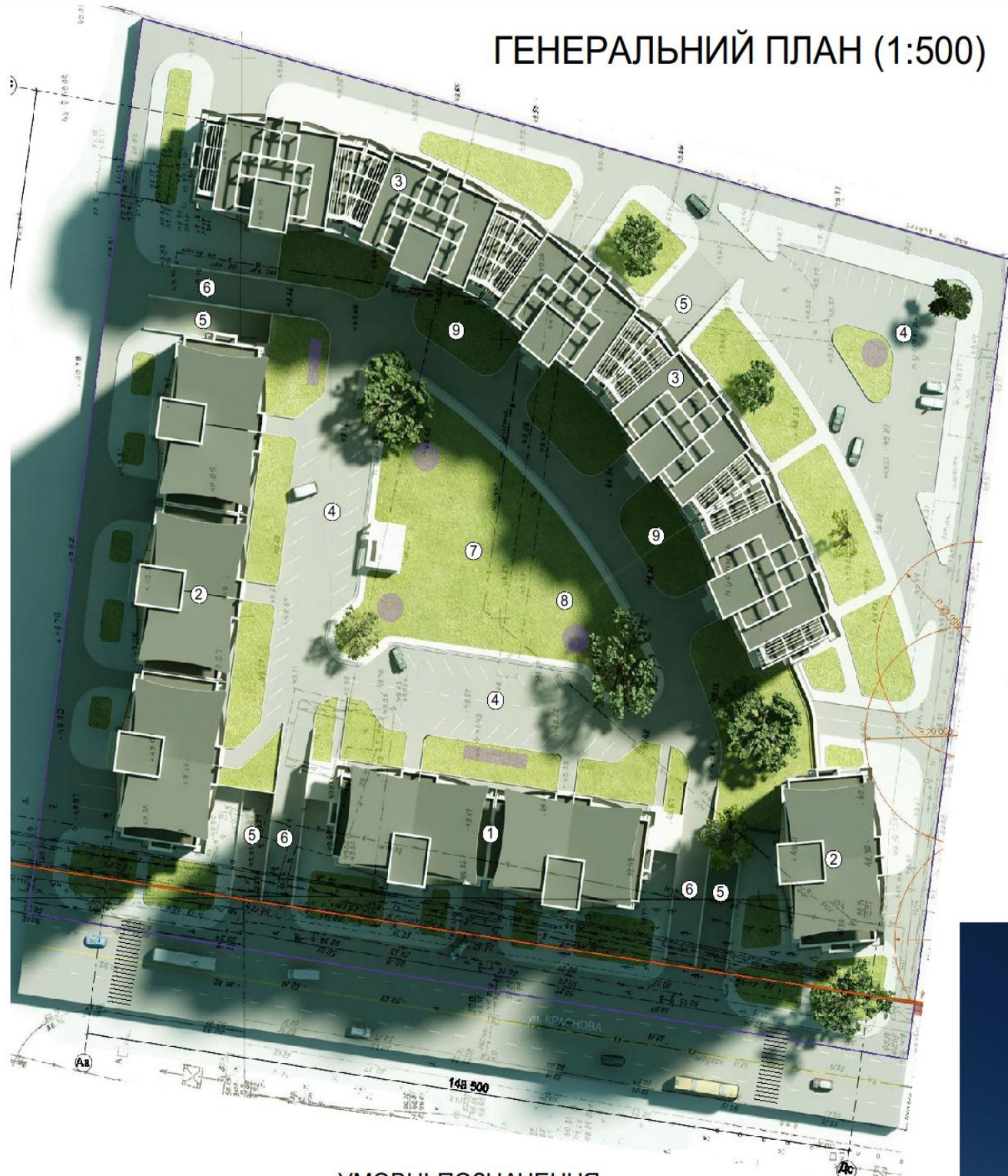
Виконано аналіз положень нормативних документів, вітчизняних та закордонних наукових публікацій щодо особливостей вибору параметрів та кількості розрахункових акселерограм, необхідних для виконання розрахунку будівель і споруд на сейсмічні впливи за прямим динамічним методом.

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.

ГЕНЕРАЛЬНИЙ ПЛАН (1:500)



ТОПОГРАФІЧНА ОСНОВА ДІЛЯНКИ ПРОЕКТУВАННЯ



РОЗА ВІТРІВ



ПРОЕКТНІ ВІЗУАЛІЗАЦІЇ



УМОВНІ ПОЗНАЧЕННЯ

| № п/п | Познач. | Найменування | № п/п | Познач. | Найменування |
|-------|---------|----------------------------------|-------|---------|---------------------------------|
| 1 | ① | 14-типоверховий житловий будинок | 10 | | Вулиця, дорога |
| 2 | ② | 18-типоверховий житловий будинок | 11 | | Рух транспорту |
| 3 | ③ | 12-типоверховий житловий будинок | 12 | | Пішохідний перехід |
| 4 | ④ | Автостоянка | 13 | | Червона лінія |
| 5 | ⑤ | В'їзд в підземний паркінг | 14 | | Зупинка громадського транспорту |
| 6 | ⑥ | Пандус | 15 | | Вимощення тротуару |
| 7 | ⑦ | Дитяча площадка | 16 | | Озеленення (деревні насадження) |
| 8 | ⑧ | Спортивна площадка | 17 | | Озеленення (газон) |
| 9 | ⑨ | Місця для тихого відпочинку | 18 | | Квітник |

ПРОЕКТНІ ВІЗУАЛІЗАЦІЇ



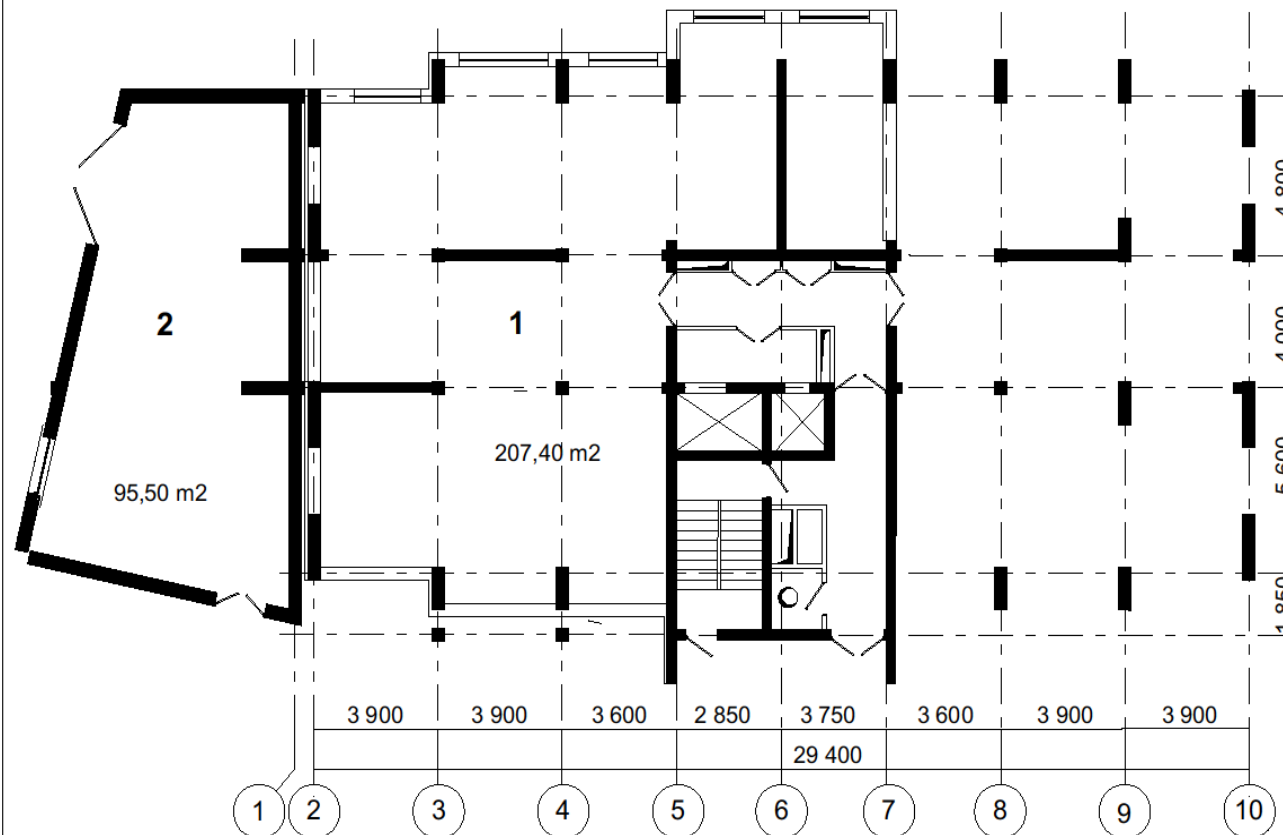
ЕКСПЛІКАЦІЯ ПРИМІЩЕНЬ НА ВІДМІТЦІ ±0. 000

| Познач. | Найменування | Площа, м ² | Примітка |
|---------|----------------------|-----------------------|----------|
| ① | Промтоварний магазин | 207,40 | |
| ② | Прибудована котельня | 95,50 | |

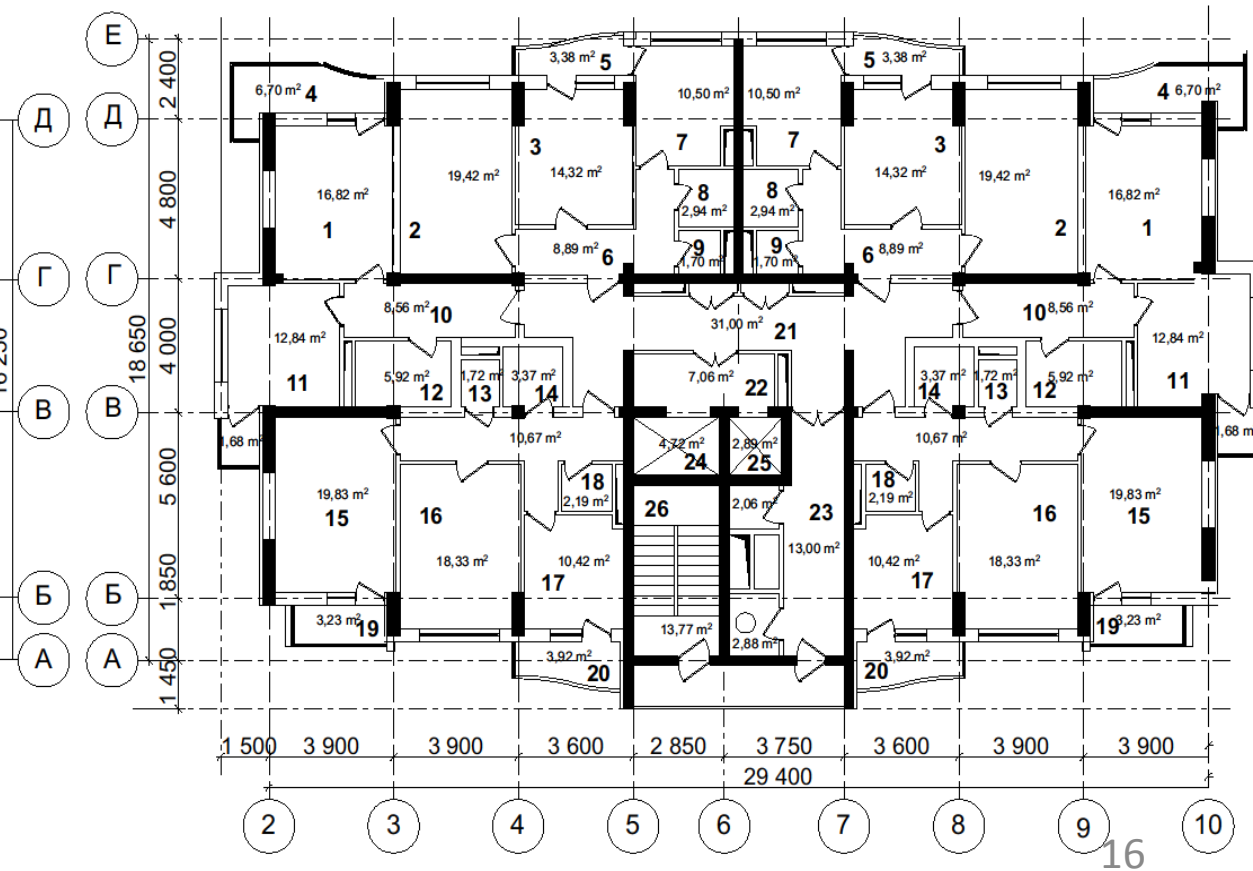
ЕКСПЛІКАЦІЯ ПРИМІЩЕНЬ ТИПОВОГО ПОВЕРХУ

| Познач. | Найменування | Площа, м ² | Примітка |
|---------|-----------------|-----------------------|----------|
| ① | Житлова кімната | 16,82 | |
| ② | Житлова кімната | 19,42 | |
| ③ | Житлова кімната | 14,32 | |
| ④ | Балкон | 6,70 | |
| ⑤ | Балкон | 3,38 | |
| ⑥ | Коридор | 8,89 | |
| ⑦ | Кухня | 10,50 | |
| ⑧ | Ванна кімната | 2,94 | |
| ⑨ | Санвузол | 1,70 | |
| ⑩ | Коридор | 8,56 | |
| ⑪ | Кухня | 12,84 | |
| ⑫ | Санвузол | 5,92 | |
| ⑬ | Кладова | 1,72 | |
| ⑭ | Ванна кімната | 3,37 | |
| ⑮ | Житлова кімната | 19,83 | |
| ⑯ | Житлова кімната | 18,33 | |
| ⑰ | Кухня | 10,42 | |
| ⑱ | Санвузол | 2,19 | |
| ⑲ | Балкон | 3,23 | |
| ⑳ | Балкон | 3,92 | |
| ㉑ | Коридор | 31,0 | |
| ㉒ | Тамбур | 7,06 | |
| ㉓ | Коридор | 13,0 | |
| ㉔ | Ліфт | 4,72 | |
| ㉕ | Ліфт | 2,89 | |
| ㉖ | Сходова клітка | 13,77 | |

ПЛАН ПОВЕРХУ НА ВІДМІТЦІ ±0. 000 (1:100)

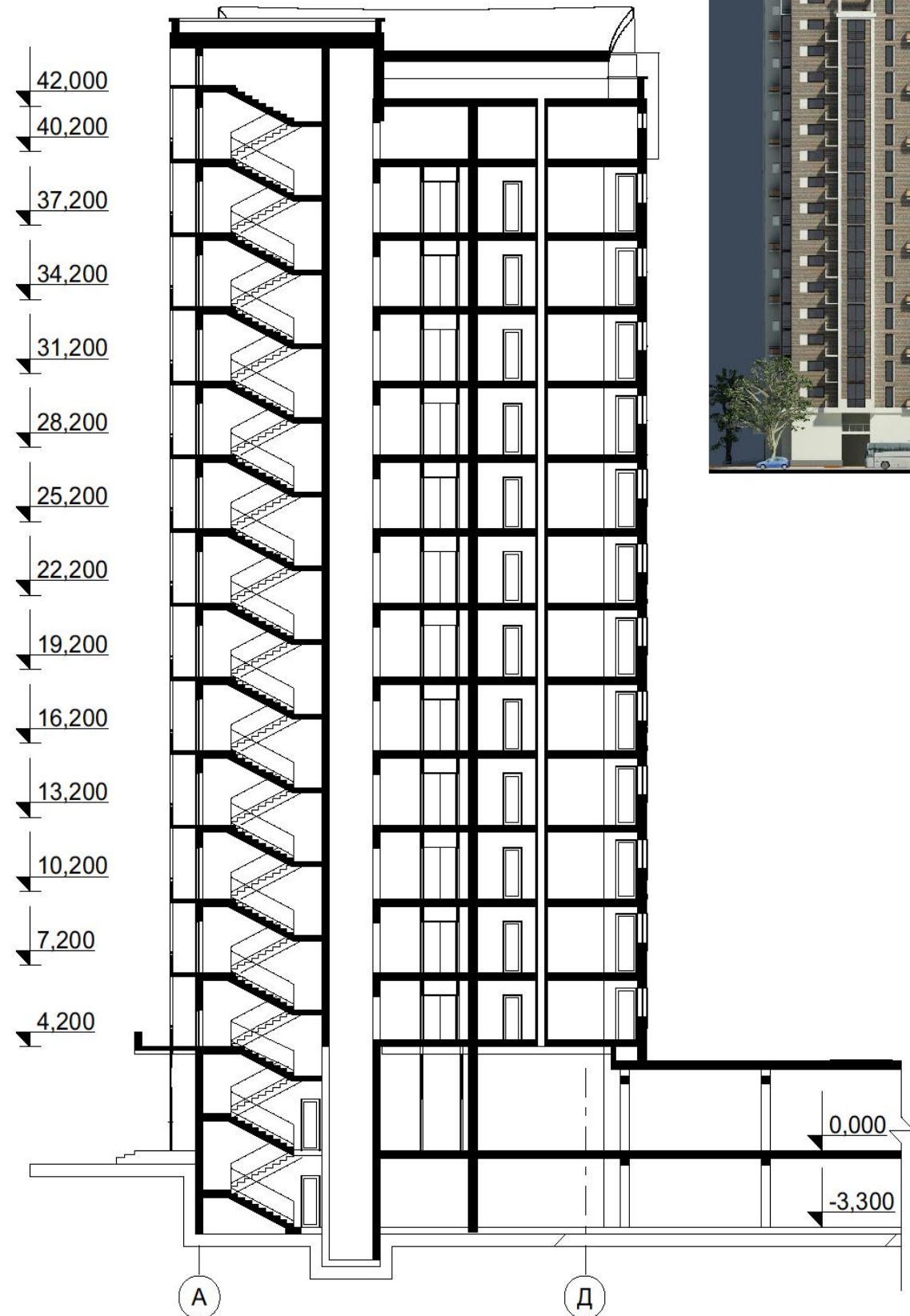


ПЛАН ТИПОВОГО ПОВЕРХУ (1:100)

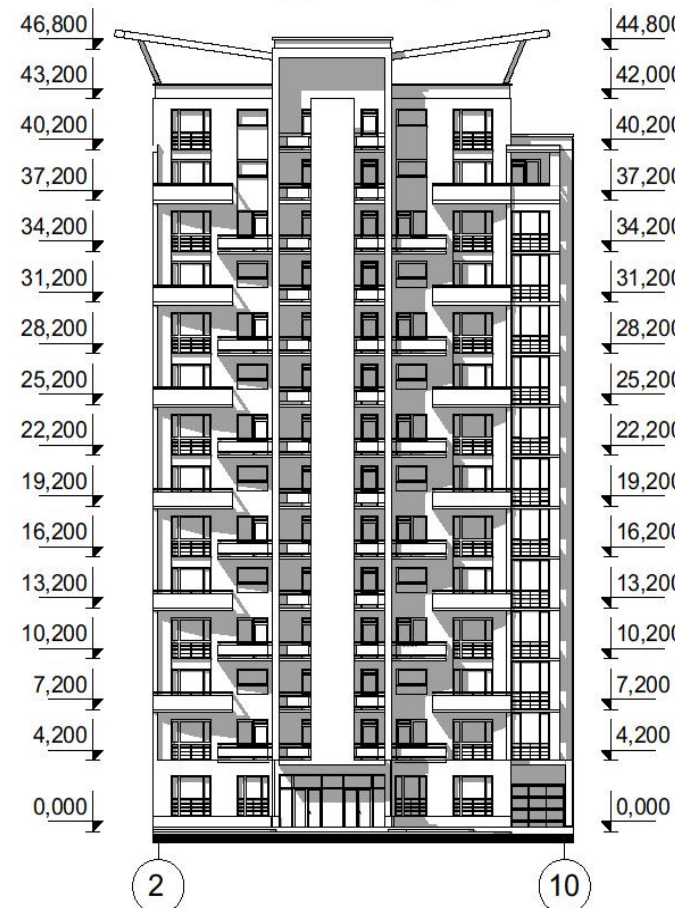


РОЗГОРТКА ПО ВУЛИЦІ КРАСНОВА

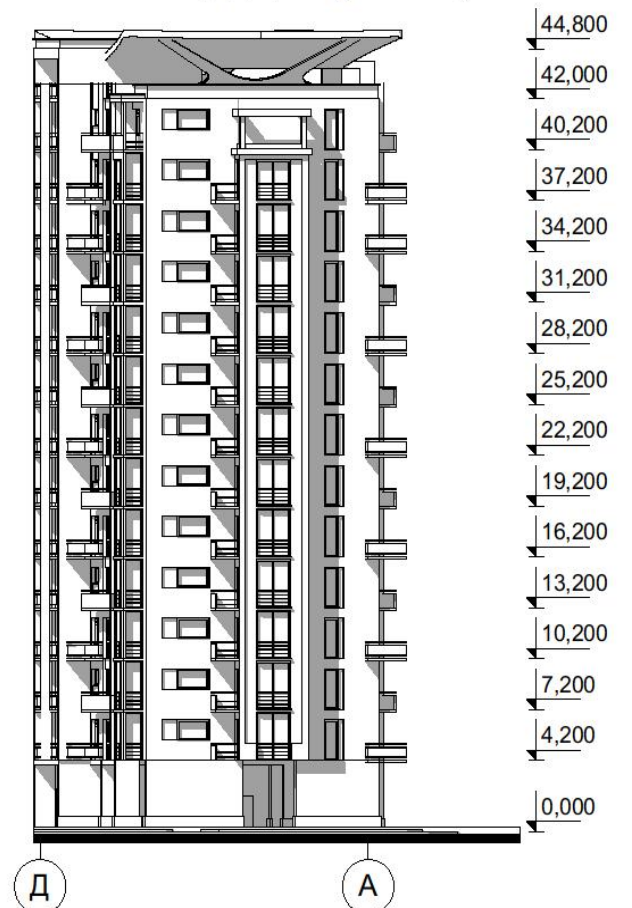
РОЗРІЗ 1-1 (1:100)



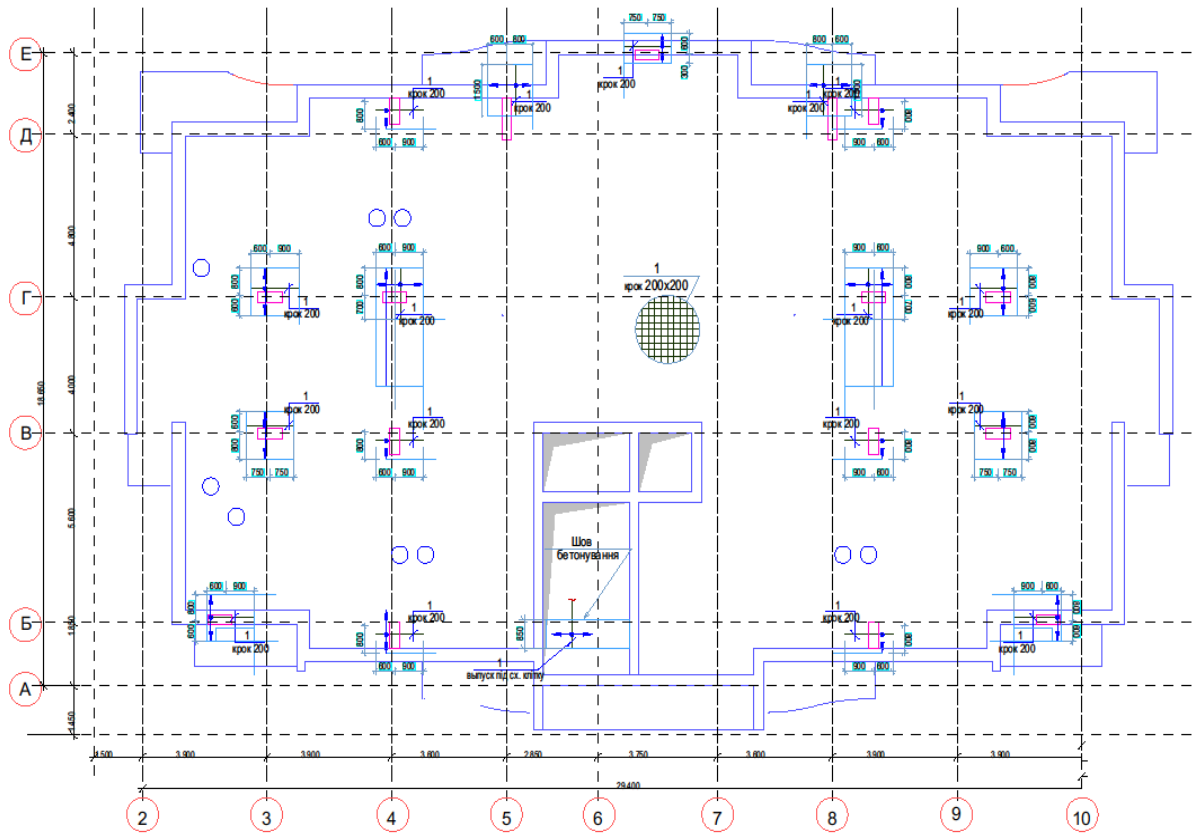
ФАСАД 2-10 (1:200)



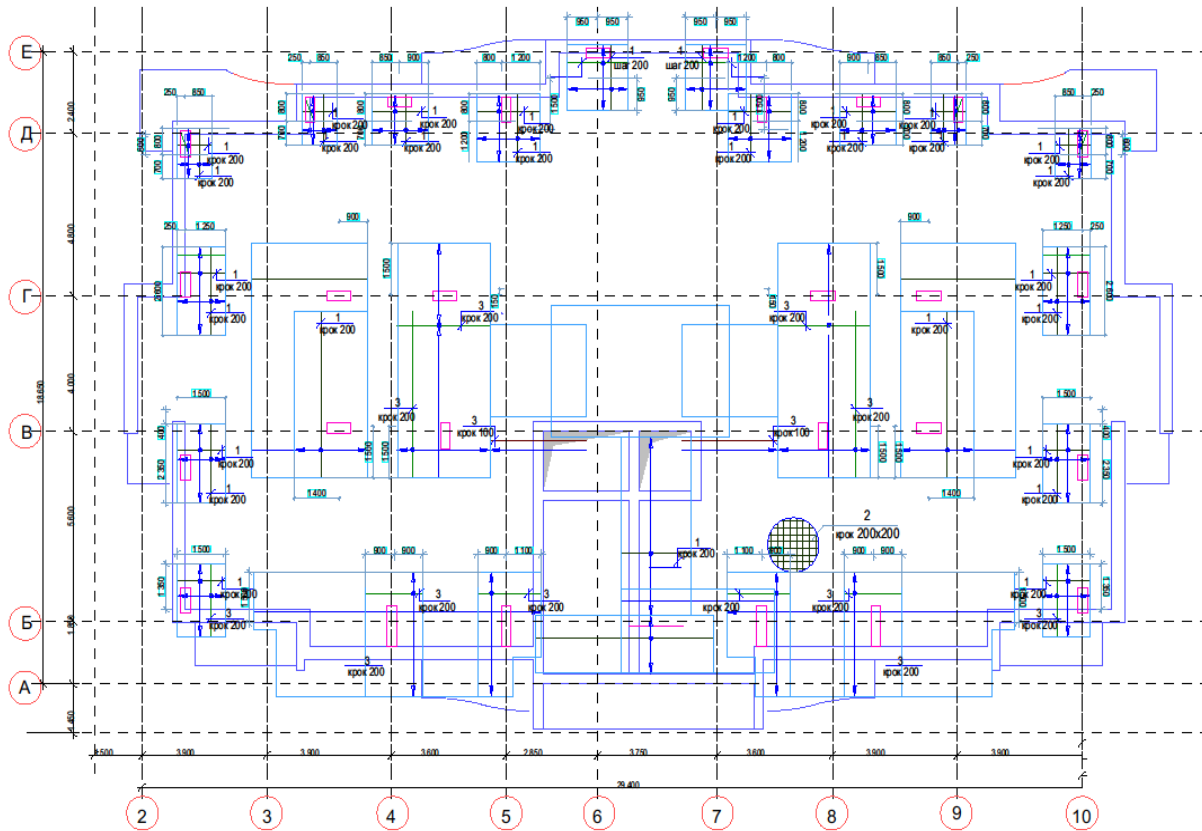
ФАСАД Д-А (1:200)



АРМУВАННЯ НИЖНЄ



АРМУВАННЯ ВЕРХНЄ



Специфікація монолітної з/б плити перекриття низ на відм +3,000...+16,200.

Відомість деталей

| Поз. | Екзис |
|------|-------|
| 4 | |

| Поз. | Позначення | Найменування | Кл. | Маса од.ж. | Примітка |
|----------------|------------|------------------------|--------|------------|----------|
| Збірні одиниці | | | | | |
| 1 | | O12 A500C | м.п. | 10862 | 0.888 |
| 2 | | O8 A500C | м.п. | 7955 | 0.395 |
| 3 | | O16 A500C | м.п. | 1917 | 1.58 |
| 4 | | O8 A500C | L=860 | 735 | 0.34 |
| 5 | | O12 A500C | L=1500 | 120 | 1.33 |
| 6 | | O12 A500C | L=2000 | 36 | 1.78 |
| Деталі | | | | | |
| Кр-1 | | Кр1 Каркас | 198 | 2.95 | шт. |
| Кр-2 | | Кр2 Каркас | 796 | 0.93 | м.п. |
| Матеріали | | | | | |
| | | Бетон кл. С20/25 (B25) | | 151,95 м³ | |

Вузол обрамлення отворів

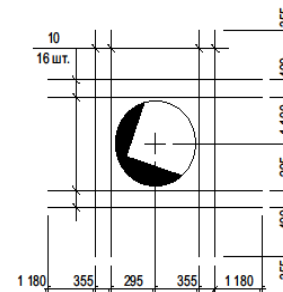
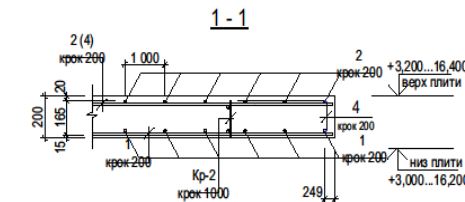
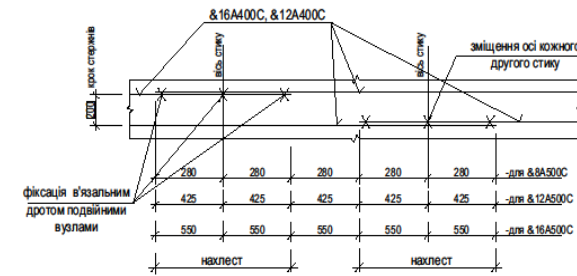


СХЕМА СТИКУВАННЯ АРМАТУРНИХ СТЕРЖНІВ ПО ДОВЖИНІ (в плані)



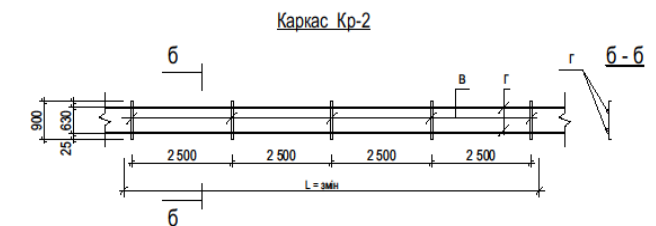
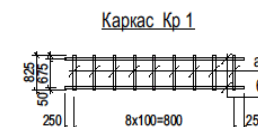
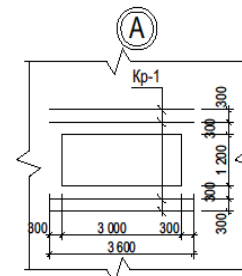
Специфікація каркасів

| Марка виробу | Поз. дет. | Найменування | Кл. шт. | Маса 1 дет.ж | Маса виробу, кг |
|--------------|-----------|--------------|---------|--------------|-----------------|
| Кр-1 | а | O12 A500C | L=165 | 9 | 0.15 |
| | б | O12 A500C | L=900 | 2 | 0.80 |
| Кр-2 | в | O8 A500C | L=180 | 2 | 0.07 |
| | г | O8 A500C | м.п. | 2 | 0.395 |

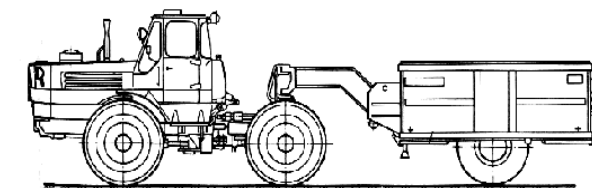
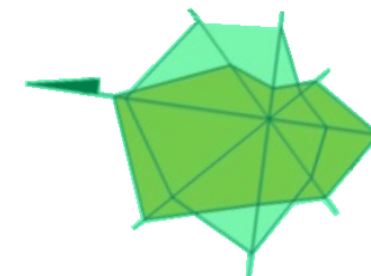
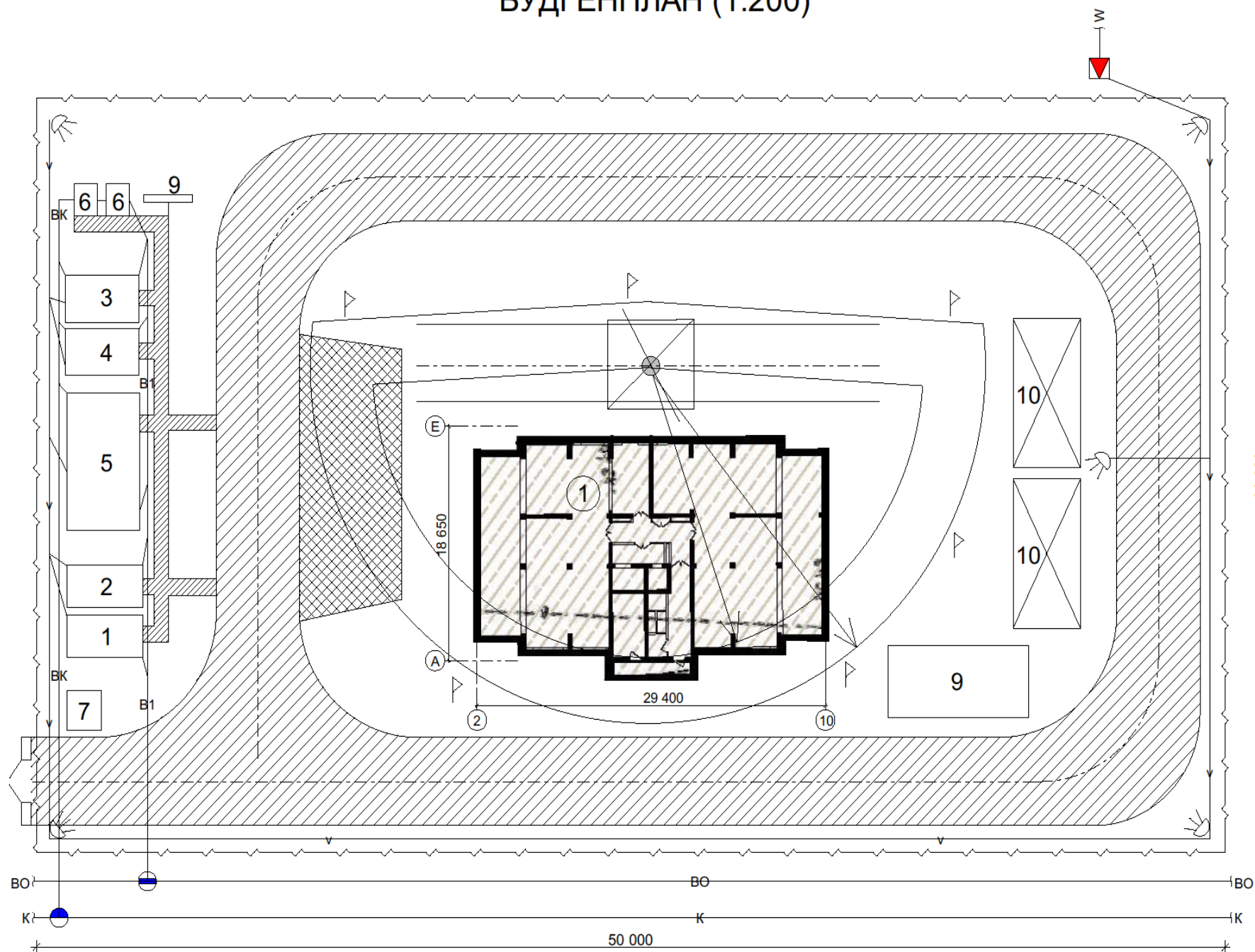
Відомість витрат сталі на елемент, кг

| Марка елемента | Вироби арматурні | | | | | Всього |
|-------------------------|------------------|-------|------|-------|-------|--------|
| | Арматура класу | | | | | |
| | A500C | | | | | |
| | ДСТУ 3760-2006 | | | | | |
| | O8 | O12 | O16 | Итого | | |
| Типова плита перекриття | 4132 | 10453 | 3029 | 17615 | 17615 | |

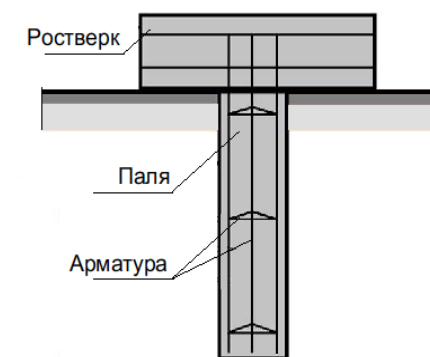
- Раскладку арматури вести в такій послідовності:
 - нижній ряд - розкласти арматурні стрижні уздовж літерних вісей, потім в перпендикулярному напрямку (вздовж цифрових вісей);
 - встановити підтримуючі каркаси (Кр-2) з кроком 1000мм і каркас (Кр-1) відповідно до вузлу "А";
 - арматуру верхнього ряду розкласти спочатку в напрямку вздовж літерних вісей, а потім в напрямку цифрових вісей.
- Для плити прийняти бетон класу С20 / 25 (B25). Товщина плити 200мм.
- При укладанні бетонної суміші забезпечити щільність бетону за допомогою застосування вібраторів.
- Каркаси Кр-1 і Кр-2 варити за допомогою ручного дугового зварювання КЗ- Рр.
- Поверхня робочих швів при бетонванні повинна бути перпендикулярна плиті. Для виконання робочих швів слід встановлювати сталеву сітку.
- При виконанні робіт складати акти обстеження прихованих робіт згідно з переліком видів робіт та конструкцій.
- Позицію 4 укладати по контуру плити
- Раскладку стрижнів вести з кроком 200мм, якщо не вказано інакше.



БУДГЕНПЛАН (1:200)



Пневмоколісний каток



Конструктивна схема фундаменту

УМОВНІ ПОЗНАЧЕННЯ

| | | | | | | | | |
|---|--|----------------------------|----|--|-----------------------------|----|--|----------------------------------|
| 1 | | Об'єкт, що будується | 6 | | Межа небезпечної зони крану | 11 | | Водопровідний колодязь |
| 2 | | Місце для розвантаження | 7 | | Тимчасова каналізація | 12 | | Колодязь тимчасового водопроводу |
| 3 | | Тимчасові дороги і проходи | 8 | | Водопровід | 13 | | Прожектор |
| 4 | | Тимчасові ЛЕП | 9 | | Каналізаційна мережа | 14 | | Огородження буд. майданчику |
| 5 | | Існуюча ЛЕП | 10 | | Каналізаційний колодязь | 15 | | Трансформаторна підстанція |

ТИМЧАСОВІ БУДІВЛІ І СПОРУДИ

| № п/п | Найменування | Примітка |
|-------|----------------------------------|---------------------|
| 1 | Виконробська | 30 м ² |
| 2 | Диспетчерська | 30м ² |
| 3 | Гардеробні, душові для чоловіків | 42 м ² |
| 4 | Гардеробні, душові для жінок | 42 м ² |
| 5 | Приміщення для прийому їжі | 84 м ² |
| 6 | Туалет | 10,2 м ² |
| 7 | Прохідна | 9 м ² |
| 8 | Щит з засобами пожежогасіння | 3 шт. |
| 9 | Відкритий склад | 175 м ² |
| 10 | Закритий склад | 220 м ² |

