

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Одеська державна академія будівництва та архітектури

Кафедра гідротехнічного будівництва

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

**до виконання курсового проекту з освітньої компоненти
«Чисельне моделювання гідротехнічних споруд»**

для студентів другого (магістерського) рівня, спеціальності
194 «Гідротехнічне будівництво, водна інженерія та водні технології»
ОП «Гідротехнічне будівництво, водна інженерія та водні технології»

УДК 556.1

**«ЗАТВЕРДЖЕНО»
Вченою Радою ІГБтаЦІ**

**Укладачі: Дмитрієв С.В., к.т.н., доц.
Якушев Д.І., доц.
Великий Д.І., ас.**

Рецензенти:

Директор ПП РЕТРОГРАД ПЛЮС

Опрятова І.І.

*Головний інженер інституту
УКРПІВДЕНГПРОВОДГОСП*

Зайцев В.А.

**Відповідальний за випуск зав. кафедрою
гідротехнічного будівництва
Осадчий В.С., к.т.н., доц.**

ЗМІСТ

ВСТУП	3
1. Склад і обсяги розділів курсового проекту	4
2. Створення розрахункової схеми	4
3. Навантаження та впливи	7
4. Комбінації завантажень і розрахункові сполучення зусиль	11
5. Вибіркові результати розрахунку	12
5.1. Деформований стан конструкції	12
5.2. Армування перетинів з/б елементів (типи кінцевих елементів)	13
5.3. Армування стрижневих елементів	14
5.4. Армування пластинчастих елементів	15
5.5. Підбір арматури з/б елементів і відображення результатів підбору	16
6. Висновки і рекомендації	17
7. Приклад оформлення курсового проекту	18
ДОДАТОК А. Вихідні дані	43
ДОДАТОК Б. Довідкові дані	48
СПИСОК ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ	49

ВСТУП

Методичні вказівки складені для студентів освітньої програми «Гідротехнічне будівництво, водна інженерія та водні технології» для виконання курсового проекту з освітньої компоненти «Чисельне моделювання гідротехнічних споруд».

У методичних вказівках наведено вихідні дані для виконання курсового проекту, методика і обсяг виконуваних розрахунків. Довідкові дані, необхідні для виконання розрахунків наведені в нормативних документах і навчальних матеріалах, на які в тексті методичних вказівок є посилання.

У курсовому проекті передбачається розробка рішень з проектування будівельних конструкцій будівлі (споруди), відповідно до завдання на курсове проектування, із застосуванням інформаційних технологій проектування. Розрахунки виконуються із застосуванням програмного комплексу SCAD Office, або будь-якого програмного продукту, що реалізує метод кінцевих елементів в будівельних розрахунках в рамках поставленого завдання.

Конструкція являє собою залізобетонний каркас, що складається з монолітних колон та перекриттів. Поставлена задача сформульована таким чином: сформувати розрахункову схему, зібрати і прикласти навантаження, виконати розрахунки з метою визначення деформацій конструкцій, зусиль і армування при дії заданих комбінацій завантажень і розрахункових сполучень зусиль.

Графічна частина може бути виконана в системах автоматичного проектування.

1 Склад і обсяги розділів курсового проекту

Пояснювальна записка виконується на аркушах формату А4. Окремі малюнки і схеми можуть бути виконані на аркушах формату А3. Графічна частина може бути виконана на аркуші формату А1 і повинна включати розрахункову схему конструкції і вибіркові результати розрахунку у вигляді деформованої схеми, карт і схем армування колон і перекриттів.

Пояснювальна записка включає в себе опис основних конструктивних рішень, розміри, перерізи та міцнісні характеристики елементів конструкції; опис прийнятих навантажень і комбінацій завантажень, опис граничних умов; короткий опис методики розрахунку і прийнятих типів кінцевих елементів; опис груп конструктивних елементів (з/б плит і колон) і їх параметрів (конструктивні довжини, захисні шари, коефіцієнти умов роботи та ін.) і вибіркові результати розрахунків (результати армування колон і перекриттів, деформаційні схеми та ін.).

2 Створення розрахункової схеми

Загальна послідовність створення розрахункової схеми включає в себе кілька етапів:

1. Створення геометрії конструкції.
2. Розбиття на сітку кінцевих елементів.
3. Завдання граничних умов.
4. Завдання навантажень.
5. Завдання комбінацій навантажень.
6. Завдання розрахункових сполучень зусиль.
7. Перевірка розрахункової схеми.
8. Виконання розрахунку.
9. Завдання груп конструктивних елементів.
10. Виконання розрахунку армування конструктивних елементів.
11. Аналіз результатів розрахунку.

Створення геометрії і призначення перетинів елементів конструкції

Формування геометрії конструкції засобами ПК SCAD Office виконується в закладці «Узлы и элементы». Закладка містить у собі кнопки «Узлы», «Элементы» і «Специальные элементы» (Рис. 2.1). Спеціальні елементи в рамках цієї роботи не використовуються. На першому етапі задається початковий вузол конструкції (Рис. 2.2). Надалі, копіюванням початкового вузла за трьома взаємно перпендикулярним напрямком на відстані відповідно до індивідуального завдання. Отримані вузли з'єднуються стрижневими кінцевими елементами (Рис. 2.3), формуючи, таким чином, каркасну модель конструкції.

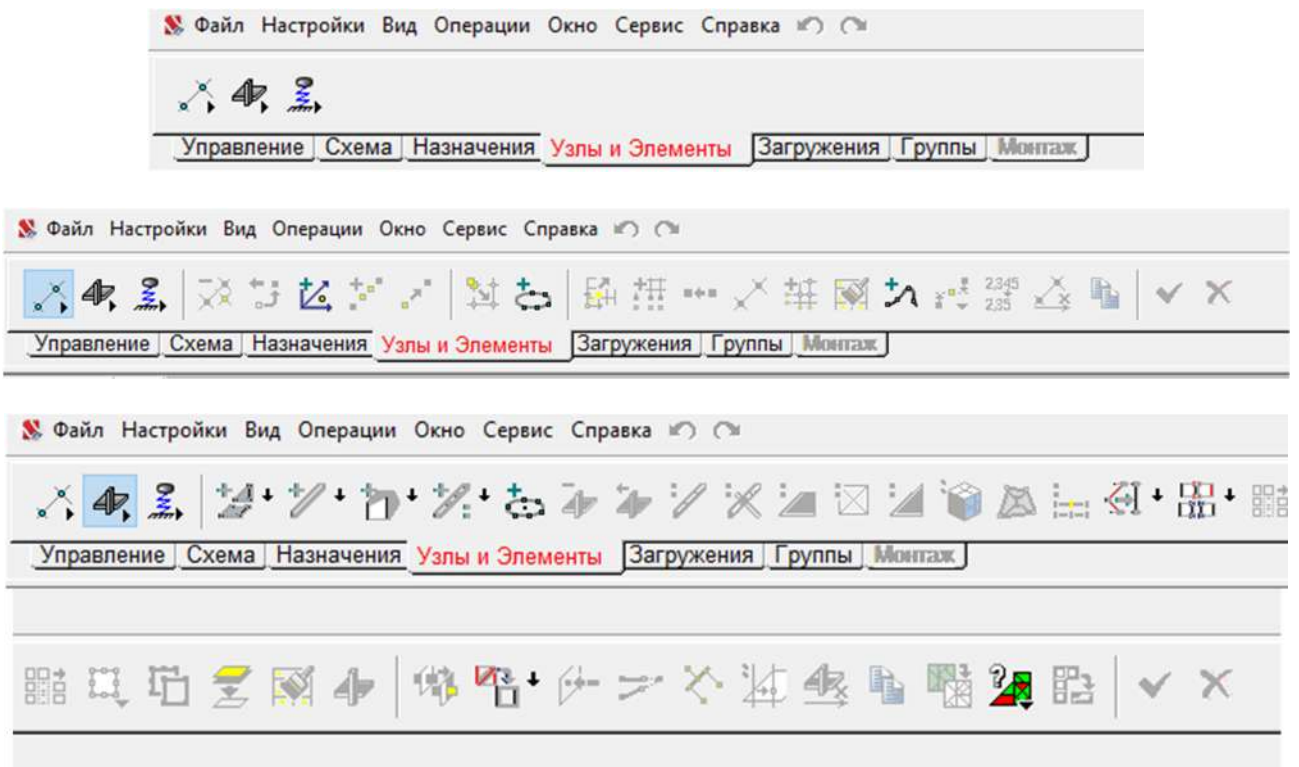


Рис. 2.1 Узлы й елементи конструкції

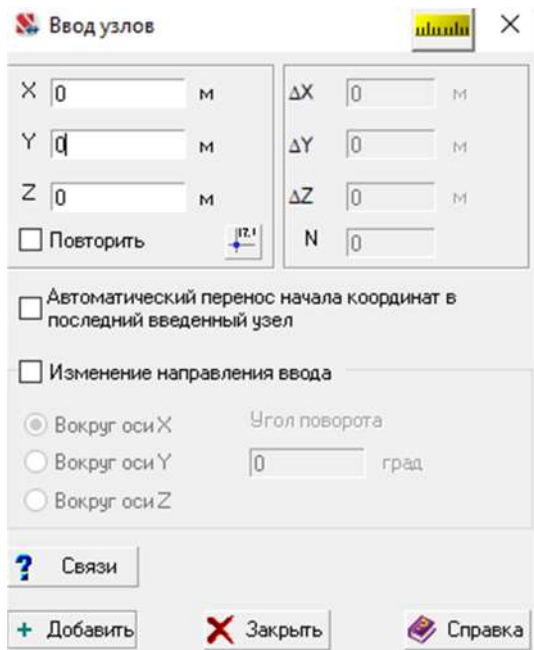


Рис. 2.2 Введения узлов

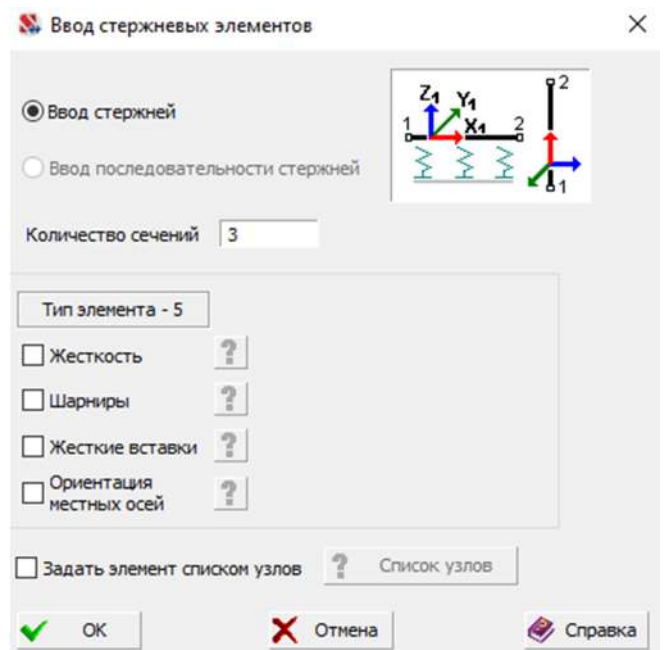


Рис. 2.3 Введения стержневых элементов

Конструкция перекрытий задается на высотных відмітках, відповідно до індивідуального завдання, за допомогою підпрограми «Генерація сітки произвольной формы на плоскости» (Рис. 2.4).



Рис. 2.4 Генерация сітки

Последовательность задания перекрытия (Рис. 2.5):

1. Опис контуру перекрытия по узлах модели.
2. Задания параметров сітки кінцевих элементов (тип, розмір кінцевого элемента).
3. Приміщення сформованого перекрытия з розбивкою на сітку кінцевих элементов на місце в загальній схемі.



Рис. 2.5 Завдання перекриття

Операція виконується послідовно для кожного перекриття.

Попередні розміри і міцнісні характеристики колон, перекриттів і балок (при необхідності) задаються в закладці «Назначения» (Рис. 2.6). Ці параметри можуть бути оптимізовані і відкориговані в процесі розрахунку. Також, в закладці «Назначения» задаються граничні умови даної схеми. В якості таких умов, в рамках цієї роботи, прийнято жорстке заземлення в ростверк нижніх кінців колон першого ярусу.



Рис. 2.6 Призначення розмірів та міцнісних характеристик

Завдання геометрії конструкції в ПК SCAD Office може бути задано декількома способами, в тому числі і засобами систем автоматичного проектування сторонніх виробників програмного забезпечення. Вибір оптимального способу визначається студентом.

3 Навантаження та впливи

Згідно з завданням на проектування необхідно виконати розрахунки конструкції на дію наступних навантажень:

1. Власна вага елементів конструкції.
2. Рівномірно розподілене навантаження на перекриття від складованих матеріалів.
3. Вітрове навантаження.
4. Снігове навантаження.

Навантаження на елементи конструкції призначаються в закладці «Загружения» (Рис. 3.1).



Рис. 3.1 Завдання навантажень

Власна вага елементів конструкції визначається автоматично засобами ПК SCAD Office. При цьому власна вага конструкцій повинна перепризначатися кожен раз при зміні перетинів або матеріалу елементів конструкцій.

Навантаження на перекриття від складованих матеріалів призначається відповідно до індивідуальної будівлі (Додаток А. Табл. А.1) і задається в вигляді рівномірно розподіленого навантаження на групу елементів (пластин).

Розрахунок вітрових і снігових навантажень виконується в програмі ВЕСТ ПК SCAD Office, або вручну відповідно до ДБН В.1.2-2:2006 «Навантаження та впливи».

Розрахунок вітрових і снігових навантажень в програмі ВЕСТ

Розрахунок вітрових і снігових навантажень в програмі ВЕСТ виконується шляхом активізації відповідної кнопки «Ветер» або «Снег» відповідно.

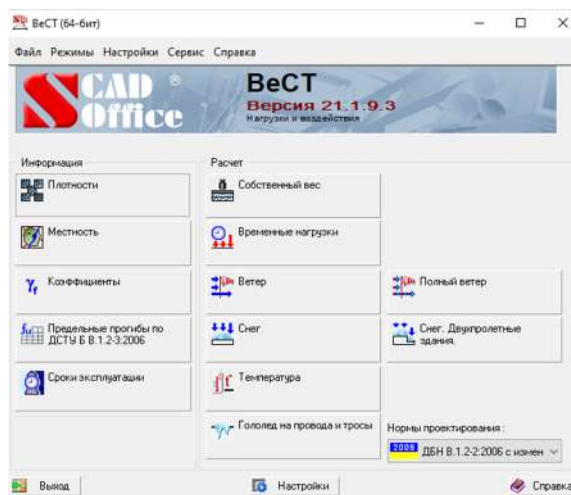


Рис. 3.2 Програма ВЕСТ

Вихідні дані для виконання розрахунку вітрових завантажень (Вітровий район, тип місцевості, висота над рівнем моря, висота споруди визначаються індивідуальним завданням – Додаток А. Табл. А.2). Середній період повторюваності вітрового завантаження прийнятий 100 років.

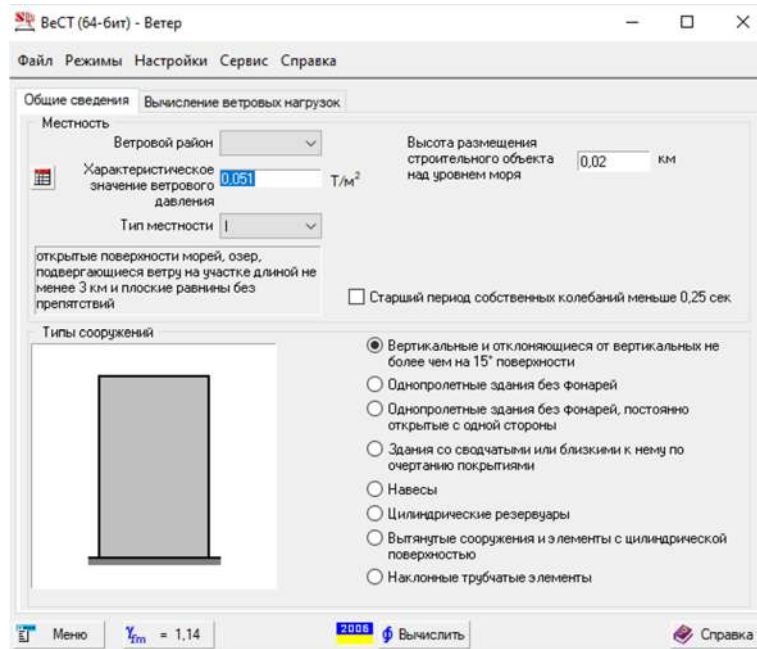


Рис. 3.3 Розрахунок вітрових навантажень в програмі ВЕСТ

Результатом розрахунку є епюри вітрового тиску (Рис. 3.4) по висоті споруди з навітряного і підвітряного боків (т/м^2).

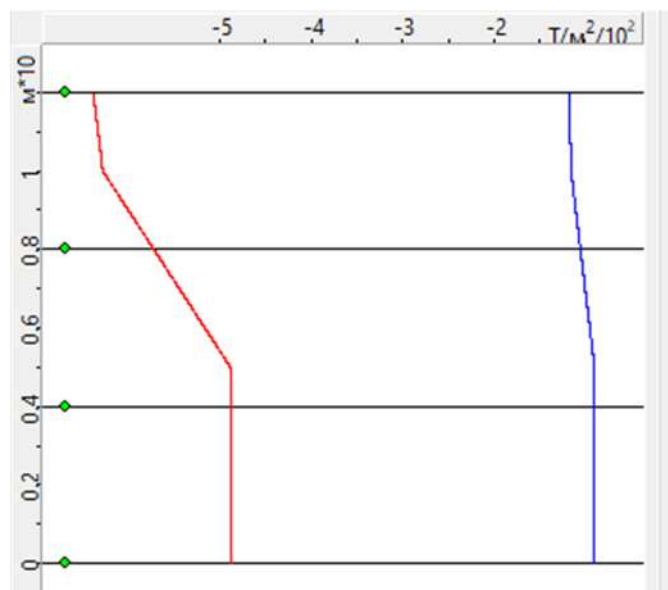


Рис. 3.4 Епюри вітрового тиску (з навітряного і підвітряного боків)

В рамках курсового проекту допускається навантаження прикладати на рівні перекриттів у вигляді рівномірно розподіленого навантаження по лінії в т/м.п. з перерахунком, відповідно до вантажної площі.

Розрахунок снігового навантаження виконувати у відповідному модулі програми ВЕСТ (Рис. 3.5) для плоскої покрівлі з висотою парапету 1м. Вихідні дані до розрахунку (висота, ширина будівлі) визначаються розмірами вихідними даними на проектування (Додаток А. Табл. А.3).

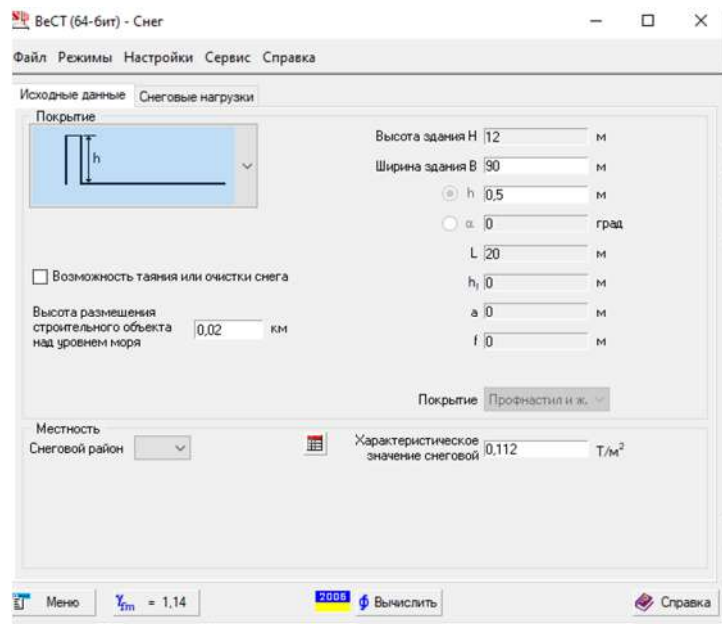


Рис. 3.5 Розрахунок снігового навантаження в програмі ВЕСТ

Снігове навантаження (Рис. 3.6) прикладати на плиту покрівлі будівлі рівномірно розподіленим навантаженням на групу елементів в т/м².

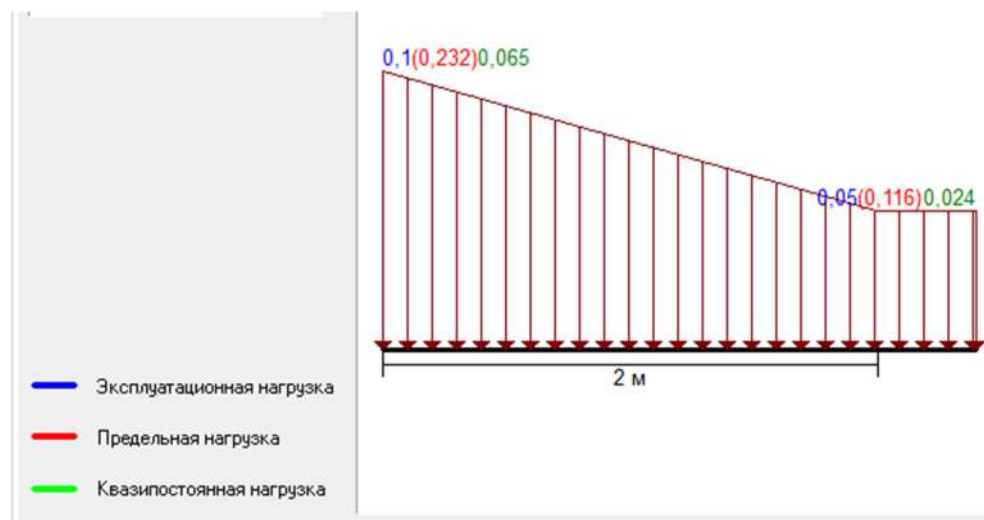


Рис. 3.6 Епюри снігового навантаження, т/м²

4 Комбінації завантажень і розрахункові сполучення зусиль

Комбінації завантажень і розрахункові сполучення зусиль і переміщень задаються у відповідних розділах дерева проектів.

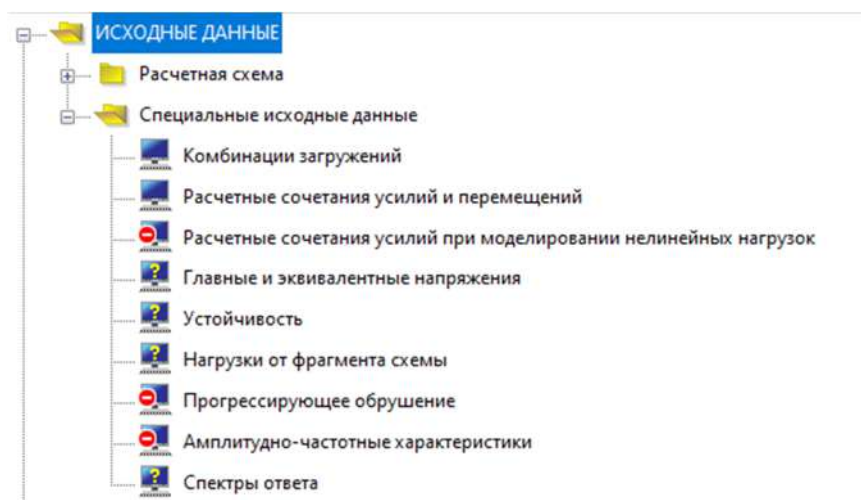


Рис. 4.1 Комбінування навантажень

Комбінування навантажень виконується відповідно до вимоги ДБНВ.1.2-2:2006 «Навантаження і впливи», а саме: сполучення навантаження формуються, як набір їхніх розрахункових значень або відповідних їм зусиль і/або переміщень, що використовується для перевірки конструкції або основи у певному граничному стані і в певній розрахунковій ситуації. Припускається, що всі навантаження в обраних сполученнях одночасно впливають на об'єкт розрахунку. До сполучення повинні входити навантаження, які найбільш несприятливо впливають на конструкції (основи) з точки зору граничного стану, що розглядається. Впливи, які взаємно виключають один одного, чи не можуть входити до одного сполучення [1].

Коефіцієнти поєднання навантажень і надійності за навантаженням визначаються ДБН В.1.2-2:2006 «Навантаження і впливи» [2]. У розділі «Расчетные сочетания усилий и перемещений» (рис. 4.1) пошук невідповідної комбінації завантажень відбувається автоматично відповідно до вимог нормативних документів. При цьому режимі «Комбинации загружений» передбачається явне вказування комбінації, яка розглядається.

5 Вибіркові результати розрахунку

Вибіркові результати розрахунок повинні включати в себе:

- деформовану схему споруди із зазначенням максимальних переміщень при основному поєднанні навантажень;
- результати армування колон (груп колон) - розмір перетину; клас бетону; клас, діаметри і кількість арматури.
- результати армування плит перекриттів (по ярусах) - карти армування (верхнє / нижнє армування за напрямками - клас бетону; діаметри і кількість арматури).

Результати розрахунку повинні бути отримані в розділі «Результаты – графический анализ» дерева проекту (Рис. 5.1).

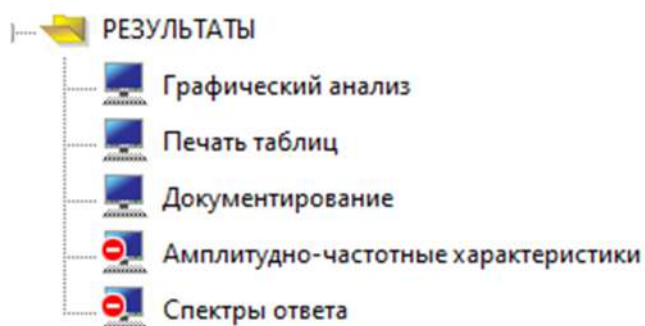


Рис. 5.1 Результаты розрахунку

5.1 Деформований стан конструкції

Аналіз деформованого стану конструкції проводиться в розділі «Перемещения» (Рис. 5.2).



Рис. 5.2 Аналіз деформацій конструкції

5.2 Армування перетинів залізобетонних елементів (типи елементів)

У цьому режимі виконується підбір арматури і експертиза заданого армування в елементах залізобетонних конструкцій за граничними станами першої і другої груп відповідно до вимог ДСТУ Б В.1.2-3:2006. Розрахунок проводиться для залізобетонних конструкцій, що виконуються з важкого, дрібнозернистого і легкого бетонів з використанням арматурної сталі або арматурної проволочи.

Бібліотека процедур підбору арматури містить наступні модулі:

- **Стрижень 2D** – для армування плоских стрижневих залізобетонних елементів прямокутного, таврового, двотаврового і кільцевого перетинів за граничними станами першої та другої груп;
- **Стрижень 3D** – для армування просторових стрижневих залізобетонних елементів прямокутного, таврового, двотаврового і кільцевого перетинів за граничними станами першої та другої груп;
- **Плита** – для армування елементів плит за граничними станами першої та другої груп;
- **Оболонка** – для армування елементів оболонок за граничними станами першої і другої груп;
- **Балка-стінка** – для армування елементів балок-стінок за граничними станами першої і другої груп.

Вихідними даними для роботи постпроцесора є:

- геометрія перетину, що армується;
- розрахункові поєднання зусиль (РПЗ);
- інформація про клас бетону, клас арматури, відстань до центра ваги арматури і т.п.

5.3 Армування стрижневих елементів

Читання результатів розрахунку армування стрижневих елементів.

Площу поздовжньої арматури (S_1, S_2, S_3, S_4) – сумарна площа арматурних стержнів, розташованих уздовж поздовжньої осі стрижня біля певних граней перетину елемента (см^2).

$$S_i = \sum_{k=1}^{M_{iz(y)}} a_k$$

де: M_i – кількість арматурних стрижнів i -го виду;

a_k – площа одного арматурного стрижня під номером k .

Площа поперечної арматури (IW_z, IW_y) – сумарна площа (см^2) арматурних стрижнів в перетині елемента, розташованих паралельно певним граням перетину (для хомутів – кількість зрізів, тобто кількість перетинів хомутів з площиною, що проходить через подовжню вісь стрижня).

$$IW_{z(y)} = \sum_{k=1}^{M_{z(y)}} W_{z(y)k}$$

Інтенсивність поперечного армування (W_z, W_y) – площа поперечної арматури, яка припадає на одиницю довжини зони поперечного армування в напрямку, паралельному відповідній межі, і чисельно рівна сумарній площі поперечної арматури $IW_z(y)$, що лежить в перетині стрижня паралельно відповідній межі, поділеній на крок розкладки даного виду арматури ($\text{см}^2/\text{м}$).

$$W_{z(y)} = IW_{z(y)} / S_{z(y)}$$

Вихідні дані задаються в діалоговому вікні постпроцесора. Результатом роботи постпроцесора є площі «розмазані» арматури, а також кількість, площа перетину і діаметри арматурних стрижнів. Результати розрахунків представляються у вигляді таблиці.

Сечени е	Продольная арматура								Поперечная арматура, максимальный шаг хомутов			
	Несимметричная					Симметричная			IW_z	Шаг	IW_y	Шаг
	S_1	S_2	S_3	S_4	%	S_1	S_3	%				
	см ²	см ²	см ²	см ²		см ²	см ²		см ² /м	мм	см ² /м	мм

Рис. 5.1 Схеми армування стрижневих елементів різного перетину

5.4 Армування пластинчастих елементів

Загальна схема алгоритму

У загальному випадку є необхідність визначити значення для шести видів арматури (Рис. 5.2).

Попередньо визначається набір невігідних поєднань завантажень. У цей набір входять внутрішнє зусилля, що створюють екстремальні значення нормальних напружень на зовнішній і внутрішній поверхнях, а також екстремальні значення дотичних напружень у напрямку товщини пластини. Використовуються значення, які стосуються середніх точок кінцевих елементів.

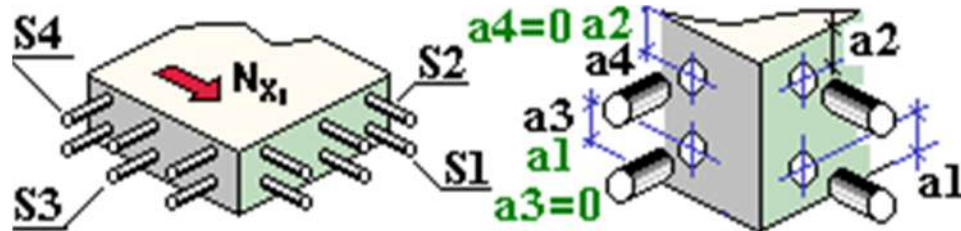


Рис. 5.2 Схема армування перетинів кінцевого елемента плити і оболонки

S_i – площі горизонтального армування верхнього/нижнього по двох взаємно перпендикулярним напрямкам.

a_1, a_2, a_3, a_4 – захисний шар армування S_1, S_2, S_3, S_4 відповідно

Для кожного кінцевого елемента пластини перебором варіантів поєднань перевіряється міцність пластини (визначаються ядрові моменти, знаходяться кути α , з'ясовується можлива схема утворення тріщин і т.д.) і, якщо умови міцності не виконуються, збільшується значення інтенсивності армування. Це виконується до тих пір, поки не будуть задоволені умови міцності або ж не виявиться, що забезпечити умови міцності, не перевершуючи заданого максимального відсотка армування неможливо, про що видається відповідне повідомлення.

Далі для підбраного армування виконується (якщо це необхідно) перевірка ширини розкриття тріщин. Якщо ширина розкриття тріщин перевищує допустиму, площа арматури нарощується до тих пір, поки ширина розкриття тріщин не стане задовільною. При підборі поздовжньої і поперечної арматури від дії кожного наступного поєднання враховується арматура, підібрана від дії попередніх поєднань.

5.5 Підбір арматури з/б елементів і відображення результатів підбору

Підбір арматури і відображення результатів підбору виконується в розділі «Подбор арматуры» інструментальної панелі «Железобетон». Для виконання підбору необхідно попередньо сформувані конструктивні елементи і/або їх групи. Крім того, для всіх кінцевих елементів, що входять в ці конструктивні елементи і групи, повинні бути обчислені розрахункові сполучення зусиль (РПЗ).

Групи колон формуються в розділі «Железобетон – Создание групп армирования стержней» (Рис. 5.3).

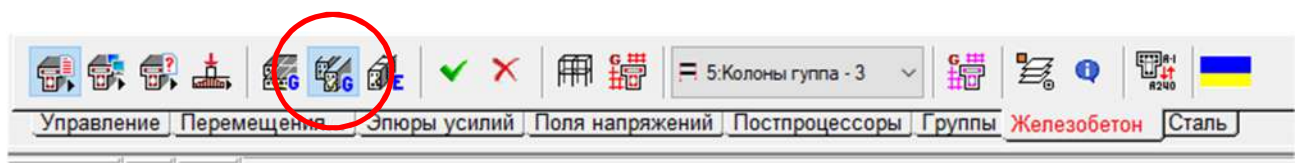


Рис. 5.3 Створення груп армування колон

Групи плит перекриттів формуються в розділі «Железобетон – Создание групп армирования пластин» (Рис. 5.4).

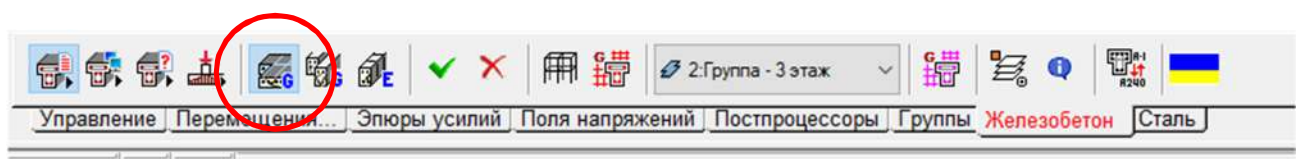


Рис. 5.4 Створення груп армування плит перекриттів

У групах вказуються захисні шари арматури, тип елемента, що розраховується, виробляти/не виробляти розрахунок по тріщиностійкості, клас бетону і ряд коефіцієнтів, значення яких залежать від призначеного класу відповідальності (CC1, CC2, CC3) [2].

Активізація розрахунку армування проводиться шляхом активізації модуля «Підбір арматури» (рис. 5.5).



Рис. 5.5 Підбір арматури залізобетонних елементів конструкції

6 Вибіркові результати розрахунку

Вибіркові результати розрахунку оформляються у вигляді деформованої схеми (схем) при різних комбінаціях завантажень із зазначенням максимальних переміщень у вертикальній і горизонтальній площині і максимальних перекосів поверхів і всієї будівлі.

Також наводяться результати армування колон і карти армування перекриттів.

Армування колон: панель фільтрів → «Інформація об елементі» → вибрати колону → активувати модуль «Арматура».

Отримання карт армування перекриттів: Відображення ізополів армування пластин (Рис. 5.6).



Рис. 5.6 Підбір арматури залізобетонних елементів конструкції

Приклад виконання курсового проекту

1 Вихідні дані

Таблиця 1.1 Геометричні розміри конструкції

Варіант	a, м	b, м	c, м	d, м	e, м
6	6.5	5	6,5	4,5	3

Таблиця 1.2 Навантаження на перекриття

Варіант 6	1 ярус	250кг/м ²
	2 ярус	350кг/м ²
	3 ярус	350кг/м ²

Таблиця 1.3 До розрахунку снігових навантажень

Варіант	Сніговий район
6	2

Таблиця 1.4 До розрахунку вітрових навантажень

Варіант	Вітровий район
6	2

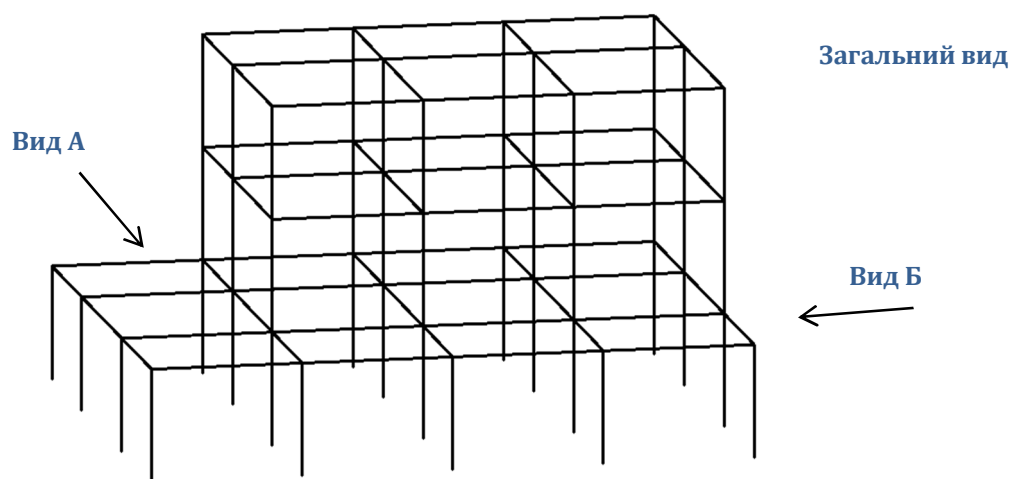
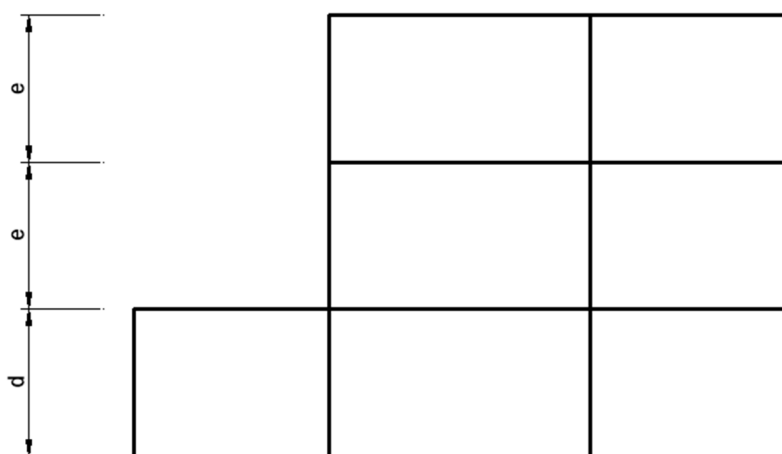
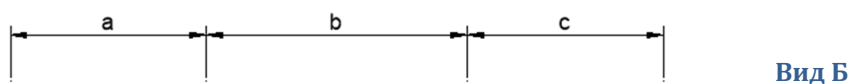
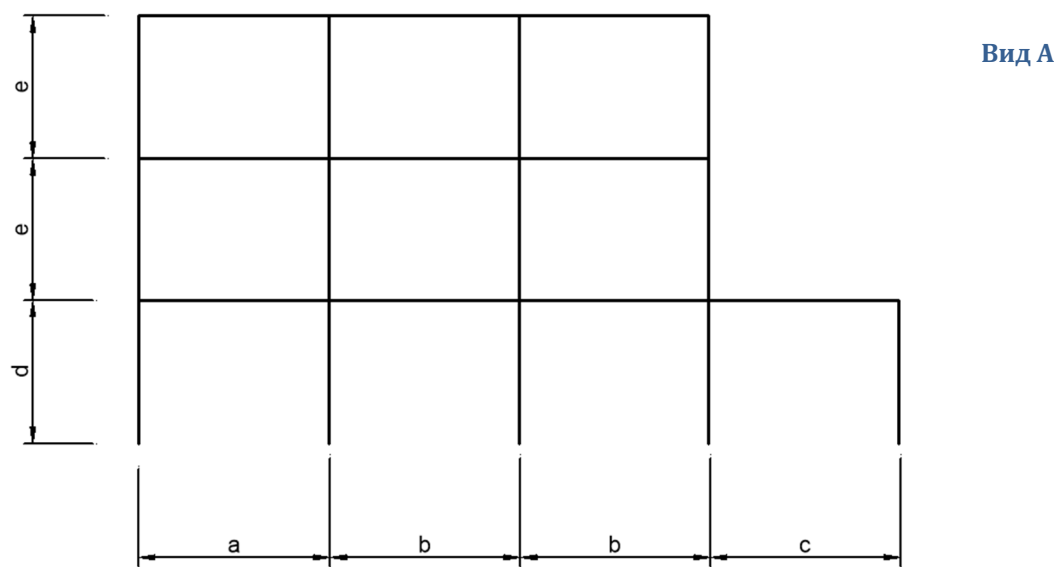


Рис 1.1 Варіант 6. Геометричні розміри конструкції

2 Опис основних конструктивних рішень

Розрахункова схема конструкції являє собою триярусну залізобетонну споруду (Рис. 2.1), що складається з колон і перекриттів. Уздовж цифрових осей будівля на першому ярусі має три прольоти – 6,5м, 6,5м, 5,0м. Уздовж буквених осей – 4 прольоти (6,5м, 5,0м, 5,0м, 6,5м). Висота першого ярусу 4,5 м. Висота другого і третього ярусів – 3,0м. В рівні другого і третього ярусів кількість прольотів уздовж цифрових осей – 2 (6,5м, 5,0м), вздовж буквених – 3 (6,5м, 5,0м, 5,0м). Загальна висота будівлі 10,5м. Габарити будівлі – 23x18м. Площа першого ярусу 414м². Площа другого і третього ярусів по 190м².

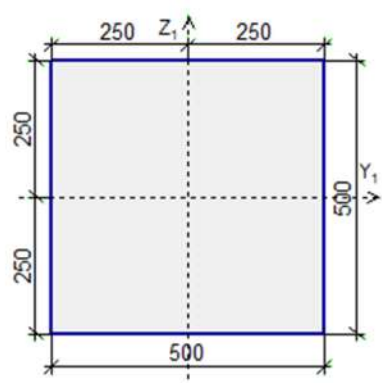
З'єднання нижніх кінців колон першого ярусу з ростверком – жорстке.

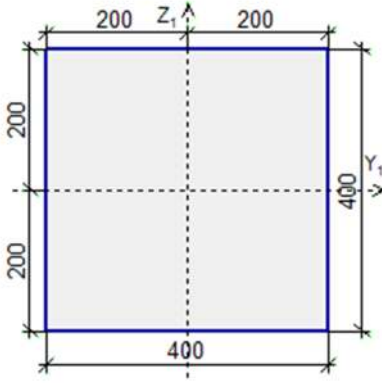
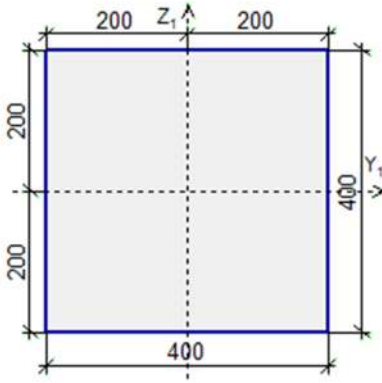


Рис. 2.1 Граничні умови системи «Будівля-основа»

3 Призначення перетинів елементів будівельних конструкцій

Перетини елементів (геометричні розміри і жорсткісні характеристики) призначаються попередньо і в подальшому, після аналізу результатів розрахунку, можуть бути відкориговані (Таблиця 2.1).

Колони першого ярусу	<p>Размери сечений в мм</p> 	Залізобетонні Клас бетону С20/25. Клас арматури: Поздовжньої – А500С Поперечної – А240С
----------------------	--	---

Колони другого ярусу	<p>Размеры сечений в мм</p> 	<p>Залізобетонні</p> <p>Клас бетону C20/25.</p> <p>Клас арматури:</p> <p>Поздовжньої – A500C</p> <p>Поперечної – A240C</p>
Колони третього ярусу	<p>Размеры сечений в мм</p> 	<p>Залізобетонні</p> <p>Клас бетону C20/25.</p> <p>Клас арматури:</p> <p>Поздовжньої – A500C</p> <p>Поперечної – A240C</p>
Перекриття	h=250мм	<p>Залізобетонні</p> <p>Клас бетону C20/25.</p> <p>Клас арматури:</p> <p>Поздовжньої – A500C</p> <p>Поперечної – A500C</p>

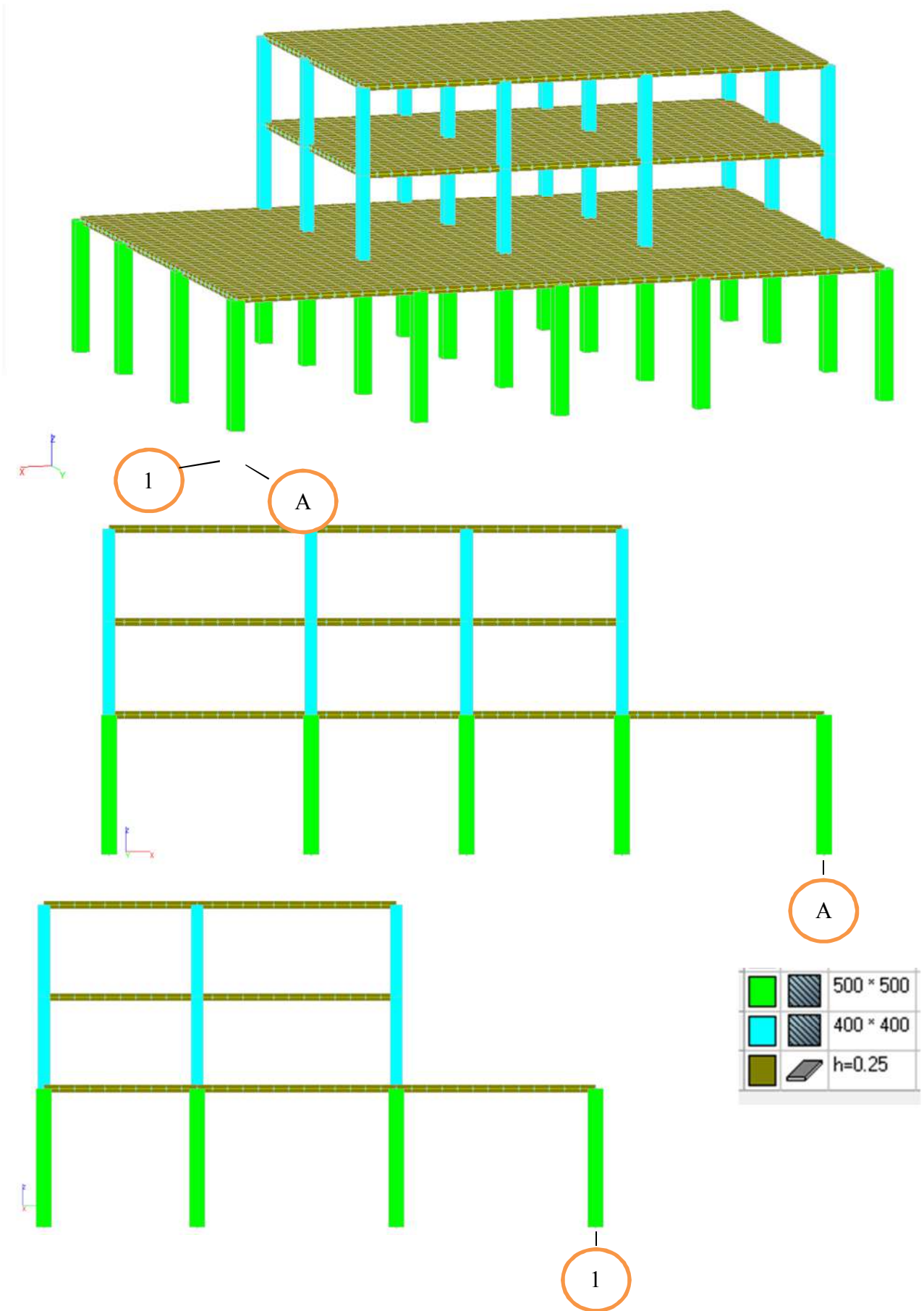


Рис. 1 Загальний вигляд з/б конструкції

4 Навантаження і впливи

Прийняті завантаження:

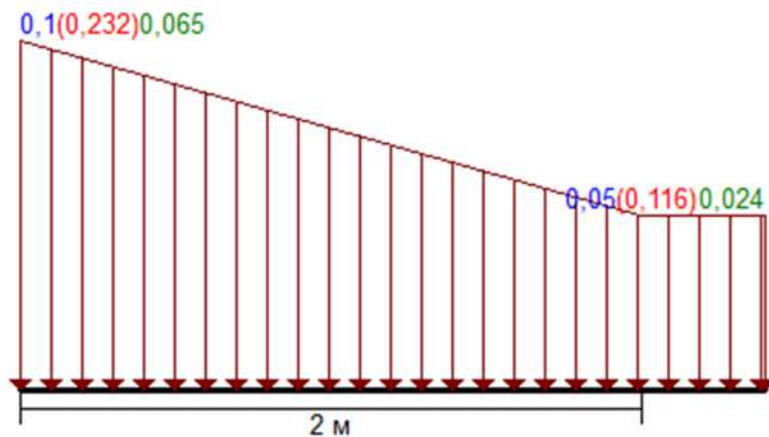
1. Власна вага - визначається автоматично засобами програмного комплексу SCAD. Коефіцієнт надійності за навантаженням 1,1.
2. Рівномірно розподілене навантаження на перекриття першого ярусу: 250кг/м^2 . Коефіцієнт надійності за навантаженням – 1,2. Розрахункове значення навантаження на перекриття першого ярусу – $250 \times 1,2 = 300\text{кг/м}^2$.
3. Рівномірно розподілене навантаження на перекриття другого ярусу: 350кг/м^2 . Коефіцієнт надійності за навантаженням – 1,2. Розрахункове значення навантаження на перекриття першого ярусу – $350 \times 1,2 = 420\text{кг/м}^2$.
4. Рівномірно розподілене навантаження на перекриття третього ярусу: 250кг/м^2 . Коефіцієнт надійності за навантаженням – 1,2. Розрахункове значення навантаження на перекриття третього ярусу – $250 \times 1,2 = 300\text{кг/м}^2$.
5. Снігове навантаження на перекриття третього ярусу. Розрахунок проводиться в програмі Вест.
6. Вітрове навантаження на перекриття третього ярусу. Розрахунок проводиться в програмі Вест.

Розрахунок виконаний по нормам проектування

«ДБН В.1.2-2: 2006 зі зміною №1»

Параметр	Значення	Одиниці вимірювання
Місцевість		
Сніговий район	2	
Характеристичне значення снігового навантаження	0,102	Т/м ²
Висота розміщення будівельного об'єкта над рівнем моря	0,02	км
Будівля		
		

Параметр	Значення	Одиниці вимірювання
Ширина будівлі В	21,5	м
h	1	м
Неутеплені конструкції з підвищеною тепловіддачею	Нет	
Коефіцієнт надійності за граничним розрахунковим значенням	1,14	
Коефіцієнт надійності за експлуатаційним розрахунковим значенням	0,49	



Одиниці виміру : т/м²

- Експлуатаційне значення
- Граничне значення
- Квазіпостійне значення

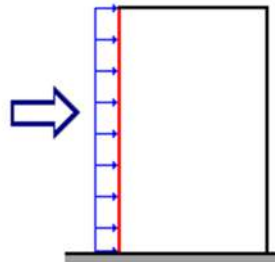
Снігове навантаження прикладається на плиту перекриття третього ярусу.

Розрахунок виконаний по нормам проектування

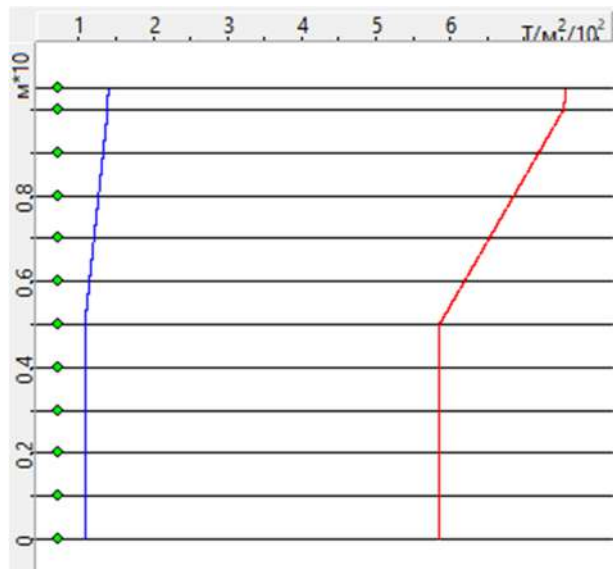
«ДБН В.1.2-2: 2006 зі зміною №1»

Вхідні дані	
Вітровий район	2
Характеристичне значення вітрового тиску	0,046 т/м ²

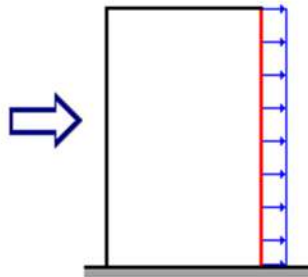
Вхідні дані	
Тип місцевості	I - відкриті поверхні морів, озер, котрі піддаються вітру на ділянці довжиною не менше 3 км і плоскі рівнини без перешкод
Тип будівлі	Вертикальні і які відхиляються від вертикальні не більш як на 15 °
Висота розміщення будівельного об'єкта над рівнем моря	0,02 км



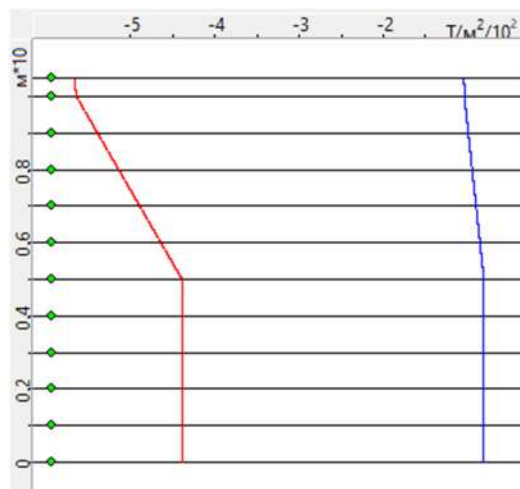
Параметри		
Поверхня	Навітряна поверхня	
Крок сканування	1 м	
Коефіцієнт надійності за граничним розрахунковим значенням	1,14	
Коефіцієнт надійності за експлуатаційним розрахунковим значенням	0,21	
Н	10,5	м



Висота (м)	Експлуатаційне значення (т/м ²)	Граничне значення (т/м ²)
0	0,011	0,059
1	0,011	0,059
2	0,011	0,059
3	0,011	0,059
4	0,011	0,059
5	0,011	0,059
6	0,011	0,062
7	0,012	0,065
8	0,013	0,069
9	0,013	0,072
10	0,014	0,075
10,5	0,014	0,076



Параметри		
Поверхня	Підвітряна поверхня	
Крок сканування	1 м	
Коефіцієнт надійності за граничним розрахунковим значенням	1,14	
Коефіцієнт надійності за експлуатаційним розрахунковим значенням	0,21	
Н	10,5	м



Висота (м)	Експлуатаційне значення (т/м ²)	Граничне значення (т/м ²)
0	-0,008	-0,044
1	-0,008	-0,044
2	-0,008	-0,044
3	-0,008	-0,044
4	-0,008	-0,044
5	-0,008	-0,044
6	-0,009	-0,046
7	-0,009	-0,049
8	-0,009	-0,051
9	-0,01	-0,054
10	-0,01	-0,056
10,5	-0,01	-0,057

Додаток вітрового навантаження діє в рівні перекриттів. Перерахунок вітрового навантаження з урахуванням вантажної площі по ярусах:

Навітряна сторона

1 ярус	$0,059\text{т/м}^2 \cdot (4,5\text{м} + 3\text{м}) / 2 = 0,221\text{т/м.п.}$	h=4.5м
2 ярус	$0,066\text{т/м}^2 \cdot (3\text{м} + 3\text{м}) / 2 = 0,198\text{т/м.п.}$	h=7.5м
3 ярус	$0,076\text{т/м}^2 \cdot (3\text{м} + 0\text{м}) / 2 = 0,114\text{т/м.п.}$	h=10.5м

Підвітряна сторона

1 ярус	$-0,044\text{т/м}^2 \cdot (4,5\text{м} + 3\text{м}) / 2 = 0,165\text{т/м.п.}$	h=4.5м
2 ярус	$-0,050\text{т/м}^2 \cdot (3\text{м} + 3\text{м}) / 2 = 0,150\text{т/м.п.}$	h=7.5м
3 ярус	$-0,057\text{т/м}^2 \cdot (3\text{м} + 0\text{м}) / 2 = 0,085\text{т/м.п.}$	h=10.5м

5 Комбінації завантажень

Завантаження сформовані в логічні комбінації.

Комбінація 1	L1+L2
Комбінація 2	L1+L3
Комбінація 3	L1+L4
Комбінація 4	L1+L2+L3+L4
Комбінація 5	L1+L2+L3+L4+L5
Комбінація 6	L1+L2+L3+L4+L6
Комбінація 7	L1+L2+L3+L4+L5+L6

де: L1-L6 – Прийняті завантаження з відповідним номером.

6 Групи конструктивних елементів

Для підбору арматури всі елементи конструкції згруповані по типу кінцевого елемента, цільовим призначенням, геометричні та жорсткі характеристики перетину, а також положенню в розрахунковій схемі.

Група 1	Колони першого ярусу
Група 2	Колони другого ярусу
Група 3	Колони третього ярусу
Група 4	Перекриття першого ярусу
Група 5	Перекриття другого ярусу
Група 6	Перекриття третього ярусу

Тип елемента для армування плит перекриття – оболонка.

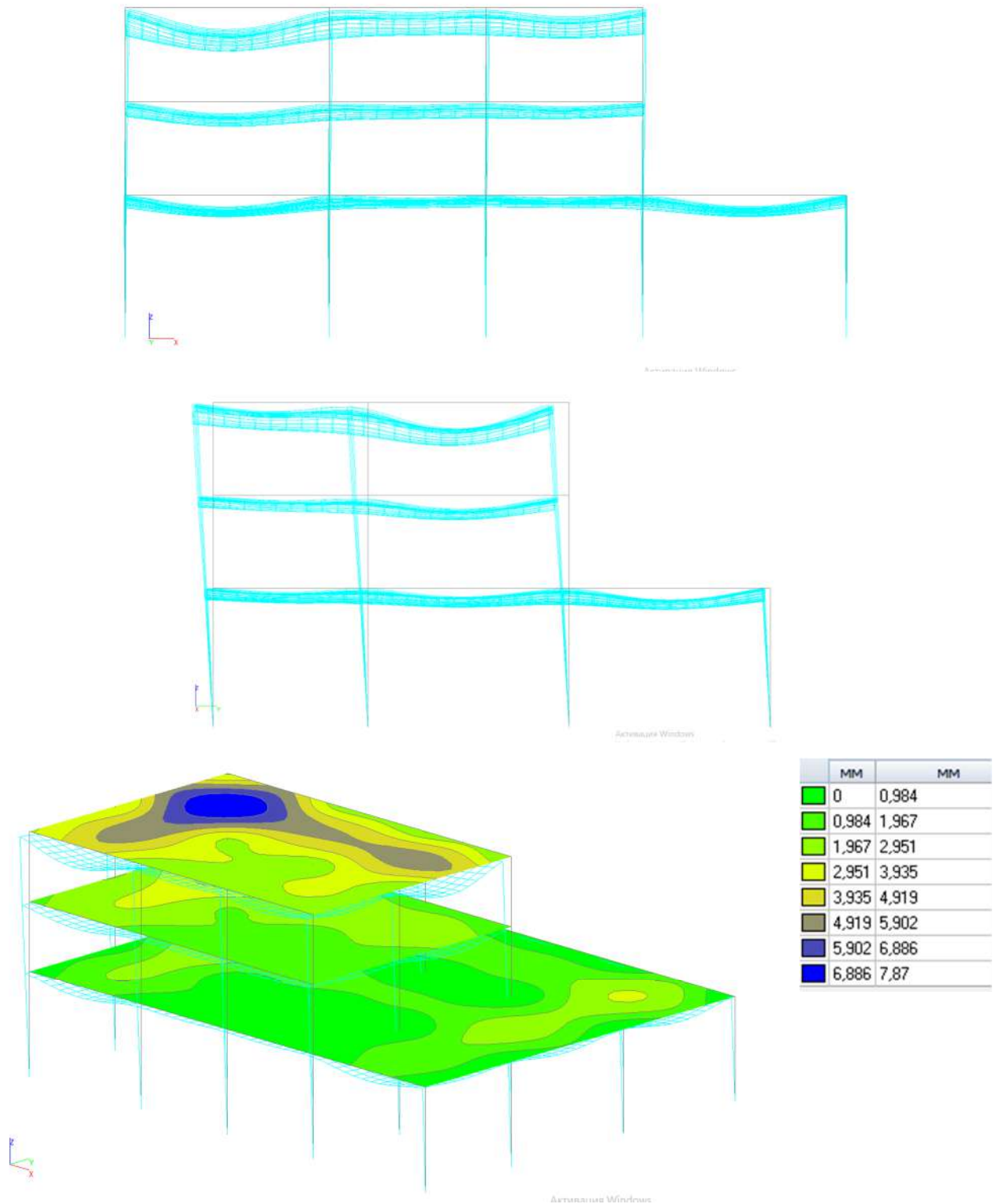
Тип елемента для армування колон – згинальний.

Розрахунок виконується з урахуванням тріщиностійкості.

Захисний шар (до центру арматури) – 30мм.

7 Вибіркові результати розрахунку

Деформована схема будівлі при основному поєднанні завантаженні:

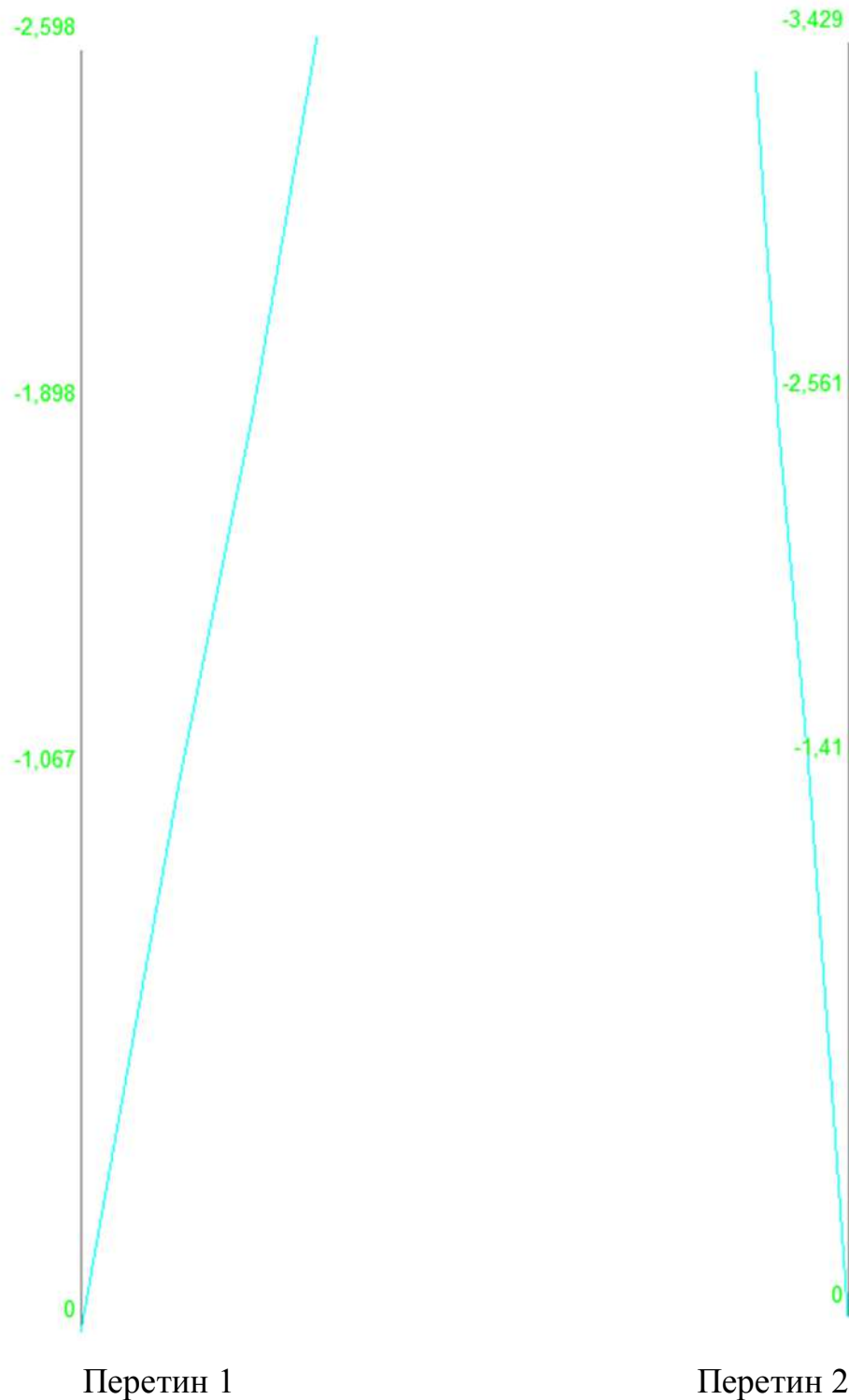


Сумарні переміщення при основному поєднанні навантажень.
Комбінація завантажень №7.

Максимальні сумарні переміщення – 7,87мм, при комбінації завантажень №7.

Максимальні вертикальні переміщення – 7,15мм, при комбінації завантажень №7.

Максимальні горизонтальні переміщення – 3,45мм, при комбінації завантажень №7.



Горизонтальні переміщення при основному поєднанні навантажень.
Комбінація завантажень №7.

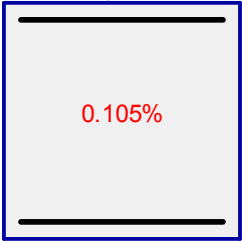
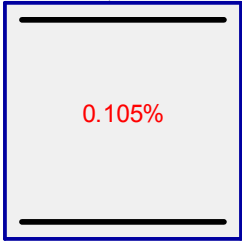

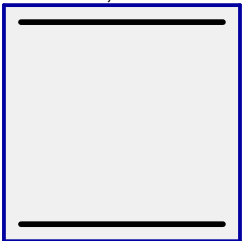
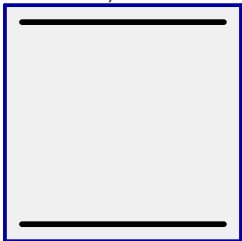
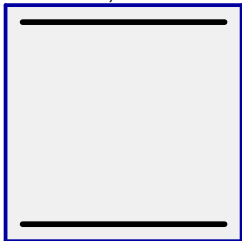
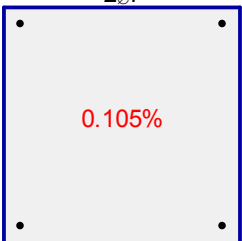
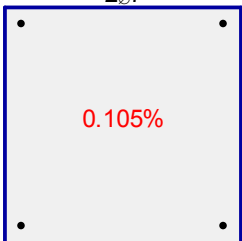
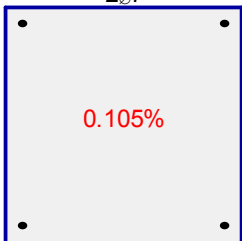
Перетин		Поздовжня арматура							Поперечна арматура, максимальний крок хомутів				
		Несиметрична					Симетрична		IW_z	Крок	IW_y	Крок	
		S_1	S_2	S_3	S_4	%	S_1	S_3					%
		см ²	см ²	см ²	см ²		см ²	см ²		см ² /м	мм	см ² /м	мм
2	+	2,469	2,469			0,21	2,469		0,21	0,015	100	0,015	100
	крутіня	0,001	0,001				0,001			0,015		0,015	
3	+	2,469	2,839			0,226	2,839		0,242	0,015	100	0,015	100
	крутіня	0,001	0,001				0,001			0,015		0,015	

Арматура		Перетин		
		1	2	3
поздовжня несиметрична	см ²	2,469 2,839 0.226%	2,469 2,469 0.210%	2,839 2,469 0.226%
поздовжня несиметрична	см ²	2,47 2,84 0.262%	2,47 2,47 0.262%	2,84 2,47 0.262%
поздовжня несиметрична	мм	2 \varnothing 14 2 \varnothing 14 0.262%	2 \varnothing 14 2 \varnothing 14 0.262%	2 \varnothing 14 2 \varnothing 14 0.262%
поздовжня симетрична	см ²	2,839 2,839 0.242%	2,469 2,469 0.210%	2,839 2,839 0.242%

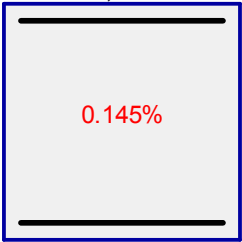
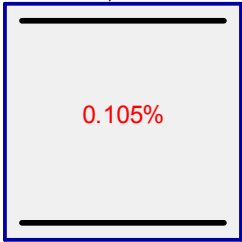
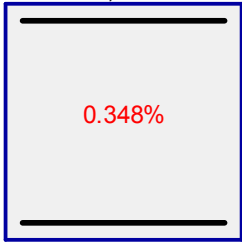
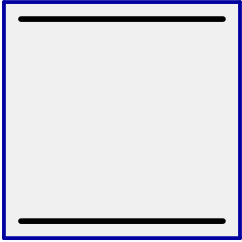
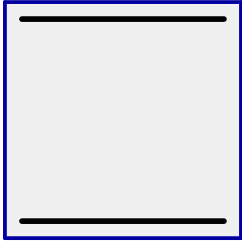
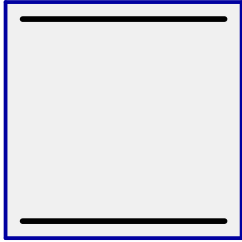
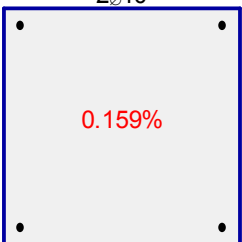
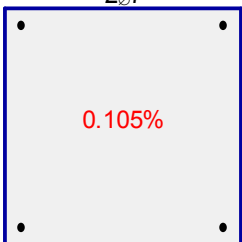
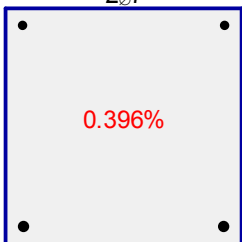
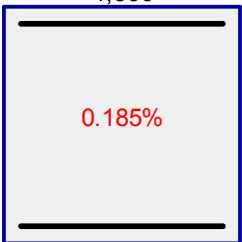
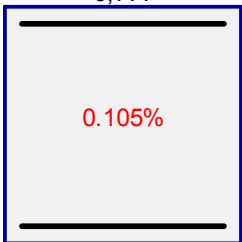
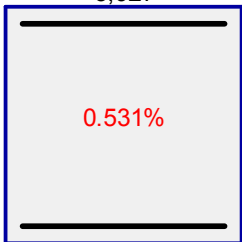
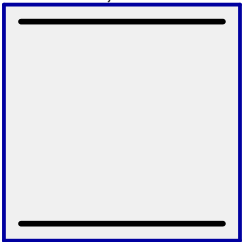
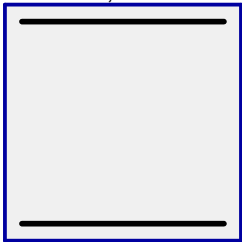
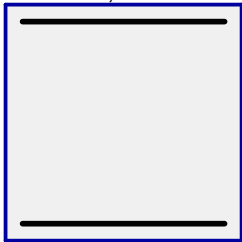
[Елемент № 55] Арматура стрижня

Бетон	Арматура		Відстань до ц.т. арматури	
			a ₁	a ₂
	Поздовж.	Попер.	мм	мм
B20	A500C	A240C	30	30

Перетин		Поздовжня арматура								Поперечна арматура, максимальний крок хомутів			
		Несиметрична					Симетрична			IW _z см ² /м	Крок мм	IW _y см ² /м	Крок мм
		S ₁	S ₂	S ₃	S ₄	%	S ₁	S ₃	%				
		см ²	см ²	см ²	см ²		см ²	см ²					
1	+	0,777	0,777			0,105	0,777		0,105				
	крутіння												
2	+	0,777	0,777			0,105	0,777		0,105				
	крутіння												
3	+	0,777	0,777			0,105	0,777		0,105				
	крутіння												

Арматура		Перетин		
		1	2	3
поздовжня несиметрична	см ²	0,777  0,777	0,777  0,777	0,777  0,777
поздовжня несиметрична	см ²	0,777  0,777	0,777  0,777	0,777  0,777
поздовжня несиметрична	мм	2ø7  2ø7	2ø7  2ø7	2ø7  2ø7

Арматура		Перетин		
		1	2	3
поздовжня симетрична	см ²	<p>0,777</p> <p>0,777</p>	<p>0,777</p> <p>0,777</p>	<p>0,777</p> <p>0,777</p>
поздовжня симетрична	см ²	<p>0,777</p> <p>0,777</p>	<p>0,777</p> <p>0,777</p>	<p>0,777</p> <p>0,777</p>
поздовжня симетрична	мм	<p>2\varnothing7</p> <p>2\varnothing7</p>	<p>2\varnothing7</p> <p>2\varnothing7</p>	<p>2\varnothing7</p> <p>2\varnothing7</p>
поперечна	см ² / м			

Арматура		Перетин		
		1	2	3
поздовжня несиметрична	см ²	1,366  0,777	0,777  0,777	0,777  4,375
	см ²	1,366  0,777	0,777  0,777	0,777  4,375
поздовжня несиметрична	мм	2 \varnothing 10  2 \varnothing 7	2 \varnothing 7  2 \varnothing 7	2 \varnothing 7  2 \varnothing 18
	см ²	1,366  1,366	0,777  0,777	3,927  3,927
поздовжня симетрична	см ²	1,366  1,366	0,777  0,777	3,927  3,927

Арматура		Перетин		
		1	2	3
поздовжня симетрична	мм	$2\varnothing 10$ $2\varnothing 10$	$2\varnothing 7$ $2\varnothing 7$	$2\varnothing 16$ $2\varnothing 16$
поперечна	см ² /м			

Остаточно ухвалено:

Колони 1-го ярусу 500x500мм, бетон С15 / 20, армування 4xD16.

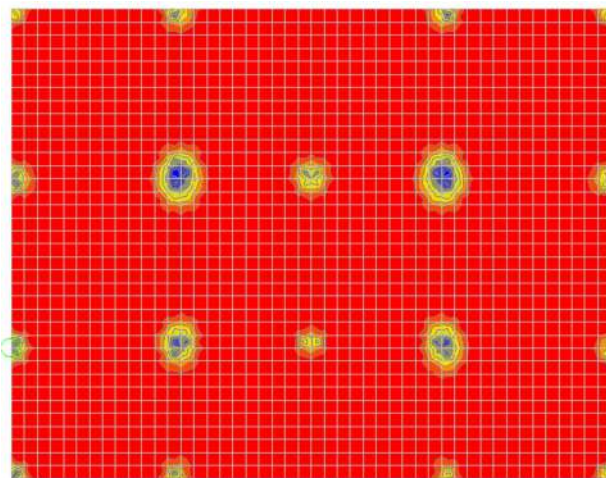
Колони 2-го ярусу 400x400мм, бетон С15 / 20, армування 4xD16.

Колони 3-го ярусу 400x400мм, бетон С15 / 20, армування 4xD16.

Результати розрахунків армування перекриттів

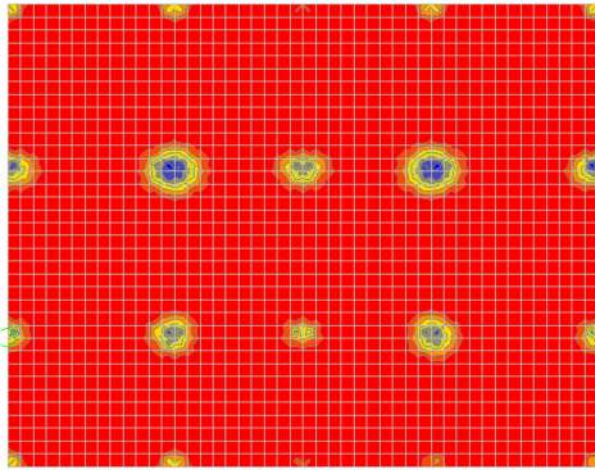
(Кarti армування)

Результати розрахунків армування перекриття першого ярусу



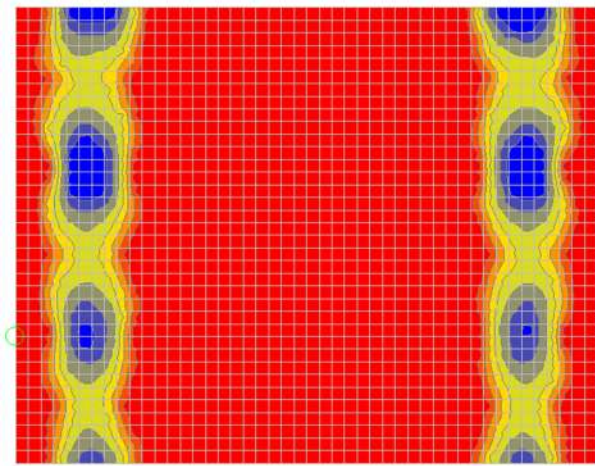
	d9/200	2,73
	d12/200	4,359
	d14/200	5,989
	d14/200	7,618
	d16/200	9,248
	d18/200	10,877
	d18/200	12,507
	12,507	14,136

Верхнє у напрямку X. Крок арматури 200мм



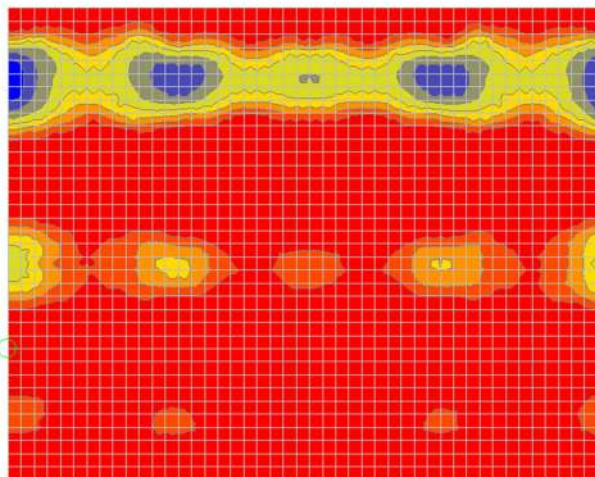
Red	d9/200	2,73
Orange	d12/200	4,359
Yellow-Orange	d14/200	5,989
Yellow	d14/200	7,618
Light Green	d16/200	9,248
Green	d18/200	10,877
Blue-Green	d18/200	12,507
Blue	12,507	14,136

Верхнє у напрямку У. Крок арматури 200мм



Red	d6/200	1,277
Orange	d7/200	1,454
Yellow-Orange	d7/200	1,631
Yellow	d7/200	1,808
Light Green	d8/200	1,984
Green	d8/200	2,161
Blue-Green	d8/200	2,338
Blue	d8/200	2,515

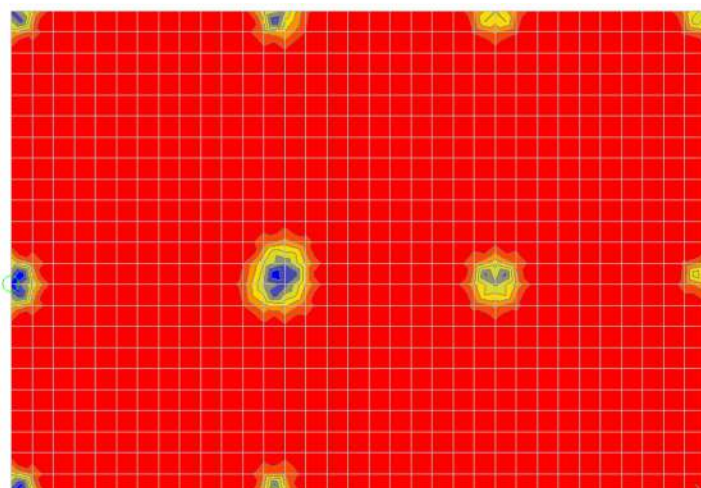
Нижня по напрямку Х. Крок арматури 200мм



Red	d6/200	1,277
Orange	d7/200	1,454
Yellow-Orange	d7/200	1,631
Yellow	d7/200	1,808
Light Green	d8/200	1,984
Green	d8/200	2,161
Blue-Green	d8/200	2,338
Blue	d8/200	2,515

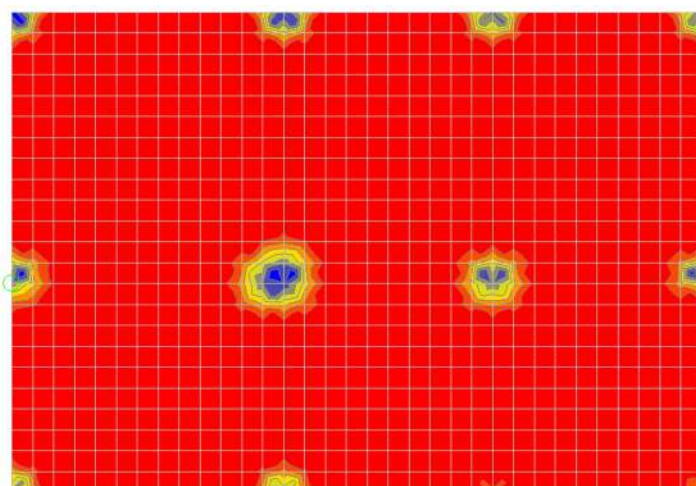
Нижня по напрямку У. Крок арматури 200мм

Результати розрахунків армування перекриття другого ярусу



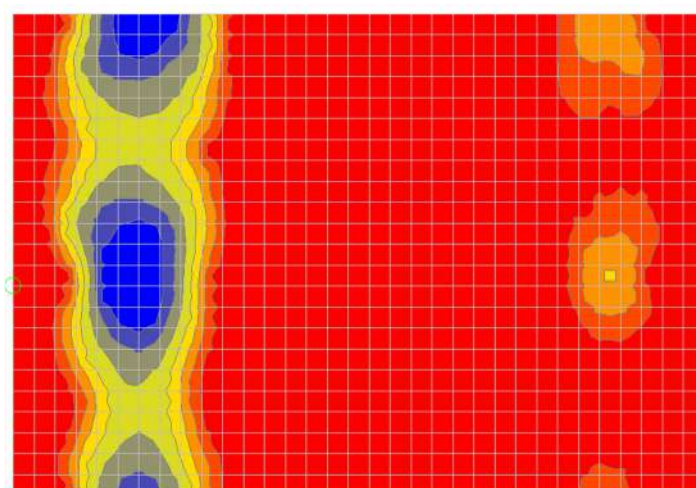
■	d10/200	3,338
■	d12/200	5,576
■	d15/200	7,814
■	d16/200	10,053
■	d18/200	12,291
■	d20/200	14,529
■	d22/200	16,767
■	d22/200	19,005

Верхнє у напрямку X. Крок арматури 200мм



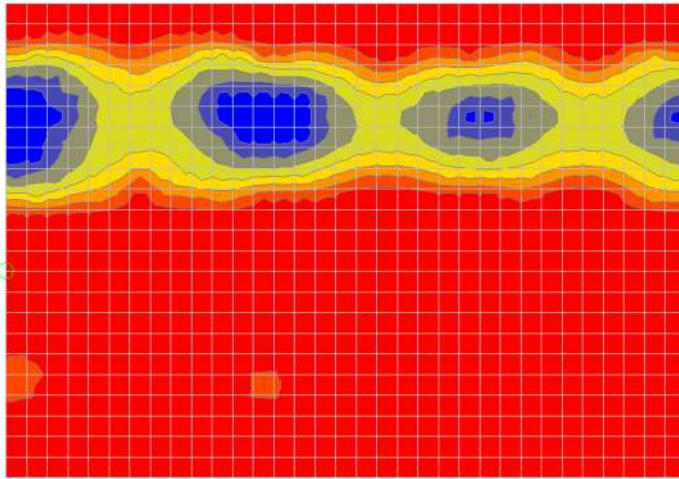
■	d9/200	3,163
■	d12/200	5,226
■	d14/200	7,288
■	d16/200	9,351
■	d18/200	11,414
■	d20/200	13,477
■	d20/200	15,539
■	d22/200	17,602

Верхнє у напрямку Y. Крок арматури 200мм



Интенсивность S_1 (ниж)		
		см ² /м
■	d6/200	1,277
■	d7/200	1,454
■	d7/200	1,631
■	d7/200	1,808
■	d8/200	1,984
■	d8/200	2,161
■	d8/200	2,338
■	d8/200	2,515

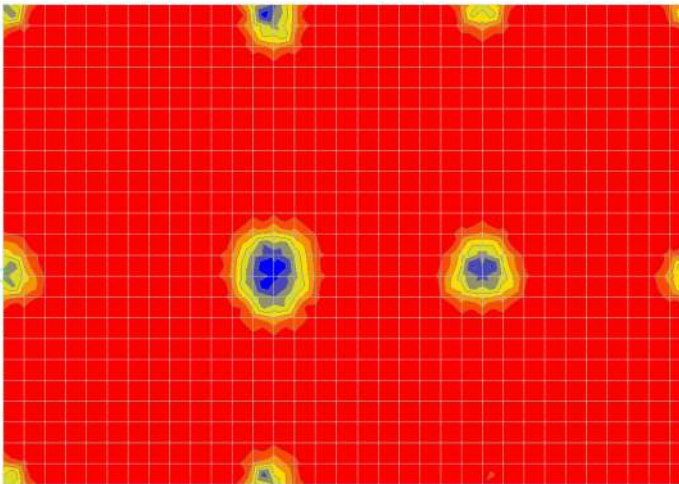
Нижня по напрямку X. Крок арматури 200мм



■	d6/200	1,29
■	d7/200	1,479
■	d7/200	1,669
■	d7/200	1,858
■	d8/200	2,048
■	d8/200	2,238
■	d8/200	2,427
■	d9/200	2,617

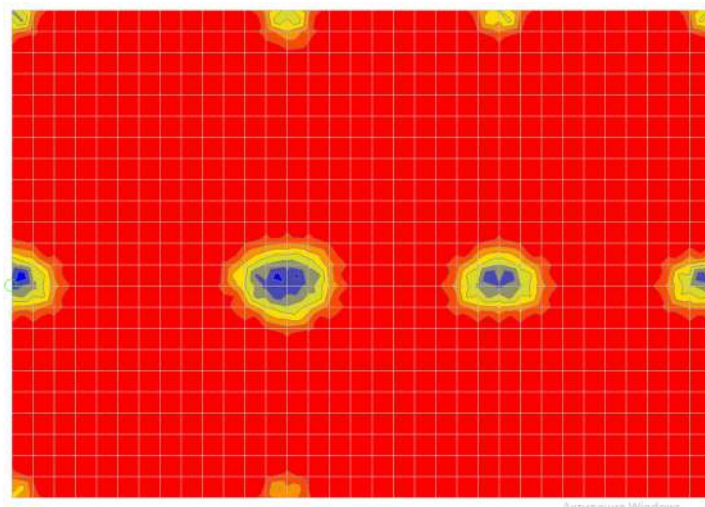
Нижня по напрямку У. Крок арматури 200мм

Результати розрахунків армування перекриття третього ярусу



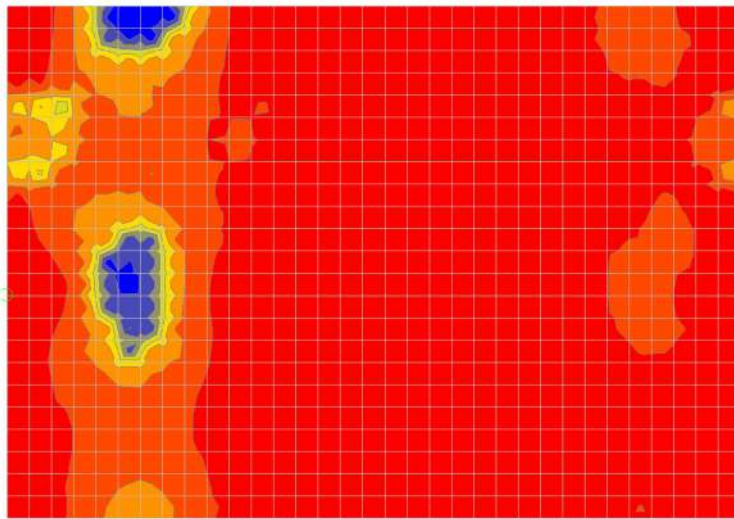
■	d10/200	3,581
■	d14/200	6,062
■	d15/200	8,543
■	d18/200	11,023
■	d20/200	13,504
■	d22/200	15,985
■	d22/200	18,466
■	d25/200	20,947

Верхнє у напрямку Х. Крок арматури 200мм



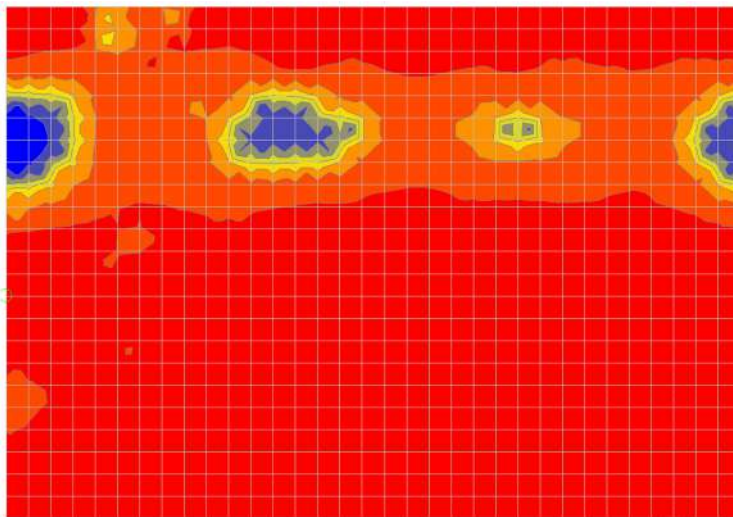
■	d10/200	3,79
■	d14/200	6,48
■	d16/200	9,17
■	d18/200	11,86
■	d20/200	14,55
■	d22/200	17,24
■	d25/200	19,93
■	d25/200	22,62

Верхнє у напрямку У. Крок арматури 200мм



■	d8/200	2,219
■	d10/200	3,339
■	d12/200	4,458
■	d12/200	5,577
■	d14/200	6,697
■	d15/200	7,816
■	d16/200	8,936
■	d16/200	10,055

Нижня по напрямку Х. Крок арматури 200мм



■	d8/200	2,32
■	d10/200	3,54
■	d12/200	4,76
■	d14/200	5,98
■	d14/200	7,2
■	d15/200	8,42
■	d16/200	9,64
■	d18/200	10,86

Нижня по напрямку У. Крок арматури 200мм

6 Висновки та рекомендації

На підставі проведених розрахунків встановлено:

Необхідне армування при прийнятих перетинах елементів і класу бетону колон і перекриттів.

Отримане армування є достатнім для виконання вимог по двом групам граничних станів і не перевищує максимально допустимого відсотка армування.

Отримані перекоси поверхів не перевищують максимально допустимих значень, згідно ДСТУ «Прогини і переміщення».

ДОДАТОК А. Вихідні дані

У таблиці представлені дані, відповідні умовним позначення розмірів на схемах будівельних конструкцій, представлених в якості вихідних даних на Рис. А1-А3.

Таблиця А.1 Вихідні дані

Варіант	a, м	b, м	c, м	d, м	e, м
1	6	6	6	4,5	3
2	6.5	6	8	4,5	3
3	7	6	6	4,5	3
4	7.5	6	7,5	4,5	3
5	6	5	7	4	3
6	6.5	5	6,5	4,5	3
7	7	5	6	4,5	3
8	7.5	5	5,5	4,5	3,5
9	6	5	6	4	3,5
10	6	6	6,5	4	3,5
11	6.5	5	6	4	3,5
12	7	6	6.5	3,5	3,5
13	7.5	6	6	3,5	3.5
14	6	6	8	3,5	3,5
15	6.5	6	6	3,5	3,5

Розрахункова модель конструкції може бути призначена індивідуально, без використання стандартизованих розрахункових схем вихідних даних, після узгодження з викладачем.

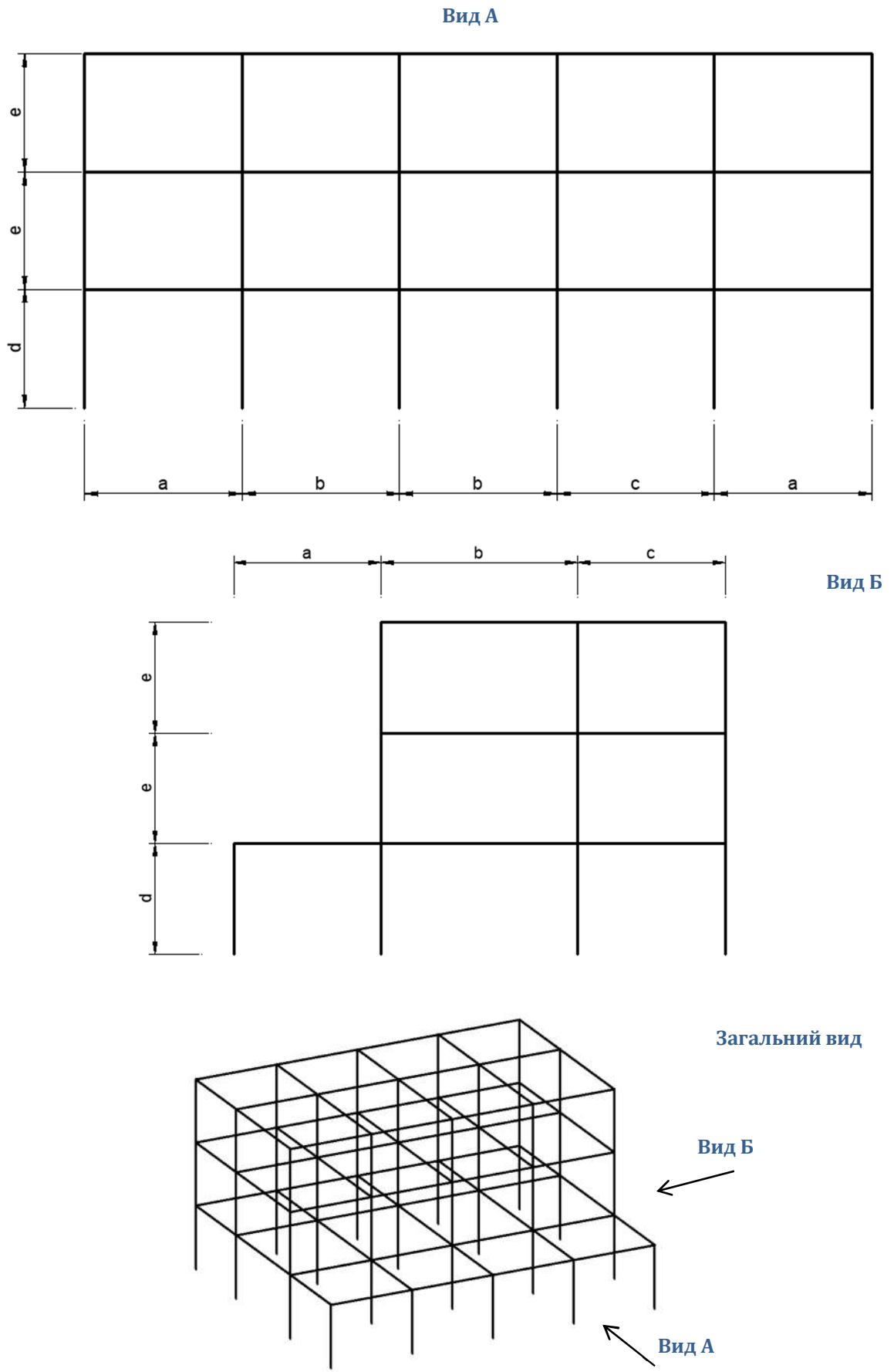


Рис. А.1 Варіант 1-5

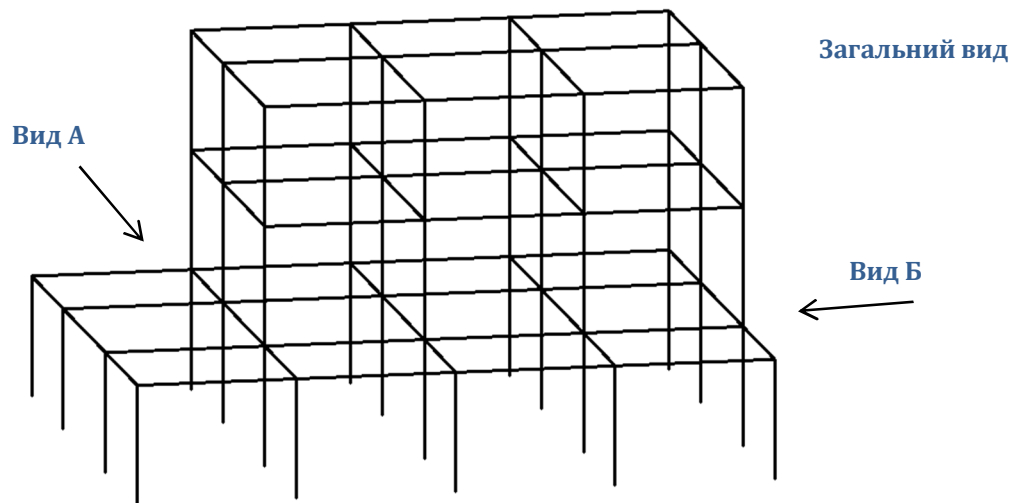
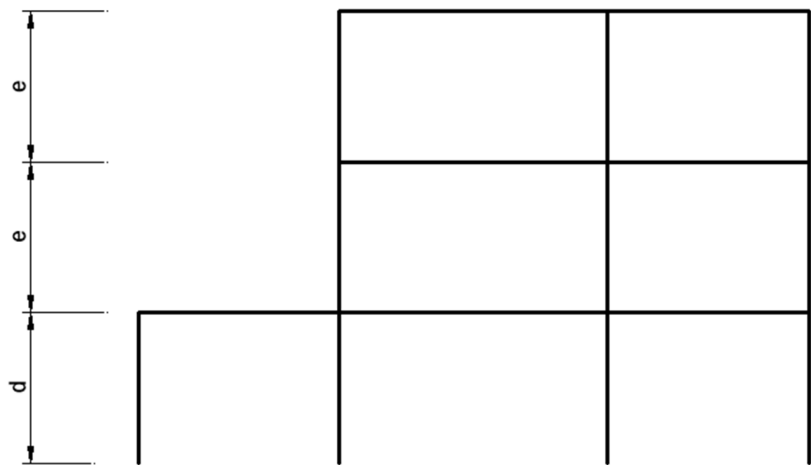
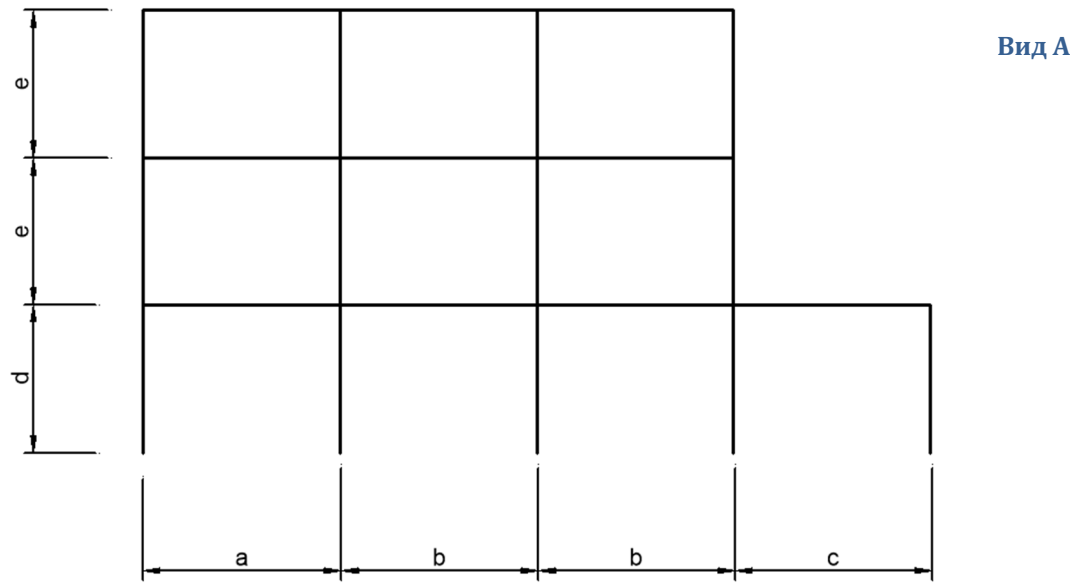
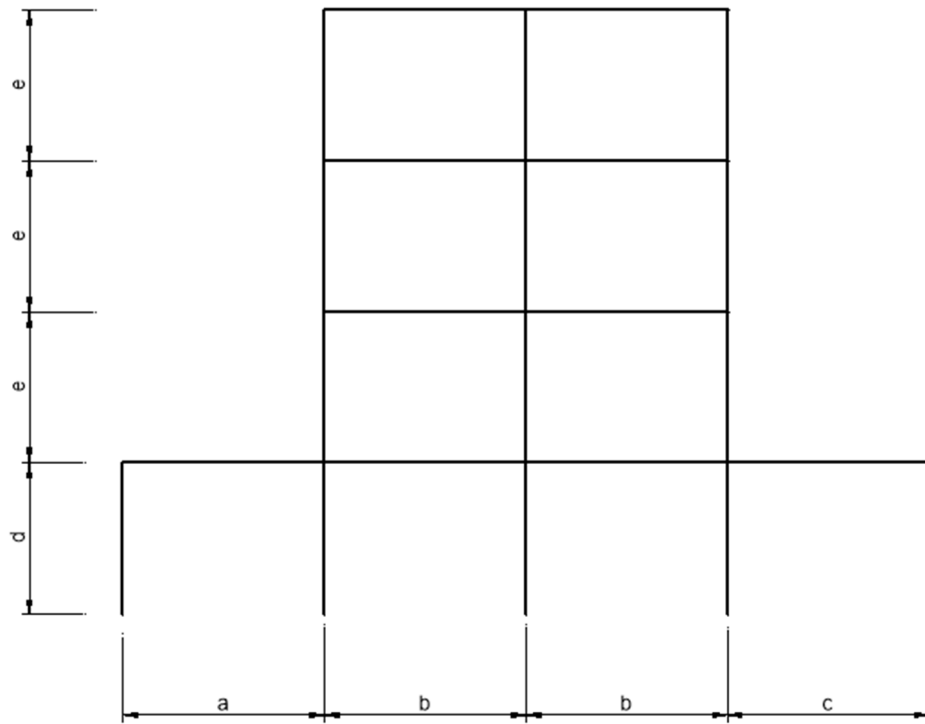
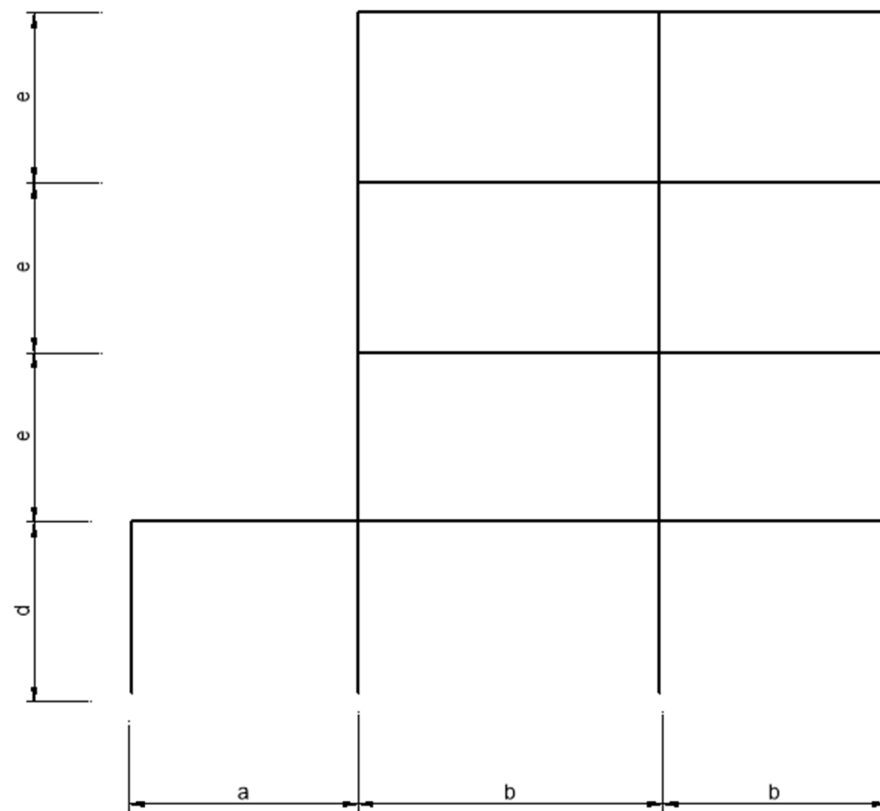


Рис. А.2 Варіант 6-10



Вид А



Вид Б

Рис. А.3. Початок. Варіант 11-15

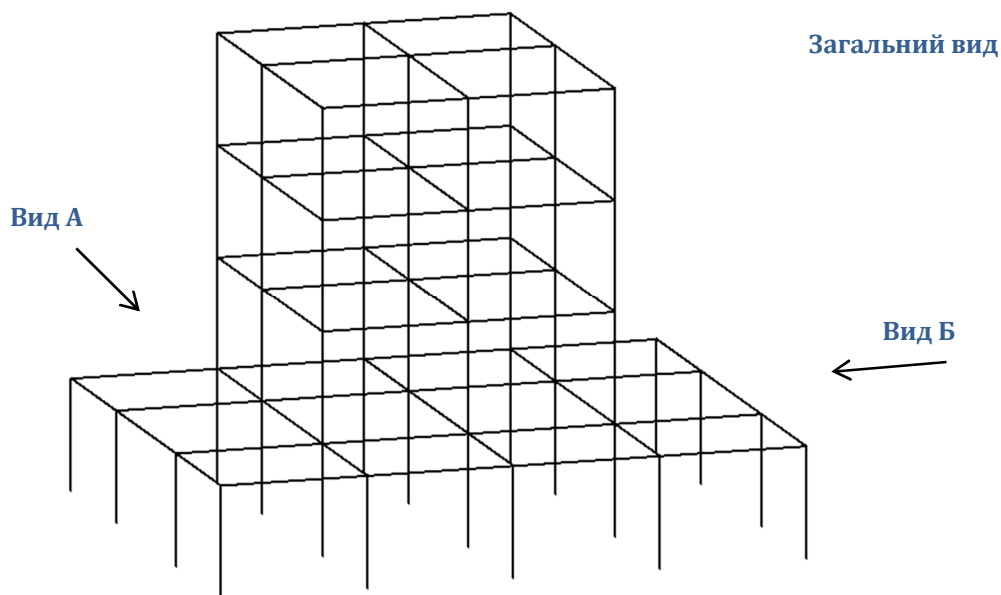


Рис. А.3. Закінчення. Варіант 11-15

Таблиця А.1 Навантаження на перекриття

Варіант 1-5	1 ярус	300кг/м ²
	2 ярус	400кг/м ²
	3 ярус	150кг/м ²
Варіант 6-10	1 ярус	250кг/м ²
	2 ярус	350кг/м ²
	3 ярус	350кг/м ²
Варіант 11-15	1 ярус	400кг/м ²
	2 ярус	250кг/м ²
	3 ярус	250кг/м ²
	4 ярус	200кг/м ²

Таблиця А.2 До розрахунку снігових навантажень

Варіант	Сніговий район
1-3	1
4-8	2
9-12	3
12-15	4

Таблиця А.3 До розрахунку вітрових навантажень

Варіант	Вітровий район
1-3	1
4-8	2
9-12	3
12-15	4

ДОДАТОК Б. Довідкові дані

Таблиця Б.1 Фізико-механічні характеристики важкого бетону

Клас бетону	Об'ємна вага, т/м ³	Модуль пружності, т/м ²	Коефіцієнт Пуассона
C10/15	2,5	2350000	0,2
C15/20		2750000	
C20/25		3060000	
C25/30		3310000	

СПИСОК ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ

1. ГОСТ 34.003-90 «Информационные технологии (ИТ). Комплекс стандартов на автоматизированные системы. Термины и определения». М., Стандартформ, 2009. – 16 с.
2. ДБН В 1.2-2:2006 Навантаження і впливи. Норми проектування. К., Мінрегіон України, 2006. – 78 с.
3. ДБН В.2.6-98:2009 «Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення». К., Мінрегіон України, 2011. – 71 с.
4. ДСТУ 3760:2019 «Прокат арматурний для залізобетонних конструкцій. Загальні технічні умови». К., ДП «УкрНДНЦ, 2019. – 21 с.
5. ДСТУ Б В.1.2-3:2006 «Прогини і переміщення». К., Мінрегіон України, 2006. – 15 с.
6. ДСТУ 8855:2019 «Будівлі та споруди. Визначення класу наслідків відповідальності»). К., ДП «УкрНДНЦ, 2019. – 17 с.
7. ДБН В 2.4-3:2010 Гідротехнічні споруди. Основні положення. К., Мінрегіон України, 2010. - 41 с.