

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**СУМСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**  
**Факультет будівництва та транспорту**  
**Кафедра будівельних конструкцій**

До захисту  
Допускається  
Завідувач кафедри  
Будівельних конструкцій

\_\_\_\_\_  
/...../

підпис

«\_\_» \_\_\_\_\_ 2024 р.

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

**за другим рівнем вищої освіти**

**На тему: «Дослідження просторової роботи елементів перекриття  
будівлі громадського призначення в м. Чернігів»**

Виконав (ла)

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Гризодуб Б.А.

\_\_\_\_\_  
(Прізвище, ініціали)

Група

Б 2301

(Науковий)  
керівник

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Срібняк Н.М.

\_\_\_\_\_  
(Прізвище, ініціали)

Суми – 2024 р.

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
СУМСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Кафедра: будівельних конструкцій

Спеціальність: 192 "Будівництво та цивільна інженерія"

**ЗАВДАННЯ**

**НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**

**Гризодуб Богдан Анатолійович**

**Тема роботи: Дослідження просторової роботи елементів перекриття будівлі громадського призначення в м. Чернігів**

Затверджено наказом по університету № 674/ос від 01 " 03 2024р.

Строк здачі студентом закінченої роботи: "    "            2024 р.

Вихідні дані до роботи:

---

*Будівля громадського призначення, фрагмент диску збірного перекриття потрібно дослідити з використанням числового методу.*

---

4.Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, що підлягають розробці)

*Виконати огляд джерел можливих регуляторів зусиль в структурній сталевій плиті. Змоделювати, використовуючи ПК, що реалізує МСЕ, фрагмент збірною диску перекриття із ребристих плит. Визначити фактори, що можуть виявити спільну роботу збірних елементів (плит) в складі диску покриття. Проаналізувати різні моделі фрагменту диску перекриття, де відслідковується просторова робота конструкції перекриття.*

5. Перелік графічного матеріалу (з точною вказівкою обов'язкових креслень)

*Мультимедійна презентація в форматі Microsoft PowerPoint*

**Керівник :**

(підпис)

Н.М. Срібняк

(Прізвище, ініціали)

**Консультант**

(підпис)

Л.А. Циганенко

(Прізвище, ініціали)

**Завдання прийняв до виконання:**

**Здобувач**

(підпис)

Б.А. Гризодуб

(Прізвище, ініціали)

## АНОТАЦІЯ

**Гризодуб Богдан Анатолійович. Дослідження просторової роботи елементів перекриття будівлі громадського призначення в м. Чернігів**

– Кваліфікаційна робота магістра на правах рукопису.

**Кваліфікаційна робота магістра за спеціальністю 192 «Будівництво та цивільна інженерія».** – Сумський національний аграрний університет, Суми, 2024.

Робота складається із змісту, загальної характеристики роботи та її кваліфікаційних ознак, огляд досліджень за обраною темою, розділів основної частини, висновки за результатами МКР (українською та англійською мовами). **Сформульовано мету, задачі, об'єкт та предмет дослідження, методи наукового дослідження.**

**Результати досліджень** дозволяють визначити напружено-деформований стан моделей фрагменту диску перекриття із збірних ребристих плит. Моделі фрагментів відрізняються певними особливостями, які дозволяють виявити спільну роботу збірних елементів в складі диску перекриття. Є можливість сформулювати висновки й запропонувати подальші конструктивні кроки, що підсилюють просторову роботу елементів в складі диску перекриття.

**Аналіз публікацій та досліджень** встановив, що має місце велика кількість натурних експериментів з дослідження деформативності перекриттів в їх площині проведено, проведених в «ЦНДПромбудов» та інших дослідних установах. Зміна податливості дисків перекриття призводить до зміни їх впливу на перерозподіл зусиль між вертикальними підсистемами каркасних будівель. Найбільш масовими є збірні багатопустотні та ребристі плити. Розрахунок збірних плит перекриттів й покриттів при традиційному проектуванні здійснюється як розрахунок балкових конструкцій, що працюють на поперечний згин.

В **основній частині** описано фрагменти збірних дисків перекриття із збірних плит будівлі громадського призначення. Моделі плит мають різні способи завантаження – рівномірно розподілене по площі фрагменту, локальне завантаження та одна з моделей має понижену жорсткість ребер однієї з плит фрагменту диску; має місце модель в якій одночасно діють фактори локального завантаження та пониження жорсткості. До розрахунку прийнято чотири моделі фрагменту диску перекриття.

У **висновках**, зазначено, що ізополя напружень демонструють перерозподіл напружень (сил) у пластинчастій частині ребристих покрівельних плит.

Це свідчить про спільну роботу всіх збірних елементів у диску перекриття (покриття). Спільна робота плит у диску перекриття дозволяє більш навантаженій конструкції (або тій, що вийшла з ладу) відповідати умовам міцності та жорсткості без додаткового армування. Це можливо завдяки використанню внутрішніх резервів несучої здатності всього диска плит в цілому.

**Ключові слова:** ребриста плита, спільна робота, диск перекриття, навантаження, жорсткість

**Список публікацій** та/або виступів на конференціях студента:

Гриздуб Б.А., Срібняк Н.М., Галушка С.А. ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОСТОРОВОЇ РОБОТИ ПЕРЕКРИТТЯ ГРОМАДСЬКОЇ БУДІВЛІ// Матеріали науково-практичної конференції викладачів, аспірантів та студентів Сумського НАУ (14-16 травня 2024 р) – Суми, 2024. – 724 с (С.205).

В **додатках** наведено тези виступів на студентській конференції, альбом слайдів мультимедійної презентації.

**Структура роботи.** Робота складається з основного тексту на 46 сторінках, у тому числі 4 таблиці, 43 рисунка. Текст роботи містить загальну характеристику роботи, 8 розділів, що включають висновки, список з 14 використаних джерел, 2

додатка на 41 сторінці. Графічна частина складається з 37 слайдів мультимедійної презентації.

### **Abstract**

**Hryzodub Bohdan Anatoliiovych. Study of the spatial operation of the floor elements of a public building in Chernihiv** – Master's qualification work on manuscript rights.

**Master's qualification work** in specialty 192 "Construction and civil engineering". – Sumy National Agrarian University, Sumy, 2024.

The **work consists** of the *content, the general characteristics of the work and its qualification features, an overview of research on the chosen topic, sections of the main part, conclusions* based on the results of the MQW (in Ukrainian and English).

The **goal, tasks, object and subject of research, methods of scientific research** are formulated.

The **research results** allow determining the stress-strain state of models of a fragment of a floor disc made of precast ribbed slabs. The models of the fragments have certain features that allow us to identify the joint operation of precast elements as part of the floor disc. It is possible to formulate conclusions and propose further constructive steps that enhance the spatial operation of the elements within the floor disc.

The **analysis of publications and studies** has established that a large number of full-scale experiments on the study of deformability of slabs in their plane have been carried out at TsNIIpromstroi and other research institutions. Changes in the deformability of floor discs lead to changes in their influence on the redistribution of forces between the vertical subsystems of frame buildings. The most widespread are prefabricated multi-cavity and ribbed slabs. The calculation of precast floor slabs and coatings in traditional design is carried out as a calculation of beam structures working in transverse bending.

The **main part** describes fragments of precast floor discs made of precast slabs for a public building. The slab models have different ways of loading - evenly distributed over the area of the fragment, local loading and one of the models has reduced stiffness of the edges of one of the slabs of the disc fragment; there is a model in which the factors of local loading and reduced stiffness simultaneously act. Four models of the slab disc fragment were used for the analysis..

In **conclusion**, it is noted that the stress isofields demonstrate the redistribution of stresses (forces) in the lamellar part of the ribbed roof slabs.

This indicates the joint operation of all prefabricated elements in the slab (roof) disc. The joint operation of the slabs in the floor disc allows a heavily loaded structure (or one that has failed) to meet the strength and stiffness requirements without additional reinforcement. This is possible due to the use of internal reserves of the bearing capacity of the entire slab disc as a whole.

**Keywords:** ribbed slab, joint operation, slab disc, load, stiffness

**A list of the student's publications and/or speeches at conferences:**

Hryzodub B.A., Sribniak N.M., Halushka S.A. RESEARCH OF SPATIAL WORK OF THE PUBLIC BUILDING FLOOR // Proceedings of the scientific and practical conference of teachers, postgraduate students and students of Sumy NAU (14-16 May 2024) – Sumy, 2024. – 724 p (P.205).

The **appendices** contain abstracts of speeches at the student conference and an album of slides from the multimedia presentation.

**Structure of work**

The paper consists of the main text on 46 pages, including 4 tables and 43 figures. The text of the paper contains a general description of the work, 8 chapters, including conclusions, a list of 14 references, 2 appendices on 41 pages. The graphic part consists of 37 slides of a multimedia presentation.

## ЗМІСТ

<b>Завдання</b> .....	
<b>Анотація</b> .....	
<b>РОЗДІЛ 1. ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ</b> .....	
1.1 Актуальність теми.....	
1.2. Мета, задачі, предмет та об'єкт дослідження.....	
<b>РОЗДІЛ 2. БІБЛІОГРАФІЧНИЙ ОГЛЯД ДОСЛІДЖЕНЬ</b> .....	
<b>РОЗДІЛ 3. МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ</b> .....	
<b>РОЗДІЛ 4. КОНСТРУКТИВНЕ ВИРІШЕННЯ БУДІВЛІ ГРОМАДСЬКОГО ПРИЗНАЧЕННЯ В М.ЧЕРНІГІВ</b> .....	
4.1 Об'ємно-планувальне вирішення будівлі .....	
<b>РОЗДІЛ 5. МОДЕЛІ ДИСКУ ПЕРЕКРИТТЯ, ЩО ПІДЛЯГАЮТЬ ДОСЛІДЖЕННЮ</b> .....	
5.1 Конструктивні вирішення ребристих плит.....	
5.2. Побудова моделі ячейки із збірних плит в ПК ЛІРА-САПР.....	
5.3 Жорсткості елементів розрахункової скінченоелементної схеми.....	
5.4 Збір навантаження на плиту перекриття.....	
5.5 Фактори, що виявляють просторову роботу диску із збірних плит.....	
<b>РОЗДІЛ 6. АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ СТАТИЧНОГО РОЗРАХУНКУ ОБОЛОНКИ</b> .....	
6.1 Зусилля, що виникають в плитній частині.....	
6.2 Зусилля, що виникають в ребрах плит .....	
6.3 Результати статичного розрахунку плитної частини.....	
6.4 Результати статичного розрахунку ребристої частини.....	
<b>РОЗДІЛ 7. ВИСНОВКИ</b> .....	
<b>РОЗДІЛ 8. СПОСОБИ ЗАСТОСУВАННЯ ТА ЗБІЛЬШЕННЯ ПРОСТОРОВОГО ЕФЕКТУ ЗІРНИХ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ ПЛИТ ПЕРЕКРИТТЯ</b> .....	

8.1 Спосіб підсилення збірної плити на основі зміни схеми.....	
<b>Література</b> .....	
<b>Додатки</b> .....	
Додаток 1.Тези доповіді на конференції.....	
Додаток 2.Графічний матеріал (презентація).....	

## РОЗДІЛ 1. ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

### 1.1 Актуальність теми

Плити перекриття та покриття характеризуються за багатьма ознаками як то: спосіб виготовлення: збірний чи монолітний. Монолітні залізобетонні конструкції перекриттів та покриттів працюють як нерозрізні плити. Їх розрахункову плоску схему можна уявити у вигляді багатопролітної нерозрізної балки. Монолітний диск перекриття забезпечує просторову та горизонтальну жорсткість всієї будівлі, виступаючи горизонтальною діафрагмою жорсткості.

Такі монолітні залізобетонні плити перекриття чи покриття розраховуються якнайточніше із застосуванням методу скінчених елементів.

Далі за методикою обраних норм проектування виконується конструювання самої плити.

Принцип і характер роботи збірних плит перекриття та покриття, що є розрізними, відрізняються від характеру роботи монолітних плит. Окрема збірна плита, виготовлена в заводських умовах, може бути представлена у вигляді розрахункової схеми балки, що шарнірно обперта на дві опори (рядова плита). Для перекриття чи покриття із збірних залізобетонних панелей задача утворення горизонтальної діафрагми жорсткості будівлі забезпечується іншим технологічним, й, вірогідно, більш трудомістким шляхом. Так всі окремі залізобетонні плити шляхом влаштування швів замоноличення між їх довгими сторонами та зварюванням анкернів стержнів між сусідніми плитами об'єднуються в єдиний робочий конструктив – горизонтальний диск перекриття.

Звичайно, жорсткість такого диску із збірних елементів буде менше, аніж жорсткість монолітного залізобетонного диску. Це обумовлено, що всі зв'язки між плитами, згадані вище, є шарнірними, тобто рухомими; зв'язність такої системи набагато менша в порівнянні із монолітним диском.

Збірні диски перекриттів та покриттів є цікавими з точки зору дослідження їх спільної роботи.

Так, традиційний аналітичний розрахунок однієї плити, виокремленої з усього конструктиву перекриття, може нам дати величину максимальної несучої здатності плитної конструкції. Але така величина несучої здатності отримана без урахування спільної, тобто просторової, роботи всіх плит в складі диска перекриття.

Скінченоелементне моделювання всього диску перекриття та його числовий розрахунок свідчать, що завдяки спільній роботі плит в складі диска перекриття, несуча здатність окремої збірної плити може бути дещо більшою, аніж величина несучої здатності, що одержана в результаті розрахунку одиночної плоскої плити без урахування її просторової роботи.

В залежності від різних факторів завдяки забезпеченню спільної роботи всіх плит в складі диску перекриття відбувається перерозподіл зусиль між елементами диска перекриття чи покриття.

Дослідження характеру розподілу зусиль та напружень, виявлення факторів, що виявляють спільну роботу плит є **актуальною задачею** та може бути **метою** подальших досліджень.

## **1.2 Мета, задачі, предмет та об'єкт дослідження**

**Метою дослідження** є виявлення чинників, що обумовлюють спільну роботу збірних плитних елементів в складі диску перекриття (покриття), аналіз напружено-деформованого стану фрагменту з диску перекрття (покриття) за цих чинників, формулювання висновків.

**Задачі**, що слід сформулювати для досягнення мети:

- вивчення та аналіз джерел, що описують моделювання спільної роботи збірних плит в диску перекриття (покриття);
- виявлення факторів, завдяки яким плити в складі диску перекриття починають працювати спільно;
- моделювання з використанням методу скінчених елементів фрагменту перекриття із збірних залізобетонних плит з метою проведення на цій розрахунковій схемі числового експерименту;

- моделювання декількох скінченоелементних моделей в рамках числового експерименту: модель з пружними жорсткостями елементів завантажена рівномірно; модель, де одна з плит завантажена локально; модель, де жорсткість однієї з плит понижена; модель, де враховано фактори 2-4.

**Об'єкт дослідження** – фрагменти диску перекриття із збірних залізобетонних ребристих плит будівлі громадського призначення;

**Предмет дослідження** – напружений та деформований стан плит фрагменту диску перекриття із збірних плит для моделей, що прийнято до числового експерименту.

**Практичне значення отриманих результатів** полягає в тому, що за допомогою них можливо оцінити:

- перерозподіл напружень в елементах збірних плит фрагменту диска перекриття для різних його моделей (№1-4)
- виявити ступінь зміни напружень в результаті певних чинників, що обумовлюють перерозподіл напружень в збірних плитах та свідчать про сумісну роботу плит в ячейці.
- рекомендації щодо конструктивних заходів, які спрямовані на якомога повне включення в спільну роботи всіх збірних елементів перекриття.

#### **Апробація й публікація результатів роботи**

Результати роботи опубліковано в збірнику тез студентсько-викладацької щорічної конференції Сумського національного аграрного університету.

Гризодуб Б.А., Срібняк Н.М., Галушка С.А. ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОСТОРОВОЇ РОБОТИ ПЕРЕКРИТТЯ ГРОМАДСЬКОЇ БУДІВЛІ// Матеріали науково-практичної конференції викладачів, аспірантів та студентів Сумського НАУ (14-16 травня 2024 р) – Суми, 2024. – 724 с.

## РОЗДІЛ 2

### БІБЛОГРАФІЧНИЙ ОГЛЯД ДОСЛІДЖЕНЬ

Для будівель, що характеризуються жорсткою конструктивною схемою на поздовжніх довгих сторонах збірних плит передбачено поздовжні пази (рис. 2.1, а та 2.2).

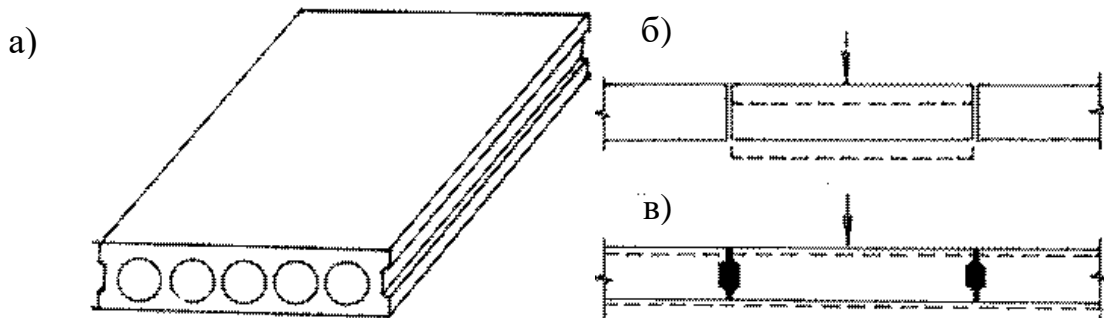


Рис. 2.1 Плита багатопорожниста збірна з поздовжніми пазами—а; вертикальні деформації плит при відсутності (б) і наявності (в) шпонок

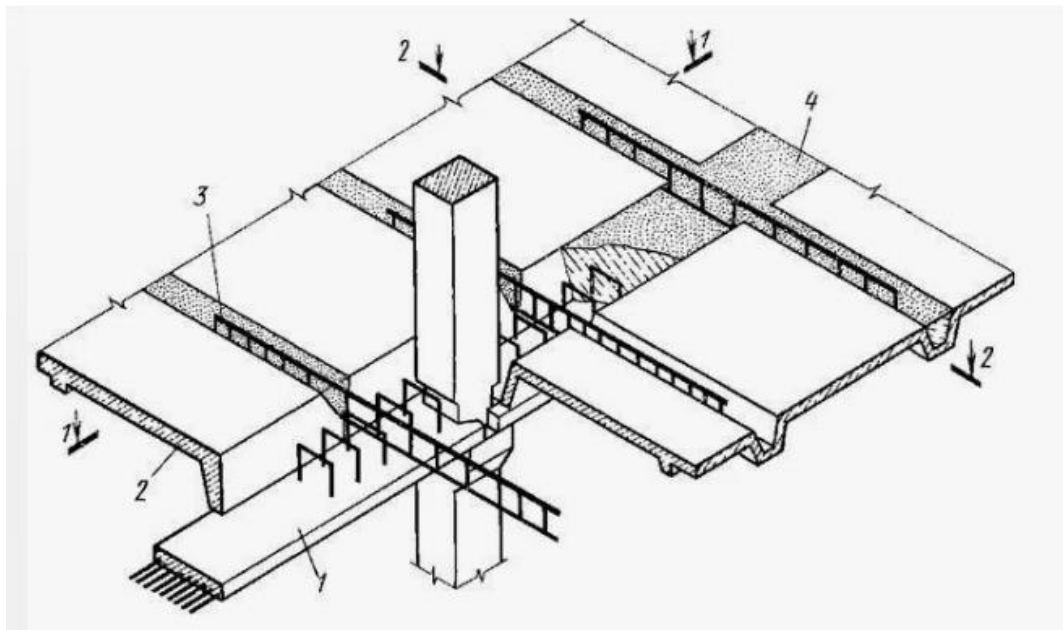


Рис. 2.2 Фрагмент диску перекриття із збірних ребристих плит: 1- ригель; 2- збірна залізобетонна ребриста плита; 3- поздовжній шов замоноличення; 4+ монолітна ділянка між торцями ребристих плит

При замоноличенні цих пазів розчином із цементу поздовжніх швів між плитами утворювалися так звані шпонкові з'єднання [17]. Таке шпоночне

з'єднання передбачалося з метою залучення до спільних деформацій (вертикальних переміщень) сусідніх плит. Так, наприклад, при більш інтенсивному завантаженні залучалися й сусідні плити (рис. 2.1, б, в). Це, обумовлює те, що сусідні плити сприймають частку локального навантаження. Отже, шпонки із цементного розчину сприймають зсувні (або інакше кажучи - перерізуючі) зусилля лише за вертикальним напрямком [17].

Із рис.2.2 видно, що шви замоноічення (шпоночні шви) влаштовують в поздовжньому напрямку плит. Між торцяит ребристих плит також влаштовують монолітні шви.

Одними із піонерних досліджень поведінки дисків перекриттів у своїй площині можна назвати дослідження, виконані ЦНПСК. Експериментальним шляхом було отримано значення переміщень збірних перекриттів різного конструктивного вирішення та продемонстровано, що у порівнянні з монолітним перекриттям жорсткість може зменшуватися в діапазоні 3÷15 разів. Ступінь зміни жорсткості залежить від конструктивних особливостей перекриття. Таке зменшення відбувається завдяки податливості з'єднань. Як результат досліджень була розроблена методика, що дозволяє узагальнено враховувати пониження жорсткості шляхом уведення пониженої величини модуля пружності при постійному співвідношенні  $G'/E' = 0,425$ , де відповідно вказано приведені модуль зсуву та приведений модуль пружності.

Дослідження, що були виконані надал що таке співвідношення для монолітних залізобетонних перекриттів становить  $G'/E' = 0,35$ . Для збірних перекриттів це співвідношення є змінним та варіюється в діапазоні 0,15–0,25.

Величина коефіцієнту зменшення модуля пружності для перекриття збірної конструкції становить  $E = E'/E_0$ . Ця величина враховує пониження жорсткості перерізу завдяки наявності порожнин в збірних багатопорожнистих плитах та за рахунок податливості швів й знаходиться в межах 0,1– 0,6.

Такий великий діапазон у можливих значеннях обумовлено в першу чергу відмінностями у конструкціях типових найбільш поширених

перекриттів.

Значна кількість експериментальних досліджень деформативності дисків перекриттів в їх площині було виконано в «ЦНДПромбудов» та інших установах. Було встановлено, що зміна податливості конструкцій перекриттів викликає зміну їх впливу на перерозподіл сил між вертикальними конструктивами будівель каркасного типу. Чим жорсткішим є диск та з'єднання його з вертикальними елементами, тим меншу різницю зсувів у горизонтальному напрямку він допускає. При наявності абсолютно жорстких дисків усі точки вертикальних конструктивів, що розташовані в рівні перекриттів повинні мати однакові горизонтальні зміщення.

Було проаналізовано вплив податливості перекриттів щодо перерозподілу внутрішніх сил виконувався, переважно, розрахунковим способом. Згідно результатів порівняльних розрахунків будівель рамно-зв'язкового типу симетричної конфігурації встановлено, що зменшення жорсткості перекриття із збірних елементів призводить до підвищення горизонтальних навантажень, котрі сприймають рами. Таке твердження справедливо для будівель з довжиною в 72,0 та 96,0 м на 15% та на 20% відповідно. При цьому застосовувався наведений модуль пружності в 15 разів менший у порівнянні із подібними залізобетонними перекриттями монолітного типу.

Одночасно виявлено, що при перекриттях, що мають достатню жорсткість можливими є випадки, коли в рівні останнього поверху діафрагми довантажують поперечні рами, а не підтримують їх. Це відбувається за рахунок відмінності форм зсувів діафрагм та рам та в горизонтальній площині. У перекриттях, що є податливими у своїй площині, подібний ефект відсутній. Отже, зміна податливості перекриттів не лише кількісно, але й якісно, змінює перерозподіл внутрішніх зусиль між підсистемами, що розташовані вертикально.

Диски перекриттів, що виконано зі збірних залізобетонних плитних елементів (ребристої, суцільної чи багатопорожнистої конструкції), що

укладені по ригелях збірного типу без набетонувань, що армовані та об'єднаних бетонними швами або дискреними з'єднаннями є податливими в своїй площині. Така податливість обумовлена завдяки підвищеній деформативності з'єднань на опорах та швів між плитами.

Типи стиків у збірних перекриттях розрізняють таким чином:

- вертикальні стики, що розташовані в торцях плит через бетонні шви із панелями чи з опорними ригелями;
- стики між плитами у поздовжньому напрямку;
- стики в горизонтальній площині (шви) панелей по опорним з конструкціями, що підтримують – ригелями, балками, стінами.

Спільна робота збірних плит із порожнинами забезпечується завдяки замоноличенню швів та зварюванням з'єднань (для пристінних та зв'язкових плит). Для поліпшення з'єднання бетону швів із конструкціями на бічній їх поверхні передбачені поглиблення для утворення шпоночних з'єднань.

Шви в поздовжньому напрямку характеризуються такими видами:

- круглі замкнені шпонки (рис.2.4, а). Такі шпонки сприймають зріз й забезпечують спільну роботу збірних плит як при вертикальних, так й при горизонтальних навантаженнях аж до самого руйнування;
- шпоночні поглиблення, які відкриті вгору за вертикальним напрямком. Вони можуть бути прямими чи трапецеподібними (рис. 2.4, б). Вони включаються в роботу завдяки зчепленню розчину з бетонною поверхнею плит та його подальшого обтиснення. Цей тип шпонок забезпечує сумісну роботу панелей під час горизонтальних навантажень на весь диск перекриття (покриття). Сумісна робота плит за вертикальних навантажень забезпечена такими спеціальними заходами як влаштування цементно-піщаного набетонування, товщина якого становить не менше 4,0 см.

- поздовжні шпонки суцільного типу (рис. 2.4, в) обумовлюють сумісну роботу збірних панелей при вертикальних навантаженнях. Сприйняття

горизонтальних зусиль зсуву міцність такого з'єднання досягається виключно за рахунок зчеплення бетонного розчину замоноличення шва з плитами.

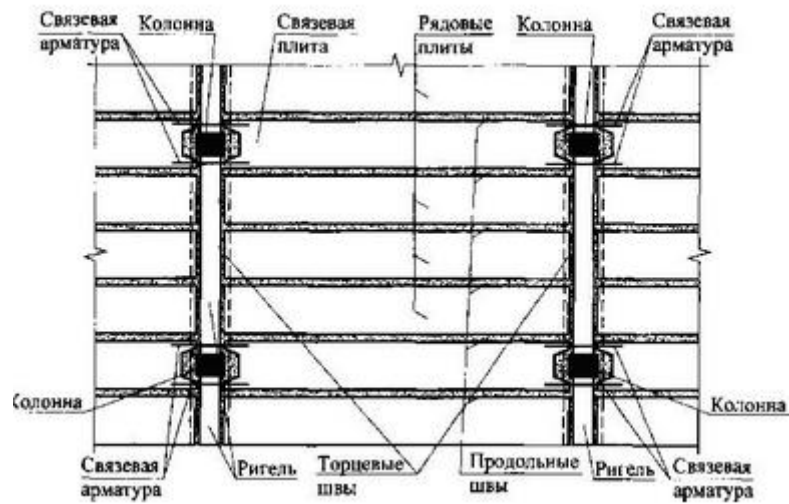


Рис.2.3 Фрагмент збірного перекриття з багатопорожнистих плит

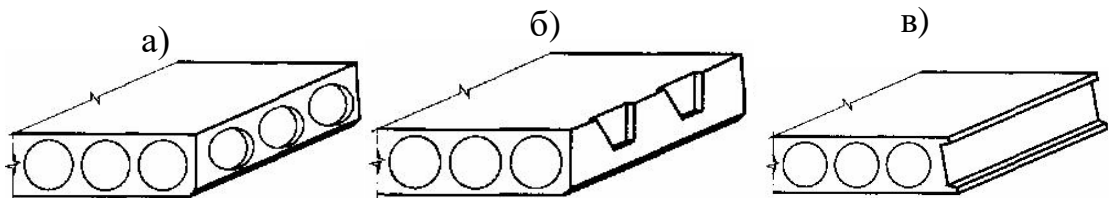


Рис. 2.4 Типи бічних шпонок в багатопорожнистих плитах: замкнуті круглі (а); відкриті доверху (б); суцільні поздовжні (в)

Збірні плити (багатопорожнисті, ребристі) з конструкціями, що їх підтримують (стіни, ригелі, балки) при горизонтальних силових впливах забезпечуються завдяки силам тертя та зчепленням із підстилаючим шаром з розчину по опорним майданчикам.

Між торцями плит та іншими конструкціями, які виконують підтримуючу функцію, шви працюють на стиск та зсув в напрямку, що перпендикулярний прольоту. Спільна робота ребристих збірних панелей з ригелями за дії горизонтальних впливів забезпечено зварними з'єднаннями закладних деталей, що розташовані на опорах. Спільна робота панелей за впливу вертикальних навантажень обумовлена наявністю поздовжніх бетонних швів. Такі шви, як правило, виконуються, із шпонками.

Нині існують різні способи розрахунку перекриттів з урахуванням їх

просторової роботи. Можна виділити п'ять груп способів розрахунку.

- 1) Перший спосіб полягає у знаходженні тиску на головні балки із урахуванням коефіцієнтів поперечної установки. Це так званий «метод важеля», метод «позацентрального стиску та пружних опор»
- 2) Заміна прольотної будівлі ортотропною плитою;
- 3) Заміна прольотної будівлі балковим розверком;
- 4) Розчленування всієї конструкції на окремі дискретні елементи. Надалі розглядається робота кожного окремого елемента й складаються умови спільності деформацій.
- 5) Найбільш поширеними нині є **числові методи розрахунку**. Для цього застосовуються відомі обчислювальні комплекси Ліра-САПР, Ansys, Ansys та інші. Результати числових розрахунків є найбільш реалістичними. Але у числових методах є й певні недоліки, серед яких є складність врахування зміни параметрів жорсткості внаслідок тріщиноутворення.

## РОЗДІЛ 3

### МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Як методів, які було застосовано в роботі, треба виокремити такі:

1. *Аналітичний метод* (або метод аналізу інформації). Цей метод полягає в тому, що дослідник вчиться працювати з різними типами джерел – наукові статті, дисертаційні роботи (реферати дисертацій), монографії та інше. На основі відомостей, досліджень, отриманих із різних джерел, методами аналізу та синтезу дослідних класифікує інформацію, знаходить співпадіння чи протиріччя у відомостях, виконує узагальнення, висновки, формулює питання що не вирішено чи частково вирішені, формулює проблему та методи її розв'язання.
2. *Метод скінчених елементів* є математичним методом. Поширений метод, що дозволяє моделювати будівельні системи будь-якої складності з використанням методу скінчених елементів. Цей метод також є універсальним методом будівельної механіки, що відносять до апроксимаційних (тобто наближених методів). Метод широко застосовується для виконання статичних розрахунків будівель та споруд. Статичні (чи динамічні) розрахунки дозволяють визначити зусилля в стержньових скінчених елементах й напруження в пластинчатих скінчених елементах. Метод реалізовано на базі програмного комплексу ПК «Ліра-САПР».
3. *Аналіз й узагальнення даних* статичних й аналітичних розрахунків за допомогою програмного комплексу Microsoft Excel.

## РОЗДІЛ 4

### КОНСТРУКТИВНЕ ВИРІШЕННЯ БУДІВЛІ ГРОМАДСЬКОГО ПРИЗНАЧЕННЯ В М. ЧЕРНІГІВ

#### 4.1 Об'ємно-планувальне вирішення будівлі

Будівля євляє собою садок-ясла на 150 місць. Будівля в плані характеризується складною формою в плані. Складність форми полягає в тому, що вона являє собою три зблоковані прямокутники. Блоки між собою розділені деформаційними швами. Кожен блок складається з двох поверхів. Покрівля плоска руберойдна. Розміри в осях складають 32000x36000 мм.

Запроектовано будівля в збірно-монолітному виконанні.

Для дії внутрішнього водостоку існують спеціальні шахти.

Зовнішнє стінове огороження прийняте з легкобетонних панелей. Панель являє собою плоску конструкцію з одного шару. Конструкцію виконано з легкого ніздрюватого бетону. Конструкцію армовано каркасом. Панелі оздоблюються внутрішнім та зовнішнім фактурними шарами. Товщини шарів становлять 20 і 15 мм відповідно. Шари фактури запроектовано з цементно-піщаного розчину, що має середню щільність 1800 кг/м<sup>3</sup> марки М100.

Поверховість - 2 поверхи.

Ступінь вогнестійкості - II.

Клас будівлі - I.

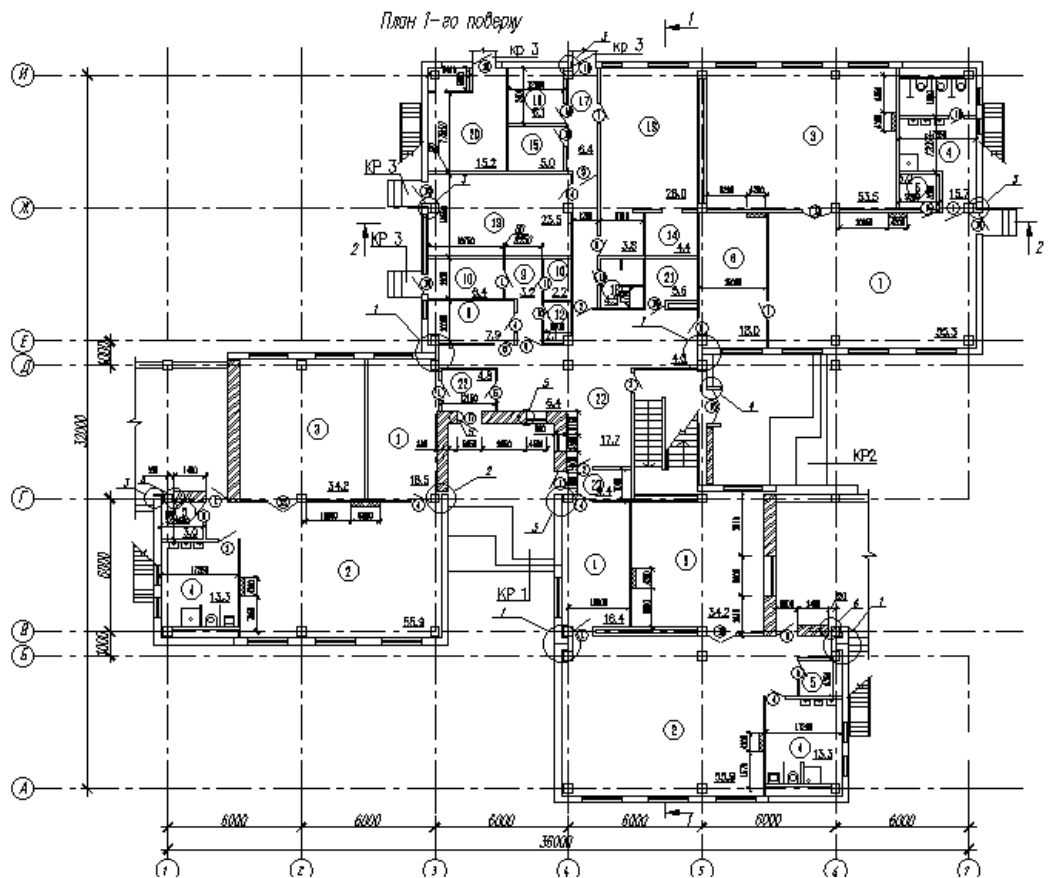


Рис. 4.1 План 1-го поверху

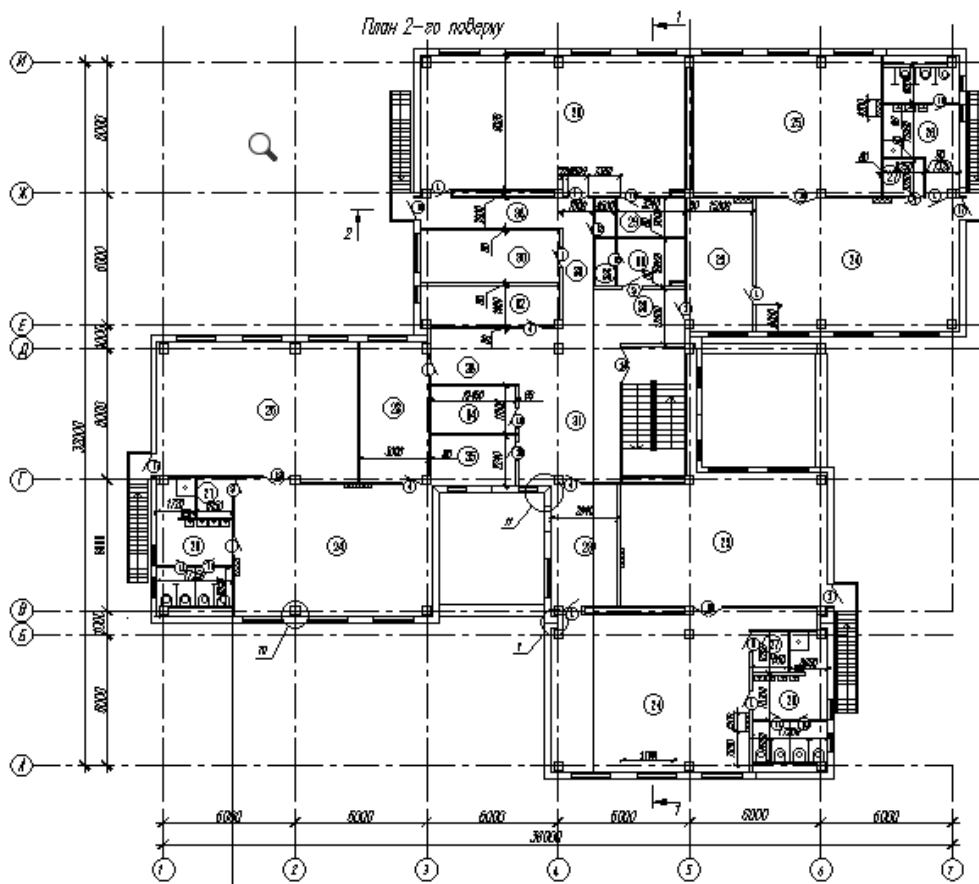


Рис. 4.2 План 2-го поверху

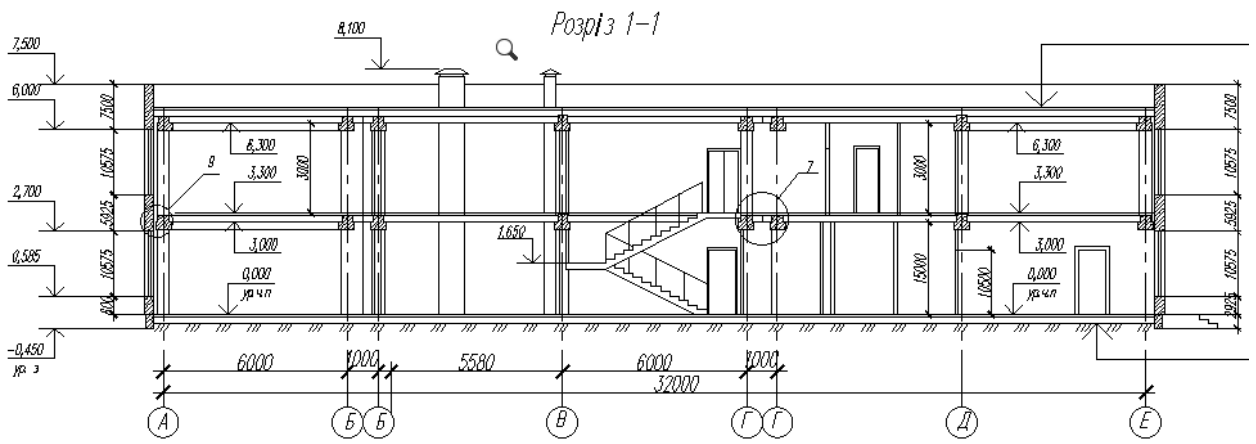


Рис. 4.3 Розріз 1-1

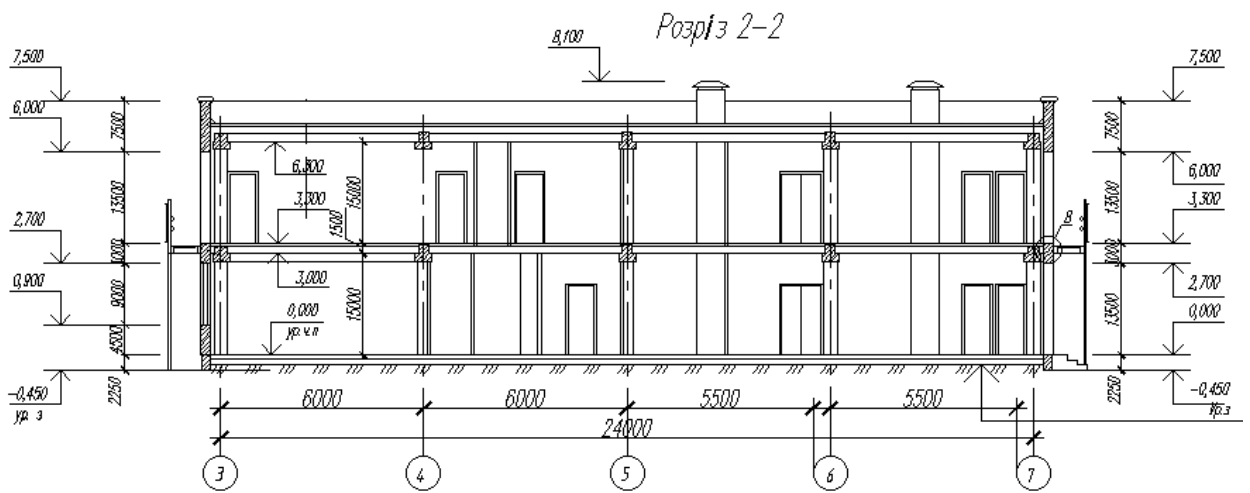


Рис. 4.4 Розріз 2-2

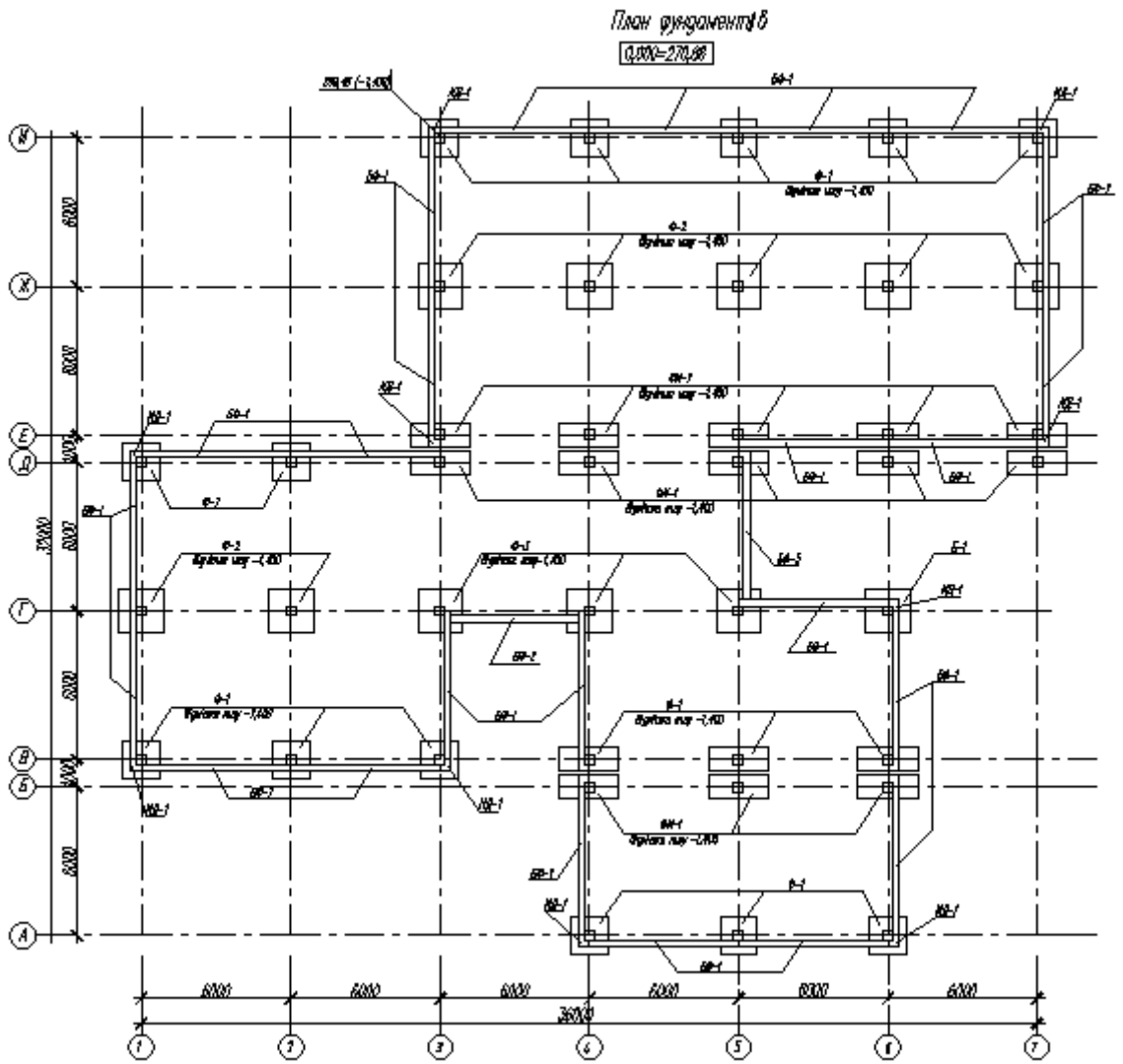


Рис. 4.5 План фундаментів

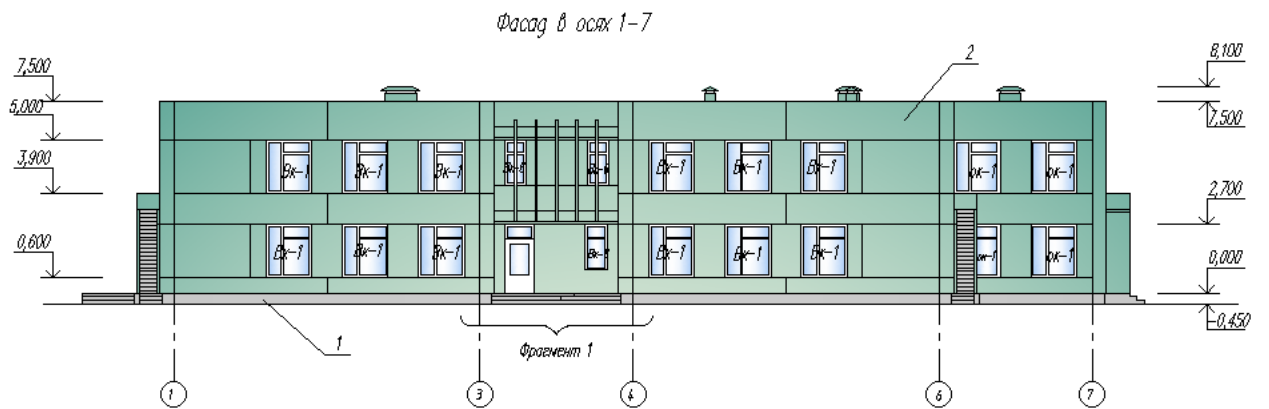


Рис. 4.6 Фасад 1-7

фрагмент диску перекриття, що досліджується

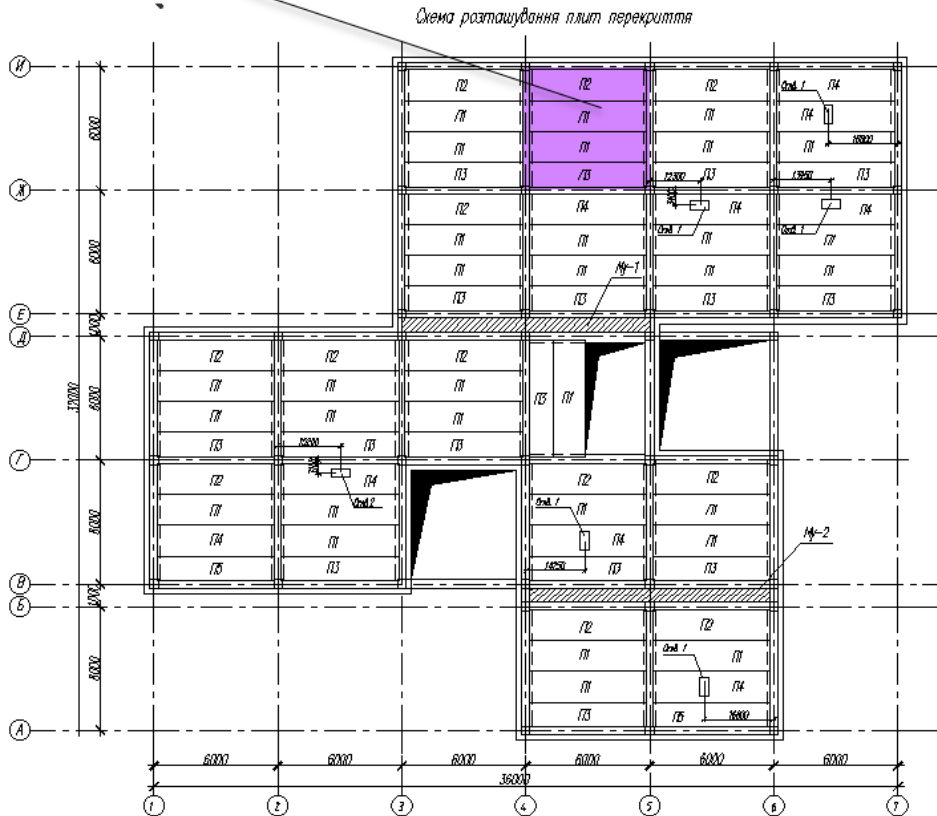


Рис. 4.6 План перекриття

## РОЗДІЛ 5

### МОДЕЛІ ДИСКУ ПЕРЕКРИТТЯ , ЩО ПІДЛЯГАЮТЬ ДОСЛІДЖЕННЮ

#### 5.1 Конструктивні вирішення ребристих плит

На рис. 5.1-5.3 наведено приклади застосування ребристих плит- як покриття в промисловій залізобетонній будівлі (рис. 5.1), вирішення ребристих плит типу ТТ (рис. 5.2).

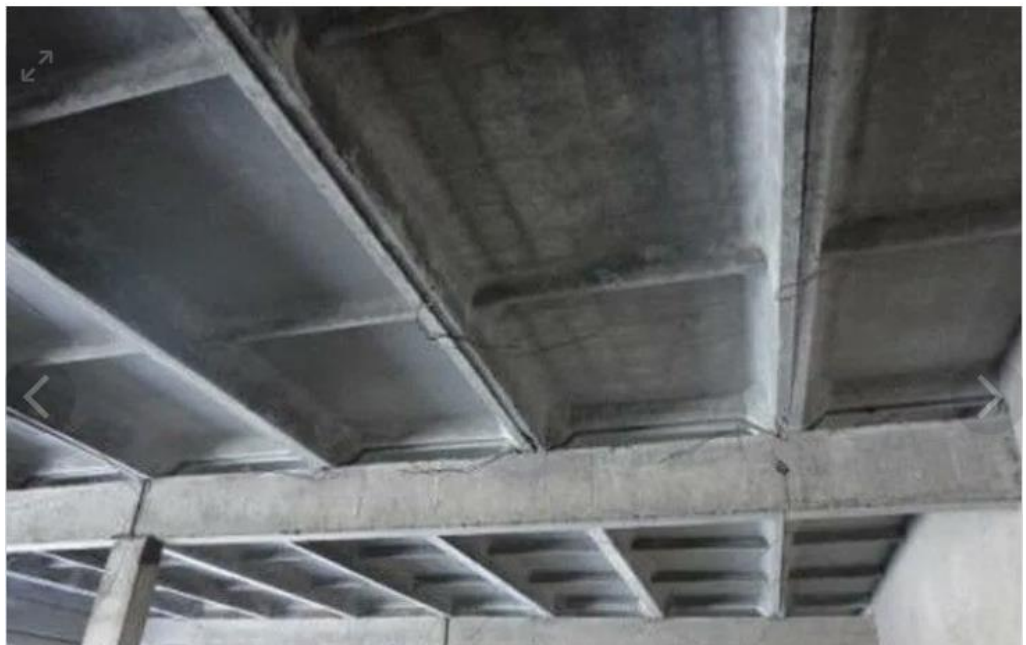
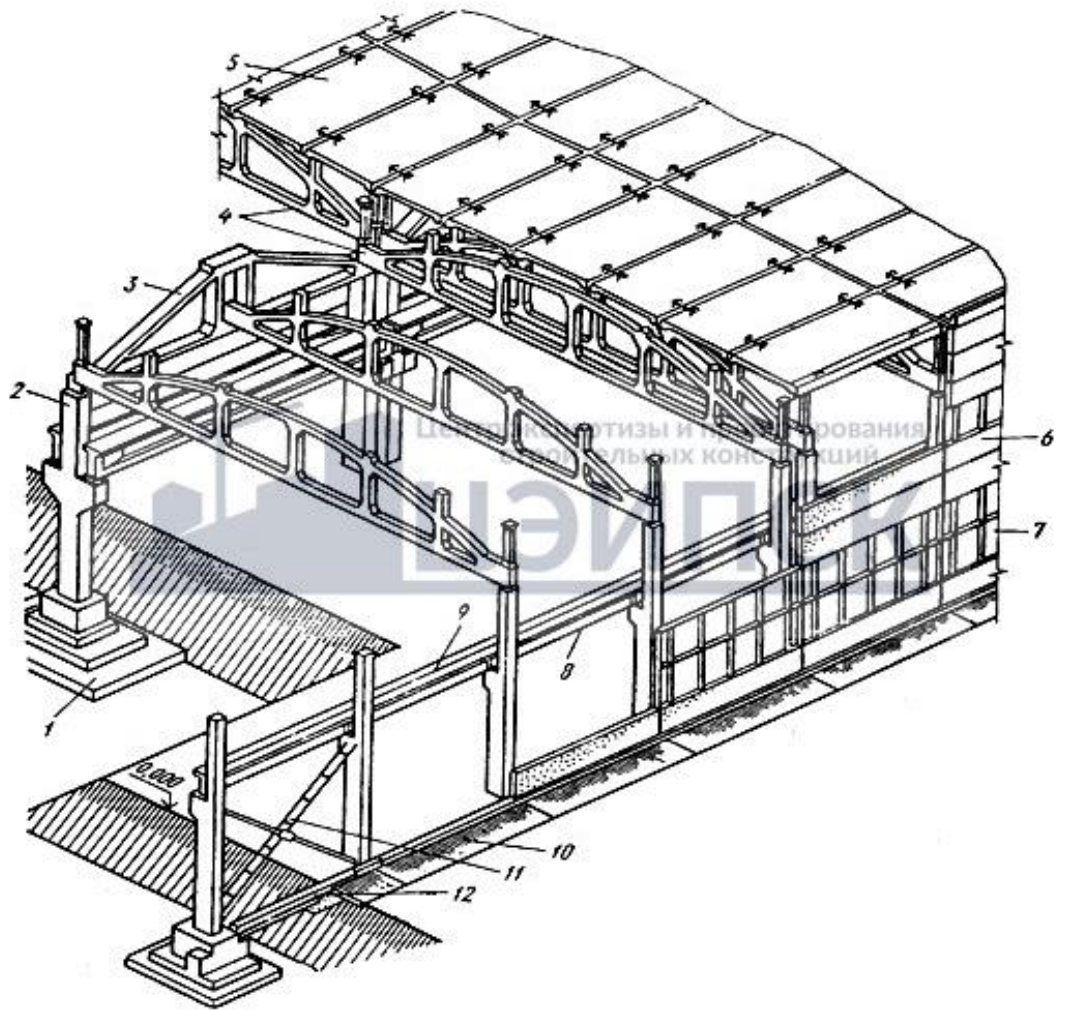




Рис. 5.1 Покриття промбудівлі із залізобетонних ребристих плит

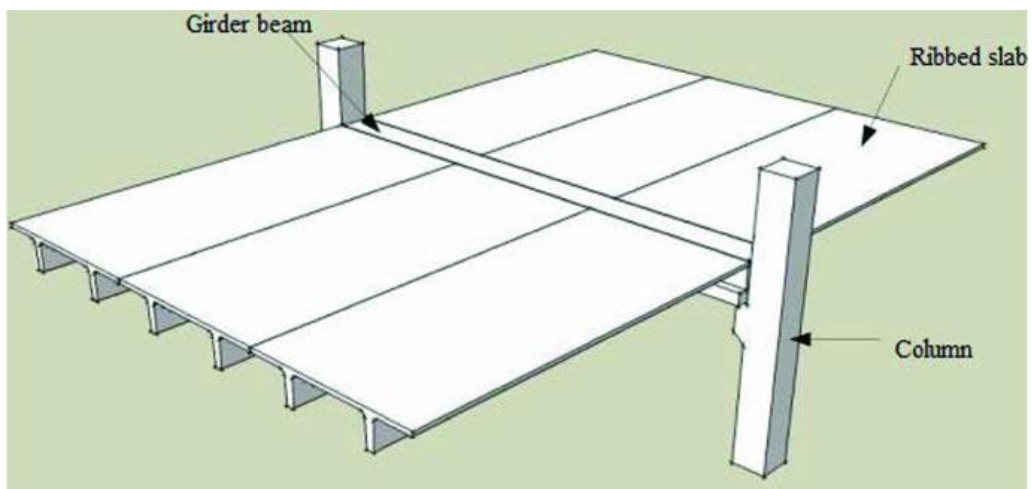


Рис. 5.2 Ребристі попередньо напружені плити типу ТТ

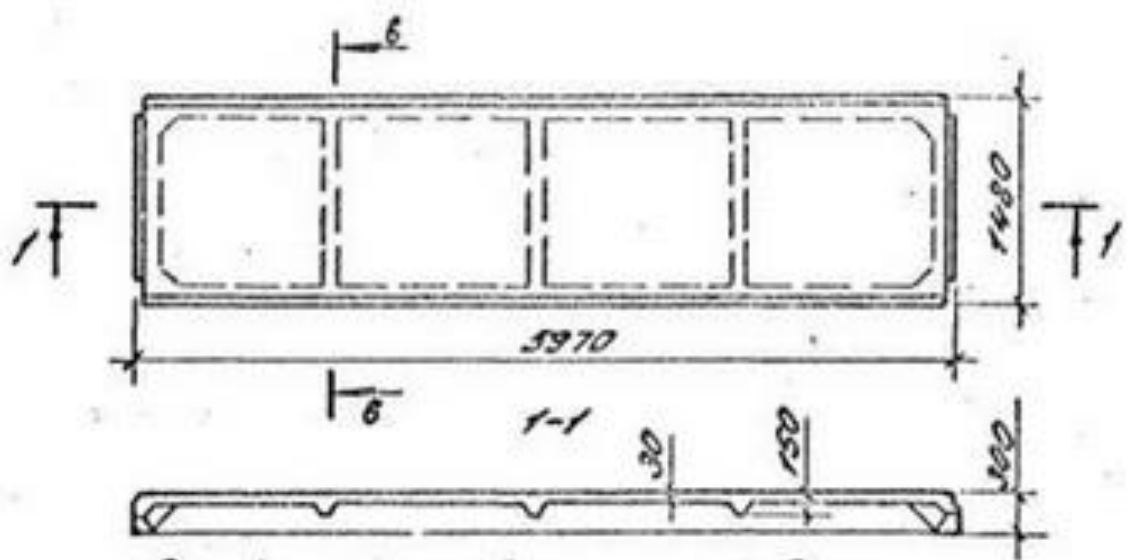
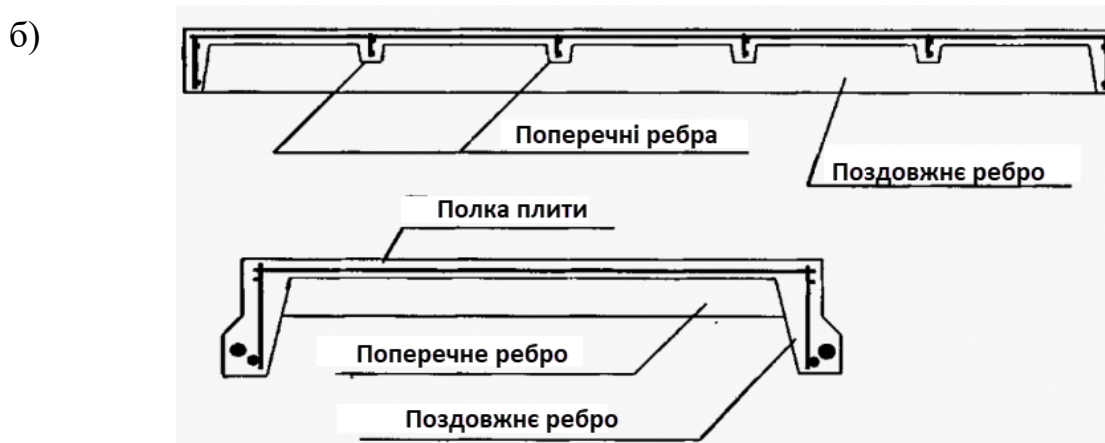
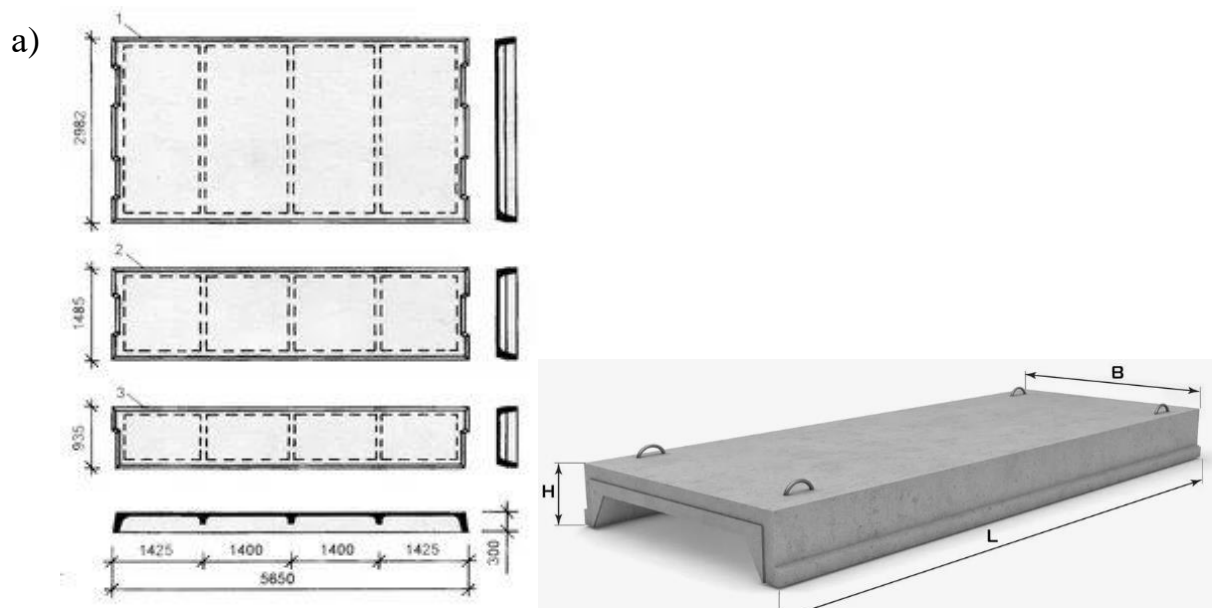


Рис. 5.3 Конструктивне рішення залізобетонної збірної ребристої плити

1,5x6,0 м

Полка ребристої плити за рис. 5.3 б плити армується плоскою сіткою із

улаштуванням робочої арматури за двома напрямками. В поздовжніх ребрах розташовано поздовжню робочу попередньо напружену арматуру (1-2 шт. в ребрі). В торцях поздовжніх ребер плит розміщено закладні деталі МН1. Під час монтажу плит вони приварюються до закладних деталей ригеля. Закладні деталі виконано як вигляді сталеві обойми.



Рис. 5.4 Деталь МН-1

Ці деталі МН1 запобігають поперечним деформаціям бетону в зоні передавання зусилля попереднього обтиснення на бетон. Закладні деталі також забезпечують анкерування робочої арматури способом приварювання шайб по торцях.

## 5.2 Побудова моделі ячейки із збірних плит в ПК ЛІРА-САПР

Розглянемо фрагмент диску перекриття із чотирьох збірних залізобетонних ребристих плит шириною 1,5 м та довжиною (прольотом) 6,0 м. Всі плити шарнірно обперті по торцях. Просторова модель однієї плити перекриття показана на рис.5.5.

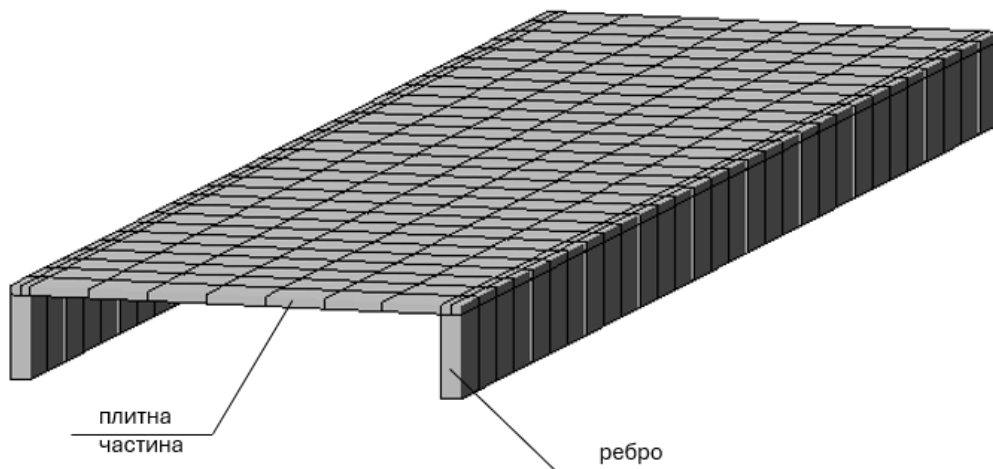


Рис. 5.5 Просторова скінченоелементна модель ребристої плити 1,5x6,0x0,22 м

### 5.2.1 Особливості побудови скінченоелементної моделі ребристої плити

На рис. 5.6 наведена скінченоелементна (СЕ) модель плити, що наведена на рис. 5.5

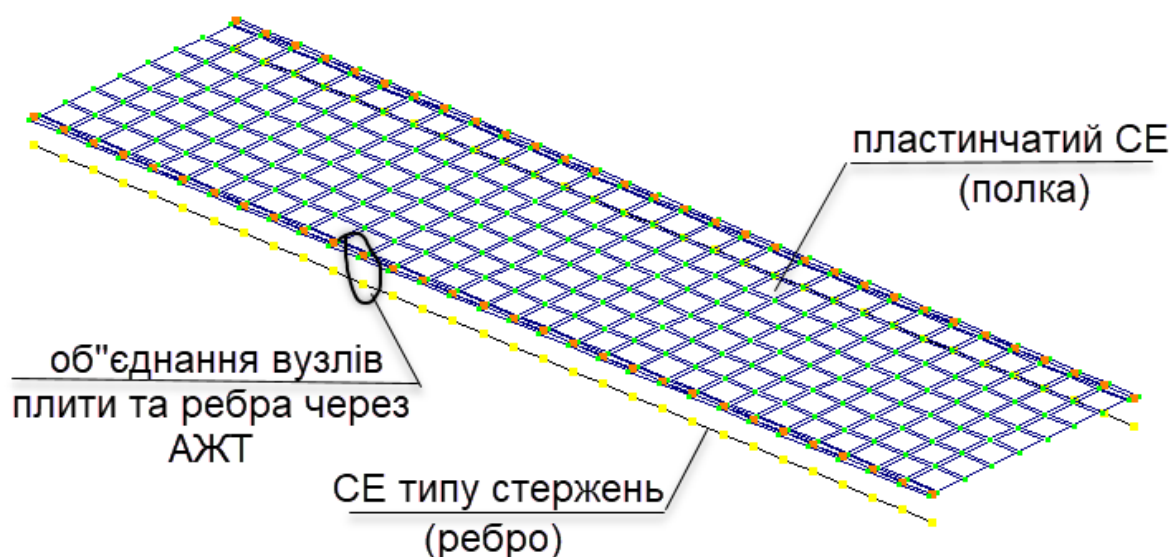


Рис. 5.6 Скінченоелементна модель ребристої плити: вузли, що належать пластинчастим СЕ та стержньовим СЕ утворюють групу (двійку вузлів) в площині  $XOZ$ , що об'єднуються в абсолютно жорстке тіло (АЖТ)

Плитна частина ребристої плити (тонка полка) змодельована пластинчастими скінченими елементами, а поздовжні ребра, в яких зосереджена робоча розтягнута араматура, змодельовано стержньовими скінченими елементами типу універсальний просторовий стержень (СЕ №10).

При зміщенні стрижневого елемента щодо нейтральної осі плити плитного скінченого елемента є потреба враховувати ексцентричність стиків елементів в узлах. Умови спільного деформування стержнів та пластин будуть виконуватися при приєднанні вузлів стрижнів до вузлів пластин за допомогою таких інструментів: або абсолютно жорстких ( $EI = \infty$ ) вертикальних вставок (АЖВ) або за допомогою аналогічного за змістом інструменту – абсолютно жорсткого тіла (АЖТ).

Серединний шар пластинчатого скінченого елемента та центр ваги стержньового СЕ прямокутного перерізу «розносять» на відстань, що дорівнює:

- відстані, що дорівнює різниці між половиною загальної висоти плити та половиною товщини плити (рис.5.7, а).

- відстані між центром ваги стержня та серединною лінією пластини (рис. 4.7, б)

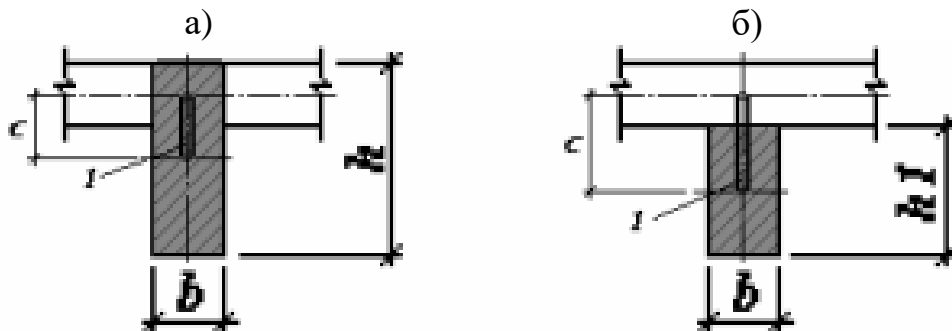


Рис. 5.7 Варіанти моделювання ексцентричності стиків у вузлах:

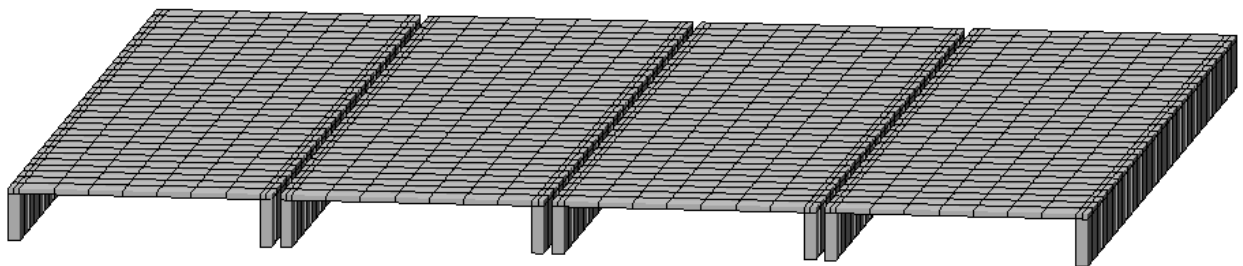
1 – абсолютно жорстка вставка; С – довжина АЖВ

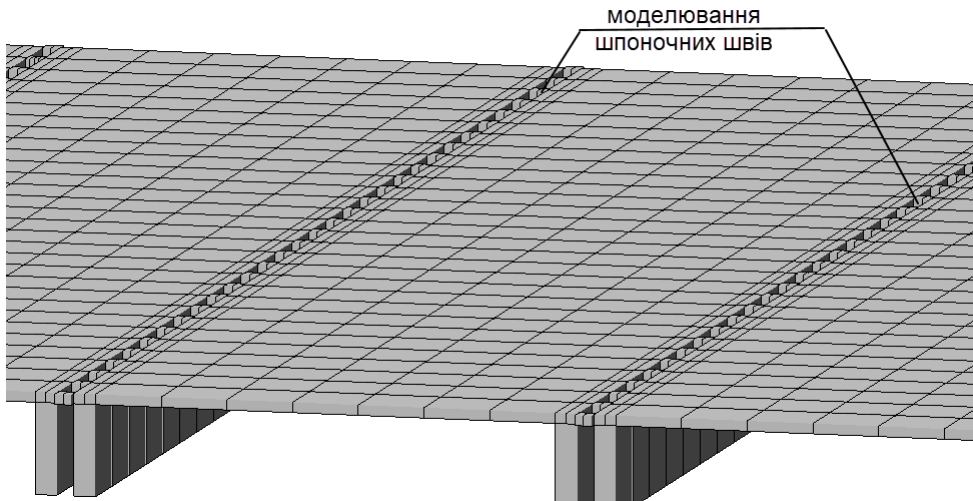
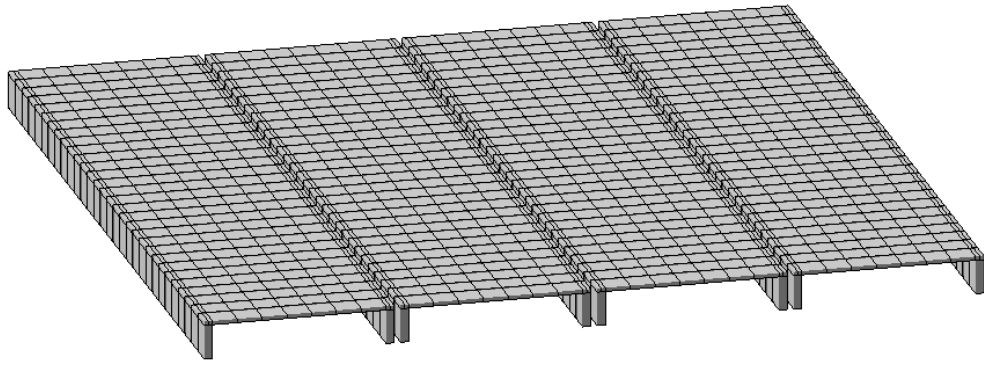
Після рознесення на відстань за варіантом 1 або варіантом 2 пластинчатих СЕ та стержньових СЕ за допомогою опції «абсолютно жорстке тіло» виконують об'єднання вузлів стержньових елементів та пластинчатих СЕ, що лежать в одній вертикальній площині.

Після рознесення на відстань за варіантом 1 або варіантом 2 пластинчатих СЕ та стержньових СЕ за допомогою опції «абсолютно жорстке тіло» виконують об'єднання вузлів стержньових елементів та пластинчатих СЕ, що лежать в одній вертикальній площині.

На рис.5.8, а наведено просторові моделі фрагменту диску перекриття.

а)





б)



в)

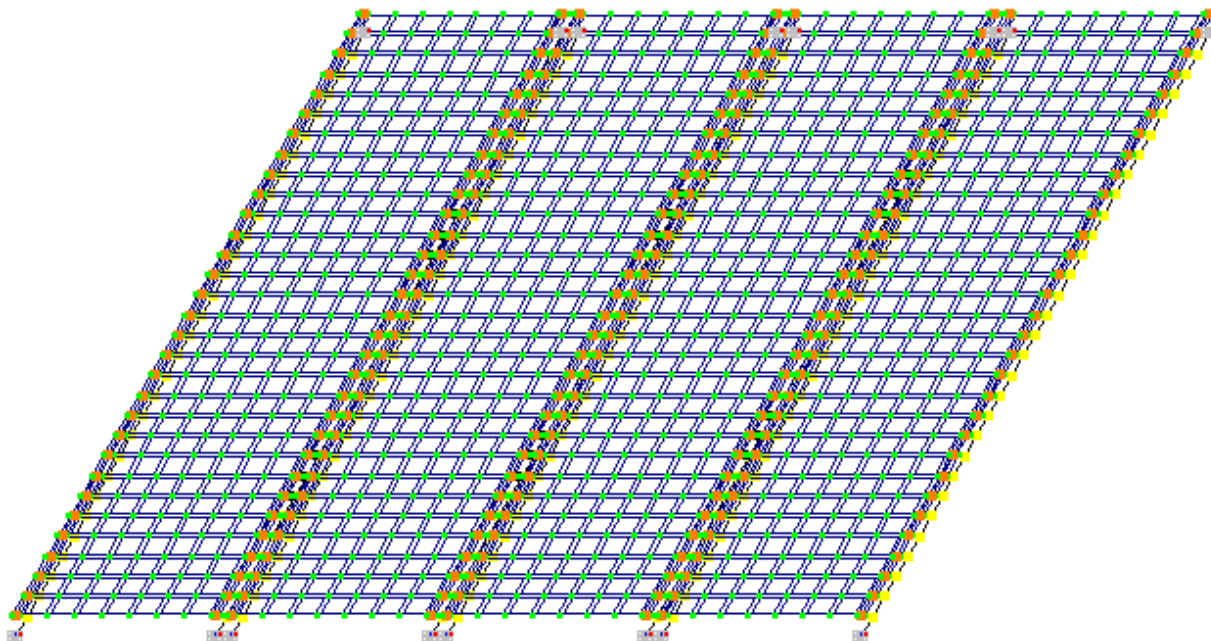


Рис. 5.8 Фрагмент диску перекриття розміром 6,0х6,0 м із збірних ребристих залізобетонних плит: просторові моделі – а; завдання шпоночного з'єднання –б; скінченоелементна модель –в

Заповнення шпоночних швів розчином вздовж довгих сторін ребристих плит обумовлює шарнірне з'єднання між плитами, тобто рухоме з'єднання. Таке з'єднання в скінченоелементній моделі можна задати як з'єднання сусідніх вузлів пластинчатих елементів стержнем великої жорсткості, довжина якого дорівнює ширині шпоночного шва. На кінці такого стерженька введено циліндричний шарнір (рис.5.8, б).

### 5.3 Жорсткості елементів розрахункової скінченоелементної схеми

Збірні ребристі панелі було виконано із бетону класу С20/25.

Для скінчених елементів розрахункової моделі було прийнято характеристики важкого бетону для класу С 20/25 ( $f_{ck,cube}=25$  МПа,  $f_{cd} = 14,5$  МПа;  $E_{cm} = 30 \cdot 10^3$  МПа).

Жорсткості скінчених елементів розрахункової моделі прийнято в пружній постановці з параметрами, що приведено в таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 Характеристики жорсткості скінчених елементів  
розрахункової моделі

№ з/п	Назва конструктивного елемента	Переріз	$E, \text{т/м}^2$	$\nu$	$R, \text{т/м}^3$
1	Ребро		$3,0 \cdot 10^6$	0,2	2,5
2	Полка (плитна частина)		$3,0 \cdot 10^6$	0,2	2,5
3	Шпоночне з'єднання		$3,0 \cdot 10^6$	0,2	2,5

#### 5.4 Збір навантаження на плиту перекриття

Прийнято наступні види завантажень на конструкцію:

Завантаження 1- власна вага плити (постійне навантаження)

Завантаження 2 - власна вага конструктивних шарів (постійне навантаження)

Завантаження 3 – корисне навантаження (тимчасове навантаження)

В таблиці 5.2 наведено збір навантаження на  $1\text{м}^2$  диску перекриття із збірних плит.

Таблиця 5.2 Збір навантаження на плиту перекриття

№ з/п	Навантаження	Характеристичне значення навантаження, $\text{кг/м}^2$	Коефіцієнт надійності за навантаження $\gamma$	Розрахункове навантаження, $\text{кг/м}^2$
<b>1. Постійні навантаження</b>				
1.1	Лінолеум без основи, $t=7\text{мм}$	9,1	1,1	10,01
1.2	Монолітна стяжка – 20 мм ( $\gamma=2200$ )	44,85	1,3	58,305

	кг/м <sup>3</sup> =22кН/м <sup>3</sup> ) 2200 кг/м <sup>3</sup> ×0,02 м= 44 кг/м <sup>2</sup> =0,42 кН/м <sup>2</sup>			
1.3	Звукоізоляція ( $\gamma = 1200$ кг/м <sup>3</sup> ), t=40 мм	48	1,2	57,6
	<b>Постійне без врахування власної ваги плити</b>	<b>101,95</b>		<b>125,92</b>
1.4	Власна вага ребристої плити	Обчислюється автоматично ПК «ЛІРА-САПР»		
<b>2.Тимчасове навантаження</b>				
	Тимчасове корисне навантаження	<b>200</b>	1,2	<b>240</b>
	в тому числі:			
2.1	- довготривале	85	1,2	102
2.2	- короткочасне	115	1,2	138

### 5.5 Фактори, що виявляють просторову роботу диску із збірних плит

Певні умови, в яких працюють збірні плити перекриття або певні впливи під час експлуатації можуть досить яскраво виявляти факт спільної роботи плит перекриття в складі цілого диску перекриття. Ці фактори можуть виникати як декілька одразу, так і діяти кожен окремо.

- Завантаження однієї чи декількох плит локальним навантаженням.*  
Так, окремі плити перекриття в складі всього диску перекриття можуть бути завантажені локальним навантаженням, що якимось чином не враховано в попередніх розрахунках. Але в такому випадку аварійна ситуація не відбувається оскільки інші плити, сусідні із локально завантаженою, сприймають це навантаження на себе, тобто, таким чином, розвантажують плиту.
- Пониження жорсткості однієї з плит диску в наслідок її часткового руйнування.* В наслідок порушення технологічних умов чи факторів агресивного навколишнього середовища може відбутися часткова руйнація захисного шару бетону конструкції й проектний робочий

переріз несучої конструкції може бути меншим, аніж той, що передбачено проектом. Тобто, параметри міцності й жорсткості для окремих елементів диску перериття можуть бути понижені.

3. *Спирання однієї з плит диску довгою стороною на опори (стіну, балку).*

Така схема спирання може викликати несиметричний перерозподіл зусиль між сусідніми елементами, зважаючи на те, що інші плити працюють за шарнірною схемою спирання.

4. *Пониження жорсткостей елементів плити внаслідок тріщиноутворення, і, як результат, перерозподіл внутрішніх зусиль згідно нових непружних жорсткостей.*

Більшість залізобетонних елементів під час експлуатації працюють в пластичній стадії, а значить, зазнають утворення різноманітних тріщин. Тріщиноутворення обумовлює пониження та перерозподіл жорсткостей елементів конструкції (плити), що, в свою чергу, викликає й перерозподіл зусиль в цих елементах, який не виявляє розрахунок конструкції в пружній стадії, тобто з призначеними пружними жорсткостями.

Визначимо розрахункові моделі фрагменту диска перекриття з чотирьох плит. Так, в якості **першої** моделі приймемо фрагмент з 4-плит, що рівномірно завантажений навантаженням (рис.5.9, а). В якості **другої** моделі прийнято схему, де локально завантажена одна з чотирьох плит (рис.5.9, б та табл.5.3). В третій моделі для однієї з 4-х плит понижена жорсткість при вигині (рис. 5.9, в). В розрахунковій **моделі №4** фактори моделі №2 та №3 зстосовано одночасно – тобто має місце локальне завантаження однієї з плит та понижена жорсткість одній з плит.

Таблиця 5.3 Розрахункові моделі, що прийнято

№ завант.	Схема №1	Схема №2
Завантаження 1	Власна вага плити	Власна вага плити
Завантаження 2	Вага конструктивних шарів	Вага конструктивних шарів

Завантаження 3	Корисне навантаження	Корисне навантаження
		<i>Локальне навантаження по площі однієї плити</i>

Продовження таблиці 5.3

№ завант.	Схема №3	Схема №4
Завантаження 1	Власна вага плити	Власна вага плити
Завантаження 2	Вага конструктивних шарів	Вага конструктивних шарів
Завантаження 3	Корисне навантаження	Корисне навантаження
	<i>Пониження жорсткості однієї з плит покриття</i>	<i>Локальне навантаження по площі однієї плити + пониження жорсткості однієї з плит покриття</i>

Алгоритм виконання числового експерименту наведено на рис. 5.10

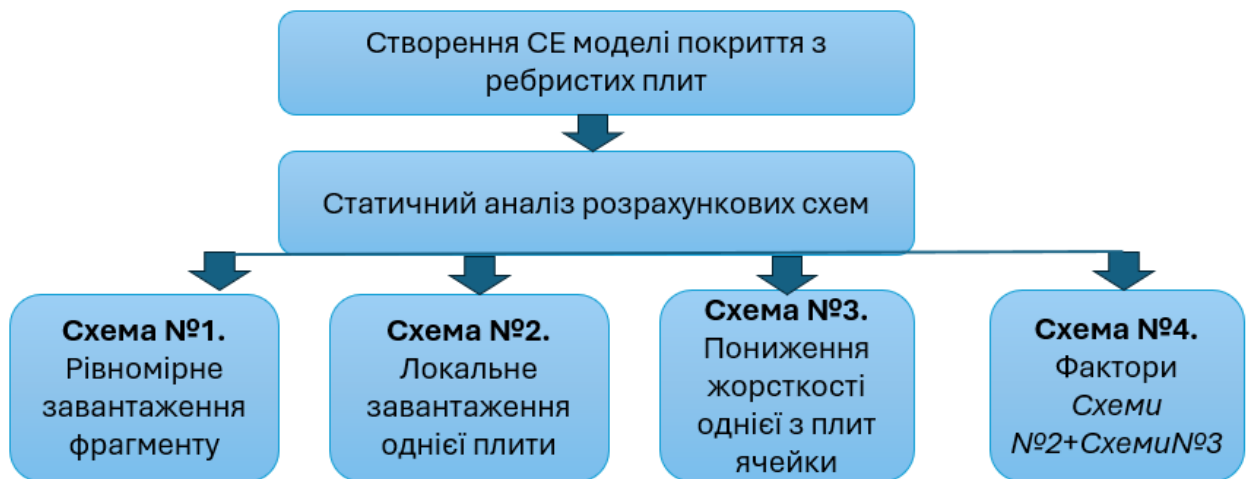
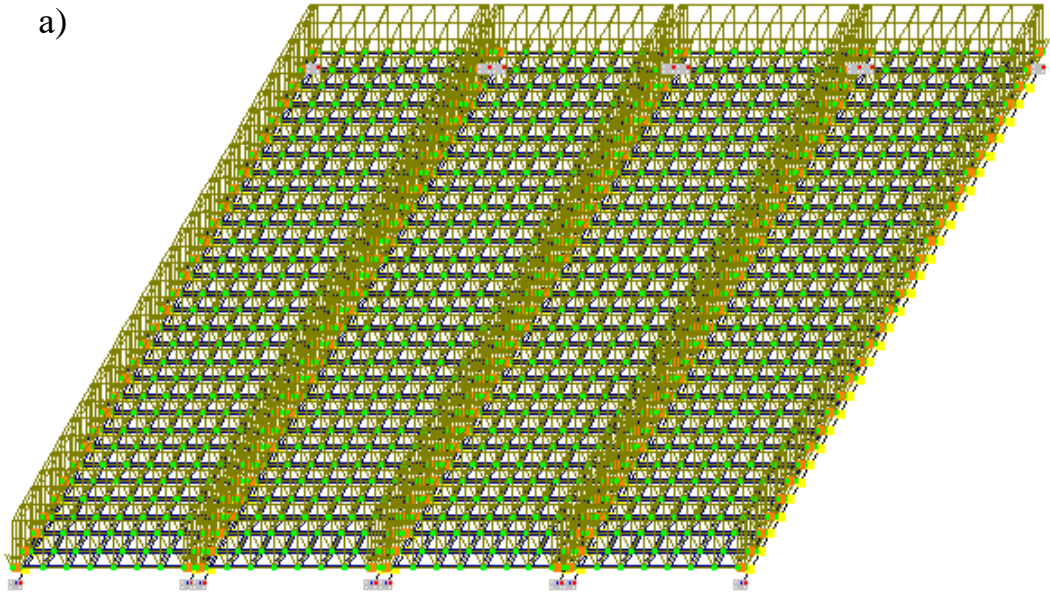


Рис. 5.10 Алгоритм числового експерименту

Моделі згідно алгоритму виконання числового експерименту наведено на рис. 5.11.

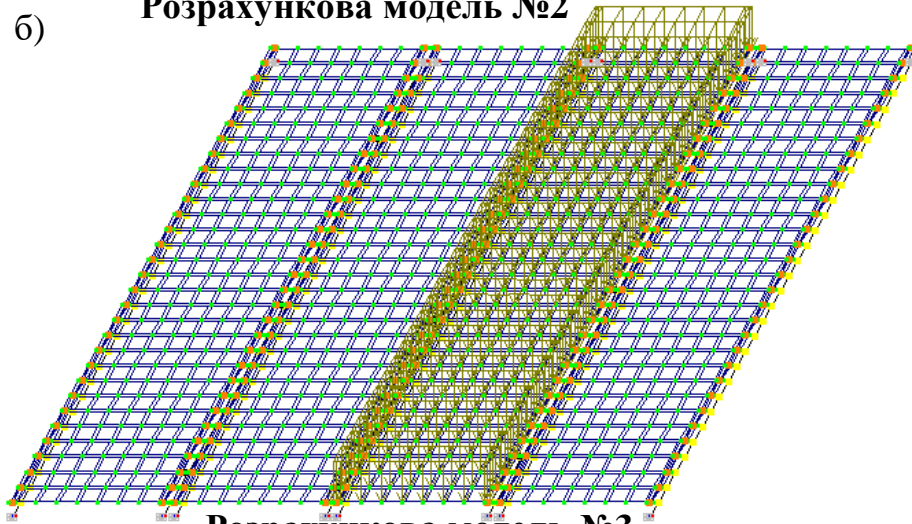
## Розрахункова модель №1

а)



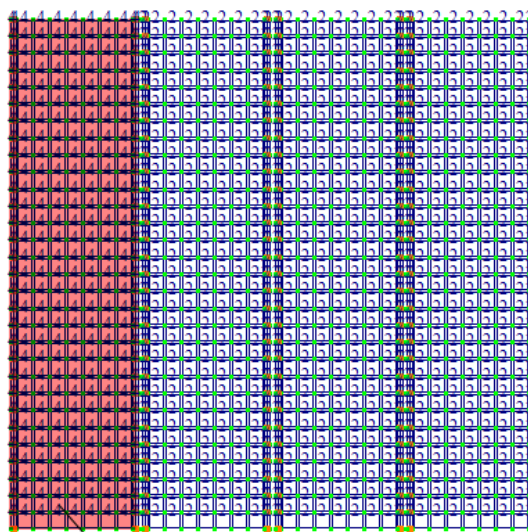
б)

## Розрахункова модель №2



## Розрахункова модель №3

в)



понижена  
жорсткість плити

## Розрахункова модель №4

г)

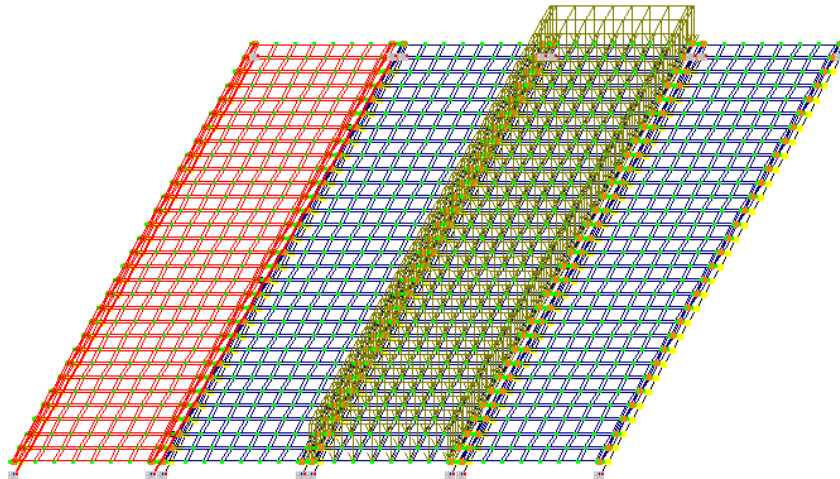


Рис. 5.11 Розрахункові моделі фрагменту перекриття із збірних ребристих плит, що досліджуються: модель №1-а; модель №2- б; модель №3-в; модель №4-г

## РОЗДІЛ 6

### АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ СТАТИЧНОГО РОЗРАХУНКУ

#### 6.1 Зусилля, що виникають в плитній частині

Полка (плитна частина) являє собою тонку пластину. На рис. 6.1 наведено вид та характер напружень, що виникають в перерізі тонкої пластини.

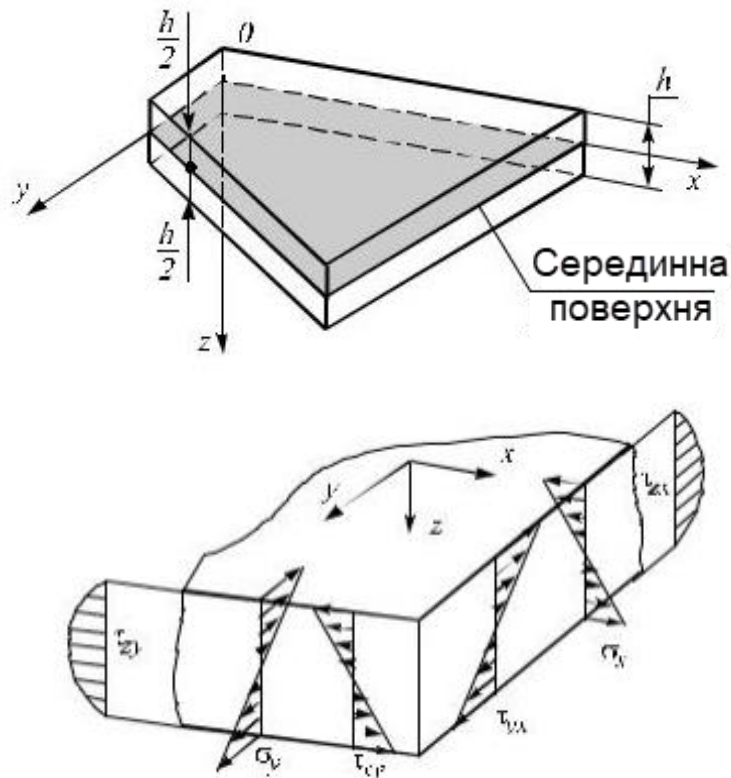


Рис. 6.1 Епюри напружень по товщині пластинки

**Тонкими** називаються пластинки, що мають відношення товщини до найменшого характерного розміру в плані  $h/b$  приблизно в межах  $1/5-1/80$  та величину очікуваних прогинів не більше  $h/4$ .

Зусилля, що діють в серединній товщі тонкої пластинки:

$M_y$  – момент вигину в площині YOZ

$M_x$  – момент вигину в площині XOZ

$Q_y$  – поперечна сила в площині YOZ

$Q_x$  – поперечна сила в площині XOZ

$\sigma_y$  – нормальні напруження в площині YOZ

$\sigma_x$  – нормальні напруження в площині XOZ

$\tau_{xz}$  – поперечна сила в площині XOZ

$\tau_{yz}$  – поперечна сила в площині YOZ

## 6.2 Зусилля, що виникають в ребрах плит

В загальному випадку в стержнях розрахункових моделей виникають такі зусилля:

$N$ –епюри поздовжніх сил

$Q_y$ –епюри поперечних сил відносно осі Y

$Q_z$  – епюри поперечних сил Z

$M_x$ –епюри крутних моментів X

$M_y$ –епюри згинальних моментів Y

$M_z$ – епюри згинальних моментів Z

При моделюванні ребристої плити таким чином, як описано в п.5 та показано на рис.5.8 *a, в* ребро плити одночасно зазнає осьового зусилля розтягу  $N$  та моменту згину  $M$ , що реальним напруженим станом цієї конструкції.

### 6.3 Результати статичного розрахунку плитної частини

В таблиці 6.1 наведено результати статичного обчислення напружено-деформованого стану для полк панелей перекриття для всіх моделей, що досліджувалися.

Таблиця 6.1. Напружено-деформований стан полки полки (максимальні зусилля)

Вид НДС	Схема №1 (рівном. навантаж)		Схема №2 (локальне навантаж)		Схема №3 (понижена жорсткість)		Схема №4 (локальне+пониж. жорсткість)	
$f_z, \max$ [мм]	-12,2		-18,6		-22,3		-22,3	
$N_x$ , [Т/м <sup>2</sup> ]	-98,5	126	-221	132	-76,3	259	-176	239
$N_y$ , [Т/м <sup>2</sup> ]	-316	-4,46	-416	-2,05	-502	87,9	-510	84,7
$\tau_{xy}$ , [Т/м <sup>2</sup> ]	-125	125	-183	180	-115	128	-143	125
$M_x$ , [Тм/м]	-0,0967	0,0063	-0,178	0,164	-0,0952	0,0687	-0,172	0,163
$M_y$ , [Тм/м]	-0,0292	0,0113	-0,05	0,033	-0,0415	0,0279	-0,0493	0,0333
$M_{xy}$ , [Тм/м]	-0,00751	0,00751	-0,0134	0,0136	-0,0193	0,0158	-0,0183	0,0148
$Q_x$ , [Т/м]	-0,348	0,348	-4,34	4,24	-0,493	1,97	-3,9	4,32
$Q_y$ , [Т/м]	-0,151	0,151	-0,794	0,829	-0,614	0,655	-0,808	0,78

Графічне зображення даних з таблиці 6.1 наведено на рис. 6.2.

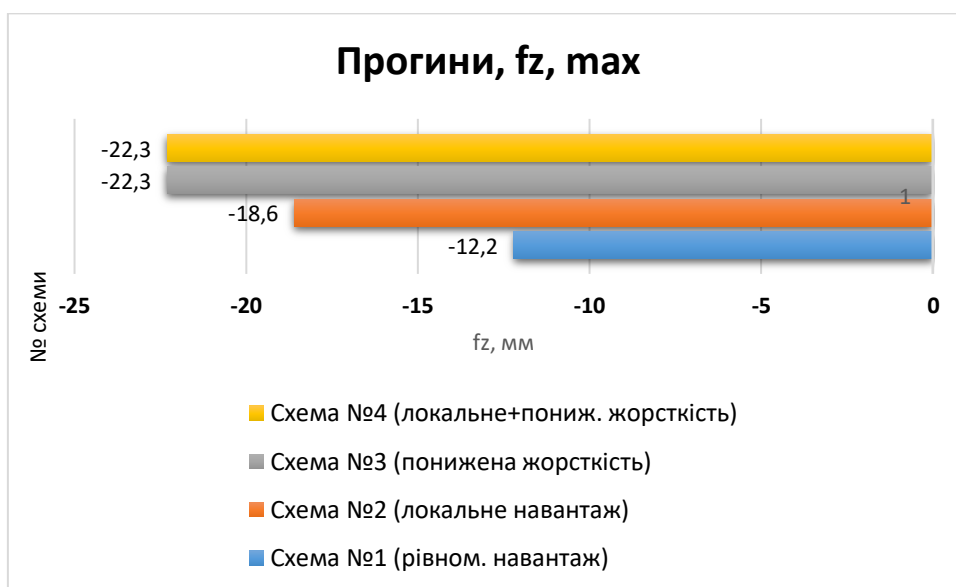


Рис. 6.2 Максимальні прогини плитної частини для моделей фрагменту диску перекриття, що досліджуються

На рис. 6.3 наведено максимальні значення напруження  $N_x$ .

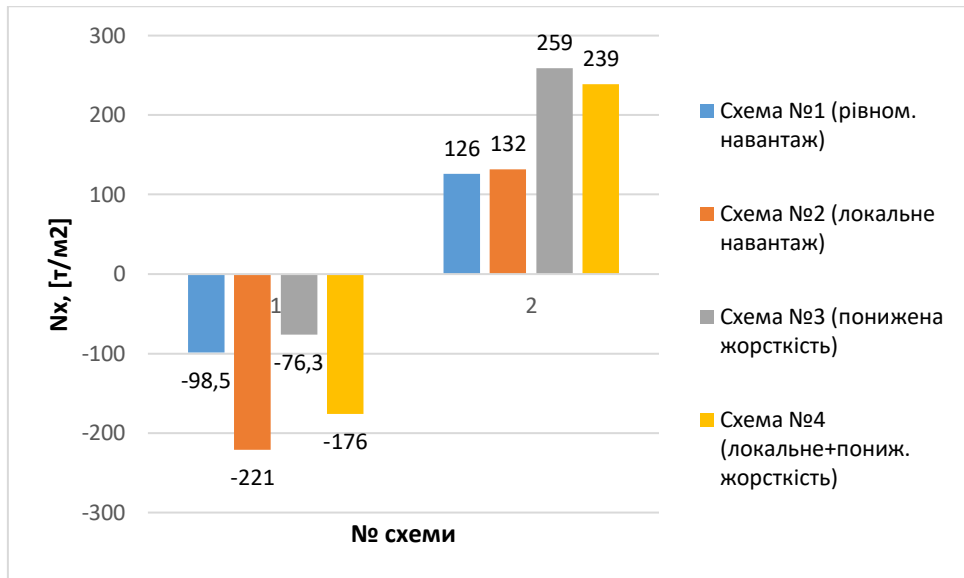


Рис. 6.3 Максимальні значення напруження  $N_x$

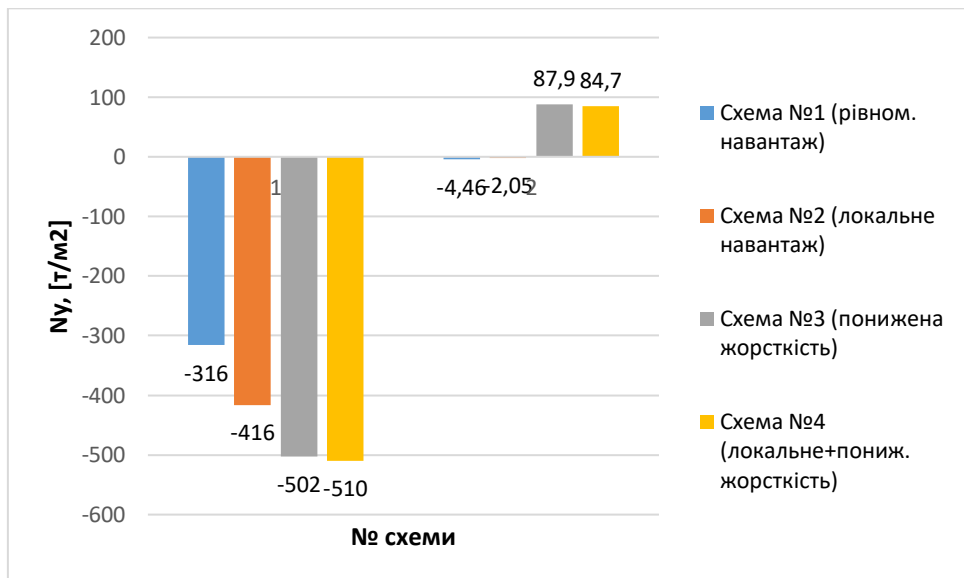


Рис. 6.4 Максимальні значення напруження  $N_y$

Епюри  $M_x$  та  $M_y$  наведено на рис. 6.5–6.6.

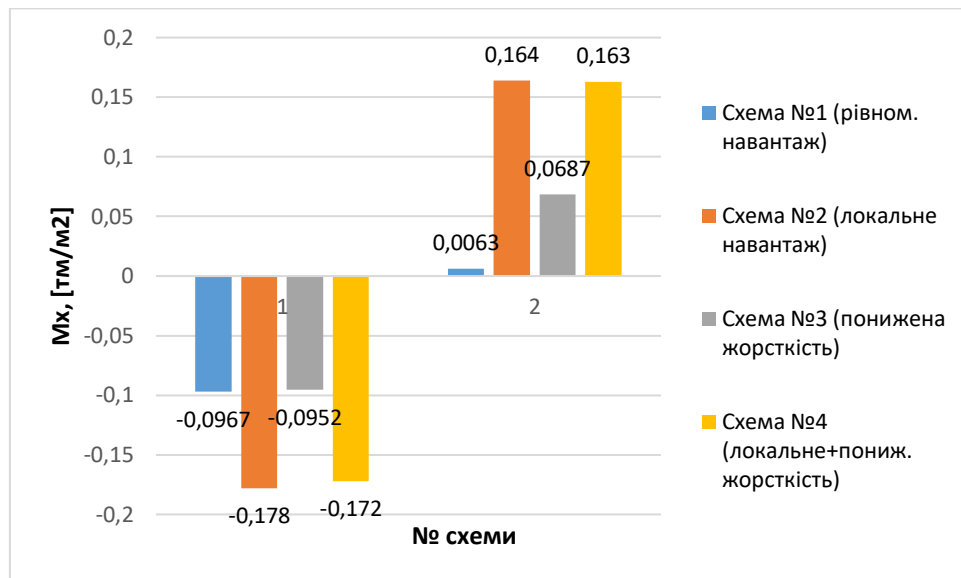


Рис. 6.5 Максимальні значення напружень  $M_x$  в плитній частині

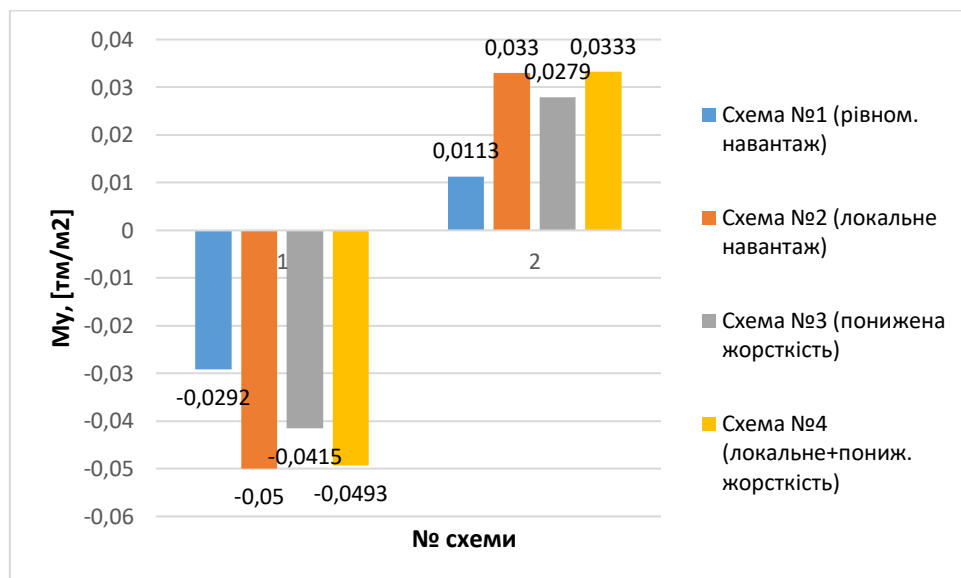


Рис. 6.6 Максимальні значення напружень  $M_y$  в плитній частині

На рис. 6.7 наведено максимальні значення напружень по  $M_{xy}$  напружень в плитній частині для всіх моделей.

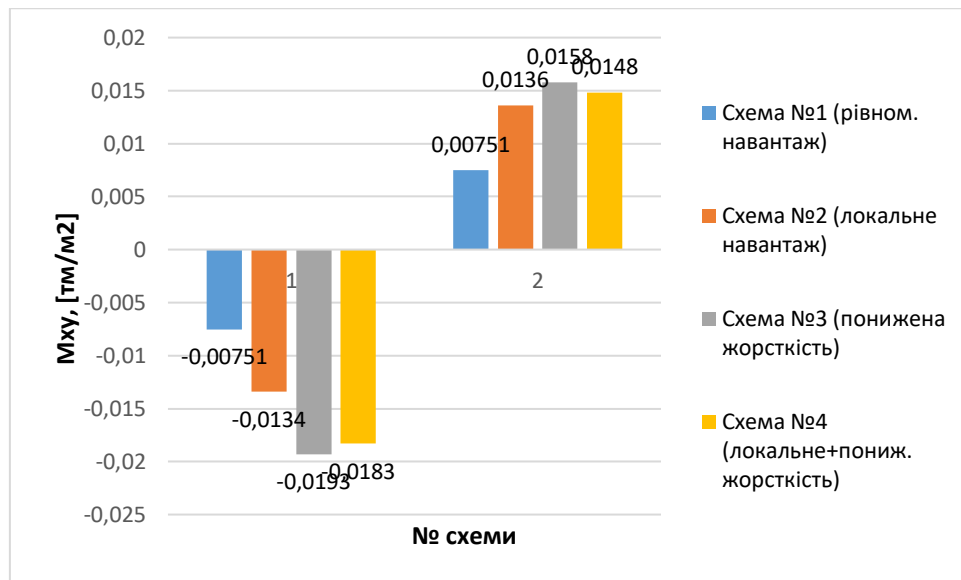


Рис. 6.7 Максимальні значення значення напружень по  $M_{xy}$  напружень в плитній частині для всіх моделей.

На рис. 6.8 наведено максимальні значення дотичних (тангенційних) напружень в плитній частині для всіх моделей.

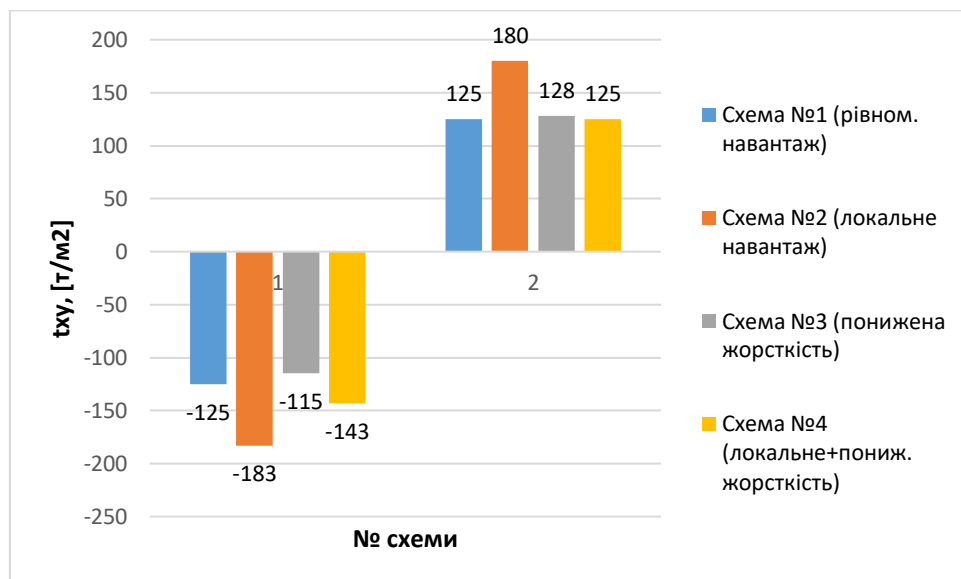


Рис. 6.8 Максимальні значення дотичних (тангенційних) напружень по  $t_{xy}$  в плитній частині для всіх моделей.

На рис. 6.9–6.10 наведено максимальні значення напружень по  $Q_x$  та  $Q_y$ .

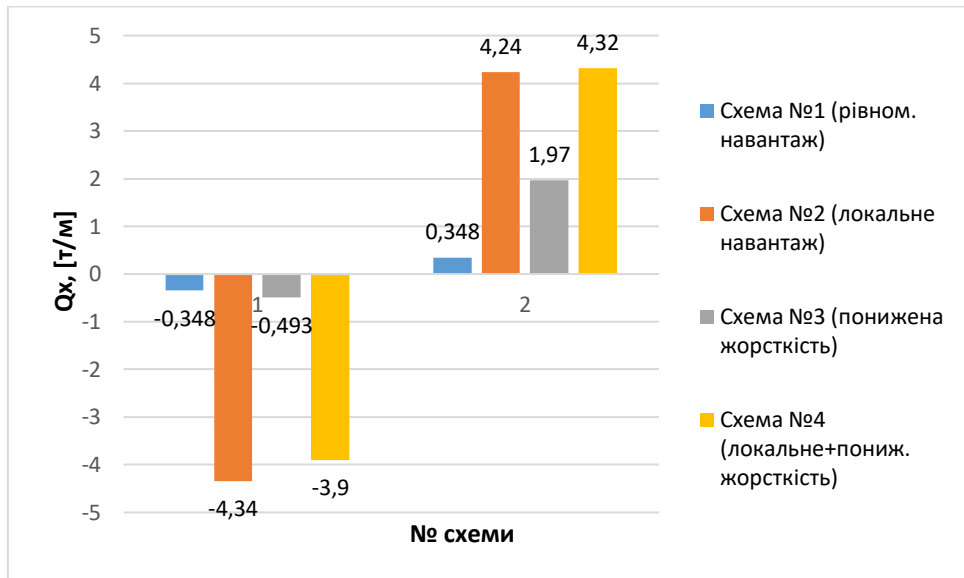


Рис. 6.9 Максимальні значення напружень по  $Q_x$  в плитній частині

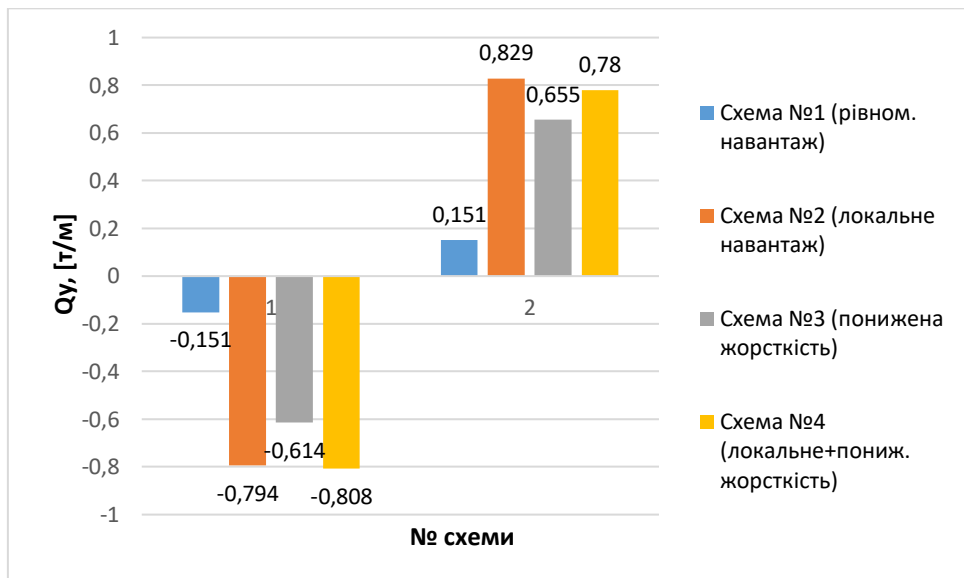
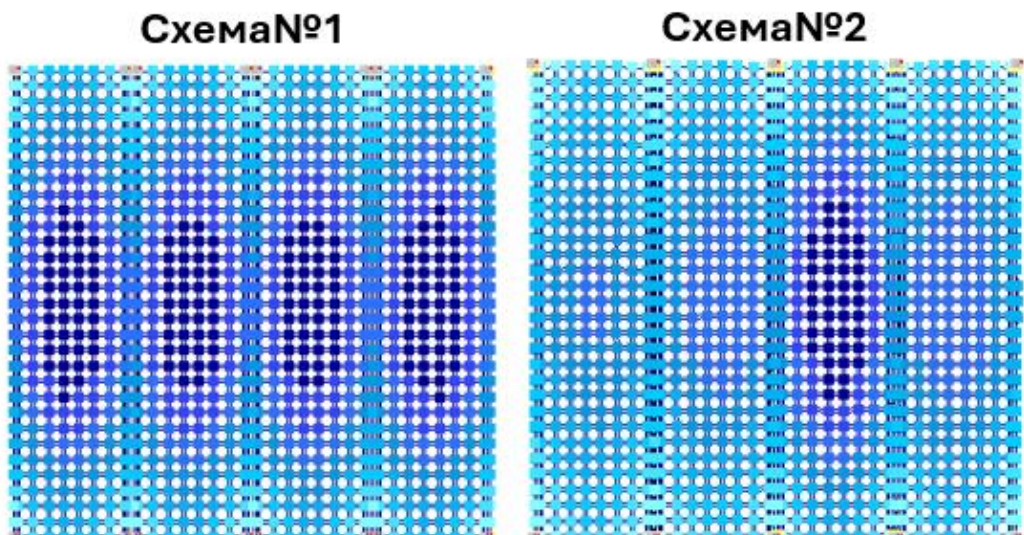
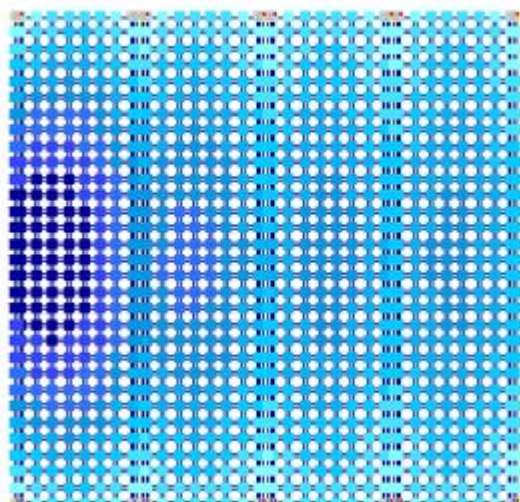


Рис. 6.10 Максимальні значення напружень по  $Q_y$  в плитній частині

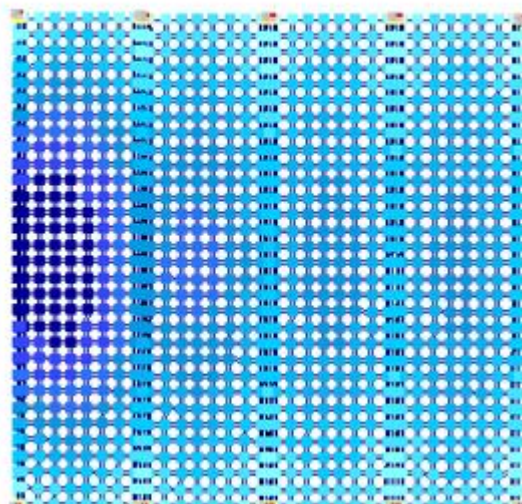
На рис. 6.11 наведено мозаїку переміщень вузлів вздовж осі Z.



**Схема №3**

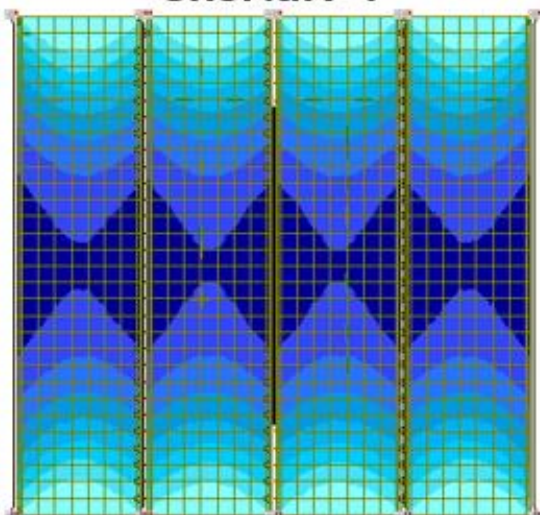


**Схема №4**

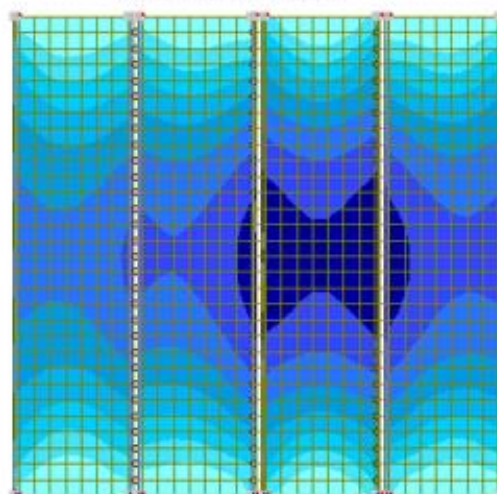


На рис. 6.11 Мозаїка переміщень вузлів плитної частини вздовж осі Z

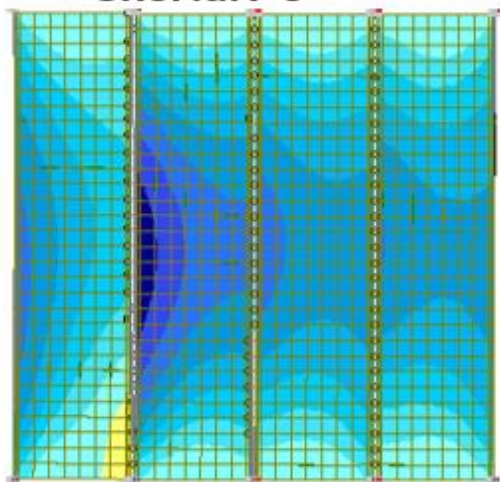
**Схема №1**



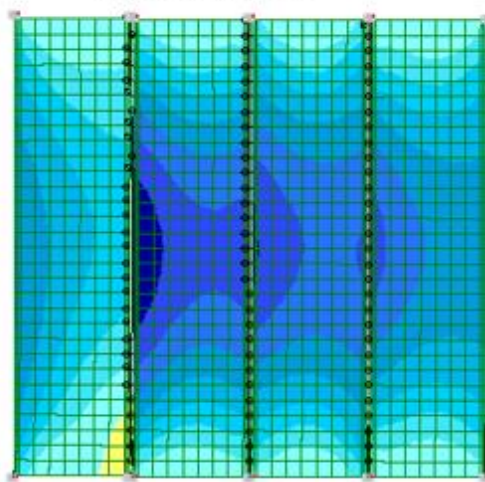
**Схема №2**



**Схема №3**



**Схема №4**



На рис. 6.12 Ізополя напружень  $N_y$

Схема №1

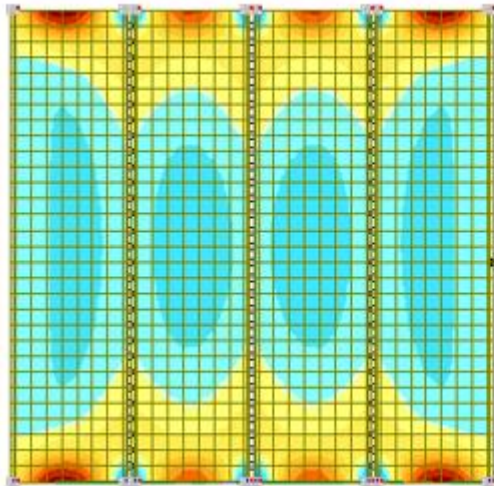


Схема №2

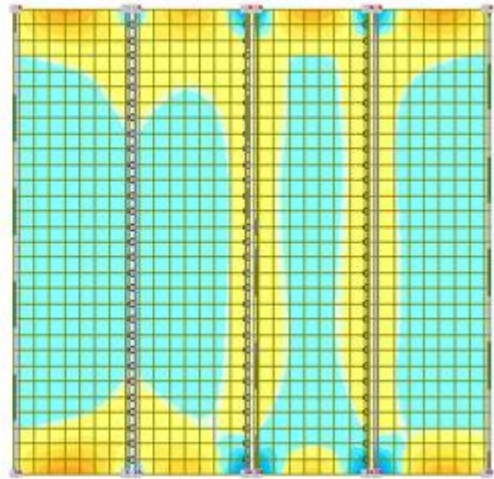


Схема №3

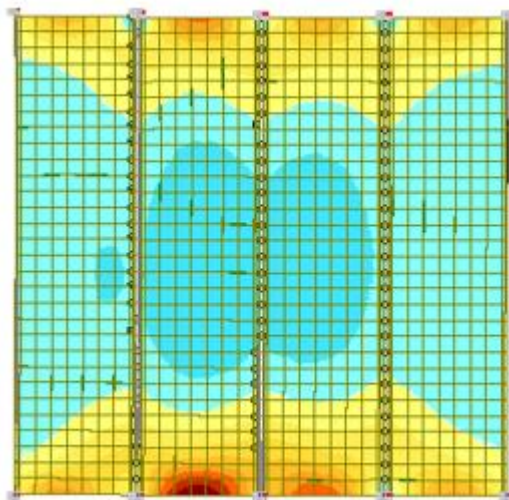
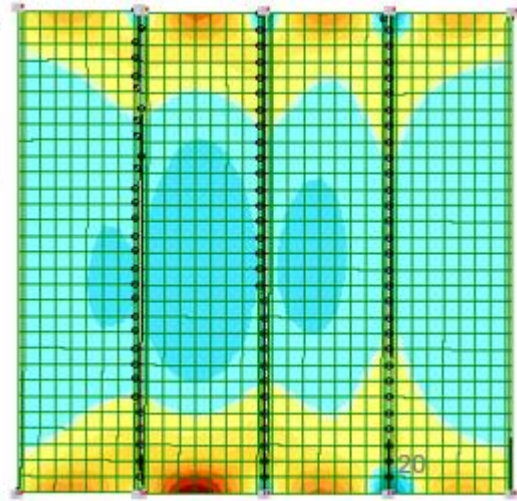


Схема №4



На рис. 6.13 Ізополя напружень  $N_x$

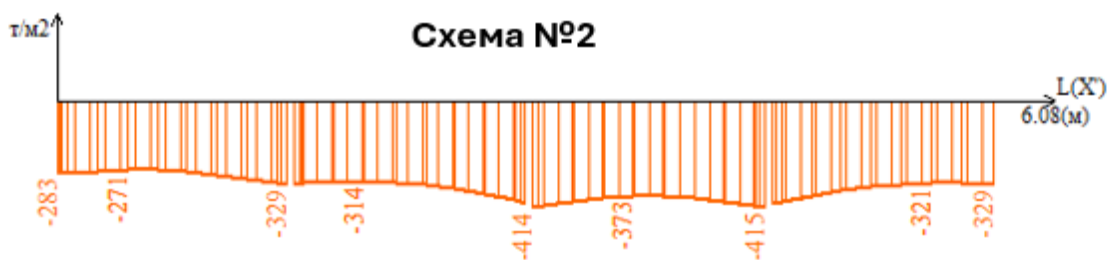
Від розрахункового сполучення навантажень наведено ізополя напружень  $N_y$  – рис. 5.14

Схема №1



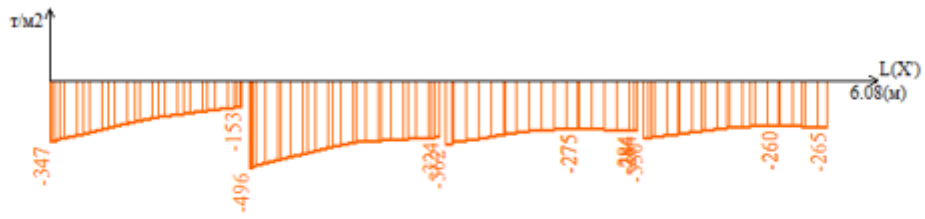
Ізополя напружень  $N_y$  (PCH4)

Схема №2



### Схема №3

Ізополя напружень  $N_y$  (PCH2)



### Схема №4



Ізополя напружень  $N_y$  (PCH4) ( $\tau/\text{м}^2$ )

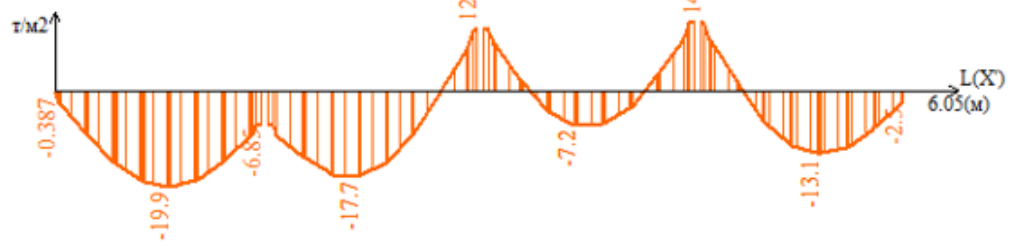
На рис. 6.14 Ізополя напружень  $N_y$  (від РСН)

### Схема №1

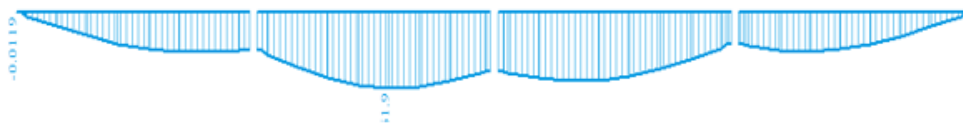


### Схема №2

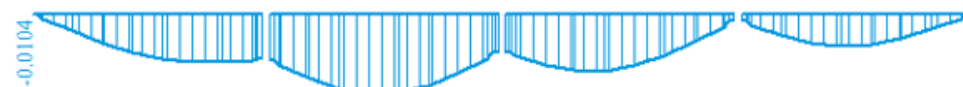
Ізополя напружень  $N_x$  (PCH4)



### Схема №3

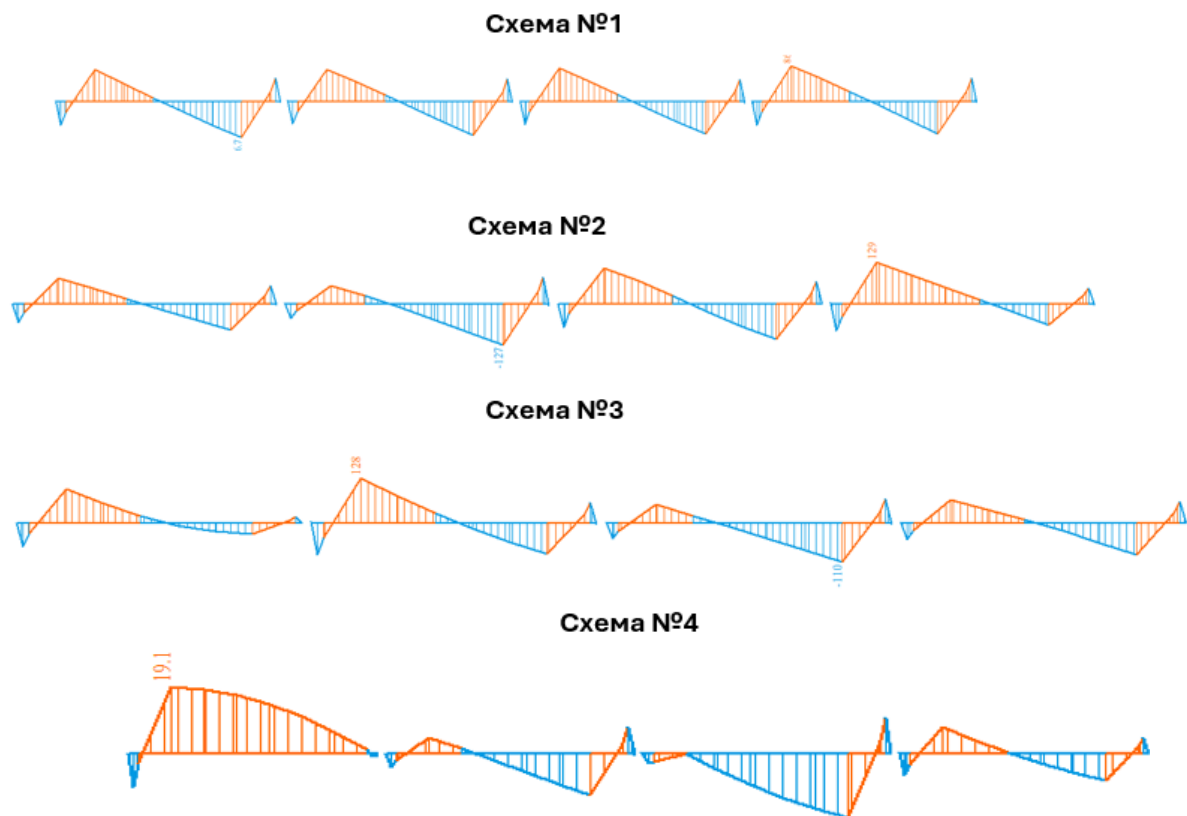


### Схема №4



Ізополя напружень  $N_x$  (PCH4) ( $\tau/\text{м}^2$ )

На рис. 6.15 Ізополя напружень  $N_x$  (від РСН)



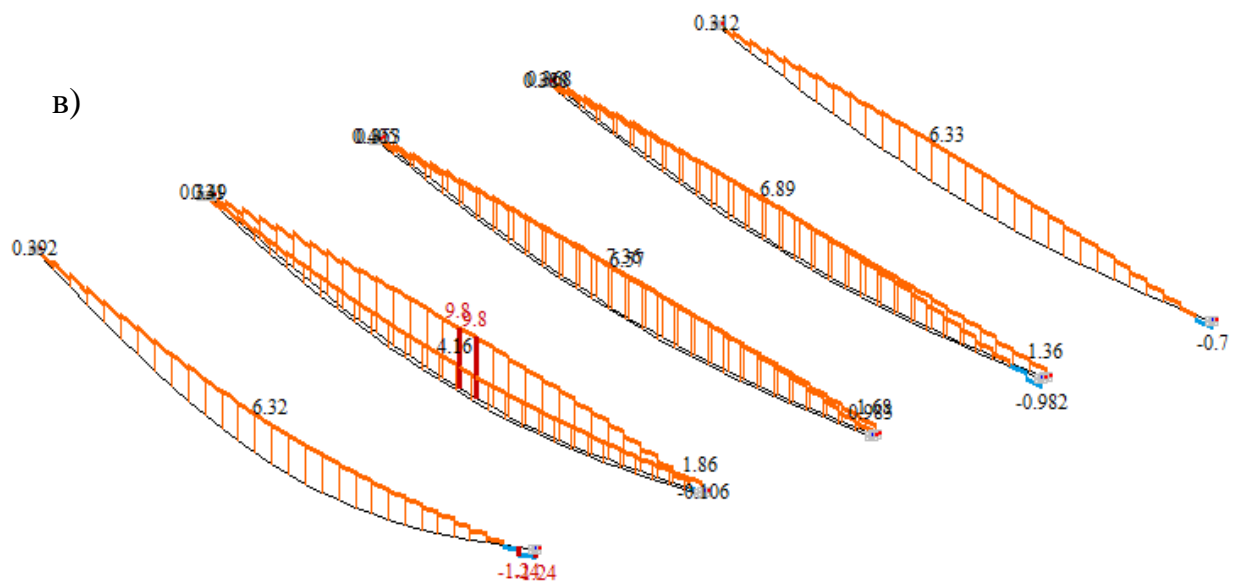
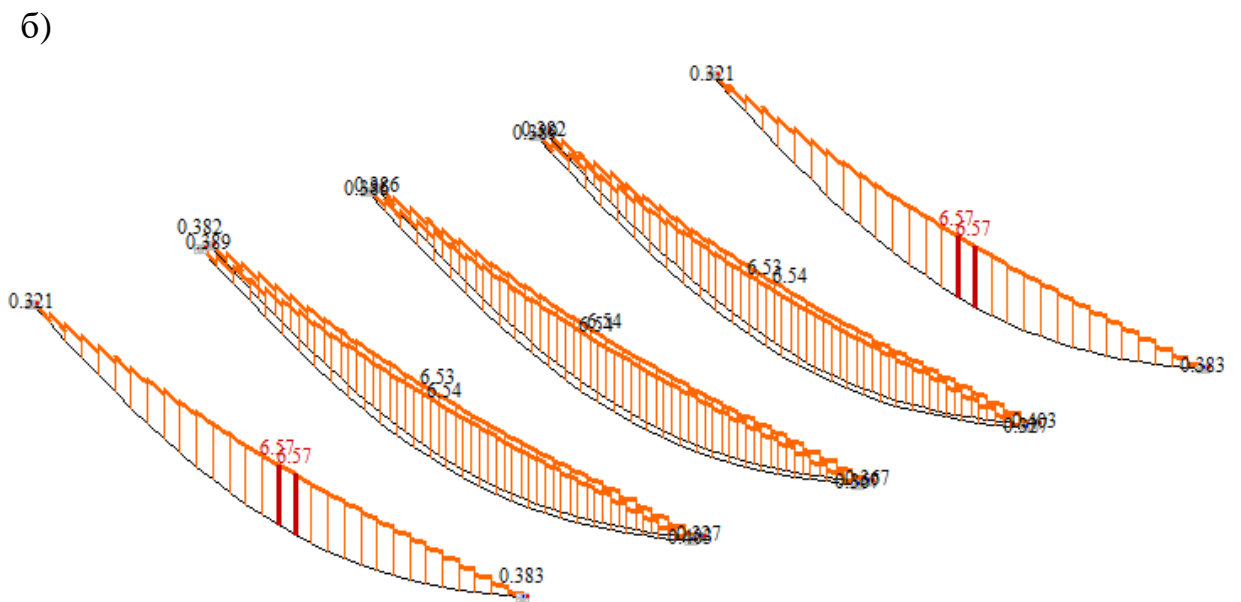
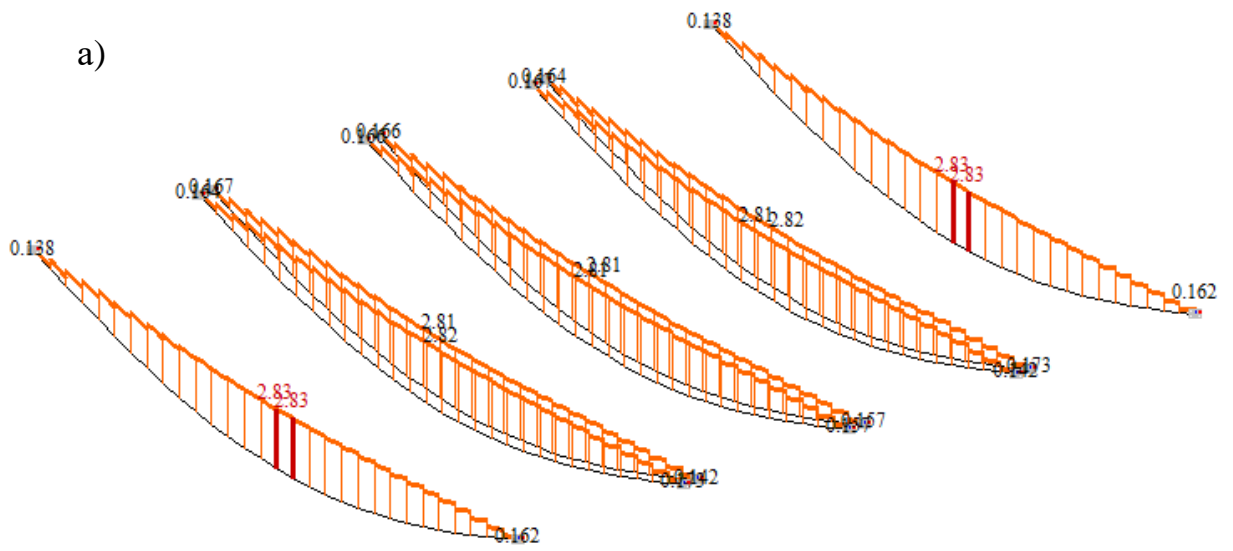
На рис. 6.16 Ізополя напружень  $\tau_{xy}$  (від РСН)

Із рис. 6.11-6.16 видно, що при локальному завантаженні одного елемента чи виході з ладу одного з елементів зусилля та напруження перерозподіляються між іншими сусідніми елементами (плитами). Цей факт доводить наявність спільної роботи збірних елементів в складі диску перекриття.

Факт спільної роботи дозволяє зробити інший важливий висновок – в деяких випадках – при завантаженні понаднормовим навантаженням окремих дільниць диску чи частковому ослабленні окремих елементів диску, конструкція в цілому може потребувати мінімального її підсилення, або взагалі може не бути потреби у підсиленні.

#### 6.4 Результати статичного розрахунку ребристої частини

На рис.6.17-6.18 наведено епюри поздовжніх сил розтягу, що виникають в ребрах схем, що розглядаються й епюри моментів згину в цих ребрах відповідно.



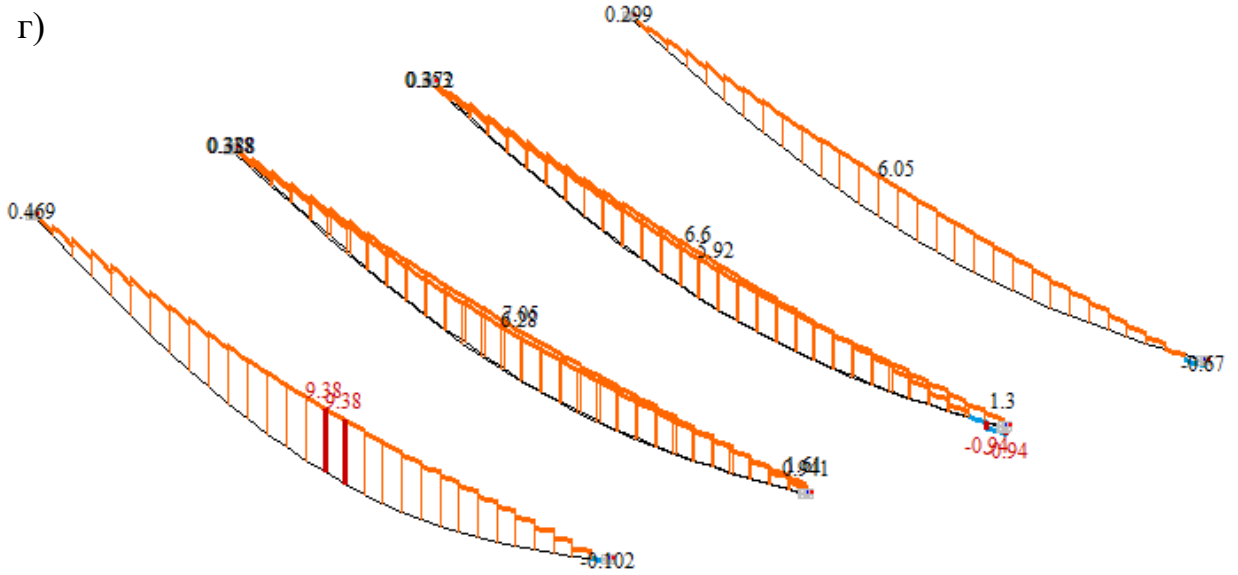
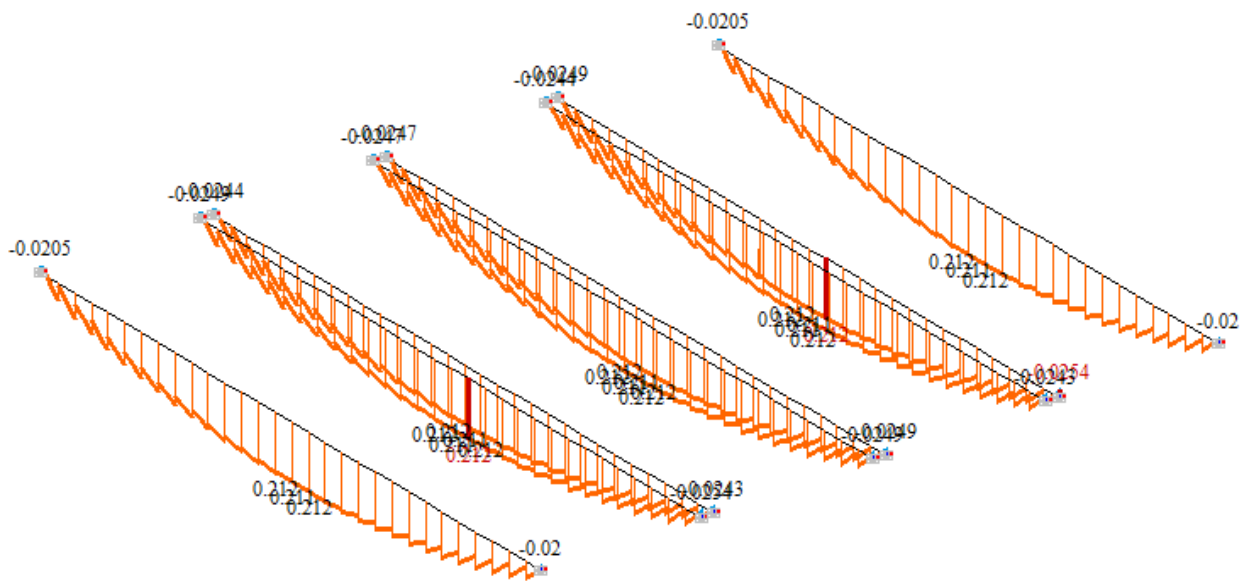


Рис. 6.17 Епюри поздовжніх сил  $N$  в ребрах фрагменту диска  
перекриття: схема №1-а; схема №2-б; схема №3-в; схема №4-г



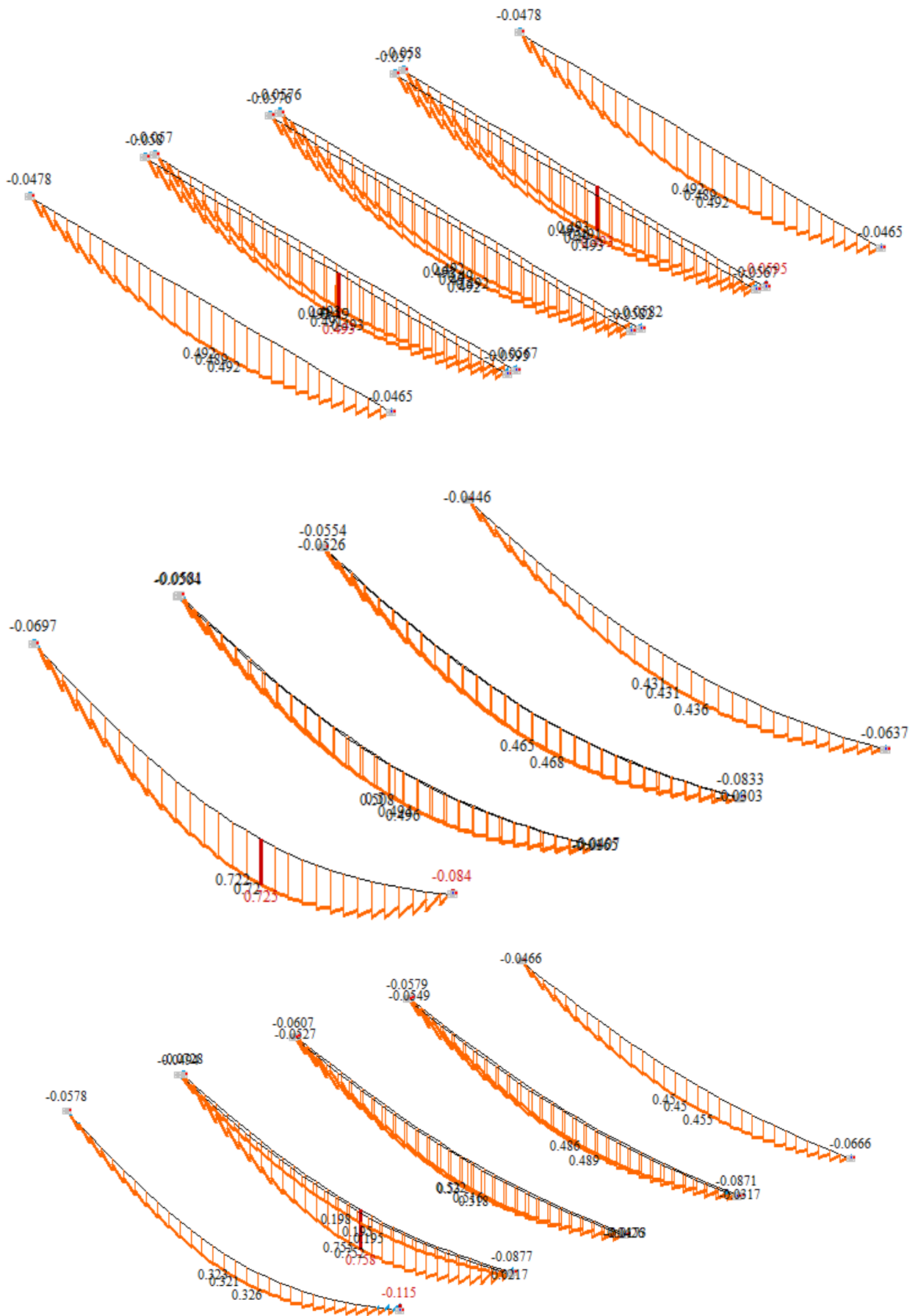


Рис. 6.18 Епюри згинальних моментів  $M_y$  в ребрах фрагменту диска перекриття: схема №1-а; схема №2-б; схема №3-в; схема №4-г

На рис. 6.19-6.20 наведено максимальні значення зусиль, що виникають в ребрах плит фрагменту перекриття для схем, що розглядаються.

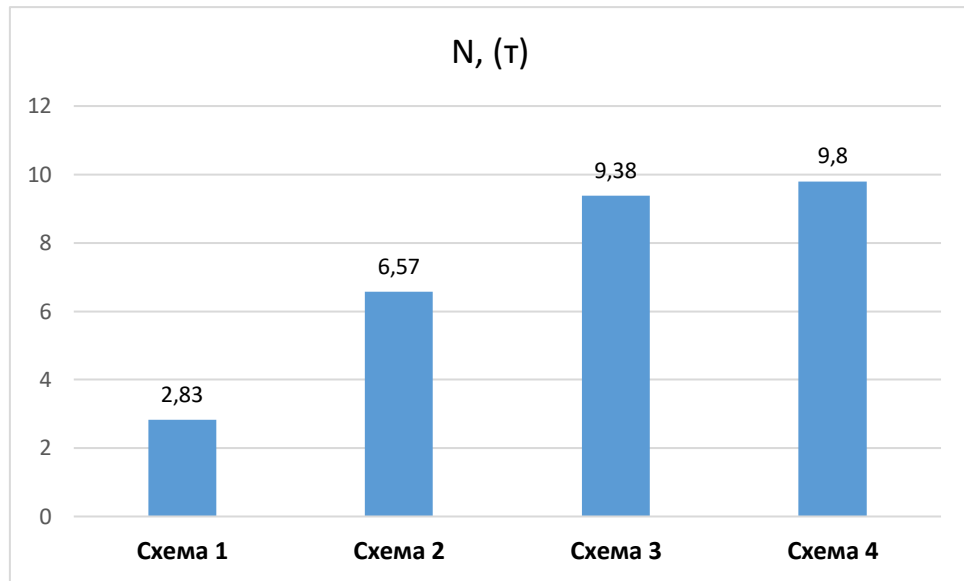


Рис. 6.19 Максимальні осьові зусилля  $N$ , що виникають в ребрах плит в моделях, що розглядаються (від РСНЗ)

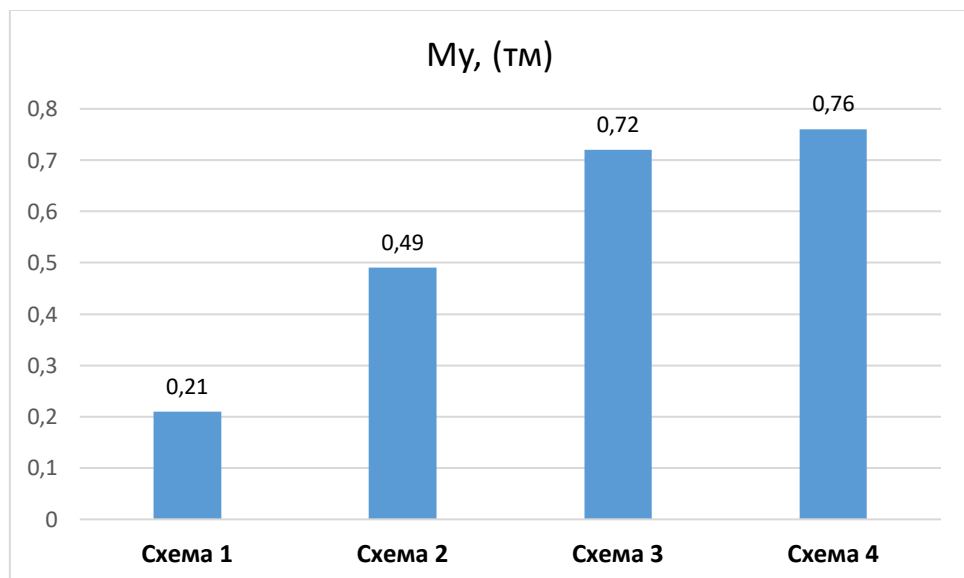


Рис. 6.20 Максимальні згинальні моменти  $M_y$ , що виникають в ребрах плит в моделях, що розглядаються (від РСНЗ)

## РОЗДІЛ 7. ВИСНОВКИ

1. Ізополя напружень демонструють перерозподіл напружень (сил) у пластинчастій частині ребристих покрівельних плит.
2. Це свідчить про спільну роботу всіх збірних елементів у диску

перекриття (покриття). Спільна робота плит у диску дозволяє більш навантаженій конструкції (або тій, що вийшла з ладу) відповідати умовам міцності та жорсткості без додаткового армування. **Це можливо завдяки використанню внутрішніх резервів несучої здатності всього диска пластин в цілому.**

- 3. У деяких випадках поведінка з'єднань плит в одиску викликає мінімальне посилення локально навантажених ділянок або частин конструкції зі зниженою жорсткістю.**

## **CHAPTER 7. CONCLUSIONS**

1. Stress isofields demonstrate the redistribution of stresses (forces) in the lamellar part of ribbed roofing slabs.
2. This indicates the joint operation of all prefabricated elements in the slab disc. The joint behaviour of the slabs in the disc allows a heavily loaded structure (or one that has failed) to meet the strength and stiffness conditions without additional reinforcement. This is possible due to the use of internal reserves of the bearing capacity of the entire plate disc as a whole.
3. In some cases, the behaviour of plate joints in the oscillation causes minimal reinforcement of locally loaded sections or parts of the structure with reduced stiffness.

## **РОЗДІЛ 8. СПОСОБИ ЗАСТОСУВАННЯ ТА ЗБІЛЬШЕННЯ ПРОСТОРОВОГО ЕФЕКТУ ЗБІРНИХ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ ПЛИТ ПЕРЕКРИТТЯ**

Урахування просторової роботи для виявлення резервів несучої здатності перекриттів, що експлуатуються, дуже докладно наведено в [1].

Зокрема в [1] Т.Н. Азізовим запропоновано та описано способи використання та збільшення ефекту просторової роботи збірних залізобетонних перекриттів.

Так, в [1] зазначено, що в плитах з непроєктними отворами, корозією арматури й бетону, іншими дефектами та пошкодженнями врахування просторової роботи може дозволити зменшити витрати матеріалів на підсилення або взагалі відмовитися від нього.

Пошук резервів несучої здатності плит перекриттів будівель і споруд, що експлуатуються, є актуальним та цілком здійсненним на практиці завданням.

Досить часто підсилити ефект просторових робіт в перекриттях, що експлуатуються, досить легко [1].

### 8.1 Спосіб підсилення збірної плити на основі зміни схеми (за Т. Н. Азізовим [1])

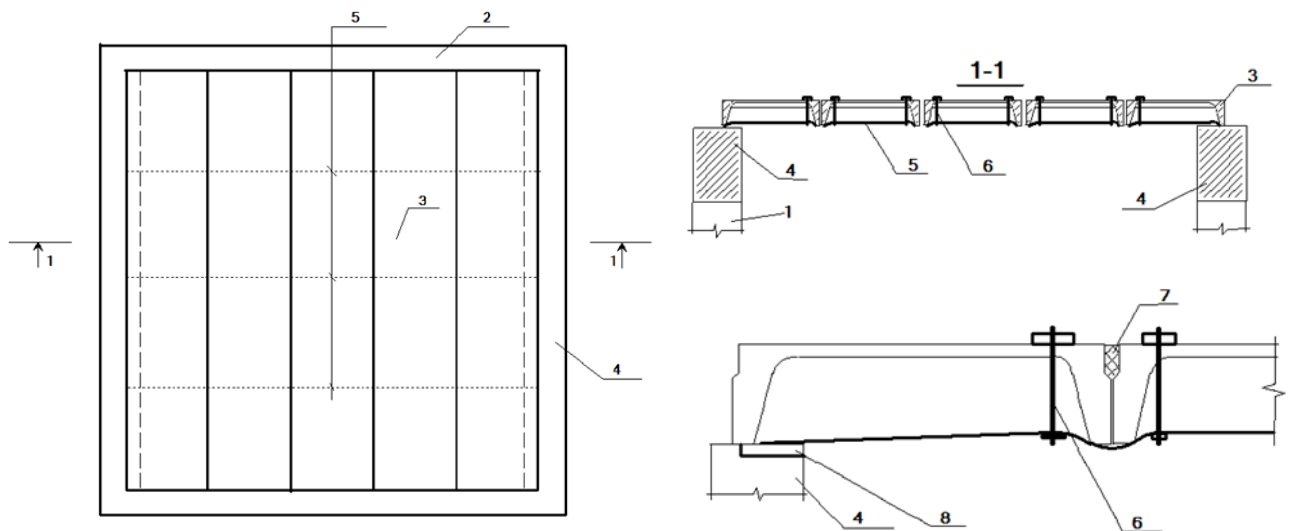
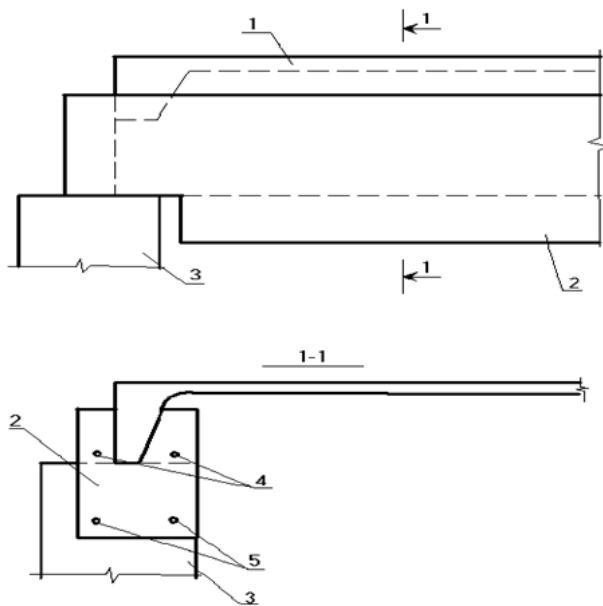


Рис. 8.1 Схема армування збірного перекриття [1]:

- 1 - колона; 2 - балка; 3 - плита; 4 - додаткові поздовжні балки; 5 - зовнішня поперечна арматура; 6 - хомут натяжного пристрою; 7 - монолітний шов; 8 – закладна деталь



Спроектвана таким чином система армування змінює поведінку збірного перекриття від балочної схеми до контурно-опорної схеми перекриття.

Сили зсуву між плитами сприймаються монолітними швами [1].

Рис.8.2 . Опора додаткової поздовжньої балки за допомогою підрізання [1]: 1 - залізобетонна плита;

2 - додаткова поздовжня балка; 3 - колона; 4,5 - робоча арматура в зоні навантаження та в нижній зоні відповідно

Поперечні згинальні моменти сприймаються монолітними швами (стискаючі зусилля) і попередньо напруженою арматурою (розтягуючі зусилля) [1].

## Література

1. Азізов, Т.Н. Просторова робота залізобетонних перекриттів. Теорія та методи розрахунку: [Текст] дис. докт. техн наук: 05.23.01. / Т. Н. Азізов -Полтава: ПолтНТУ, 2006.406 с
2. Майстренко О.Ф., Іванов І.І. До розрахунку залізобетонних перекриттів з урахуванням сумісної роботи збірних плит./ "Сучасні технології та методи розрахунків у будівництві", випуск 11, 2019. С.52-61. DOI: 10.36910/6775-2410-6208-2019-1(11)-07
3. Верещага А.И. Напряженно-деформированное состояние и прочность сборных железобетонных перекрытий. Дисс. ... канд. техн. наук: 05.23.01 / Сумский национальный аграрный ун-т. – Сумы, 2002.– 248 с.
4. ДБН В.2.6-98:2009. Конструкції будинків і споруд. Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення. – Київ: Мінрегіонбуд, 2011.
5. Cowan H.J., Kruchenie v obychnomipredvaritel'nonapriazhenom zhelezo betone [Torsion in the ordinary and prestressed reinforced concrete], Strojizdat, Moscow, 1972.
6. ENV 1992-1. Eurocode 2. Design of concrete structure. Part 1, General rules and rules for buildings, GEN, (1993).
7. Азізов Т.Н. Определение крутильной жесткости железобетонных элементов прямоугольного сечения с нормальными трещинами / Т.Н. Азізов, Н.Н. Срибняк // Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди. Вип. 16., ч.2. – Рівне: Нац. ун-т водного господарства та природокористування, 2008. – С. 8-17.
8. Азізов, Т.Н. Определение крутильной жесткости железобетонных элементов с трещинами / Т.Н. Азізов // Дороги і мости. Збірник наукових праць. К.: ДерждорНДІ, 2007. – Вип. 7. Том 1. – С. 3-8.

9. Яременко А.Ф., Чучмай А.М., Яременко Н.А. Инженерная методика определения крутильной жесткости железобетонных балок с нормальными трещинами // Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури. Вип. 33 – Одеса: Зовнішпрекламсервіс. 2009.
- 1 Azizov T. Calculation of reinforced concrete ceilings with normal cracks accounting the Chebyshev approximation / T.Azizov, O. Melnik and others // 6 th International Scientific Conference “Reliability and Durability of Railway Transport Engineering Structures and Buildings” Transbud-2017.– Kharkiv, April 19-21, 2017. – P. 1-7.
- 11 Azizov T.N. Effect of torsional rigidity of concrete elements with normal cracks onto special work of bridges and floorings // International Science Ukrainian Edition. Volume 3. USA – December, 2010. – P.55-59.
- 1 D. Kochkarev, T. Azizov and T. Galinska. Bending deflection of reinforced concrete elements determination. Published online: at the MATEC Web of Conferences, 16 November 2018, DOI:<https://doi.org/10.1051/mateconf/201823002012>
- 1 LiraSapR Расчет плит перекрытия на нагрузки от перегородок.
3. [https://www.youtube.com/watch?v=Rqfj\\_CYKOWI](https://www.youtube.com/watch?v=Rqfj_CYKOWI)
- 1 Срібняк Н.М., Циганенко Л.А., Циганенко Г.М., Івченко В.Д. Спільна робота плит в ячійці перекриття // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія: Технічні науки. Т. 31 (70), №3, 2020.

**ДОДАТОК**

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**

**СУМСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ  
АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

# **МАТЕРІАЛИ**

**науково-практичної конференції  
викладачів, аспірантів та студентів  
Сумського НАУ**

**(14-16 травня 2024 р.)**

УДК 631.4(477.52-25(06))

*Рекомендовано до друку науково-координаційною радою Сумського національного аграрного університету (протокол № 12 від 25.04.2024 р.)*

**Редакційна колегія:**

Данько Ю.І., д.е.н., професор  
Івченко О.В., к.т.н., доцент  
Бричко А.М., к.е.н., доцент  
Думанчук М.Ю., к.т.н., доцент  
Кисельов О.Б., к.с.-г.н., доцент  
Масик І.М., к.с.-г.н., доцент  
Михайліченко М.А., к.і.н., доцент  
Срібняк Н.М., к.т.н., доцент  
Степанова Т.М., к.т.н., доцент  
Шкромада О.І., д.вет.н., професор

**М 34    Матеріали науково-практичної конференції викладачів, аспірантів та студентів Сумського НАУ (14-16 травня 2024 р.). – Суми, 2024. – 724 с.**

У збірку увійшли тези доповідей науково-практичної конференції викладачів, аспірантів та студентів Сумського національного аграрного університету.

Для викладачів, студентів, аспірантів інших навчальних закладів.

Відповідальність за точність наведених фактів, цитат та ін. лягає на авторів опублікованих матеріалів. Передрук матеріалів з дозволу редакції.

Друкується в авторській редакції

© Сумський національний  
аграрний університет, 2024

## ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОСТОРОВОЇ РОБОТИ ПЕРЕКРИТТЯ ГРОМАДСЬКОЇ БУДІВЛІ

Гризодуб Б.А., здобувач СО «Магістр», спеціальності 192 «БЦІ», 2 курс  
Срібняк Н.М., к.т.н., доцент  
Галушка С.А., ст. викладач  
Сумський НАУ

В структурі вартості конструктивів в будівлі перекриття та покриття із залізобетону займають вагому частину. Їх вартість сягає 20-25% від загальної вартості загальнобудівельних робіт. Перекриття розгороджують простір всередині будівлі на окремі поверхи. Перекриття сприймають різні за напрямом навантаження – як вертикальні, так і горизонтальні.

В каркасній будівлі диск із збірних плит перекриття являє собою діафрагму жорсткості забезпечуючи просторову жорсткість будівлі. Диск перекриття також виконує функцію розподілу між вертикальними елементами каркасу зусилля, що виникають від горизонтального вітрового тиску та зусилля, що виникають від неточності монтажу.

Конструкції перекриттів між поверхами є досить працемісткими та матеріаломісткими конструкціями. На конструкції перекриттів припадає до 30–40% сталі й бетону від загального обсягу цих матеріалів, що призначені для зведення будівлі.

Дослідження реальних умов роботи конструкції, взаємодія елементів перекриття між собою як теоретичне, так і експериментальне, є актуальним завданням, оскільки дозволяє запроєктувати найбільш раціональні та економічно вигідні їх рішення.

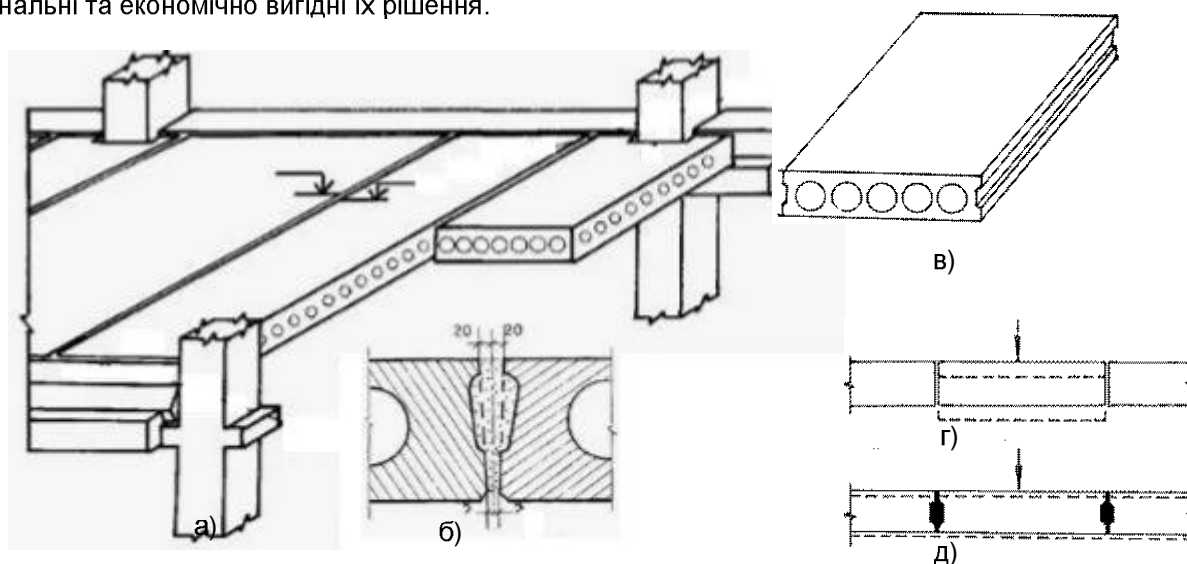


Рис. 1. Просторова схема ячейки перекриття зі збірних багатопорожнистих плит в каркасній будівлі - а; вузол стикування багатопорожнистих збірних плит -б; плита з поздовжніми пазами -в; вертикальні деформації плит при відсутності (г) і наявності (д) шпонки

На бокових поверхнях плит передбачено поздовжні пази (рис. 1, в). Завдяки пазам при заливці цементним розчином поздовжніх швів між збірними плитами утворюється шпонкове з'єднання. Таке з'єднання обумовлює спільне деформування або спільні вертикальні переміщення суміжних плит. При більш інтенсивному навантаженні однієї з плит (наприклад, влаштування перегородки) спільно із завантаженою плитою деформуються й сусідні плити (рис. 1, г, д). Це, по-перше, обумовлювало суміжні плити до сприйняття частини місцевого навантаження й, по-друге, забезпечувало цілісність опорядження стелі. Отже, шпонки з цементного розчину сприймають сили зсуву (перерізуючі сили) сили тільки у вертикальному напрямку.

Експериментальне дослідження передачі зсуву в тонких системах підлоги з використанням пустотних плит із залізобетону наведено в [2].

### Література

1. Азізов, Т. Н. Просторова робота залізобетонних перекриттів. Теорія та методирозрахунку: [Текст] дис. докт. техн наук: 05.23.01. / Т. Н. Азізов – Полтава: ПолтНТУ, 2006. – 406с.
2. COLDEBELLA, Gustavo, Sineval Esteves PEREIRA JUNIOR та Silvana DE NARDIN. Experimental study of shear transfer in slim floor systems using precast concrete hollow core slabs and steel beam with web circular opening. Revista IBRACON de Estruturas e Materiais [онлайн]. 2022, **15**(3) [дата звернення 29 квітня 2024]. ISSN 1983-4195. Режим доступу: doi:10.1590/s1983-41952022000300006

Приходько М.Ф. ВИКОРИСТАННЯ СУЧАСНОГО ОБЛАДНАННЯ ПРИ ПЕРЕРОБЦІ М'ЯСНОЇ СИРОВИНИ.....	180
Рубцов І.О. ОСОБЛИВОСТІ ЕКСТЕР'ЄРУ ТВАРИН УКРАЇНСЬКОЇ ЧОРНО-РЯБОЇ МОЛОЧНОЇ ПОРОДИ ТОВ НВП ГЛОБІНСЬКИЙ М'ЯСО-МОЛОЧНИЙ КОМПЛЕКС .....	181
Рубцов І.О. ФОРМУВАННЯ МОЛОЧНОЇ ПРОДУКТИВНОСТІ ТВАРИН УКРАЇНСЬКОЇ ЧОРНО-РЯБОЇ МОЛОЧНОЇ ПОРОДИ ТОВ НВП ГЛОБІНСЬКИЙ М'ЯСО-МОЛОЧНИЙ КОМПЛЕКС .....	182
Рубцов І.О. ВПЛИВ ОКРЕМИХ ФАКТОРІВ НА ПОКАЗНИКИ МОЛОЧНОЇ ПРОДУКТИВНОСТІ ТВАРИН БУРОЇ МОЛОЧНОЇ ПОРОДИ ДП ДГ ІНСТИТУТУ ПІВНІЧНОГО СХОДУ НААН УКРАЇНИ.....	183
Рубцов І.О. ОСОБЛИВОСТІ ВІДТВОРЮВАЛЬНОЇ ЗДАТНОСТІ КОРІВ УКРАЇНСЬКОЇ БУРОЇ МОЛОЧНОЇ ПОРОДИ В УМОВАХ ТДВ МАЯК ОХТИРСЬКОГО РАЙОНУ СУМСЬКОЇ ОБЛАСТІ .....	184
Кузьмич В.І. ВПЛИВ ВІДТВОРНИХ ЯКОСТЕЙ НА МОЛОЧНУ ПРОДУКТИВНІСТЬ КОРІВ.....	185
Кулакова Ю.В. ОСОБЛИВОСТІ ЕКСТЕР'ЄРУ КОРІВ УКРАЇНСЬКОЇ ЧЕРВОНО-РЯБОЇ МОЛОЧНОЇ ПОРОДИ ПП «БУРИНСЬКЕ».....	186
Чернявська М.О. РОЛЬ ЛІНІЙ ТА БУГАЇВ-ПЛІДНИКІВ У ФОРМУВАННІ ОЗНАК МОЛОЧНОЇ ПРОДУКТИВНОСТІ ЇХНЬОГО ПОТОМСТВА .....	187
Бутенко Р.Ю. ВПЛИВ ВІЙСЬКОВОЇ АГРЕСІЇ РОСІЙСЬКОЇ ФЕДЕРАЦІЇ НА СТАН СВИНАРСТВА В УКРАЇНІ... ..	188
Петренко Г.О. РОЗРОБКА МЕТОДУ ТЕРМОХІМІЧНОГО АНАЛІЗУ ДЛЯ СТАНДАРТИЗАЦІЇ ЯКОСТІ ХАРЧОВИХ ТА ІНКУБАЦІЙНИХ ЯЄЦЬ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ПТИЦІ .....	189
Кучкова Т.П. СИРОПРИДАТНІСТЬ МОЛОКА КОРІВ БУРОЇ КАРПАТСЬКОЇ ПОРОДИ .....	190
Гончар В'ячеслав СУЧАСНІ НАПРЯМКИ ДОСЛІДЖЕНЬ У ГАЛУЗІ СВИНАРСТВА В КРАЇНАХ ЄВРОПИ .....	191
Бельченко А.С. СТРЕСОСТІЙКІСТЬ ЯК ВПЛИВ НА ПРОДУКТИВНЕ ДОВГОЛІТТЯ .....	192
Крамаренко О. В., Бордунова О.Г. ВИВЧЕННЯ ВПЛИВУ ПЕРЕДІНКУБАЦІЙНОЇ ОБРОБКИ ЯЄЦЬ ШТУЧНИМ ПОКРИТТЯМ «ЗЕЛЕНА КУТИКУЛА» НА РОЗВИТОК ЕМБРІОНІВ ТА УТРИМАННЯ КУРЧАТ .....	193
Компанець І.О. ЗАЛЕЖНІСТЬ ОЗНАК ДОВГОЛІТТЯ КОРІВ МОЛОЧНОЇ ХУДОБИ ВІД НАДОЮ ЗА ПЕРШУ ЛАКТАЦІЮ.....	194

### ФАКУЛЬТЕТ БУДІВНИЦТВА ТА ТРАНСПОРТУ

Беспалова О.В., Бородай С.П. ПАМ'ЯТКИ ІСТОРІЇ ТА ДРЕВНЬОЇ КУЛЬТУРИ У РЕГІОНІ СУМСЬКОЇ ОБЛАСТІ.....	195
Беспалова О.В., Бородай Я.О. ТОП-7 СТИЛІВ В СУЧАСНІЙ АРХІТЕКТУРІ .....	196
Бистрик О.В., Бородай Д.С. ПРОБЛЕМАТИКА ФОРМУВАННЯ АРХІТЕКТУРНО-ПЛАНУВАЛЬНОЇ ОРГАНІЗАЦІЇ КОМПЛЕКСІВ ВІДПОЧИНКУ ТА ОЗДОРОВЛЕННЯ В СУМСЬКІЙ ОБЛАСТІ.....	197
Бізюкова К. О., Бородай Я.О. РЕКОНСТРУКЦІЯ ІСТОРИЧНИХ ОБ'ЄКТІВ: МЕТОДИ ЗБЕРЕЖЕННЯ ТА ВІДНОВЛЕННЯ АРХІТЕКТУРНОЇ СПАДЩИНИ .....	198
Бородай С. П. ЗАГАЛЬНІ ОСОБЛИВОСТІ СТАРОДАВНЬОЇ КРИТО-МІКЕНСЬКОЇ КУЛЬТУРИ.....	199
Бурсук О. А., Бородай С.П. ВИЗНАЧНІ ПАМ'ЯТКИ АРХІТЕКТУРИ УКРАЇНСЬКОГО БАРОКО СУМЩИНИ .....	200
Велитченко С.Г., Новицький О.П. ПЕРЕВАГИ ТА НЕДОЛІКИ ВИКОРИСТАННЯ BIM (BUILDING INFORMATION MODELING) ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ ПРОЄКТУВАННЯ БУДІВЕЛЬ ЧИ СПОРУД.....	201
Галушка С.А. ПРОСТОРОВА РОБОТА ЯЧЕЙКИ ЗІ ЗБІРНИХ РЕБРИСТИХ ПЛИТ ПОКРИТТЯ .....	202
Гордієнко Д.О., Бородай С.П. ШТУЧНИЙ ІНТЕЛЕКТ В АРХІТЕКТУРІ.....	203
Гордієнко Д.О., Бородай Я.О. ВИКОРИСТАННЯ ВІРТУАЛЬНОЇ РЕАЛЬНОСТІ В АРХІТЕКТУРНОМУ ПРОЄКТУВАННІ.....	204
Гризодуб Б.А., Срібняк Н.М., Галушка С.А. ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОСТОРОВОЇ РОБОТИ ПЕРЕКРИТТЯ ГРОМАДСЬКОЇ БУДІВЛІ.....	205
Грінка А.А., Срібняк Н.М., Галушка С.А. ВАРІАНТНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ СТРУКТУРНОЇ ПЛИТИ ПОКРИТТЯ СКЛАДСЬКОЇ БУДІВЛІ.....	206
Грінчук В.Р., Бородай С.П. ЗНАЧЕННЯ ГРАФІКИ В АРХІТЕКТУРНОМУ ПРОЄКТУВАННІ .....	207
Демченко Л.А., Бородай Д.С. КЛЮЧОВІ ЧИННИКИ, ЩО ВПЛИВАЮТЬ НА ФУНКЦІОНАЛЬНО-ПЛАНУВАЛЬНУ ОРГАНІЗАЦІЮ ЦЕНТРІВ НАДАННЯ АДМІНІСТРАТИВНИХ ПОСЛУГ .....	208
Дьомін Є.В., Срібняк Н.М. ДИСК ПЕРЕКРИТТЯ ІЗ ЛЕГКИХ СТАЛЕВИХ ФЕРМ.....	209
Дяченко С.С., Бородай С. П. ТВОРЧИСТЬ МІКЕЛАНДЖЕЛО БУОНАРРОТІ.....	210
Дяченко С.С., Бородай Я.О. РОЛЬ КОМПОЗИЦІЇ В АРХІТЕКТУРІ .....	211
Єліфанова О.А., Бородай А.С. АДАПТИВНА ПЕРЕБУДОВА: ЗБЕРЕЖЕННЯ ІСТОРИЧНИХ БУДІВЕЛЬ У СУЧАСНОМУ СВІТІ .....	212
Жилов Д.М., Новицький О.П. РЕКОНСТРУКЦІЯ КОРПУСУ ЛАБОРАТОРІЇ МІКРОБІОЛОГІЧНОГО КОНТРОЛЮ В М.КИЇВ .....	213
Зарецький К.О., Сіробаба В.О. СУЧАСНІ ТЕНДЕНЦІЇ ЗАЛУЧЕННЯ СТУДЕНТСТВА ДО ВІДБУДОВИ УКРАЇНИ. .....	214
Колодяжний С.В., Ярошенко П.М. ПРО ДЕЯКІ ПРАВИЛА ПЕРЕВЕЗЕННЯ ФРУКТІВ ТА ОВОЧІВ .....	215
Лобусова К.Я., Бородай С. П. РУЧНА ГРАФІКА В АРХІТЕКТУРНОМУ ПРОЄКТУВАННІ .....	216
Макаров Д.С., Ярошенко П.М. АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ВИВЕЗЕННЯ СМІТТЯ.....	217
Матвієнко Д.С., Новицький О. П. ПЕРСПЕКТИВИ БУДІВНИЦТВА ПАСИВНИХ БУДИНКІВ В УКРАЇНІ.....	218
Мусяка О.В., Циганенко Л.А. ДОСЛІДЖЕННЯ НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ ПОКРИТТЯ .....	219
Найда А.А., Новицький О.П. ПРОБЛЕМАТИКА ВИПРОБУВАНЬ ҐРУНТІВ-ОСНОВ ФУНДАМЕНТІВ, ЗАКРІПЛЕНИХ ЦЕМЕНТНИМИ ТА ПОЛІМЕР-ЦЕМЕНТНИМИ СУМІШАМИ ЗА ДОПОМОГОЮ ШТАМПУ .....	220
Немчина Ю.І., Бородай А.С. АРХІТЕКТУРНО-ПЛАНУВАЛЬНА ОРГАНІЗАЦІЯ ГОТЕЛЬНО-РЕКРАЦІЙНИХ КОМПЛЕКСІВ НА ПРИКЛАДІ м. СУМИ.....	221
Почкун А.М., Ярошенко П.М. ОПТИМІЗАЦІЯ ТРАНСПОРТНИХ ПОТОКІВ.....	222
Строкач Д.В., Бородай Я.О. ПЕРЕОСМИСЛЕННЯ РОЛІ ТА ПРИЗНАЧЕННЯ БУДІВЕЛЬ У ПІСЛЯВОЄННІЙ ВІДБУДОВІ .....	223
Тендіт Є.В., Богінська Л.О. ЕКОЛОГІЧНО ЧИСТІ БУДІВЕЛЬНІ МАТЕРІАЛИ.....	224



Сумський  
Національний  
Аграрний  
Університет

# Дослідження просторової роботи елементів перекриття будівлі громадського призначення в м. Чернігів

- Здобувач – Гризодуб Богдан Анатолійович
- Керівник – Срібняк Наталія Миколаївна

Суми-2024

•**Метою дослідження** є виявлення чинників, що обумовлюють спільну роботу збірних плитних елементів в складі диску перекриття (покриття), аналіз напружено-деформованого стану фрагменту з диску перекрття (покриття) за цих чинників, формулювання висновків.

•**Задачі**, що слід сформулювати для досягнення мети:

-вивчення та аналіз джерел, що описують моделювання спільної роботи збірних плит в диску перекриття (покриття);

-виявлення факторів, завдяки яким плити в складі диску перекриття починають працювати спільно;

-моделювання з використанням методу скінчених елементів фрагменту перекриття із збірних залізобетонних плит з метою проведення на цій розрахунковій схемі числового експерименту;

-моделювання декількох скінченоелементних моделей в рамках числового експерименту: модель з пружними жорсткостями елементів завантажена рівномірно; модель, де одна з плит завантажена локально; модель, де жорсткість однієї з плит понижена; модель, де враховано фактори 2-4.

- **Об'єкт дослідження** – фрагменти диску перекриття із збірних залізобетонних ребристих плит будівлі громадського призначення;
- **Предмет дослідження** – напружений та деформований стан плит фрагменту диску перекриття із збірних плит для моделей, що прийнято до числового експерименту.
- **Практичне значення отриманих результатів** полягає в тому, що за допомогою них можливо оцінити:
  - перерозподіл напружень в елементах збірних плит фрагменту диска перекриття для різних його моделей (№1-4)
  - виявити ступінь зміни напружень в результаті певних чинників, що обумовлюють перерозподіл напружень в збірних плитах та свідчать про сумісну роботу плит в ячейці.
  - рекомендації щодо конструктивних заходів, які спрямовані на якомога повне включення в спільну роботу всіх збірних елементів перекриття.

У складі будівель такі конструктиви як **перекриття та покриття** здійснюють важливі функції:

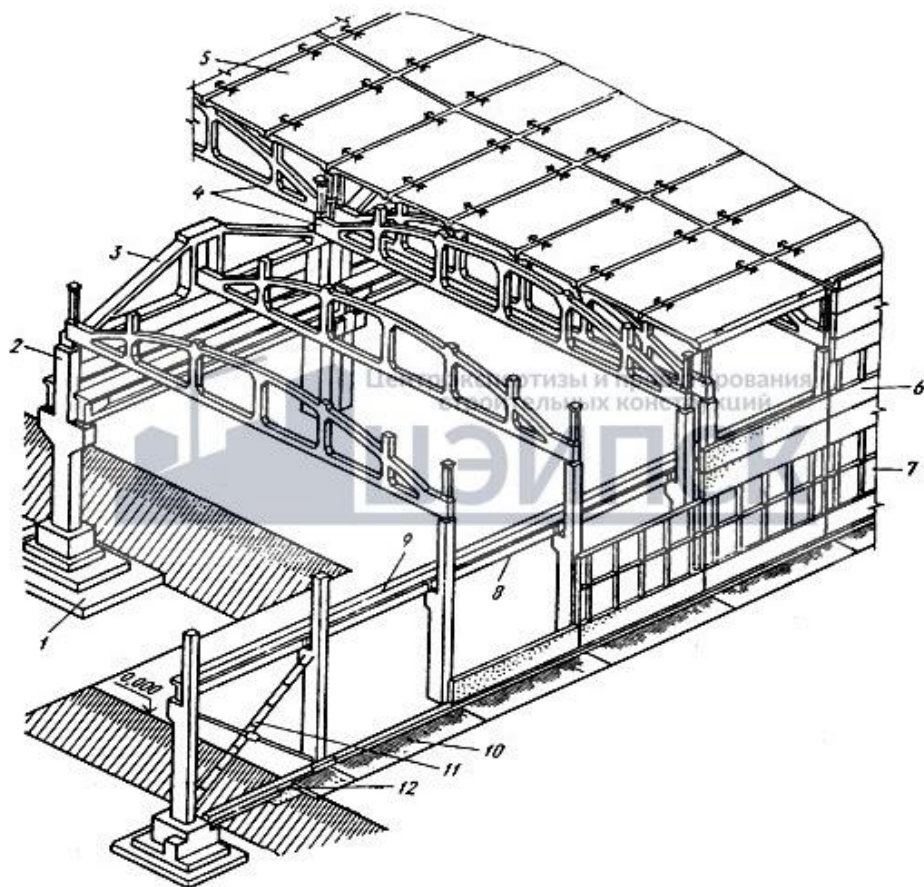
- сприймають вертикальні навантаження;
- забезпечують просторову жорсткість будівлі, виступаючи в якості горизонтальних діафрагм жорсткості. Одночасно елементи покриття виконують огорожуючі та несучі функції.

Покриття та перекриття є досить **матеріалоємними** елементами будівлі, тому пошук **раціональних їх рішень** та **дослідження роботи під навантаженням** є **актуальною** та **важливою задачею**.

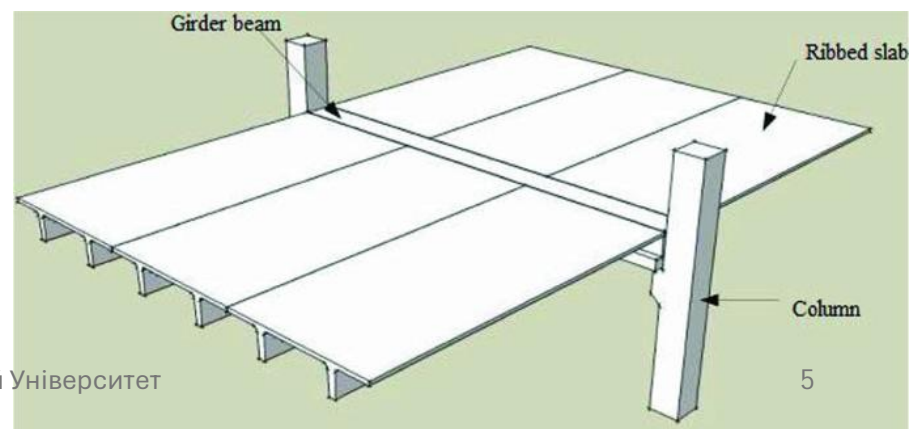
При розрахунках та проектуванні систем із збірних залізобетонних плит покриття, в тому числі й ребристих, важливо враховувати їх **просторову роботу**.

**Просторова робота збірних плит в складі диска покриття досягається завдяки спільній роботі всіх плит в складі диска перекриття.**

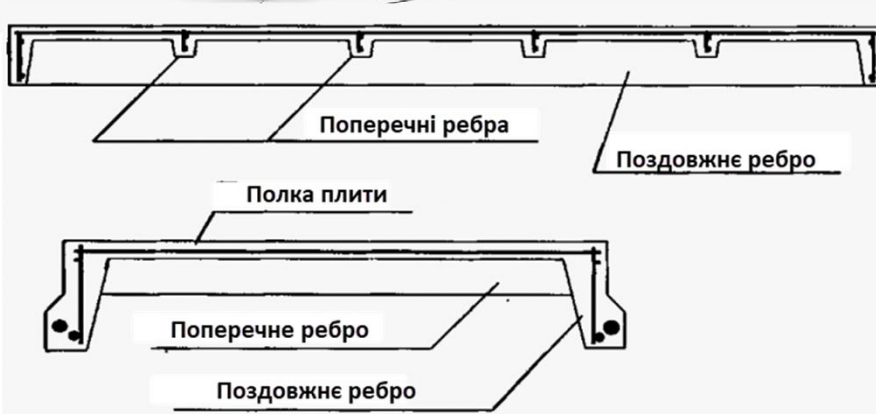
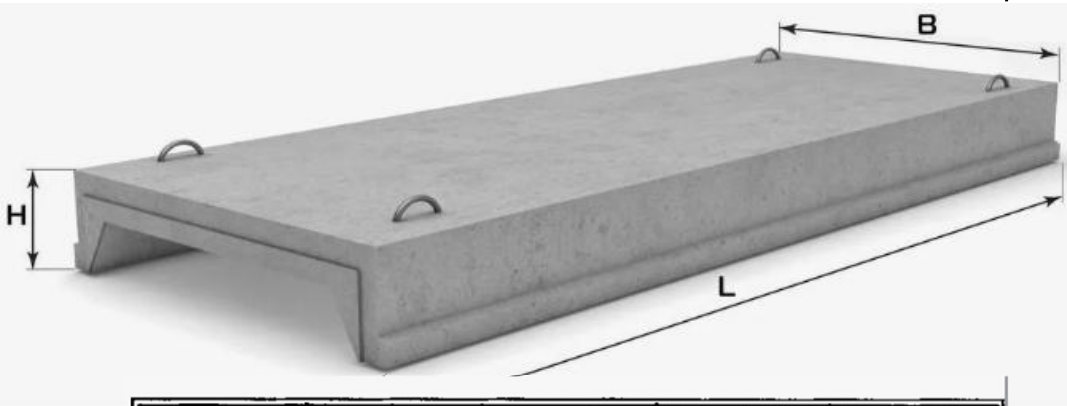
## Покриття промбудівлі із залізобетонних ребристих плит



## Ребристі попередньо напружені плити типу ТТ



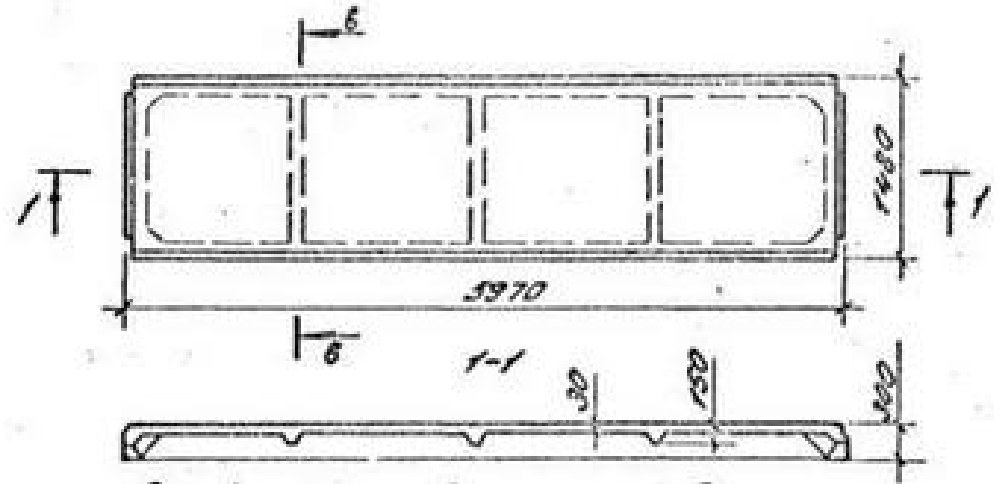
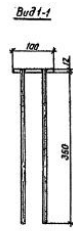
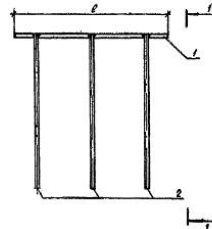
## Залізобетонна збірна ребриста плита 1,5х6,0 м



Деталь МН-1

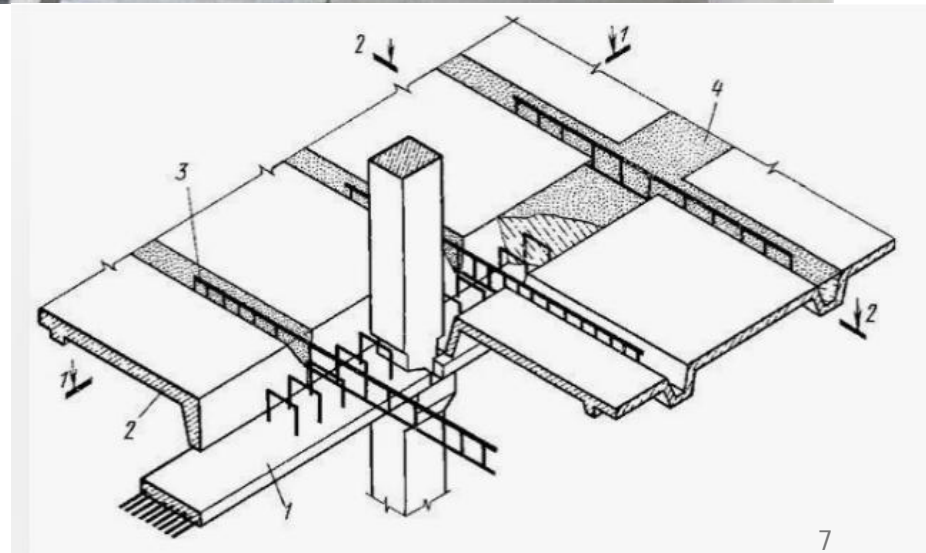


Роззенкувати до 2  
діам. та заварити



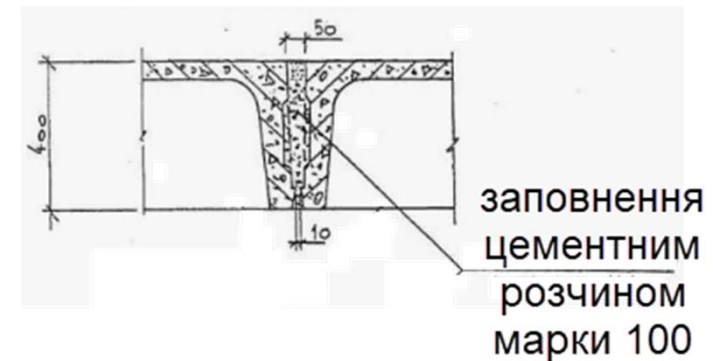
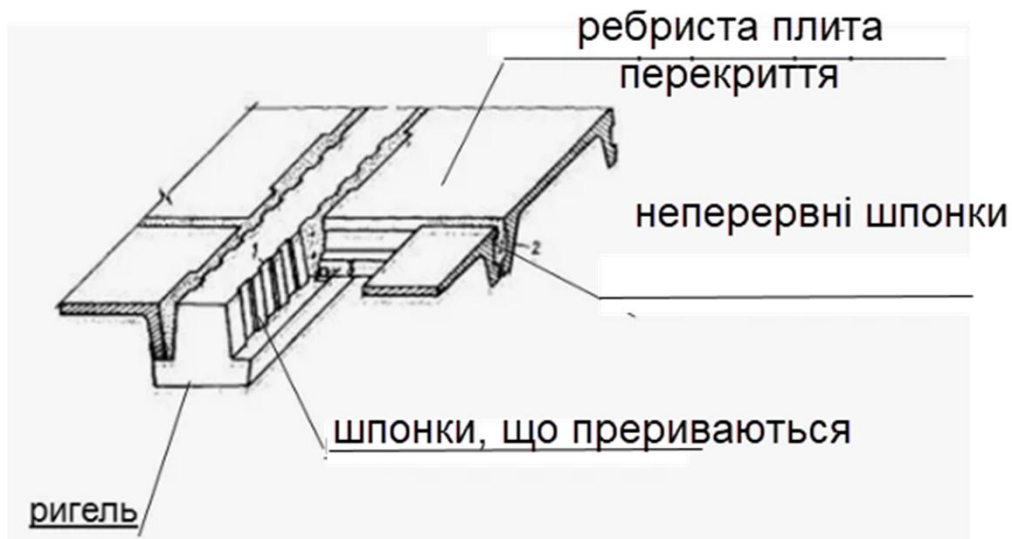
Полка плити армується сіткою з робочою арматурою в двох напрямках. Робоча попередньо напружена арматура розташовується в поздовжніх ребрах (1-2 шт. в ребрі). По кінцям поздовжніх ребер плит влаштовуються закладні деталі МН1, які при монтажі плит приварюються до закладних деталей ригеля. Виконані у вигляді сталеві обойми МН1 перешкоджають поперечним деформаціям бетону в місці передачі зусилля попереднього обтискання на бетон, та забезпечують анкерування робочої арматури шляхом приварювання шайб по торцям.

## Покриття із збірних залізобетонних ребристих плит (приклади)



# Забезпечення сумісної роботи плит в складі диску покриття (перекриття)

- Взаємодія ребристих плит з ригелями та балками при горизонтальних навантаженнях забезпечується зварними з'єднаннями опорних закладних деталей; анкеруванням плит одна з одною.
- Сумісна робота плит при вертикальних навантаженнях забезпечується поздовжніми бетонними швами, що виконують, як правило, зі шпонками.



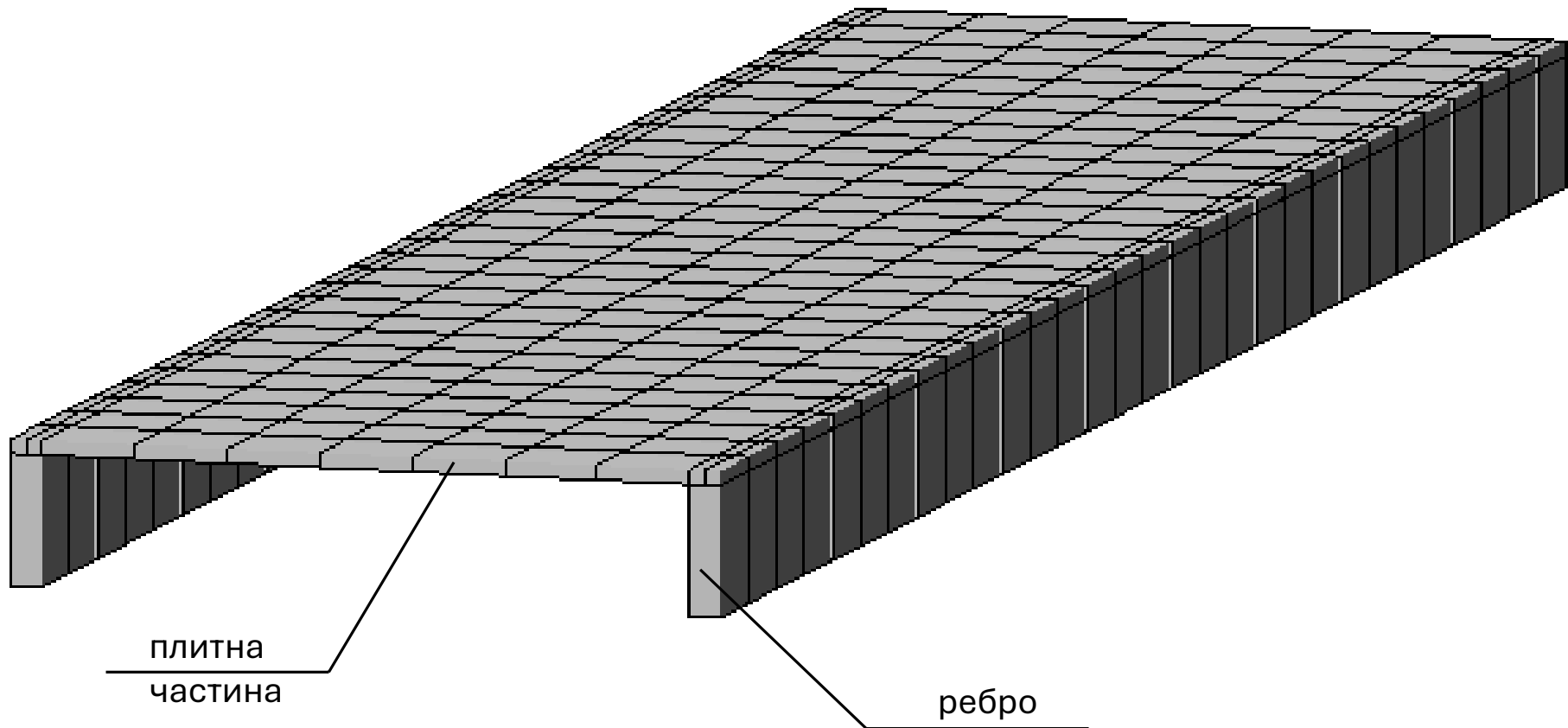
Взаємодія ребристих плит з ригелями та балками **при горизонтальних навантаженнях** забезпечується зварними з'єднаннями опорних закладних деталей; анкеруванням між собою сусідніх плит.

Сумісна робота плит **при вертикальних навантаженнях** забезпечується поздовжніми бетонними швами, що виконують, як правило, зі шпонками.

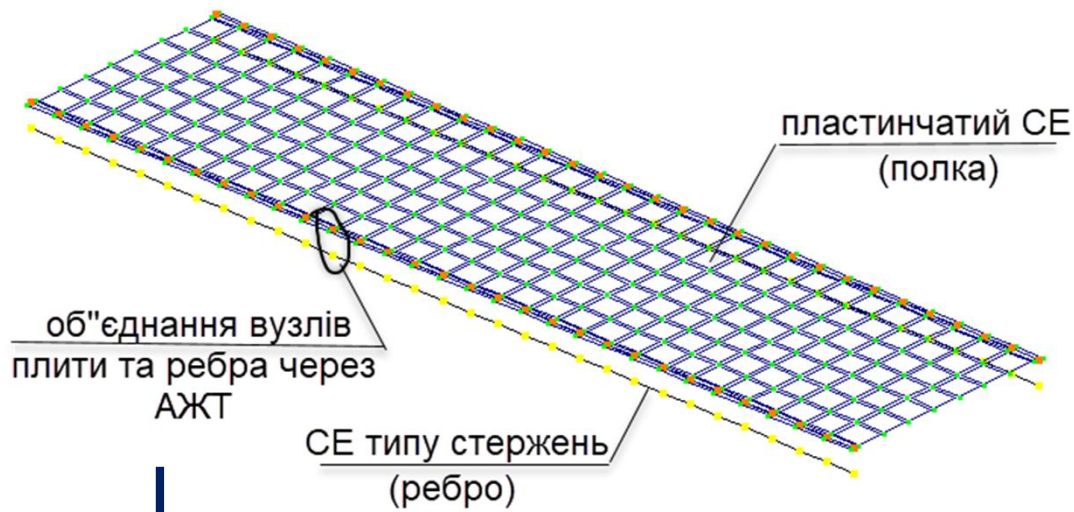
Замонолічення шпоночних швів розчином вздовж довгих сторін плит включає **в спільне деформування** (спільні вертикальні переміщення) суміжні плити: при більш інтенсивному навантаженні однієї з плит в спільні деформації включаються й сусідні плити. Це, «змушує» **суміжні плити сприймати частину місцевого навантаження**. Таким чином, шпонки з цементного розчину сприймають зсувні (перерізуючі) сили тільки у вертикальному напрямку.

## Побудова моделі ячейки із збрних плит в ПК ЛІРА-САПР

Просторова модель плити 1,5х6,0х0,22



## Скінченоелементна модель ребристої плити

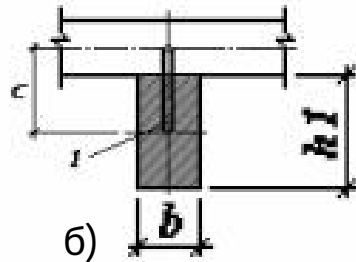
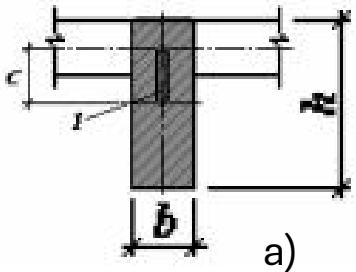


Ці вузли утворюють групу (двійку вузлів) в площині  $XOZ$ , що об'єднуються в абсолютно жорстке тіло (АЖТ)

## Варіанти моделювання

ексцентричності стиків у вузлах:

1-абсолютно жорстка вставка;  $C$ - довжина АЖВ



Для моделювання в СЕ схемі примикання ребра до полки використовують інструмент «Абсолютно жорстке тіло» (АЖТ) або «Абсолютно жорстка вставка» (АЖВ)

При зміщенні стрижневого елемента щодо нейтральної осі плити **виникає необхідність враховувати ексцентриситет стиків елементів у вузлах**. Умови сумісності деформацій стрижнів та пластин будуть виконані за умови приєднання стрижнів до **вузлів пластин за допомогою абсолютно жорстких** ( $EI = \infty$ ) **вертикальних вставок (АЖВ)**.

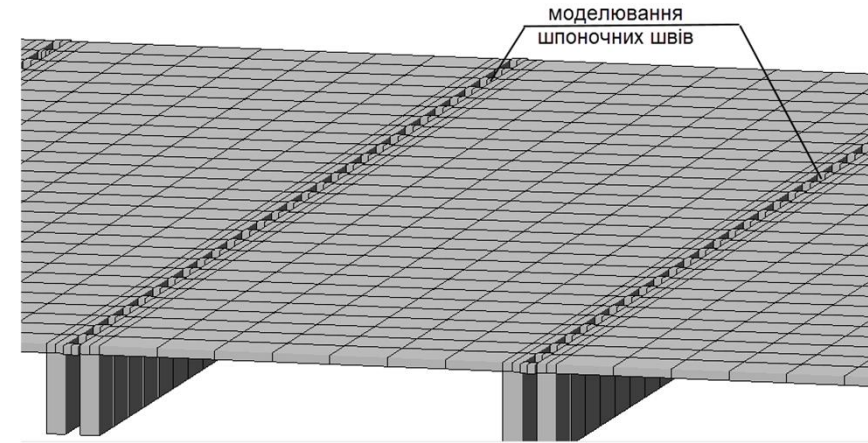
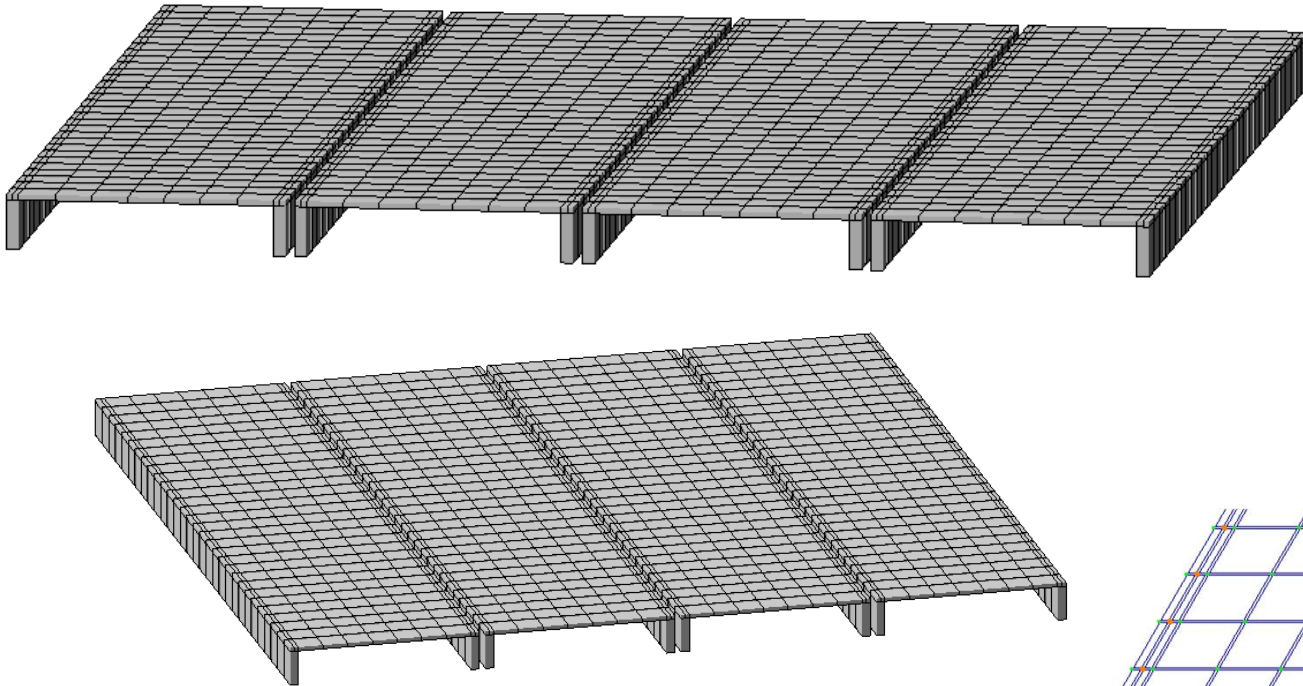
Як аналогічний за змістом інструмент можна використати інструмент **абсолютно жорстке тіло (АЖТ)**.

Серединний шар пластинчатого СЕ та центр ваги стержневого СЕ прямокутного перерізу «розносяться» на відстань, що дорівнює:

- **відстані, що дорівнює різниці між половиною загальної висоти плити та половиною товщини плити (рис. а).**

- **відстані між центром ваги стержня та серединною лінією пластини (рис. б)** Після рознесення на відстань за варіантом 1 або варіантом 2 пластинчатих СЕ та стержневих СЕ за допомогою опції «абсолютно жорстке тіло» виконують об'єднання вузлів стержневих елементів та пластинчатих СЕ, що лежать в одній вертикальній площині.

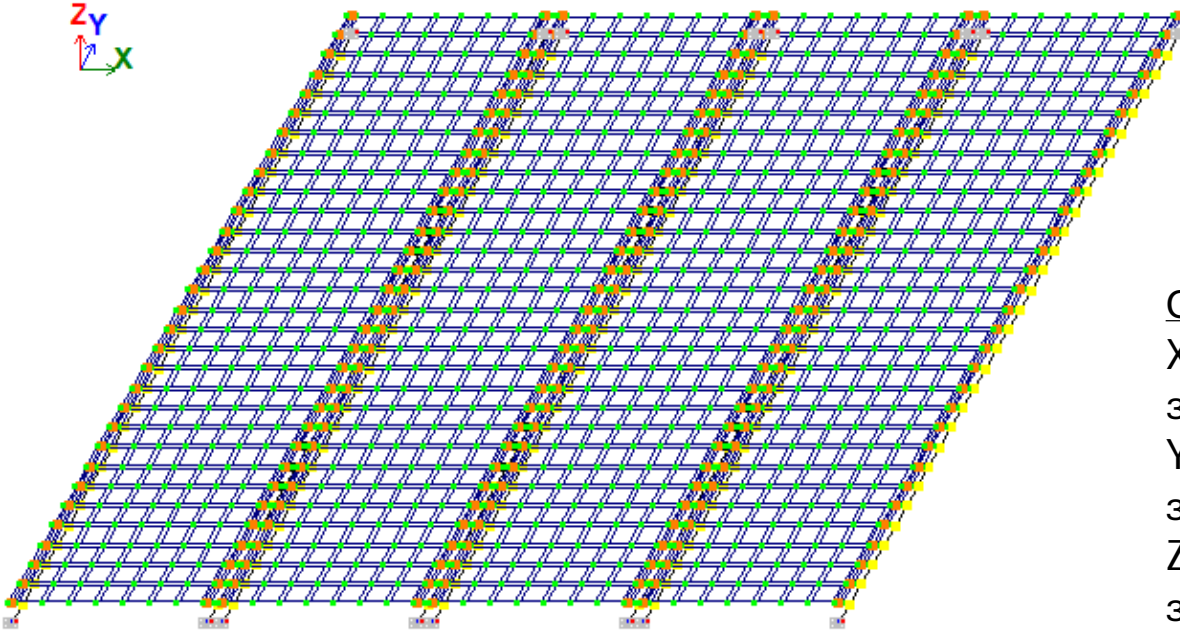
## Просторова модель ребристих плит розміром 6,0х6,0 м



Розглянемо фрагмент покриття, що складається із чотирьох збірних залізобетонних плит шириною 1500 мм та прольотом 6000 мм. Всі плити шарнірно обперті по торцях.



## CE модель ячейки з ребристих плит



Ступені вільності  $X(u)$ ,  $Y(v)$  відповідають **мембранним**, а  $Z(w)$ ,  $UX(\alpha)$ ,  $UY(\beta)$  – **згинальним деформаціям**

Ступені вільності вузлів CE №41 (пластина):

$X(u)$  – лінійне переміщення, додатний напрямок якого збігається з напрямком  $X1$ ;

$Y(v)$  – лінійне переміщення, додатний напрямок якого збігається з напрямком  $Y1$ ;

$Z(w)$  – лінійне переміщення, додатний напрямок якого збігається з напрямком  $Z1$ ;

$UX(\alpha=dw/dy)$  – кут повороту відносно осі  $X1$ , додатний напрямок якого протилежний напрямку обертання годинникової стрілки, якщо дивитися з кінця осі  $X1$ ;

$UY(\beta=-dw/dx)$  – кут повороту відносно осі  $Y1$ , додатний напрямок якого протилежний напрямку обертання годинникової стрілки, якщо дивитися з кінця осі  $Y1$ ;

## Завантаження на ячейку:

- Завантаження 1 - власна вага плити (постійне навантаження)
- Завантаження 2 - власна вага конструктивних шарів (постійне навантаження)
- Завантаження 3 – корисне навантаження (тимчасове навантаження)

Таблиця 1. Навантаження на 1м2 плити

№ з/п	Навантаження	Характеристичне значення навантаження, кг/м <sup>2</sup>	Коефіцієнт надійності за навантаження м	Розрахункове навантаження, кг/м <sup>2</sup>
γ = 1200				
<b>1. Постійні навантаження</b>				
1.1	Лінолеум без основи, t=7мм	9,1	1,1	10,01
1.2	Монолітна стяжка – 20 мм ( =2200 кг/м <sup>3</sup> =22кН/м <sup>3</sup> ) 2200 кг/м <sup>3</sup> ×0,02 м= 44 кг/м <sup>2</sup> =0,42 кН/м <sup>2</sup>	44,85	1,3	58,305
1.3	Звукоізоляція ( кг/м <sup>3</sup> ), t=40мм	48	1,2	57,6
	Постійне без врахування власної ваги плити	101,95		125,92
1.4	Власна вага ребристої плити	Обчислюється автоматично ПК «ЛІРА-САПР»		
<b>2. Тимчасове навантаження</b>				
	Тимчасове корисне навантаження	200	1,2	240
	в тому числі:			
2.1	- довготривале	85	1,2	102
2.2	- короткочасне	115	1,2	138

Прийнято бетон класу С20/25 з наступними характеристиками [3]:  $f_{cd} = 14,5$  МПа,  $f_{ctk,0,05} = 1,5$  МПа = 0,15 кН/см<sup>2</sup>,  $E_{cd} = 23$  ГПа = 2,3 · 10<sup>4</sup> МПа = 2 300 кН/см<sup>2</sup>.

### Параметри жорсткості ребра

E	2.1e+006	Т/М <sup>2</sup>
v	0.25	
B	6.5	СМ
H	27	СМ
Ro	2.75	Т/М <sup>3</sup>

### Параметри жорсткості полки

E	2.1e+006	Т/М <sup>2</sup>	E2	0
v	0.2		v21	0
			G	0
H	3	СМ	Ro	2.5
				Т/М <sup>3</sup>

### Параметри жорсткості шпонки

E	2.1e+007	Т/М <sup>2</sup>
v	0.25	
B	5	СМ
H	3	СМ
Ro	2.5	Т/М <sup>3</sup>

# Фактори, що виявляють просторову роботу диску із збірних плит

Ці фактори можуть виникати як декілька одразу, так і діяти кожен окремо.

1. Завантаження однієї чи декількох плит локальним навантаженням
2. Пониження жорсткості однієї з плит диску в наслідок її часткового руйнування
3. Спирання однієї з плит диску довгою стороною на опори (стіну, балку)
4. Пониження жорсткостей елементів плити внаслідок тріщиноутворення, і, як результат, перерозподіл внутрішніх зусиль згідно нових непружних жорсткостей

# Алгоритм числового експерименту



# Розрахункові моделі, що прийнято

№ завант.	Схема №1
Завантаження 1	Власна вага плити
Завантаження 2	Вага покрівлі
Завантаження 3	Сніг

№ завант	Схема №4
Завантаження 1	Власна вага плити
Завантаження 2	Вага покрівлі
Завантаження 3	Сніг
Завантаження 4	Локальне завантаження по площі однієї плити

**пониження жорсткості однієї з плит покриття**

№ завант.	Схема №2
Завантаження 1	Власна вага плити
Завантаження 2	Вага покрівлі
Завантаження 3	Сніг
Завантаження 4	Локальне завантаження по площі однієї плити

№ завант.	Схема №3
Завантаження 1	Власна вага плити
Завантаження 2	Вага покрівлі
Завантаження 3	Сніг

**пониження жорсткості однієї з плит покриття**

Схема №1

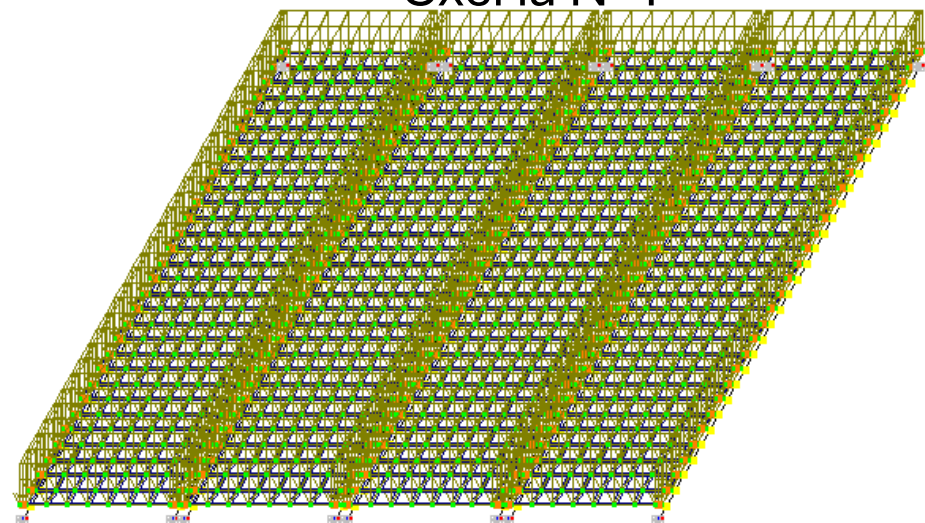


Схема №2

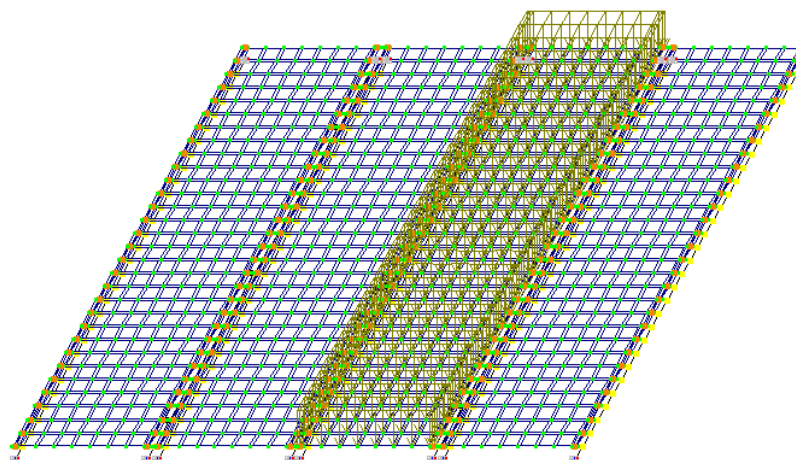
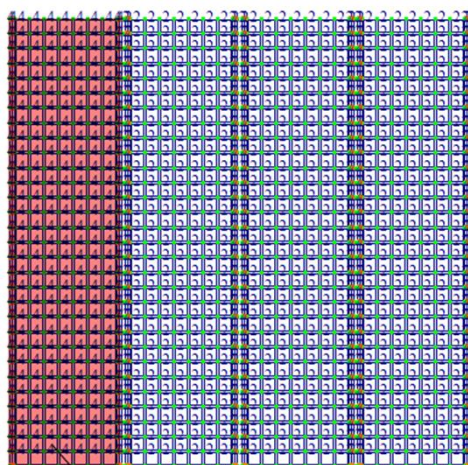
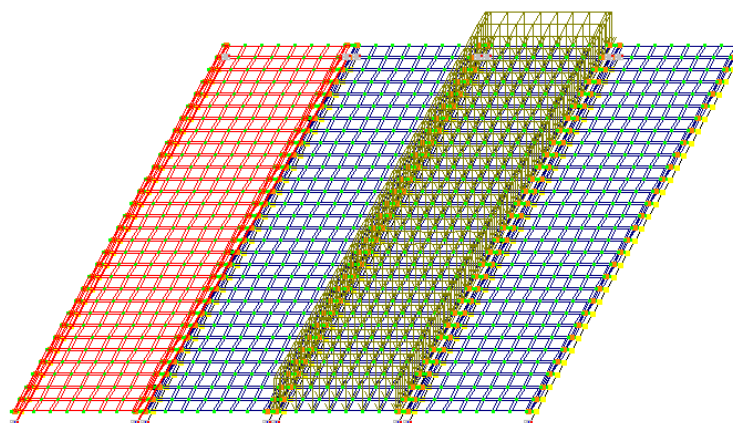


Схема №3



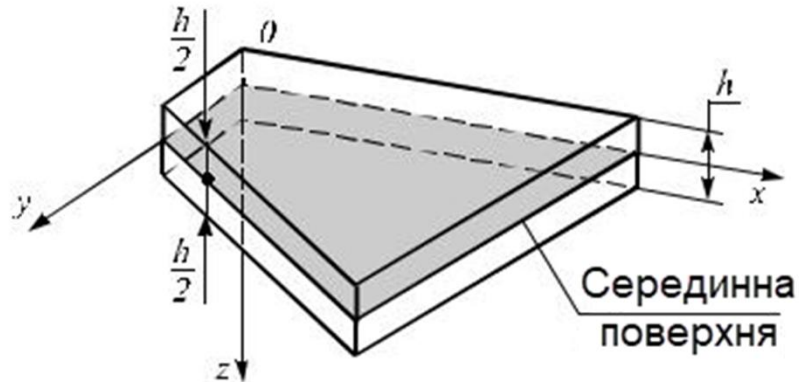
понижена  
жорсткість плити

Схема №4



Обидва фактори разом  
(схема №3+схема №4)

## Полка (плитна частина) являє собою тонку пластину



**Тонкими** називаються пластинки, що мають відношення товщини до найменшого характерного розміру в плані  $h/b$  приблизно в межах  $1/5-1/80$  та величину очікуваних прогинів не більше  $h/4$

**Зусилля, що діють в серединній товщі тонкої пластинки:**

**$M_y$**  – момент вигину в площині YOZ

**$M_x$**  – момент вигину в площині XOZ

**$Q_y$**  – поперечна сила в площині YOZ

**$Q_x$**  – поперечна сила в площині XOZ

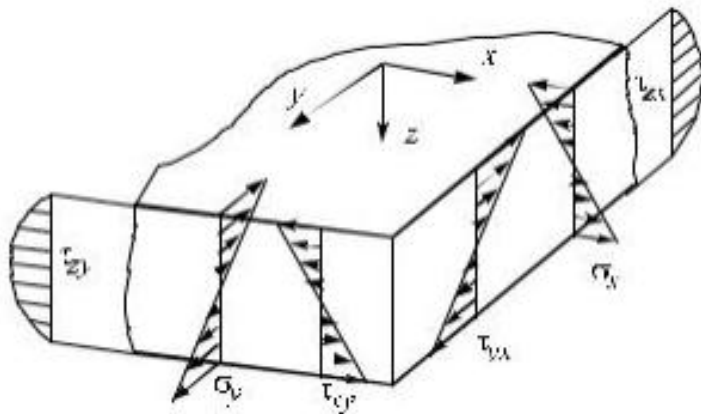
$\sigma_y$  – нормальні напруження в площині YOZ

$\sigma_x$  – нормальні напруження в площині XOZ

$\tau_{xz}$  – поперечна сила в площині XOZ

$\tau_{yz}$  – поперечна сила в площині YOZ

**Епюри напружень по товщині пластинки.**



# Результати статичного розрахунку. НДС полки

Таблиця 1. Напружено-деформований стан полки полки (максимальні зусилля)

fz, max [мм]	Схема №1 (рівном. навантаж)		Схема №2 (локальне навантаж)		Схема №3 (понижена жорсткість)		Схема №4 (локальне+пониж. жорсткість)	
	-12,2		-18,6		-22,3		-22,3	
Nx, [Т/М2]	-98,5	126	-221	132	-76,3	259	-176	239
Ny, [Т/М2]	-316	-4,46	-416	-2,05	-502	87,9	-510	84,7
τxy	-125	125	-183	180	-115	128	-143	125
	-125	125	-183	180	-0,0952	0,0687	-0,172	0,163
Mx, [ТМ/М]	-0,0967	0,0063	-0,178	0,164	-0,0415	0,0279	-0,0493	0,0333
My, [ТМ/М]	-0,0292	0,0113	-0,05	0,033	-0,0193	0,0158	-0,0183	0,0148
Mxy, [ТМ/М]	-0,00751	0,00751	-0,0134	0,0136	-0,493	1,97	-3,9	4,32
QX, [Т/М]	-0,348	0,348	-4,34	4,24	-0,614	0,655	-0,808	0,78
QY, [Т/М]	-0,151	0,151	-0,794	0,829	-22,3	259	-22,3	239 <sup>20</sup>

## Мозаїка переміщень вузлів вздовж осі Z

Схема №1

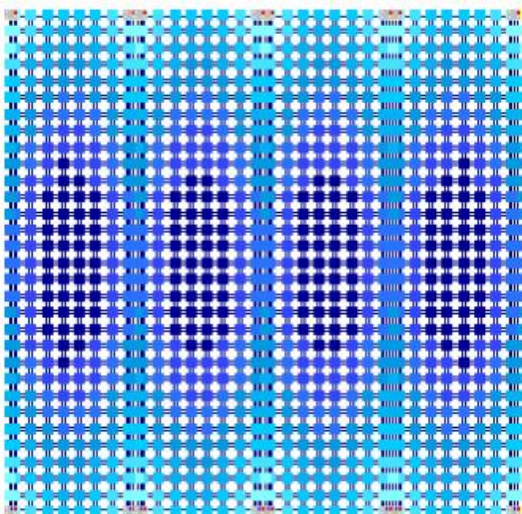


Схема №2

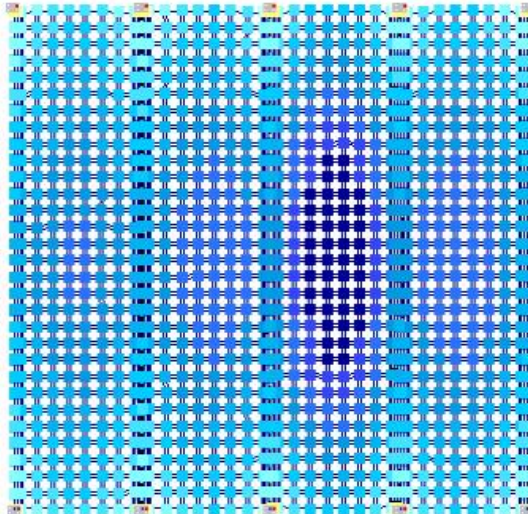


Схема №3

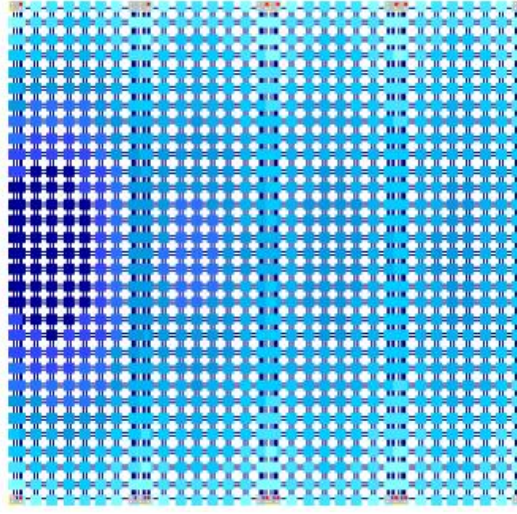
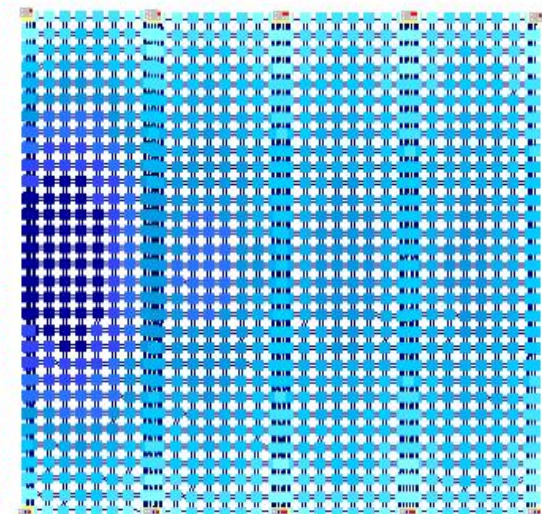
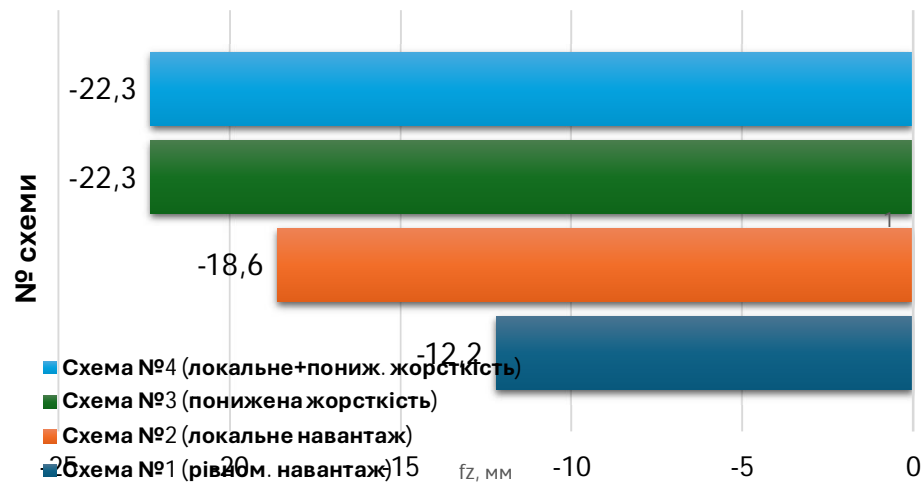


Схема №4

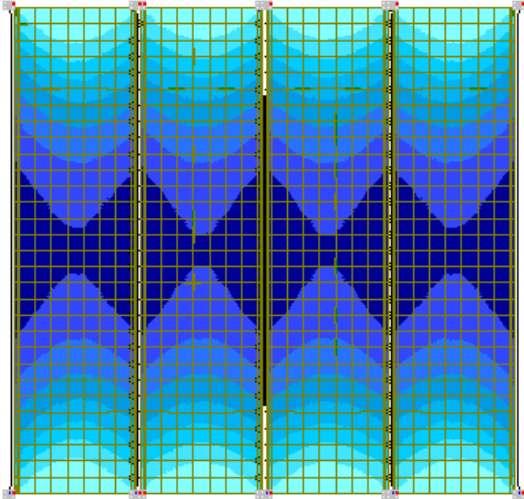


Прогини, fz, max

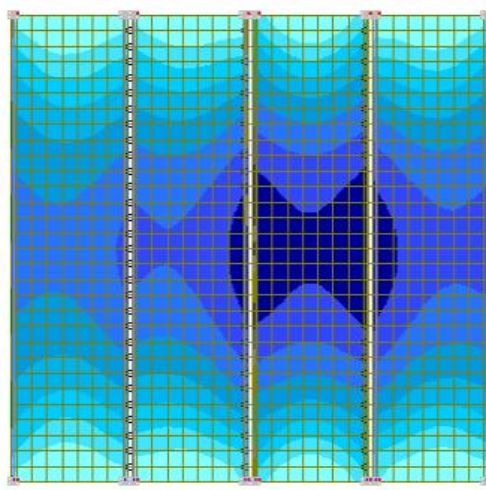


# Ізополя напружень $N_y$

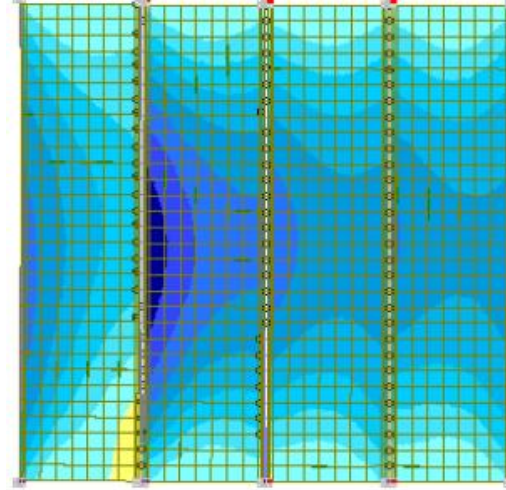
Схема№1



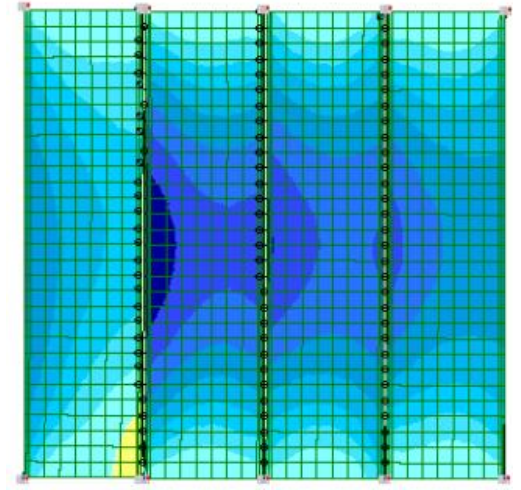
Схема№2



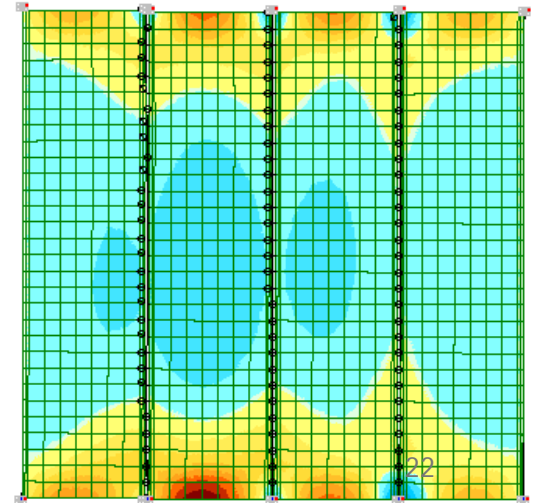
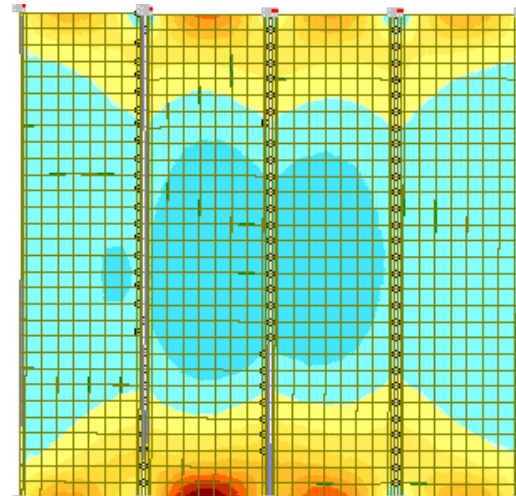
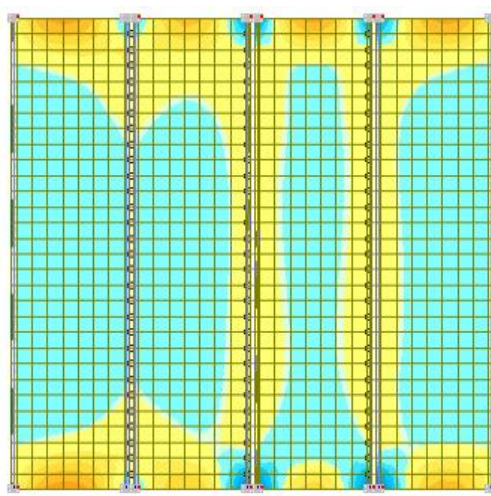
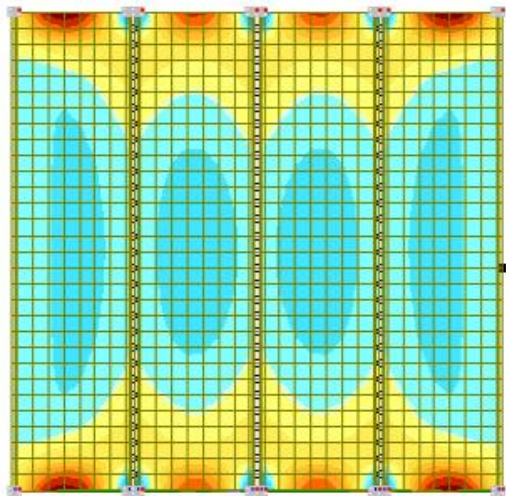
Схема№3



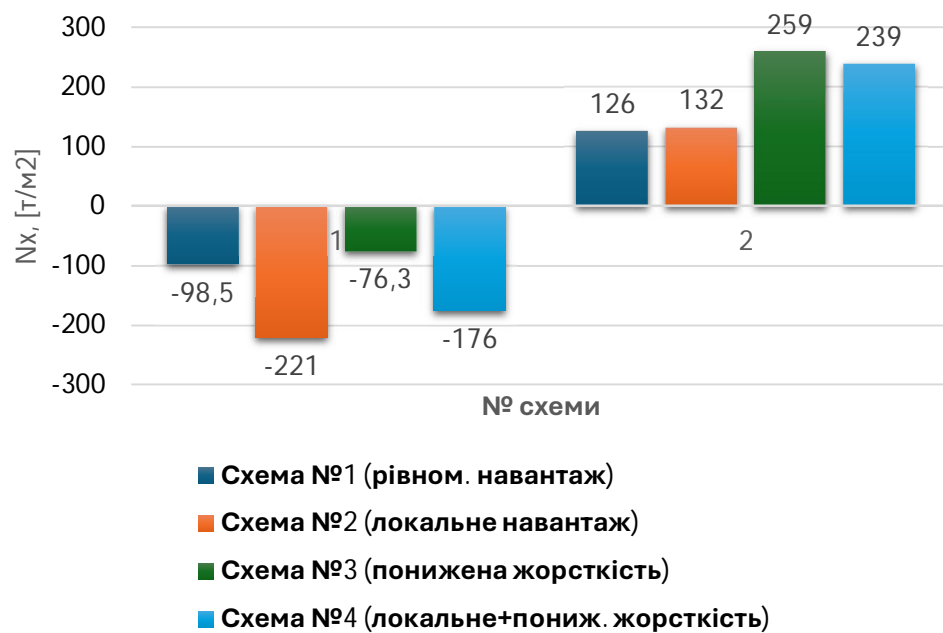
Схема№4



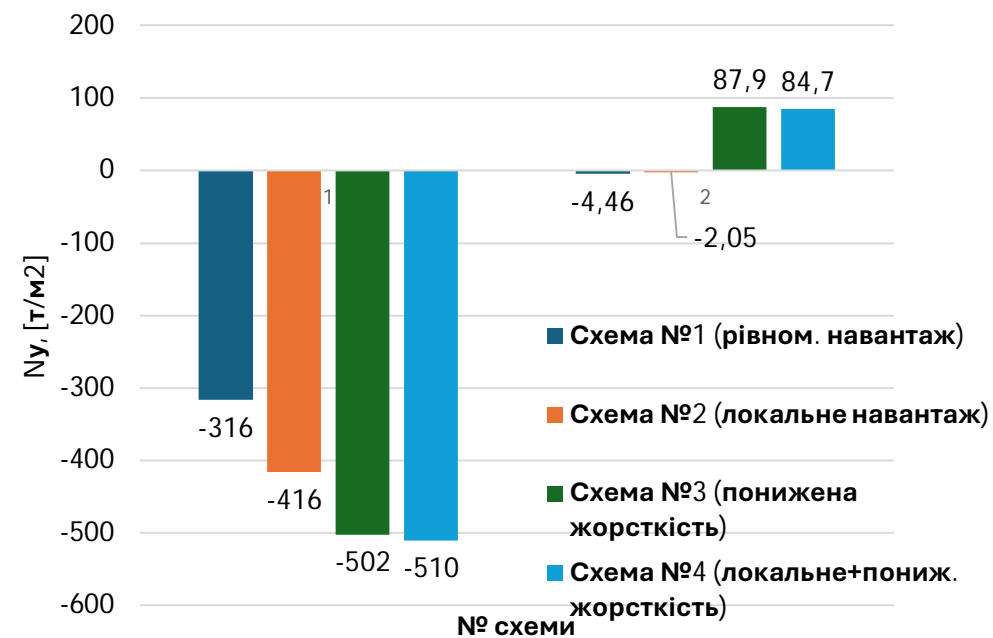
# Ізополя напружень $N_x$



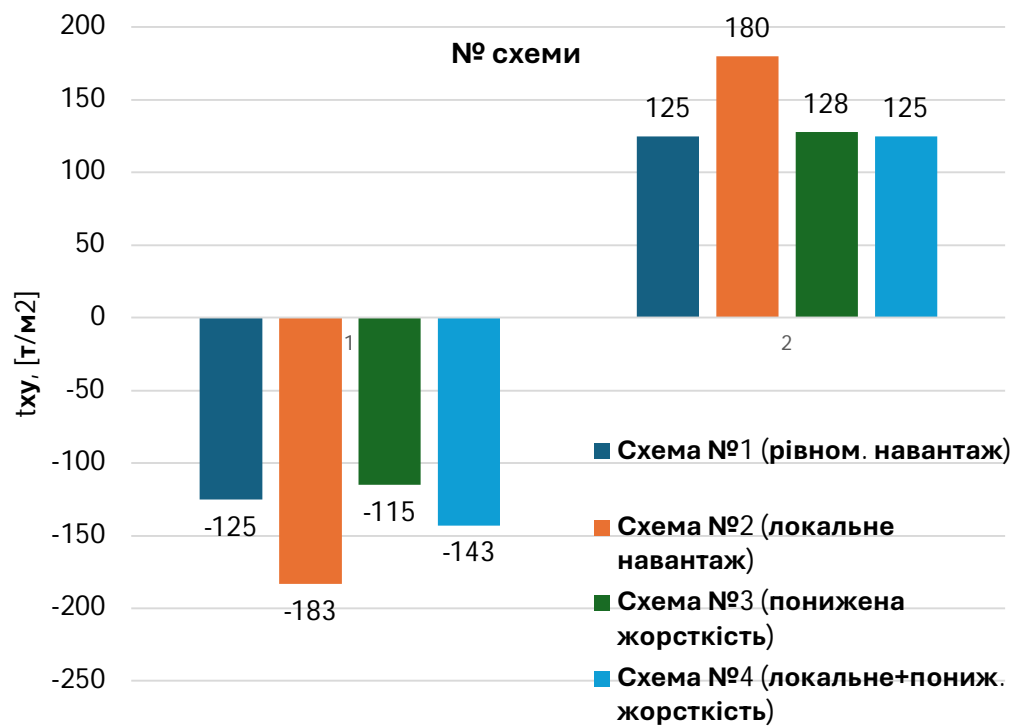
## Nx, max



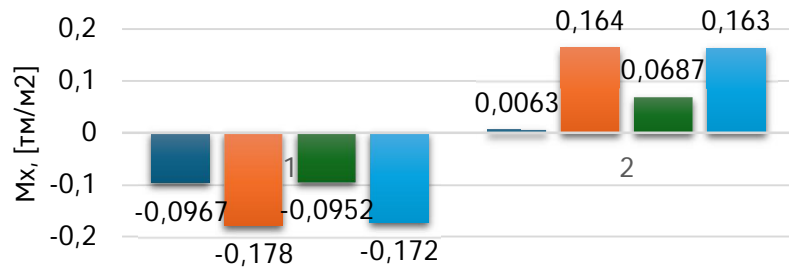
## Ny, max



# $\tau_{xy}, \text{max}$

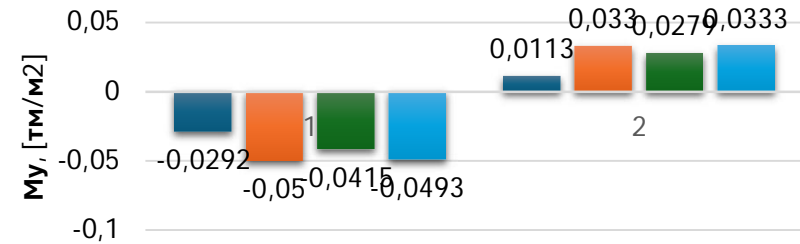


## M<sub>x</sub>, max



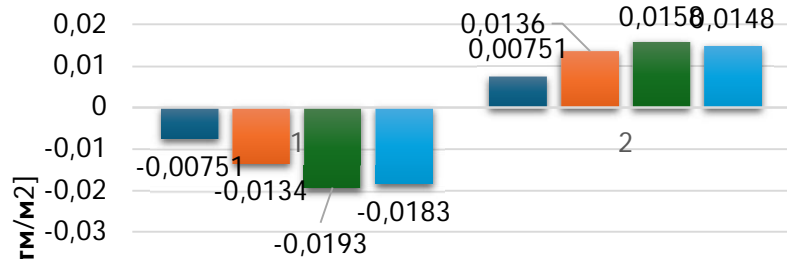
- Схема №1 (рівном. навантаж)
- Схема №2 (локальне навантаж)
- Схема №3 (понижена жорсткість)
- Схема №4 (локальне + пониж. жорсткість)

## M<sub>y</sub>, max



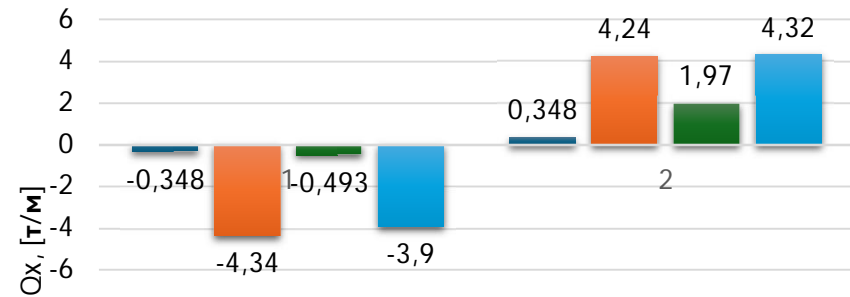
- Схема №1 (рівном. навантаж)
- Схема №2 (локальне навантаж)
- Схема №3 (понижена жорсткість)
- Схема №4 (локальне + пониж. жорсткість)

## M<sub>xy</sub>, max



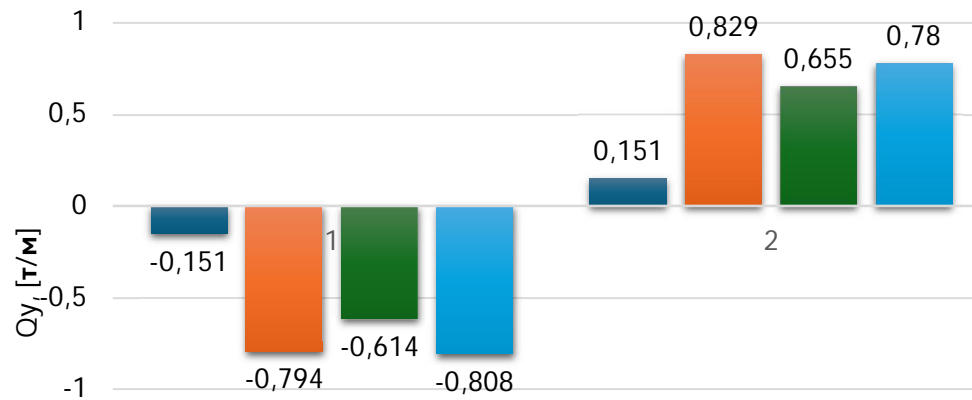
- Схема №1 (рівном. навантаж)
- Схема №2 (локальне навантаж)
- Схема №3 (понижена жорсткість)
- Схема №4 (локальне + пониж. жорсткість)

## Q<sub>x</sub>, max



- Схема №1 (рівном. навантаж)
- Схема №2 (локальне навантаж)
- Схема №3 (понижена жорсткість)
- Схема №4 (локальне + пониж. жорсткість)

# Qy, max



- Схема №1 (рівном. навантаж)
- Схема №2 (локальне навантаж)
- Схема №3 (понижена жорсткість)
- Схема №4 (локальне+пониж. жорсткість)

## Ізополя напружень Ny (від РСН)

Схема №1



Ізополя напружень Ny (РСН4)

Схема №2

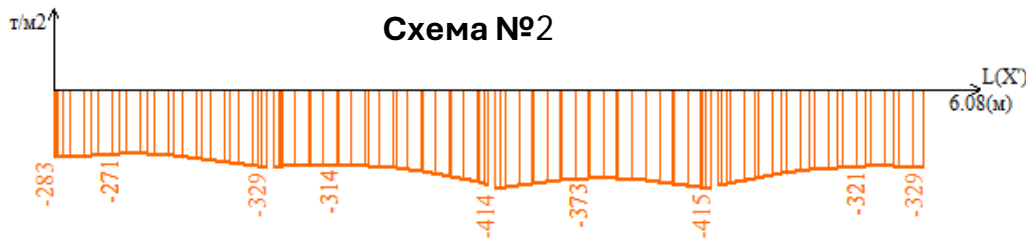


Схема №3

Ізополя напружень Ny (РСН2)

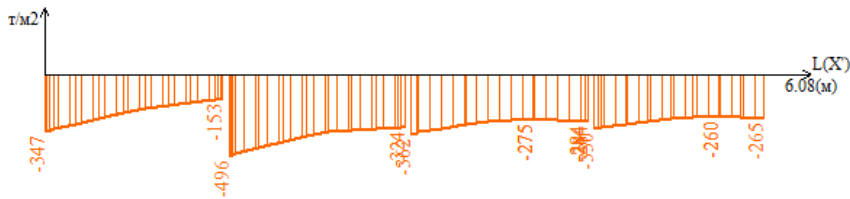


Схема №4



Ізополя напружень Ny (РСН4) (т/м2)

## Ізополя напружень Nx (від РСН)

Схема №1



Схема №2

Ізополя напружень Nx (РСН4)

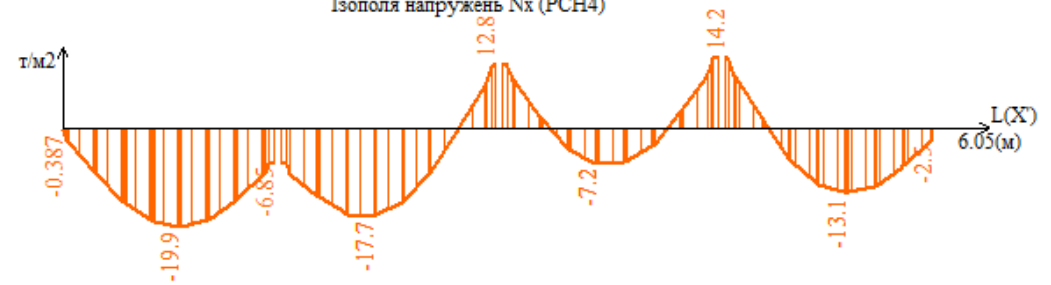


Схема №3

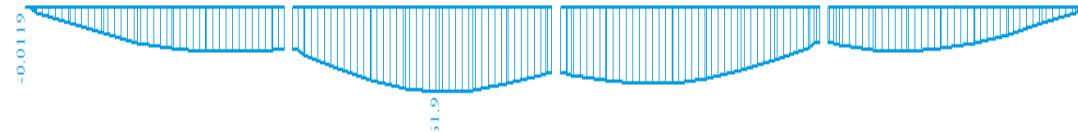


Схема №4



Ізополя напружень Nx (РСН4) (т/м2)

# Ізополя напружень $\tau_{xy}$ (від РСН)

Схема №1

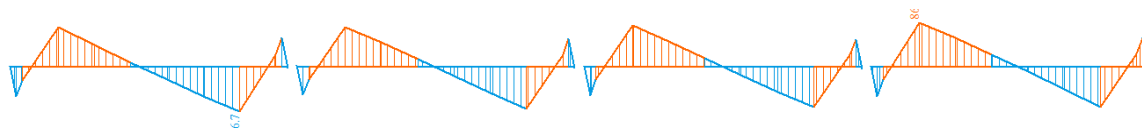


Схема №2

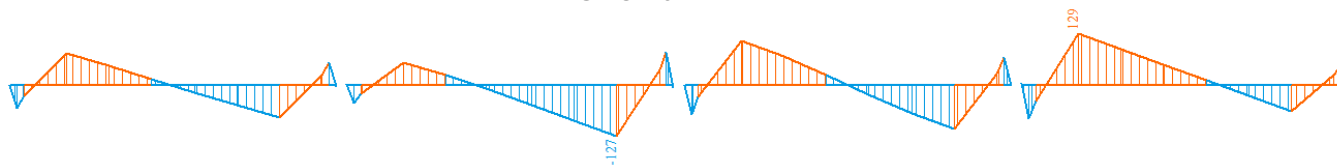


Схема №3

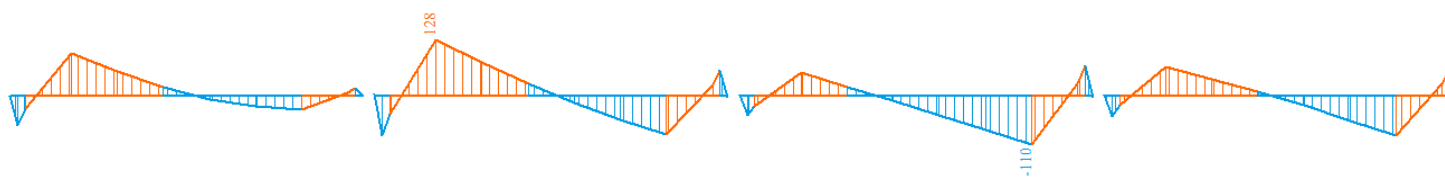


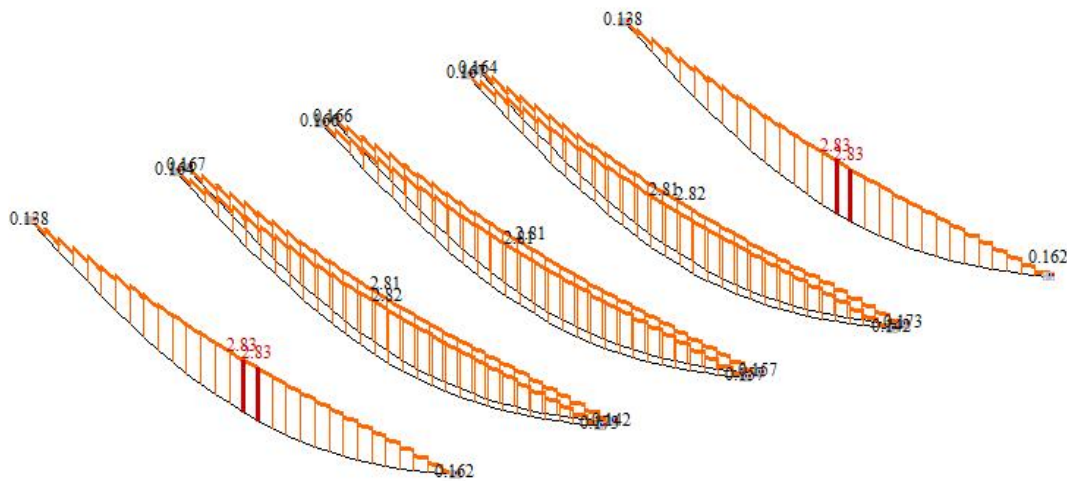
Схема №4



Ізополя напружень  $\tau_{xy}$  (РСН4) ( $\text{t/m}^2$ )

# Результати статичного розрахунку ребристої частини

## Схема №1



## Схема №2

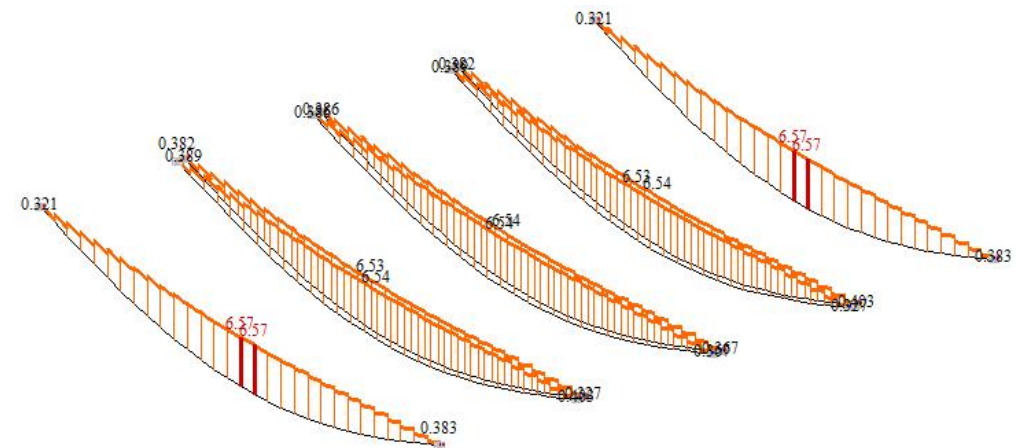
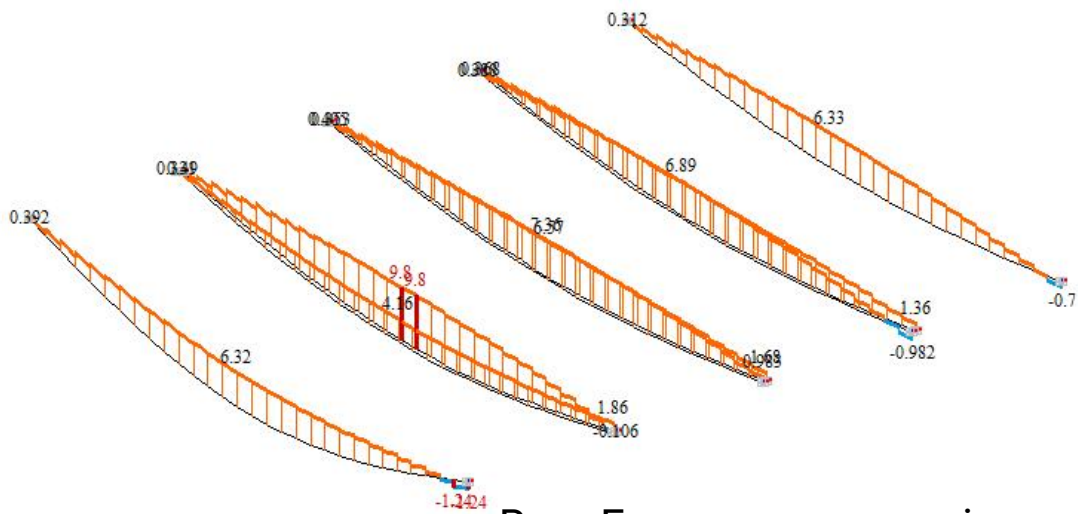


Рис. Епюри поздовжніх сил  $N$  в ребрах фрагменту диска перекриття

### Схема №3



### Схема №4

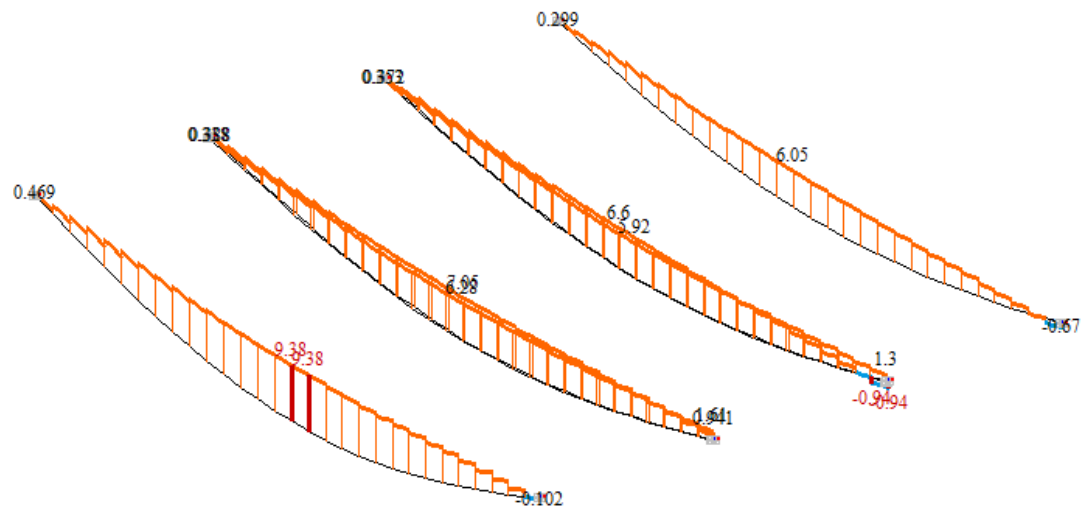


Рис. Епюри поздовжніх сил N в ребрах фрагменту диска перекриття

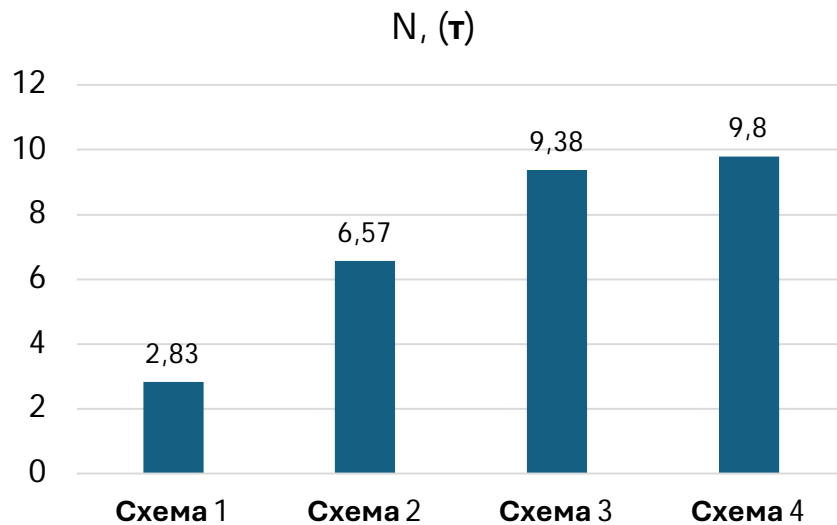


Рис. Максимальні осьові зусилля N, що виникають в ребрах плит в моделях, що розглядаються (від РСНЗ)



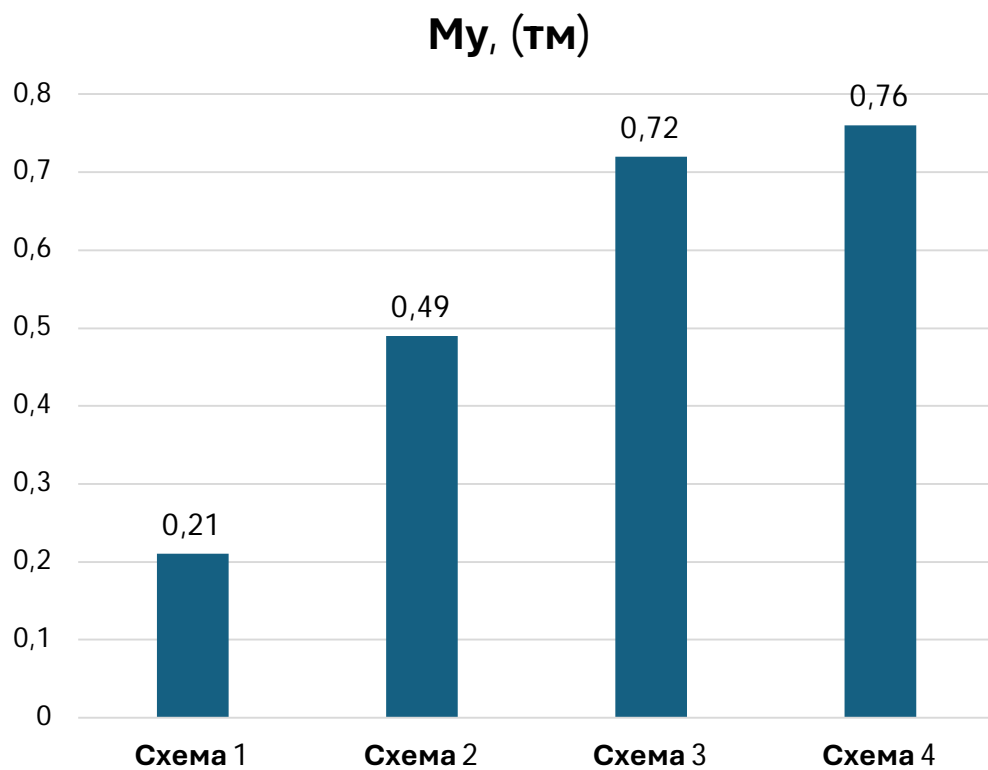


Рис. Максимальні згинальні моменти  $M_y$ , що виникають в ребрах плит в моделях, що розглядаються (від РСНЗ)

## СПОСОБИ ЗАСТОСУВАННЯ ТА ЗБІЛЬШЕННЯ ПРОСТОРОВОГО ЕФЕКТУ ЗБІРНИХ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ ПЛИТ ПЕРЕКРИТТЯ

- Урахування просторової роботи для виявлення резервів несучої здатності перекриттів, що експлуатуються, дуже докладно наведено в [1].
- Зокрема в [1] Т.Н. Азізовим запропоновано та описано способи використання та збільшення ефекту просторової роботи збірних залізобетонних перекриттів.
- Так, в [1] зазначено, що в плитах з непроектними отворами, корозією арматури й бетону, іншими дефектами та пошкодженнями врахування просторової роботи може дозволити зменшити витрати матеріалів на підсилення або взагалі відмовитися від нього.
- Пошук резервів несучої здатності плит перекриттів будівель і споруд, що експлуатуються, є актуальним та цілком здійсненним на практиці завданням.
- Досить часто підсилити ефект просторових робіт в перекриттях, що експлуатуються, досить легко [1].

## Спосіб підсилення збірної плити на основі зміни схеми (за Т. Н. Азізовим [1])

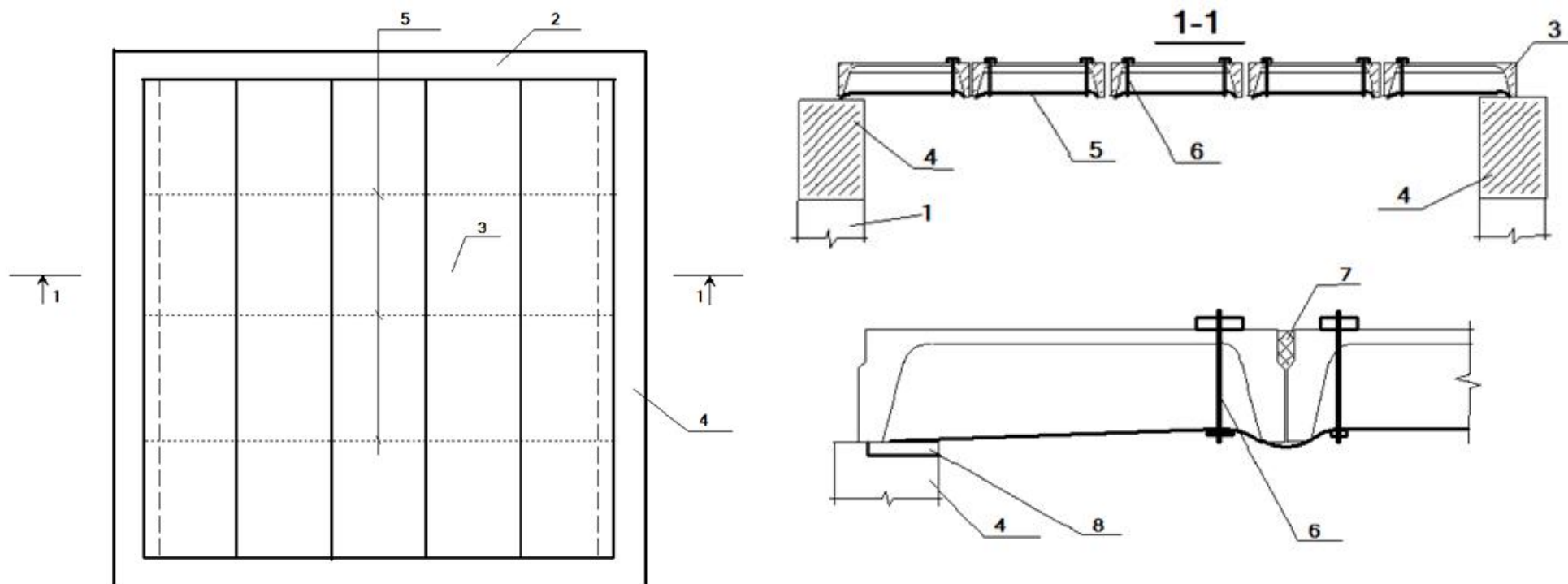


Рис. Схема армування збірної перекриття [1]:

- 1 - колона; 2 - балка; 3 - плита; 4 - додаткові поздовжні балки; 5 - зовнішня поперечна арматура;  
6 - хомут натяжного пристрою; 7 - монолітний шов;  
8 – закладна деталь

# ВИСНОВКИ

- Ізополя напружень свідчать про перерозподіл напружень (зусиль) в плитній частині ребристих плит покриття.
- Це показує спільну роботу всіх збірних елементів в диску. Спільна робота плит в диску дозволяє без додаткового посилення більш навантаженої конструкції (чи такої, що вийшла з ладу) застосовуючі внутрішні резерви несучої здатності всього диску з плит в цілому забезпечувати виконання умов міцності (1ГС) та жорсткості (2 ГС).
- В деяких випадках спільна робота плит в ячейці обумовлює мінімальне підсилення локально навантажених ділянок або частини конструкції, що має понижену жорсткість.

# Джерела

1. Азизов Т.Н. Теория пространственной работы перекрытий. Киев: Науковий світ, 2021
2. Скорук Л.М. «Пошук ефективних розрахункових моделей ребристих залізобетонних плит та перекриттів» [Електронний ресурс]. – 2004. – Режим доступу до ресурсу: <http://surl.li/nzhhk>.