

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

До захисту
Допускається
Завідувач кафедри
Будівельних конструкцій

/...../

підпис

«__» _____ 2023 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

за другим рівнем вищої освіти

На тему: «Метод регуляції зусиль в структурній плиті»

Виконав (ла)

(підпис)

Сімонов А.Б.

(Прізвище, ініціали)

Група

ЗПЦБ 2201м

(Науковий)
керівник

(підпис)

Срібняк Н.М.

(Прізвище, ініціали)

Суми – 2023 р.

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Кафедра: будівельних конструкцій

Спеціальність: 192 "Будівництво та цивільна інженерія"

ЗАВДАННЯ

НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Сімонов Андрій Богданович

Тема роботи: Метод регуляції зусиль в структурній плиті

Затверджено наказом по університету № 3303-н від "27" 10 2023р.

Строк здачі студентом закінченої роботи: "04" 12 2023 р.

Вихідні дані до роботи:

*Будівля громадського призначення, з прольотом 30х30 м, який
потрібно перекрити ефективною конструкцією покриття*

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

Виконати огляд джерел можливих регуляторів зусиль в структурній сталевій плиті. Обрати один із таких можливих регуляторів та змодельовати декілька розрахункових моделей плити. Виконати статичний та конструктивний розрахунки моделей плити. Обрати найефективнішу модель за критерієм матеріалоемності. Сформулювати загальні висновки

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)

А.Б. Сімонов

(Прізвище, ініціали)

АНОТАЦІЯ

Сімонов Андрій Богданович. Метод регуляції зусиль в структурній плиті
– Кваліфікаційна робота магістра на правах рукопису.

Кваліфікаційна робота магістра за спеціальністю 192 «Будівництво та цивільна інженерія». – Сумський національний аграрний університет, Суми, 2023.

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 елементів моделей структурної плити. Моделі плит відрізняються способами розташування опорних стійок. Згідно НДС моделей виконано конструювання елементів конструктивних груп стержнів та визначено вагу кожної моделі. Обрано найбільш ефективну модель за критерієм матеріалоемності.

Аналіз публікацій та досліджень встановив, що структурні плити, що є просторовими стержневими решітчастими системами, які відрізняються ефективною статичною роботою. На напружено-деформований стан структурних конструкцій, зокрема плит, значним чином може впливати ряд факторів: форма базової ячейки, спосіб спирання на опори (стіни, колони), спосіб розташування опорних стійок, товщина плити. Як висновок із аналізу досліджень, можна сформулювати те, що актуальним є дослідження одного із цих факторів (регуляторів зусиль), який впливає на матеріалоемність конструкції.

В **основній частині** описано скінчено-елементні моделі структурних плит, що відрізняються способом розташування колон, на які спирається конструкція. Розташування колон прийнято в трьох варіантах: колони розташовано в кутах

плити; колони розташовано вздовж двох паралельних сторін плити; колони зміщено всередину плити на 3,0 м з обох боків. Тобто спосіб локалізації колон є тим регулятором зусиль в елементах плити, за варіації якого можна визначити найбільш ефективну модель з точки зору статичної роботи. Отже, така найбільш ефективна модель буде й найменш матеріалоємкою, тобто буде мати найменшу вагу з-поміж можливих.

У **висновках**, встановлено, найбільш раціональну (ефективну) модель з-поміж варіантів, що розглядалися. Ефективність була визначена за критерієм більш раціонального напружено-деформованого стану. Виконано підбір перерізів елементів за першою та другою групами граничних станів. Обчислено вагу кожної моделі та визначено модель, що характеризується найменшою матеріалоємністю.

Ключові слова: структура, осьові зусилля, структурна плита, регулятори зусиль, спосіб розташування колон, матеріалоємність, критерій ефективності

Список публікацій та/або виступів на конференціях студента:

Сімонов А.Б., Срібняк Н.М., Галушка С.А. Робота структурної плити в залежності від граничних умов. Матеріали Всеукраїнської наукової конференції студентів та аспірантів, присвяченої Міжнародному дню студента (13-17 листопада 2023 р.) – Суми, 2023. С. 123

В **додатках** наведено результати перевірок та підбору елементів структурної плити; тези конференції, альбом слайдів мультимедійної презентації.

Структура роботи. Робота складається з основного тексту на 58 сторінках, у тому числі 14 таблиць, 46 рисунків. Текст роботи містить загальну характеристику роботи, 6 розділів, що включають висновки, список з 26 використаних джерел, 3 додатка на 47 сторінках. Графічна частина складається з 32 слайдів мультимедійної презентації.

Abstract

Simonov Andrii Bohdanovych. The method of regulating forces in a structural plate– Master's qualification work on manuscript rights.

Master's qualification work in specialty 192 "Construction and civil engineering". – Sumy National Agrarian University, Sumy, 2023.

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** make it possible to determine the stress-strain state of structural plate model elements. Slab models differ in the way support racks are located. According to the stress-strain state of the models, the design of the elements of the structural groups of rods was performed and the weight of each model was determined. The most effective model was chosen according to the criterion of material capacity.

The **analysis of publications and studies** has established that structural plates, which are spatial rod-lattice systems, which differ in effective static work. A number of factors can significantly affect the stress-deformed state of structural structures, in particular slabs: the shape of the base cell, the way it rests on the supports (walls, columns), the way the support posts are located, the thickness of the slab. As a conclusion from the research analysis, it can be stated that the research of one of these factors (force regulators), which affects the material capacity of the structure, is relevant.

The **main part** describes the finite-element models of structural plates, which differ in the arrangement of the columns on which the structure rests. The location of the columns is accepted in three ways: the columns are located in the corners of the slab; columns are located along two parallel sides of the plate; the columns are offset

inside the slab by 3.0 m on both sides. That is, the method of localization of the columns is the regulator of forces in the slab elements, the variations of which can be used to determine the most effective model from the point of view of static work. Therefore, such a most effective model will also be the least material-intensive, that is, it will have the lowest possible weight.

In the **conclusions**, the most rational (effective) model among the considered warrants was established. Efficiency was determined by the criterion of a more rational stress-strain state. Selection of cross-sections of elements according to the first and second groups of limit states has been carried out. The weight of each mole was calculated and the model characterized by the least material consumption was determined.

Key words: structure, axial forces, structural plate, force regulators, column arrangement method, material capacity, efficiency criterion

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

Simonov A.B., Sribniak N.M., Halushka S.A. The operation of the structural plate depending on the boundary conditions. Materials of the All-Ukrainian scientific conference of students and postgraduates dedicated to the International Student Day (November 13-17, 2023) - Sumy, 2023. P. 123

The **appendices** show the results of checks and selection of elements of the structural plate; abstracts of the conference, an album of multimedia presentation slides.

Structure of work. The work consists of the main text on 58 pages, including 14 tables, 46 figures. The text of the work contains a general description of the work, 6 chapters including conclusions, a list of 26 used sources, 3 appendices on 47 pages. The graphic part consists of 32 slides of a multimedia presentation.

ЗМІСТ

Завдання	
Анотація	
РОЗДІЛ 1. ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ	
РОЗДІЛ 2. БІБЛІОГРАФІЧНИЙ ОГЛЯД ДОСЛІДЖЕНЬ	
2.1 Загальні відомості про структурні конструкції.....	
2.2 Способи обпирання покриття по структурній плиті.....	
2.3 Схеми обпирання структурних конструкцій.....	
РОЗДІЛ 3. МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ	
РОЗДІЛ 4. РОЗРАХУНКОВІ МОДЕЛІ СТРУКТУРНИХ ПОКРИТТІВ, ЩО ДОСЛІДЖУЮТЬСЯ	
4.1 Геометрія моделей покриття.....	
4.2 Регулятори зусиль.....	
4.3 Матеріали, що прийнято для структурної плити.....	
4.4 Характеристики параметрів жорсткості скінчених елементів.....	
4.5 Граничні умови.....	
4.6 Навантаження на структуру.....	
РОЗДІЛ 5. РЕЗУЛЬТАТИ ЧИСЛОВОГО ДОСЛІДЖЕННЯ СТРУКТУРНОГО ПОКРИТТЯ	
5.1 Зусилля в стержнях структури.....	
5.2 Зусилля в колонах.....	
5.3 Деформативність структурної плити.....	
5.4. Перевірка міцності перерізів за 1-ю групою граничних станів.....	
РОЗДІЛ 6. ВИСНОВКИ	
Література	
Додатки	
<i>Додаток 1. Тези конференції</i>	

*Додаток 2. Підбір та перевірка сталевих перерізів елементів моделей
структурних плит.....*

Додаток 3. Графічний матеріал.....

РОЗДІЛ 1

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми

Структурні металеві великопрольотні плити покриття відрізняються виразністю, універсальністю й є досить ефективними. Плити утворюються повторюванням великої кількості разів «базового елемента», кристалу, що є основною формоутворюючою одиницею всієї конструкції [3].

Отже структурна плита в основі своїй має кристалічну будову, подібну до будови органічних кристалів – графіту, алмазу та інших речовин.

Структурні покриття можуть мати не лише вигляд плоскої плити, але в їм також може бути притаманна криволінійна форма поверхні. Форма поверхні криволінійних структур, в тому числі сітчастих оболонок описується рівняннями другого порядку (сферична поверхня, циліндрична поверхня, поверхня, що окреслена за формою гіперболічного параболоїду. Матеріали, що використовують при виготовленні структурних плит – сталь, алюміній, деревина.

В українській практиці зведення подібних конструкцій використовуються плити регулярної будови, що виконані із армоцементних елементів [3].

Метою роботи є визначення з-поміж можливих конструктивних рішень структурної металеві плити найбільш ефективною за критерієм матеріалоемності. Конструктивні рішення варіантів плити відрізняються лише кількістю та розташуванням колон.

Для досягнення мети потрібно вирішити наступні **задачі**:

- 1) дослідити основи та принципи формоутворення структурної сталеві плити; вивчити особливості роботи кожного з типів плити; проаналізувати відмінності;

- 2) виконати класифікацію структурних плит, що є найбільш значимими для практики проектування; вибрати структурну плити (за геометрією решітки) для подальшого дослідження;
- 3) створення скінченоеlementних моделей плит в ПК Ліра-САПР, що є однаковими за розмірами та геометрією, граничними умовами та характером та величиною завантаження, але такими, що відрізняються лише кількістю та розташуванням опорних стержнів-колон, на які модель спирається.
- 4) Виконати статичний та конструктивний розрахунок трьох моделей в ПК Ліра-САПР.
- 5) Проаналізувати напружено-деформований стан трьох конструктивних схем структурної плити
- 6) Виконати в ПК Ліра-САПР підбір нових перерізів стержнів для схем структурної плити
- 7) Обчислити вагу кожної конструктивної моделі структурної плити й обрати схему, що характеризується найменшою матеріалоемністю.

Об'єкт дослідження – структурні сталеві плити покриття розміром в плані 30x30 м, що відрізняються кількістю та розташуванням колон (опор).

Предмет дослідження – напружено-деформований стан та конструктивне рішення трьох моделей структурних плит покриття що відрізняються різною кількістю опор та відстанню між ними.

Практичне значення отриманих результатів

Результати дослідження дають можливість підібрати за даними статичного розрахунку нові жорсткості стержнів структури – нові розміри перерізів й обчислити вагу кожної моделі, що досліджується.

Апробація та публікація результатів роботи

Результати роботи опубліковано в збірнику тез студентсько-викладацької щорічної конференції СНАУ

Сімонов А.Б., Срібняк Н.М., Галушка С.А. Робота структурної плити в залежності від граничних умов // Матеріали Всеукраїнської наукової конференції студентів та аспірантів, присвяченої Міжнародному дню студента (13-17 листопада 2023 р.)– Суми, 2023.

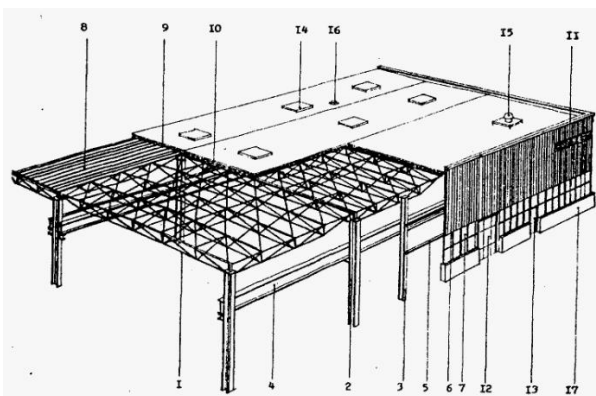
РОЗДІЛ 2

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ ОГЛЯД ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1 Загальні відомості про структурні конструкції

В практиці будівництва світового рівня зведено безліч унікальних та оригінальних споруд громадського й промислового призначення. Значної популярності завдяки своїй високій ефективності здобули сталеві гратчасті структурні плити. Ці конструкції вирізняються з-поміж інших не лише оригінальністю форми, але й надзвичайно високими параметрами ефективності під навантаженням. Структурні плити покриття дозволяють перекривати значні прольоти без влаштування проміжних опор. Тому сфера їх застосування широка - будівлі громадського масового призначення, видовищні, виставкові зали, спортивні арени.

Структурні плити характеризуються своєю площинною поверхнею й знаходяться в одній ряду за ефективністю поряд з криволінійними сітчастими стержневими оболонками, решітка яким може бути представлена у вигляді як просторового каркасу, так і у вигляді криволінійної площини.



*Рис. 2.1 Структурна плита як покриття промислової будівлі -а;
покриття будівлі культурного центру в м. Баку -б*

Численні дослідження та практика проектування структурних плит вказує на те, що особливо цікавими профілями для конструювання структурних плит є профілі у вигляді труб. Такі профілі характеризуються оптимальним перерізом стержня, що ефективно сприймає осьові навантаження та відповідно реагує на них осьовими зусиллями розтягу та стиску [1,2].

Структурні плити, які також називають скорочено «структурами» – це стержневі конструкції, що характеризуються, насамперед, просторовою роботою, є подібні за своєю будовою до структури кристалу природного походження – кристалічні ґрати металу, структура графіту, алмазу. Структурні плити мають ряд переваг, серед яких можна виділити універсальність, відносно невелику вагу, багатозв'язність, можливість виготовлення елементів плит на потокових технологічних лініях [1].

Конструктивне вирішення плити насамперед залежить від конструктивних параметрів, що прийняті. Серед таких параметрів можна виділити: спосіб спирання плит (точкове - на колони, на стіни, по контуру), висота конструкції (товщина плити), форма базового формоутворюючого елемента всієї конструкції та інші параметри.

Раціональний розподіл осьових зусиль в усіх групах стержнів плити (верхнього поясу, розкосів, нижнього поясу) обумовлює ефективний, найбільш раціональний перетин елементів стержнів й , отже, й оптимальну вагу плити.

Варіативні дослідження, що базуються на використанні числових методів, дозволяють шляхом пошуку віднайти конструкцію з оптимальними параметрами з-поміж можливих варіантів конструкції. Пошук найбільш ефективного варіанту структури – це те завдання, що розв'язується на початкових етапах проектування [6]. В прийнятому ефективному рішенні з-поміж інших можливих повинні бути врахований фактор оптимальних

працевитрат при виготовленні та монтажу й, врешті-решт на вартість споруди покриття.

Застосування нових матеріалів – алюмінію, високоміцних сталей та можливістю варіативного розрахунку структур в розрахункових комплексах дозволило широко втілювати ці конструкцію в практику проектування та зведення.

Структурні конструкції подібні за будовою до стержневих плит. Первісно вони найшли застосування в будівництві в якості плит, що мають перехресні ферми за двома напрямками й розташовані паралельно. Надалі перехресні системи перетворилися в структурні конструкції. Такий перехід відбувся за рахунок зведення до мінімальної кількості типових елементів (стержнів та вузлів).

Прототипом сучасних структурних плит, як правило, можна вважати перехресні ферми. Це обумовлено тим, що системи з перехресних ферм та структурні конструкції мають дві загальні базові ознаки. Такими ознаками є конструювання поясів у вигляді поясних стержневих сіток з квадратними або трикутними ячейками та розкосів (похилих стержнів), що з'єднують вузли плоских поясних сіток.

Структурні плити є відносно новими конструктивним рішеннями, що характеризується високими параметрами ефективності. Серед переваг структурних плит можна виділити:

- можливість спроектувати покриття будь-якої криволінійної форми в плані;
- поєднання цього виду покриття з несучими конструкціями будь-якого типу;
- привабливість та архітектурна виразність;
- розібрати конструкції на найпростіші складові елементи;
- технологічна простота збірки готових елементів на монтажній площадці;

- модливість влаштування інженрних комунікацій (вентиляці тощо) в товщі покриття;
- можливість перекрити прольоти в 100 м і більше без застосування проміжних опор;
- уніфікація та типізація елементів структурної плити;
- є можливість так законструювати перерізи елементів, що конструкція плити може використати свою несучу здатність по максимуму, що дозволяє економити сталь й знижувати вартість конструкції;

Стрижневі плити можна класифікувати за групами:

- стрижневі плити, побудовані за принципом перехресних ферм, що розташовані за двома напрямленнями та мають поясні сітки з квадратних ячеек;
- стрижневі плити, побудовані за принципом перехресних ферм за трьома напрямками;
- стрижневі плити, в яких сітки поясів утворені поєднанням шестикутних та трикутних ячеек.

В будівельній сфері найбільшу цікавість становлять стрижневі плити першої та другої груп. Конструкції цих груп мають більш високу жорсткість, на згин, ніж стержневі плити третьої групи.

Вибір групи обумовлюється тим, який обрис буде мати споруда, що проектується, в плані. Якщо будівля в плані прямокутна, то використовуються конструкції першої групи. Такі конструкції плит спираються на сітку колон, що розташовується по периметру споруди або в кутах конструкції.

Для будівель з криволінійним обрисом в плані можуть бути застосовані структурні плити із 2-ї та 3-ї групи, оскільки мають значну можливість створення криволінійних поверхонь [2].

Серед недоліків таких плит можна виділити наступні [2]:

- формоутворення можна означити як досить складне;
- робота цих конструкцій вивчена не достатньо;
- складність та недосконалість вирішень вузлів з'єднань стержнів

Конструктивні вирішення вузлів за ознакою застосування в них сполучень можна розділити на три групи [2]:

група № 1: вузлові з'єднання виготовляють зварюванням та виготовляють на будівельному майданчику;

група № 2: з'єднання вузлів болтами. До такого типу з'єднань відносять , що включають зварювання як в заводських умовах, так і в умовах будівельного майданчику;

група № 3: комбіновані з'єднання вузлів. Для цього типу з'єднань відносяться з'єднання , в яких зварювання здійснюється в умовах заводу, а збирання вузлів відбувається за допомогою болтів в умовах будівельного майданчику [2]. Для конструкцій, що належать до цієї групи, характерно розчленування з'єднання вузла на дві групи деталей. Елементи першої групи приварюються в умовах заводу до кінців стержнів, що з'єднують: клини, болтові наконечники, косинки. Елементи другої групи (болти, коннектори, шайби) об'єднують кінці стержнів в вузол.

Традиційним є застосування в структурних плитах застосовується системи «MERO» [25]. Система складається профілів трубчатого перерізу та вузлових елементів, що мають вигляд сталевих куль. Кулі мають глухі різьбові отвори, до яких загвинчуються спеціальні болти (рис. 2.2)

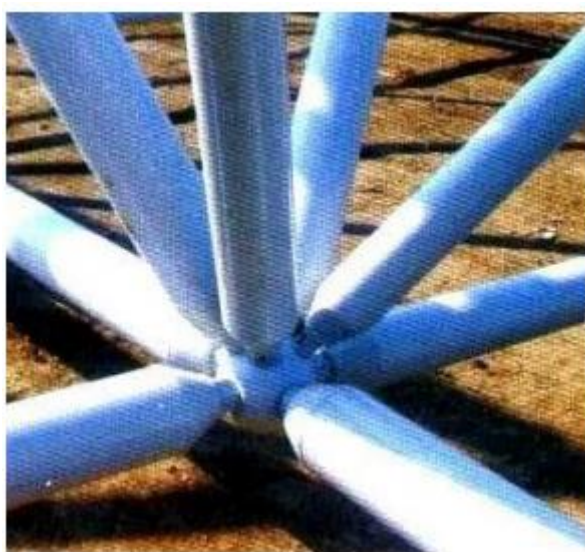


Рис.2.2 Вузол з'єднання системи «MERO»

Такі болти мають обертатися в місці сполучення із трубою при монтажі, забезпечуючи таким чином герметичність порожнини труби. При експлуатації

елементи вузлів повинні сприймати значні осьові зусилля розтягу та стиску. Від моментів згину, які виникають в узлах, при прогині споруди, що змонтована, від власної ваги виникає небезпека руйнування завдяки концентрації напружень [25].

2.2 Способи обпирання покриття по структурній плиті

В залежності від схеми структурного покриття та його конструктивного вирішення можна виділити чотири схеми передавання навантаження на структуру:

- обпирання малорозмірних або довгих плит на пояси структурної плити – див. рис. 2.2, схеми №№ 1 та 3);
- спирання малих плит безпосередньо на узли структурної плити (рис.2.2, схема№ 2);
- спирання плит по прогонам на узли структурної плити - рис. 2.3, схема №4) [5].

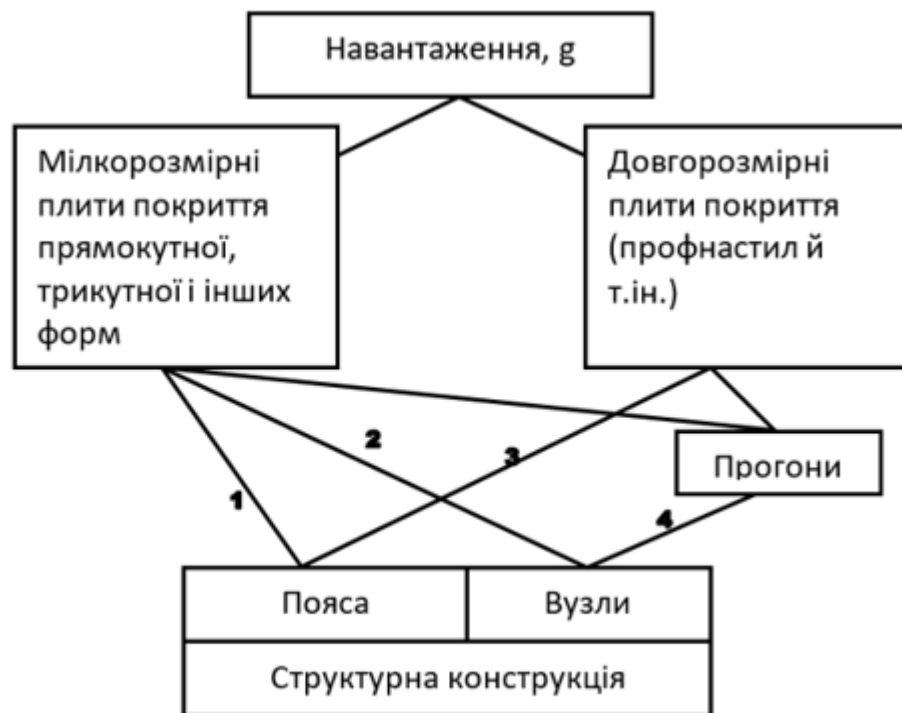


Рис. 2.3 Схеми передачі навантаження на структурну конструкцію

Схеми №№ 1, 3 і 4 передачі навантаження на покриття є найбільш раціональними. Слід відзначити нераціональність схеми№2, оскільки тут вимагається виготовлення спеціальних плит покриття із ребрами жорсткості, що розташовані по їх периметру.

Схема №2 є виправданою при заміні сітки верхнього поясу плитами покриттів, що поєднують в собі несучі та огорожуючі функції [5].

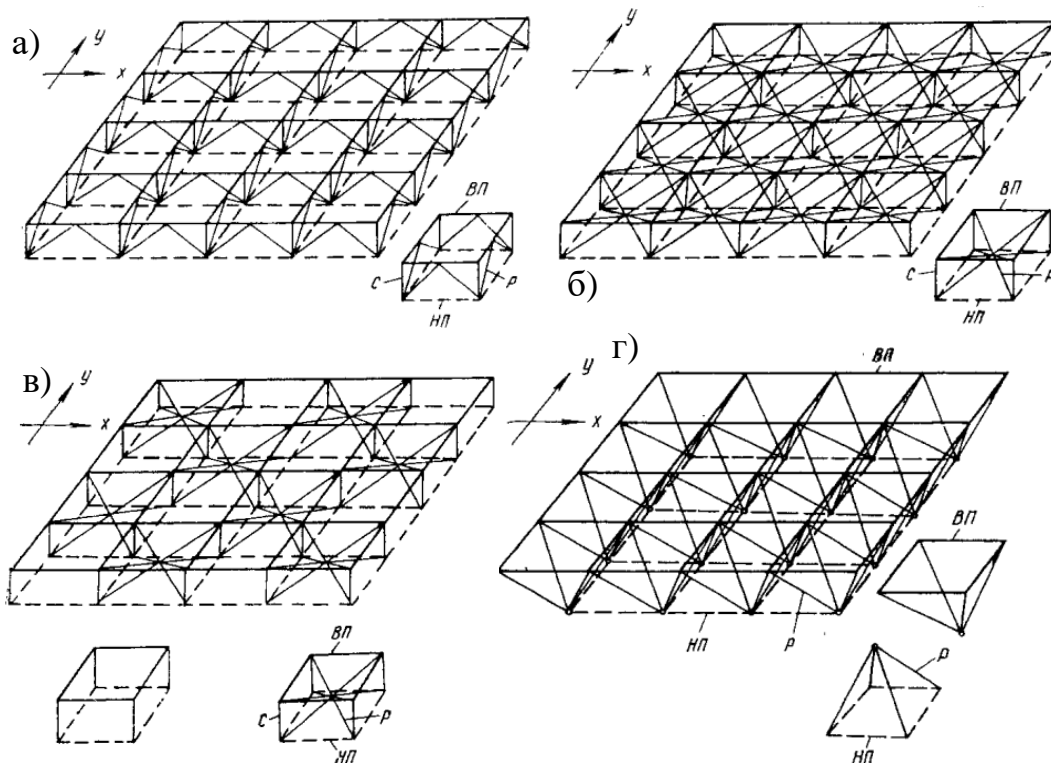
Економічний суттєвий ефект в структурних плитах відстежується при поєднанні в плитах покриття та зв'язкових прогонах несучих функцій [5].

2.3 Схеми обпирання структурних конструкцій

Спосіб спирання конструкції визначає її статичну схему. Вона може бути статично визначуваною та статично невизначуваною.

Умовно статично визначуваними вважають схеми, що спираються в 4-х точках (рис. 2.4, схеми А, Б, В, Г, Д).

Системи, які спираються в 5-ти та більше точках вважають статично невизначуваними.



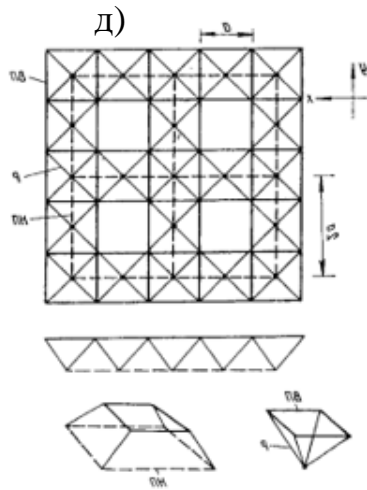


Рис. 2.4 Стрижневі плити з поясними сітками з квадратних ячеек: а – типу вертикальних перехресних ферм двох напрямків; б, в – з розташуванням розкосів поза площиною ферм, г – типу похилих перехресних ферм двох напрямків; д – те ж саме, з вдвічі розрідженою нижньою поясною сіткою. ВП, НП – верхні і нижні пояси; Р – розкоси; С – стійки

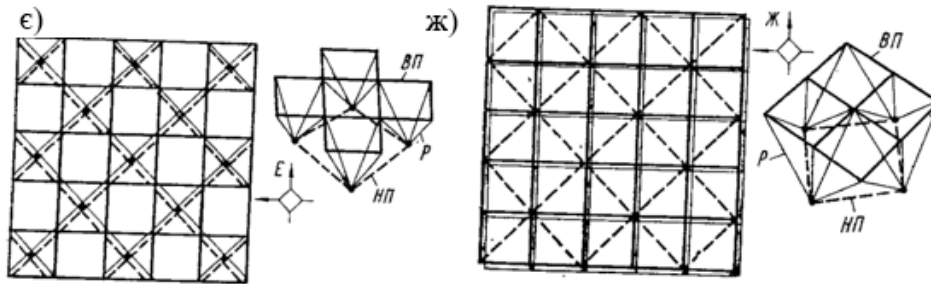


Рис. 2.5 Стрижневі плити з поверненими відносно один одного на 45° поясними сітками з квадратних комірок: е - вузли нижньої сітки розташовані в шаховому порядку під центрами комірок верхньої сітки; вузли сіток з'єднані розкосами; ж - вузли нижньої сітки розташовані в шаховому порядку під кутами верхньої поясної сітки

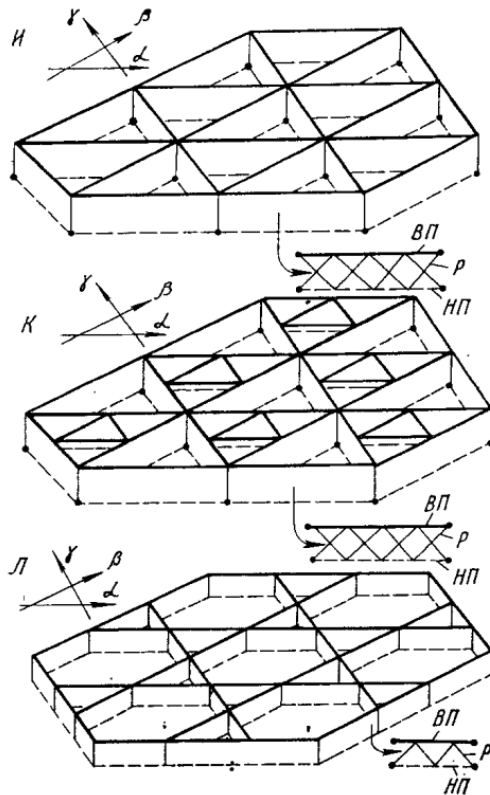


Рис. 2.6 Стрижньові плити, утворені перетинанням вертикальних ферм трьох напрямків: *И* - з поясними сітками з трикутних комірок; *К* - з шаховим розташуванням зв'язків в комірках верхньої поясної сітки; *Л* - з утворенням поясних сіток з поєднання трикутних і шестикутних комірок [5].

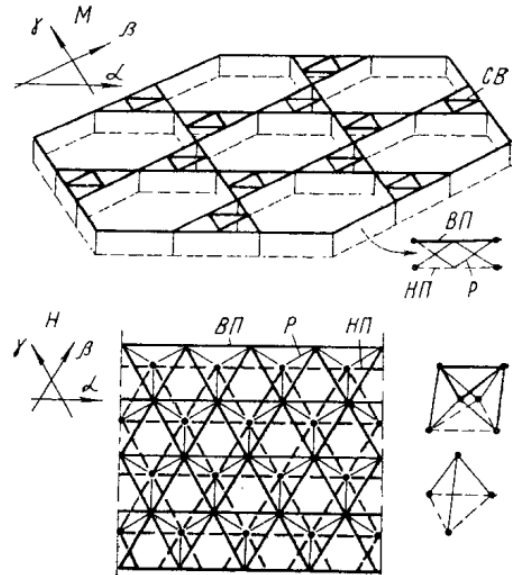


Рис. 2.7 Стрижньові плити, утворені перетинанням вертикальних «*М*» і похилих «*Н*» ферм трьох напрямків: *М* - з утворенням поясних сіток з поєднання трикутних і шестикутних комірок зі зв'язками в трикутних комірках верхньої поясної сітки; *Н* - з поясними сітками з трикутних комірок

РОЗДІЛ 3

МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ

В роботі застосовано такі методики дослідження:

1. **Числовий метод розрахунку будівельних конструкцій** (метод скінчених елементів), що реалізує ПК «Ліра-САПР». Він дозволяє розв'язувати диференційні рівняння з окремими похідними.

Він полягає у представленні будівельної конструкції в вигляді розрахункової схеми, що складається з конкретної кількості скінчених

елементів та вузлів, які ці елементи зв'язані. Мається на увазі, що під навантаженням робота таких елементів прогнозована. Її вона, в тому числі, й значним чином залежить від граничних умов скінченоелементної схеми.

Існує зв'язок між напруженим станом в скінчених елементах та переміщеннями вузлів, що ці елементи сполучають.

Базові передбачення, що характеризують цей метод:

- Область задачі, яку умовно називаємо фізичною, ділиться на підобласті-так звані скінчені елементи;
- Розрізняють залежну змінну (U) та функцію спеціального виду. Для кожного скінченого елемента справедливе наступне: незалежна змінна апроксимується цією функцією завдяки значенням у вузлах. Значення у вузлах є невідомими. Шляхом підстановки апроксимацій в рівняння рівноваги отримуємо систему рівнянь, вирішення якої надасть значення невідомих (переміщень) в вузлах скінченоелементної схеми.

2. **Техніки аналізу даних в Microsoft Excel** – створення, структурування масивів (таблиць) даних, побудова залежностей за табличними даними

3. Використання модуля **конструювання сталевих конструкцій** в ПК Ліра-САПР

РОЗДІЛ 4

РОЗРАХУНКОВІ МОДЕЛІ СТРУКТУРНИХ ПОКРИТТІВ, ЩО ДОСЛІДЖУЮТЬСЯ

З декількох можливих способів регулювання зусиль в структурній плиті (див. Розділ 2) оберемо спосіб спирання конструкцій на опори.

З метою оптимізації маси плити- виявлення найбільш легкої та найменш матеріаломісткої конструкції в якості регулятора напружень приймемо такі фактори:

- Кількість колон, на які спирається плита;
- Відстань між колонами;
- Локалізація колон відносно конфігурації плити в плані

Найбільш поширеним критерієм проектування структурних плит є саме критерій її найменшої ваги [16,17,18], тобто критерій матеріалоемності. Обрання найбільш раціонального варіанту у плити з-поміж можливих злегшує конструкцію та знижує витрати щодо вартості матеріалу (сталі).

Метод скінчених елементів дозволяє виконати варіативний числовий розрахунок конструкції (експеримент) [19].

Серед напрямків в будівельній механіці можна виокремити управління поведінкою будівельних конструкцій, що несуть [20]. Регулювання напружено-деформованим станом конструкції різними методами є важливою оптимізаційною розрахунковою задачею.

Отже, в цьому дослідженні прийнято в якості регуляторів (або, іншими словами, параметрів, що змінюються, три варіанти локалізації колон, а в одному з варіантів змінена кількість колон.

4.1 Геометрія моделей покриття

За результатами досліджень [5] можна виокремити близько 20 типів структурних стержньових плит, що є найбільш поширеними (основними) й являють найбільший інтерес для практики проектування цих плит.

З-поміж можливих варіантів можна виокремити систему, що являє собою систему перехресних ферм двох напрямків (рис.4.1). Верхній та нижній пояс такої конструкції являють собою плоскі сітки з прямокутними чи квадратними ячейками, а система зв'язкових стержнів між верхнім та нижнім поясом являють собою похилих під кутом 45° стержнів.

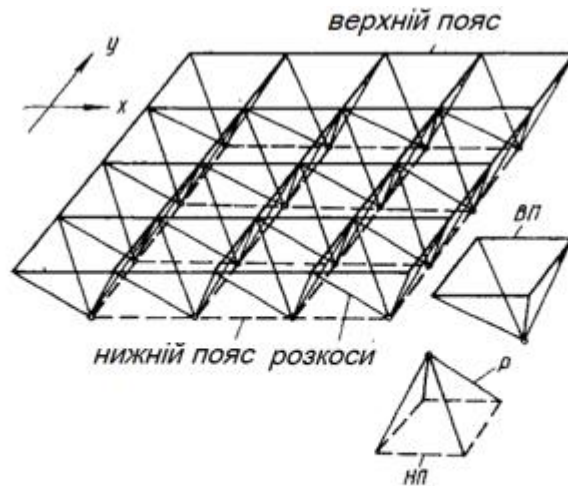


Рис. 4.1 Система типу похилих перехресних ферм двох напрямків, що застосовується для моделювання структурної плити

Як було раніше зазначено вище, обирання конструкцій структурної плити на опори може бути реалізовано певним способом. В такому разі структурна плита може бути як зовні статично визначуваною або схемою, вирішити яку методами статички неможливо.

В структурних плитах з поясами із квадратних ячеек (див. рис. 4.1) для виконання умови зовнішньої статичної визначуваності є умова спирання конструкції на чотири точки. При спиранні конструкції на п'ять точок чи більше покриття може стати зовні статично невизначуваним.

Але за використання методу скінчених елементів характер граничних умов (умов спирання) принципового та суттєвого значення немає.

Якщо крок ячейки становить 2,0; 3,0; 4,0 м, то в цьому випадку прогони можна не передбачати й, кріплення, в такому випадку, може здійснюватися безпосередньо до верхнього поясу. В такому випадку безпрогонної по верхньому поясу плити настил включається в роботу конструкції.

Особливістю структурних плит, як і плоских ферм є те, що навантаження прикладається у вузлах та всі стержні конструкції працюють на осьові зусилля стиску чи розтягу. Але прикріплення настилу по всій довжині верхнього поясу обумовлює роботу елементів на зусилля стиску із вигином [7].

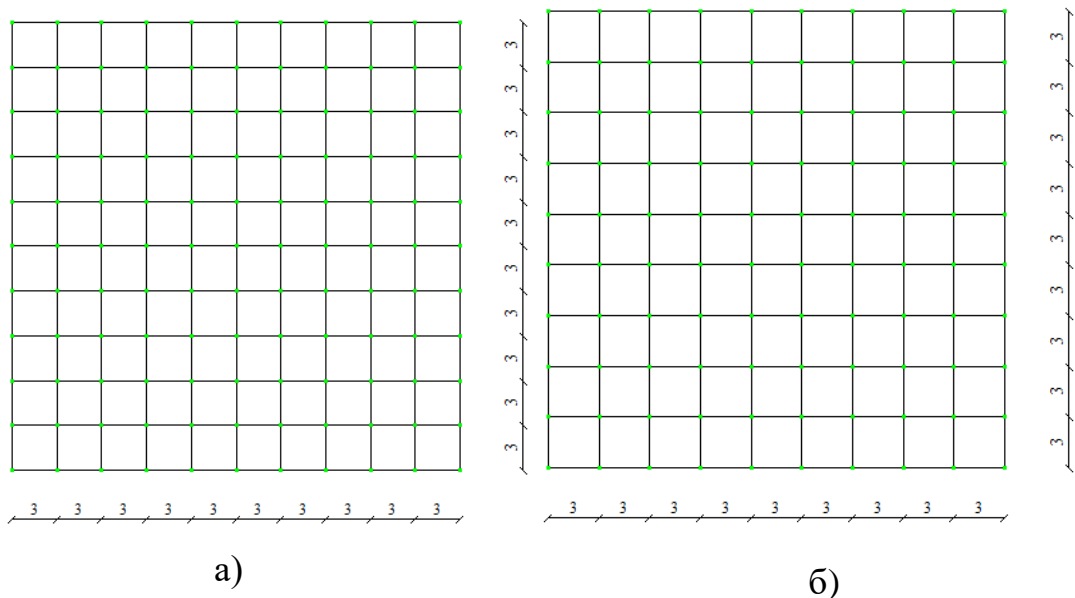
В випадку конструкції, що досліджується, прийmemo варіант влаштування по плиті прогонів у вигляді гнутого швелеру №18.

Важливим є вибір раціонального поперечного перерізу стержнів для елементів поясів та розкосів структурної плити. Так, раціональною формою перерізів є круглі або квадратні трубчаті профілі, що характеризуються однаковою стійкістю в обох площинах. Складними є вузли сполучення стержнів трубчатого профілю [7].

Раціональним є рішення, при якому ячейки мають правильну форму, а складові стержні комірок повинні мати однакову довжину. Виконання таких вимог забезпечує технологічну простоту виготовлення та монтажу плит. Підвищується також якість монтажу [7].

Конструкція, яку планується дослідити, являє собою структурну плиту з розмірами в плані верхнього поясу 30,0х30,0 м, а розміри в плані нижнього поясу становлять 27,0 х 27,0 м (рис.4.2). Сітки верхнього та нижнього поясів мають ортогональну решітку. Розмір ячейки становить 3,0 х3,0 м. Висота конструкції (товщина плити) становить

В якості конструкції, що досліджується, приймаємо структурну плиту (рис.3.2) з розмірами в плані 30,0 х30,0 м, що має ортогональну сітку поясів з ячейкою 3,0 × 3,0 м й висоту в осях поясів 3,0 м.



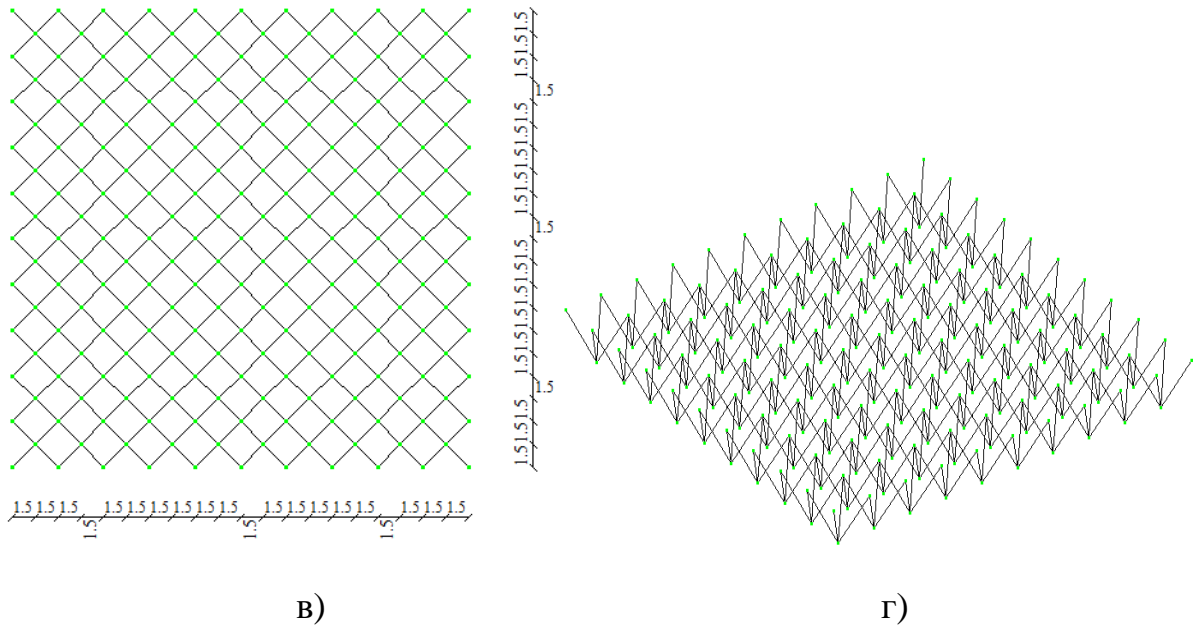
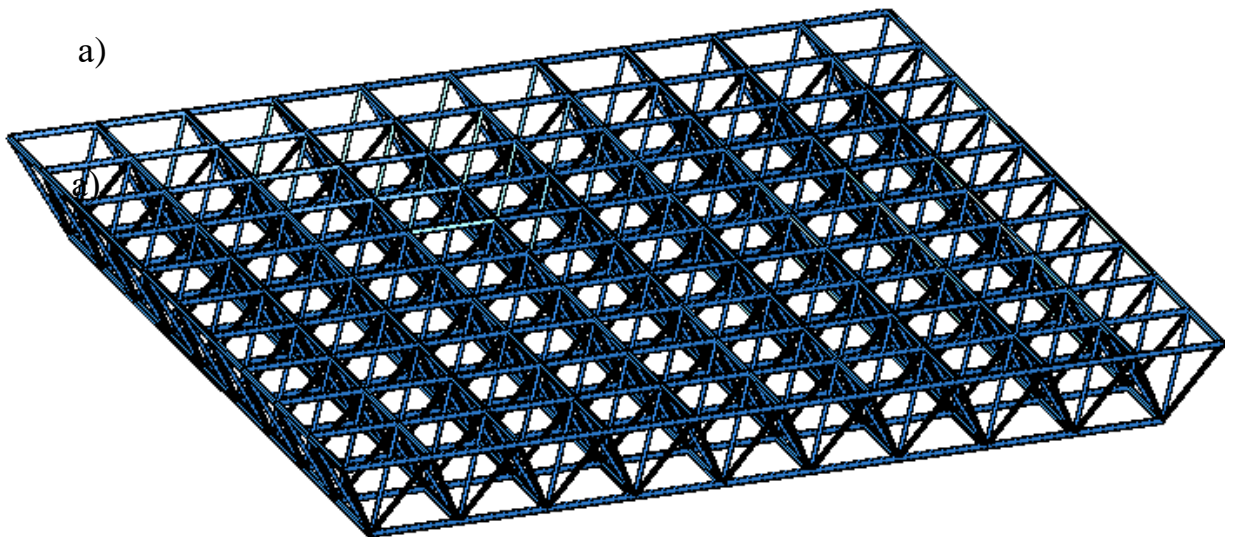
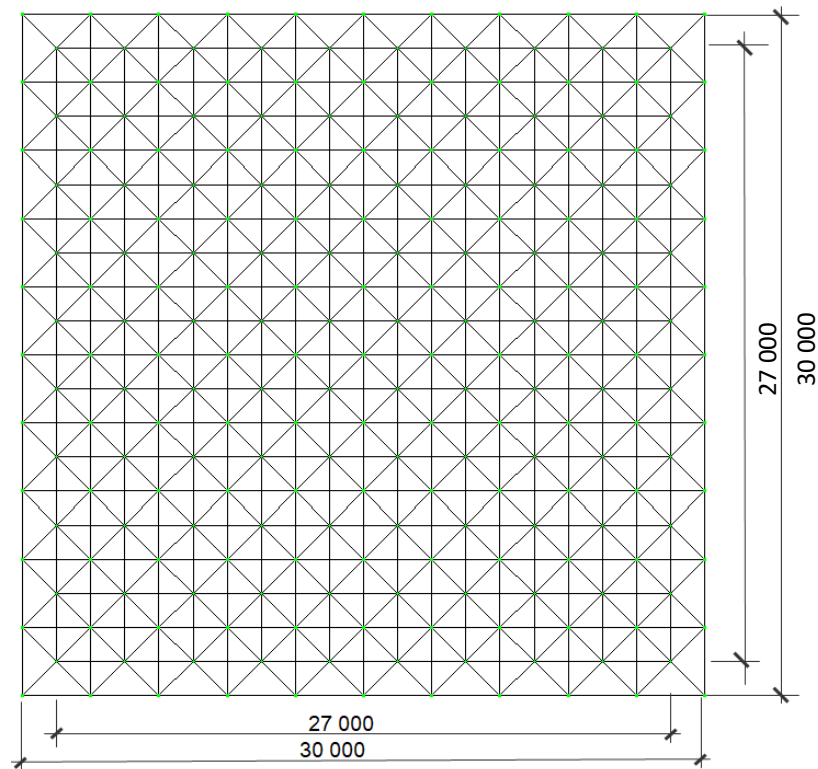


Рис 4.2 Структурна плита (скінченоелементна схема): ортогональна решітка 30,0x30,0 м верхнього поясу-а; ортогональна решітка 30,0x30,0 м нижнього поясу-б; розкоси в площині XOY-в; просторовий вигляд системи розкосів-г

На рис. 4.3 наведено конструктивне вирішення сталевої структурної плити.



б)



в)

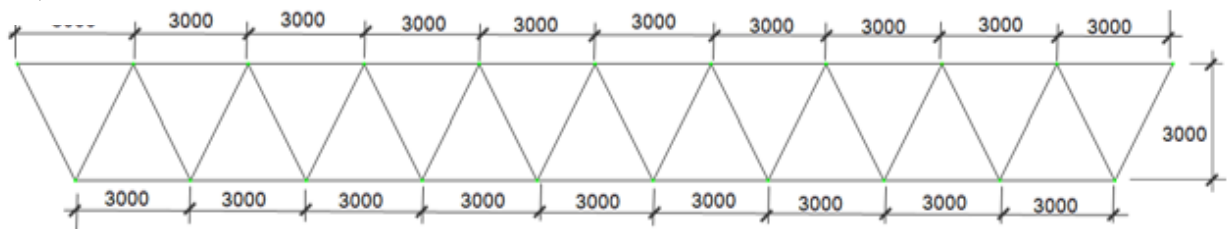


Рис. 4.3 Геометрична схема структурної плити: просторова модель – а; вид зверху (площина XOY) – б; вид з боку (площина XOZ або YOZ) – в

Отже, висота конструкції складає 1/10 прольоту. Така висота для розрізних структурних плит є оптимальною. [21]. Вузли верхнього й нижнього поясів поєднані між собою похилими стержнями-розкосами. Базовий елемент (кристал) структурної плити має обрис піраміди з квадратною основою.

Висота колон для схем №№1 та 3 становить 6,0 м. Спирання структурної плити за схемами №№1 та 2 на колони відбувається по нижньому поясу (рис.4.4-4.5). Для схеми №2 висота колони становить 4,0 м. Колони з'єднуються зі стержнями нижнього поясу чотирма розкосами (рис. 4.6).

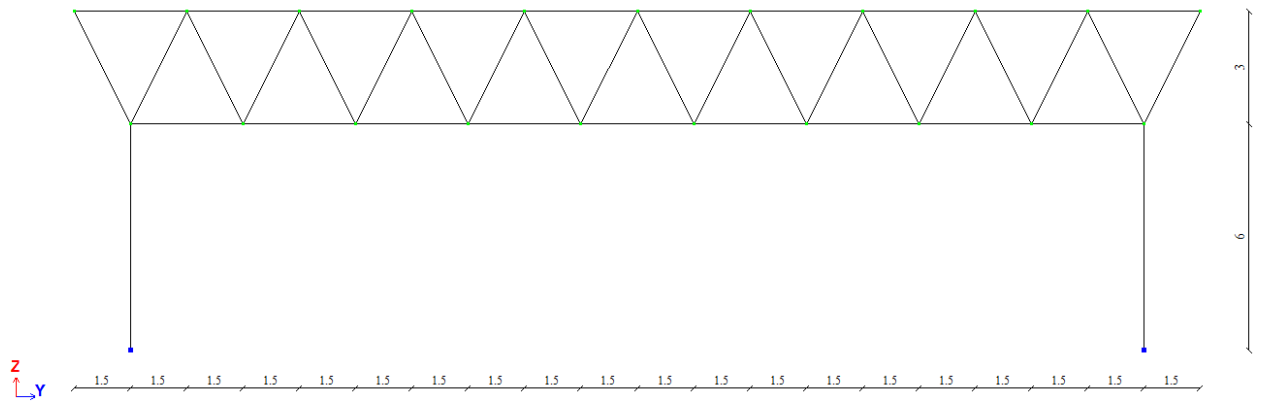


Рис. 4.4 Спирання плити за схемою №1 на колони

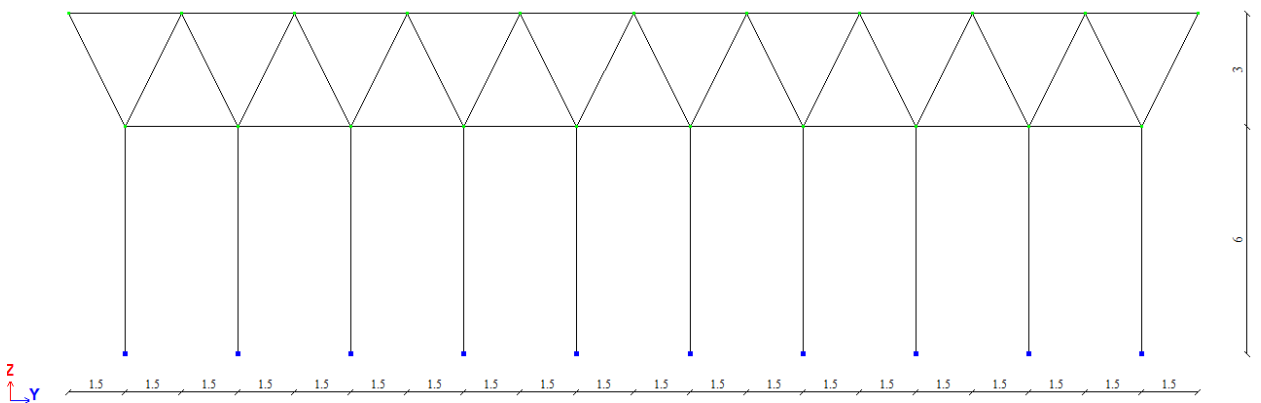


Рис. 4.5 Спирання плити за схемою №2 на колони

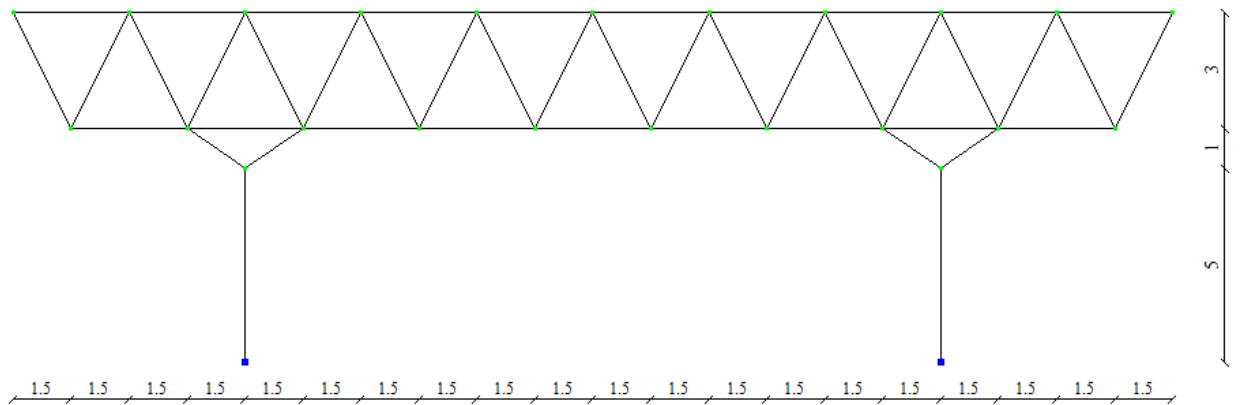


Рис. 4.6 Спирання плити за схемою №3 на колони

Сталим параметрами, що не змінюються у всіх моделях, є геометрія плити та її завантаження. Параметром, що варіюється є кількість опор та їх розташування.

Як обмеження прийнято умову міцності для стержнів, що працюють на розтяг, умову міцності для стержнів, що працюють на стиск

У вигляді обмежень прийняті умова міцності для розтягнутих стрижнів, умова стійкості для стиснутих стержнів, обмеження згідно граничної гнучкості прогином конструкції, що є гранично допустим [23].

Всі елементи сполучаються шарнірно. Прийнято перетин для всіх елементів як електрозварні труби прямошовні за [26].

Характер спирання плитної конструкції обумовлює характер її роботи. Так, при спирання на чотири опори, що розташовані в кутах конструкції, конструкція працює за обома напрямками (в площині XOZ та в площині YOZ).

Рівність параметрів напружено-деформованого стану обумовлюється також квадратною формою плити в плані співвідношенням сторін 1:1).

В структурній плити немає перепадів висот та в ній відсутні світлоаераційні ліхтарі. Двосторонній невеликий ухил плити забезпечує відведення атмосферних опадів. В розрахунках цією особливістю можна нехтувати.

При співвідношенні розмірів плити в плані 1:1 несуча здатність плити використовується максимально й працює в обох напрямках.

В джерелі [8] містяться дані, що при співвідношенні боків плити 1:0,8 плита вже починає працювати лише в одному напрямку. Різниця зусиль стержневих елементах впоперек та вздовж прольоту сягає 2,25 разів.

Чим більша форма в плані плити буде прямувати до прямокутника, тобто чим більшою буде різниця у співвідношенні боків, тим більш нерівномірним буде перерозподіл осьових зусиль в стержнях її поясів в двох напрямках, що взаємно перпендикулярні [7].

4.2 Регулятори зусиль

В якості параметрів, які можна назвати регуляторами зусиль в стержневих елементах структури будемо вважати кількість колон та спосіб їх розташування в плані (рис. 4.7).

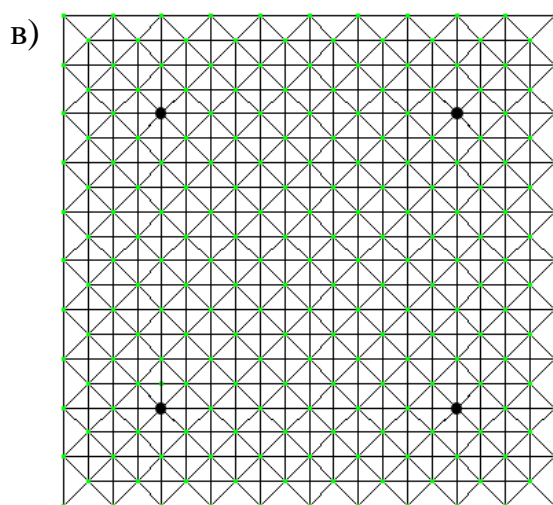
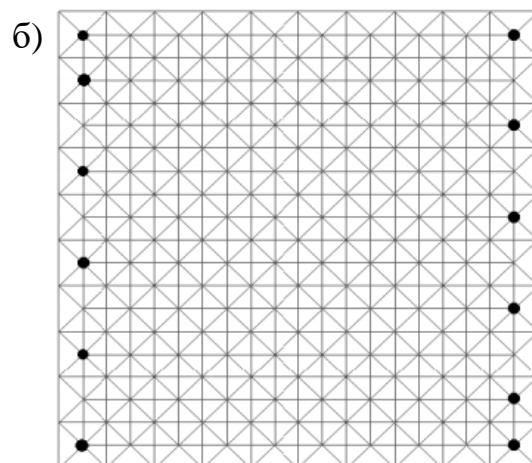
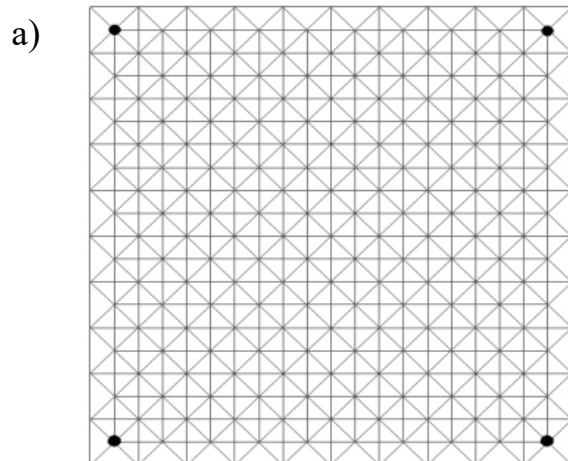
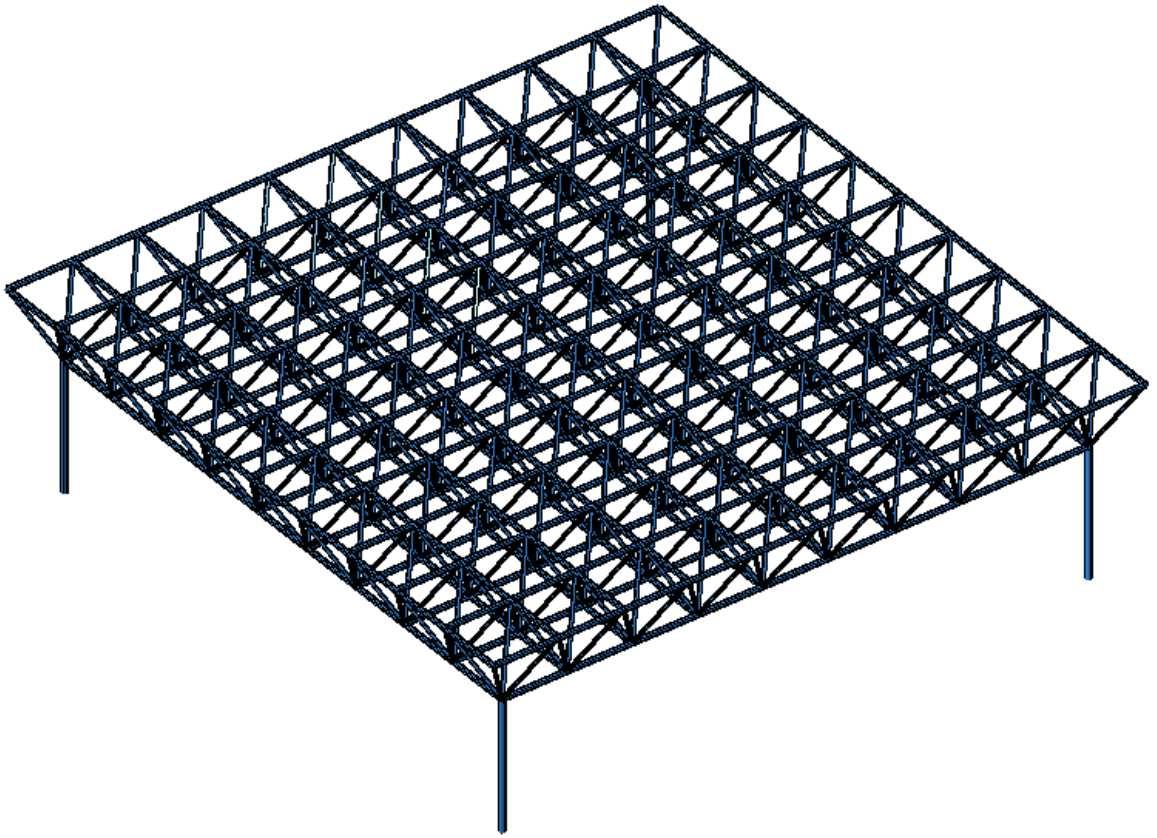


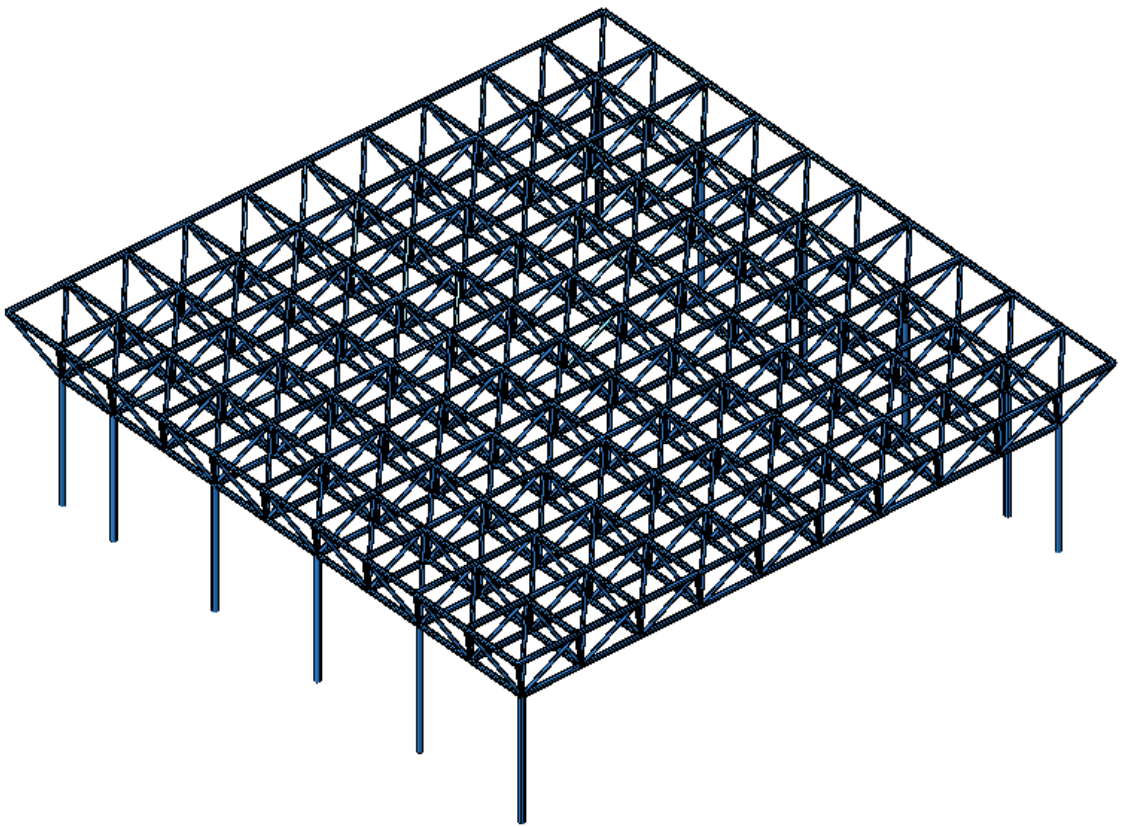
Рис.4.3 Варіанти розташування колон: а - варіант 1 (по чотирьом кутах нижнього пояса), б - варіант 2 (по двом сторонам нижнього пояса), в – схема № 3 (на чотири колони, що зміщені всередину плити на 3,0 м),

Розрахункові скінченоелементні схеми за рис. 4.4-4.6 наведено на рис.

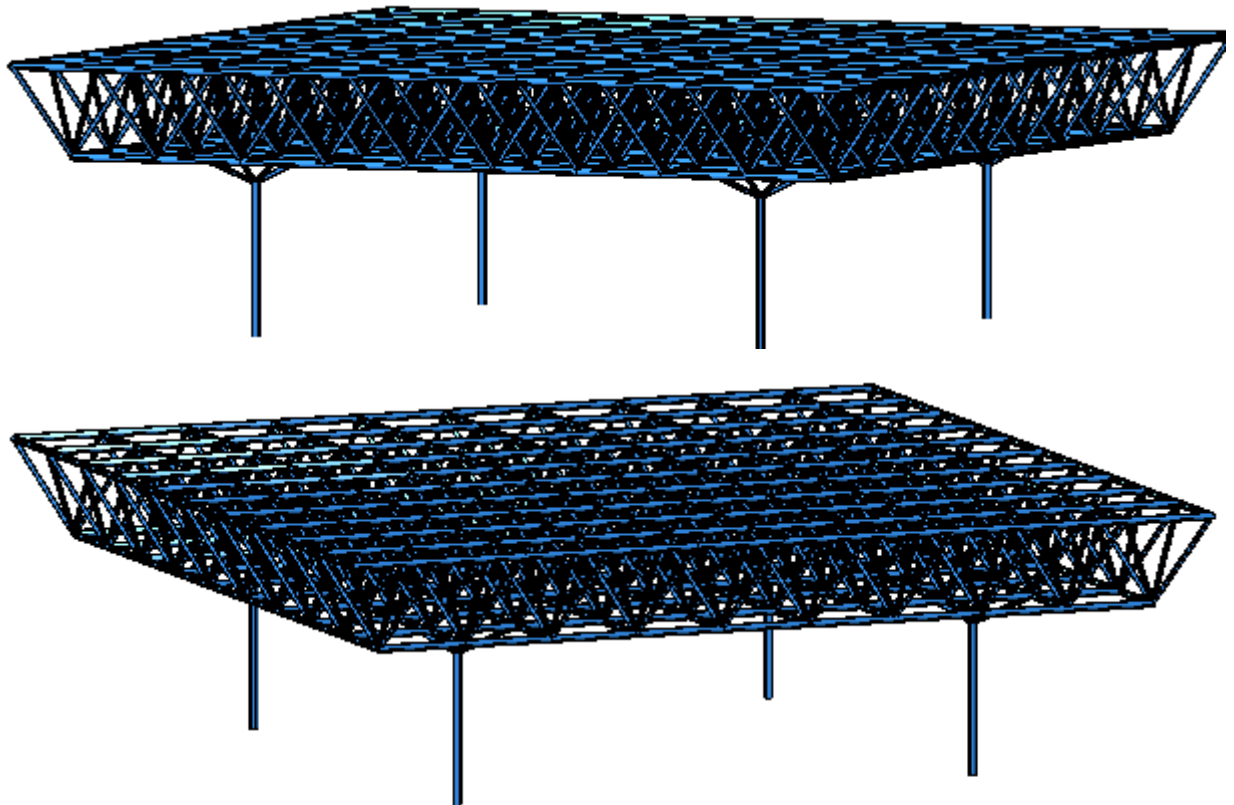
4.7.



a)



b)



в)

*Рис. 4.8 Просторові моделі структурної плити, що досліджуються:
схема №1-а; схема №2-б; схема №3-в*

Відстань поміж колонами та кількість колон для кожної схеми наведено в таблиці № 4.1.

Таблиця 4.1 Відстань між колонами та їх кількість

№ схеми	Відстань між колонами, м	Кількість колон
1	27,0	4
2	6,0 та 3,0	12
3	18,0	4

4.3 Матеріали, що прийнято для структурної плити

Всі стержньові елементи прийнято із сталі будівельної класу С245, з профілів прокату й з перерізом у вигляді труби. Характеристики сталі прийнятого класу: $R_y = 240 \text{ Па} = 24,0 \text{ кН/см}^2$, $R_{yn} = 245 \text{ Па} = 24,5 \text{ кН/см}^2$

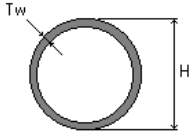
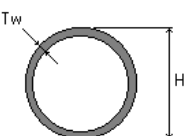
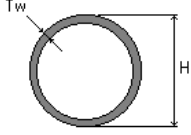
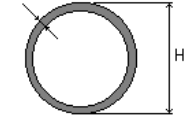
$$E = 2,06 \cdot 10^8 \text{ кН/см}^2, \gamma = 77,0085 \text{ кН/м}^3, \mu = 0,3$$

4.4 Характеристики параметрів жорсткості скінчених елементів

Для виконання числового експерименту було змодельовано три типи скінченоелементних схем, що склалися із стержньової структурної плити та колон. Всі стержні трубчатого перерізу апроксимувалися стержнями просторової ферми. Цей тип скінчених стержньових елементів характеризується трьома ступенями свободи: X, Y, Z . Колони моделювалися просторовими стержнями з шістьма ступенями свободи X, Y, Z, U_x, U_y, U_z . Усі з'єднання між елементами є шарнірними (рухомими) – див. рис. 4.4.

Характеристики жорсткості елементів наведено в таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 Характеристики жорсткостей конструктивних елементів структурного покриття

Назва елемента	Поперечний переріз, см	$E, \text{т/м}^2$	$R, \text{т/м}^3$	μ	$A, \text{см}^2$	$q, \text{т/м}$
1.Стержні верхнього поясу	Труба 245x32 	$2,04 \cdot 10^7$	7,85	0,3	115,1	0,168
2.Стержні нижнього поясу	Труба 245x32 	$2,04 \cdot 10^7$	7,85	0,3	2,75	0,168
3.Розкоси структурної плити	Труба 168x25 	$2,04 \cdot 10^7$	7,85	0,3	3,23	0,088
4. Колони	Труба 273x40 	$2,04 \cdot 10^7$	7,85	0,3	3,23	0,230

Колони для схем №№1 та 2 прийнято довжиною 6,0 м із гарячекатаної труби 273x40 мм, а для схеми №3 – довжиною в 5,0 м із труби такого ж профілю.

4.5 Граничні умови

Сполучення елементів поясних ортогональних решіток з похилими стержнями є шарнірним. Спирання плити на колони теж прийнято шарнірним.

4.6 Навантаження на структуру

На конструкцію навантаження від вітру не враховувалося, оскільки як наведення в дослідженнях [24] внутрішні сили від вітрового впливу становлять приблизно 1% та їх вплив на напружено-деформований стан структурної плити не є суттєвим [1].

Снігове навантаження прийнято для м. Суми $-1,64 \text{ кН/м}^2$. Так як нахил верхнього поясу плити є $\alpha < 30^\circ$, то приймаємо рівномірне розподілення снігового покриву по всій площі покриття [1].

До верхнього поясу плити кріпляться прогони із швелеру №18. По прогонам вкладається профільований настил. Збір навантаження на 1 м^2 площі плити наведено в таблиці 4.3. Далі згідно вантажних площ для кожного вузла верхнього поясу навантаження із рівномірно розподіленого по площі приводиться до вузлового навантаження й прикладається до вузлів верхнього поясу структурної плити.

Прийнято три завантаження (рис.4.9):

- перше: власна вага конструкції;
- вага конструктивних шарів покриття;
- снігове навантаження.

Таблиця 4.3 Збір навантажень на 1 м² структурної плити

№ з/п	Назва конструктиву	Нормативне значення, кг/м ²	Коефіцієнт надійності за навантаженням γ_f	Розрахункове значення, кг/м ²
1	Наплавляємий евроруберойд «Акваізол»	10	1,2	12
2	Утеплювач – плити мінераловатні підвищеної жорсткості на синтетичному в'язучому	10	1,3	13
3	Пароізоляція – 1 шар руберойду	5	1,2	6
4	Профнастил	15	1,1	16,5
5	Прогони покриття із гнучого профілю [18 (14,96 кгс/м.п)]	1,29	1,1	1,42
6	Власна вага структури	Задається в ПК ЛІРА-САПР автоматично		
ВСЬОГО ПОСТІЙНЕ:		116,1		138,421
	<i>Тимчасове</i>			
7	Снігове (за ДБН В .1.2-2:2006)	167	1,14	190,38
ВСЬОГО ТИМЧАСОВЕ:		167		
РАЗОМ пост+тимч. без врахування власн. ваги структурної плити		244,18		328,8

На рис.4.10-4.11 показано завантаження верхнього поясу системи вузловими навантаженнями (Завантаження 2 та Завантаження 3).

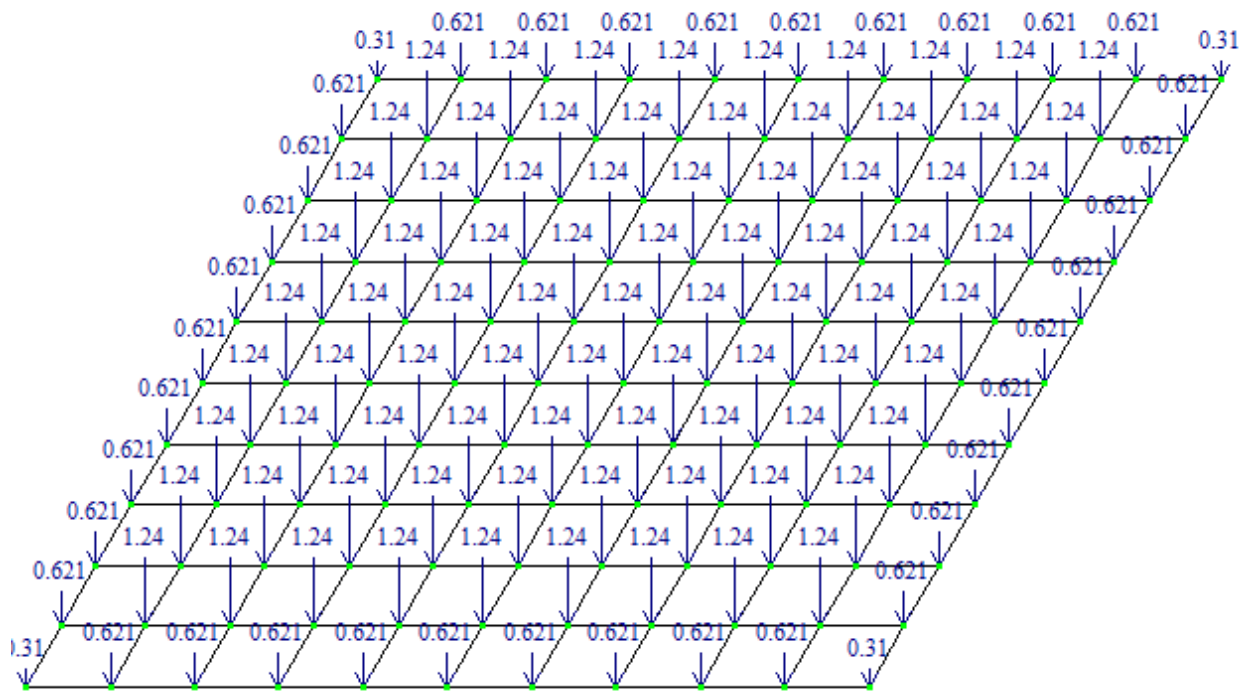


Рис.4.10 Завантаження вузлів верхнього поясу навантаженням від конструктивних шарів (Завантаження 2)

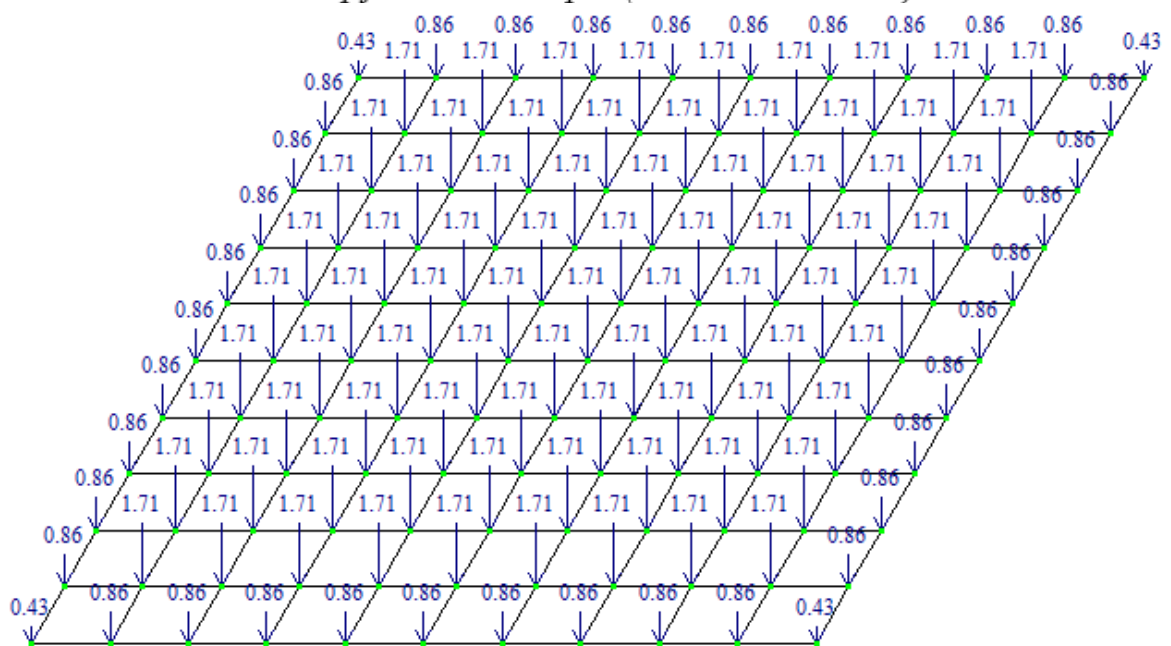


Рис.4.11 Завантаження вузлів верхнього поясу навантаженням від конструктивних шарів (Завантаження 3)

РОЗДІЛ 5

РЕЗУЛЬТАТИ ЧИСЛОВОГО ДОСЛІДЖЕННЯ СТРУКТУРНОГО ПОКРИТТЯ

Статичний розрахунок виконувався з метою встановлення напружено-деформованого стану елементів конструкції. Підбір перетинів елементів, що працюють на розтяг, виконувався із умови міцності; елементів, що працюють на стиск- із умови міцності та стійкості. При такому розрахунку враховувалися граничні гнучкості елементів та вертикальні переміщення конструкції загалом.

Для перевірки несучої здатності сталевих перерізів призначалося чотири групи конструктивних елементів: елементи верхнього поясу, елементи нижнього поясу, розкоси й колони (рис.4.12).

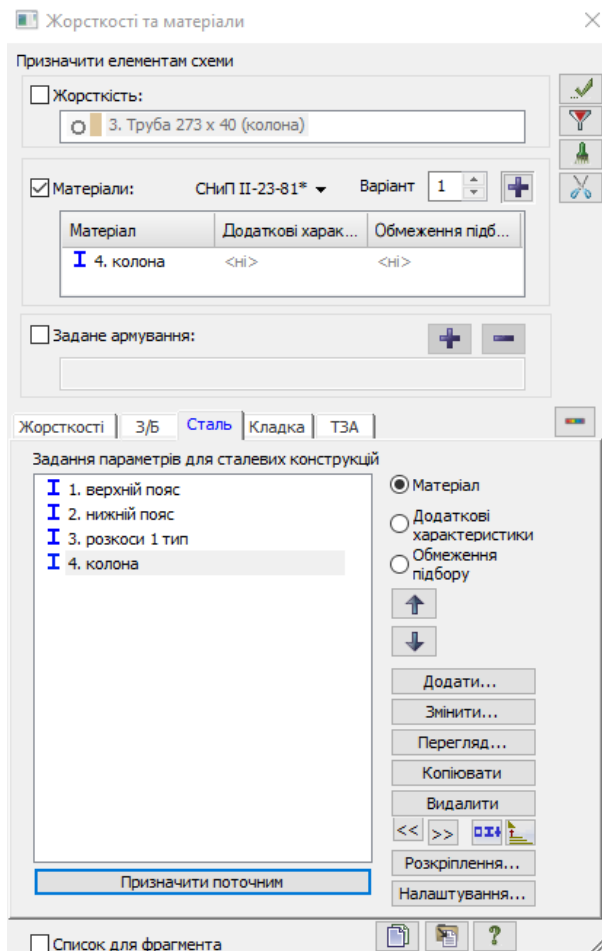


Рис. 4.12 Призначення конструктивних елементів структурної плити

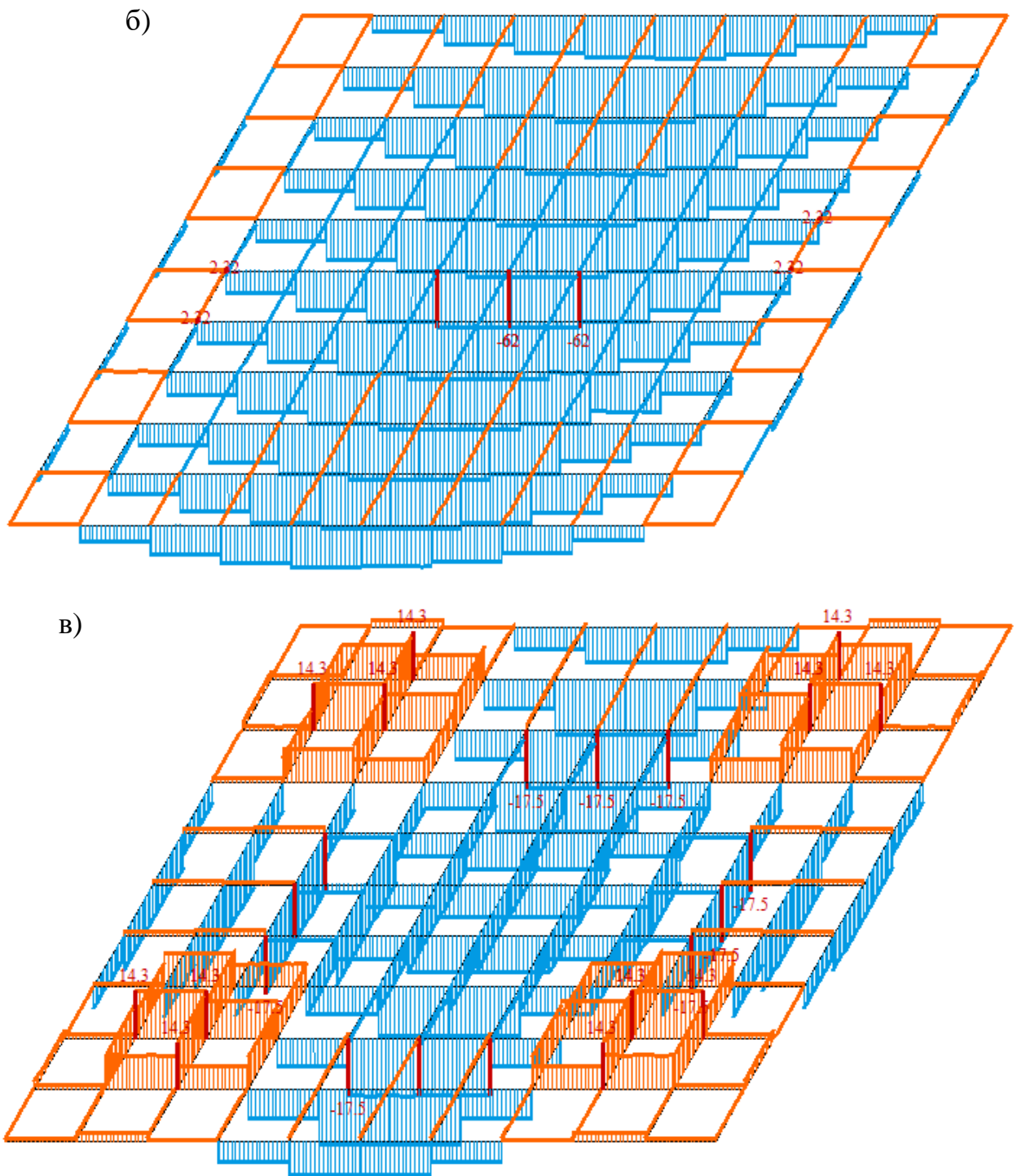
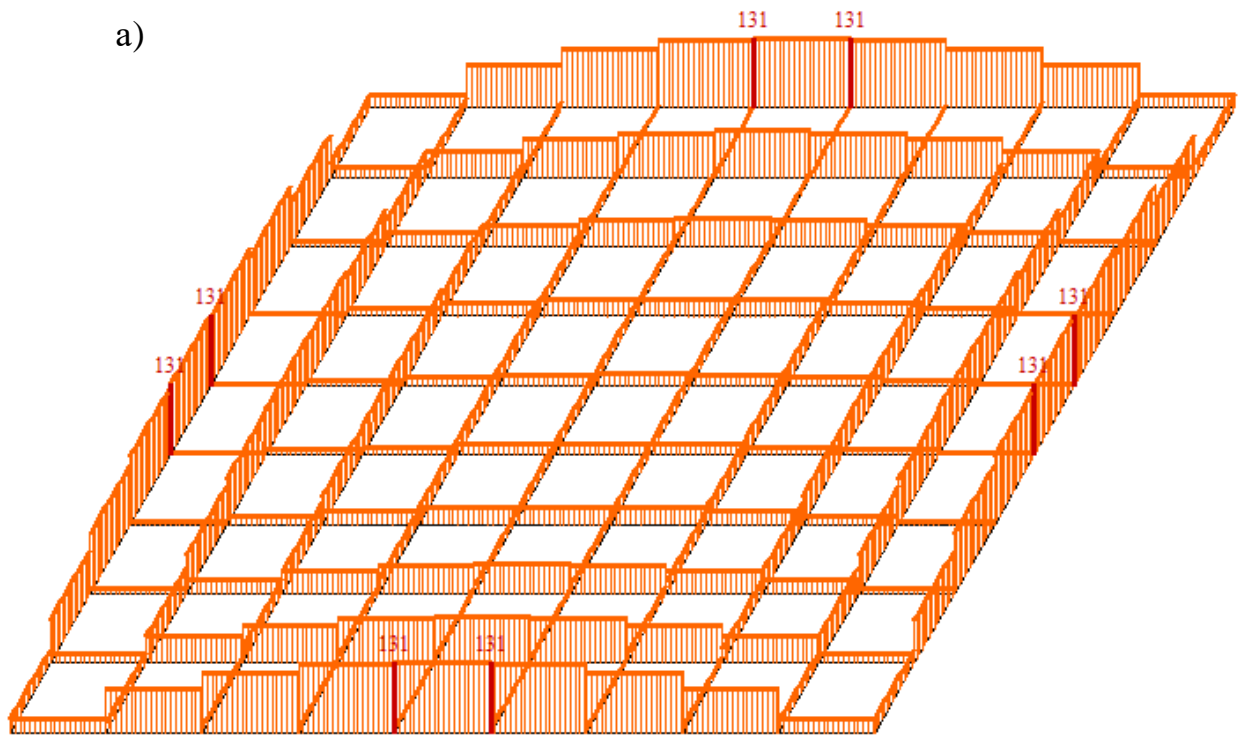
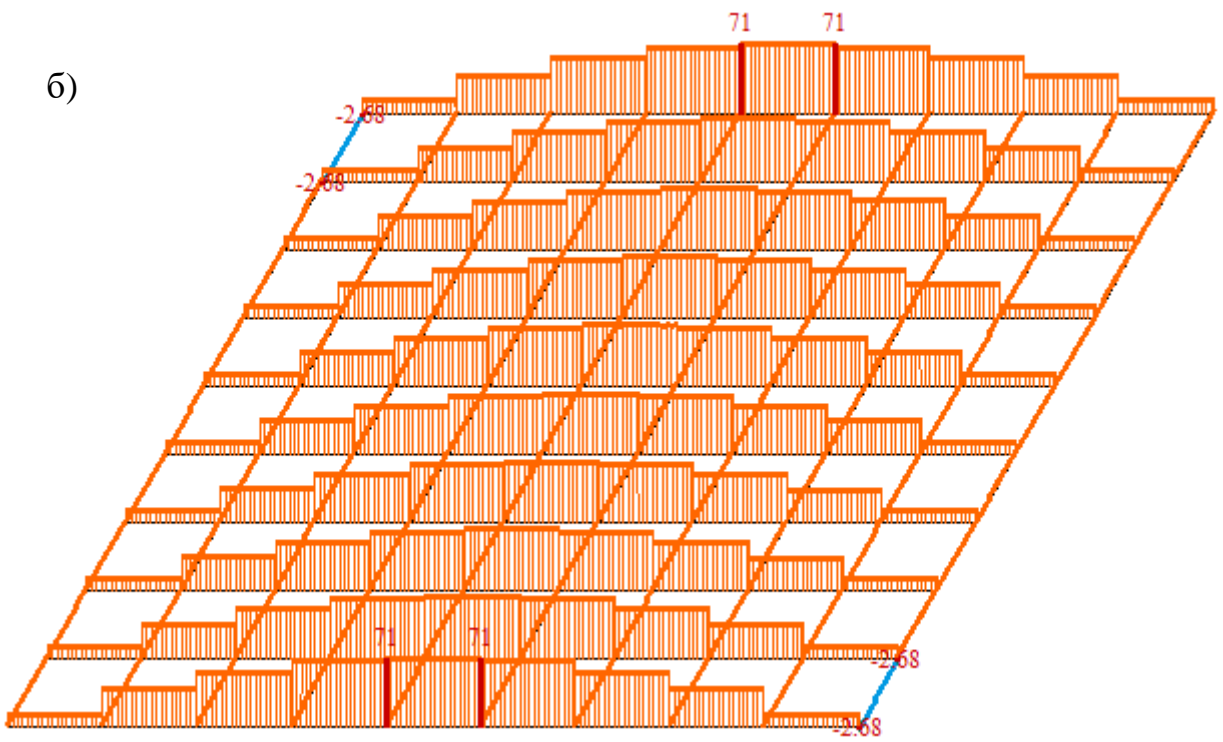


Рис.5.1 Етюри осьових зусиль N для верхнього поясу структури: схема №1-а;
схема №2-б; схема №3-в

a)



б)



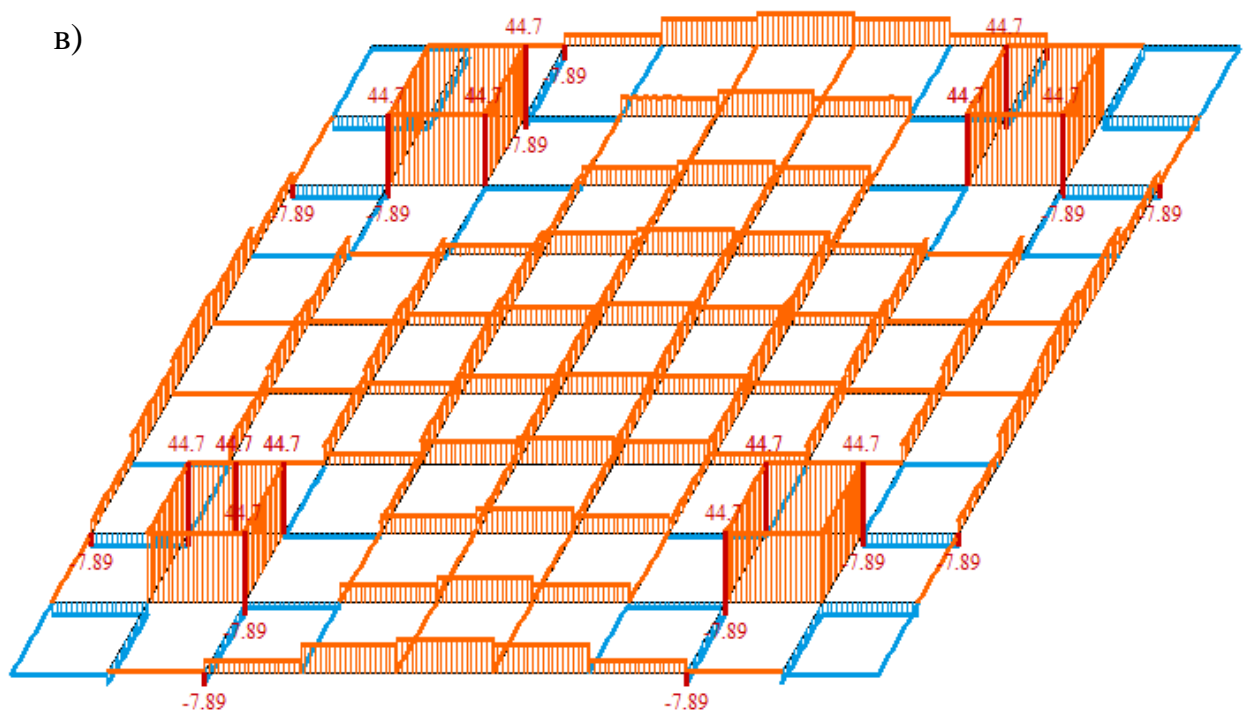
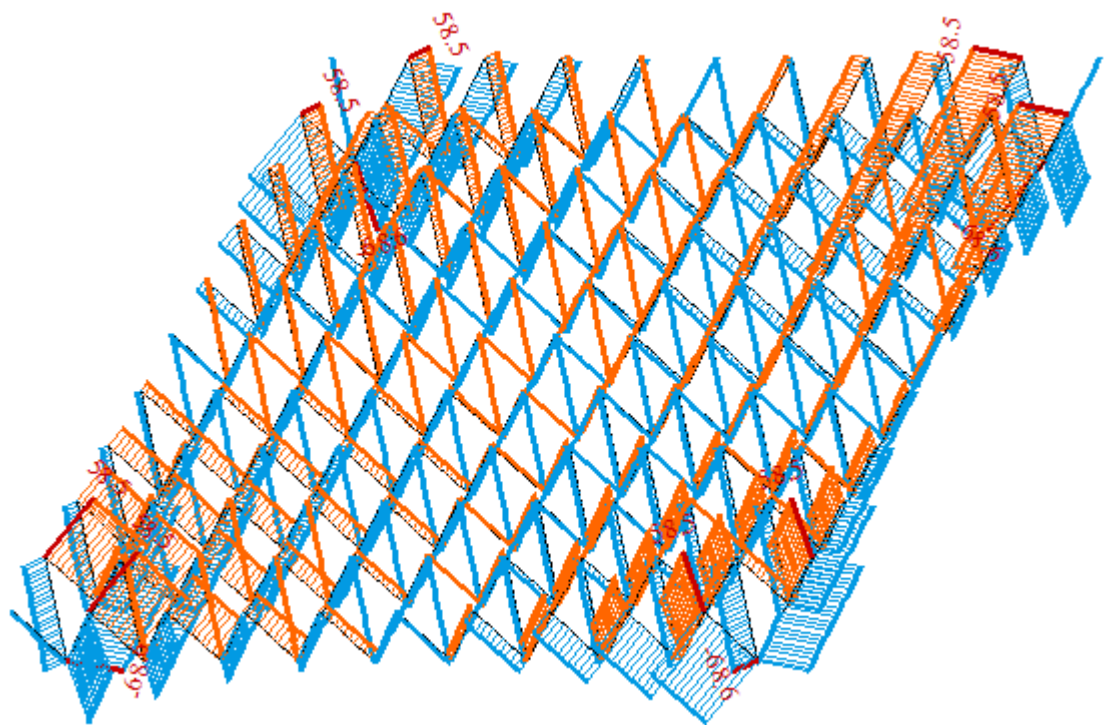


Рис. 5.2 Епюри осьових зусиль N для нижнього поясу структури: схема №1-а; схема №2-б; схема №3-в

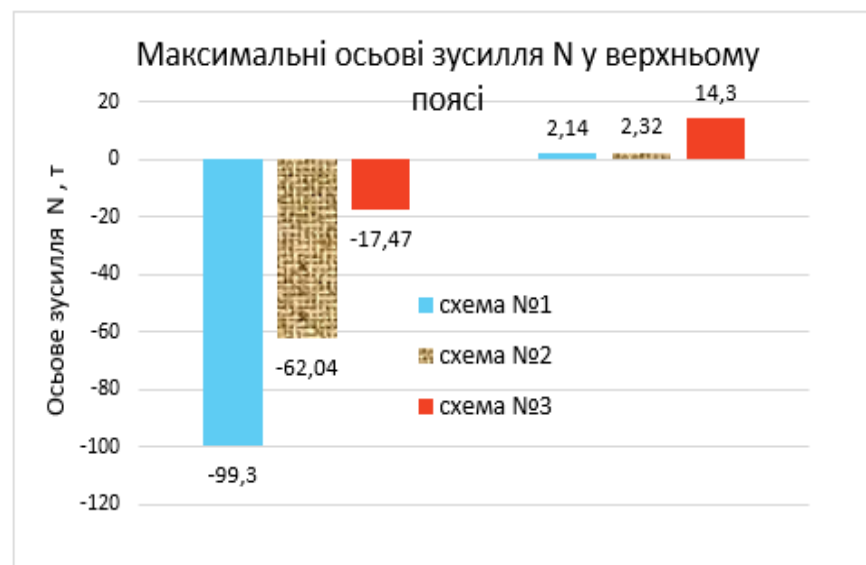


Таблиця 5.1 Максимальні зусилля N в поясах структури

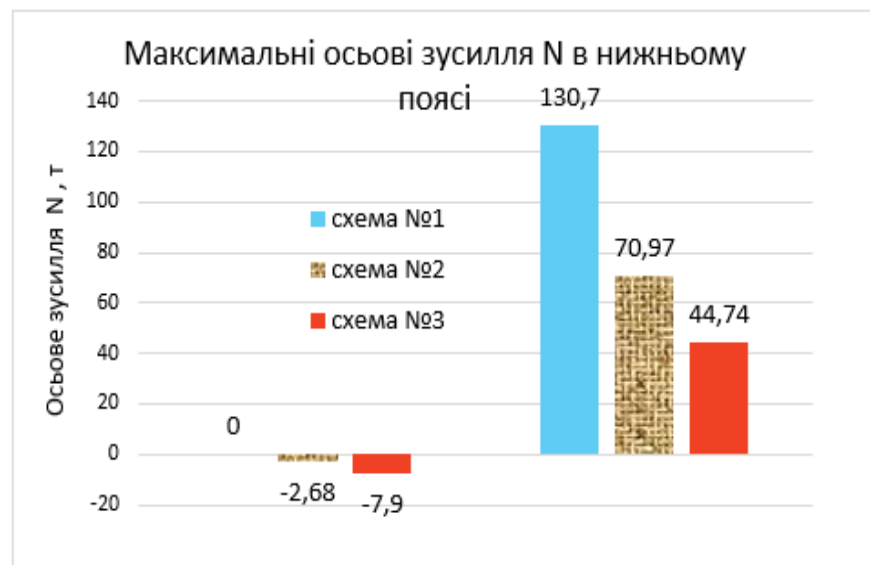
№ схеми	Верхній пояс		Нижній пояс		Розкоси	
	Стиск	Розтяг	Стиск	Розтяг	Стиск	Розтяг
1	-99,3	2,14	0	130,7	-68,6	58,46
2	-62,04	2,32	-2,68	70,97	-27,12	21,05
3	-17,47	14,3	-7,9	44,74	-26,12	13,15
Опорні розкоси колон					-93,9	0

На рис.5.4 наведено графіки максимальних зусиль в стержнях структур за табл. 5.1.

а)



б)



в)

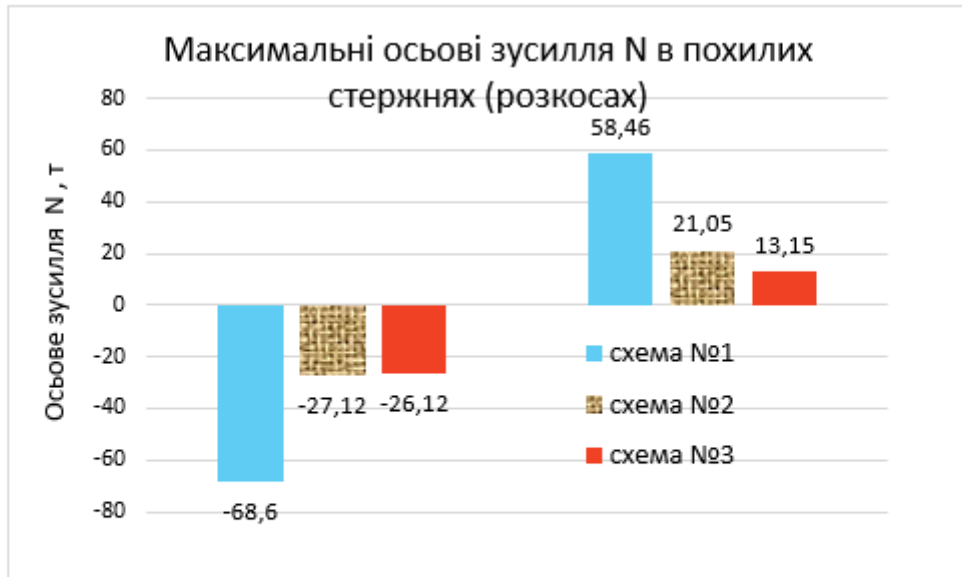


Рис. 5.4 Максимальних зусилля в стержнях структур за табл. 5.1: осьові зусилля в стержнях верхнього поясу-а; осьові зусилля в стержнях нижнього поясу-б; осьові зусилля в стержнях розкосів-в;

Так із графіка на рис.5.4 видно, що зусилля в системах поясів зменшуються із збільшенням кількості опор. Це очевидно, коли порівняти напружений стан в схемах №1 та №2. Зусилля в елементах верхнього та нижнього поясів та розкосах знижуються із збільшенням кількості опор структури.

Але порівняння зусиль в стержневих елементах схем №1 та схеми №3 вказує на те, що зміщення чотирьох колон (опор) на 3,0 м відносно осей X та Y вглиб нижнього поясу дає суттєве зменшення як зусиль розтягу, так і зусиль стиску в усіх групах стержнів. Так зусилля стиску в стержнях моделі №3 максимально на 466,7% (в 5,7 рази) зменшилися в порівнянні з стержнями моделі №1. Зусилля розтягу в нижньому поясі зменшилися максимально на 192,1% (в 2,9 рази) в моделі № 3 в порівнянні з моделлю №1.

5.2 Зусилля в колонах

В таблиці 5.2 наведено величини максимальних зусиль стиску N, моментів вигину M_y та M_z в двох площинах в колонах для різних конструктивних схем, які досліджуються.

Таблиця 5.2 Максимальні зусилля в колонах

Схема №1			Схема №2			Схема №3		
N, [т]	M _y , [тм]	M _z , [тм]	N, [т]	M _y , [тм]	M _z , [тм]	N, [т]	M _y , [тм]	M _z , [тм]
-92,6	±2,87	±2,87	-38,1	±1,49	±0,2	-91,1	±0,43	±0,43

На рис. 5.4 наведено графіки зусиль за табл. 5.2.

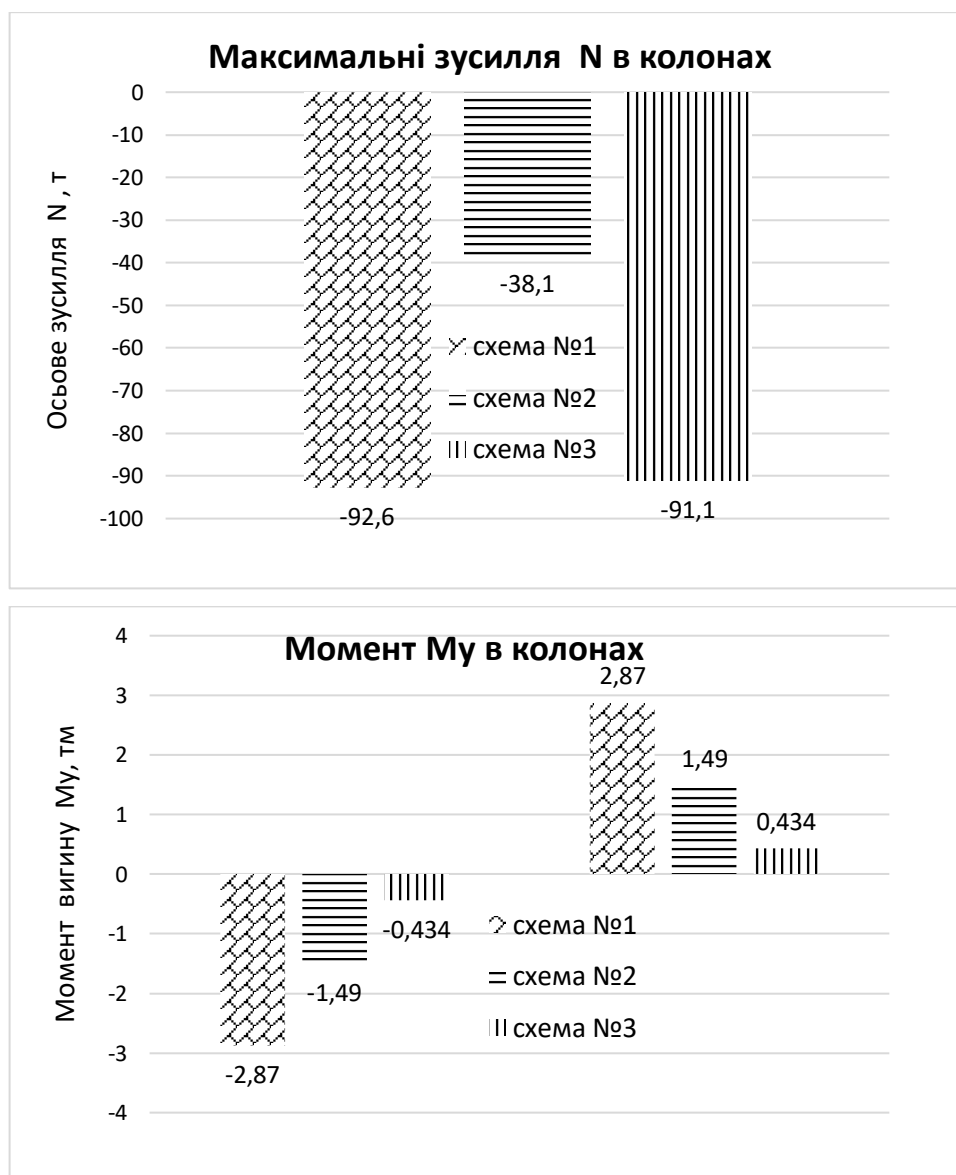


Рис. 5.5 Максимальні моменти вигину M_y в колонах

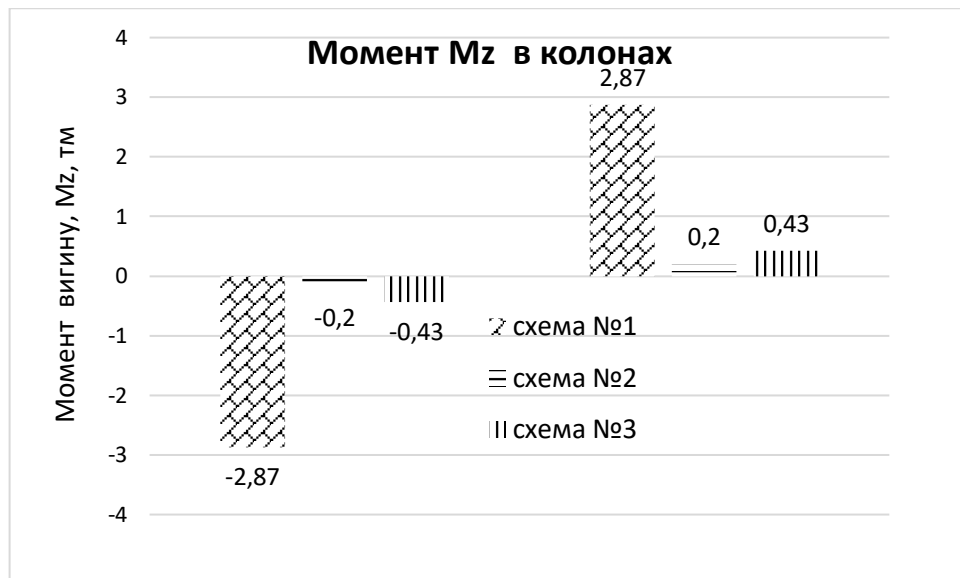


Рис. 5.6 Максимальні моменти вигину M_z в колонах

Слід відзначити, колони з схемами №1 та 2 знаходяться в принципово іншому напруженому стані в порівнянні із схемою №3.

Так, колони в схемі №1 зазнають стиску з вигином, в схемі №2 – стиску з вигином в одній площині роботи колони – в площині YOZ. Колони за схемою №3 зазнають лише центрального стиску. Моменти вигину в обох площинах наближаються до нуля.

Осьове зусилля N в чотирьох колонах для моделей №1 та 3 є майже рівним, оскільки в цих схемах плита спирається на чотири колони й навантаження від плити, що одну колони є однаковим.

В схемі №2 навантаження від плити сприймається 12—ма стійками, й зусилля стиску в кожній колоні становить – 67,6 т що на 147% є меншим, ніж зусилля N в колонах за схемами №№1 та 3.

5.3 Деформативність структурної плити

В таблиці 5.3 наведено максимальні переміщення вузлів вздовж осі Z скінчено елементних схем плити.

Таблиця 5.3 Максимальні переміщення f_z

f_z , [мм]		
Схема №1	Схема №2	Схема №3
-20,9	-9,4	-4,82

На рис. 5.7 наведено епюри максимальних прогинів вздовж осі Z для різних моделей структурної плити від РСН2.

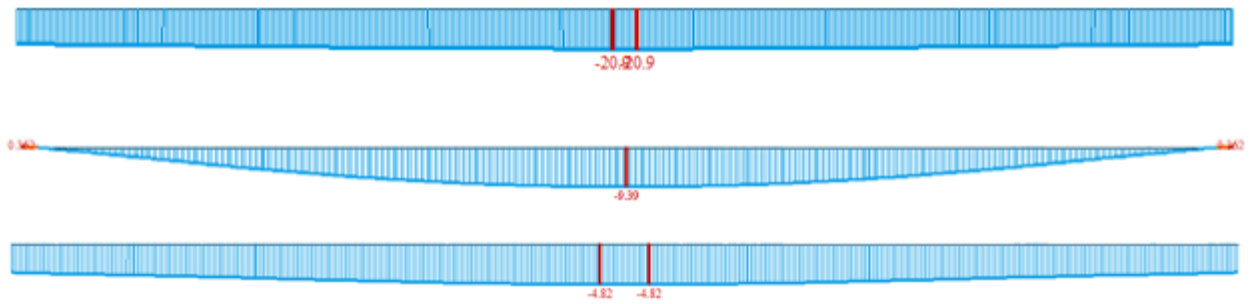
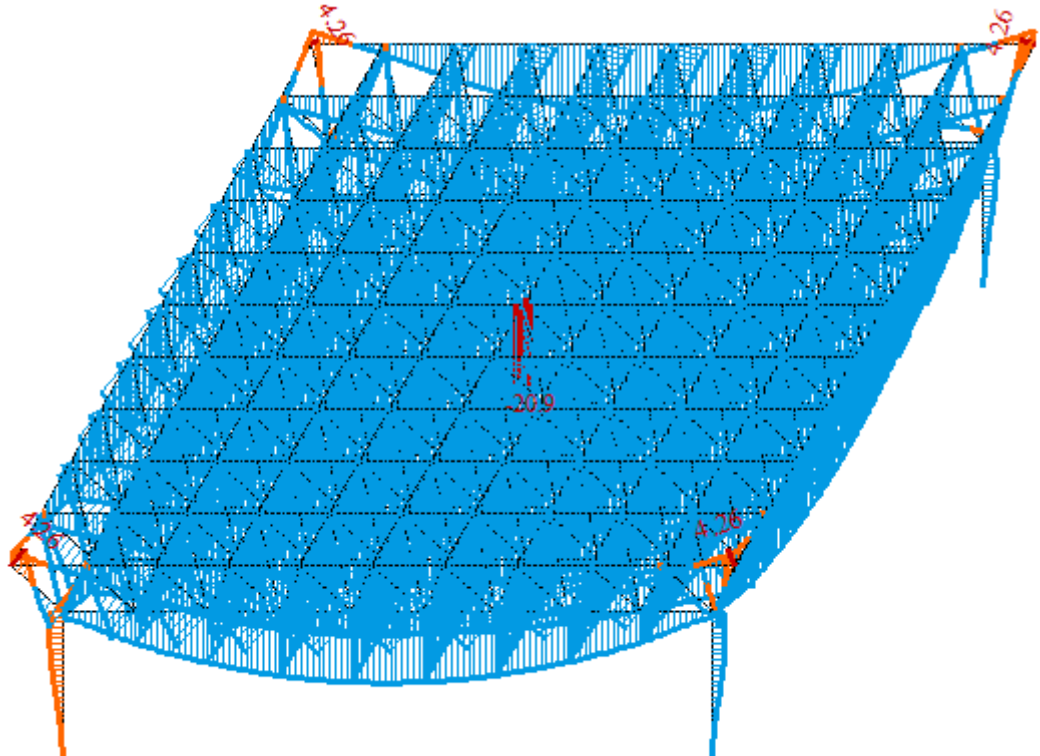


Рис. 5.7 Епюра максимальних прогинів f_z в площині XOZ стержня верхнього поясу для схеми №1 від РСН 2: для схеми №1-а; для схеми №2-б; для схеми №3-в

На рис. 5.8 наведено епюра прогинів f_z від РСН2 вздовж осі Z для різних моделей структурної плити.



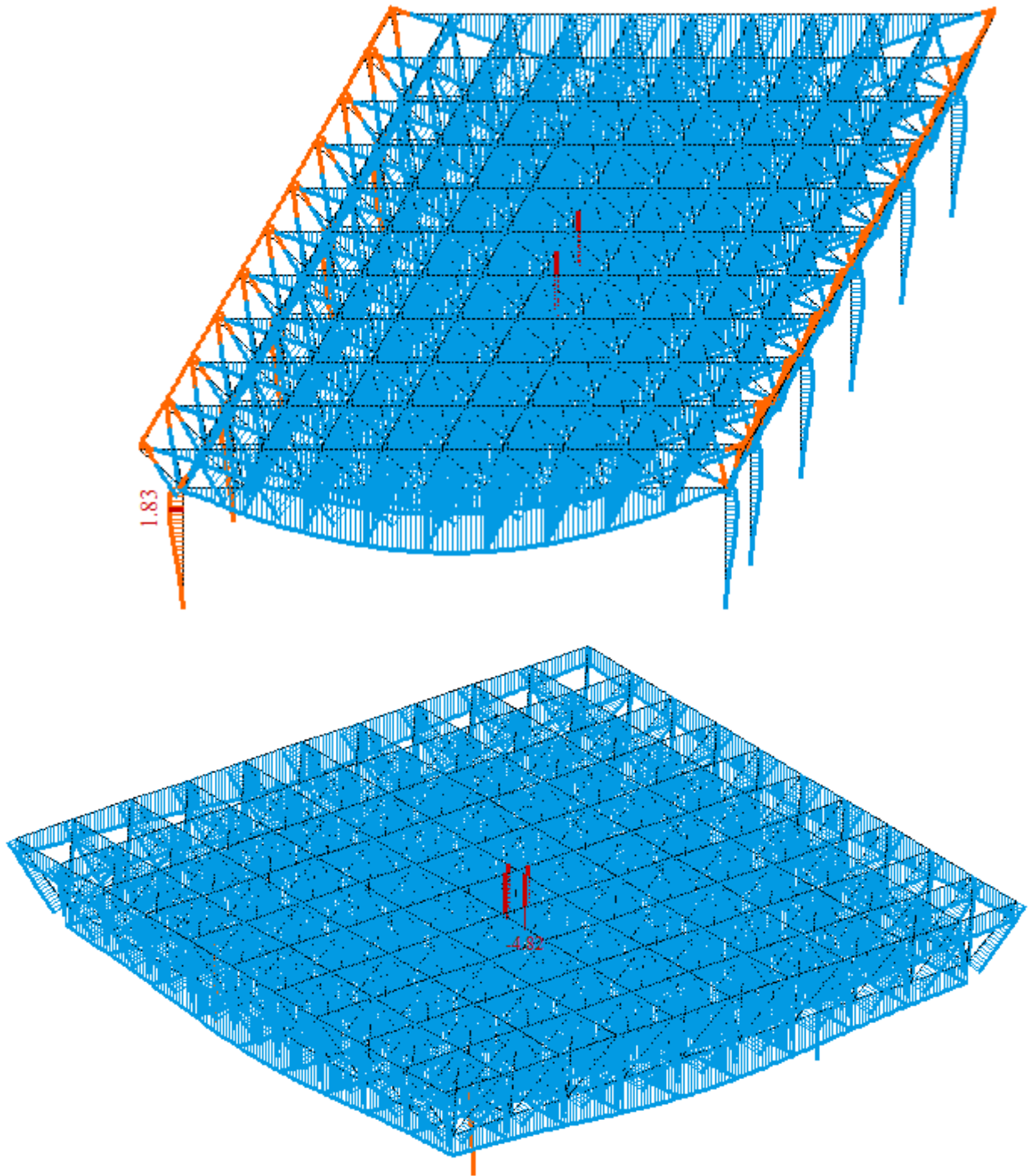


Рис. 5.8 Етюра прогинів f_z від РСН2: для схеми №1-а; для схеми №2-б; для схеми №3-в

На рис.5.9–5.11 наведено мозаїку переміщень по вертикалі вузлів розрахункових моделей.

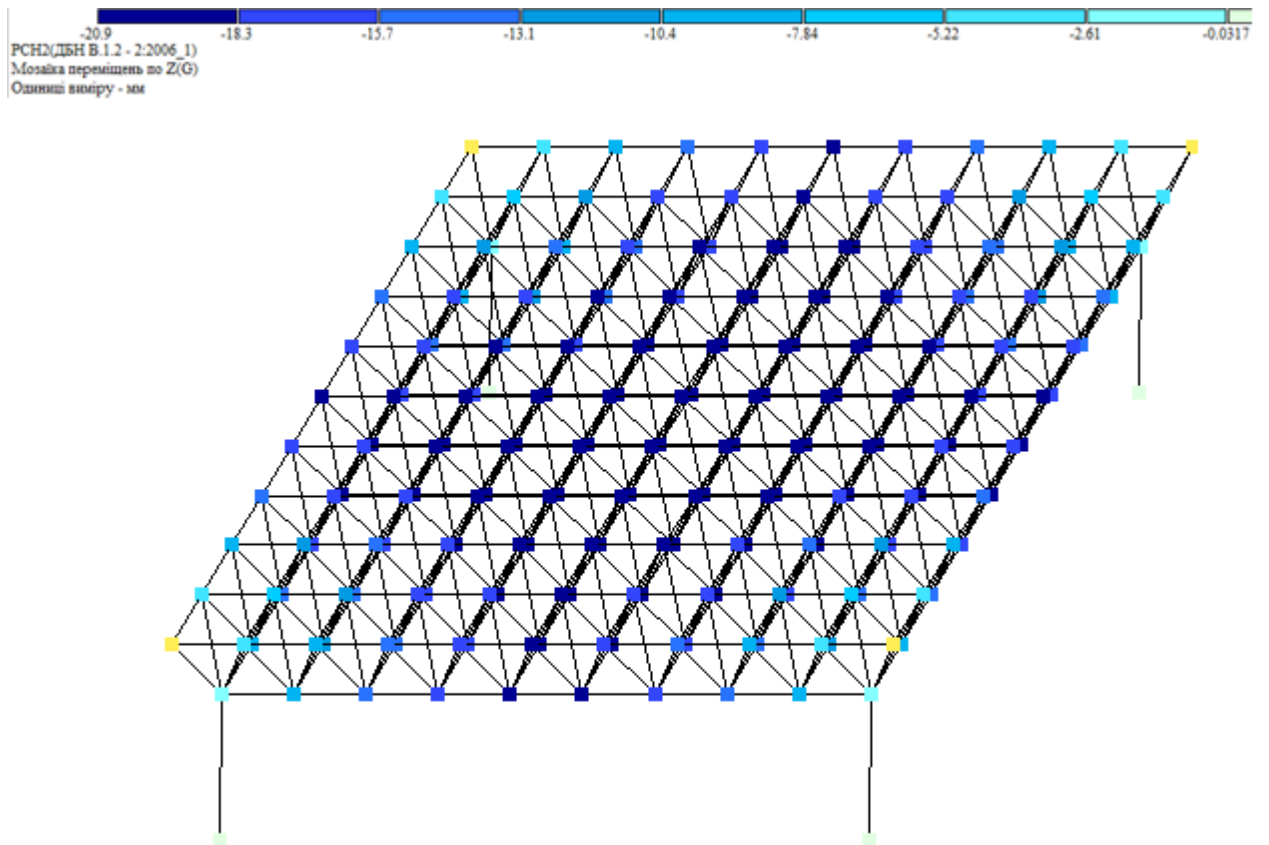


Рис.5.9 Мозаїка переміщень вузлів по осі Z для схеми №1

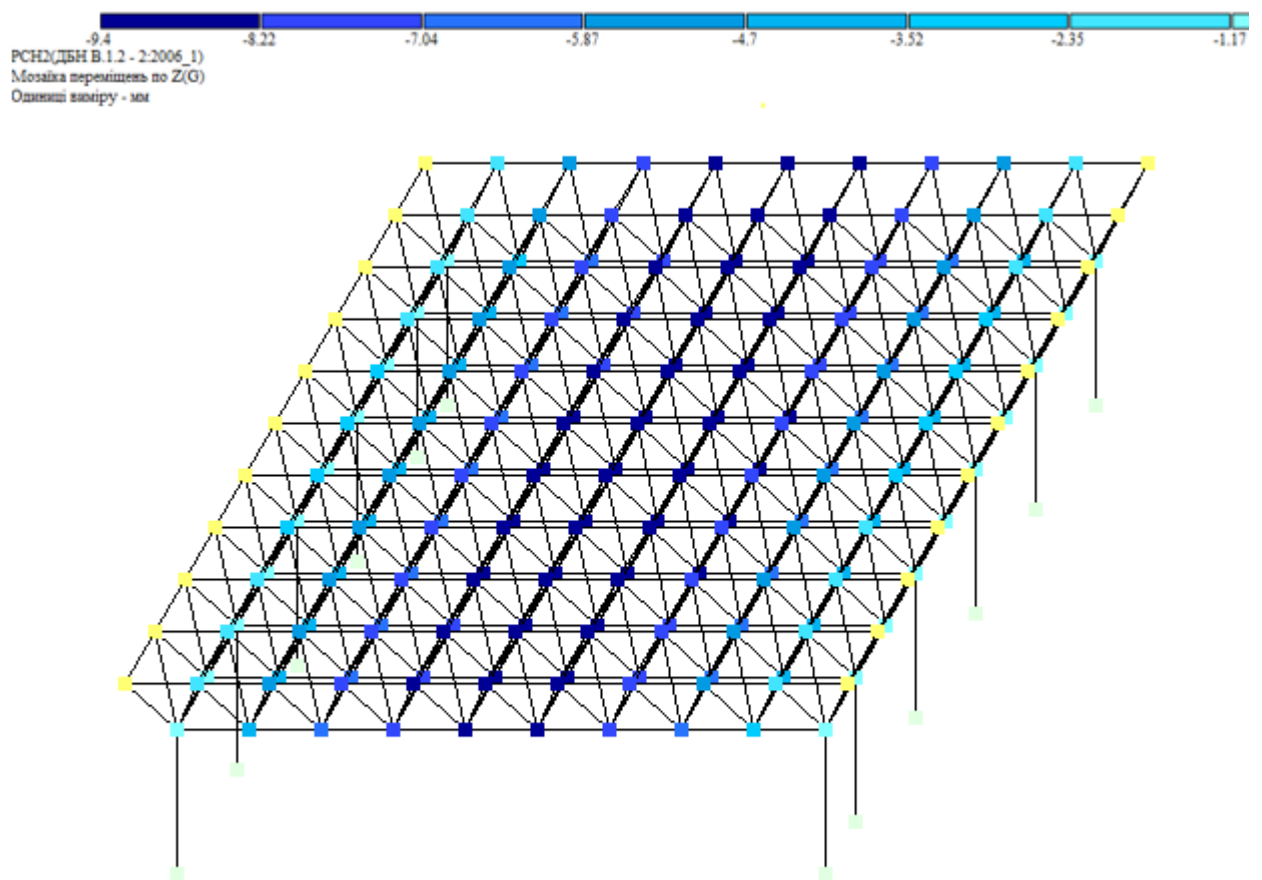


Рис.5.10 Мозаїка переміщень вузлів по осі Z для схеми №2

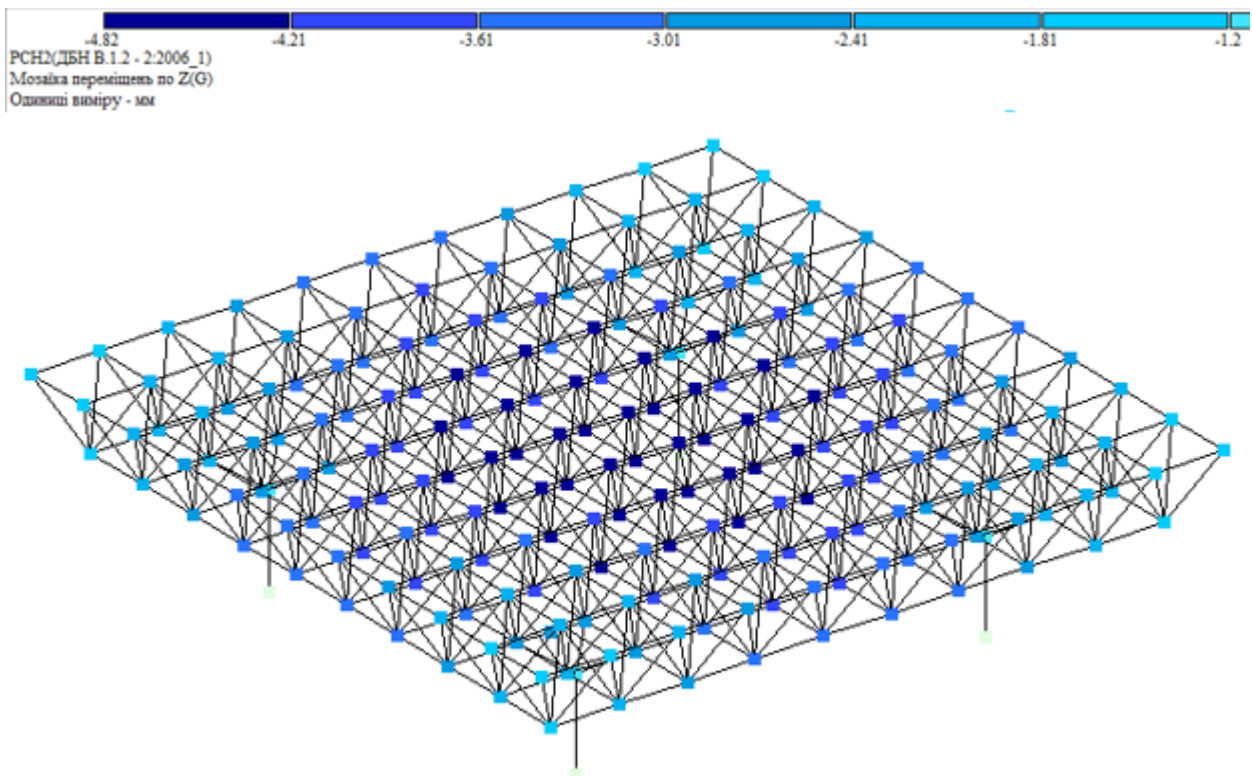


Рис.5.11 Мозаїка переміщень вузлів по осі Z для схеми №3

На рис. 5.12 наведено максимальні переміщення по вертикалі вузлів розрахункових моделей.

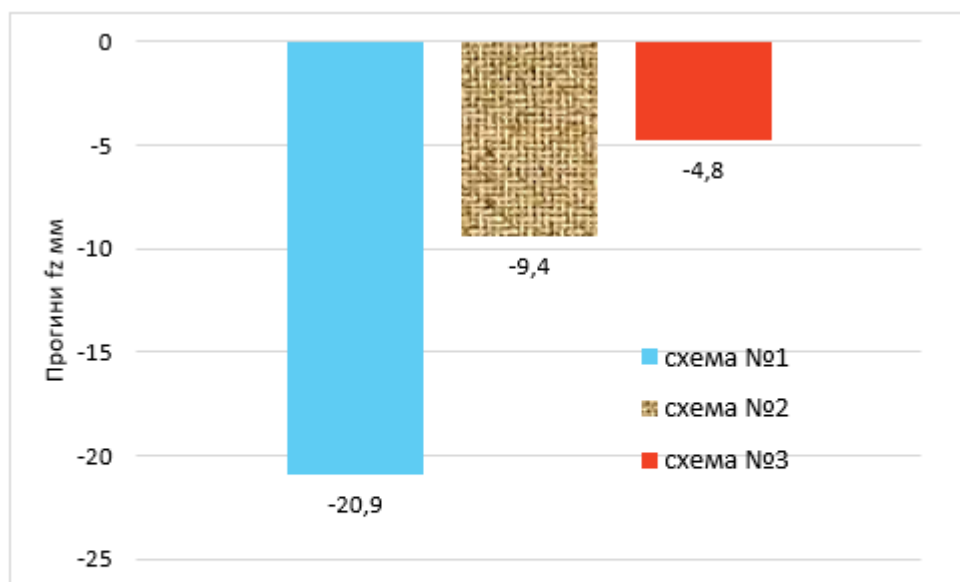


Рис. 5.12 Максимальні переміщення по вертикалі вузлів розрахункових моделей

В таблиці 5.4 наведено вертикальні переміщення вузлів структурних плит.

Таблиця 5.4 Вертикальні переміщення вузлів структурних плит

№ вузла	Переміщення вузлів моделей по вертикалі, мм		
	№ схеми		
	1	2	3
1	-18,4	0,4	-3,4
2	-19,0	-2,4	-3,7
3	-19,7	-5,2	-4,0
4	-20,3	-7,5	-4,4
5	-20,7	-8,9	-4,7
6	-20,9	-9,4	-4,8
7	-20,7	-8,9	-4,7
8	-20,3	-7,5	-4,4
9	-19,7	-5,2	-4,0
10	-19,0	-2,4	-3,7
11	-18,4	0,4	-3,4

На рис. 5.14 наведено графіки прогинів відносно осі Z в вузлах структурної плити в поперечному її перерізі 1-1 (рис. 5.13).

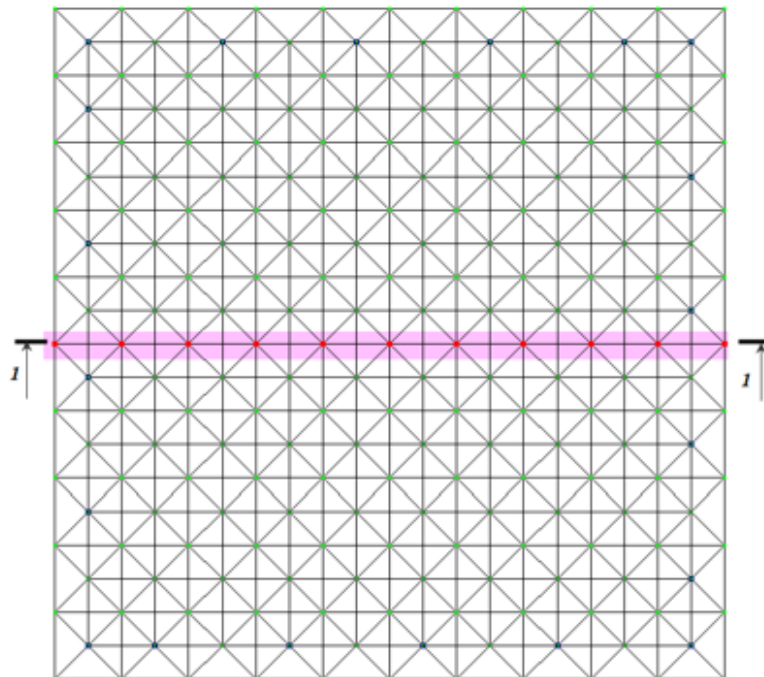


Рис.5.13 Поперечний переріз 1-1, в якому досліджуються прогини конструкції поперечному перерізі 1-1

Так, із рис. 5.14 видно, що плита за схемою №1 має найменшу жорсткість. Найменш деформативною та найбільш жорсткою є модель №3

плити. Така її жорсткість досягається завдяки локалізації опор, що зміщені в середину плити.

На рис. 5.15 наведено мозаїку переміщень вузлів розрахункових схем вздовж осі Z .

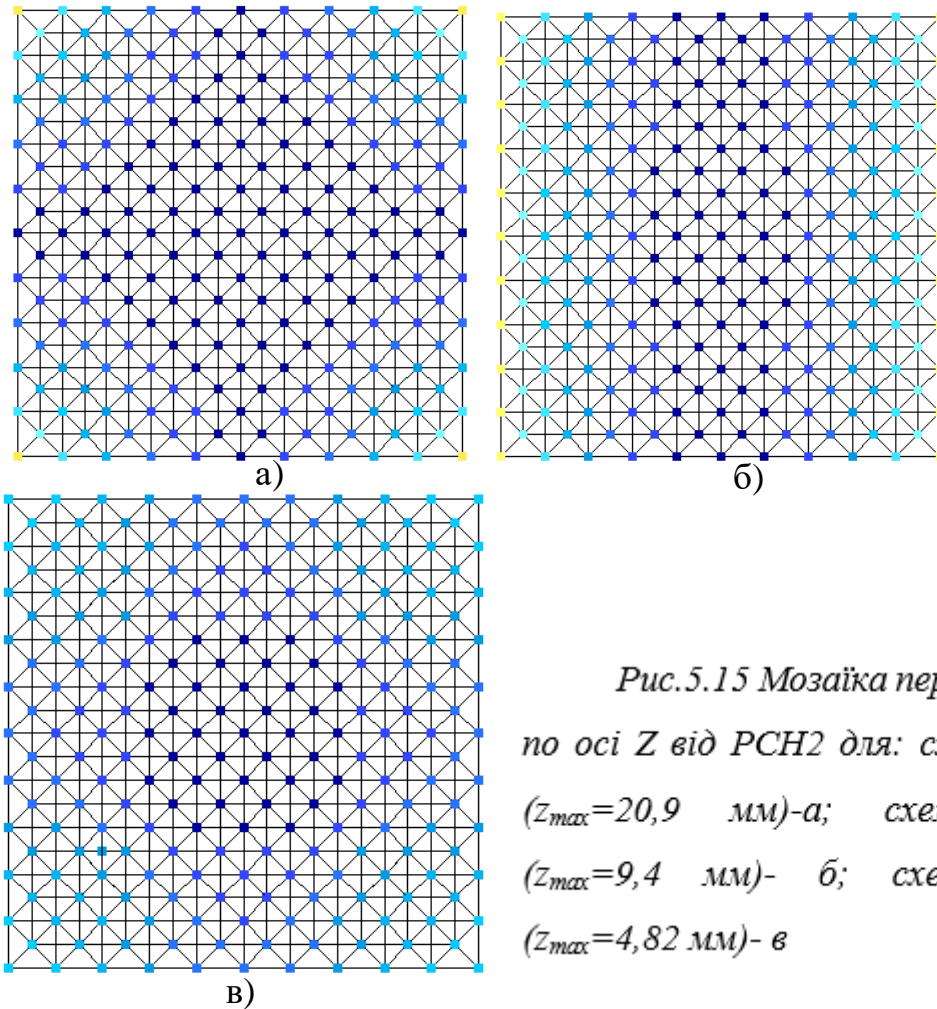


Рис.5.15 Мозаїка переміщень по осі Z від РСН2 для: схеми №1 ($Z_{max}=20,9$ мм)-а; схеми №2 ($Z_{max}=9,4$ мм)- б; схеми №3 ($Z_{max}=4,82$ мм)- в

На рис.5.16 наведено загальний вигляд деформованих схем структурної плити.

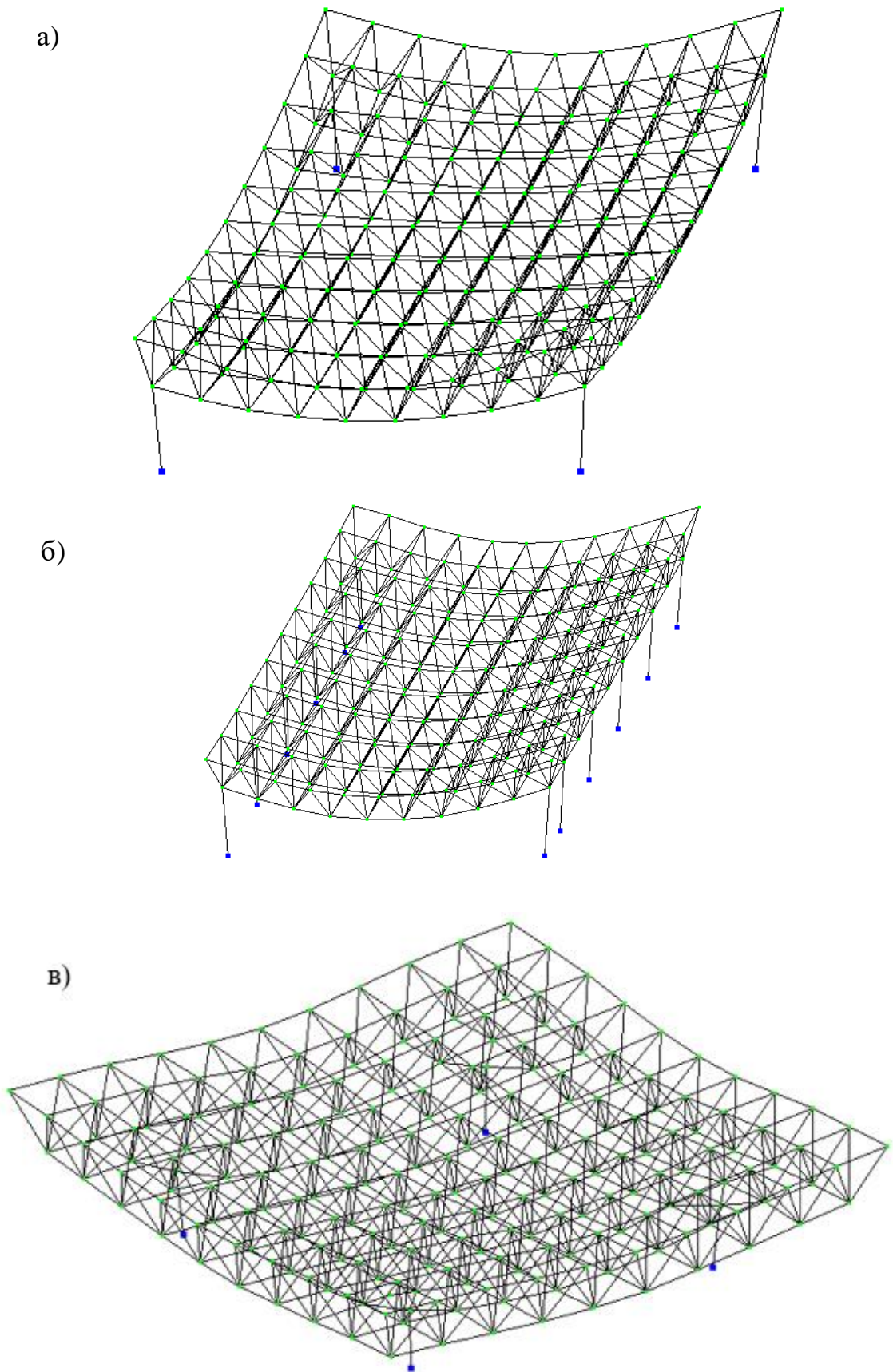


Рис.5.16 Деформована схема конструкції: схема №1–а; схема №2–б; №3–в

Гранично допустимі вертикальні прогини можна обчислити за формулою (5.1):

$$f = \frac{L}{262,5} = \frac{27000}{262,5} = 102,86 \text{ мм.} \quad (5.1)$$

Як видно з рис. 5.14 та таблиці 5.4 деформативність всіх моделей є в допустимих межах, оскільки максимальні прогини по вертикалі схем не перевищують гранично допустимого значення прогину за (5.1).

5.4. Перевірка міцності перерізів за 1-ю групою граничних станів

В таблиці 5.5 наведено % використання несучої здатності перерізу різними групами стержньових елементів для трьох схем структурної плити, що досліджується.

Таблиця 5.5 Використання несучої здатності перерізу різними для різних груп стержнів конструкції плити

Назва конструктиву	Несуча здатність перерізу, %		
	Схема №1	Схема №2	Схема №3
Верхній пояс	11,4	7,2	2
Нижній пояс	15	8,1	5,1
Розкоси	15	5,9	5,7
Стійки (колони)	26	10	15,7

На рис. 5.17-5.20 наведено графічне зображення даних з таблиці 5.5 щодо ступеня використання перерізом його несучої здатності. Дані наведені щодо використання максимальної несучої здатності окремих груп конструктивних елементів аналітичної моделі структурної плити.

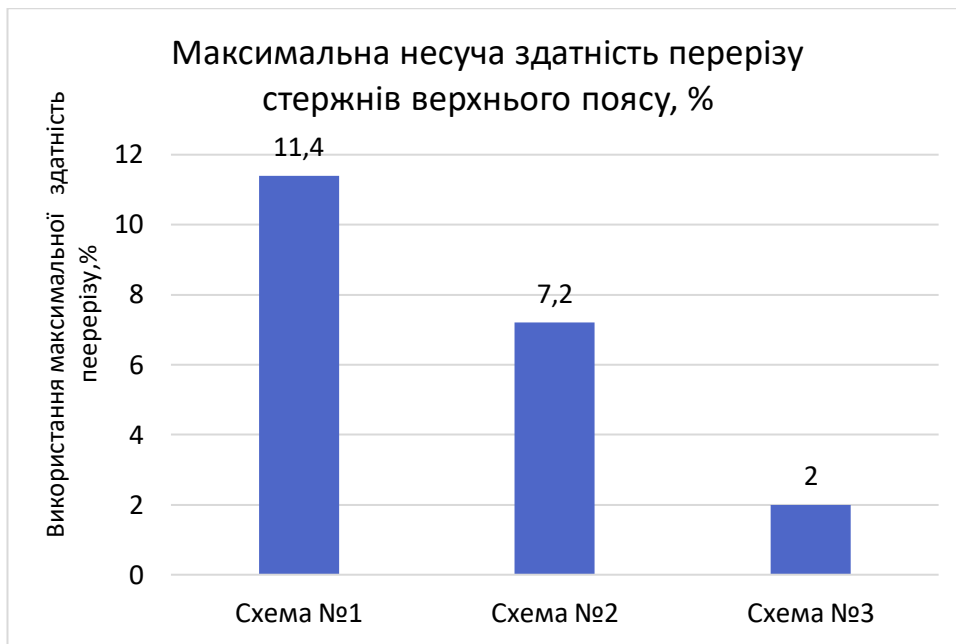


Рис. 5.17 Максимальна несуча здатність перерізу стержнів верхнього поясу

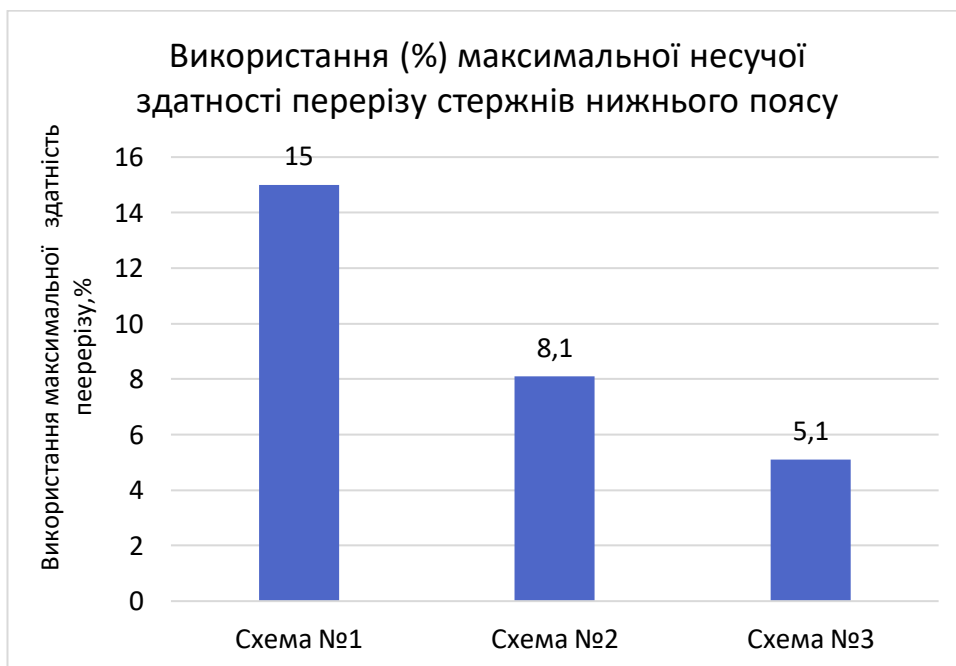


Рис. 5.18 Максимальна несуча здатність перерізу стержнів нижнього поясу

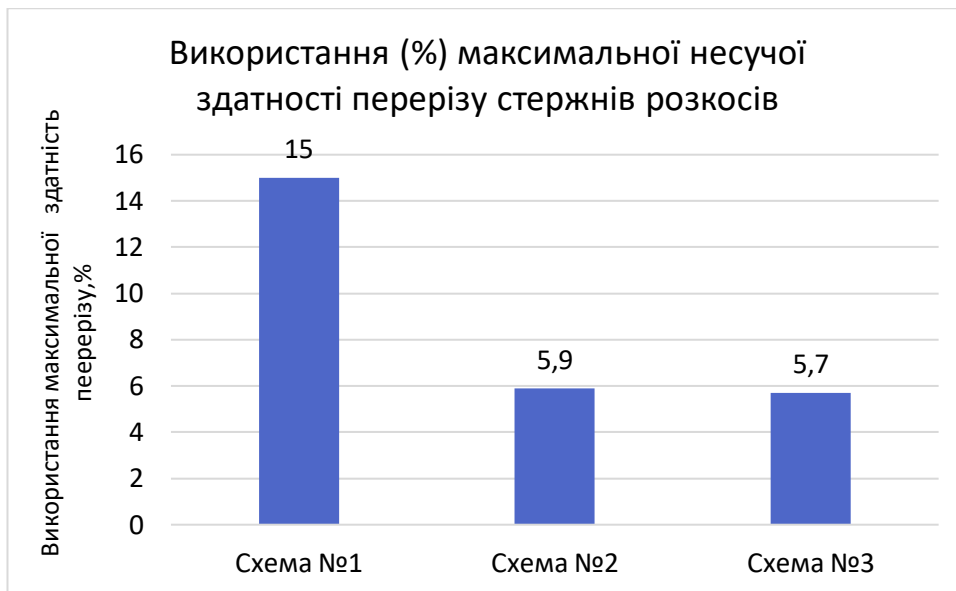


Рис. 5.19 Максимальна несуча здатність перерізу розкосів (похилих стержнів)

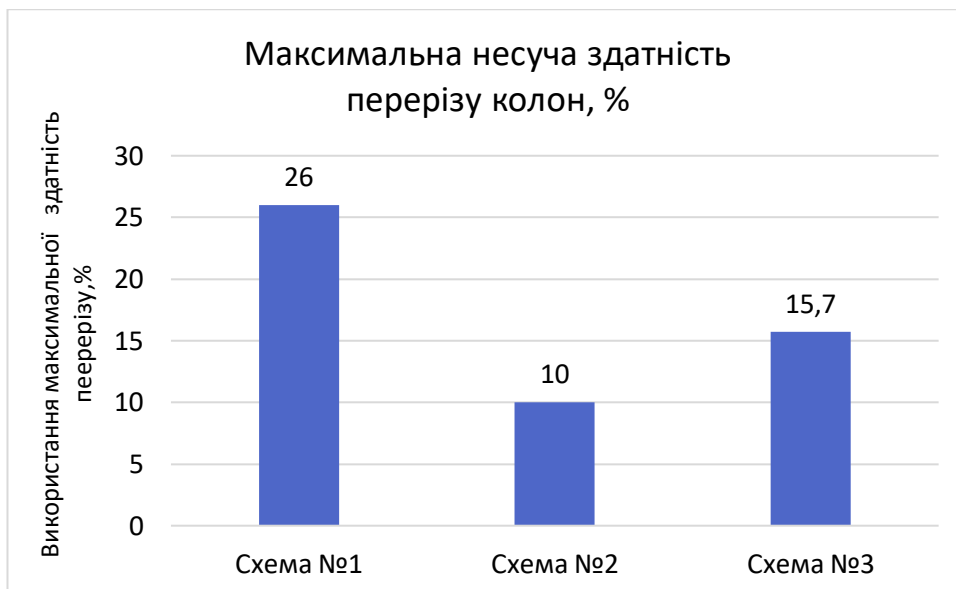


Рис. 5.20 Максимальна несуча здатність перерізу колон

На рис. 5.21-5.23 наведено мозаїки результатів розрахунку за 1-ю групою граничних станів сталевих елементів з поперечними перерізами, призначеним в вихідних даних (перше наближення). На шкалі показано несучу здатність перерізу у відсотках, яка реально використовується перерізом з жорсткістю, прийнятою в 1-му наближенні за табл. 4.2.

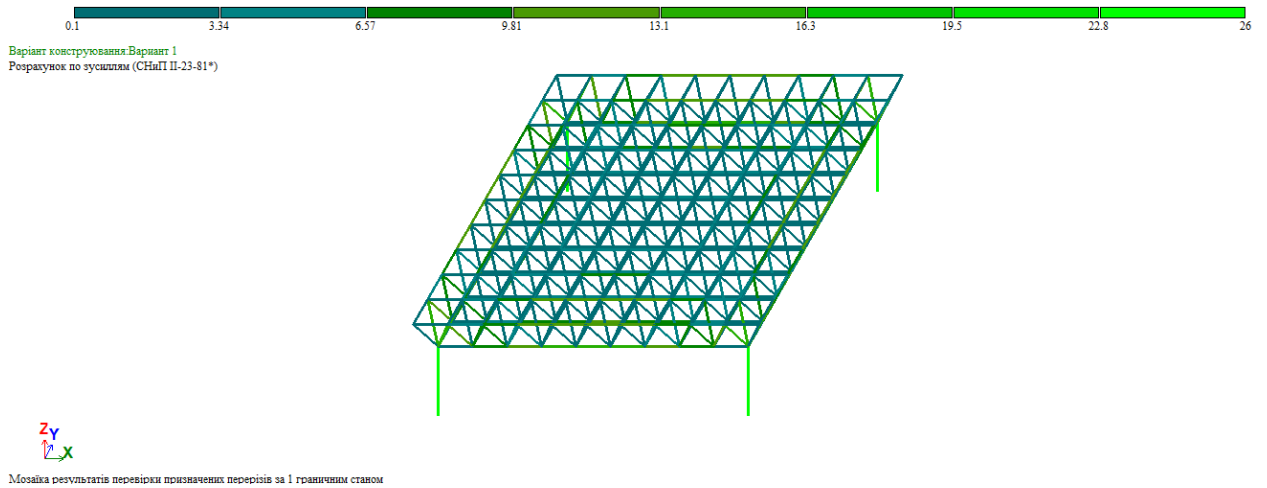


Рис. 5.21 Мозаїка результатів розрахунку за 1ю групою граничних станів сталевих елементів з поперечними перерізами, призначеним в вихідних даних, % несучої здатності для Схеми №1 (одне значення на весь елемент)

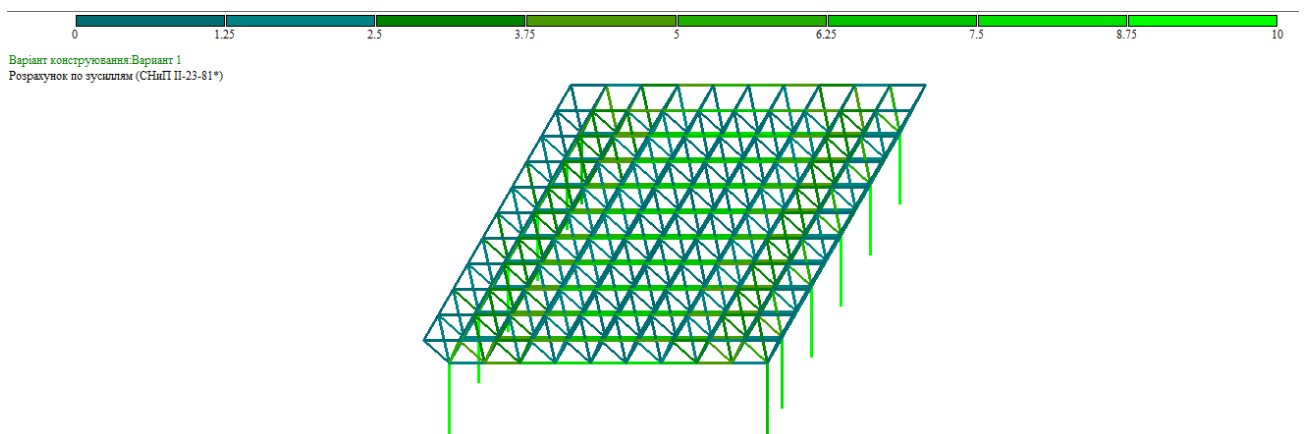


Рис. 5.22 Мозаїка результатів розрахунку за 1ю групою граничних станів сталевих елементів з поперечними перерізами, призначеним в вихідних даних, % несучої здатності для Схеми №2 (одне значення на весь елемент)

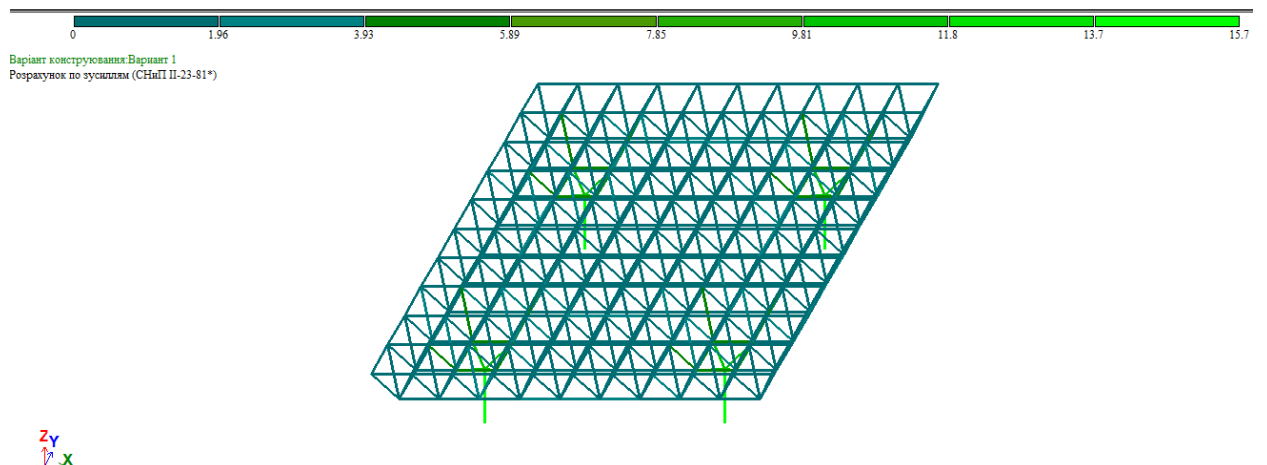


Рис. 5.23 Мозаїка результатів розрахунку за 1ю групою граничних станів сталевих елементів з поперечними перерізами, призначеним в вихідних даних, % несучої здатності для Схеми №3 (одне значення на весь елемент)

Розрахунок за умовою міцності сталевих елементів з характеристичним опором $R_{yn} \leq 440 \text{ Н/мм}^2$ при центральному розтязі та стиску слід виконувати за формулою (1.4.1) [16]:

$$\frac{N}{A_n R_y \gamma_c} \leq 1 \quad (5.1)$$

З формули (1.4.1) обчислюємо площу перерізу стержня, яка необхідна, із умови міцності перерізу на центральний розтяг й стиск [9]:

$$A_n = \frac{N}{R_y \gamma_c} \quad (5.2)$$

Розрахунковий опір сталі класу С245 при розтязі, стиску та згині становить $R_y = 240 \text{ Н/мм}^2 = 24 \text{ кН/см}^2$.

Виконання умови стійкості для елементів суцільного перерізу при центральному стиску необхідно виконувати за формулою (1.4.3) [9]:

$$\frac{N}{\varphi A_n R_y \gamma_c} \leq 1$$

Площа, яка є необхідною, із умови міцності для стержня, що працює на стиск:

$$A_n = \frac{N}{\varphi R_y \gamma_c}$$

На рис. 5.4 наведено максимальні значення зусиль N за табл. 5.1 в стержнях нижнього, верхнього поясів та розкосів.

В таблиці 5.1-5.2 наведені максимальні осьові зусилля, що діють в стержневих елементах структури та в колонах. За цими даними знайдемо за умовами міцності (5.2) та за умовою стійкості стійкості (п. 1.4.1.3 [9]) для стержня, що працює на стиск, та згідно умови міцності для стержня, що

працює на розтяг, необхідну площу перерізу стержнів. Для ефективного та швидкого перевірки попередньо прийнятих перерізів за умовами міцності, виявлення % використання перерізом відсотка їх несучої здатності, підбору нових перерізів згідно отриманих зусиль, скористаємося модулем конструювання металевих конструкцій в ПК Ліра-САПР.

За даними модулю конструювання металевих конструкцій в ПК Ліра-САПР було підбрано оптимальні умовою міцністю перерізи всіх конструктивів моделі- верхнього, нижнього поясу, розкосів та колон. В *Додатку Б* наведено результати перевірки на міцність перерізів стержнів конструктивів та результати нового підбору перерізів стержнів за результатами напруженого стану. Результати конструювання в ПК Ліра-САПР наведено в табл. 5.6.

Таблиця 5.6 Нові перерізи елементів структурних плит за варіантами

№ схеми	Переріз (профіль труби), прийнятий при першій ітерації	Переріз, підібраний ПК Ліра-САПР за результатами статичного розрахунку		
		№ типу перерізу в ПК Ліра-САПР	Сталь	Профіль труби
<i>Верхній пояс</i>				
1	ТБ 242х32	46	С 235	ТБ95 х 8.5
2	ТБ 242х32	52	С 235	ТБ76 х 7
3	ТБ 242х32	24	С 235	ТБ38 х 3
<i>Нижній пояс</i>				
1	ТБ 242х32	24	С 235	ТБ95 х 7.5
2	ТБ 242х32	24	С 235	ТБ95 х 5
3	ТБ 242х32	12	С 235	ТБ50 х 8
3	ТБ 203 х 50	41	С 235	ТБ83 х 10
<i>Розкоси</i>				
1	ТБ 168х25	69	С 235	ТБ68 х 9
2	ТБ 168х25	89	С 235	ТБ63.5 х 3.5
3	ТБ 168х25	39	С 235	ТБ57 х 3.5
<i>Колони</i>				
1	ТБ 273х40	47	С 235	ТБ 273 х 8
2	ТБ 273х40	55	С 235	ТБ 194 х 5
3	ТБ 273х40	13	С 235	ТБ 203 х 7.5

В таблицях 5.7–5.10 наведено нові перерізи елементів та обчислена вага верхнього, нижнього поясів, розкосів та колон для різних моделей структурної плити.

*Таблиця 5.7 Підібрані перерізи для верхнього поясу
(Труби сталеві безшовні гарячедеформовані (ГОСТ 8732-78 зі
змiнами № 1, 2)*

№ схеми	№ типу перерізу	сталь	Профіль труби	Вага 1м.п. профілю, т	Довжина стержнів поясу, м	Вага, т
1	46	C235	ТБ95 х 8.5	0.018125	540	9,7875
2	52	C235	ТБ76 х 7	0.0119066	540	6,429564
3	24	C235	ТБ38 х 3	0.0025884	540	1,397736

*Таблиця 5.8 Підрахунок ваги нижнього поясу
(Труба безшовна гарячекатана ГОСТ 8732 - 78*)*

№ схеми	№ типу перерізу	сталь	Профіль труби	Вага 1м.п. профілю, т	Довжина стержнів поясу, м	Вага, т
1	24	C235	ТБ95 х 7.5	0,0161775	540	8,74
2	24	C235	ТБ95 х 5	0,0110932	540	5,99
3	12	C235	ТБ50 х 8	0,00828288	540	4,47
Вага опорних розкосів колон в схемі №3						
3	41	C235	ТБ83 х 10	0,0179956	37,6	0,68

*Таблиця 5.9 Підрахунок ваги розкосів
(Труба безшовна гарячекатана ГОСТ 8732 - 78*)*

№ схеми	№ типу перерізу	сталь	Профіль труби	Вага 1м.п. профілю, т	Довжина стержнів поясу, м	Вага, т
1	69	C235	ТБ68 х 9	0.0130899	540	7,07
2	89	C235	ТБ63.5 х 3.5	0.0051768	540	2,80
3	39	C235	ТБ57 х 3.5	0.00461598	540	2,49

*Таблиця 5.10 Підрахунок ваги колон
(Труба безшовна гарячекатана ГОСТ 8732 - 78*)*

№ схеми	№ типу перерізу	сталь	Профіль труби	Вага 1м.п. профілю, т	Вага 1 колони, т	Кількість колон в моделі	Загальна вага колон в моделі, т
1	47	C235	ТБ 273 х 8	0,052261	0,313566	4	1,254
2	55	C235	ТБ 194 х 5	0,023296	0,139776	12	1,677
3	13	C235	ТБ 203 х 7.5	0,047577	0,190308	4	0,761

Підрахунок загальної ваги структурної плити та колони виконано в таблиці 5.11

Таблиця 5.11 Підрахунок ваги всієї конструкції

№ схеми	Верхній пояс	Нижній пояс	Розкоси	Вага структурної плити	Колони	Всього вага, т	% структурної плити в загальній вазі моделі
1	9,79	8,74	7,07	25,60	1,254	26,85	4,67
2	6,43	5,99	2,8	15,22	1,677	16,90	9,92
3	1,40	5,15	2,49	9,04	0,761	9,80	7,76

На рис. 5.24-5.27 наведено діаграми розподілу ваги конструктивів для різних схем – для верхнього поясу, нижнього поясу, розкосів та колон.

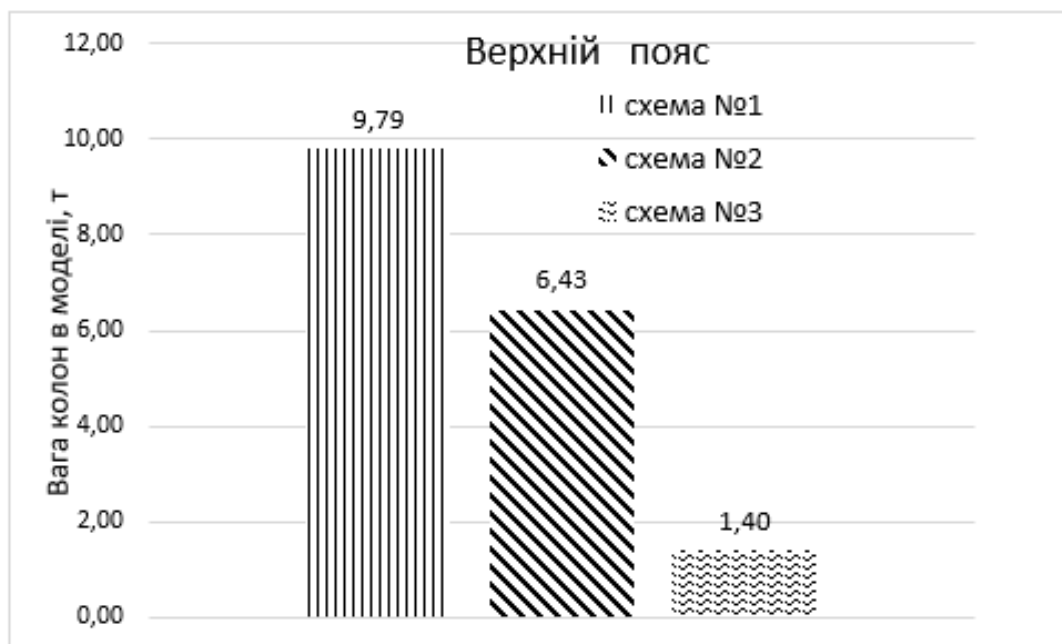


Рис 5.24 Підрахунок ваги стержнів верхнього поясу

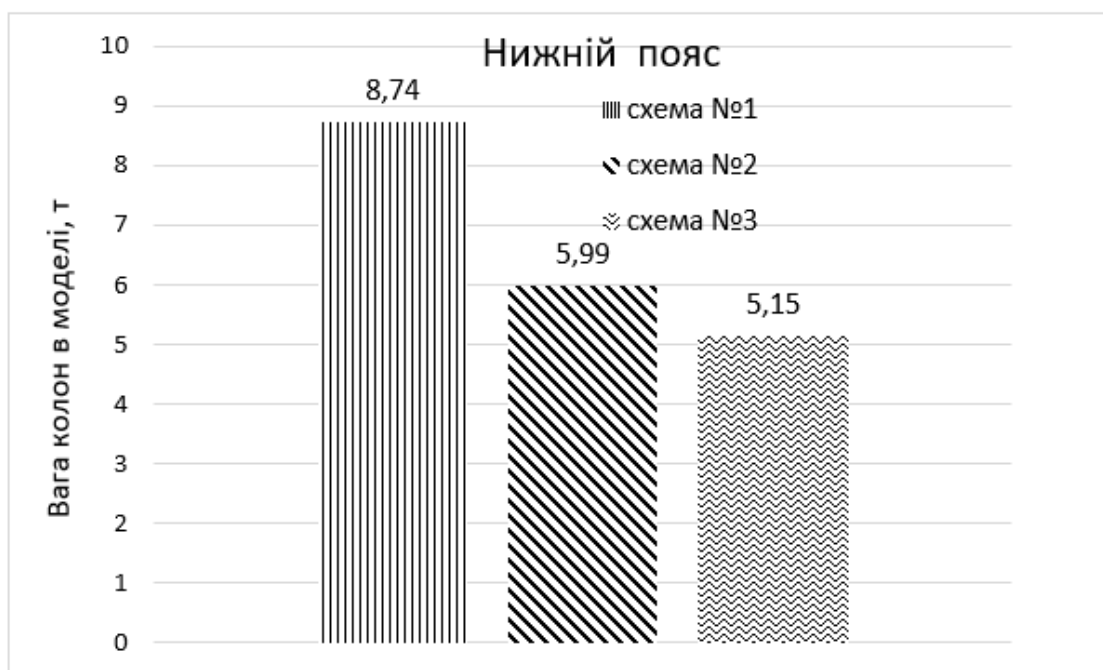


Рис. 5.25 Підрахунок ваги стержнів нижнього поясу

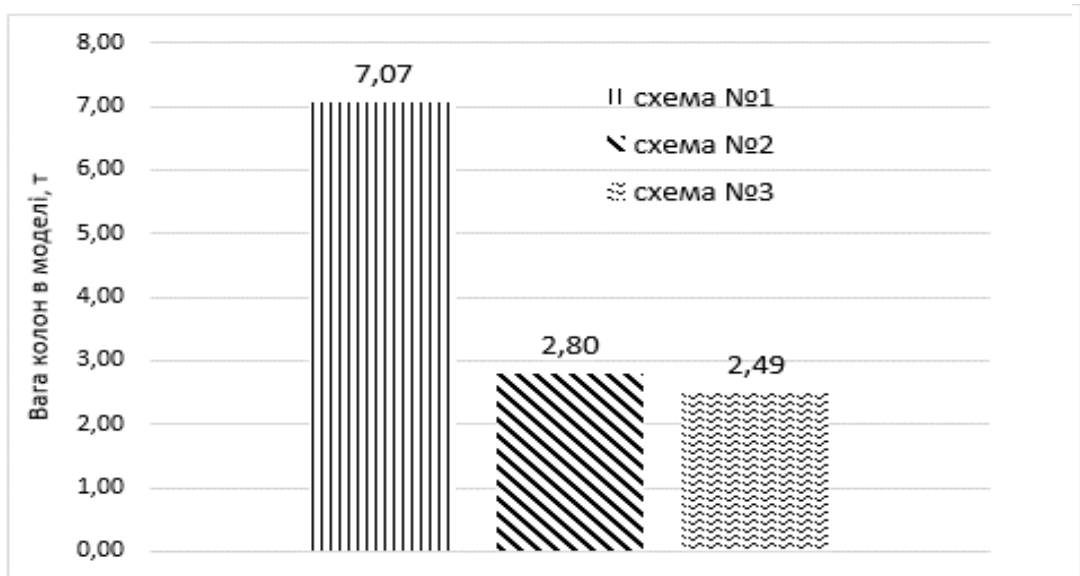


Рис. 5.26 Підрахунок ваги розкосів в схемах

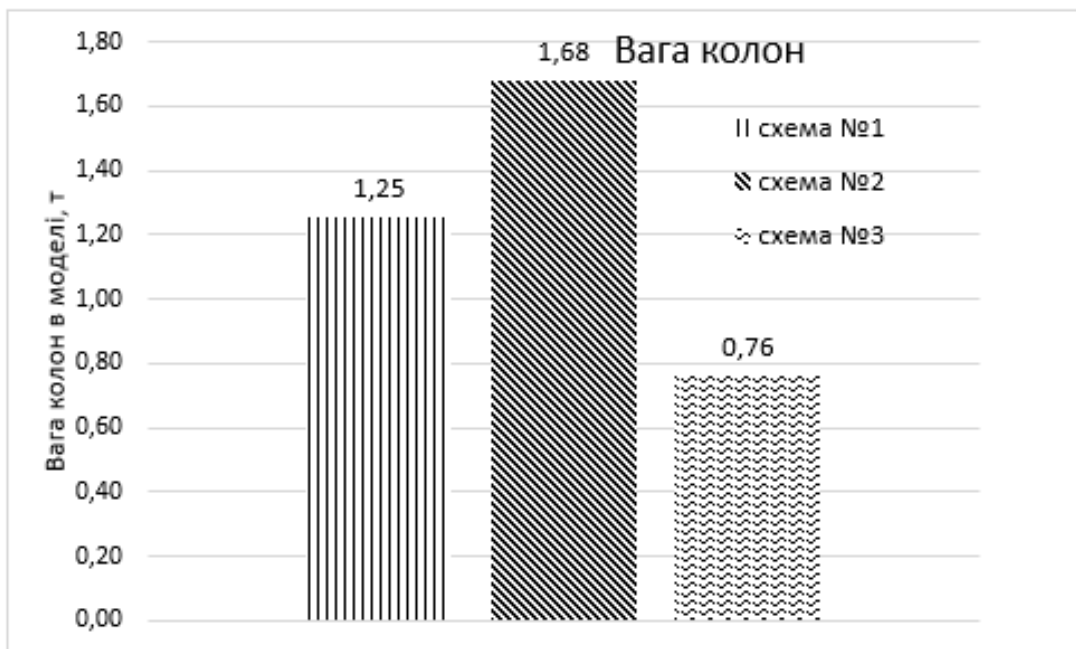


Рис. 5.27 Підрахунок ваги колон в схемах

На рис. 5.28 наведено співвідношення ваги структурної плити та ваги колон.

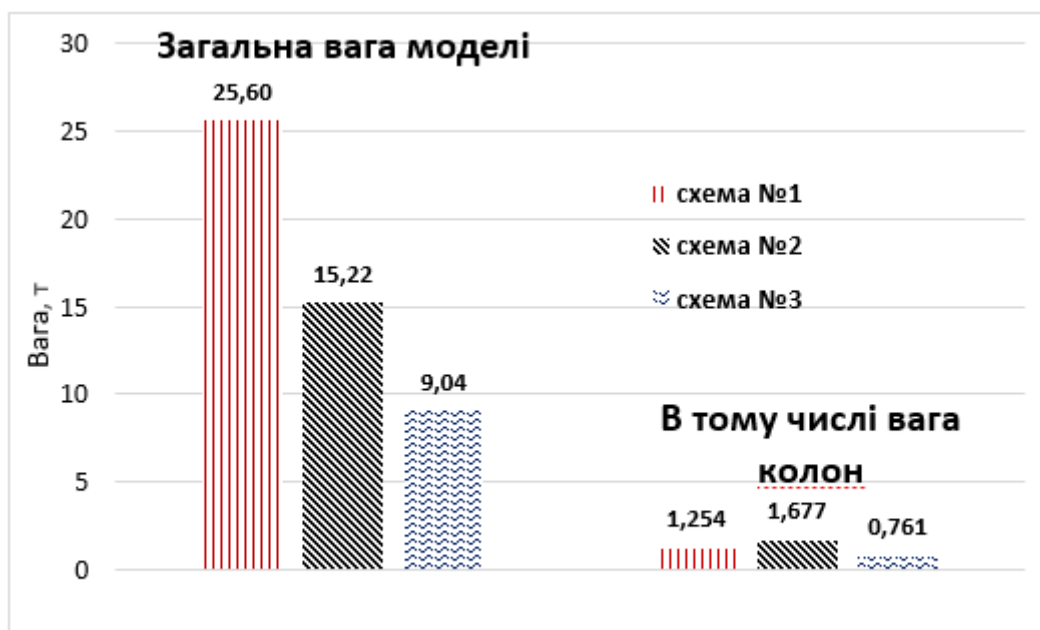


Рис. 5.28 Загальна вага моделі та вага колон в складі моделі

З рис. 5.28 видно, що вага конструкції за першою схемою (при спиранні на чотири колони в кутах) на 68,2% є більшою, ніж при спиранні колон по двом бокам на два ряди колон. Але, очевидно, якщо змістити чотири колони з кутів на 3,0 м всередину плити й влаштувати розкоси між стержнем колони та площиною нижнього поясу, то вага такої конструкції може зменшитися на 183% (в 2,8 рази).

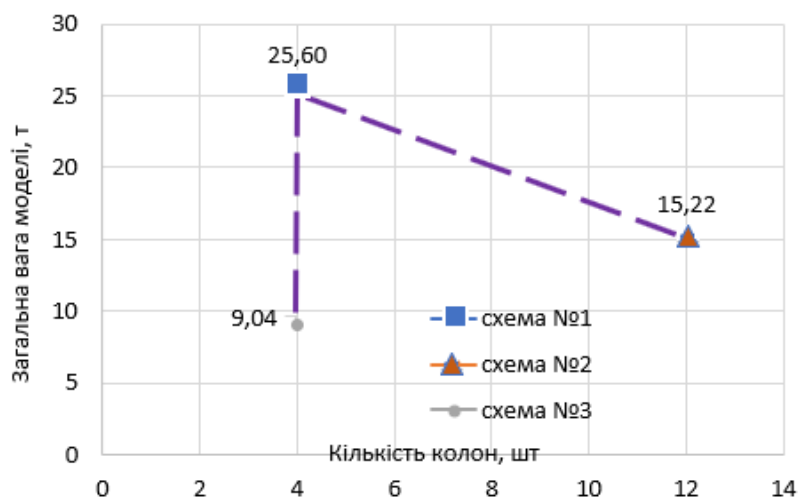


Рис. 5.29 Зміна ваги конструкції в залежності від кількості колон відповідно до варіантів їх розташування (1 варіант - 4 колони, 2 варіант - 12 колон , 3 варіант – 4 колони зі зміщенням)

РОЗДІЛ 6

ВИСНОВКИ

1. Структурна стержньова плита, побудована за кристалічною формою, запозиченою у природніх кристалів, є ефективною конструкцією перекриття, що дозволяє перекривати значні прольоти (12÷36 м) без влаштування проміжних опор.
2. Як правило, стержні верхнього поясу (сітка стержнів в площині ХОУ) працюють переважно на стиск, а стержні нижнього поясу (сітка стержнів в площині ХОУ) переважно працюють на розтяг. Просторова решітка розкосів зазнає знакозмінних впливів – похилі стержні працюють як на стиск, так і на розтяг.
3. Структурна стержньова плитна конструкція є тією будівельною системою, яка досить сильно «реагує» на зміну певних параметрів. Такими параметрами вважаємо ряд факторів, що суттєво впливають на напружено-деформований структурної плити. Їх також називають регуляторами зусиль.
4. Зміна хоча б одного такого параметру при решті сталих параметрів докорінно може змінити напружено-деформований стан конструкції. Так змінивши стрілу підйому (товщину плити), форму базового елемента або характер спирання на опори (їх кількість та розташування) та ін., можна істотно зміни картину зусиль в стержнях. Тобто ці фактори обумовлюють їх перерозподіл при інших сталих параметрах – розмірі конструкції в плані, однаковій величині навантаження, однакових попередньо прийнятих жорсткостях конструкції.
5. Аналізуючи параметри деформативності та осьові зусилля в стержнях, можна дійти висновку, що найбільш деформативною та найменш жорсткою буде схема №1, що спирається на колони в 4-х кутах. Така плита працює за двома напрямками (в площині ХОZ та YOZ) й деформації в цих площинах є рівними й становлять близько 21 мм. Прогини відносно осі Z для усіх трьох схем не перевищують гранично допустимого значення прогину в 10,3 см.

Плита за схемою №2 працює як пластина, обперта по 2-м бокам (плита спирається на 6 колон з кожного боку). Суттєвий вигин виникає в площині XOZ, але вертикальний прогин є в 2 рази меншим. Найбільш жорсткою системою виявилася плита за схемою 3, оскільки деформативність такої плити виявилася мінімальною – 4,8 мм, що становить майже 1/3 від максимального прогину плити за схемою №1. Можна зробити висновок, що зміщення чотирьох колон на 3,0 м всередину плити по осі X та по осі Y відповідно суттєвим чином змінило картину напружено-деформованого стану структурної плити.

6. Ефективність конструкції за схемою №2 підтвердив подальший аналіз осевого зусилля N в стержнях. Так зусилля стиску в стержнях моделі №3 максимально на 466,7% (в 5,7 рази) зменшилися в порівнянні з стержнями моделі №1. Максимально на 192,1% (в 2,9 рази) зусилля розтягу в нижньому поясі зменшилися в моделі № 3 в порівнянні з моделлю №1.

7. Осьове зусилля N в чотирьох колонах для моделей №1 та 3 є майже однаковим, що логічно. Графіки на рис 5.5 та 5.6 свідчать, що в моделі №3 колони працюють на центральний стиск, оскільки моменту вигину в стержнях в обох площинах майже дорівнюють нулю. Колони за схемами № 1 та 2 працюють на стиск з вигином, тобто знаходяться в принципово іншому напруженому стані.

8. Результати перевірки за умовою міцності прийнятих попередньо прийнятих перерізів стержнів плити виявили, що стержні структурної плити працюють із значним недонапруженням. Так, несуча здатність перерізів верхнього поясу в моделі №1 використана максимум на 11,4%, в моделі №2- на 7,2%, а в моделі №3- всього на 2%. Несуча здатність перерізів нижнього поясу в моделі №1 використана максимум на 15%, в моделі №2- на 8,1%, а в моделі №3- на 5,1%. Несуча здатність перерізів розкосів в моделі №1 використана максимум на 15%, в моделі №2 - на 5,9%, а в моделі №3- на 5,7%. В колонах моделі №1 несуча здатність використана на 26%, в моделі №2 – на 10%, в моделі №3 –на 15,7%.

9. Нові підібрані за умовою міцності перерізи стержнів структурної плити дозволили обчислити вагу кожної конструктивної схеми структурної плити (рис.5.27). Так, найбільшу вагу має загальна конструкція плити, що спирається на колони в чотирьох кутах (схема №1), а найменшу – плита, колони якої зміщені вглиб плити на 3,0 м. Так вага схеми №3 на 183,2 % за загальну вагу конструкцію за схемою №1.

10. Отже, за критерієм матеріалоемності найбільш ефективною конструктивною схемою структурної плити є плита за схемою №3, що спирається на 4 колони, зміщені всередину плити на 3,0 м.

ЛІТЕРАТУРА

1. Chilton J. (1999). Space Grid Structures. Routledge
<https://doi.org/10.4324/9780080498188>
2. Ashtul S.A. & Patil S.N. (2020). Review on Study of Space Frame Structure System. International Research Journal of Engineering and Technology, 7(4)
3. Space Frame Structure; an analysis of its benefit by Constro Facilitator. Retrieved from: <http://surl.li/ogzyc>
5. Хисамов Р.И. Расчет и конструирование структурных покрытий/ Хисамов Р.И. –Киев:Будівельник, 1981. – 48 с.,ил
6. Makowski, Z. S. Raumliche Tragwerke aus Stahl. Düsseldorf, 1963.
7. Murtha-Smith E. & Bean J.E. (1989). Double Layer Grid Space Frame Buckling. International Journal of Space Structures, 4(3),117-127
<https://doi.org/10.1177/026635118900400301>
8. Britannica, The Editors of Encyclopaedia. "Space frame". Encyclopedia Britannica, Retrieved from: <http://surl.li/ogzxo>
9. ДБН В.2.6-198:2014 Сталеві конструкції. Норми проектування
10. ДСТУ Б В.1.2-3:2006. ПРОГИНИ І ПЕРЕМІЩЕННЯ Вимоги проектування
11. Li Z.X. (2013). Structure Mechanics Analysis with Different Construction Schemes in Large-Span Space Grid Structure. Advanced Materials Research, 788, 534–537 . <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMR.788.534>
12. Мигнцковский М.Ш. Перекрестные фермы, Киев, 1960 г.
- 13 Kolodezhnov S.N. & Selivanova A.N. (2017). Analysis of suspended structural slab canopy reinforcement systems. Structural mechanics and structures, 14, 61-7
14. Huybrechts S. & Tsai S.W. (1996). Analysis and behavior of grid structures. Composites Science and Technology, 56(9), 1001-1015
[https://doi.org/10.1016/0266-3538\(96\)00063-2](https://doi.org/10.1016/0266-3538(96)00063-2)

15. Zhou Z., Wu J., Meng Sp. et al. (2012). Construction process analysis for a single-layer folded space grid structure in considering time-dependent effect. *International Journal Steel Structures*, 12, 205-217
<https://doi.org/10.1007/s13296-012-2005-y>
16. Структурні плити конструкції ЦНІІСК. URL:
<https://jak.bono.odessa.ua/articles/strukturni-pliti-konstrukcii-cniisk.php>
17. Fu F., Parke G.A.R. (2018). Assessment of the Progressive Collapse Resistance of Double-Layer Grid Space Structures Using Implicit and Explicit Methods. *International Journal Steel Structures*, 18, 831-842
<https://doi.org/10.1007/s13296-018-0030-1>
18. Flager, F., A. Adya, J. Haymaker and M. Fischer, 2014. *Computers and Structures*, 131, pp. 1-11.
19. Volkov, A.A. and A.A. Vasilkin, 2016. *Procedia Engineering*, 153, pp. 850-855.
20. Sribniak Nataliia Напружено-деформований стан структурної плити / Nataliia Sribniak, Liudmyla Tsyhanenko, Hennadii Tsyhanenko, Serhii Halushka // *ACADEMIC JOURNAL Industrial Machine Building, Civil Engineering*. – Полтава: ПНТУ, 2020. – Т. 2 (55). – С. 35-43. – doi:<https://doi.org/10.26906/znp.2020.55.2339>.
21. Mikhaylov V.V., Sergeev M.S. *Prostranstvennye sterzhnevye konstruksii pokrytiy (strukturny) [Space grid structures for roofs]*. Vladimir: VIGU, 2011. 56 p.
22. Хисамов Р.И. Расчет и конструирование структурных покрытий/ Хисамов Р.И. – Киев: Будівельник, 1981. – 48 с.,ил
23. Flager, F., A. Adya, J. Haymaker and M. Fischer, 2014. *Computers and Structures*, 131, pp. 1-11.
24. Кагановский Л.О. Новые решения узловых соединений стержней структурных и однослойных решетчатых конструкций/ *Збірник наукових*

праць Українського науково-дослідного та проектного інституту сталевих конструкцій імені В.М. Шимановського. –Випуск 5, 2010 р.192 с.

25. Кагановский Л.О. Новые решения узловых соединений стержней структурных и однослойных решетчатых конструкций/ Збірник наукових праць Українського науково-дослідного та проектного інституту сталевих конструкцій імені В.М. Шимановського. –Випуск 5, 2010 р.192 с.

26. ГОСТ 10704-91. Трубы стальные электросварные прямошовные

ДОДАТКИ

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

**МАТЕРІАЛИ
ВСЕУКРАЇНСЬКОЇ НАУКОВОЇ
КОНФЕРЕНЦІЇ СТУДЕНТІВ
ТА АСПІРАНТІВ, ПРИСВЯЧЕНОЇ
МІЖНАРОДНОМУ ДНЮ СТУДЕНТА**

(13 - 17 листопада 2023 р., м. Суми)

Рекомендовано до друку науково-координаційною радою Сумського національного аграрного університету (протокол № 6 від 24.11.2023 р.)

Редакційна рада:

Ладика В.І., академік НААН України
Данько Ю.І., д.е.н., професор
Пасько О.В., к.е.н., доцент

Редакційна колегія:

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

**Матеріали Всеукраїнської наукової конференції студентів і аспірантів,
присвяченої Міжнародному дню студента – (13-17 листопада 2023 р.). –
Суми, 2023. – 700 с.**

У збірку увійшли тези доповідей Всеукраїнської наукової конференції студентів і аспірантів,
присвяченої Міжнародному дню студента.
Для викладачів, студентів, аспірантів.

РОБОТА СТРУКТУРНОЇ ПЛИТИ В ЗАЛЕЖНОСТІ ВІД ГРАНИЧНИХ УМОВ

Сімонов А.Б., студ. 2 курсу ОС «Магістр», спец.192 «Будівництво та цивільна інженерія», ФБТ
 Срібняк Н.М., к.т.н., доцент
 Галушка С.А., ст. викладач
 Сумський НАУ

Структурні плити (структури) є сучасними ефективними конструкціями перекриття, що дозволяють перекривати великі прольоти без використання проміжних опор. Такі конструкції формуються згідно законів кристалографічної метрики. Сама конструкція завдяки особливостям розташування стержнів є достатньо жорсткою, що дозволяє знизити її робочу висоту товщину. Важливим параметром, що робить таку конструкцію ефективною - розподіл зусиль в стержневих сталевих її елементах. Такий розподіл зусиль залежить від багатьох факторів. Змінюючи які, можна змінювати (регулювати) й зусилля в цих стержнях. Одним із способів регулювання зусиль в стержнях верхнього, нижнього поясів та розкосах є створення штучного натягу цих стержнів.

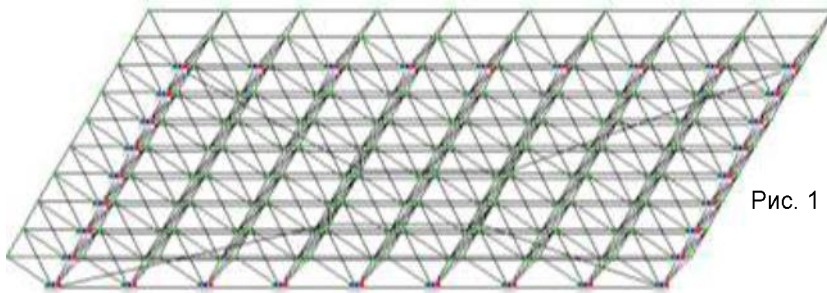


Рис. 1 Скінченоелементна модель структурної плити

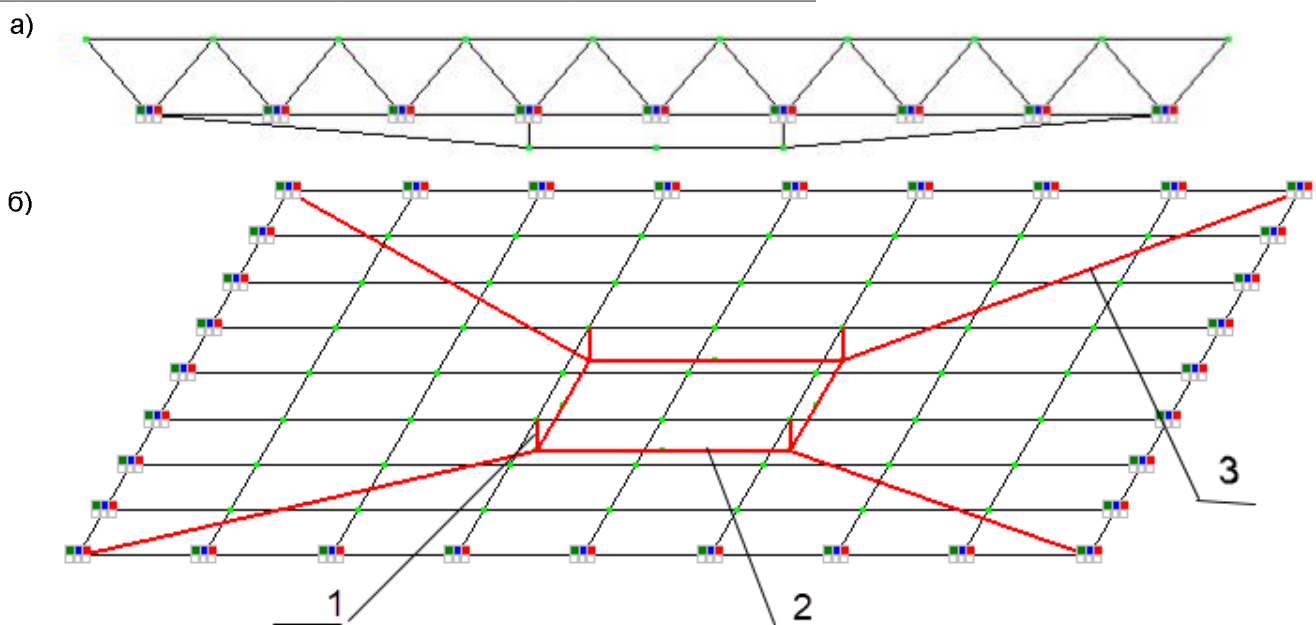


Рис.2 Вид збоку структурної плити -а: система стержнів, що дозволяє виконувати регулювання зусиль в стержнях плити (б): стійки-1; квадратна діафрагма (2), що пов'язана із стійками; стержні із талрепами (тяжі) -3

Таке натягіння може бути виконано системою стержнів, що приєднують до нижнього поясу структурної плити: до стійок, висотою 0,8-0,85 м приварюють стержні так званої горизонтальної прямокутної діафрагми. Кути діафрагми з'єднуються із кутами нижнього поясу (прямокутної сітки) структурної плити. Тяжі мають талрепи, за допомогою яких можна створити штучне попереднє натягіння в стержнях до 80-100 кН.

Числовий експеримент для конструкції за рис.1,2 дозволяє порівняти зусилля в плиті без застосування способу регулювання зусиль та із використанням такого способу.

Пожиленкова Т.Д., Бородай Я.О. ЕКОЛОГІЧНО ЧИСТІ БУДІВЕЛЬНІ МАТЕРІАЛИ – МАЙБУТНЄ БУДІВНИЦТВА.....	104
Покидченко В.Є., Циганенко Л.А. ЗАДАЧІ РЕКОНСТРУКЦІЇ ТА ЇХ ВИРІШЕННЯ НА ПРИКЛАДІ ТОРГОВЕЛЬНОГО ЦЕНТРУ.....	105
Помаз М.М., Андрух С.Л. СУЧАСНІ МЕТОДИ ЗАХИСТУ ПОКРІВЛІ В ПРОМИСЛОВОСТІ.....	106
Ревунов М.В., Павлюченков М.В. ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОТИ ЗАЛІЗОБЕТННОЇ ПЛИТИ ПЕРЕКРИТТЯ, ЩО ПІДСИЛЮЄТЬСЯ НАРОЩУВАННЯМ З ВКЛЕЮВАННЯМ АРМАТУРНИХ СТРИЖНІВ.....	107
Рень О.В., Бородай Д.С. ІСТОРИЧНО-СОЦІАЛЬНІ ЧИННИКИ РОЗВИТКУ БУДІВЕЛЬ ГОТЕЛІВ.....	108
Рошко В.І., Резніченко Є.А., Роговий С.І. ДОСЛІДЖЕННЯ НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ ТА ВИЗНАЧЕННЯ СПОСОБІВ ПІДСИЛЕННЯ ФЕРМ ПОКРИТТЯ, ЩО ДЕФОРМОВАНІ (ВИГИН НИЖНЬОГО ПОЯСУ З ПЛОЩИНИ).....	109
Рудь С.М., Огієнко Я.С. ДОСЛІДЖЕННЯ ОБСЯГУ ВНУТРІШНІХ ВАНТАЖНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ УКРАЇНИ.....	110
Рудь С.М., Огієнко Я.С. МЕТОДИ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ РУХОМОГО СКЛАДУ.....	111
Рушак Є.В., Савченко О.С. ОПТИМІЗАЦІЯ СТАТИЧНОГО РОЗРАХУНКУ СЕГМЕНТНИХ ДЕРЕВ'ЯНИХ ФЕРМ У ВІДПОВІДНОСТІ ДО ЄВРОКОД.....	112
Рябовол С.В., Савченко О.С. ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ РОЗТАШУВАННЯ ПОЗДОВЖНИХ НАСКРІЗНИХ ТРИЩИН ПО ВИСОТІ ПЕРЕРІЗУ НА НЕСУЧУ ЗДАТНІСТЬ ДЕРЕВ'ЯНИХ БАЛОК.....	113
Рябцев С.В., Волошко Т.П. СУЧАСНІ ТЕНДЕНЦІЇ В УПРАВЛІННІ СКЛАДАМИ.....	114
Рябцев С.В., Волошко Т.П. ПЕРЕВАГИ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ СКЛАДОМ.....	115
Садовий Я.Г., Бородай С.П. КЛАСИФІКАЦІЯ ОФІСНИХ ЦЕНТРІВ ПРЕСТИЖНОГО РІВНЯ.....	116
Сасенко С.С., Савченко О.С., Савченко Л.Г. ВИКОРИСТАННЯ ПУСТОТУТВОРЮВАЧІВ ПРИ ВЛАШТУВАННІ МОНОЛІТНОГО ПЕРЕКРИТТЯ.....	117
Самбур В.О., Срібняк Н.М., Галушка С.А. ВАРІАНТНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ МОНОЛІТНОГО ПЕРЕКРИТТЯ ЖИТЛОВОЇ БУДІВЛІ.....	118
Сасін Д.В., Андрух С.Л. ВИКОРИСТАННЯ СУЧАСНОГО ЕПОКСИДНО-ПОЛІУРЕТАНОВОГО ПОКРИТТЯ.....	119
Сахно Б.О., Циганенко Г.М. ПИТАННЯ ВЗАЄМОДІЇ ФУНДАМЕНТІВ І ШТУЧНИХ ОСНОВ З ГРУНТОМ.....	120
Сердюк В.М. МОДЕЛЮВАННЯ ЛОГІСТИЧНИХ БІЗНЕС – ПРОЦЕСІВ.....	121
Сидоренко Б.І., Новицький О.П. ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ОПТИМІЗАЦІЯ ПРОЦЕСІВ ВИКОРИСТАННЯ ПОЛІСЕЧОВИНИ ЯК ЕФЕКТИВНОГО ТА СТАЛОГО СИРОВИННОГО МАТЕРІАЛУ В БУДІВНИЦТВІ ПІД ЧАС КАПРЕМОНТІВ ТА РЕМОНТІВ БУДІВЕЛЬ ТА СПОРУД ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ, ДОВГОВІЧНОСТІ ТА СТІЙКОСТІ ДО НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА.....	122
Сімонов А.Б., Срібняк Н.М., Галушка С.А. РОБОТА СТРУКТУРНОЇ ПЛИТИ В ЗАЛЕЖНОСТІ ВІД ГРАНИЧНИХ УМОВ.....	123
Скорина К.О., Павлюченков М.В. ЗАСТОСУВАННЯ СТАЛЕФІБРОБЕТОНУ ПРИ ВЛАШТУВАННІ ПІДЛОГ ВИРОБНИЧИХ БУДІВЕЛЬ З ПІДВИЩЕНИМ РІВНЕМ ЗНОСОСТІЙКОСТІ.....	124
Скрипка С.О., Андрух С.Л. ЗАСТОСУВАННЯ СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ В ОБІГРІВІ ОЗДОРОВОЧОГО ЗАКЛАДУ.....	125
Слиньок С.Г., Трифонов К.Д., Луцковський В.М. ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАЛІЗОБЕТОННОГО ПЕРЕКРИТТЯ НАД ПРИМІЩЕННЯМИ УКРИТТЯ ПРИ РУЙНУВАННІ КОНСТРУКЦІЙ БУДІВЛІ.....	126
Строкач Д.В., Бородай Я.О. ВІДБУДОВА НАСЕЛЕНИХ ПУНКТИВ ТА ПРИРОДНИХ КАРКАСІВ КРАЇНИ В УМОВАХ ВІЙНИ.....	127
Ступак В. В., Бородай А.С. РОЛЬ СФЕРИ АРХІТЕКТУРИ ТА БУДІВНИЦТВА У СУЧАСНОМУ СВІТІ.....	128
Сушко Б.С. ПОКРАЩЕННЯ ТРАНСПОРТУВАННЯ РАННІХ ЗЕРНОВИХ КУЛЬТУР.....	129
Сушко Б.С. ПРО ТРАНСПОРТУВАННЯ РАННІХ ЗЕРНОВИХ КУЛЬТУР.....	130
Тараненко С.В. ЗАГАЛЬНІ РИСИ УКРАЇНСЬКОГО НАРОДНОГО ЗОДЧЕСТВА ЖИТЛОВИХ БУДІВЕЛЬ.....	131
Тверезовська Т.С., Бородай Д.С. ПРОБЛЕМА ОРГАНІЗАЦІЇ БАГАТОФУНКЦІОНАЛЬНИХ ЖИТЛОВИХ КОМПЛЕКСІВ В ЗАБУДОВІ ВЕЛИКИХ МІСТ.....	132
Ткачевський В.О., Циганенко Л.А. АНАЛІЗ НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ МОНОЛІТНОГО ПЕРЕКРИТТЯ З СИСТЕМОЮ ПОПЕРЕДНЬОГО НАПРУЖЕННЯ БЕЗ ЗЧЕПЛЕННЯ З БЕТОНОМ.....	133
Ткачевський М.О., Бородай С.П. ОСОБЛИВОСТІ ОРГАНІЗАЦІЇ БІЗНЕС-ГОТЕЛЕЙ НА ПРИКЛАДІ ДОСВІДУ СВІТОВОГО ПРОЕКТУВАННЯ ТА В УКРАЇНІ.....	134
Ткаченко А.Д. ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ДІЙ СИЛ ВІД'ЄМНОГО ТЕРТЯ ПРИ ПРОЕКТУВАННІ ПАЛЬОВИХ ФУНДАМЕНТІВ.....	135
Ткаченко М.О., Бородай А.С. ОСОБЛИВОСТІ БАГАТОФУНКЦІОНАЛЬНИХ ЖИТЛОВИХ КОМПЛЕКСІВ ТА ЇХ ПЕРЕВАГИ В ПОРІВНЯННІ З ІНШИМИ ТИПАМИ ЖИТЛА.....	136
Фесенко Б.В., Циганенко Л.А. ПРОСТОРОВІ СКЛАДЧАСТІ ПОКРИТТЯ БУДІВЕЛЬ ТА СПОРУД.....	137

Підбір та перевірка сталевих перерізів елементів моделей структурних плит

Схема №1

ГР	ЕЛЕМЕНТ	НП	ГРУПА	КРОК	Примітка	нор %	СУ1 %	СЗ1 %	ГУ1 %	ГЗ1 %	СС %	СП %	1ГС %	2ГС %	М.С %	Довжина
1 - Основна схема: Переріз: 1.1.1.1 Труба кругла 245 x 32 Профіль: 245 x 32/ ГОСТ 8732-78 с изм. № 1, 2 Сортамент: Трубы стальные бесшовные горячедеформиро...																
1	1	1		0.00		0.07042	0	0	0	0	0	0	0.07042	0	0	3.00
1	1	2		0.00		0.07042	0	0	0	0	0	0	0.07042	0	0	3.00
1	2	1		0.00		0.2136	0	0	0	0	0	0	0.2136	0	0	3.00
1	2	2		0.00		0.2136	0	0	0	0	0	0	0.2136	0	0	3.00
1	3	1		0.00		0.2136	0	0	0	0	0	0	0.2136	0	0	3.00
1	3	2		0.00		0.2136	0	0	0	0	0	0	0.2136	0	0	3.00
1	4	1		0.00		0.07042	0	0	0	0	0	0	0.07042	0	0	3.00
1	4	2		0.00		0.07042	0	0	0	0	0	0	0.07042	0	0	3.00
1	11	1		0.00		0.05451	0	0	0	0	0	0	0.05451	0	0	3.00
1	11	2		0.00		0.05451	0	0	0	0	0	0	0.05451	0	0	3.00
1	12	1		0.00		0.09298	0	0	0	0	0	0	0.09298	0	0	3.00
1	12	2		0.00		0.09298	0	0	0	0	0	0	0.09298	0	0	3.00
1	13	1		0.00		0.08758	0	0	0	0	0	0	0.08758	0	0	3.00
1	13	2		0.00		0.08758	0	0	0	0	0	0	0.08758	0	0	3.00
1	14	1		0.00		0.09026	0	0	0	0	0	0	0.09026	0	0	3.00
1	14	2		0.00		0.09026	0	0	0	0	0	0	0.09026	0	0	3.00
1	15	1		0.00		0.08758	0	0	0	0	0	0	0.08758	0	0	3.00
1	15	2		0.00		0.08758	0	0	0	0	0	0	0.08758	0	0	3.00
1	16	1		0.00		0.09298	0	0	0	0	0	0	0.09298	0	0	3.00
1	16	2		0.00		0.09298	0	0	0	0	0	0	0.09298	0	0	3.00
1	17	1		0.00		0.05451	0	0	0	0	0	0	0.05451	0	0	3.00
1	17	2		0.00		0.05451	0	0	0	0	0	0	0.05451	0	0	3.00
1	18	1		0.00		0.2136	0	0	0	0	0	0	0.2136	0	0	3.00
1	18	2		0.00		0.2136	0	0	0	0	0	0	0.2136	0	0	3.00
1	19	1		0.00		4.949	4.949	4.949	0	0	5.124	0	4.949	0	5.124	3.00
1	19	2		0.00		4.949	4.949	4.949	0	0	5.124	0	4.949	0	5.124	3.00
1	20	1		0.00		8.22	8.22	8.22	0	0	8.511	0	8.22	0	8.511	3.00
1	20	2		0.00		8.22	8.22	8.22	0	0	8.511	0	8.22	0	8.511	3.00
1	21	1		0.00		10.05	10.05	10.05	0	0	10.4	0	10.05	0	10.4	3.00
1	21	2		0.00		10.05	10.05	10.05	0	0	10.4	0	10.05	0	10.4	3.00
1	22	1		0.00		10.86	10.86	10.86	0	0	11.25	0	10.86	0	11.25	3.00
1	22	2		0.00		10.86	10.86	10.86	0	0	11.25	0	10.86	0	11.25	3.00
1	23	1		0.00		10.86	10.86	10.86	0	0	11.25	0	10.86	0	11.25	3.00
1	23	2		0.00		10.86	10.86	10.86	0	0	11.25	0	10.86	0	11.25	3.00
1	24	1		0.00		10.05	10.05	10.05	0	0	10.4	0	10.05	0	10.4	3.00
1	24	2		0.00		10.05	10.05	10.05	0	0	10.4	0	10.05	0	10.4	3.00
1	25	1		0.00		8.22	8.22	8.22	0	0	8.511	0	8.22	0	8.511	3.00
1	25	2		0.00		8.22	8.22	8.22	0	0	8.511	0	8.22	0	8.511	3.00
1	26	1		0.00		4.949	4.949	4.949	0	0	5.124	0	4.949	0	5.124	3.00
1	26	2		0.00		4.949	4.949	4.949	0	0	5.124	0	4.949	0	5.124	3.00
1	27	1		0.00		0.2136	0	0	0	0	0	0	0.2136	0	0	3.00
1	27	2		0.00		0.2136	0	0	0	0	0	0	0.2136	0	0	3.00
1	28	1		0.00		0.07042	0	0	0	0	0	0	0.07042	0	0	3.00

Рис. Д2.1 Сталеві елементи. Перевірка (стержні плити) Схема №1

ГР	ЕЛЕМЕНТ	НП	ГРУПА	КРОК	нор %	СУ1 %	СZ1 %	СУZ %	ГУ1 %	ГZ1 %	СС %	СП %	1ГС %	2ГС %	М.С %	Довжина
1 - Переріз: 3.4.4.4 Труба кругла 273 x 40 Профіль: 273 x 40/ ГОСТ 8732-78 с изм. № 1, 2 Сортамент: Трубы стальные бесшовные горячедеформированные (ГОСТ 8732-7...																
1	801	1		0.00	25.95	18.08	18.08	19.87	0	0	24.57	0	25.96	0	24.57	6.00
1	801	2		0.00	22.39	16.87	16.87	18.04	0	0	21.57	0	22.4	0	21.57	6.00
1	802	1		0.00	22.39	16.87	16.87	18.04	0	0	21.57	0	22.4	0	21.57	6.00
1	802	2		0.00	25.95	18.08	18.08	19.87	0	0	24.57	0	25.96	0	24.57	6.00
1	803	1		0.00	25.95	18.08	18.08	19.87	0	0	24.57	0	25.96	0	24.57	6.00
1	803	2		0.00	22.39	16.87	16.87	18.04	0	0	21.57	0	22.4	0	21.57	6.00
1	804	1		0.00	25.95	18.08	18.08	19.87	0	0	24.57	0	25.96	0	24.57	6.00
1	804	2		0.00	22.39	16.87	16.87	18.04	0	0	21.57	0	22.4	0	21.57	6.00

Ферми	Колони
-------	--------

Рис. Д2.2 Сталеві елементи. Перевірка (колони). Схема №1

ГР	ЕЛЕМЕНТ	НП	ГРУПА	КРОК	Примітка	нор %	СУ1 %	С21 %	ГУ1 %	Г21 %	СС %	СП %	1ГС %	2ГС %	М.С %	Довжина
1 - Основна схема: Переріз: 1.1.1.1 Труба кругла 245 x 32 Профіль: 245 x 32/ГОСТ 8732-78 с изм. № 1, 2. Сортамент: Трубы стальные бесшовные горячедоформиро...																
1	1	1		0.00		0.07042	0	0	0	0	0	0	0.07042	0	0	3.00
1	1	2		0.00		0.07042	0	0	0	0	0	0	0.07042	0	0	3.00
1	2	1		0.00		0.2136	0	0	0	0	0	0	0.2136	0	0	3.00
1	2	2		0.00		0.2136	0	0	0	0	0	0	0.2136	0	0	3.00
1	3	1		0.00		0.2136	0	0	0	0	0	0	0.2136	0	0	3.00
1	3	2		0.00		0.2136	0	0	0	0	0	0	0.2136	0	0	3.00
1	4	1		0.00		0.07042	0	0	0	0	0	0	0.07042	0	0	3.00
1	4	2		0.00		0.07042	0	0	0	0	0	0	0.07042	0	0	3.00
1	11	1		0.00		0.05451	0	0	0	0	0	0	0.05451	0	0	3.00
1	11	2		0.00		0.05451	0	0	0	0	0	0	0.05451	0	0	3.00
1	12	1		0.00		0.09298	0	0	0	0	0	0	0.09298	0	0	3.00
1	12	2		0.00		0.09298	0	0	0	0	0	0	0.09298	0	0	3.00
1	13	1		0.00		0.08758	0	0	0	0	0	0	0.08758	0	0	3.00
1	13	2		0.00		0.08758	0	0	0	0	0	0	0.08758	0	0	3.00
1	14	1		0.00		0.09026	0	0	0	0	0	0	0.09026	0	0	3.00
1	14	2		0.00		0.09026	0	0	0	0	0	0	0.09026	0	0	3.00
1	15	1		0.00		0.08758	0	0	0	0	0	0	0.08758	0	0	3.00
1	15	2		0.00		0.08758	0	0	0	0	0	0	0.08758	0	0	3.00
1	16	1		0.00		0.09298	0	0	0	0	0	0	0.09298	0	0	3.00
1	16	2		0.00		0.09298	0	0	0	0	0	0	0.09298	0	0	3.00
1	17	1		0.00		0.05451	0	0	0	0	0	0	0.05451	0	0	3.00
1	17	2		0.00		0.05451	0	0	0	0	0	0	0.05451	0	0	3.00
1	18	1		0.00		0.2136	0	0	0	0	0	0	0.2136	0	0	3.00
1	18	2		0.00		0.2136	0	0	0	0	0	0	0.2136	0	0	3.00
1	19	1		0.00		4.949	4.949	4.949	0	0	5.124	0	4.949	0	5.124	3.00
1	19	2		0.00		4.949	4.949	4.949	0	0	5.124	0	4.949	0	5.124	3.00
1	20	1		0.00		8.22	8.22	8.22	0	0	8.511	0	8.22	0	8.511	3.00
1	20	2		0.00		8.22	8.22	8.22	0	0	8.511	0	8.22	0	8.511	3.00
1	21	1		0.00		10.05	10.05	10.05	0	0	10.4	0	10.05	0	10.4	3.00
1	21	2		0.00		10.05	10.05	10.05	0	0	10.4	0	10.05	0	10.4	3.00
1	22	1		0.00		10.86	10.86	10.86	0	0	11.25	0	10.86	0	11.25	3.00
1	22	2		0.00		10.86	10.86	10.86	0	0	11.25	0	10.86	0	11.25	3.00
1	23	1		0.00		10.86	10.86	10.86	0	0	11.25	0	10.86	0	11.25	3.00
1	23	2		0.00		10.86	10.86	10.86	0	0	11.25	0	10.86	0	11.25	3.00
1	24	1		0.00		10.05	10.05	10.05	0	0	10.4	0	10.05	0	10.4	3.00
1	24	2		0.00		10.05	10.05	10.05	0	0	10.4	0	10.05	0	10.4	3.00
1	25	1		0.00		8.22	8.22	8.22	0	0	8.511	0	8.22	0	8.511	3.00
1	25	2		0.00		8.22	8.22	8.22	0	0	8.511	0	8.22	0	8.511	3.00
1	26	1		0.00		4.949	4.949	4.949	0	0	5.124	0	4.949	0	5.124	3.00
1	26	2		0.00		4.949	4.949	4.949	0	0	5.124	0	4.949	0	5.124	3.00
1	27	1		0.00		0.2136	0	0	0	0	0	0	0.2136	0	0	3.00
1	27	2		0.00		0.2136	0	0	0	0	0	0	0.2136	0	0	3.00
1	28	1		0.00		0.07042	0	0	0	0	0	0	0.07042	0	0	3.00

Ферми Колони

Рис. Д2.3 Сталеві елементи. Підбір (стержні плити). Схема №1

ГР	ЕЛЕМЕНТ	НП	ГРУПА	П.ПЕР	КРОК	нор %	СУ1 %	СЗ1 %	СУ2 %	ГУ1 %	ГЗ1 %	СС %	СП %	1ГС %	2ГС %	М.С %	Довжина
1 - Переріз: 3.4.4.4 Труба кругла 273 x 40 Профіль: 273 x 40/ ГОСТ 8732-78 с изм. № 1, 2 Сортамент: Трубы стальные бесшовные горячедеформированные (ГОСТ 8732-7...																	
1	801			1	1 - Підбрано: 3.4.4.4 Труба кругла 273 x 8 Профіль: 273 x 8/ ГОСТ 8732-78 с изм. № 1, 2 Матеріал: S235/ GOST 27772-88/ GOST 27772 - 88												
1	801	1		1	0.00	98.72	72.04	72.04	77.83	0	0	96.22	0	98.73	0	96.22	6.00
1	801	2		1	0.00	87.01	68.37	68.37	72.19	0	0	86.26	0	87.03	0	86.26	6.00
1	802			2	2 - Підбрано: 3. Труба кругла 273 x 8 Профіль: 273 x 8/ ГОСТ 8732-78 с изм. № 1, 2 Матеріал: S235/ GOST 27772-88/ GOST 27772 - 88												
1	802	1		2	0.00	87.01	68.37	68.37	72.19	0	0	86.26	0	87.03	0	86.26	6.00
1	802	2		2	0.00	98.72	72.04	72.04	77.83	0	0	96.22	0	98.73	0	96.22	6.00
1	803	1		2	0.00	98.72	72.04	72.04	77.83	0	0	96.22	0	98.73	0	96.22	6.00
1	803	2		2	0.00	87.01	68.37	68.37	72.19	0	0	86.26	0	87.03	0	86.26	6.00
1	804	1		2	0.00	98.72	72.04	72.04	77.83	0	0	96.22	0	98.73	0	96.22	6.00
1	804	2		2	0.00	87.01	68.37	68.37	72.19	0	0	86.26	0	87.03	0	86.26	6.00

Ферми Колони

Рис. Д2.4 Сталеві елементи. Підбір(колони). Схема №1

Схема №2

ГР	ЕЛЕМЕНТ	НП	ГРУПА	КРОК	Примітка	нор %	СУ1 %	СЗ1 %	ГУ1 %	ГЗ1 %	СС %	СП %	ІГС %	ЗГС %	М.С %	Довжина
1 - Основная схема: Переріз: 1.1.1.1 Труба кругла 245 x 32 Профіль: 245 x 32/ ГОСТ 8732-78 с изм. № 1, 2 Сортамент: Трубы стальные бесшовные горячедеформиро...																
1	1	1		0.00		0.04516	0	0	0	0	0	0	0.04516	0	0	3.00
1	1	2		0.00		0.04516	0	0	0	0	0	0	0.04516	0	0	3.00
1	2	1		0.00		0.1317	0	0	0	0	0	0	0.1317	0	0	3.00
1	2	2		0.00		0.1317	0	0	0	0	0	0	0.1317	0	0	3.00
1	3	1		0.00		0.1272	0	0	0	0	0	0	0.1272	0	0	3.00
1	3	2		0.00		0.1272	0	0	0	0	0	0	0.1272	0	0	3.00
1	4	1		0.00		0.04889	0	0	0	0	0	0	0.04889	0	0	3.00
1	4	2		0.00		0.04889	0	0	0	0	0	0	0.04889	0	0	3.00
1	11	1		0.00		0.09598	0	0	0	0	0	0	0.09598	0	0	3.00
1	11	2		0.00		0.09598	0	0	0	0	0	0	0.09598	0	0	3.00
1	12	1		0.00		0.1114	0	0	0	0	0	0	0.1114	0	0	3.00
1	12	2		0.00		0.1114	0	0	0	0	0	0	0.1114	0	0	3.00
1	13	1		0.00		0.1099	0	0	0	0	0	0	0.1099	0	0	3.00
1	13	2		0.00		0.1099	0	0	0	0	0	0	0.1099	0	0	3.00
1	14	1		0.00		0.1107	0	0	0	0	0	0	0.1107	0	0	3.00
1	14	2		0.00		0.1107	0	0	0	0	0	0	0.1107	0	0	3.00
1	15	1		0.00		0.1103	0	0	0	0	0	0	0.1103	0	0	3.00
1	15	2		0.00		0.1103	0	0	0	0	0	0	0.1103	0	0	3.00
1	16	1		0.00		0.111	0	0	0	0	0	0	0.111	0	0	3.00
1	16	2		0.00		0.111	0	0	0	0	0	0	0.111	0	0	3.00
1	17	1		0.00		0.1015	0	0	0	0	0	0	0.1015	0	0	3.00
1	17	2		0.00		0.1015	0	0	0	0	0	0	0.1015	0	0	3.00
1	18	1		0.00		0.131	0	0	0	0	0	0	0.131	0	0	3.00
1	18	2		0.00		0.131	0	0	0	0	0	0	0.131	0	0	3.00
1	19	1		0.00		2.49	2.49	2.49	0	0	2.579	0	2.49	0	2.579	3.00
1	19	2		0.00		2.49	2.49	2.49	0	0	2.579	0	2.49	0	2.579	3.00
1	20	1		0.00		4.646	4.646	4.646	0	0	4.81	0	4.646	0	4.81	3.00
1	20	2		0.00		4.646	4.646	4.646	0	0	4.81	0	4.646	0	4.81	3.00
1	21	1		0.00		6.072	6.072	6.072	0	0	6.287	0	6.072	0	6.287	3.00
1	21	2		0.00		6.072	6.072	6.072	0	0	6.287	0	6.072	0	6.287	3.00
1	22	1		0.00		6.793	6.793	6.793	0	0	7.033	0	6.793	0	7.033	3.00
1	22	2		0.00		6.793	6.793	6.793	0	0	7.033	0	6.793	0	7.033	3.00
1	23	1		0.00		6.823	6.823	6.823	0	0	7.064	0	6.823	0	7.064	3.00
1	23	2		0.00		6.823	6.823	6.823	0	0	7.064	0	6.823	0	7.064	3.00
1	24	1		0.00		6.168	6.168	6.168	0	0	6.387	0	6.168	0	6.387	3.00
1	24	2		0.00		6.168	6.168	6.168	0	0	6.387	0	6.168	0	6.387	3.00
1	25	1		0.00		4.83	4.83	4.83	0	0	5.001	0	4.83	0	5.001	3.00
1	25	2		0.00		4.83	4.83	4.83	0	0	5.001	0	4.83	0	5.001	3.00
1	26	1		0.00		2.756	2.756	2.756	0	0	2.853	0	2.756	0	2.853	3.00
1	26	2		0.00		2.756	2.756	2.756	0	0	2.853	0	2.756	0	2.853	3.00
1	27	1		0.00		0.1689	0	0	0	0	0	0	0.1689	0	0	3.00
1	27	2		0.00		0.1689	0	0	0	0	0	0	0.1689	0	0	3.00
1	28	1		0.00		0.03751	0	0	0	0	0	0	0.03751	0	0	3.00

Ферми Колони

Рис. Д2.5 Сталеві елементи. Перевірка (стержні плити). Схема №2

ГР	ЕЛЕМЕНТ	НП	ГРУПА	КРОК	нор %	СУ1 %	СZ1 %	СУZ %	ГУ1 %	ГZ1 %	СС %	СП %	1ГС %	2ГС %	М.С %	Довжина
1 - Переріз: 3.4.4.4 Труба кругла 273 x 40 Профіль: 273 x 40/ ГОСТ 8732-78 с изм. № 1, 2 Сортамент: Трубы стальные бесшовные горячедеформированные (ГОСТ 8732-7...																
1	801	1		0.00	8.809	6.639	4.552	6.77	0	0	8.275	0	8.809	0	8.275	6.00
1	801	2		0.00	7.717	6.132	4.562	6.175	0	0	7.383	0	7.717	0	7.383	6.00
1	802	1		0.00	6.083	4.702	3.439	4.781	0	0	5.767	0	6.083	0	5.767	6.00
1	802	2		0.00	7.161	5.246	3.238	5.361	0	0	6.65	0	7.161	0	6.65	6.00
1	803	1		0.00	8.809	6.639	4.552	6.77	0	0	8.275	0	8.809	0	8.275	6.00
1	803	2		0.00	7.717	6.132	4.562	6.175	0	0	7.383	0	7.717	0	7.383	6.00
1	804	1		0.00	7.161	5.246	3.238	5.361	0	0	6.65	0	7.161	0	6.65	6.00
1	804	2		0.00	6.083	4.702	3.439	4.781	0	0	5.767	0	6.083	0	5.767	6.00
1	805	1		0.00	8.192	6.153	4.268	6.313	0	0	7.691	0	8.192	0	7.691	6.00
1	805	2		0.00	7.017	5.593	4.425	5.694	0	0	6.727	0	7.017	0	6.727	6.00
1	806	1		0.00	9.697	7.555	5.366	7.615	0	0	9.212	0	9.697	0	9.212	6.00
1	806	2		0.00	8.466	6.98	5.597	7.031	0	0	8.205	0	8.466	0	8.205	6.00
1	807	1		0.00	9.978	7.795	5.563	7.832	0	0	9.486	0	9.978	0	9.486	6.00
1	807	2		0.00	8.749	7.219	5.794	7.258	0	0	8.481	0	8.749	0	8.481	6.00
1	808	1		0.00	9.844	7.653	5.403	7.67	0	0	9.344	0	9.844	0	9.344	6.00
1	808	2		0.00	8.645	7.097	5.634	7.124	0	0	8.364	0	8.647	0	8.364	6.00
1	809	1		0.00	9.844	7.653	5.403	7.67	0	0	9.344	0	9.845	0	9.344	6.00
1	809	2		0.00	8.645	7.097	5.634	7.124	0	0	8.364	0	8.647	0	8.364	6.00
1	810	1		0.00	9.978	7.795	5.563	7.832	0	0	9.486	0	9.978	0	9.486	6.00
1	810	2		0.00	8.749	7.219	5.794	7.258	0	0	8.481	0	8.749	0	8.481	6.00
1	811	1		0.00	9.697	7.555	5.366	7.615	0	0	9.212	0	9.697	0	9.212	6.00
1	811	2		0.00	8.466	6.98	5.597	7.031	0	0	8.205	0	8.466	0	8.205	6.00
1	812	1		0.00	8.192	6.153	4.268	6.313	0	0	7.691	0	8.192	0	7.691	6.00
1	812	2		0.00	7.017	5.593	4.425	5.694	0	0	6.727	0	7.017	0	6.727	6.00

Рис. Д2.5 Сталеві елементи. Перевірка (колони). Схема №2

ГР	ЕЛЕМЕНТ	НП	ГРУПА	П.ПЕР	КРОК	Примітка	нор %	СУ1 %	СЗ1 %	ГУ1 %	ГЗ1 %	СС %	СП %	1ГС %	2ГС %	М.С %	Довжина
1 - Основна схема: Переріз: 1.1.1.1 Труба кругла 245 x 32 Профіль: 245 x 32/ ГОСТ 8732-78 с изм. № 1, 2. Сортамент: Трубы стальные бесшовные горячдеформиро...																	
1	1			1	0.00	5.234	0	0	0	0	0	0	0	5.234	0	0	3.00
1	1	1		1	0.00	5.234	0	0	0	0	0	0	0	5.234	0	0	3.00
1	1	2		1	0.00	5.234	0	0	0	0	0	0	0	5.234	0	0	3.00
1	2			2	0.00	15.27	0	0	0	0	0	0	0	15.27	0	0	3.00
1	2	1		2	0.00	15.27	0	0	0	0	0	0	0	15.27	0	0	3.00
1	2	2		2	0.00	15.27	0	0	0	0	0	0	0	15.27	0	0	3.00
1	3	1		2	0.00	14.74	0	0	0	0	0	0	0	14.74	0	0	3.00
1	3	2		2	0.00	14.74	0	0	0	0	0	0	0	14.74	0	0	3.00
1	4	1		2	0.00	5.666	0	0	0	0	0	0	0	5.666	0	0	3.00
1	4	2		2	0.00	5.666	0	0	0	0	0	0	0	5.666	0	0	3.00
1	11	1		2	0.00	11.12	0	0	0	0	0	0	0	11.12	0	0	3.00
1	11	2		2	0.00	11.12	0	0	0	0	0	0	0	11.12	0	0	3.00
1	12	1		2	0.00	12.92	0	0	0	0	0	0	0	12.92	0	0	3.00
1	12	2		2	0.00	12.92	0	0	0	0	0	0	0	12.92	0	0	3.00
1	13	1		2	0.00	12.74	0	0	0	0	0	0	0	12.74	0	0	3.00
1	13	2		2	0.00	12.74	0	0	0	0	0	0	0	12.74	0	0	3.00
1	14	1		2	0.00	12.83	0	0	0	0	0	0	0	12.83	0	0	3.00
1	14	2		2	0.00	12.83	0	0	0	0	0	0	0	12.83	0	0	3.00
1	15	1		2	0.00	12.78	0	0	0	0	0	0	0	12.78	0	0	3.00
1	15	2		2	0.00	12.78	0	0	0	0	0	0	0	12.78	0	0	3.00
1	16	1		2	0.00	12.87	0	0	0	0	0	0	0	12.87	0	0	3.00
1	16	2		2	0.00	12.87	0	0	0	0	0	0	0	12.87	0	0	3.00
1	17	1		2	0.00	11.76	0	0	0	0	0	0	0	11.76	0	0	3.00
1	17	2		2	0.00	11.76	0	0	0	0	0	0	0	11.76	0	0	3.00
1	18	1		2	0.00	15.19	0	0	0	0	0	0	0	15.19	0	0	3.00
1	18	2		2	0.00	15.19	0	0	0	0	0	0	0	15.19	0	0	3.00
1	19			3	0.00	96.22	96.22	96.22	0	0	0	99.76	0	96.22	0	99.76	3.00
1	19	1		3	0.00	96.22	96.22	96.22	0	0	0	99.76	0	96.22	0	99.76	3.00
1	19	2		3	0.00	96.22	96.22	96.22	0	0	0	99.76	0	96.22	0	99.76	3.00
1	20			4	0.00	96.16	96.16	96.16	0	0	0	99.98	0	96.16	0	99.98	3.00
1	20	1		4	0.00	96.16	96.16	96.16	0	0	0	99.98	0	96.16	0	99.98	3.00
1	20	2		4	0.00	96.16	96.16	96.16	0	0	0	99.98	0	96.16	0	99.98	3.00
1	21			5	0.00	96.03	96.03	96.03	0	0	0	99.38	0	96.03	0	99.38	3.00
1	21	1		5	0.00	96.03	96.03	96.03	0	0	0	99.38	0	96.03	0	99.38	3.00
1	21	2		5	0.00	96.03	96.03	96.03	0	0	0	99.38	0	96.03	0	99.38	3.00
1	22			6	0.00	96.49	96.49	96.49	0	0	0	99.85	0	96.49	0	99.85	3.00
1	22	1		6	0.00	96.49	96.49	96.49	0	0	0	99.85	0	96.49	0	99.85	3.00
1	22	2		6	0.00	96.49	96.49	96.49	0	0	0	99.85	0	96.49	0	99.85	3.00
1	23			7	0.00	96.28	96.28	96.28	0	0	0	99.89	0	96.28	0	99.89	3.00
1	23	1		7	0.00	96.28	96.28	96.28	0	0	0	99.89	0	96.28	0	99.89	3.00
1	23	2		7	0.00	96.28	96.28	96.28	0	0	0	99.89	0	96.28	0	99.89	3.00
1	24			8	0.00	95.75	95.75	95.75	0	0	0	99.71	0	95.75	0	99.71	3.00
1	24	1		8	0.00	95.75	95.75	95.75	0	0	0	99.71	0	95.75	0	99.71	3.00

Рис. Д2.5 Сталеві елементи. Підбір (стержні плити). Схема №2

ГР	ЕЛЕМЕНТ	НП	ГРУПА	П.ПЕР	КРОК	нор %	СУ1 %	СЗ1 %	СУ2 %	ГУ1 %	ГЗ1 %	СС %	СП %	1ГС %	2ГС %	М.С %	Довжина
1 - Переріз: 3.4.4.4 Труба кругла 273 x 40 Профіль: 273 x 40/ ГОСТ 8732-78 с изм. № 1, 2 Сортамент: Трубы стальные бесшовные горячедеформированные (ГОСТ 8732-7...																	
1	801			1	0.00	98.97	73.03	46.82	74.76	0	0	94.08	0	98.97	0	94.08	6.00
1	801	1		1	0.00	98.97	73.03	46.82	74.76	0	0	94.08	0	98.97	0	94.08	6.00
1	801	2		1	0.00	85.13	66.05	46.48	66.61	0	0	82.41	0	85.13	0	82.41	6.00
1 - Підбірано: 3.4.4.4 Труба кругла 180 x 5 Профіль: 180 x 5/ ГОСТ 8732-78 с изм. № 1, 2 Матеріал: S235/ GOST 27772-88/ GOST 27772 - 88																	
1	802			2	0.00	81.11	59.95	38.74	61.4	0	0	76.7	0	81.11	0	76.7	6.00
1	802	1		2	0.00	81.11	59.95	38.74	61.4	0	0	76.7	0	81.11	0	76.7	6.00
1	802	2		2	0.00	99.52	70.54	36.69	72.75	0	0	92.31	0	99.52	0	92.31	6.00
1 - Підбірано: 3. Труба кругла 152 x 5.5 Профіль: 152 x 5.5/ ГОСТ 8732-78 с изм. № 1, 2 Матеріал: S235/ GOST 27772-88/ GOST 27772 - 88																	
1	803			3	0.00	98.97	73.03	46.82	74.76	0	0	94.08	0	98.97	0	94.08	6.00
1	803	1		3	0.00	98.97	73.03	46.82	74.76	0	0	94.08	0	98.97	0	94.08	6.00
1	803	2		3	0.00	85.13	66.05	46.48	66.61	0	0	82.41	0	85.13	0	82.41	6.00
1	804	1		2	0.00	99.52	70.54	36.69	72.75	0	0	92.31	0	99.52	0	92.31	6.00
1	804	2		2	0.00	81.11	59.95	38.74	61.4	0	0	76.7	0	81.11	0	76.7	6.00
1	805	1		3	0.00	92.11	67.72	44.05	69.83	0	0	87.5	0	92.11	0	87.5	6.00
1	805	2		3	0.00	77.23	60.14	45.48	61.44	0	0	74.92	0	77.23	0	74.92	6.00
1 - Підбірано: 3. Труба кругла 194 x 5 Профіль: 194 x 5/ ГОСТ 8732-78 с изм. № 1, 2 Матеріал: S235/ GOST 27772-88/ GOST 27772 - 88																	
1	806			4	0.00	96.02	73.77	50.62	74.42	0	0	92.81	0	96.02	0	92.81	6.00
1	806	1		4	0.00	96.02	73.77	50.62	74.42	0	0	92.81	0	96.02	0	92.81	6.00
1	806	2		4	0.00	82.88	67.53	52.8	68.08	0	0	81.74	0	82.88	0	81.74	6.00
1	807	1		4	0.00	98.75	76.05	52.48	76.46	0	0	95.52	0	98.75	0	95.52	6.00
1	807	2		4	0.00	85.63	69.84	54.66	70.25	0	0	84.48	0	85.63	0	84.48	6.00
1	808	1		4	0.00	97.51	74.79	50.97	74.97	0	0	94.17	0	97.52	0	94.17	6.00
1	808	2		4	0.00	84.71	68.67	53.15	68.96	0	0	83.4	0	84.73	0	83.4	6.00
1	809	1		4	0.00	97.51	74.79	50.97	74.97	0	0	94.17	0	97.52	0	94.17	6.00
1	809	2		4	0.00	84.71	68.67	53.15	68.96	0	0	83.4	0	84.73	0	83.4	6.00
1	810	1		4	0.00	98.75	76.05	52.48	76.46	0	0	95.52	0	98.75	0	95.52	6.00
1	810	2		4	0.00	85.63	69.84	54.66	70.25	0	0	84.48	0	85.63	0	84.48	6.00
1	811	1		4	0.00	96.02	73.77	50.62	74.42	0	0	92.81	0	96.02	0	92.81	6.00
1	811	2		4	0.00	82.88	67.53	52.8	68.08	0	0	81.74	0	82.88	0	81.74	6.00
1	812	1		3	0.00	92.11	67.72	44.05	69.83	0	0	87.5	0	92.11	0	87.5	6.00
1	812	2		3	0.00	77.23	60.14	45.48	61.44	0	0	74.92	0	77.23	0	74.92	6.00

Рис. Д2.5 Сталеві елементи. Підбір (колони). Схема №2

Схема №3

ГР	ЕЛЕМЕНТ	НП	ГРУПА	КРОК	Примітка	нор %	СУ1 %	СZ1 %	ГУ1 %	ГZ1 %	СС %	СП %	1ГС %	2ГС %	М.С %	Довжина
1 - Основна схема: Переріз: 1.1.1.1 Труба кругла 245 x 32 Профіль: 245 x 32/ ГОСТ 8732-78 с изм. № 1, 2 Сортамент: Трубы стальные бесшовные горячедформиро...																
1	1	1		0.00		0.06216	0	0	0	0	0	0	0.06216	0	0	3.00
1	1	2		0.00		0.06216	0	0	0	0	0	0	0.06216	0	0	3.00
1	2	1		0.00		0.1164	0	0	0	0	0	0	0.1164	0	0	3.00
1	2	2		0.00		0.1164	0	0	0	0	0	0	0.1164	0	0	3.00
1	3	1		0.00		0.1164	0	0	0	0	0	0	0.1164	0	0	3.00
1	3	2		0.00		0.1164	0	0	0	0	0	0	0.1164	0	0	3.00
1	4	1		0.00		0.06216	0	0	0	0	0	0	0.06216	0	0	3.00
1	4	2		0.00		0.06216	0	0	0	0	0	0	0.06216	0	0	3.00
1	11	1		0.00		0.1029	0	0	0	0	0	0	0.1029	0	0	3.00
1	11	2		0.00		0.1029	0	0	0	0	0	0	0.1029	0	0	3.00
1	12	1		0.00		0.1049	0	0	0	0	0	0	0.1049	0	0	3.00
1	12	2		0.00		0.1049	0	0	0	0	0	0	0.1049	0	0	3.00
1	13	1		0.00		0.1138	0	0	0	0	0	0	0.1138	0	0	3.00
1	13	2		0.00		0.1138	0	0	0	0	0	0	0.1138	0	0	3.00
1	14	1		0.00		0.1067	0	0	0	0	0	0	0.1067	0	0	3.00
1	14	2		0.00		0.1067	0	0	0	0	0	0	0.1067	0	0	3.00
1	15	1		0.00		0.1138	0	0	0	0	0	0	0.1138	0	0	3.00
1	15	2		0.00		0.1138	0	0	0	0	0	0	0.1138	0	0	3.00
1	16	1		0.00		0.1049	0	0	0	0	0	0	0.1049	0	0	3.00
1	16	2		0.00		0.1049	0	0	0	0	0	0	0.1049	0	0	3.00
1	17	1		0.00		0.1029	0	0	0	0	0	0	0.1029	0	0	3.00
1	17	2		0.00		0.1029	0	0	0	0	0	0	0.1029	0	0	3.00
1	18	1		0.00		0.1164	0	0	0	0	0	0	0.1164	0	0	3.00
1	18	2		0.00		0.1164	0	0	0	0	0	0	0.1164	0	0	3.00
1	19	1		0.00		1.155	0	0	0	0	0	0	1.155	0	0	3.00
1	19	2		0.00		1.155	0	0	0	0	0	0	1.155	0	0	3.00
1	20	1		0.00		0.7949	0	0	0	0	0	0	0.7949	0	0	3.00
1	20	2		0.00		0.7949	0	0	0	0	0	0	0.7949	0	0	3.00
1	21	1		0.00		1.054	1.054	1.054	0	0	1.092	0	1.054	0	1.092	3.00
1	21	2		0.00		1.054	1.054	1.054	0	0	1.092	0	1.054	0	1.092	3.00
1	22	1		0.00		1.938	1.938	1.938	0	0	2.007	0	1.938	0	2.007	3.00
1	22	2		0.00		1.938	1.938	1.938	0	0	2.007	0	1.938	0	2.007	3.00
1	23	1		0.00		1.938	1.938	1.938	0	0	2.007	0	1.938	0	2.007	3.00
1	23	2		0.00		1.938	1.938	1.938	0	0	2.007	0	1.938	0	2.007	3.00
1	24	1		0.00		1.054	1.054	1.054	0	0	1.092	0	1.054	0	1.092	3.00
1	24	2		0.00		1.054	1.054	1.054	0	0	1.092	0	1.054	0	1.092	3.00
1	25	1		0.00		0.7949	0	0	0	0	0	0	0.7949	0	0	3.00
1	25	2		0.00		0.7949	0	0	0	0	0	0	0.7949	0	0	3.00
1	26	1		0.00		1.155	0	0	0	0	0	0	1.155	0	0	3.00
1	26	2		0.00		1.155	0	0	0	0	0	0	1.155	0	0	3.00
1	27	1		0.00		0.1164	0	0	0	0	0	0	0.1164	0	0	3.00
1	27	2		0.00		0.1164	0	0	0	0	0	0	0.1164	0	0	3.00
1	28	1		0.00		0.06216	0	0	0	0	0	0	0.06216	0	0	3.00

Рис. Д2.6 Сталеві елементи. Перевірка (стержні плити) Схема №3

ГР	ЕЛЕМЕНТ	НП	ГРУПА	КРОК	нор %	СУ1 %	С21 %	СУ2 %	ГУ1 %	Г21 %	СС %	СП %	1ГС %	2ГС %	М.С %	Довжина
1 - Переріз: 3.4.4.4 Труба кругла 273 x 40 Профіль: 273 x 40/ ГОСТ 8732-78 с изм. № 1, 2. Сортумент: Трубы стальные бесшовные горячедеформированные (ГОСТ 8732-7...																
1	806	1		0.00	15.69	14.45	14.45	14.69	0	0	15.87	0	15.69	0	15.87	4.00
1	806	2		0.00	15.53	14.4	14.4	14.62	0	0	15.73	0	15.53	0	15.73	4.00
1	811	1		0.00	15.69	14.45	14.45	14.69	0	0	15.87	0	15.69	0	15.87	4.00
1	811	2		0.00	15.53	14.4	14.4	14.62	0	0	15.73	0	15.53	0	15.73	4.00
1	816	1		0.00	15.69	14.45	14.45	14.69	0	0	15.87	0	15.69	0	15.87	4.00
1	816	2		0.00	15.53	14.4	14.4	14.62	0	0	15.73	0	15.53	0	15.73	4.00
1	821	1		0.00	15.69	14.45	14.45	14.69	0	0	15.87	0	15.69	0	15.87	4.00
1	821	2		0.00	15.53	14.4	14.4	14.62	0	0	15.73	0	15.53	0	15.73	4.00

Рис. Д2.7 Сталеві елементи. Перевірка (колони) Схема №3

ГР	ЕЛЕМЕНТ	НП	ГРУПА	П.ПЕР	КРОК	Примітка	нор %	СУ1 %	СZ1 %	ГУ1 %	ГZ1 %	СС %	СП %	1ГС %	2ГС %	М.С %	Довжина
1 - Основна схема: Переріз: 1.1.1.1 Труба кругла 245 x 32 Профіль: 245 x 32/ ГОСТ 8732-78 с изм. № 1, 2 Сортакмент: Трубы стальные бесшовные горячедоформиро...																	
1	1			1	0.00	1 - Підбірано: 1.1.1.1 Труба кругла 25 x 2.5 Профіль: 25 x 2.5/ ГОСТ 8732-78 с изм. № 1, 2 Матеріал: S235/ GOST 27772-88/ GOST 27772 - 88	7.204	0	0	0	0	0	0	7.204	0	0	3.00
1	1	1		1	0.00		7.204	0	0	0	0	0	0	7.204	0	0	3.00
1	1	2		1	0.00		7.204	0	0	0	0	0	0	7.204	0	0	3.00
1	2			2	0.00	2 - Підбірано: 1. Труба кругла 25 x 2.5 Профіль: 25 x 2.5/ ГОСТ 8732-78 с изм. № 1, 2 Матеріал: S235/ GOST 27772-88/ GOST 27772 - 88	13.49	0	0	0	0	0	0	13.49	0	0	3.00
1	2	1		2	0.00		13.49	0	0	0	0	0	0	13.49	0	0	3.00
1	2	2		2	0.00		13.49	0	0	0	0	0	0	13.49	0	0	3.00
1	3	1		2	0.00		13.49	0	0	0	0	0	0	13.49	0	0	3.00
1	3	2		2	0.00		13.49	0	0	0	0	0	0	13.49	0	0	3.00
1	4	1		2	0.00		7.204	0	0	0	0	0	0	7.204	0	0	3.00
1	4	2		2	0.00		7.204	0	0	0	0	0	0	7.204	0	0	3.00
1	11	1		2	0.00		11.93	0	0	0	0	0	0	11.93	0	0	3.00
1	11	2		2	0.00		11.93	0	0	0	0	0	0	11.93	0	0	3.00
1	12	1		2	0.00		12.16	0	0	0	0	0	0	12.16	0	0	3.00
1	12	2		2	0.00		12.16	0	0	0	0	0	0	12.16	0	0	3.00
1	13	1		2	0.00		13.19	0	0	0	0	0	0	13.19	0	0	3.00
1	13	2		2	0.00		13.19	0	0	0	0	0	0	13.19	0	0	3.00
1	14	1		2	0.00		12.37	0	0	0	0	0	0	12.37	0	0	3.00
1	14	2		2	0.00		12.37	0	0	0	0	0	0	12.37	0	0	3.00
1	15	1		2	0.00		13.19	0	0	0	0	0	0	13.19	0	0	3.00
1	15	2		2	0.00		13.19	0	0	0	0	0	0	13.19	0	0	3.00
1	16	1		2	0.00		12.16	0	0	0	0	0	0	12.16	0	0	3.00
1	16	2		2	0.00		12.16	0	0	0	0	0	0	12.16	0	0	3.00
1	17	1		2	0.00		11.93	0	0	0	0	0	0	11.93	0	0	3.00
1	17	2		2	0.00		11.93	0	0	0	0	0	0	11.93	0	0	3.00
1	18	1		2	0.00		13.49	0	0	0	0	0	0	13.49	0	0	3.00
1	18	2		2	0.00		13.49	0	0	0	0	0	0	13.49	0	0	3.00
1	19			3	0.00	3 - Підбірано: 1. Труба кругла 32 x 2.8 Профіль: 32 x 2.8/ ГОСТ 8732-78 с изм. № 1, 2 Матеріал: S235/ GOST 27772-88/ GOST 27772 - 88	92.11	0	0	0	0	0	0	92.11	0	0	3.00
1	19	1		3	0.00		92.11	0	0	0	0	0	0	92.11	0	0	3.00
1	19	2		3	0.00		92.11	0	0	0	0	0	0	92.11	0	0	3.00
1	20	1		2	0.00		92.13	0	0	0	0	0	0	92.13	0	0	3.00
1	20	2		2	0.00		92.13	0	0	0	0	0	0	92.13	0	0	3.00
1	21			4	0.00	4 - Підбірано: 1. Труба кругла 32 x 2.5 Профіль: 32 x 2.5/ ГОСТ 8732-78 с изм. № 1, 2 Матеріал: S235/ GOST 27772-88/ GOST 27772 - 88	93.22	93.22	93.22	0	0	96.87	0	93.22	0	96.87	3.00
1	21	1		4	0.00		93.22	93.22	93.22	0	0	96.87	0	93.22	0	96.87	3.00
1	21	2		4	0.00		93.22	93.22	93.22	0	0	96.87	0	93.22	0	96.87	3.00
1	22			5	0.00	5 - Підбірано: 1. Труба кругла 25 x 7.5 Профіль: 25 x 7.5/ ГОСТ 8732-78 с изм. № 1, 2 Матеріал: S235/ GOST 27772-88/ GOST 27772 - 88	96.26	96.26	96.26	0	0	99.39	0	96.26	0	99.39	3.00
1	22	1		5	0.00		96.26	96.26	96.26	0	0	99.39	0	96.26	0	99.39	3.00
1	22	2		5	0.00		96.26	96.26	96.26	0	0	99.39	0	96.26	0	99.39	3.00
1	23	1		5	0.00		96.26	96.26	96.26	0	0	99.39	0	96.26	0	99.39	3.00
1	23	2		5	0.00		96.26	96.26	96.26	0	0	99.39	0	96.26	0	99.39	3.00
1	24	1		4	0.00		93.22	93.22	93.22	0	0	96.87	0	93.22	0	96.87	3.00
1	24	2		4	0.00		93.22	93.22	93.22	0	0	96.87	0	93.22	0	96.87	3.00
1	25	1		2	0.00		92.13	0	0	0	0	0	0	92.13	0	0	3.00
1	25	2		2	0.00		92.13	0	0	0	0	0	0	92.13	0	0	3.00

Рис. Д2.9 Сталеві елементи. Підбір (стержні плити). Схема №3

ГР	ЕЛЕМЕНТ	НП	ГРУПА	П.ПЕР	КРОК	нор %	СУ1 %	СЗ1 %	СУЗ %	ГУ1 %	ГЗ1 %	СС %	СП %	1ГС %	2ГС %	М.С %	Довжина
1 - Переріз: 3.4.4.4 Труба кругла 273 x 40 Профіль: 273 x 40/ ГОСТ 8732-78 с изм. № 1, 2 Сортамент: Трубы стальные бесшовные горячедеформированные (ГОСТ 8732-7...																	
1	806			1	0.00	96.35	88.15	88.15	89.73	0	0	98.64	0	96.35	0	98.64	4.00
1	806	1		1	0.00	96.35	88.15	88.15	89.73	0	0	98.64	0	96.35	0	98.64	4.00
1	806	2		1	0.00	95.26	87.82	87.82	89.25	0	0	97.72	0	95.27	0	97.72	4.00
1	811			2	0.00	96.35	88.15	88.15	89.73	0	0	98.64	0	96.35	0	98.64	4.00
1	811	1		2	0.00	96.35	88.15	88.15	89.73	0	0	98.64	0	96.35	0	98.64	4.00
1	811	2		2	0.00	95.26	87.82	87.82	89.25	0	0	97.72	0	95.27	0	97.72	4.00
1	816	1		2	0.00	96.35	88.15	88.15	89.73	0	0	98.64	0	96.35	0	98.64	4.00
1	816	2		2	0.00	95.26	87.82	87.82	89.25	0	0	97.72	0	95.27	0	97.72	4.00
1	821	1		2	0.00	96.35	88.15	88.15	89.73	0	0	98.64	0	96.35	0	98.64	4.00
1	821	2		2	0.00	95.26	87.82	87.82	89.25	0	0	97.72	0	95.27	0	97.72	4.00

Ферми Колони

Рис. Д2.10 Сталеві елементи. Підбір (колони). Схема №3

Схема №1

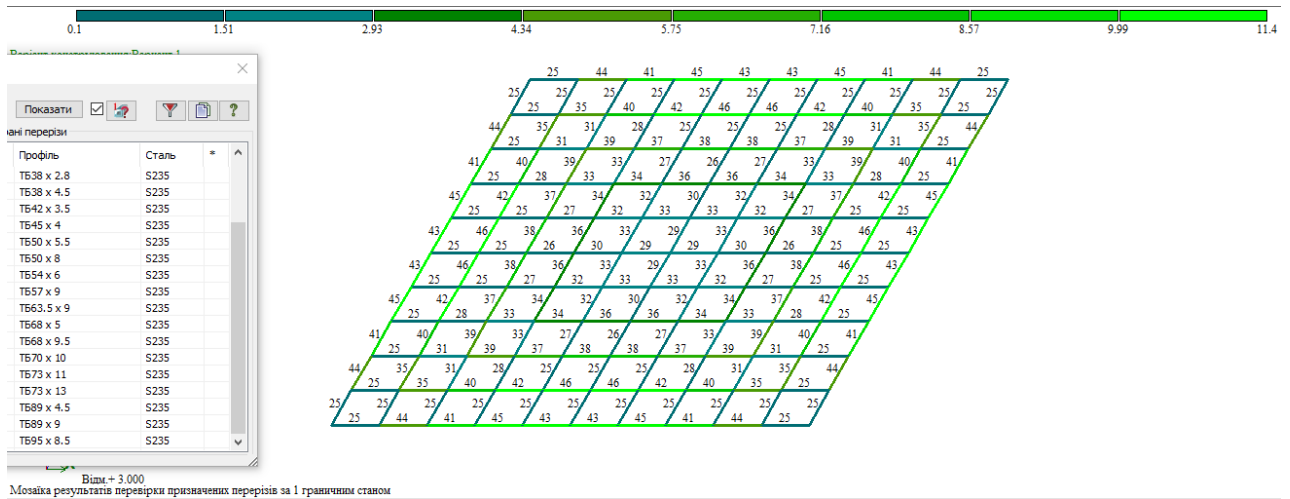


Рис. Д2.11 Підібрані перерізи для верхнього поясу схеми №1(46 ТБ95 x 8.5 S235)

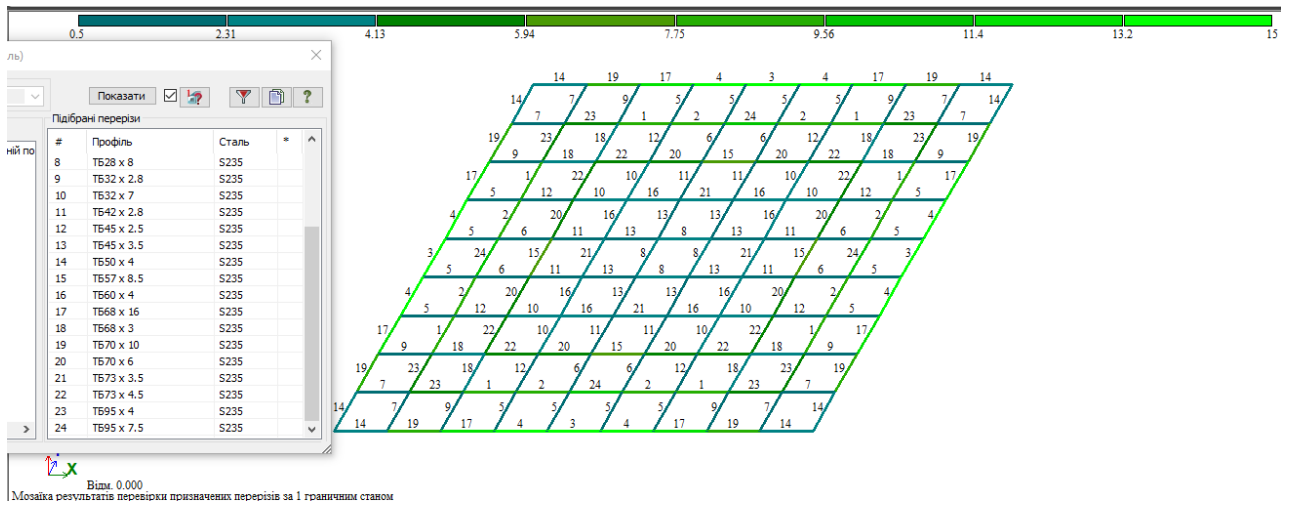
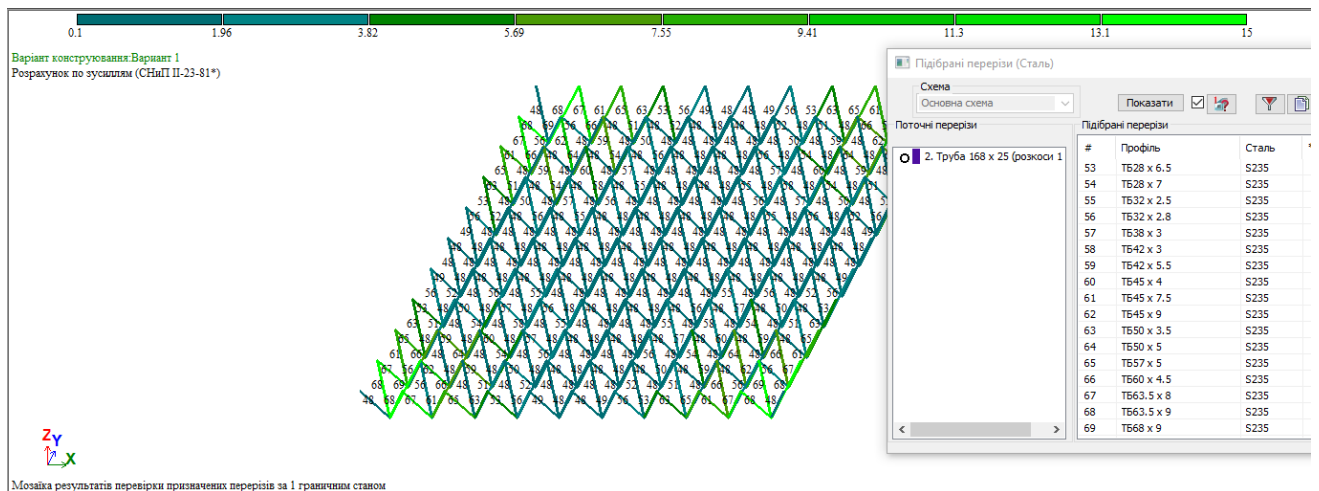
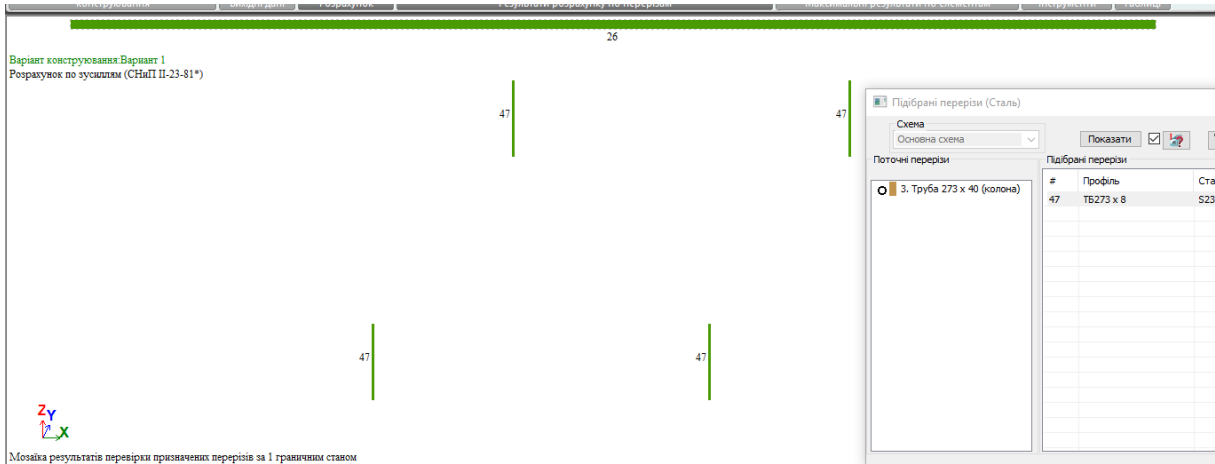


Рис. Д2.12 Підібрані перерізи для нижнього поясу схеми №1(24 ТБ95 x 7.5 S235)

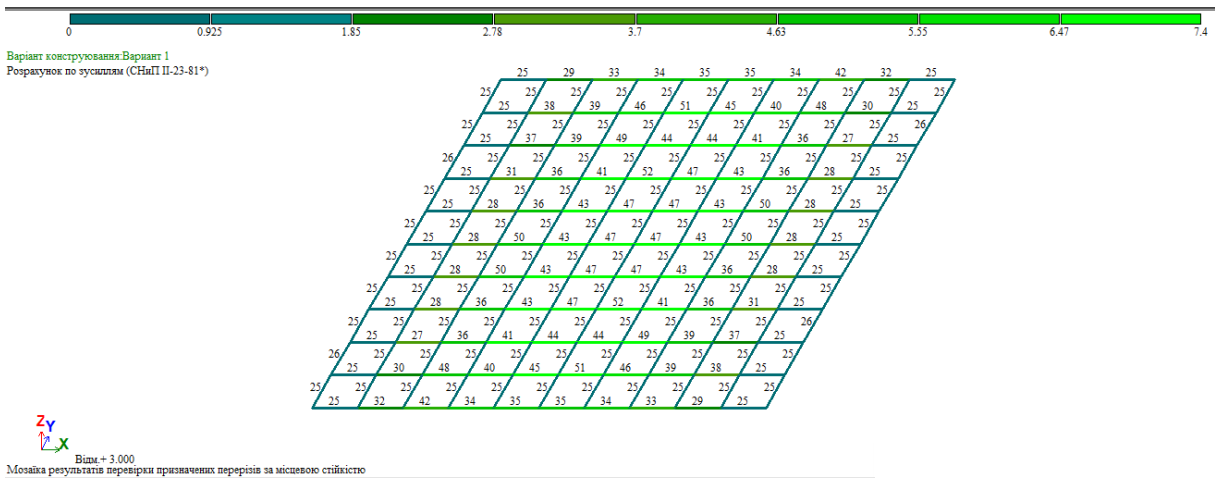


Д2.13 Підібрані перерізи для розкосів схеми №1(69 ТБ68 x 9 S235)



Д2.14 Підібрані перерізи для колон схеми №1 (47 ТБ273 x 8 S235)

Схема 2



Д2.15 Підібрані перерізи для верхнього поясу схеми №2 (52;ТБ76 x 7 ;S235)

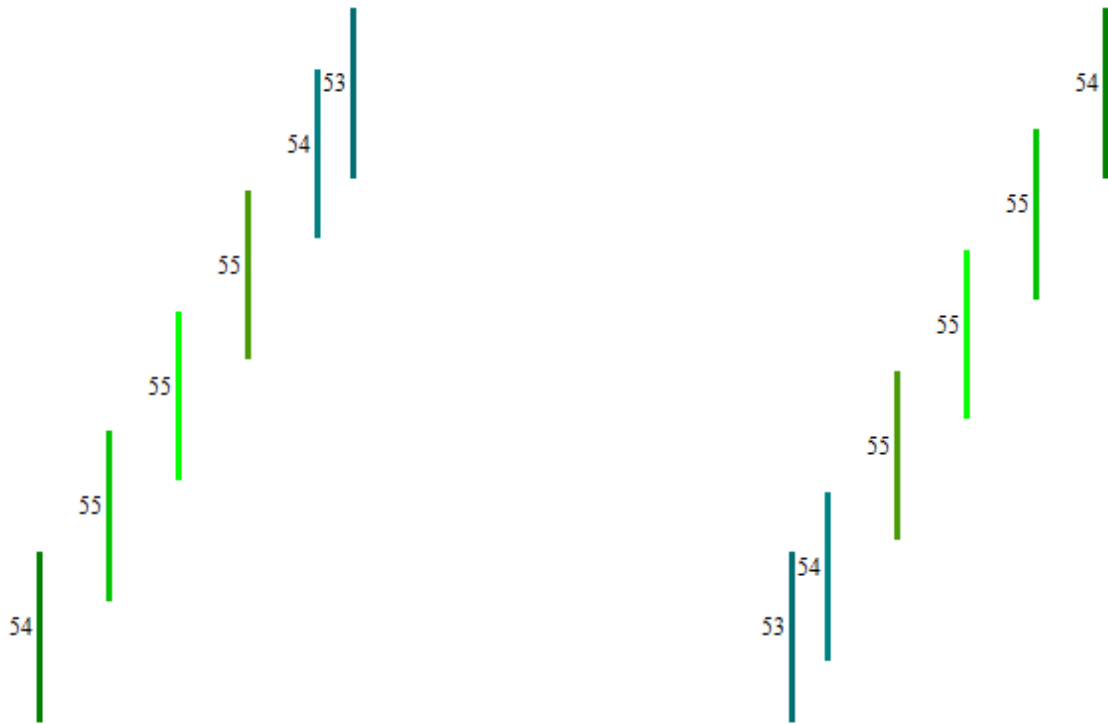
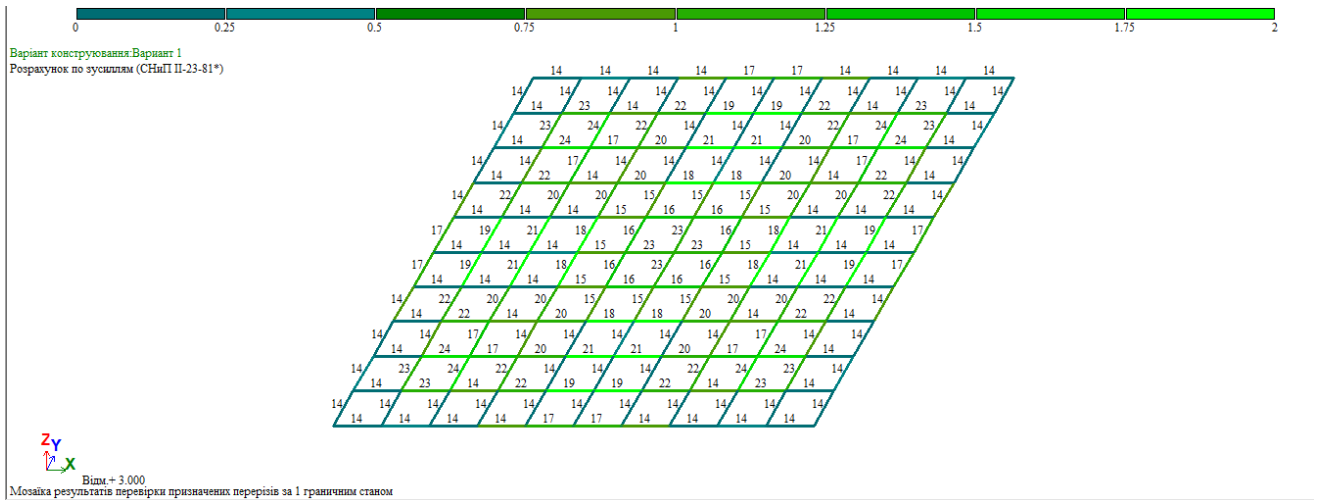


Рис Д2.19 Підібрані перерізи для колон за схемою №2 (55; ТБ194 х 5 ; S235)

Схема 3



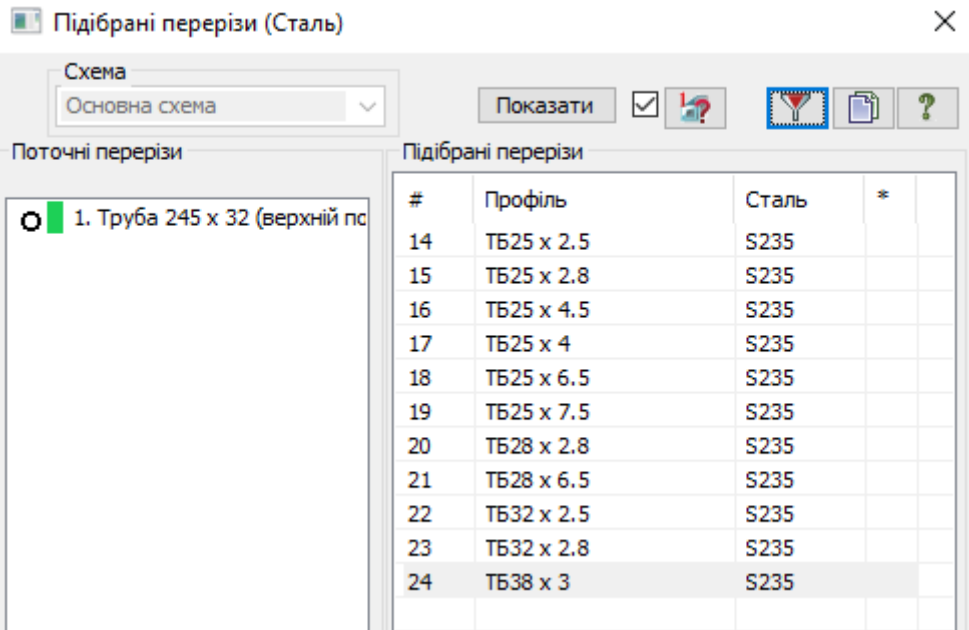


Рис Д2.20 Підібрані перерізи для верхнього поясу схеми №3 (24 ТБ38 x 3 S235)

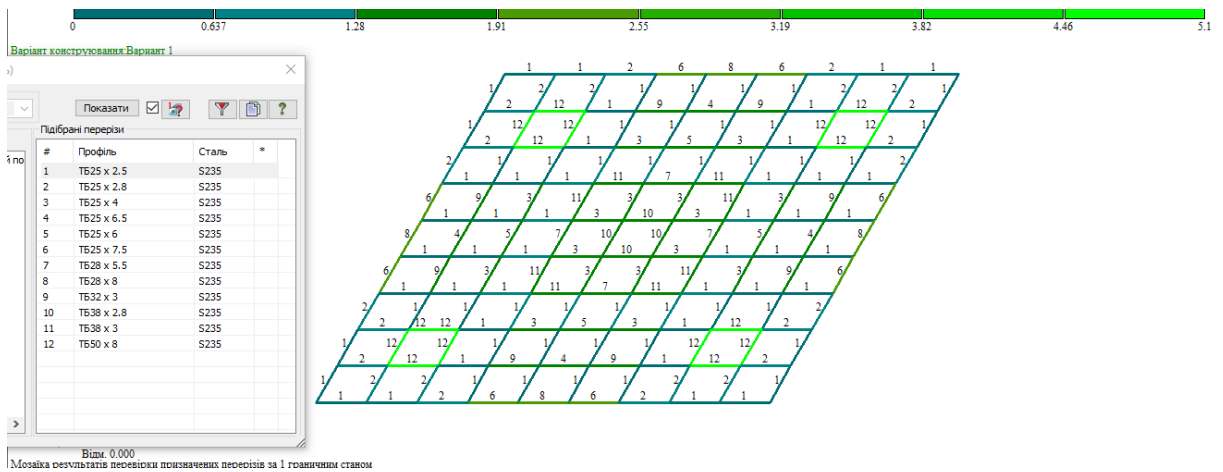


Рис. Д2.21 Підібрані перерізи для нижнього поясу схеми №3 (12; ТБ50 x 8 ; S235)

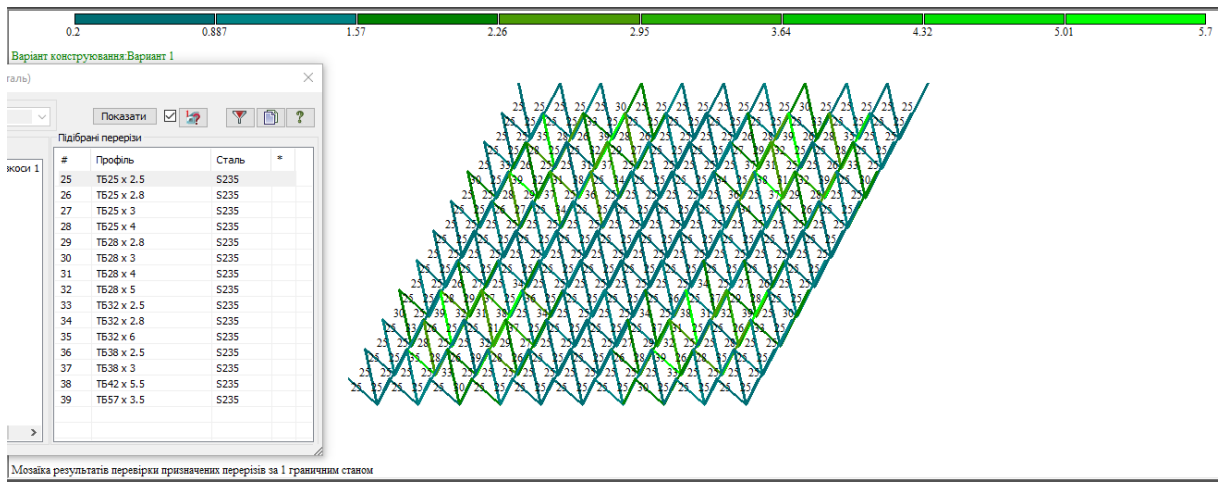


Рис. Д2.22 Підібрані перерізи для розкосів схеми №3 (39 ТБ57 x 3.5 S235)

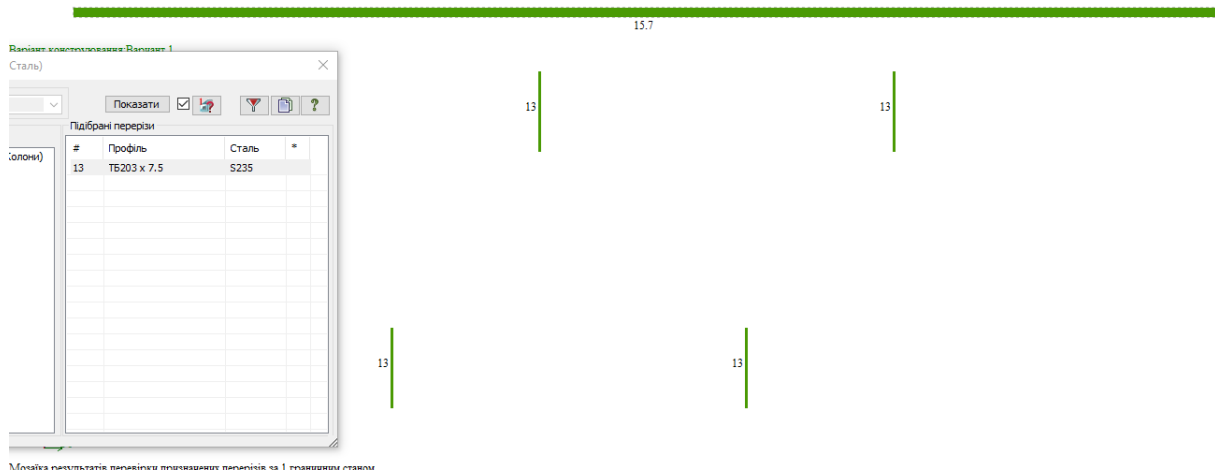


Рис. Д2.23 Підібрані перерізи для колон №3 (№13 , ТБ203 х 7.5, S235)

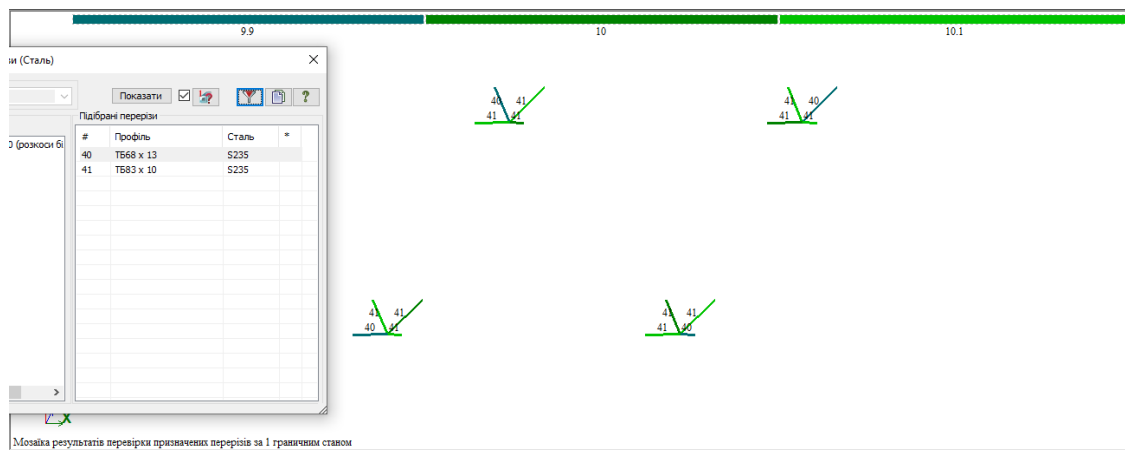


Рис. Д2.24 Підібрані перерізи для колон №3 (№41 ТБ83 х 10 , S235)

Метод регуляції зусиль в структурній плиті

Виконав: студент –магістр Сімонов А.Б.

Керівник: к.т.н., доцент Срібняк Н.М.



Метою роботи є визначення найменш матеріалоемної моделі структурної плити. Регуляторам напружень прийнято три варіанти розташування опорних колоною

Задачі роботи:

- класифікація типів стержньових плит, що являють інтерес для практики будівельного проектування та вибір для дослідження структури певного типу;
- створення кінцевоелементних моделей плит в ПК Ліра-САПР для дослідження їх статичної роботи при зміні схеми розташування колон та їх кількості;
- аналіз результатів статичного розрахунку та вибір найбільш ефективної за критерієм найменшої ваги при збереженні достатньої технологічності моделі.

Об'єкт дослідження – структурні стержньові плити покриття з поясними сітками із квадратних ячеек, що мають різну кількість опор .

Предмет дослідження – напружено-деформований стан структурних стержньових плит покриття з поясними сітками із квадратних ячеек, що мають різну кількість опор та крок їх розташування.

Методи дослідження – метод комп'ютерного моделювання конструкцій із застосуванням програмних комплексів, що реалізують метод кінцевих елементів (ПК ЛИРА-САПР).

Практичне значення отриманих результатів

- Результати досліджень дозволяють визначити з декількох можливих стержньових структурних плит покриття найбільш ефективну за критерієм ефективної матеріалоемності, тобто за критерієм найменшої ваги конструкції.

Структурні плити (структури)

- це просторові стрижневі конструкції, схожі за своєю будовою з кристалічними ґратами металу і мають ряд позитивних властивостей: багатозв'язність, універсальність, можливість виготовлення на потокових високопродуктивних технологічних лініях, простота транспортування.
- Структурна система не має традиційних для металевих конструкцій зв'язків і в ряді випадків прогонів. Їх функції виконують несучі стрижні поясних сіток і похилі решітки.
- Структура в цілому є геометрично незмінною системою без будь-яких зв'язків; роль зв'язків виконують похилі розкоси.

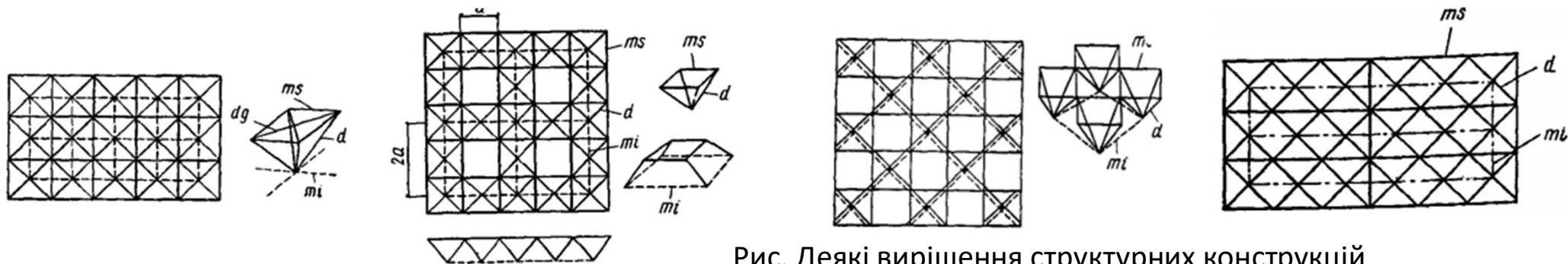
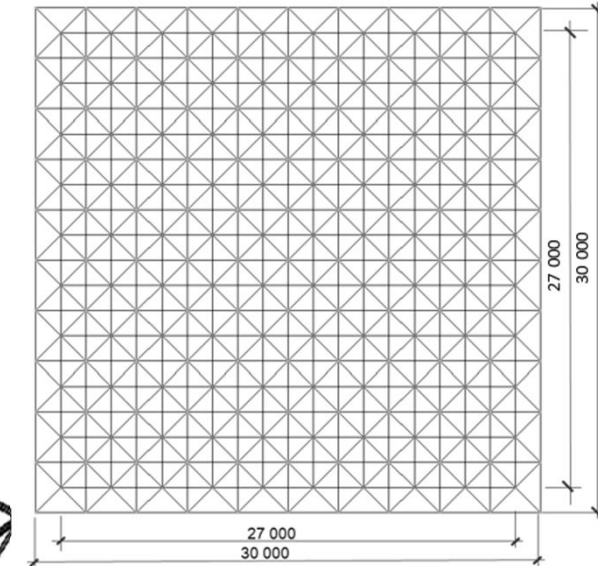
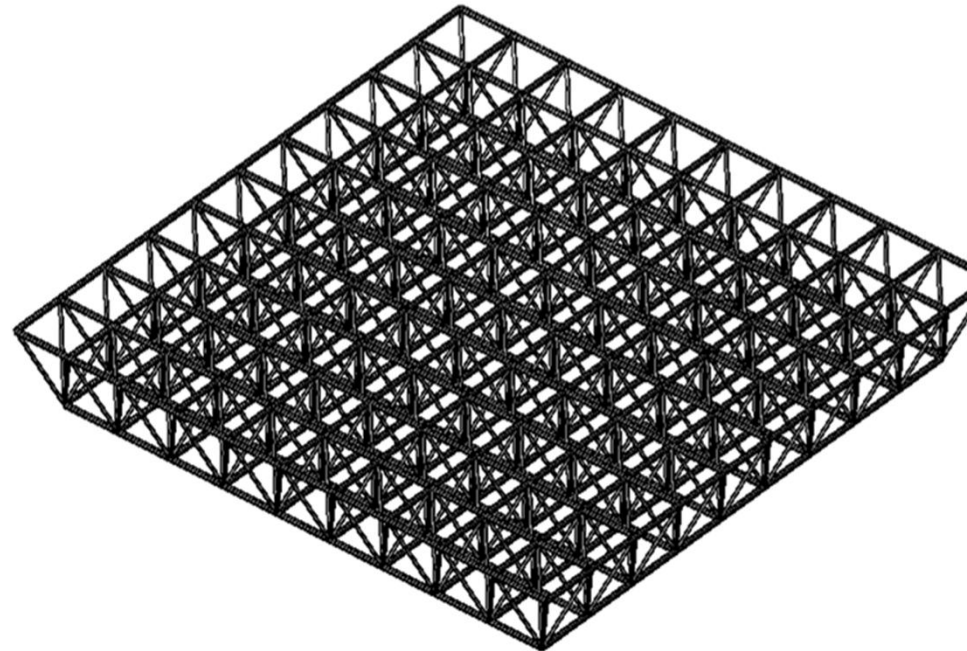
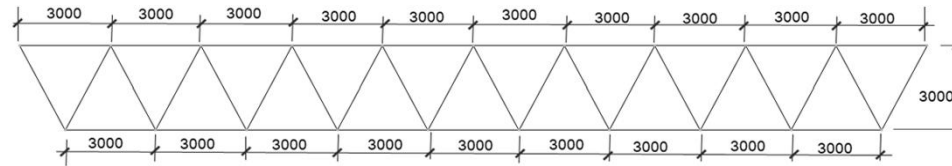
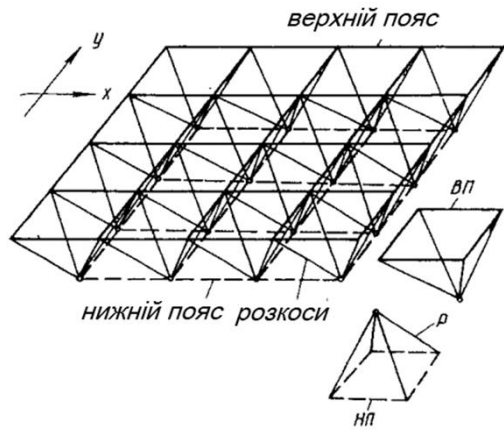


Рис. Деякі вирішення структурних конструкцій

Переваги структур

- просторовість роботи системи;
- підвищена надійність від раптових руйнувань;
- зниження будівельної висоти покриття (перекриття);
- можливість перекриття великих прольотів;
- зручність проектування ліній підвісного транспорту та підвісних стель;
- можливість вільної розстановки обладнання (на перекриттях);
- полегшення огорожувальних конструкцій покрівлі завдяки частій сітці вузлів;
- максимальна уніфікація вузлів і стрижневих елементів;
- потокове виготовлення металевих конструкцій на високопродуктивних технологічних лініях;
- зниження витрат на транспорт та можливість доставки у віддалені і важкодоступні місця;

Конструкція , що досліджується



Система типу похилих перехресних ферм двох напрямків, що застосовується для моделювання структурної плити

Кристали структурної плити мають форму піраміди з квадратною основою.

Вид в площині XOY

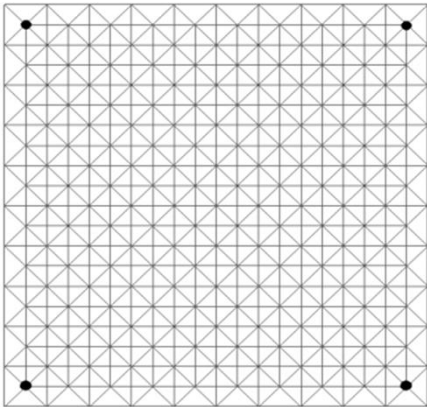
Рис. Просторова модель плити-структури 30x30 м

Регулювання напружено-деформованого стану (НДС)

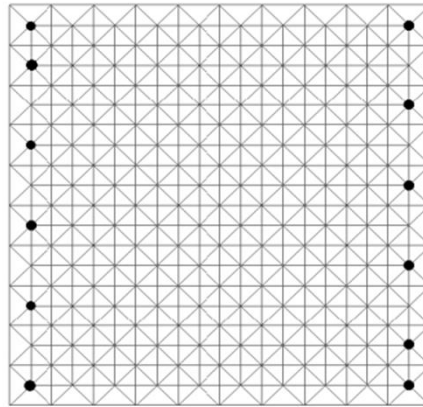
конструкції

- Регуляторами зусиль в стержнях структури приймемо кількість колон та характер їх розташування на плані

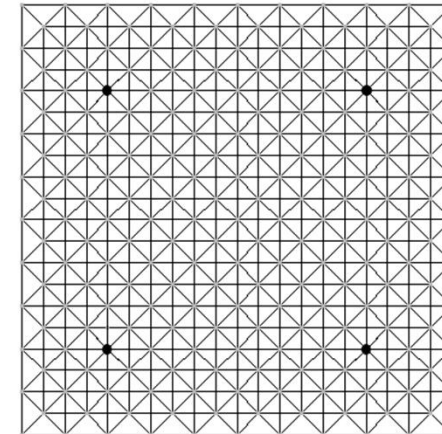
Варіанти розташування колон



Варіант 1 (по чотирьом кутам нижнього поясу)



Варіант 2 (по двом сторонам нижнього поясу)

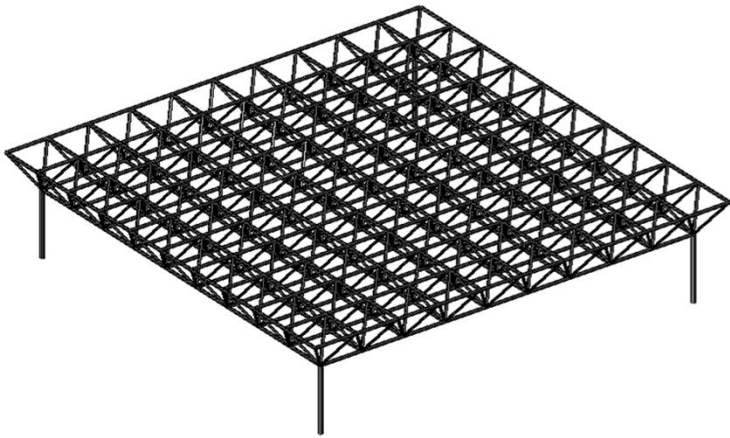


Варіант 3 (спирання на 4 колони що зміщено на 3,0 м вглиб поля плити)

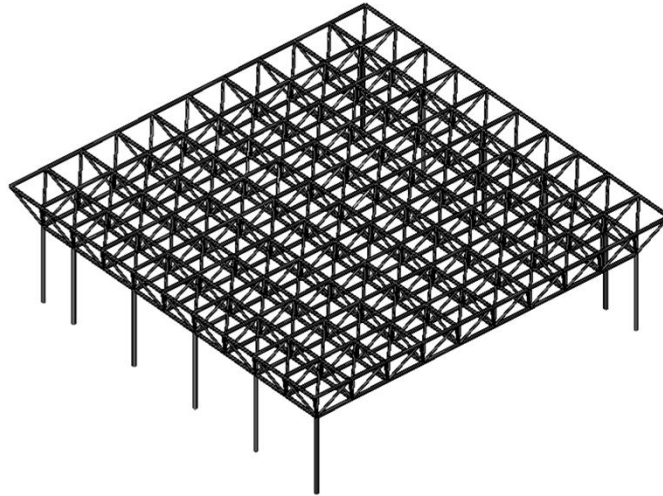
Відстань між колонами та їх кількість

№ схеми	Відстань між колонами, м	Кількість колон
1	27	4
2	6,0 та 3,0	12
3	18	4

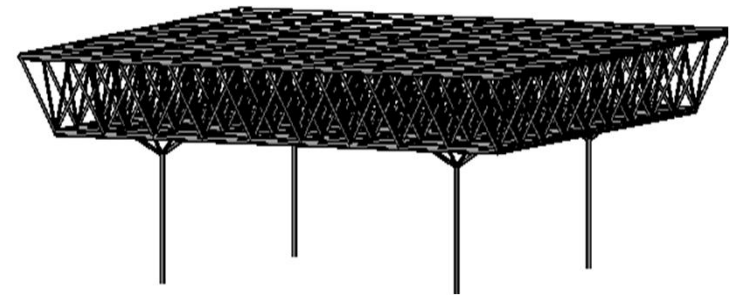
- Розміри плити в плані, навантаження, що діє, тип базової ячейки (кристала) прийняті у вигляді параметрів, що не змінюються.
- Колони для схем №№1 та 2 прийнято довжиною 6,0 м із гарячекатаної труби 273x40 мм, а для схеми №3 – довжиною в 5,0 м із труби такого ж профілю.
- Спирання на колони структурної плити на колони здійснюється по нижньому поясу



Модель 1 (по чотирьох кутах нижнього пояса)






Модель 2 (по двох сторонах нижнього пояса)



Модель 3 (на чотири колони, що зміщені всередину плити на 3,0 м)

Характеристики жорсткостей кінцевих елементів

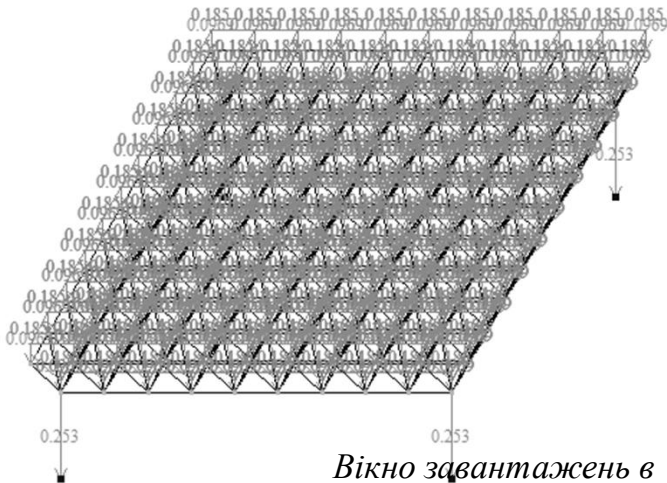
Назва елемента	Поперечний переріз, см	$E, \tau/\text{м}^2$	$R, \tau/\text{м}^3$	μ	$A, \text{см}^2$	$q, \tau/\text{м}$
1. Стержні верхнього поясу	Труба 245x32 	$2,04 \cdot 10^7$	7,85	0,3	115,1	0,168
2. Стержні нижнього поясу	Труба 245x32 	$2,04 \cdot 10^7$	7,85	0,3	2,75	0,168
3. Розкоси структурної плити	Труба 168x25 	$2,04 \cdot 10^7$	7,85	0,3	3,23	0,088
4. Колони	Труба 273x40	$2,04 \cdot 10^7$	7,85	0,3	3,23	0,230



- Для проведення розрахунку була створена просторова модель, що складається з структурної плити і колон. Всі елементи структурної плити задавалися стрижнями просторової ферми з трьома ступенями свободи: X, Y, Z , колони – просторовими стрижнями з шістьма ступенями свободи X, Y, Z, U_x, U_y, U_z .

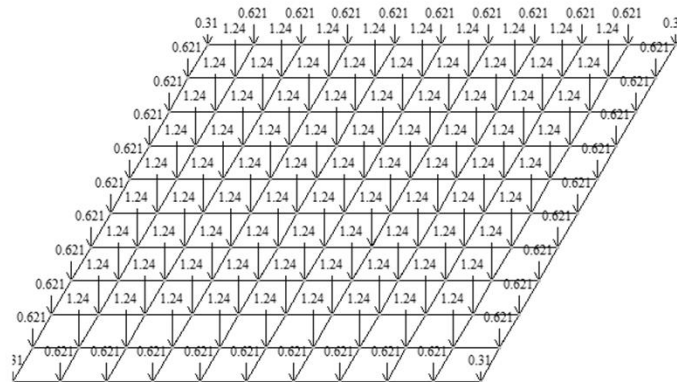
Навантаження на структуру

Власна вага елементів згідно заданих жорсткостей (Завантаження 1)

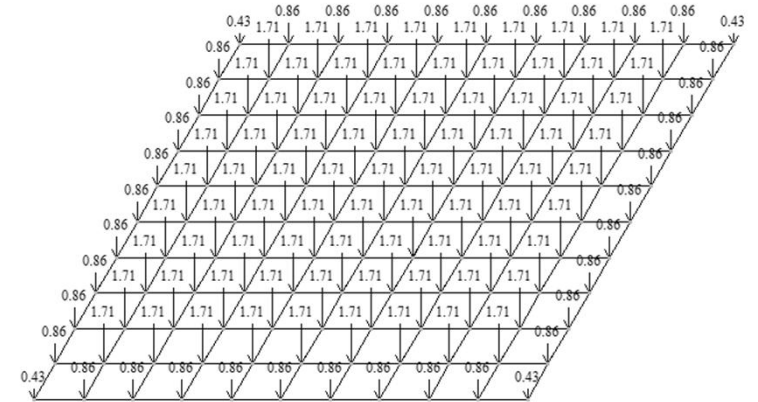


Вікно завантажень в ПК Ліра-САПР

Завантаження вузлів верхнього поясу навантаженням від конструктивних шарів (Завантаження 2)



Завантаження вузлів верхнього поясу навантаженням від конструктивних шарів (Завантаження 3)



Збір завантажень на 1м2 структурної плити

Редактор завантажень

Норми: ДБН В.1.2 - 2:2006

Редагування вибраного завантаження

Ім'я: 1 Завантаження 1 (власна вага)

Вид: Постійне(П)

Вузлові навантаження: 0; Місцеві навантаження: 804;

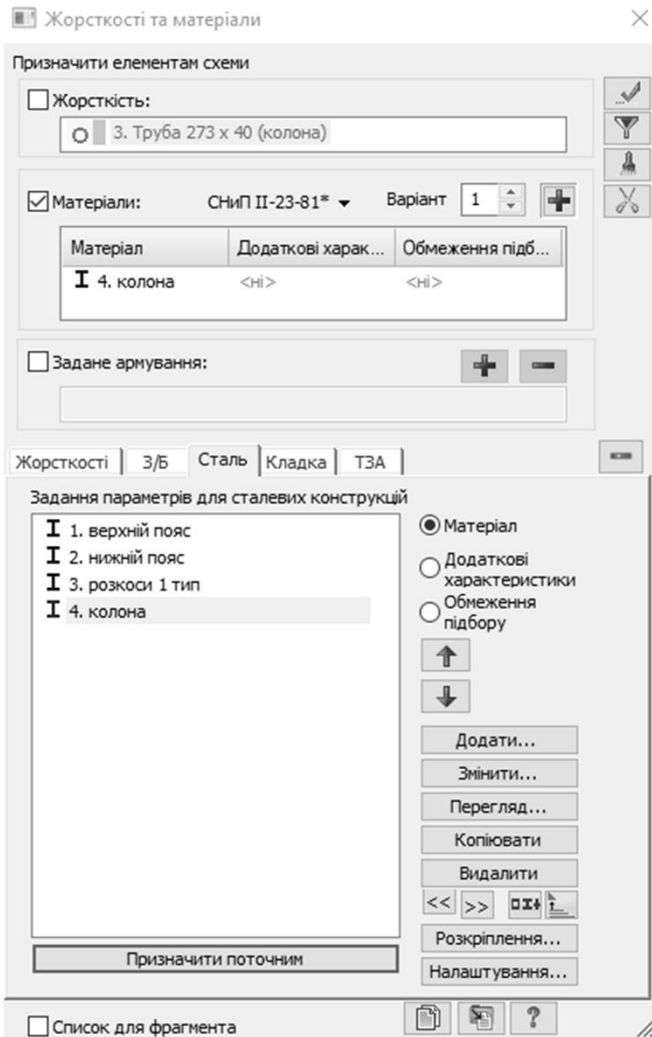
Список завантажень

#	Ім'я завантаження	Вид
1	Завантаження 1 (власна вага)	Постійне(П)
2	Завантаження 2 (від конструктивн...)	Постійне(П)
3	Завантаження 3 (сніг)	Короткочасне(К)

№ з/п	Назва конструктиву	Нормативне значення, кг/м ²	Коефіцієнт надійності за навантаженням γ_f	Розрахункове значення, кг/м ²
1	Наплавляемий евроруберойд «Аквазол»	10	1,2	12
2	Утеплювач – плити мінераловатні підвищеної жорсткості на синтетичному в'язучому	10	1,3	13
3	Пароізоляція – 1 шар руберойду	5	1,2	6
4	Профнастил	15	1,1	16,5
5	Прогони покриття із гнучого профілю І18 (14,96 кгс/м.п)	1,29	1,1	1,42

6	Власна вага структури	Задается в ПК ЛІРА-САПР автоматично		
ВСЬОГО ПОСТІЙНЕ:		116,1		138,421
<i>Тимчасове</i>				
7	Снігове (за ДБН В.1.2-2:2006)	167	1,14	190,38
ВСЬОГО ТИМЧАСОВЕ:				
РАЗОМ пост+тимч. без врахування власн. ваги структурної плити		244,18		328,8

Призначення конструктивних елементів структурної плити



Призначення параметрів для конструювання

Матеріали для структури

- Всі стержні структурної плити прийняті із сталі звичайної, з прокатних профілів трубчатого перерізу. Прийнята сталь класу С245 з характеристиками: $R_y = 240 \text{ Па} = 24,0 \text{ кН/см}^2$, $R_{yn} = 245 \text{ Па} = 24,5 \text{ кН/см}^2$, $E = 2,06 \cdot 10^8 \text{ кН/см}^2$, $\gamma = 77,0085 \text{ кН/м}^3$, $\mu = 0,3$

- **Статичний розрахунок** проводився для визначення напружено-деформованого стану всієї конструкції.
- Підбір перерізів розтягнутих елементів виконувався за 1 ГС та 2ГС згідно норм **ДБН В.2.6-198:2014 Сталеві конструкції**. На міцність розраховуються елементи як розтягнуті, так і стиснуті. На стійкість розраховуються лише стиснуті елементи.
- Також при розрахунку враховуються граничні гнучкості елементів і вертикальні переміщення всієї конструкції.
- Для перевірки несучої здатності сталевих перетинів задавалися чотири групи конструктивних елементів і чотири групи уніфікації: верхній пояс, нижній пояс, розкоси й колони.
- Для верхнього і нижнього пояса задавався тип конструктивної групи – елемент пояса ферми, для розкосів – елемент решітки ферми, для колон – стійка.
- Коефіцієнт надійності по відповідальності γ_n прийнятий рівним 1,0.
- Розрахунок сталевих конструкцій проводився в пружній стадії роботи матеріалу.

Зусилля N в стержнях нижнього поясу

Схема №1

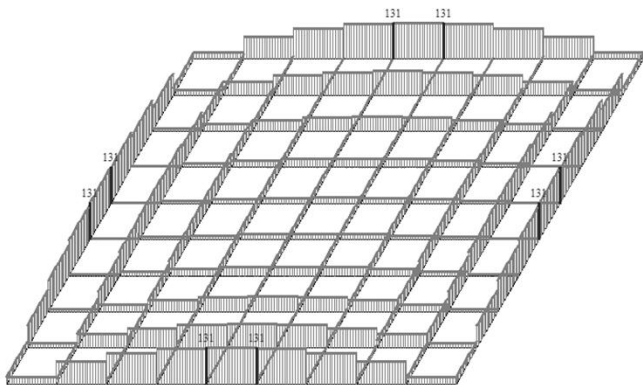


Схема №2

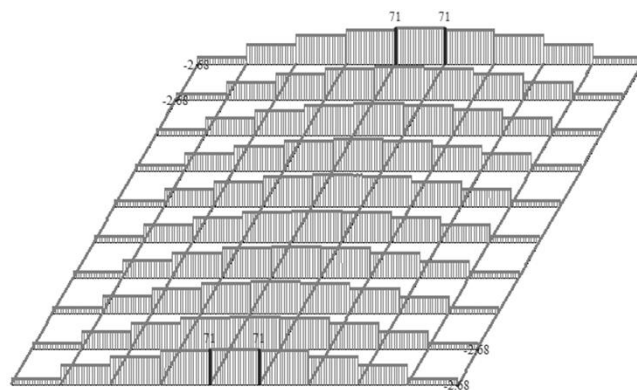
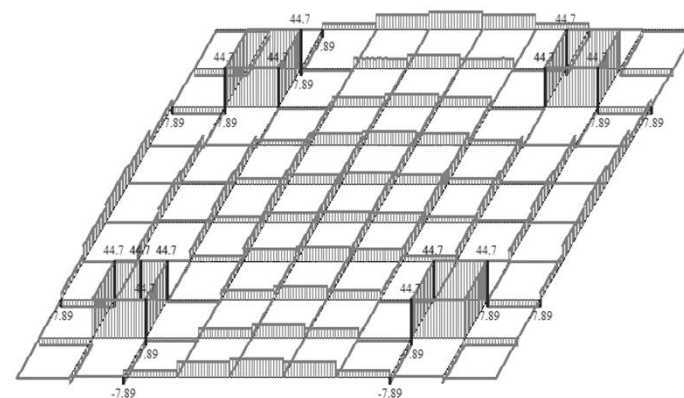


Схема №3



Зусилля N в стержнях решітки

Схема №1

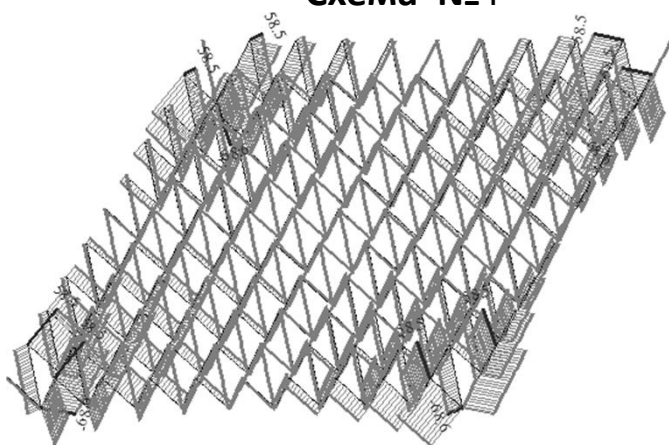


Схема №2

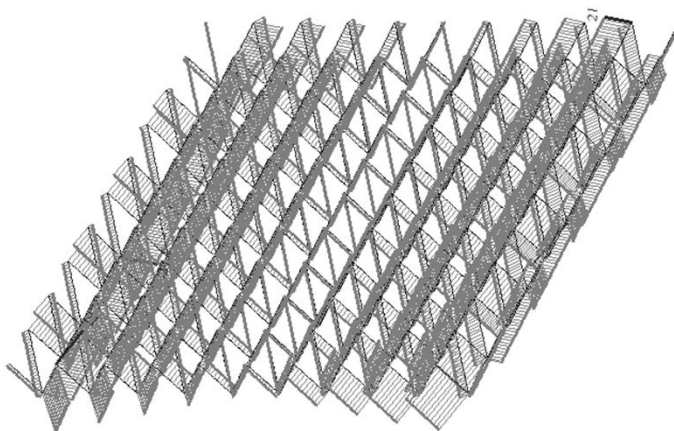
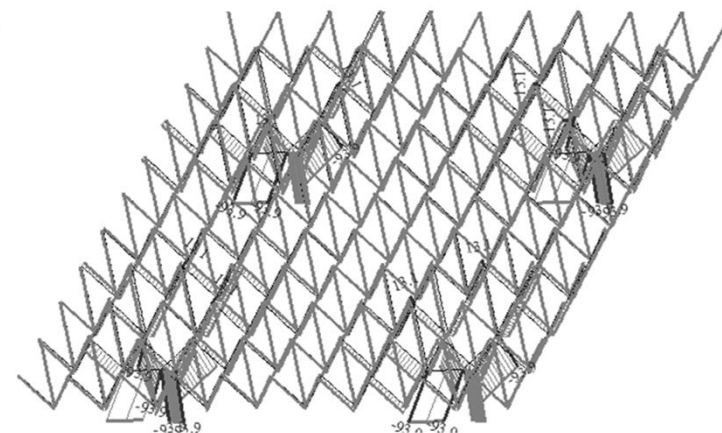
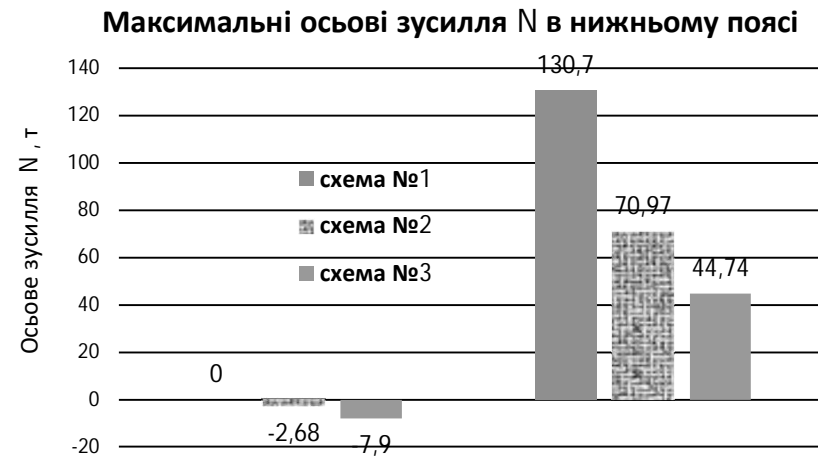
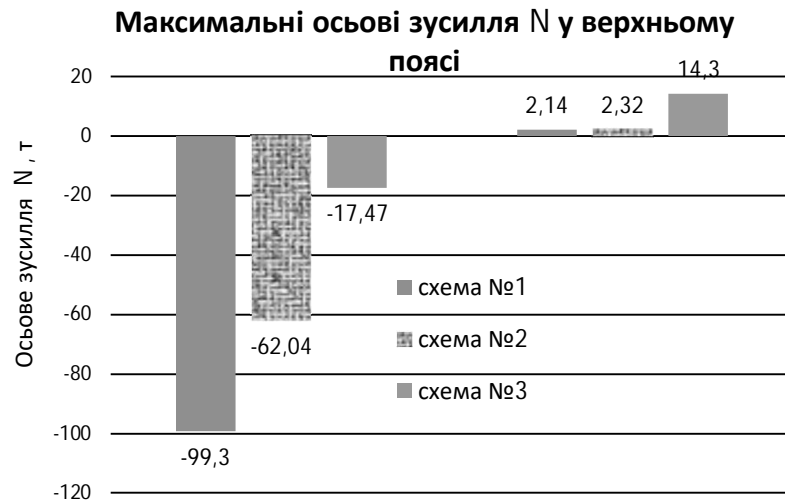


Схема №3



Таблиця. Максимальні зусилля N в поясах структури

№ схем и	Верхній пояс		Нижній пояс		Розкоси	
	Стиск	Розтяг	Стиск	Розтяг	Стиск	Розтяг
1	-99,3	2,14	0	130,7	-68,6	58,46
2	-62,04	2,32	-2,68	70,97	-27,12	21,05
3	-17,47	14,3	-7,9	44,74	-26,12	13,15
	Опорні розкоси колон				-93,9	0

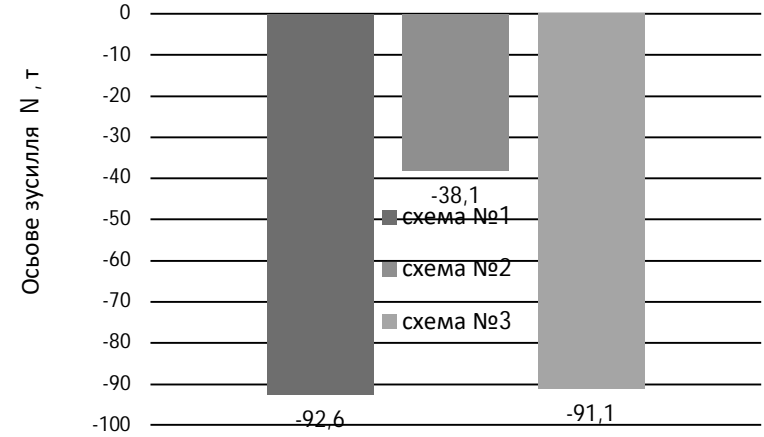


Зусилля в колонах

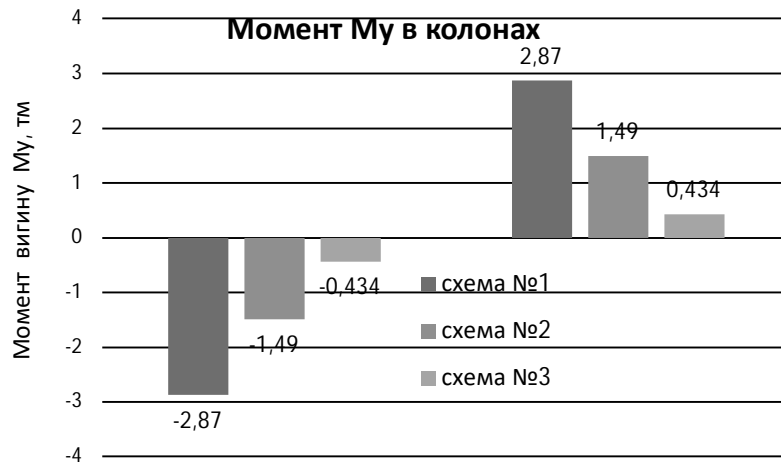
Таблиця Максимальні зусилля в колонах

Схема №1			Схема №2			Схема №3		
N, [т]	M _y ,	M _z ,	N, [т]	M _y ,	M _z ,	N, [т]	M _y ,	M _z ,
	[тМ]	[тМ]		[тМ]	[тМ]		[тМ]	[тМ]
-92,6	±2,87	±2,87	-38,1	±1,49	±0,2	-91,1	±0,43	±0,43

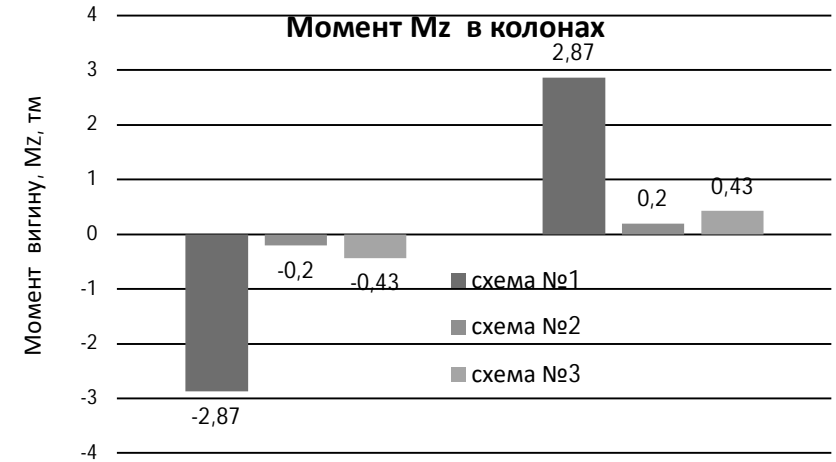
Максимальні зусилля N в колонах



Момент M_y в колонах



Момент M_z в колонах



- Слід відзначити, колони з схемами №1 та 2 знаходяться в принципово іншому напруженому стані в порівнянні із схемою №3.
- Так, колони в схемі №1 зазнають стиску з вигином, в схемі №2 – стиску з вигином в одній площині роботи колони – в площині Колони за схемою №3 зазнають лише центрального стиску. Моменти вигину в обох площинах наближаються до нуля.
- Осьове зусилля N в чотирьох колонах для моделей №1 та 3 є майже рівним, оскільки в цих схемах плита спирається на чотири колони й навантаження від плити, що одну колони є однаковим.
- В схемі №2 навантаження від плити сприймається 12--ма стійками, й зусилля стиску в кожній колоні становить – 67,6 т що на 147% є меншим, ніж зусилля N в колонах за схемами №№1 та 3.

- Максимальні зусилля стиску в схемі №2 зменшилися в порівнянні із цими зусиллями в схемі №1 в 1,71 рази, а максимальні зусилля стиску в схемі №3 зменшилися в порівнянні із цими зусиллями в схемі №1 в 3,12 рази.
- Максимальні зусилля розтягу в схемі №2 зменшилися в порівнянні із цими зусиллями в схемі №1 в 1,85 рази, а максимальні зусилля розтягу в схемі №3 зменшилися в порівнянні із цими зусиллями в схемі №1 в 4,16 рази.
- Максимальні зусилля стиску в розкосах в схемі №2 зменшилися в порівнянні із цими зусиллями в схемі №1 в 2,53 рази, а максимальні зусилля стиску в схемі №3 зменшилися в порівнянні із цими зусиллями в схемі №1 в 3,97 рази.
- Максимальні зусилля розтягу в розкосах в схемі №2 зменшилися в порівнянні із цими зусиллями в схемі №1 в 2,84 рази, а максимальні зусилля розтягу в схемі №3 зменшилися в порівнянні із цими зусиллями в схемі №1 в 7,57 рази.

Деформативність структурної плити

Таблиця. Максимальні переміщення f_z

f_z , [мм]		
Схема №1	Схема №2	Схема №3
-20,9	-9,4	-4,82

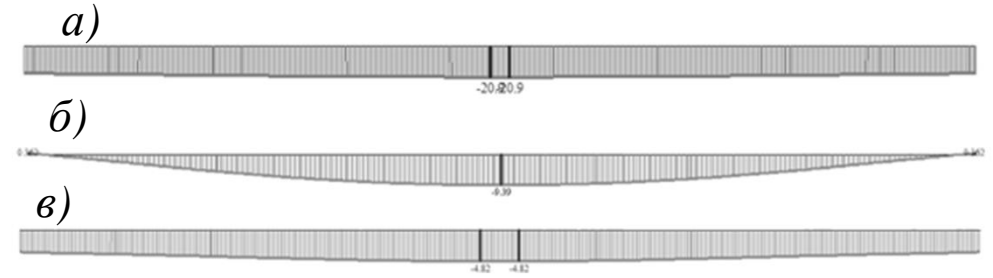


Рис. Етюра максимальних прогинів f_z в площині XOZ стержня верхнього поясу для схеми №1 від РСН 2: для схеми №1-а; для схеми №2-б; для схеми №3-в

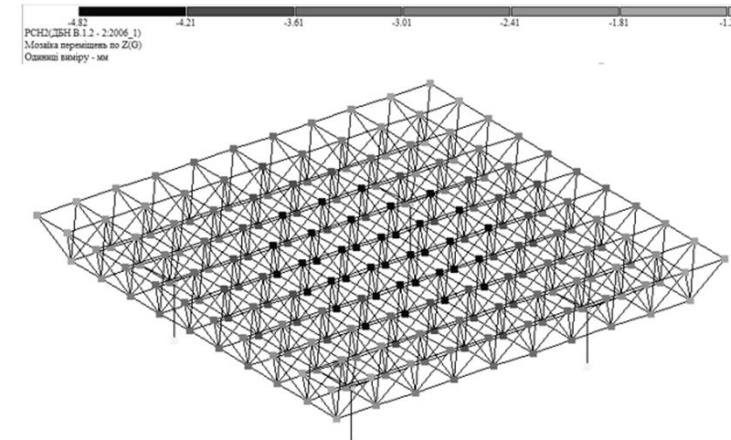
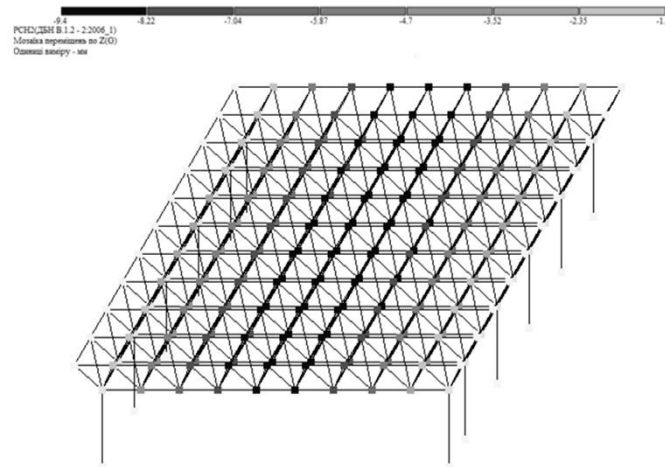
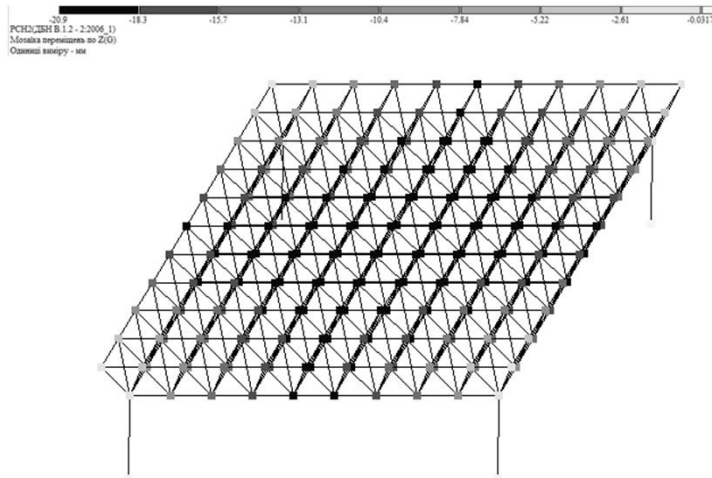
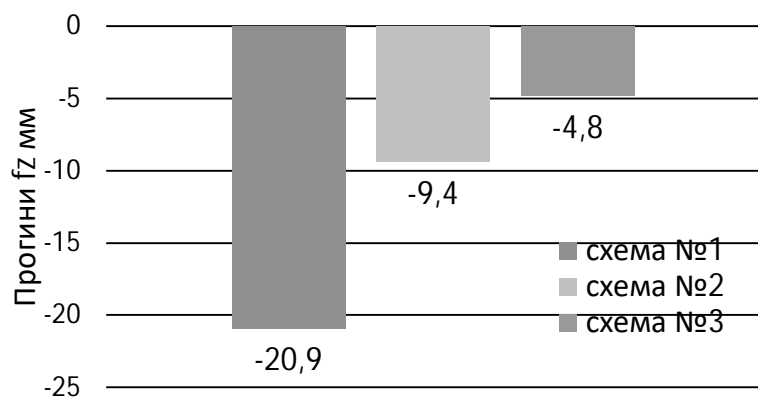


Рис. Максимальні переміщення по вертикалі вузлів розрахункових моделей



Таблиця. Вертикальні переміщення вузлів структурних плит

№ вузла	Переміщення вузлів моделей по вертикалі, мм		
	№ схеми		
	1	2	3
1	-18,4	0,4	-3,4
2	-19,0	-2,4	-3,7
3	-19,7	-5,2	-4,0
4	-20,3	-7,5	-4,4
5	-20,7	-8,9	-4,7
6	-20,9	-9,4	-4,8
7	-20,7	-8,9	-4,7
8	-20,3	-7,5	-4,4
9	-19,7	-5,2	-4,0
10	-19,0	-2,4	-3,7
11	-18,4	0,4	-3,4

Вертикальні прогини структур по верхньому поясу (мм)

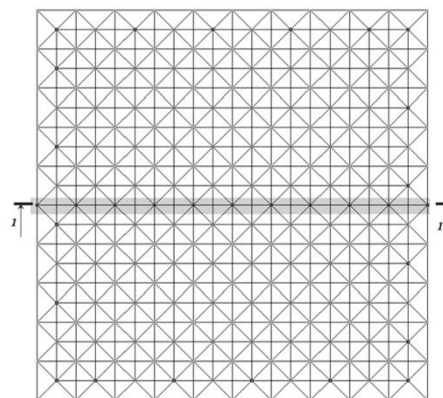
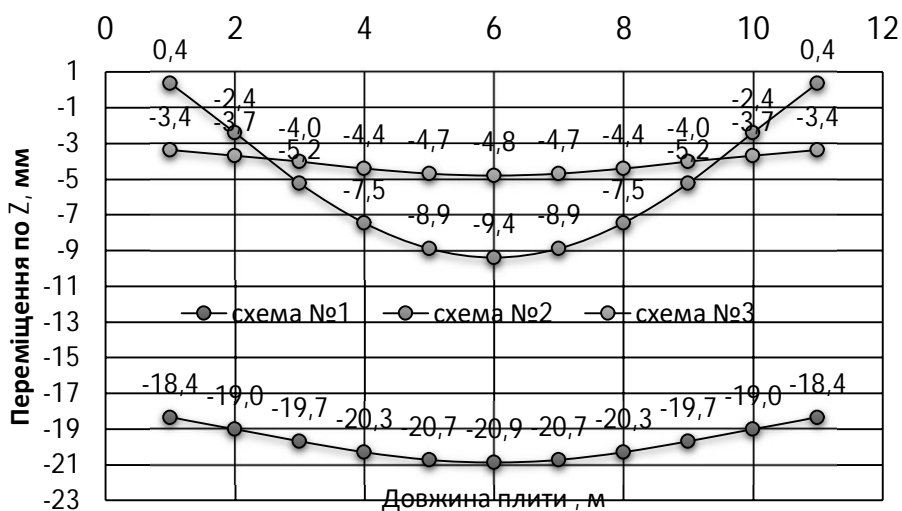


Рис. Поперечний переріз 1-1, в якому досліджуються прогини конструкції

Плита за схемою №1 має найменшу жорсткість. Найменш деформативною та найбільш жорсткою є модель №3 плити. Така її жорсткість досягається завдяки локалізації опор, що зміщені в середину плити.

Мозаїка переміщень вузлів схем по осі Z

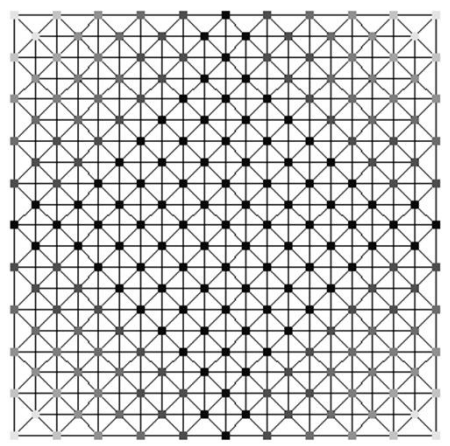


схема №1

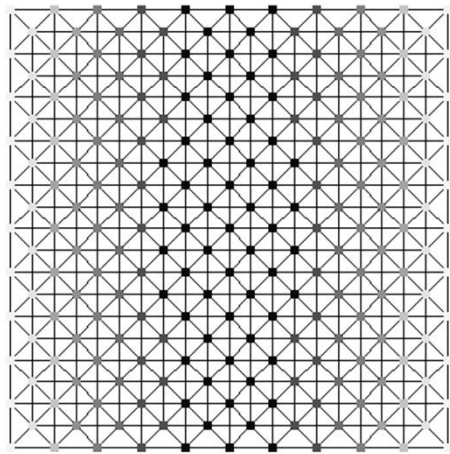


схема №2

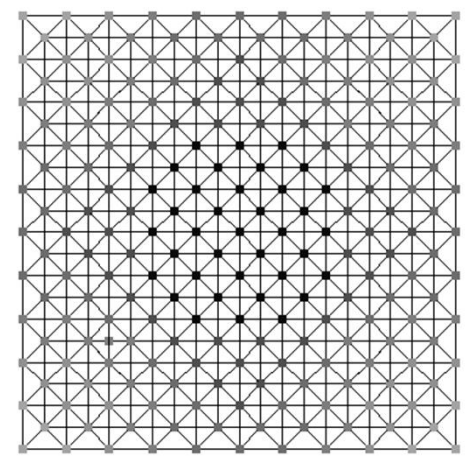
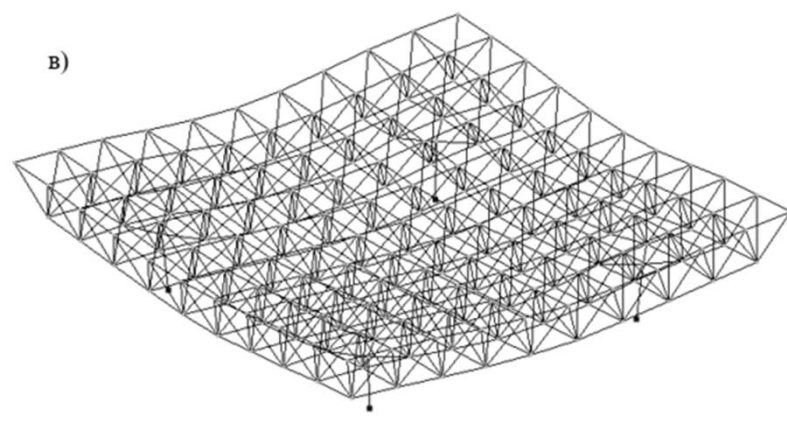
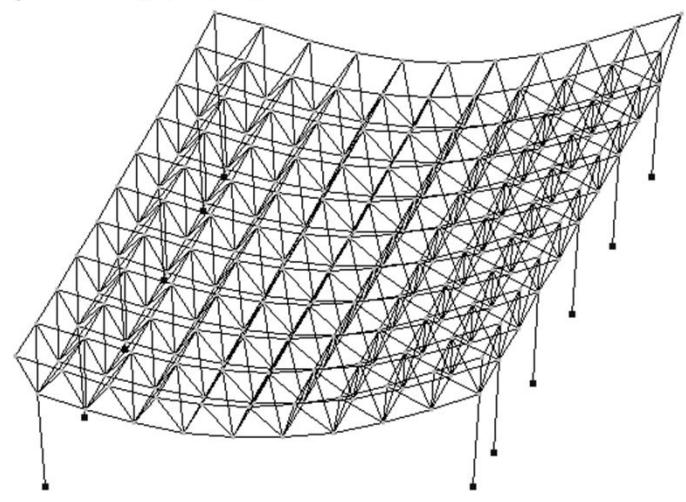
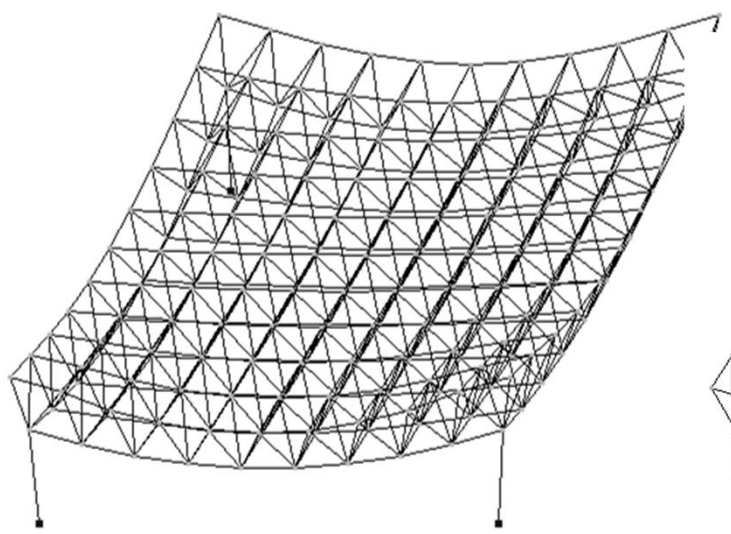


схема №3

Деформовані схеми



Перевірка міцності перерізів за 1-ю групою граничних станів

Назва конструктиву	Несуча здатність перерізу, %		
	Схема №1	Схема №2	Схема №3
Верхній пояс	11,4	7,2	2
Нижній пояс	15	8,1	5,1
Розкоси	15	5,9	5,7
Стійки (колони)	26	10	15,7

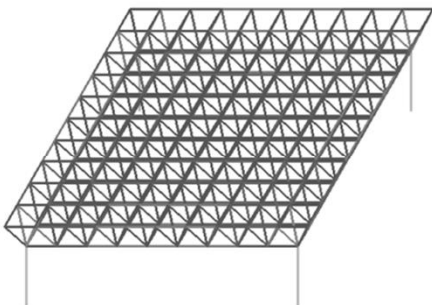


Мозаїка результатів розрахунку за Iю групою граничних станів сталевих елементів з поперечними перерізами, призначеним в вихідних даних, % несучої здатності для схем (одне значення на весь елемент)

Схема №1



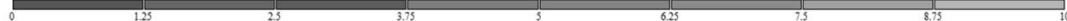
Варіант конструювання: Варіант 1
Розрахунок по зусиллям (СНІП II-23-81*)



Zy
X

Мозаїка результатів перевірки призначених перерізів за I граничним станом

Схема №2



Варіант конструювання: Варіант 1
Розрахунок по зусиллям (СНІП II-23-81*)

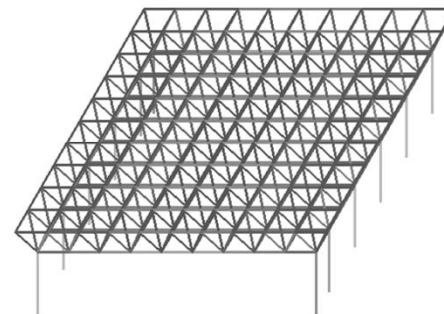
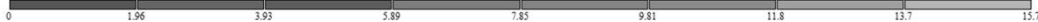
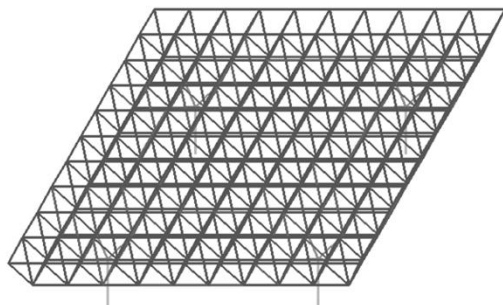


Схема №3



Варіант конструювання: Варіант 1
Розрахунок по зусиллям (СНІП II-23-81*)



Zy
X

Таблиця. Нові перерізи елементів структурних плит за варіантами

№ схеми	Переріз (профіль труби), прийнятий при першій ітерації	Переріз, підбраний ПК Ліра-САПР за результатами статичного розрахунку		
		№ типу перерізу в ПК Ліра-САПР	Сталь	Профіль труби
Верхній пояс				
1	ТБ 242x32	46	С 235	ТБ95 х 8.5
2	ТБ 242x32	52	С 235	ТБ76 х 7
3	ТБ 242x32	24	С 235	ТБ38 х 3
Нижній пояс				
1	ТБ 242x32	24	С 235	ТБ95 х 7.5
2	ТБ 242x32	24	С 235	ТБ95 х 5
3	ТБ 242x32	12	С 235	ТБ50 х 8
3	ТБ 203 х 50	41	С 235	ТБ83 х 10

№ схеми	Переріз (профіль труби), прийнятий при першій ітерації	Переріз, підбраний ПК Ліра-САПР за результатами статичного розрахунку		
		№ типу перерізу в ПК Ліра-САПР	Сталь	Профіль труби
Розкоси				
1	ТБ 168x25	69	С 235	ТБ68 х 9
2	ТБ 168x25	89	С 235	ТБ63.5 х 3.5
3	ТБ 168x25	39	С 235	ТБ57 х 3.5
Колони				
1	ТБ 273x40	47	С 235	ТБ 273 х 8
2	ТБ 273x40	55	С 235	ТБ 194 х 5
3	ТБ 273x40	13	С 235	ТБ 203 х 7.5

Вага нижнього поясу

(Труба безшовна гарячекатана ГОСТ 8732 - 78*)

№ схеми	№ типу перерізу	сталь	Профіль труби	Вага 1м.п. профілю, т	Довжина стержнів поясу, м	Вага, т
1	24	C235	ТБ95 х 7.5	0,0161775	540	8,74
2	24	C235	ТБ95 х 5	0,0110932	540	5,99
3	12	C235	ТБ50 х 8	0,0082828 8	540	4,47
Вага опорних розкосів колон в схемі №3						
3	41	C235	ТБ83 х 10	0,0179956	37,6	0,68

Вага верхнього поясу

(Труба безшовна гарячекатана ГОСТ 8732 - 78*)

№ схеми	№ типу перерізу	сталь	Профіль труби	Вага 1м.п. профілю, т	Довжина стержнів поясу, м	Вага, т
1	69	C235	ТБ68 х 9	0.0130899	540	7,07
2	89	C235	ТБ63.5 х 3.5	0.0051768	540	2,80
3	39	C235	ТБ57 х 3.5	0.00461598	540	2,49

Вага елементів решітки

(Труба безшовна гарячекатана ГОСТ 8732 - 78*)

№ схеми	№ типу перерізу	сталь	Профіль труби	Вага 1м.п. профілю, т	Довжина стержнів поясу, м	Вага, т
1	69	C235	ТБ68 х 9	0.0130899	540	7,07
2	89	C235	ТБ63.5 х 3.5	0.0051768	540	2,80
3	39	C235	ТБ57 х 3.5	0.0046159 8	540	2,49

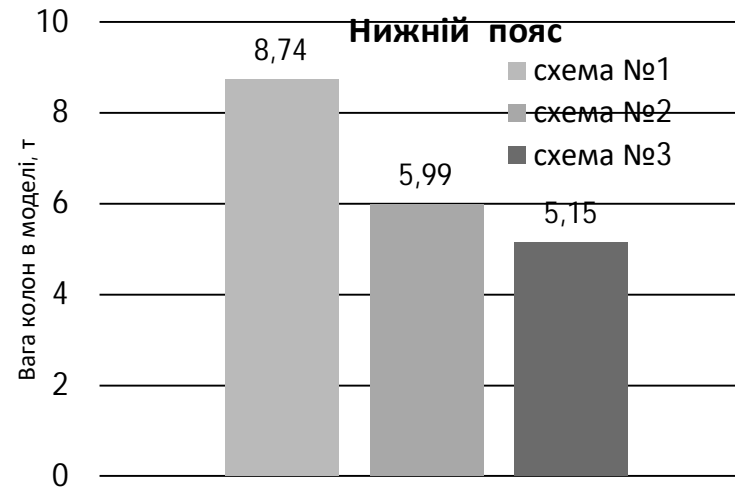
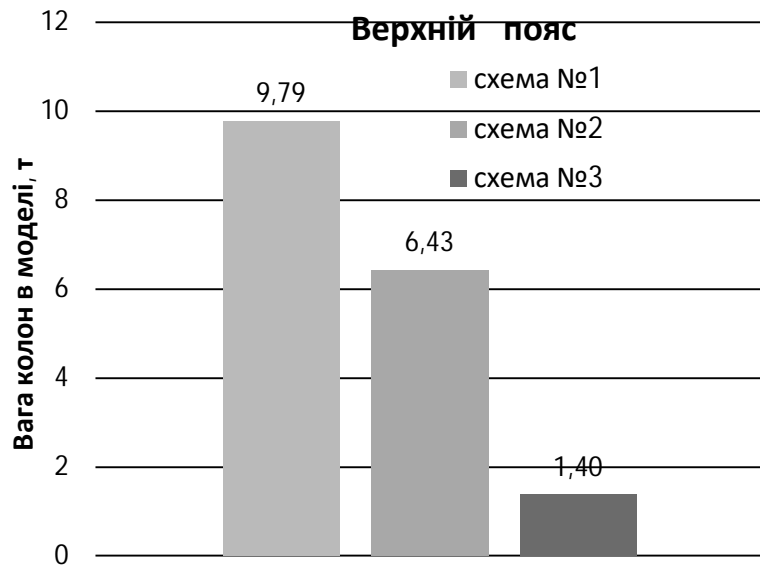
Вага колон

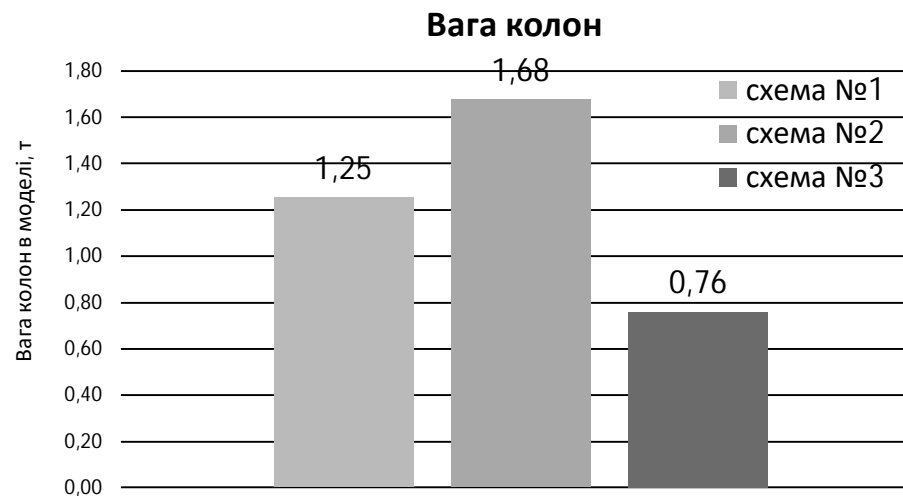
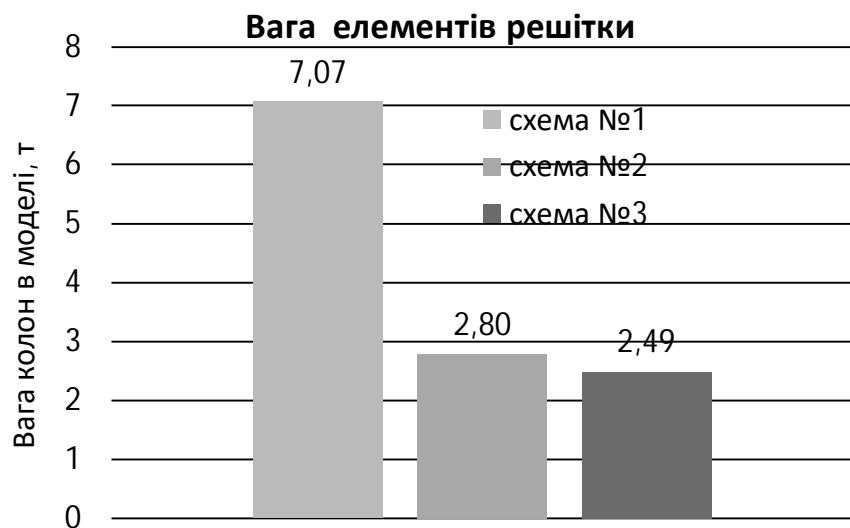
(Труба безшовна гарячекатана ГОСТ 8732 - 78*)

№ схеми	№ типу перерізу	сталь	Профіль труби	Вага 1м.п. профілю, т	Вага 1 колони, т	Кількість колон в моделі	Загальна вага колон в моделі, т
1	47	C235	ТБ 273 х 8	0,052261	0,313566	4	1,254
2	55	C235	ТБ 194 х 5	0,023296	0,139776	12	1,677
3	13	C235	ТБ 203 х 7.5	0,047577	0,190308	4	0,761

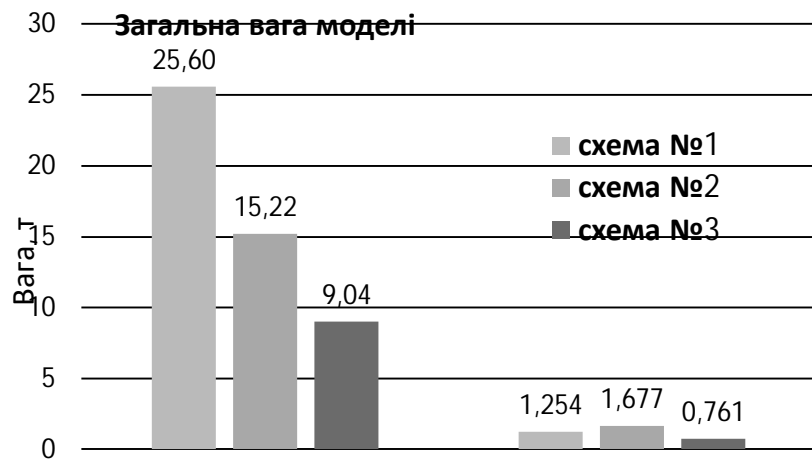
Таблиця. Підрахунок ваги всієї конструкції

№ схеми	Верхній пояс	Нижній пояс	Розкоси	Вага структурної плити	Колони	Всього вага, т	% структурної плити в загальній вазі моделі
1	9,79	8,74	7,07	25,60	1,254	26,85	4,67
2	6,43	5,99	2,8	15,22	1,677	16,90	9,92
3	1,40	5,15	2,49	9,04	0,761	9,80	7,76

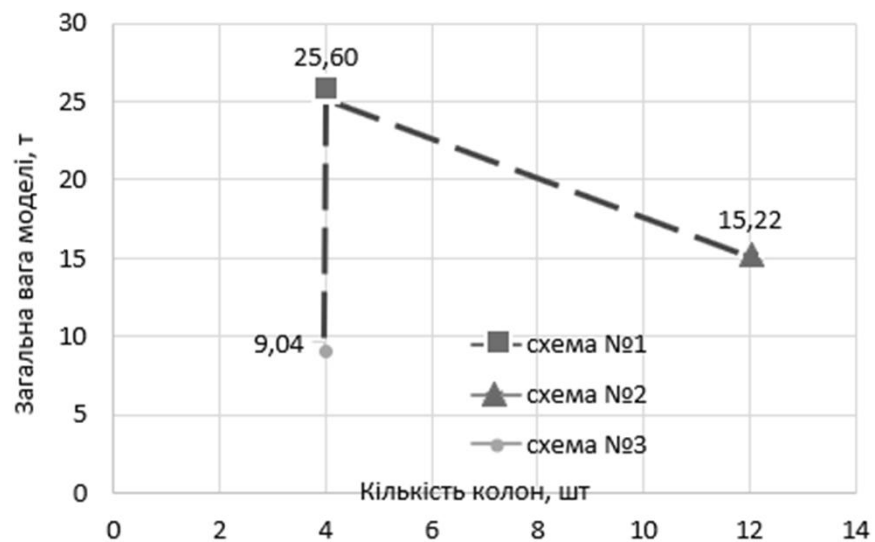




Загальна вага моделі та вага колон в складі моделі



Зміна ваги конструкції в залежності від кількості колон відповідно до варіантів їх розташування (1 варіант - 4 колони, 2 варіант - 12 колон, 3 варіант - 4 колони зі зміщенням)



Висновки

- Структурна стержньова плитна конструкція є тією будівельною системою, яка досить сильно «реагує» на зміну певних параметрів. Такими параметрами вважаємо ряд факторів, що суттєво впливають на напружено-деформований стан структурної плити. Їх також називають регуляторами зусиль.
- Зміна хоча б одного такого параметру при решті сталих параметрів докорінно може змінити напружено-деформований стан конструкції. Так змінивши стрілу підйому (товщину плити), форму базового елемента або характер спирання на опори (їх кількість та розташування) та ін., можна істотно змінити картину зусиль в стержнях.

- Аналізуючи параметри деформативності та осьові зусилля в стержнях, можна дійти висновку, що найбільш деформативною та **найменш жорсткою є схема №1**, що спирається на колони в 4-х кутах. Така плита працює за двома напрямками (в площині XOZ та YOZ) й деформації в цих площинах є рівними й становлять близько 21 мм. Прогини відносно осі Z для усіх трьох схем не перевищують гранично допустимого значення прогину в 10,3 см.
 - Плита за схемою №2 працює як пластина, обперта по 2-м бокам (плита спирається на 6 колон з кожного боку). Суттєвий вигин виникає в площині XOZ, але вертикальний прогин є в 2 рази меншим. Найбільш жорсткою системою виявилася плита за схемою 3, оскільки деформативність такої плити виявилася мінімальною – 4,8 мм, що становить майже 1/3 від максимального прогину плити за схемою №1. Можна зробити висновок, що зміщення чотирьох колон на 3,0 м всередину плити по осі X та по осі Y відповідно суттєвим чином змінило картину напружено-деформованого стану структурної плити.

- Ефективність конструкції за схемою №2 підтвердив подальший аналіз осьового зусилля N в стержнях. Так зусилля стиску в стержнях моделі №3 максимально на 466,7% (в 5,7 рази) зменшилися в порівнянні з стержнями моделі №1. Максимально на 192,1% (в 2,9 рази) зусилля розтягу в нижньому поясі зменшилися в моделі № 3 в порівнянні з моделлю №1.
- Осьове зусилля N в чотирьох колонах для моделей №1 та 3 є майже однаковим, що логічно. В моделі №3 колони працюють на центральний стиск, оскільки моменту вигину в стержнях в обох площинах майже дорівнюють нулю. Колони за схемами № 1 та 2 працюють на стиск з вигином, тобто знаходяться в принципово іншому напруженому стані.
- Результати перевірки за умовою міцності прийнятих попередньо прийнятих перерізів стержнів плити виявили, що стержні структурної плити працюють із значним недонапруженням. Так, несуча здатність перерізів верхнього поясу в моделі №1 використана максимум на 11,4%, в моделі №2- на 7,2%, а в моделі №3- всього на 2%. Несуча здатність перерізів нижнього поясу в моделі №1 використана максимум на 15%, в моделі №2- на 8,1%, а в моделі №3- на 5,1%. Несуча здатність перерізів розкосів в моделі №1 використана максимум на 15%, в моделі №2 - на 5,9%, а в моделі №3- на 5,7%. В колонах моделі №1 несуча здатність використана на 26%, в моделі №2 – на 10%, в моделі №3 –на 15,7%.
- Нові підібрані за умовою міцності перерізи стержнів структурної плити дозволили обчислити вагу кожної конструктивної схеми структурної плити. Так, найбільшу вагу має загальна конструкція плити, що спирається на колони в чотирьох кутах (схема №1), а найменшу – плита, колони якої зміщені вглиб плити на 3,0 м. Так вага схеми №3 на 183,2 % за загальну вагу конструкцію за схемою №1.
- **Отже, за критерієм матеріалоємності найбільш ефективною конструктивною схемою структурної плити є плита за схемою №3, що спирається на 4 колони, зміщені всередину плити на 3,0 м.**