



Міністерство освіти і науки України
Запорізька державна інженерна академія

Шкода В.В.

Сьомчина М.В.

Програмне забезпечення інженерних розрахунків

Навчально - методичний посібник

для студентів денної та заочної форм навчання спеціальностей

6.092101 – «Промислове і цивільне будівництво»

6.092103 – «Міське будівництво і господарство»

Запоріжжя

2008

Міністерство освіти і науки України
Запорізька державна інженерна академія

Шкода В.В.

Сьомчина М.В.

Програмне забезпечення інженерних розрахунків

Навчально - методичний посібник

для студентів денної та заочної форм навчання спеціальностей

6.092101 – «Промислове і цивільне будівництво»

6.092103 – «Міське будівництво і господарство»

Рекомендовано к виданню

на засіданні кафедри МБГ

протокол № від

„Програмне забезпечення інженерних розрахунків” Навчально - методичний посібник для студентів спеціальностей 6.092102 – „Промислове і цивільне будівництво” і 6.092103 – „Міське будівництво і господарство” (денної і заочної форми навчання) / Складачі – В.В.Шкода, М.В.Сьомчина – Запоріжжя: ЗДІА, 2008 – 221 с.

Складачі:

В.В.Шкода, доцент
Кандидат технічних наук,
М.В.Сьомчина,
асистент

Відповідальний за випуск:

В.А.Банах,
Професор, кандидат технічних
наук

Зміст

Стр.

<i>Вступ</i>	6
1 Загальні відомості про розрахунки	8
1.1 Цілі і задачі дисципліни.....	8
1.2 Методи розрахунку будівельних конструкцій.....	8
1.3 Поняття про метод кінцевих елементів.....	12
2 Загальні відомості про ПК «ЛІРА»	16
2.1 Характеристика ПК «ЛІРА».....	16
2.2 Загальні вимоги до розрахункової схеми та її склад.....	18
3 Складання розрахункової схеми системи	21
3.1 Шифр і ознака системи.....	21
3.2 Бібліотека кінцевих елементів програми «ЛІРА».....	22
3.3 Місцева система координат.....	29
3.4 Жорсткісні характеристики елементів.....	31
3.5 Зв'язки системи.....	35
4 Навантаження і впливи. вибір розрахункових поєднань зусиль	38
4.1 Класифікація навантажень.....	38

4.2 Типи і величини навантажень.	
.39	
4.3 Сполучення кінцевих елементів і типів навантажень.	
. 41	
4.4 Суть розрахункових поєднань зусиль.	
. 44	
4.5 Порядок завдання розрахункових поєднань зусиль.	
.46	
4.6 Особливості логічної залежності між завантаженнями.	48
5 Порядок розрахунку системи в ПК «ЛІРА».	51
5.1 Основні можливості і функції.	51
5.2 Приклад розрахунку системи в ПК «ЛІРА».	58
6 Підбір і перевірка армування в залізобетонних елементах.	
. 66	
6.1 Загальні відомості.	66
6.2 Армування стержньових елементів.	67
6.3 Перевірка заданого армування для стержньових елементів.	73
6.4 Армування пластинчастих елементів.	74
6.5 Перевірка заданого армування для пластинчастих елементів.	78
6.6 Приклад розрахунку в системі «ЛІР-АРМ».	79
7 Розрахунок і проектування сталевих конструкцій.	84
7.1 Призначення і можливості.	84
7.2 Перетини, що проектуються.	84
7.3 Завдання додаткових даних для розрахунку.	87
7.3.1 Додаткові дані для елементів ферм.	88
7.3.2 Додаткові дані для елементів, що згинаються.	88
7.3.3 Додаткові дані для елементів колон	89

7.3.4	Додаткові дані для канатів.	90
7.4	Конструктивні і уніфіковані елементи.	90
7.5	Перевірки несучої здатності елементів.	92
7.6	Опис алгоритмів.	96
7.6.1	Перевірочний розрахунок.	96
7.6.2	Перевірка несучої здатності елементів ферм.	97
7.6.3	Перевірка несучої здатності елементів, що згинаються.	98
7.6.4	Перевірка несучої здатності колон.	100
7.6.5	Перевірка несучої здатності канатів.	102
7.6.6	Підбір перетинів.	102
7.7	Наскрізний розрахунок.	103
7.8	Локальний розрахунок.	103
7.9	Представлення результатів розрахунку.	104
7.10.	Приклад розрахунку в системі «ЛІР-СТК».	107
8	Контрольна робота № 1 «Розрахунок плоских шарнірно-стержневих систем».	114
8.1	Завдання для самостійного вирішення.	114
8.2	Приклад виконання контрольної роботи	124
9	Контрольна робота № 2 «Розрахунок плоско-напружених систем (балок-стінок)»	127
9.1	Завдання для самостійного вирішення.	127
9.2	Приклад виконання контрольної роботи	135
10	Контрольна робота № 3 «Розрахунок плоских рамних систем».	141
10.1	Завдання для самостійного вирішення.	141
10.2	Приклад виконання контрольної роботи	153
11	Контрольна робота № 4 «Розрахунок плоских елементів перекриття і просторових блоків покриття».	167
11.1	Завдання для самостійного вирішення.	167
11.2	Приклад виконання контрольної роботи	175

12	Контрольна робота № 5 «Розрахунок залізобетонних рам з підбором арматури»	188
12.1	Завдання для самостійного вирішення.	188
12.2	Приклад виконання контрольної роботи	196
13	Контрольна робота № 6 «Проектування сталевих каркасів одноповерхової будівлі».	201
13.1	Завдання для самостійного вирішення.	201
13.2	Приклад виконання контрольної роботи	207
14	Контрольна робота № 7 «Проектування сталевих конструкцій балочної клітки».	215
14.1	Завдання для самостійного вирішення.	215
14.2	Приклад виконання контрольної роботи	216

ВСТУП

Мета вивчення дисципліни «ПЗІР» - одержання навиків виконання реальних розрахунків будівельних конструкцій з використанням ефективних програм обчислювальної техніки.

Завдання дисципліни «ПЗІР»: вивчити структуру і порядок використання ПК «ЛІРА»; навчитися вирішувати інженерні задачі, які виникають в практиці проектування будівельних конструкцій; вивчити засоби оформлення результатів розрахунків і пояснювальної інформації.

Матеріал курсу «ПЗІР» базується на знаннях, що одержали студенти при вивченні загально інженерних дисциплін «Обчислювальна техніка і програмування», «Будівельна механіка», «Опір матеріалів».

В першому розділі навчального посібника розглянуті основні теоретичні дані по методам розрахунку конструкцій, будівель та споруд.

В другому розділі посібника розглянуті загальні відомості про ПК «ЛІРА», основні принципи утворення розрахункових схем систем.

В третьому розділі дається детальний порядок складання розрахункових схем з усіма їх атрибутами.

В четвертому розділі приводяться основні відомості про навантаження та впливи, які діють на систему; порядок визначення розрахункових поєднань зусиль.

В п'ятому розділі розглянуті основні функції, операції та можливості роботи «ПК ЛІРА», розглянуто приклад розрахунку системи з послідовністю виконання всіх операцій до отримання результатів розрахунку в вигляді визначених зусиль.

В шостому розділі дається послідовність підбору арматури і перевірки заданого армування в стержньових і пластинчастих елементах систем, які розраховуються, за допомогою конструюючих систем «ЛІР-АРМ» і «ЛІВР», приводиться приклад підбору арматури при розрахунку плоскої стержньової

системи.

В сьомому розділі розглянуті основні принципи підбору і перевірки перетинів в стержньових елементах систем із сталевих елементів за допомогою конструюючої системи «ЛІР-СТК», приводиться приклад розрахунку.

В восьмому розділі приводяться завдання для самостійного вирішення, а також приклад розрахунку з ілюстраціями плоских шарнірно-стержньових систем.

В дев'ятому розділі приводяться завдання для самостійного вирішення, а також приклад розрахунку з ілюстраціями плоско-напружених систем.

В десятому розділі приводяться завдання для самостійного вирішення, а також приклад розрахунку з ілюстраціями плоских рамних систем.

В одинадцятому розділі приводяться завдання для самостійного вирішення, а також приклад розрахунку з ілюстраціями плоских елементів перекриття і просторових блоків покриття.

В дванадцятому розділі приводяться завдання для самостійного вирішення, а також приклад розрахунку з ілюстраціями залізобетонних рам з підбором арматури.

В тринадцятому розділі приводяться завдання для самостійного вирішення, а також приклад проектування з ілюстраціями сталевого каркасу одноповерхової будівлі.

В чотирнадцятому розділі приводяться завдання для самостійного вирішення, а також приклад проектування з ілюстраціями сталевих конструкцій балочної клітки майданчика виробничих будівель.

Продовженням дисципліни «ПЗІР» будуть такі курси, як «Основи автоматизації проектування в будівництві» та «Автоматизований випуск проектної документації».

Знання, які отримають студенти в курсі «ПЗІР», будуть використовуватися в дисциплінах «Залізобетонні і кам'яні конструкції», «Металеві конструкції», «Конструкції з дерева і пластмаси» і в інших

спецкурсах кафедри «МБГ», а також в дипломному проектуванні.

1 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО РОЗРАХУНКИ

1.1 Цілі і задачі дисципліни

Метою вивчення дисципліни «Програмне забезпечення інженерних розрахунків» є отримання навиків виконання реальних розрахунків будівельних конструкцій з використанням ефективних програм на ПК.

У процесі вивчення дисципліни студенти повинні вирішити наступні задачі:

- виробити навик по складанню початкових даних для розрахунку будівельних конструкцій, будівель або споруд на ПК;
- уміти складати раціональні розрахункові схеми конструкцій, будівель або споруд, які дозволять в прийнятний час рахунку вирішувати системи, що містять десятки, сотні і навіть тисячі вузлів і елементів;
- уміти використовувати всі можливості обчислювальної техніки для наближення розрахункової схеми до реальної конструкції, будівлі або споруди.

1.2 Методи розрахунку будівельних конструкцій

Мета розрахунку будівельних конструкцій – забезпечити задані умови експлуатації і необхідну міцність при мінімальній витраті матеріалів і мінімальних витратах праці на виготовлення і монтаж. Розрахунок будівельних конструкцій повинен також забезпечити надійність їх роботи в процесі експлуатації.

Статичний або динамічний розрахунок будівельних конструкцій полягає:

- у складанні розрахункових схем, які найближче відповідають дійсній роботі конструкцій;
- у визначенні зовнішніх навантажень і дій, які прикладаються на систему, що розраховується;

- у визначенні внутрішніх зусиль (згинаючих моментів, поперечних і подовжніх сил) в небезпечних перерізах проєктованих елементів з урахуванням їх жорсткості і стійкості;

- у підборі перерізу (площі арматури, номера прокатного профілю) і конструюванні.

Цей розрахунок проводиться або за загальними правилами будівельної механіки, якщо передбачається пружна робота матеріалу в конструкції, або по методу граничної рівноваги з урахуванням перерозподілу зусиль унаслідок пластичних деформацій.

У нашій країні в різний час застосовувалися наступні методи розрахунку будівельних конструкцій [1]:

- по допускаємим напруженням;
- по руйнуючому навантаженню;
- по граничним станам.

Метод розрахунку по допускаємим напруженням заснований на припущенні про пружну роботу матеріалу конструкції під навантаженнями. Тобто напруження, що виникають в навантаженій конструкції, не повинні перевищувати значення, яке призначається меншим межі пружності, що допускається.

Важливе значення при розрахунку за даним методом має коефіцієнт запасу міцності.

Коефіцієнт запасу міцності вводиться з метою забезпечення надійного безпечного функціонування елементів конструкцій при можливих відхиленнях дійсних умов їх роботи від прийнятих в розрахунку. Чисельні значення його приймаються на основі обліку наявного досвіду експлуатації будівлі або споруди, і може складати від 2,0 до 15,0 одиниць.

Метод розрахунку по допускаємим напруженням простий, зручний, але ефективний тільки при рівномірному розподілі зусиль в стержнях системи або

напруг в небезпечних перетинах конструкції. При сильній нерівномірності їх розподілу він приводить до значної перевитрати матеріалу.

При розрахунку залізобетонних конструкцій по методу допускаємих напружень одержані результати значно відрізнялися від досвідчених значень. Це пояснюється тим, що деформації бетону є упругопластичними. В результаті напруження в арматурі, обчислені по методу допускаємих напружень виходили більше фактичних. Це також приводило до значної перевитрати матеріалу.

Метод розрахунку по допускаємих напруженням в нашій країні застосовувався для розрахунку залізобетонних конструкцій до 1938 р., а для розрахунку металевих і дерев'яних конструкцій до 1955 р. В даний час метод розрахунку по допускаємих напруженням використовується при розрахунку деталей машин і механізмів в машинобудуванні.

У зв'язку з тим, що метод розрахунку по допускаємих напруженням не відображав дійсної роботи залізобетонних конструкцій, виникла необхідність створення нової теорії розрахунку залізобетонних конструкцій, яка б відображала їх дійсний напружений стан.

Була запропонована теорія розрахунку по руйнуючих зусиллях, яка ґрунтувалася на обширних експериментальних дослідженнях. Ця методика розрахунку, введена в норми в 1938 р., дозволила достатньо точно обчислювати фактичну несучу здатність перетинів, тобто руйнуюче зусилля.

Метод розрахунку по руйнуючому навантаженню заснований на допущенні в окремих елементах конструкцій роботи матеріалу за межею пружності. По розрахунковій схемі руйнування конструкції визначали руйнуюче навантаження, а потім, вводячи відповідні коефіцієнти, знаходили її безпечне, або значення, що допускається. Необхідною умовою розрахунку було те, що експлуатаційне навантаження не повинне перевищувати знайдене навантаження, що допускалось.

Для визначення допустимого навантаження вводився коефіцієнт запасу міцності для всієї системи, величина якого встановлювалася з досвіду

експлуатації аналогічних споруд. Коефіцієнт запасу міцності був диференційований залежно від виду конструкції, характеру руйнування і комбінації зовнішніх навантажень в межах від 1,5 до 2,4.

При експлуатаційному навантаженні в самих небезпечних зонах конструкції напруження можуть бути близькими або навіть рівними межі текучості матеріалу. Це не позначається на умовах експлуатації, але дозволяє або понизити витрату матеріалу на виготовлення конструкції, або при тих же витратах матеріалу підвищити експлуатаційні навантаження.

Основним недоліком теорії розрахунку по руйнуючому навантаженню було те, що загальним коефіцієнтом запасу міцності не можна з достатньою точністю врахувати вплив великої кількості чинників на несучу здатність конструкції, а саме: відмінність міцнісних характеристик бетону і арматури, відхилення фактичних навантажень від прийнятих в розрахунку, вплив особливостей матеріалу і конструкції.

Метод розрахунку по руйнуючому навантаженню застосовувався в нашій країні до 1955 р., поки не був введений метод розрахунку по граничних станах.

Метод розрахунку по граничних станах введений в норми в 1955 р. і застосовується до теперішнього часу. Від попереднього методу він відрізняється тим, що схема руйнування замінена припущенням про деякий розрахунковий граничний стан конструкції. Для визначення розрахункового навантаження замість одного коефіцієнта запасу міцності вводиться цілий ряд коефіцієнтів, що враховують особливості навантаження, умови експлуатації конструкції, властивості матеріалу, ступінь відповідальності будівлі і інші чинники.

Даний метод припускає забезпечити такі умови роботи конструкції, при яких би виключалася можливість настання розрахункового граничного стану, під яким розуміють втрату здатності чинити опір зовнішнім діям або відповідати заданим експлуатаційним вимогам. У зв'язку з цим розрізняють дві групи розрахункових граничних станів. До першої групи відносять втрату

несучої здатності і (або) повна непридатність до експлуатації. До другої групи відносять утруднення нормальної експлуатації конструкції.

До граничних станів першої групи відносяться: загальна втрата стійкості форми; втрата стійкості положення; руйнування будь-якого характеру; перехід конструкції в змінну систему; якісна зміна конфігурації; стани, при яких виникає необхідність припинення експлуатації в результаті текучості матеріалу, зсувів в з'єднаннях, повзучості, неприпустимості залишкових або повних переміщень або надмірного розкриття тріщин.

До граничних станів другої групи відносяться стани, що утрудняють нормальну експлуатацію або знижують довговічність унаслідок появи неприпустимих переміщень (прогинів, осідань, кутів повороту, коливань, тріщин і т.п.).

Граничні стани першої групи перевіряються розрахунком на максимальні (розрахункові) навантаження і дії, можливі при порушенні нормальної експлуатації. А граничні стани другої групи перевіряються розрахунком на експлуатаційні (нормативні) навантаження і дії, що відповідають нормальній експлуатації конструкцій.

Розрахунок по першій групі є обов'язковим для всіх видів конструкцій. Розрахунок по другій групі граничних станів виконують тільки для тих конструкцій, надмірні деформації в яких, утворення або велике розкриття тріщин можуть привести до втрати ними експлуатаційних якостей ще до того, як буде вичерпана їх несуча здатність (наприклад, балки перекриття і плити покриттів, ригелі рам, кроквяні ферми, підкранові балки і т.п.).

Всі методи розрахунку будівельних конструкцій служили і служать одній меті – забезпечення міцності, надійності в експлуатації і довговічності конструкцій, проте відрізняються підходом до рішення поставленої задачі.

1.3 Поняття про метод кінцевих елементів

Суть методу кінцевих елементів (МКЕ) полягає в тому, що задана безперервна (континуальна) система розбивається для розрахунку на окремі (дискретні) елементи кінцевих розмірів, які з'єднані в задану систему (рис. 1.1). Кінцеві елементи повинні бути такої форми, яка доступна для дослідження їх напружено-деформованого стану під навантаженням і силами взаємодії між сусідніми елементами і відповідними їм переміщеннями [2].

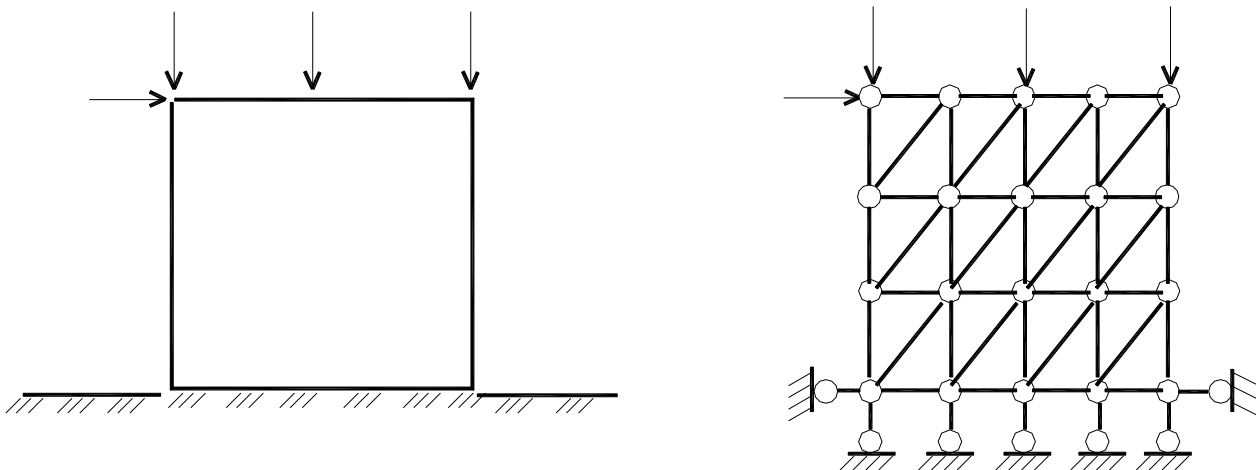


Рисунок 1.1 - Заміна безперервної системи (а) на систему з кінцевим числом ступенів свободи (б).

Елементи об'єднуються в задану систему на основі умов рівноваги і рівності деформацій і переміщень в місцях з'єднання цих елементів (вузлах).

Умови з'єднання елементів у вузлах здійснюється на основі додаткових допущень на стадії вивчення кінцевих елементів.

Таким чином, в методі кінцевих елементів безперервна (континуальна) система умовно замінюється дискретною системою з кінцевим числом визначуваних переміщень (з кінцевим числом ступенів свободи). В цій системі увага зосереджена на аналізі сил і переміщень вузлових точок системи (вузлів). Це дозволяє вести розрахунок не тільки стержньових систем, але і пластин,

оболонок, об'ємних (масивних) тіл. Отже, розрахунок таких систем зводиться до рішення алгебраїчних рівнянь замість диференціальних.

Кінцевими елементами можуть бути стержні або їх ділянки в стержньових системах, елементи пластин у вигляді трикутних або прямокутних полів для пластин і оболонок, у вигляді тетраедрів і паралелепіпедів для масивних тіл (рис. 1.2).

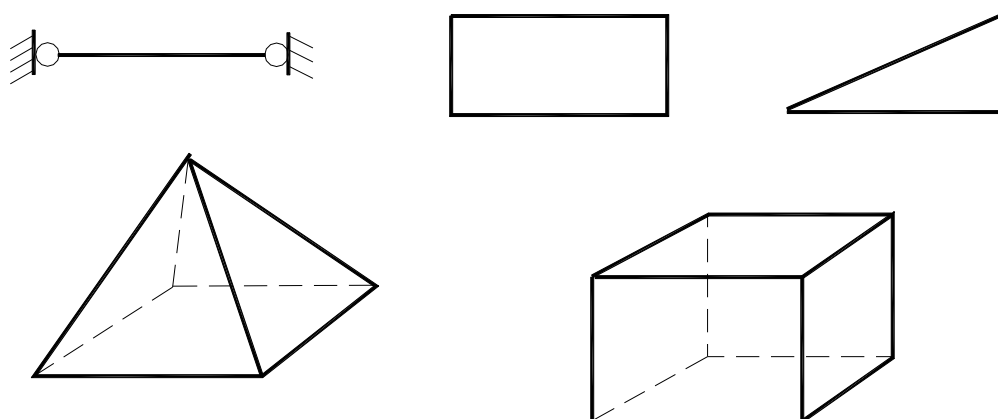


Рисунок 1.2 - Типи кінцевих елементів.

Розрахунок може бути проведений по методу сил, коли за невідомі приймаються сили взаємодії між кінцевими елементами в місцях їх з'єднання, або по методу переміщень, коли за невідомі приймаються переміщення вузлів елементів, що з'єднуються. Може бути застосований і змішаний метод.

У розрахунках по методу кінцевих елементів істотну роль виконують матриці податливості і матриці жорсткості. Якщо розрахунок проводиться по методу сил, то застосовується матриця податливості, а якщо по методу переміщень, то матриця жорсткості.

Точність розрахунку методом кінцевих елементів за інших рівних умов буде тим вище, чим більшу кількість ступенів свободи (вузлів) матиме вирішувана система, і чим повніше в системі будуть відображені умови з'єднання елементів між собою.

Методом кінцевих елементів за наявності ПК може бути розрахована будь-яка система, якщо кінцеві елементи, що виділяються з неї, доступні для попереднього вивчення і якщо їх число, достатнє для отримання практично прийнятних результатів, не перевищить при обробці можливості обчислювальної техніки.

Контрольні запитання

1. Мета розрахунку будівельних конструкцій.
2. В чому полягає статичний або динамічний розрахунок будівельних конструкцій?
3. Які методи розрахунку будівельних конструкцій застосувалися в нашій країні?
4. Розрахунок конструкцій за допускаємими напруженнями. Коефіцієнт запасу міцності.
5. Недоліки розрахунку конструкцій за допускаємими напруженнями.
6. Розрахунок конструкцій за руйнівним навантаженням. Коефіцієнт запасу міцності.
7. Недоліки розрахунку конструкцій за руйнівним навантаженням.
8. Розрахунок конструкцій за методом граничних станів.
9. Групи граничних станів.
10. Суть методу кінцевих елементів.
11. Типи кінцевих елементів.
12. Від чого залежить точність розрахунку методом кінцевих елементів за інших рівних умов?

Література

1. Металлические конструкции / Под общ. Ред. Е.И.Беленя. – Изд. 6-е, перераб. и доп. – М.: Стройиздат, 1986. – с. 50 - 52, 55 - 57.

2. Киселев В.А. Строительная механика. Общий курс: Учеб. для вузов. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Стройиздат, 1986. – с. 466-467.

2 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО ПК «ЛІРА»

2.1 Характеристика ПК «ЛІРА»

ПК «ЛІРА» - це багатофункціональний програмний комплекс для розрахунку, дослідження і проектування конструкцій різного призначення [1].

ПК «ЛІРА» з успіхом застосовується в розрахунках об'єктів будівництва, машинобудування, мостобудування, атомної енергетики, нафтовидобувної промисловості і в багатьох інших сферах, де актуальні методи будівельної механіки.

Програмні комплекси сімейства «ЛІРА» мають більш ніж 40-річну історію створення, розвитку і вживання в наукових дослідженнях і практиці проектування конструкцій. Ось найвідоміші представники програм сімейства «ЛІРА»:

- РПСС (ЕОМ М20) – 1962 г.;
- Н-59 (НАЇРІ) – 1966 г.;
- ЕКСПРЕС (ЕОМ МІНСЬК 22) – 1969 г.;
- МІРАЖ (ЕОМ МІНСЬК 22) – 1971 г.;
- СУПЕР (ЕОМ МІНСЬК 32) – 1975 г.;
- ЛІРА ЄС (ЕОМ ЄС) – 1977 г.;
- ЛІРА СМ (ЕОМ СМ) – 1982 г.;
- ЛІРА VAX (ЕОМ VAX) – 1987 р.

Для персональних комп'ютерів:

- ЛІРА ПК – 1990 г.;
- МІРАЖ – 1993 г.;
- ЛІРА-WINDOWS, версія 5.03 – 1996 г.;
- ЛІРА, версія 8.2 – 2000 г.;

Універсальна програма «ЛІРА» була розроблена в кінці 80-х років в НДІАСБ м. Києва. Вона призначена для міцнісного розрахунку конструкцій: плоских і просторових стержньових систем, плит, балок-стінок, оболонки, масивних тіл, а також композитних систем, що згинаються (плит і оболонки, підпертих ребрами; рамно-зв'язкових каркасів; плит і ростверків на пружній основі і т.п.).

Як і більшість сучасних універсальних програм, «ЛІРА» заснована на методі кінцевих елементів у варіанті методу переміщень. В ній є обширна бібліотека кінцевих елементів, що дозволяє прийняти для розрахунку конструктивних систем ряд варіантів розрахункових моделей по п'яти ознаках.

Програма виконує розрахунок на статичні і динамічні дії (зокрема на сейсмічні дії, а також вітрові навантаження з урахуванням пульсації). Для стержньових систем, плит, балок-стінок і оболонки вибираються розрахункові поєднання зусиль (РПЗ), уніфікуються елементи, а також підбирається арматура для всіх випадків напруженого стану перетину.

Програмні комплекси сімейства «ЛІРА» безперервно удосконалюються і пристосовуються до нових операційних систем і графічних середовищ. Новітнім представником сімейства «ЛІРА» є ПК «ЛІРА», версія 9. В наш час широко застосовуються наступні версії цієї програми: 9.0; 9.2 і 9.4.

Окрім загального розрахунку моделі об'єкту на всі можливі види статичних навантажень, температурних, деформаційних і динамічних дій (вітер з урахуванням пульсації, сейсмічні дії і т.п.) ПК «ЛІРА», версія 9 автоматизує ряд процесів проектування: визначення розрахункових поєднань навантажень і зусиль, призначення конструктивних елементів, підбір і перевірка перетинів сталевих і залізобетонних конструкцій з формуванням ескізів робочих креслень колон і балок.

ПК «ЛІРА» дозволяє досліджувати загальну стійкість моделі, що розраховується, перевіряти міцність перетинів елементів по різних теоріях руйнувань.

ПК «ЛІРА» надає можливість проводити розрахунки об'єктів з урахуванням фізичної і геометричної нелінійностей, моделювати процес зведення споруди з урахуванням монтажу і демонтажу елементів.

2.2 Загальні вимоги до розрахункової схеми та її склад

Розрахункова схема є моделлю конструкції, будівлі або споруди, що ідеалізується. Ступінь наближення цієї моделі до реальних конструкції, будівлі або споруди залежить від кваліфікації розраховувача і від обчислювального апарату, яким він має у своєму розпорядженні.

Для складання розрахункової схеми необхідно модель, що ідеалізується, розчленувати на кінцеві елементи. Способи розбиття системи на кінцеві елементи і густина сітки залежать від умов конкретної задачі, тому рекомендації по розбиттю можуть носити найзагальніший і умовний характер. Дуже рідкісна сітка може привести до неприйнятно грубого наближення, в той же час невиправдано густа сітка може привести до великого часу рахунку або до поганої обумовленості матриці жорсткості канонічних рівнянь. На обумовленість матриці також впливає велика відмінність сторін кінцевих елементів, тому слід віддавати перевагу рівностороннім елементам.

Часто виявляється корисним знання характерних властивостей елементів, що використовуються. Так, якщо плосконапружена система має ділянки типу балок, то ефективніше дати дрібне дроблення по довжині ділянки, ніж дробити його по висоті.

Після розбиття системи на кінцеві елементи, необхідно пронумерувати розрахункові вузли, що утворилися при цьому (рис. 2.1). Нумерацію ведеться з таким розрахунком, щоб різниця номерів вузлів, що відносяться до одного кінцевого елемента, була мінімальною.

Після цього в розрахунковій схемі необхідно пронумерувати кінцеві елементи (див. рис. 2.1). Ця нумерація визначає послідовність завдання початкової інформації і за наявності місцевого навантаження необхідна для

вказівки номера елемента, до якого воно прикладено. Нумерація елементів полегшує також читання результатів розрахунку.

Нумерація вузлів та елементів в останніх версіях програми ЛПРИ виконується автоматично при складанні розрахункової схеми системи.

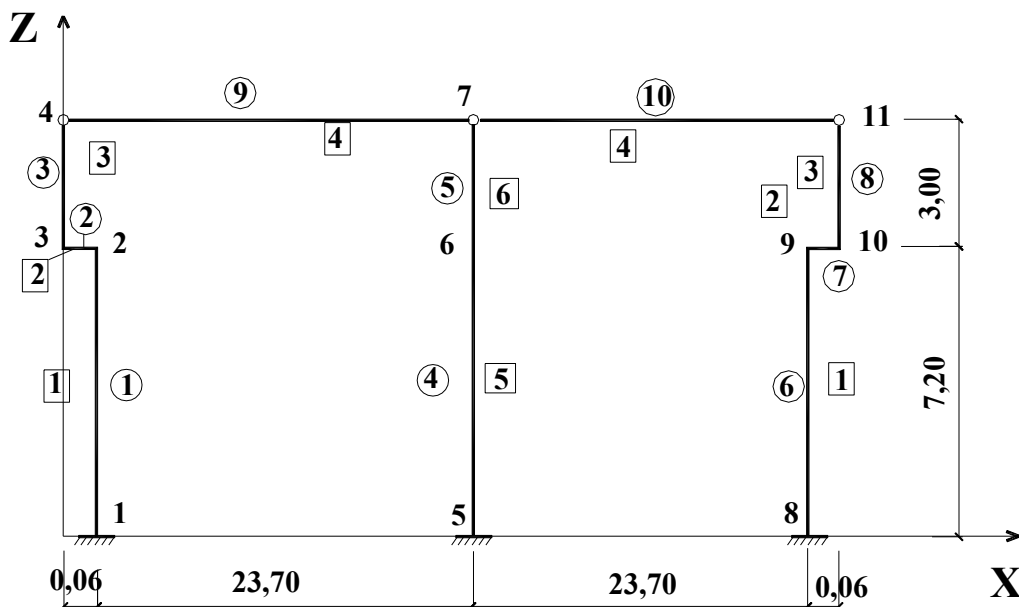


Рисунок 2.1 - Розрахункова схема плоскої поперечної рами.

Потім необхідно позначити опорні закріплення або зв'язки, що накладаються на систему. Для цього потрібно зафіксувати вузли, в які вводяться зв'язки і їх характер (див. рис. 2.1).

Завдання граничних умов в розрахунковій схемі може бути описано за допомогою зв'язків кінцевої жорсткості (тип КЕ № 5I), що особливо ефективно у тому випадку, коли в зв'язках, що накладаються, необхідно знати реакції. При цьому введення зв'язків, жорсткість яких значно перевершує жорсткості елементів системи, може погіршити точність рахунку. Якщо ж жорсткість зв'язків, що вводяться, невелика, то це може викликати деяке спотворення істинного рішення для зовні статично визначних систем.

Можна рекомендувати, щоб жорсткість зв'язків, що вводяться, була на порядок більше найбільшої характеристики зі всіх елементів системи. Хоча у кожному окремому випадку необхідна індивідуальна оцінка.

Кінцеві елементи, що мають однакові жорсткісні характеристики, об'єднуються в жорсткісні типи, номери яких необхідно проставляти біля відповідних елементів (див. рис. 2.1).

Геометрія всієї системи, що розраховується, описується в ПК «ЛІРА» в правій декартовій системі координат (рис. 2.2). Розрахункова система не повинна бути геометрично змінною або миттєво змінною.

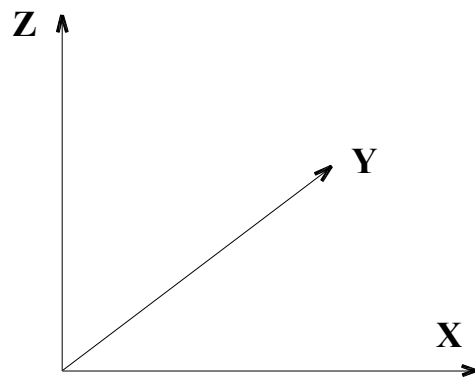


Рисунок 2.2 - Орієнтація осей глобальної системи координат.

Контрольні запитання

1. Область застосування ПК «ЛІРА».
2. Призначення ПК «ЛІРА», його можливості для виконання розрахунків в різних сферах.
3. Який метод розрахунку рам реалізований в ПК «ЛІРА»?
4. Які процеси проектування реалізовані в ПК «ЛІРА»?
5. Що називається розрахунковою схемою конструкції, будівлі, споруди?
6. Від чого залежить ступінь наближення розрахункової схеми до реальної конструктивної системи?
7. Склад розрахункової схеми системи, порядок її складання.

8. Система координат, яка застосовується в ПК «ЛІРА».

Література

1. ПК ЛІРА, версія 9. Программный комплекс для расчета и проектирования конструкций. Справочно-теоретическое пособие под ред. А.С.Городецкого. К. - М.: 2003. – с. 7 - 10, 377.

3 СКЛАДАННЯ РОЗРАХУНКОВОЇ СХЕМИ СИСТЕМИ

3.1 Шифр і ознака системи

Шифр задачі може складатися з довільних символів, окрім знаків припинення. Після шифру може слідувати інформація про задачу. Повний шифр задачі роздруковується один раз на початку, а надалі перед кожною таблицею роздруковуються тільки перші вісім символів.

У таблиці «Признак системы» [1] може бути вказана одна з наступних ознак системи:

1 - система, кожний вузол якої містить два ступені свободи:

лінійне переміщення уздовж осі **X**;

лінійне переміщення уздовж осі **Z**.

Система розташовується обов'язково в площині "XOZ". По цій ознаці розв'язуються плоскі шарнірно-стерженьові системи (ферми, башти, щогли і т.п.), балки-стілки (плоска задача теорії пружності) і т.п.

2 - система, кожний вузол якої містить три ступені свободи:

лінійне переміщення уздовж осі **X**;

лінійне переміщення уздовж осі **Z**;

поворот навкруги осі **Y**.

Система розташовується обов'язково в площині "XOZ". По цій ознаці розв'язуються плоскі рамні системи, можуть розраховуватися і безрозкосні ферми.

3 - система, кожний вузол якої містить три ступені свободи:

лінійне переміщення уздовж осі **Z**;

поворот навкруги осі **X**;

поворот навкруги осі **Y**.

Система розташовується обов'язково в площині "XOY". Ця ознака характерна для балочних ростверків, плит, що згинаються, плит на пружній підставі, композитних систем у вигляді плит, які підперті знизу ребрами і т.п.

4 - система, кожний вузол якої містить три ступені свободи:

лінійне переміщення уздовж осі **X**;

лінійне переміщення уздовж осі **Y**;

лінійне переміщення уздовж осі **Z**.

Система розташовується в просторі "XYZ". По цій ознаці розраховуються просторові шарнірно-стержньові системи, масивні тіла (трьохвимірні задачі теорії пружності) і т.п.

5 - система загального вигляду, кожний вузол якої містить шість ступенів свободи:

лінійне переміщення уздовж осі **X**;

лінійне переміщення уздовж осі **Y**;

лінійне переміщення уздовж осі **Z**;

поворот навкруги осі **X**;

поворот навкруги осі **Y**;


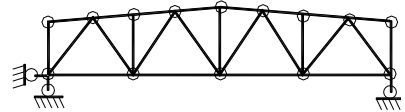
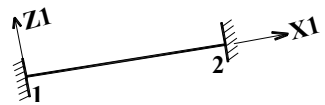
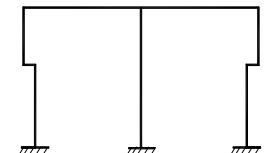
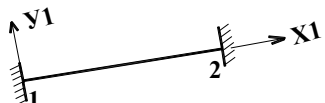
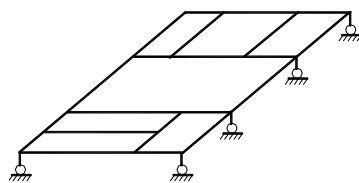
поворот навкруги осі **Z**.


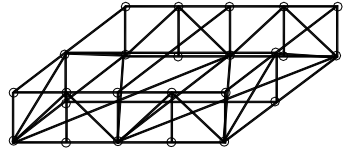
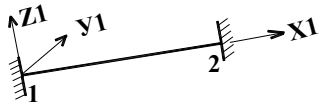
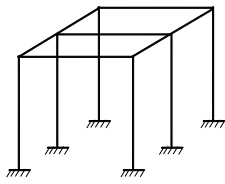
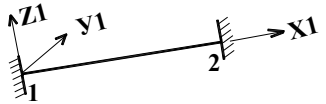
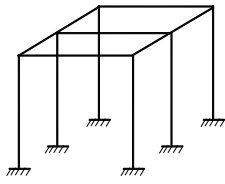
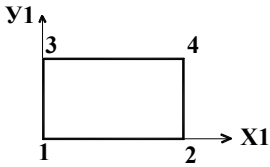
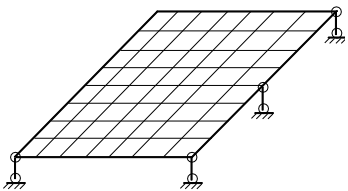
Система розташовується в просторі "XYZ". По цій ознаці розраховуються системи загального вигляду - просторові конструкції будівель і споруд, оболонки, плити на пружній підставі сумісно з надземними будовами і т.п. По загальній ознаці **5** можуть бути розраховані і всі приватні системи, які розраховуються по ознаках **1-4**, проте при цьому подовжується час рахунку задачі.

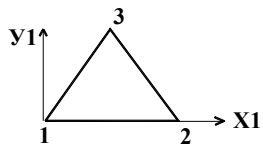
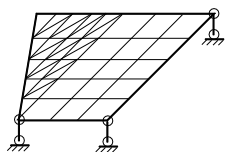
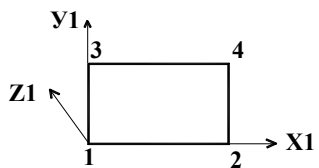
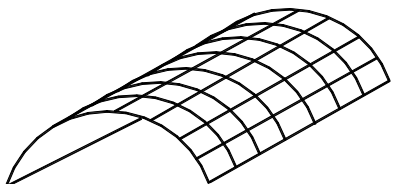
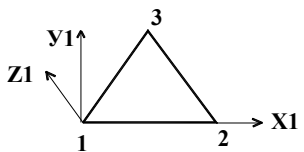
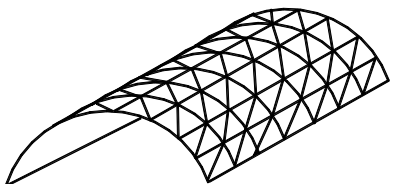
3.2 Бібліотека кінцевих елементів програми «ЛІРА»

Перелік кінцевих елементів програми «ЛПРА», що найчастіше вживаються, приведений в табл. 3.1. В цій таблиці даються відомості про найменування кінцевих елементів, напрямки місцевих осей координат для цих елементів, а також про те, в яких площинах системи координат можна їх використовувати. Наводяться дані про кількість ступенів свободи, якими може володіти той або інший кінцевий елемент бібліотеки, а також можлива ознака системи. Тут же наводяться приклади використання кінцевих елементів в різних типах розрахункових схем систем.

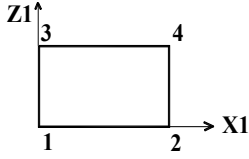
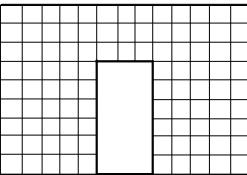
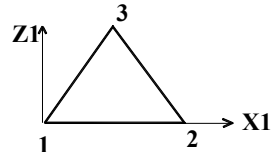
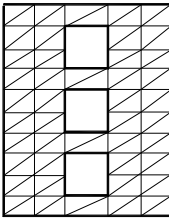
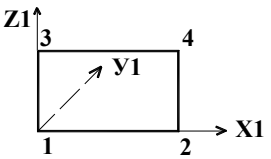
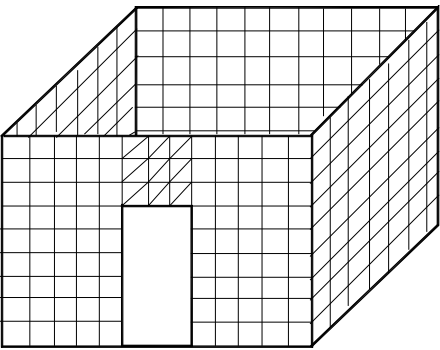
Таблиця 3.1 - Бібліотека кінцевих елементів програми «ЛІРА»

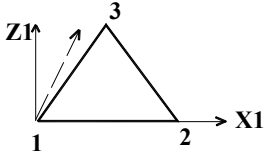
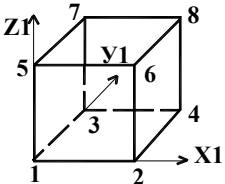
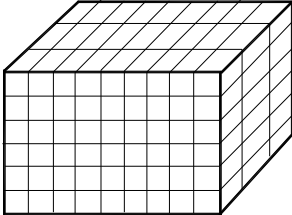

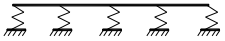
Кінцевий елемент		Розташовується в площині	Типи ступенів свободи	Можлива ознака системи	Приклад використання кінцевого елемента
Тип	Найменування і напрямки місцевих вісей				
1	2	3	4	5	6
I. Стержневі елементи					
1	Шарнірний стержень плоскої системи 	XOZ	$\Delta X; \Delta Z$	1; 2; 4; 5	
2	Плоский рамний стержень 	XOZ	$\Delta X; \Delta Z, \varphi Y$	2; 5	
3	Стержень балочного розтерка 	XOY	$\Delta Z; \varphi X; \varphi Y$	3; 5	

1	2	3	4	5	6
4	<p>Шарнірний просторовий стержень</p> 	XYZ	$\Delta X; \Delta Y; \Delta Z$	4; 5	
5	<p>Просторовий рамний стержень</p> 	XYZ	$\Delta X; \Delta Y; \Delta Z;$ $\varphi X; \varphi Y; \varphi Z$	5	
10	<p>Універсальний стержень</p> 	-	$\Delta X; \Delta Y; \Delta Z;$ $\varphi X; \varphi Y; \varphi Z$	1-5	
II. Плити і оболонки					
11	<p>Прямокутний елемент плити</p> 	XOY	$\Delta Z; \varphi X; \varphi Y$	3; 5	

1	2	3	4	5	6
12	<p>Трикутний елемент плити</p> 	XOY	$\Delta Z; \varphi X; \varphi Y$	3; 5	
41	<p>Плоский прямокутний елемент оболонки</p> 	XYZ	$\Delta X; \Delta Y; \Delta Z; \varphi X; \varphi Y; \varphi Z$	5	
42	<p>Плоский трикутний елемент оболонки</p> 	XYZ	$\Delta X; \Delta Y; \Delta Z; \varphi X; \varphi Y; \varphi Z$	5	
1	2	3	4	5	6

III. Балки-стінки

<p>21</p>	<p>Прямокутний елемент плоско напруженої системи</p> 	<p>XOZ</p>	<p>$\Delta X; \Delta Z$</p>	<p>1; 2; 4; 5</p>	
<p>22</p>	<p>Трикутний елемент плоско напруженої системи</p> 	<p>XOZ</p>	<p>$\Delta X; \Delta Z$</p>	<p>1; 2; 4; 5</p>	
<p>23</p>	<p>Прямокутний елемент плоско напруженої системи загального положення</p> 	<p>XYZ</p>	<p>$\Delta X; \Delta Y; \Delta Z$</p>	<p>4; 5</p>	

24	<p>Трикутний елемент плоско напруженої системи загального положення</p> 	XYZ	$\Delta X; \Delta Y; \Delta Z$	4; 5	
IV. Інші					
31	<p>Просторовий прямокутний елемент – паралелепіпед</p> 	XYZ	$\Delta X; \Delta Y; \Delta Z$	4; 5	
51	<p>Зв'язок кінцевої жорсткості</p> 	-	$\Delta X; \Delta Y; \Delta Z;$ $\varphi X; \varphi Y; \varphi Z;$	1- 5	

3.3 Місцева система координат

Для фіксації місцеположення кінцевого елемента служить місцева система координат X_1, Y_1, Z_1 ; яка може бути тільки правою декартовою. Місцева система координат також необхідна для орієнтації місцевого навантаження, головних осей інерції для стержнів, зусиль і напружень, що виникають в елементах, орієнтації арматури в перетинах залізобетонних елементів.

Для одновимірних кінцевих елементів (типи КЕ № 1-5, 10) місцева система координат має наступну орієнтацію: вісь X_1 (рис. 3.1) направлена від початку стержня (перший вузол) до кінця (другий вузол). Вісь Z_1 разом з віссю X_1 утворюють праву позитивну четверть. Для орієнтації осі Y_1 існує наступне правило: якщо дивитися з кінця осі Z_1 , то вісь X_1 переміщаючись на 90° до поєднання з віссю Y_1 обертається проти ходу годинникової стрілки.

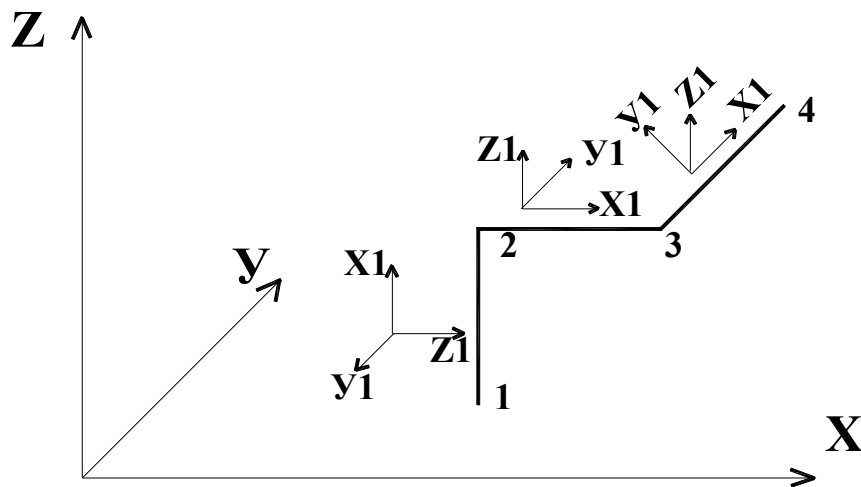


Рисунок 3.1 - Орієнтація осей місцевої системи координат для стержньових елементів.

Для всіх пластинчастих елементів (типи КЕ № 11, 12, 21-24, 41,42) вісь X_1 направлена від першого вузла до другого (рис. 3.2). Для прямокутних елементів плити і оболонки (типи КЕ № 11 і 41) вісь Y_1 направлена від першого вузла до третього (див. рис. 3.2). Для плоско напружених елементів (типи КЕ № 21, 23) від першого вузла до третього направлена вісь Z_1 (див. рис. 3.2). Для

трикутних елементів плити і оболонки (типи КЕ № 12 і 42) вісь Y_1 ортогональна до осі X_1 і розташована в площині елемента (див. рис. 3.2). Для плоско напружених трикутних елементів (типи КЕ № 22,24) вісь Z_1 ортогональна осі X_1 і розташована в площині елемента (див. рис. 3.2).

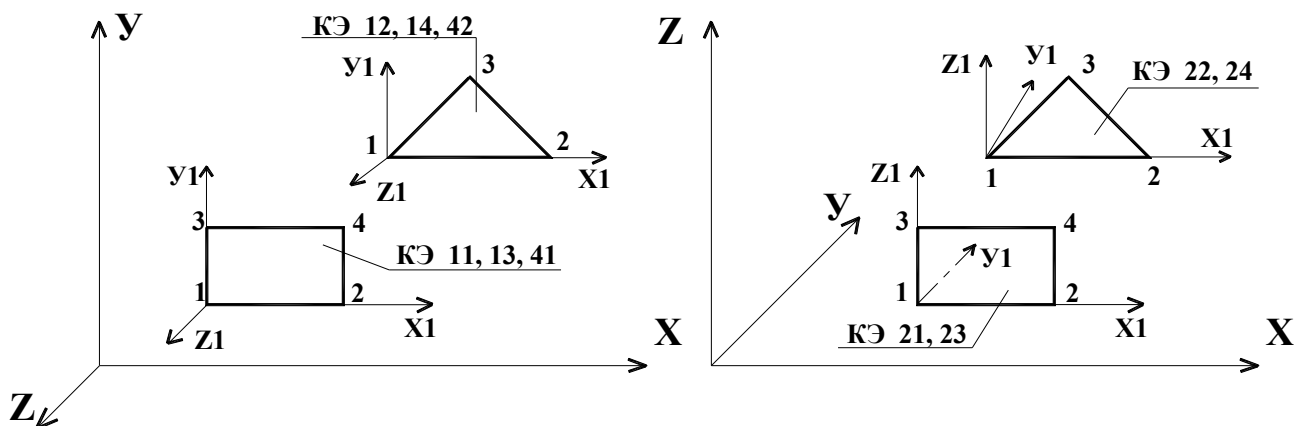


Рисунок 3.2 - Орієнтація осей місцевої системи координат для пластинчастих елементів.

Для об'ємних кінцевих елементів (тип КЕ № 31) вісь X_1 направлена від першого вузла, до другого, вісь Y_1 розташовується в площині нижньої грані і ортогональна осі X_1 . Осі X_1, Y_1, Z_1 утворюють праву трійку (рис. 3.3).

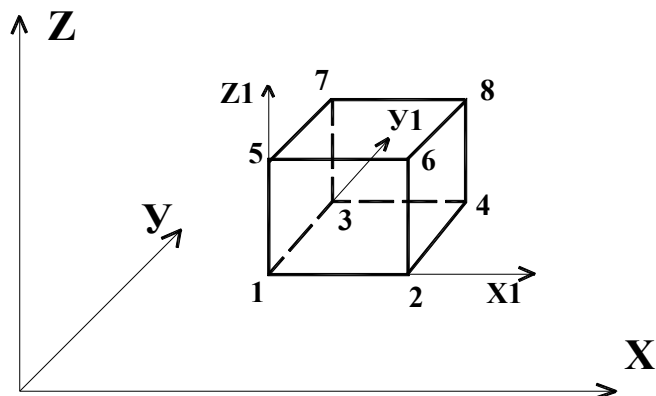


Рисунок 3.3 - Орієнтація осей місцевої системи координат для об'ємних елементів.

3.4 Жорсткісні характеристики елементів

Функція «Жорсткість» призначена для опису жорсткісних характеристик елементів системи, яка розраховується.

Для стержньових елементів можуть указуватися:

- модуль пружності в тоннах і метрах і розміри перетину в сантиметрах після ідентифікатора, що позначає форму перетину;
- вид прокату і номер профілю для перетинів сталевих конструкцій;
- жорсткісні характеристики в порядку і складі, обумовленому типом кінцевого елемента;
- жорсткі вставки в вигляді двох чисел: довжини жорстких вставок на початку і в кінці стержня в метрах;
- ядра перетинів в метрах після ідентифікаторів Y і Z (по два числа після кожного).

Набір жорсткісних характеристик і їх порядок в рядку залежно від типів кінцевих елементів зведемо в табл. 3.2.

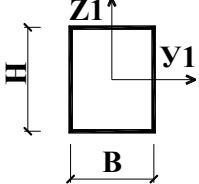
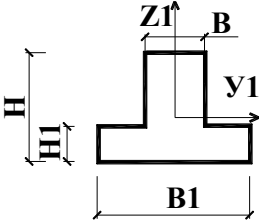
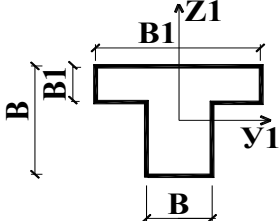
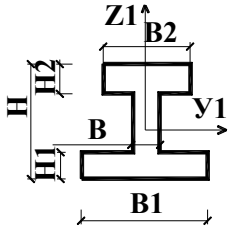
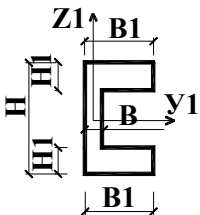
Таблиця 3.2 - Склад і порядок жорсткісних характеристик

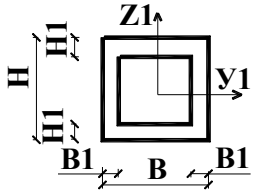
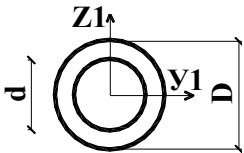
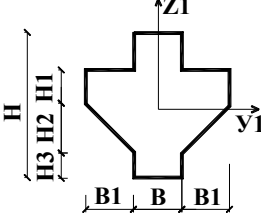
Тип кінцевого елемента	Характеристики (одиниці вимірювання)	Примітка
1	2	3
1, 4	EA (т)	EA – подовжня жорсткість; E – модуль пружності (т·м ²); A – площа перетину (м ²)
2	EA (т); EI _y (т·м ²)	EA – подовжня жорсткість; EI _y – згинальна жорсткість щодо осі У1; I _y – момент інерції поперечного перетину щодо осі У1 (м ⁴)

1	2	3
3	EI_y (Т·м ²); $GI_{кр}$ (Т·м ²)	EI_y – згинальна жорсткість щодо осі У1; $GI_{кр}$ – крутильна жорсткість; G – модуль зсуву (Т·м ²); $I_{кр}$ – момент інерції кручення поперечного перетину (м ⁴)
5; 10	EA (Т); EI_y (Т·м ²); EI_z (Т·м ²); $GI_{кр}$ (Т·м ²)	EA – подовжня жорсткість; EI_y – згинальна жорсткість щодо осі У1; EI_z – згинальна жорсткість щодо осі Z1; $GI_{кр}$ – крутильна жорсткість; I_z – момент інерції поперечного перетину щодо осі Z1 (м ⁴)
11; 12; 21; 22; 23; 24; 41; 42	E (Т/м ²); μ ; δ (м)	E – модуль пружності (Т·м ²); μ – коефіцієнт Пуассона; δ – товщина елемента (м)
31	E (Т/м ²); μ	E – модуль пружності (Т/м ²); μ – коефіцієнт Пуассона
51	N ; ER_N (Т/м)	$N = 1...6$ – код ступеня свободи, по напрямку якої введений зв'язок; ER_N – жорсткість введеного зв'язку

Розглянемо ідентифікацію найбільш розповсюджених форм перетину стержнів в табл. 3.3.

Таблиця 3.3 - Ідентифікація перетинів стержнів

Ідентифікатор	Ескіз перетину з літеровим позначенням розмірів	Склад і порядок характеристик, що задаються
1	2	3
S↓		E (т/м ²); B (см); H (см)
S1		E (т/м ²); B (см); H (см); B1 (см); H1 (см)
S2		E (т/м ²); B (см); H (см); B1 (см); H1 (см)
S3		E (т/м ²); B (см); H (см); B1 (см); H1 (см); B2 (см); H2 (см)
S4		E (т/м ²); B (см); H (см); B1 (см); H1 (см)

1	2	3
S5		E (Т/М ²); B (см); H (см); $B1$ (см); $H1$ (см);
S6		E (Т/М ²); D (см); d (см); $d \neq 0$
S7		E (Т/М ²); B (см); H (см); $B1$ (см); $H1$ (см); $H2$ (см); $H3$ (см);

Розглянемо порядок завдання інших ідентифікаторів для стержньових елементів в табл. 3.4.

Порядок визначення параметрів ідентифікаторів для стержньових елементів, які представлені в табл. 3.4, приведений на рис. 3.4.

Таблиця 3.4 - Ідентифікатори для стержньових елементів

Ідентифікатор	Тип кінцевого елементу	Характеристики, що задаються (одиниці вимірювання)	Примітка
AX	2; 3; 5; 10	AX1 (м); AX2 (м);	AX1; AX2 – розміри абсолютно жорстких вставок на початку і в кінці стержнів;
Y	1-5; 7; 8	Y1 (м); Y2 (м);	Y1; Y2 – розміри ядра перетину уздовж місцевої осі Y1;
Z	1-5; 7; 8	Z1 (м); Z2 (м);	Z1; Z2; - розміри ядра перетину уздовж місцевої осі Z1;

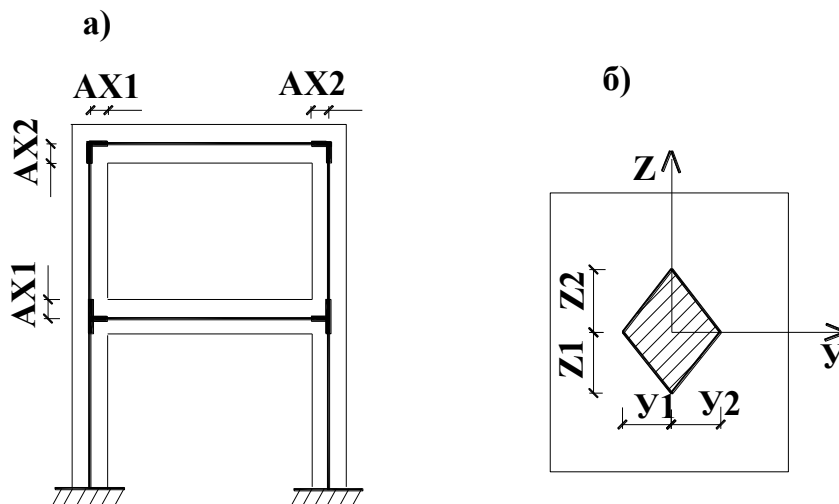


Рисунок 3.4 - До визначення параметрів ідентифікаторів: а – розмірів жорстких вставок; б – розмірів ядер перетину.

3.5 Зв'язки системи

Функція «Зв'язки» служить для опису місця розташування і характеру опорних закріплень системи, яка розраховується.

Для цього треба виділити вузли системи і вказати ступені свободи, на які можуть бути накладені зв'язки в цьому вузлі.

Можливі ступені свободи системи мають вигляд:

- відсутні лінійні переміщення уздовж осі **X**;
- відсутні лінійні переміщення уздовж осі **Y**;
- відсутні лінійні переміщення уздовж осі **Z**;
- відсутні повороти навкруги осі **X**;
- відсутні повороти навкруги осі **Y**;
- відсутні повороти навкруги осі **Z**.

Кількість ступенів свободи залежить від ознаки системи і має наступні варіанти:

1 ознака - відсутні лінійні переміщення уздовж осі **X** і осі **Z**;

2 ознака - відсутні лінійні переміщення уздовж осі **X** і осі **Z**; а також відсутні повороти навкруги осі **Y**;

3 ознака - відсутні лінійні переміщення уздовж осі **Z**; а також відсутні повороти навкруги осі **X** і осі **Y**;

4 ознака - відсутні лінійні переміщення уздовж осі **X**, осі **Y** і осі **Z**;

5 ознака - відсутні лінійні переміщення уздовж осі **X**, осі **Y** і осі **Z**; а також відсутні повороти навкруги осі **X**, осі **Y** і осі **Z**.

Контрольні запитання

1. Як завдається шифр системи, яка розраховується в ПК «ЛІРА»?
2. Скільки ознак системи нараховує ПК «ЛІРА»? Перерахуйте всі можливості ознак системи в ПК «ЛІРА».
3. Що вміщує в собі бібліотека кінцевих елементів ПК «ЛІРА»?
4. Яке призначення має місцева система координат в ПК «ЛІРА»? Правила орієнтації осей для стержньових елементів, для пластинчатих елементів.
5. Які варіанти завдання жорсткісних характеристик для стержньових елементів?
6. Як завдаються жорсткісні характеристики для перетинів із залізобетонних або дерев'яних елементів?

7. Як завдаються жорсткісні характеристики для перетинів із сталевих елементів?
8. Як завдаються жорсткі вставки та ядра перетинів елементів?
9. Порядок завдання зв'язків, які накладаються на систему, яка розраховується.

Література

1. ПК ЛИРА, версія 9. Программный комплекс для расчета и проектирования конструкций. Справочно-теоретическое пособие под ред. А.С.Городецкого. К. - М.: 2003. – с. 311-317, 377-386, 411-415.

4 НАВАНТАЖЕННЯ І ВПЛИВИ. ВИБІР РОЗРАХУНКОВИХ ПОЄДНАНЬ ЗУСИЛЬ

4.1 Класифікація навантажень

При розрахунку конструкцій навантаження і дії приймаються за [1].

За часом дії навантаження і впливи відносяться до постійних (коли напрям, місце і час їх дії можна вважати незмінними) і тимчасових: тривалим, короткочасним і особливим (навантаження, які в окремі періоди будівництва і експлуатації можуть бути відсутніми).

До постійних навантажень і впливів відносяться: вага постійних частин будівель і споруд, вага і тиск ґрунтів, дії попередньої напруги.

До тимчасових тривалих навантажень і впливів відносяться: вага стаціонарного устаткування, вага рідин і сипких матеріалів в місткостях, тиск газів і рідин в резервуарах, газгольдерах і трубопроводах, навантаження на перекриття складів, бібліотек, архівів і подібних приміщень, тривалі температурні технологічні дії і т.п.

До короткочасних навантажень і дій відносяться: атмосферні (снігові, вітрові, ожеледні навантаження і температурні кліматичні дії), навантаження від підйомно-транспортного устаткування, навантаження на перекриття житлових і суспільних будівель від маси людей, меблів і подібного легкого устаткування, ремонтних матеріалів в зонах обслуговування і ремонту устаткування і т.п.

До особливих навантажень і впливів відносяться: сейсмічні і вибухові дії, навантаження і дії, що викликаються несправністю або поломкою устаткування і різкими порушеннями технологічного процесу; дії просадки ґрунта, обумовлених корінною зміною структури ґрунтів (деформації посадочних ґрунтів при замочуванні або постійно мерзлих при відтаванні, просадки ґрунтів в районах гірських вироблень і карстових районах).

4.2 Типи і величини навантажень

Суму дій на будівлю, що розраховується, зручно описувати у вигляді окремих дій (завантажень):

- а) постійні навантаження (власна вага конструкцій);
- б) тимчасові тривалі навантаження (вага стаціонарного технологічного устаткування і т.п.);
- в) короткочасні навантаження (атмосферні: снігові, вітрові);
- г) короткочасні навантаження (крани – вертикальні і гальмівні навантаження);
- д) особливі навантаження (просідання ґрунту, сейсміка і т.п.).

Кожній схемі завантаження привласнюють свій номер. Необхідно пам'ятати, що перші порядкові номери привласнюють завантаженням із статичними діями, а подальші номери - з динамічними діями. Навантаження задаються у вигляді зосереджених або розподілених сил і моментів.

Для завдання навантаження в ПК «ЛІРА» необхідно вказати наступні числа [2].

Перше число - вказується номер вузла (якщо навантаження вузлове) або номер елемента (якщо навантаження місцеве, тобто прикладене поза вузлом);

Друге число - вид навантаження з наступного набору:

0 - вузлове навантаження, орієнтоване відносно осей глобальної системи координат;

5 - місцеве зосереджене навантаження у вигляді сили або моменту, орієнтоване відносно осей місцевої системи координат;

6 - місцеве рівномірно розподілене навантаження, орієнтоване відносно осей місцевої системи координат;

7 - місцеве нерівномірно розподілене навантаження, орієнтоване відносно осей місцевої системи координат;

8 - місцеве температурне навантаження.

Третє число рядка - напрям дії навантаження з наступного набору:

1 - якщо навантаження діє уздовж осі X або $X1$ і є зосередженим або розподіленим навантаженням;

2 - якщо навантаження діє уздовж осі Y або $Y1$ і є зосередженим або розподіленим навантаженням;

3 - якщо навантаження діє уздовж осі Z або $Z1$ і є зосередженим або розподіленим навантаженням;

4 - якщо навантаження є моментом і діє навкруги осі X або $X1$;

5 - якщо навантаження є моментом і діє навкруги осі Y або $Y1$;

6 - якщо навантаження є моментом і діє навкруги осі Z або $Z1$.

Таким чином, поєднання другого і третього числа характеризує тип навантаження. Можливість завдання того або іншого типу навантаження на той або інший тип КЕ детально розглянемо в розділі 4.3.

Далі вказуються величини, які характеризують данне навантаження - чисельна величина, знак і прив'язка дії його.

Позитивне значення зосереджених сил або розподіленого навантаження прийнято проти напрямку відповідної осі системи координат (загальної або місцевої) (рис. 4.1, а). Позитивні моменти діють за годинниковою стрілкою, якщо дивитися з кінця відповідної осі (рис. 4.1, б).

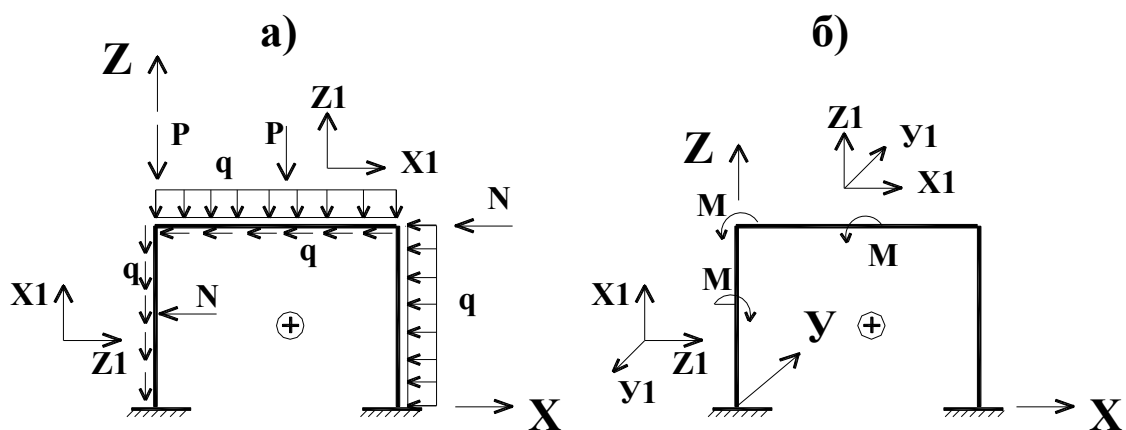


Рисунок 4.1 - До визначення позитивного значення навантажень: а – для зосереджених сил і розподілених навантажень; б – для згинаючих моментів.

Кількість чисел залежить від виду навантаження, яке описують.

Вузлова зосереджена сила або момент, а також рівномірно розподілене навантаження, діюче по всій довжині кінцевого елемента, описується одним числом - їх величиною.

Місцеве навантаження у вигляді зосередженої сили або моменту описується двома числами: величиною і прив'язкою до початку елемента (рис. 4.2, а).

Місцеве трапецієвидне навантаження описується чотирма величинами: величина навантаження зліва і її прив'язка, величина навантаження справа і її прив'язка. Тут можливі окремі випадки, такі, як шматково-рівномірне навантаження і трикутне навантаження на ділянці і по всьому елементу (рис. 4.2, б).

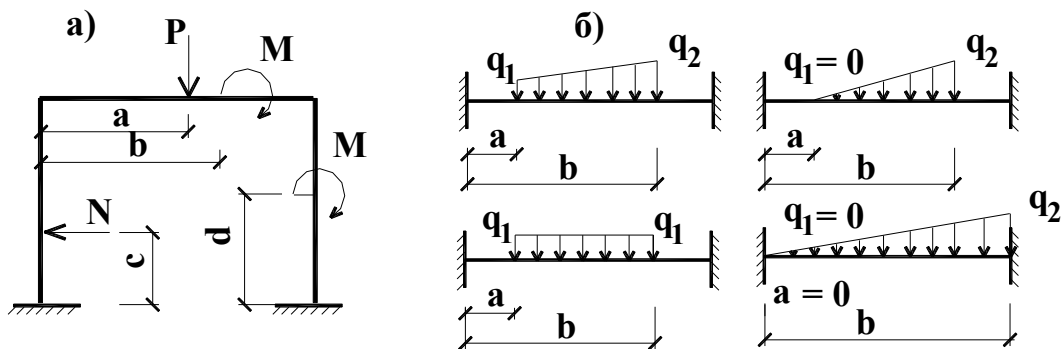


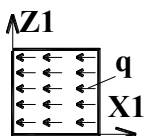
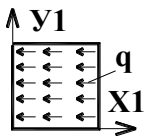
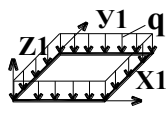
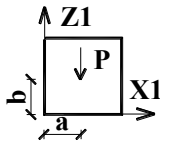
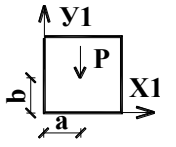
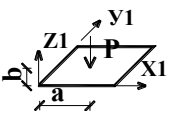
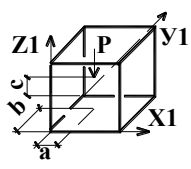
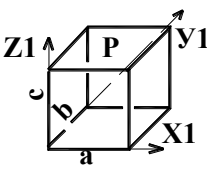
Рисунок 4.2 - До завдання місцевого навантаження: а - зосереджених сил і моментів; б – розподіленого навантаження.

4.3 Сполучення кінцевих елементів і типів навантажень

Розглянемо можливість завдання того або іншого типу навантаження на той або інший тип кінцевого елемента в табл. 4.1.

Таблиця 4.1 - Сполучення навантажень і елементів

Тип КЕ	Найменування навантаження	Схема навантаження	Тип навант аження		Кількість величин			
			2	3	1	2	3	4
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1, 2 3, 4 5, 10	Місцеві зосереджені сили		5	1	P (Т)	a (М)		
			5	2				
			5	3				
	Місцеві зосереджені моменти		5	4	M (ТМ)	a (М)		
			5	5				
			5	6				
1, 2 3, 4 5, 10	Місцеве рівномірно розподілене навантаження		6	1	q (Т/М)			
			6	2				
			6	3				
	Місцеве нерівномірно розподілене навантаження		7	2	q1 (Т/М)	a (М)	q2 (Т/М)	b (М)
			7	3	q1 (Т/М)	a (М)	q2 (Т/М)	b (М)

1	2	3	4	5	6	7	8	9			
21,22 23,24	Рівномірно розподілене навантаження в площині елемента		6	1	q (Т/М ²)						
			6	3							
41,42			6	1							
			6	2							
11,12 41,42	Те ж з площини елемента		6	3	q (Т/М ²)						
21,23	Зосереджена навантаження в площині елемента		5	1	P (Т)	a (М)	b (М)				
			5	3							
41			5	1							
			5	2							
11, 41	Те ж з площини елемента		5	3	P (Т)	a (М)	b (М)				
31	Зосереджене навантаження на об'ємний елемент		5	1	P (Т)	a (М)	b (М)	c (М)			
			5	2							
			5	3							
31	Рівномірно розподілене навантаження за об'ємом і		$N_{гр}=0$ навантаження за об'ємом		q (Т/М ³)	$N_{гр}$					
			6	1							
			6	2							
					$N_{гр}=1$ при $X1=0$	6	1	q (Т/М ²)	$N_{гр}$		
					$N_{гр}=2$ при $X1=a$	6	2				
					$N_{гр}=3$ при $Y1=0$	6	1				
		$N_{гр}=4$ при $Y1=b$	6	2							
		$N_{гр}=5$ при $Z1=0$	6	3							
		$N_{гр}=6$ при $Z1=c$	6	3							

4.4 Суть розрахункових поєднань зусиль

Навантаження на конструкції впливають не роздільно, а в поєднанні один з одним. Розрізняють наступні поєднання навантажень:

а) основні, які складаються з постійних, тимчасових тривалих і короткочасних навантажень;

б) особливі, які складаються з постійних, тимчасових тривалих, короткочасних і одного з особливих навантажень.

Основні поєднання навантажень підрозділяються на дві групи:

I - постійні навантаження + тимчасові тривалі навантаження + одне найбільше короткочасне навантаження. Всі навантаження приймаються з коефіцієнтом поєднань рівним $n_c = 1,0$.

II - постійні і тимчасові тривалі навантаження з коефіцієнтом поєднань рівним $n_c = 1,0$ плюс дві і більш короткочасних навантажень з коефіцієнтом поєднань $n_c = 0,9$.

Особливі поєднання складаються за наявності сейсмічних, просадочних і інших особливих дій.

Задача розрахувача полягає у визначенні тих поєднань окремих завантажень, які можуть бути вирішальними (самими небезпечними) для кожного елемента (або кожного перетину елемента), що перевіряється, тобто у визначенні розрахункових поєднань зусиль (РПЗ). Ця задача в програмі «ЛПРА» виконується блоком вибору РПЗ.

Для того, щоб не визначати всі можливі поєднання завантажень і не працювати з такою громіздкою інформацією, призначені критерії, що дозволяють обмежити вибір тільки реальних, самих небезпечних комбінацій завантажень. Для всіх типів кінцевих елементів в "ЛПРІ" РПЗ вибираються по критерію найбільших головних напруг.

При виборі РПЗ враховуються і логічні зв'язки, що накладаються нормативними і вихідними даними на всі види завантажень.

Введено поняття «взаємовиключних» завантажень, тобто таких, які в одне поєднання одночасно входити не можуть. Так, наприклад, вітрова дія на споруду не може одночасно діяти з двох (трьох, чотирьох) сторін. Всі ці вітрові дії потрібно включити в одну групу взаємовиключних завантажень. До взаємовиключних навантажень також відносяться: гальмівне навантаження біля однієї і іншої, протилежної стійки рами; максимальне вертикальне навантаження від крана біля однієї і протилежної стійки одного прольоту.

Поняття «супутніх» завантажень введено для того, щоб завантаження супутнє, тобто породжене основним, не включалося б в РПЗ без основного. Але основне завантаження може бути включене в РПЗ і без йому супутніх завантажень. Так, наприклад, зусилля від гальмування візка крана не можуть включатися в РПЗ, якщо туди не ввійшли зусилля від вертикального тиску коліс крана. Вертикальне навантаження ж від крана може діяти і без поєднання з гальмівним навантаженням.

Поняття «об'єднано-короткочасних» навантажень введено для того, щоб дати можливість включати в основне поєднання не одне з короткочасних навантажень, а їх групу (або саму небезпечну по міцності комбінацію навантажень з цієї групи).

Поняття «знакозмінного» навантаження введено для того, щоб наголосити на навантаженнях, які можуть міняти напрями дії в процесі експлуатації. Так, наприклад, зусилля від гальмування візка крана вліво і вправо. Це дає можливість при виборі РПЗ узяти той напрям дії навантаження, який буде небезпечніший для конкретного елемента.

Оскільки, нормами проектування передбачено, що деякі види навантажень в деяких поєднаннях не повинні враховуватися повністю, то проведена класифікація по видах завантажень (постійне, тимчасове, кранове, сейсмічне і т.д.). Це дає можливість задавати коефіцієнти, з якими дане завантаження може входити в основні і особливі поєднання навантажень.

4.5 Порядок завдання розрахункових поєднань зусиль

При виявленні самих небезпечних розрахункових поєднань зусиль враховуються вимоги [1] і логічна залежність між завантаженнями, що задається в таблиці РПЗ.

У цій таблиці кожному завантаженню відповідає один рядок. Його порядковий номер відповідає номеру завантаження в розрахунковій схемі системи.

Рядок таблиці РПЗ складається з дванадцяти чисел.

Перше число - вказується вид завантаження з наступного набору:

0 - постійне; **1** - тимчасове тривало діюче; **2** - короткочасне; **3** – вертикальне крана; **4** – гальмівне горизонтальне; **5** - сейсмічне (особливе); **6** - інші особливі; **7** - короткочасне, тривалість дії якого мала.

Друге число - дається інформація про об'єднання короткочасних завантажень. Якщо декілька короткочасних завантажень позначені однаковими номерами, то вони можуть бути включені в перше основне поєднання як одне короткочасне. Для інших короткочасних, не з'єднаних з іншими, а також для всіх інших завантажень на місці цього числа проставляється нуль.

Третє число - позначаються одиницею знакозмінні навантаження, інакше для інших завантажень проставляється нуль на місці цього числа.

Четверте і п'яте числа - служать для опису взаємовиключних завантажень. Кожній групі таких завантажень привласнюється номер, яким позначаються всі завантаження даної групи. Два числа дають можливість одне і теж завантаження включати в дві різні групи. Якщо ж такої необхідності немає, то номери груп записуються на місці четвертого числа, а на місці п'ятого числа проставляються нулі.

Шосте і сьоме числа - вказуються номери супутніх завантажень, тобто таких, дія яких обумовлена наявністю даного завантаження. Зокрема, якщо деякий рядок таблиці РПЗ описує кранове завантаження, то на місці шостого і сьомого чисел можуть бути вказані номери гальмівних завантажень. І в цьому

випадку вони потраплять в РПЗ спільно із завантаженнями кранів, і розглядатимуться як одне завантаження.

Восьме число - вказуються коефіцієнти надійності по навантаженню. За допомогою цього числа виконуватиметься перехід від розрахункових величин навантажень до їх нормативних значень при виконанні розрахунку по II групі граничних станів. Якщо це число не задано, то коефіцієнти формуються таким чином:

для постійного завантаження $\gamma_f = 1,1$;

для тимчасового завантаження $\gamma_f = 1,2$;

для особливих дій $\gamma_f = 1,0$.

Дев'яте число - вказується, яка частина навантаження в частках від одиниці в даному завантаженні є тривало діючою. Якщо це число не заповнено, то воно формується таким чином:

для постійних і тривало діючих завантажень $k_{дл} = 1,0$;

для короткочасних завантажень $k_{дл} = 0,35$;

для завантажень крана $k_{дл} = 0,5$;

для інших $k_{дл} = 0$.

Десяте число - призначено для формування коефіцієнтів РПЗ I основного поєднання навантажень, в якому враховуються зусилля тільки від одного короткочасного завантаження або (за наявності номера на місці другого числі рядка) від групи з'єднаних короткочасних навантажень.

Одинадцятье число - призначено для формування коефіцієнтів РПЗ по II основному поєднанню навантажень.

Дванадцятье число – призначено для формування коефіцієнтів РПЗ особливого поєднання навантажень.

Якщо десяте, одинадцятье і дванадцятье числа не заповнені, то в них коефіцієнти формуються таким чином:

Десяте число (I основне поєднання) - для всіх видів завантажень, окрім особливих, $n_c = 1,0$; а для особливих завантажень $n_c = 0$.

Одинадцяте число (II основне поєднання) – для постійних і тривало діючих завантажень $n_c = 1,0$; для короткочасних, кранових і гальмівних завантажень $n_c = 0,9$; для особливих завантажень $n_c = 0$.

Дванадцяте число (особливе поєднання) - для постійних завантажень $n_c = 0,9$; для тривало діючих завантажень $n_c = 0,8$; для короткочасних завантажень $n_c = 0,5$; для кранових вертикальних і гальмівних горизонтальних завантажень $n_c = 0$; для сейсмічних завантажень $n_c = 1,0$; для інших динамічних завантажень $n_c = 0$.

Для випадків виконання РПЗ, що найчастіше зустрічаються, достатньо трьох поєднань, описуваних на місці десятого, одинадцятого і дванадцятого чисел.

4.6 Особливості логічної залежності між завантаженнями

На інформацію про завантаження, що задаються в документі 8, накладаються деякі логічні обмеження (табл. 4.2):

- об'єднання короткочасних навантажень (друге число рядка) допускається лише для навантажень видів **2** і **7**;
- навантаження видів **0** і **3** (постійна і кран) не можуть бути знакозмінними;
- навантаження видів **2, 5, 6, 7** можуть бути оголошені супутніми видам **1, 2, 5, 6, 7** і мати супутні собі серед навантажень видів **2, 5, 6, 7**, а гальмівне навантаження (вид **4**) може супроводити тільки вертикальне навантаження крана (вид **3**);
- подвійне супуття навантаження не допускається;
- будь-яке супутнє навантаження не може потрапляти в групи об'єднання і взаємовиключення;
- у другому стовпці взаємовиключення (п'яте число рядка) завжди слід задавати нуль.

Таблиця 4.2 - Логічні обмеження до таблиці РПЗ

Вид навантаження	Об'єднання видів 2, 7	Знако-змінність	Взаємовиключення по стовпцях		Супуття по стовпцях	
			1	2	1	2
0	-	-	+0	-	-	-
1	-	+	+1	-	+1,2,5,6,7	+1,2,5,6,7
2	+	+	+2,5,6,7	-	+2,5,6,7	+2,5,6,7
3	-	-	+3	-	+4	+4
4	-	+	-	-	-	-
5	-	+	+2,5,6,7	-	+2,5,6,7	+2,5,6,7
6	-	+	+2,5,6,7	-	+2,5,6,7	+2,5,6,7
7	+	+	+2,5,6,7	-	+2,5,6,7	+2,5,6,7

У таблиці використані наступні позначення: "-" (мінус) - означає, не допускається; "+" (плюс) - допускається; цифри після плюса - види навантажень, які допускається оголошувати супутніми або взаємовиключними.

Контрольні запитання

1. Класифікація видів навантаження.
2. Що відноситься до постійних, короткотривалих навантажень?
3. Що відноситься до тимчасово тривалих і особливих навантажень?
4. Види навантаження, які застосовуються в ПК «ЛПРА». Класифікація типів навантажень, які можуть діяти на систему, що розраховується?
5. Правила знаків при завданні зусиль в ПК «ЛПРА».
6. Кількість чисел в залежності від типу навантаження, яке може діяти на систему, яка розраховується.
7. Суть розрахункових поєднань і їх види.
8. Що таке I-е основне поєднання розрахункових зусиль?
9. Що таке II-е основне поєднання розрахункових зусиль?
10. По якому критерію вибираються РПЗ для всіх кінцевих елементів в ПК «ЛПРА»?
11. Що таке поняття «взаємовиключних» завантажень?

12. Що таке поняття «знакозмінного» і «супутнього» завантажень?
13. Особливості логічної залежності між завантаженнями.

Література

1. ДБН В.1.2-2:2006. «Навантаження і впливи. Норми проектування» - К.: Мінстрой України, 2006. - 78 с.
2. Методические рекомендации по заполнению документов исходных данных пакета прикладных программ для автоматизированного проектирования железобетонных конструкций (ППП АПЖБК-87). – К.: НИИАСС Госстроя УССР, 1987. – с. 26 – 52.


5 ПОРЯДОК РОЗРАХУНКУ СИСТЕМИ В ПК «ЛІРА»

5.1 Основні можливості і функції

Функції та операції, які найчастіше використовуються при створенні розрахункової схеми приведені в табл. 5.1.









Таблиця 5.1 – Основні функції програми «ЛІРА»







№	Команда	Опис команди	Меню	Панель інструментів	Кнопка
1	Створення нового документу	Створення нової задачі, для якої треба ввести ім'я і ознаку схеми.	Файл ► Новый	Файлы	
2	Відкрити існуючий документ	Завантаження раніше створеного файлу з вихідними даними.	Файл ► Открыть	Файлы	
3	Закрити активний документ	Закінчити роботу із задачею.	Файл ► Закрыть		
4	Зберегти активний документ	Збереження задачі під вихідним ім'ям, а також проміжне зберігання даних.	Файл ► Сохранить	Файлы	
5	Зберегти активний документ під новим ім'ям	Збереження задачі під іншим ім'ям.	Файл ► Сохранить как		
6	Вихід із програми «ЛІРА»	Вихід із системи ЛІР-ВІЗОР.	Файл ► Выход		
7	Переключення на режим вводу розрахункової схеми	Переключення системи на режим формування розрахункової схеми конструкції.	Режим ► Расчетная схема		
8	Виконання розрахунку	Відбувається розрахунок задачі.	Режим ► Выполнить расчет	Файлы	
9	Переключення на режим візуалізації результатів розрахунку.	Переключення системи на режим візуалізації результатів розрахунку.	Режим ► Результаты расчета	Файлы	
10	Показати проекцію на площину XOZ	Подання розрахункової схеми в проекції на площину XOZ.	Вид ► Проекция на плоскость XOZ	Вид	
11	Показати проекцію на площину XOY	Подання розрахункової схеми в проекції на площину XOY.	Вид ► Проекция на плоскость XOY	Вид	
12	Показати проекцію на площину YOZ	Подання розрахункової схеми в проекції на площину YOZ.	Вид ► Проекция на плоскость YOZ	Вид	
13	Режим збільшення схеми	Більш детальне зображення фрагменту розрахункової схеми.	Вид ► Увеличить	Вид	

№	Команда	Опис команди	Меню	Панель інструментів	Кнопка
14	Повернення к повному зображенню	Відновлення вихідного розміру розрахункової схеми після виконання операції <i>Увеличить</i> і розміщення її з найбільш раціональним використанням робочого вікна.	Вид ► Исходный размер	Вид	
15	Вибір вузлів для корекції	Відмічення вузлів на схемі одиночним указанням курсору або розтягуванням навколо потрібних вузлів «гумового вікна».	Выбор ► Отметка узлов	Выбор	
16	Вибір елементів	Відмічення елементів на схемі одиночним указанням курсору або розтягуванням навколо потрібних елементів «гумового вікна».	Выбор ► Отметка элементов	Выбор	
17	Відмінити відмітку вузлів і елементів	Відміна зробленої раніше відмітки вузлів і елементів.	Выбор ► Отмена выделения	Выбор	
18	Отримання інформації о вузлах і елементах	Вивід на екран діалогових вікон з інформацією о вузлах і елементах схеми та їх атрибутах.	Выбор ► Информация	Выбор	
19	Інформація о довжинах, вузлах і площах	З'являється діалогове вікно, яке призначене для обчислення геометричних параметрів схеми, - відстаней між двома вузлами, кутів, площ плоских фігур і включає три відповідні закладки.	Выбор ► Информация о размерах	Выбор	
20	Відмінити	Операція відміни результатів виконаних команд і дій.	Схема ► Отменить	Отмена	
21	Повернути	Операція повернення результатів виконаних команд і дій.	Схема ► Вернуть	Отмена	
22	Зміна ознаки схеми	Викликається відповідне діалогове вікно, в якому можна замінити ім'я задачі, ознаку схеми і описання задачі.	Схема ► Признак схемы	Файлы	

№	Команда	Опис команди	Меню	Панель інструментів	Кнопка
23	Генерація регулярних фрагментів (рам, балочних ростверків, плит, балок-стінок) і сіток	Діалогове вікно включає 5 закладок для задання регулярних фрагментів - рам, ростверков, балок-стінок, плит и плоских оболочек, сетей.	Схема ► Создание ► Регулярные фрагменты и сети	Создание	
24	Генерація ферм	Генерація ферми по формі поясу, по формі решітки і задання чисельних параметрів.	Схема ► Создание ► Фермы	Создание	
25	Видалення обраних об'єктів	Видалення попередньо відмічених на схемі вузлів і елементів.	Схема ► Корректировка ► Удаление	Корректировка	
26	Перенумерація, зшивання і видалення співпадаючих вузлів	В діалоговому вікні можна заказати упаковку даних і перенумерацію вузлів і елементів схеми з врахуванням видалених, а також «зшивання» співпадаючих вузлів і елементів, які утворилися після виконання операцій Сборка, Копирование і інших операцій з геометрією розрахункової схеми.	Схема ► Корректировка ► Упаковка схемы	Корректировка	
27	Переміщення обраних об'єктів	Діалогове вікно містить 5 закладок:	Схема ► Корректировка ► Переместить выбранные объекты	Корректировка	
27.1	Переміщення по параметрам	Для відміченого фрагменту схеми у відповідних полях вводу задаються кроки паралельного переносу dX, dY и dZ уздовж вісей глобальної системи координат.		Диалоговое окно «Перемещение объектов»	
27.2	Переміщення по одному вузлу	Параллельный перенос обраного фрагменту схеми по одному вузлу.		Диалоговое окно «Перемещение объектов»	
27.3	Переміщення по двум вузлам	Параллельный перенос обраного фрагменту схеми по двум вузлам.		Диалоговое окно «Перемещение объектов»	
27.4	Переміщення поворотом	Поворот відміченого фрагменту схеми навколо базового вузла.		Диалоговое окно «Перемещение объектов»	

№	Команда	Опис команди	Меню	Панель інструментів	Кнопка
27.5	Переміщення симетрично	Поворот відміченого фрагменту схеми симетрично відносно площини.		Диалоговое окно «Перемещение объектов»	
28	Копіювання обраних об'єктів	Диалогове вікно містить 5 закладок:	Схема ► Корректировка ► Копировать выбранные объекты	Корректировка	
28.1	Копіювання по параметрам	Для відміченого фрагменту схеми у відповідних полях вводу задаються кроки копіювання dX , dY и dZ уздовж вісей глобальної системи координат і кількість копій N .		Диалоговое окно «Копирование объектов»	
28.2	Копіювання по одному вузлу	Однократно копіювання обраного фрагменту схеми по одному вузлу.		Диалоговое окно «Копирование объектов»	
28.3	Копіювання по двум вузлам	Однократно копіювання обраного фрагменту схеми по двум вузлам.		Диалоговое окно «Копирование объектов»	
28.4	Копіювання поворотом	Копіювання відміченого фрагменту схеми навколо базового вузла.		Диалоговое окно «Копирование объектов»	
28.5	Копіювання симетрично	Однократно копіювання відміченого фрагменту схеми симетрично відносно площини.		Диалоговое окно «Копирование объектов»	
29	Добавити вузол	Диалогове вікно призначене для добавлення вузлів в розрахункову схему і містить 6 закладок.	Схема ► Корректировка ► Добавить узел	Корректировка	
30	Добавити елемент	Диалогове вікно призначене для добавлення елементів в розрахункову схему і містить 6 закладок, які надають наступні можливості задання елементів:	Схема ► Корректировка ► Добавить элемент	Корректировка	
30.1	Добавити стержень	Установка стержня між двома існуючими вузлами.		Диалоговое окно «Добавить элемент»	
30.2	Добавити трьох вузлову пластину	Установка трикутного кінцевого елемента між існуючими вузлами.		Диалоговое окно «Добавить элемент»	

№	Команда	Опис команди	Меню	Панель інструментів	Кнопка
30.3	Добавити чотирьох вузлову пластину	Установка чотирикутного кінцевого елемента між існуючими вузлами.		Диалоговое окно «Добавить элемент»	
30.4	Добавити одно вузлові елементи	Установка одновузлового кінцевого елемента на існуючий вузол.		Диалоговое окно «Добавить элемент»	
30.5	Добавити стержень розподілом на N рівних частин	Розподіл відміченого стержня на задану (N) кількість стержнем однакової довжини.		Диалоговое окно «Добавить элемент»	
30.6	Добавити стержень розподілом на 2 частини по пропорції	Розподіл існуючого стержня на 2 інших у відповідності із заданим у відповідне поле вводу коефіцієнтом пропорційності ($N < 1$).		Диалоговое окно «Добавить элемент»	
31	Зміна типу кінцевого елемента	Зміна типу вже заданих кінцевих елементів у відповідності з нумерацією типів в бібліотеці кінцевих елементів.	Схема ► Корректировка ► Смена типа конечного элемента	Связи, жесткости, нагрузки	
32	Закріплення відмічених вузлів	В діалоговому вікні вказуються напрями, по яким потрібно закріпити переміщення вузлів – X, Y, Z, UX, UY, UZ. Видалення зв'язків відбувається аналогічно.	Схема ► Связи	Связи, жесткости, нагрузки	
33	Шарніри	Діалогове вікно призначене для задання шарнірів в початку (1-й вузол) та/чи в кінці (2-ой вузол) стержня. Видалення відбувається аналогічно.	Схема ► Шарниры	Связи, жесткости, нагрузки	
34	Задання і призначення жорсткостей	Вибір потрібних типів (параметрів) жорсткості із бібліотеки жорсткісних характеристик і призначення їх кінцевим елементам схеми.	Жесткости ► Жесткости элементов	Связи, жесткости, нагрузки	

№	Команда	Опис команди	Меню	Панель інструментів	Кнопка
35	Задання жорстких вставок	Діалогове вікно призначене для задання жорстких вставок в початку (1-й вузол) та/чи в кінці (2-ой вузол) стержня. Видалення відбувається аналогічно.	Жесткости ► Жесткие вставки	Связи, жесткости, нагрузки	
36	Змінити номер активного завантаження	В діалоговому вікні задається номер активного завантаження.	Нагрузки ► Выбор загрузки	Связи, жесткости, нагрузки	
37	Додати власну вагу в завантаження	Всім елементам конструкції автоматично призначається рівномірно розподілене навантаження, яке дорівнює лінійній вазі елементів.	Нагрузки ► Добавить собственный вес		
38	Генерація навантаження	Діалогове вікно містить закладки для задання навантажень на узлы, стержни, пластины, объемные элементы и суперэлементы . Вікно містить також закладку для корректировки или удаления нагрузок текущего нагружения .	Нагрузки ► Нагрузка на узлы и элементы	Связи, жесткости, нагрузки	
39	Видалення навантажень у відмічених вузлах і елементах	Із відмічених вузлів і елементів схеми видаляються всі раніше задані навантаження.	Нагрузки ► Удаление нагрузок	Связи, жесткости, нагрузки	
40	Генерація і редагування таблиці РПЗ	Формування чи редагування раніше створеної таблиці РПЗ.	Нагрузки ► РСУ ► Генерация таблицы РСУ	Связи, жесткости, нагрузки	
41	Установка прапорів малювання	Викликається діалогове вікно Показать , яке призначене для установки прапорів малювання, тобто інформації, яка зображується безпосередньо на схемі, а також опцій відображення схеми. Діалогове вікно містить 4 закладки (Элементы, Узлы, Общие, Результаты). Закладка Результаты доступна лише в режимі візуалізації результатів розрахунку.	Опции ► Флаги рисования	Вид	

№	Команда	Опис команди	Меню	Панель інструментів	Кнопка
41.1	Елементи	Установка прапорів малювання по елементам		Диалоговое окно «Показать»	
41.1.1	Номери елементів	Показати/сховати відображення номерів елементів на розрахунковій схемі.		Закладка «Элементы»	
41.1.2	Типи КЕ	Показати/сховати відображення типів КЕ на розрахунковій схемі.		Закладка «Элементы»	
41.1.3	Типи жорсткостей	Показати/сховати відображення типів жорсткостей на розрахунковій схемі.		Закладка «Элементы»	
41.1.4	Шарніри	Показати/сховати відображення шарнірів на розрахунковій схемі.		Закладка «Элементы»	
41.2	Вузли	Установка прапорів малювання по вузлам.		Диалоговое окно «Показать»	
41.2.1	Номери вузлів	Показати/сховати відображення номерів вузлів на розрахунковій схемі.		Закладка «Узлы»	
41.2.2	Зв'язки	Показати/сховати відображення зв'язків на розрахунковій схемі.		Закладка «Узлы»	
41.3	Загальні	Установка Загальних прапорів малювання		Диалоговое окно «Показать»	
41.3.1	Навантаження	Показати/сховати відображення навантажень на розрахунковій схемі.		Закладка «Общие»	
41.3.2	Величини навантажень	Показати/сховати відображення величин навантажень на розрахунковій схемі.		Закладка «Общие»	
41.3.3	Розміри на проекції	Показати/сховати відображення розмірів на проекції розрахункової схеми.		Закладка «Общие»	
42	Копіювання для системи ДОКУМЕНТАТОР	Збереження в буфер обміну (clipboard) зображення, яке знаходиться в активному вікні, з ціллю наступної обробки його в режимі ДОКУМЕНТАТОР і виводу на тверду копію.	Окно ► Копировать для ДОКУМЕНТАТОР А	Выбор	

5.2 Приклад розрахунку системи в ПК «ЛІРА»

Стержневі системи – найбільш розповсюджені системи в розрахунках будівельних конструкцій. Тому в якості прикладу розглянута плоска поперечна рама, яка розраховується на дію статичних навантажень.

Завдання. Виконати розрахунок рами на статичні навантаження. Вивести на екран деформовану схему і епюри згинальних моментів M_y і поперечних сил Q_z .

Розрахункова схема рами показана на рис. 5.1.

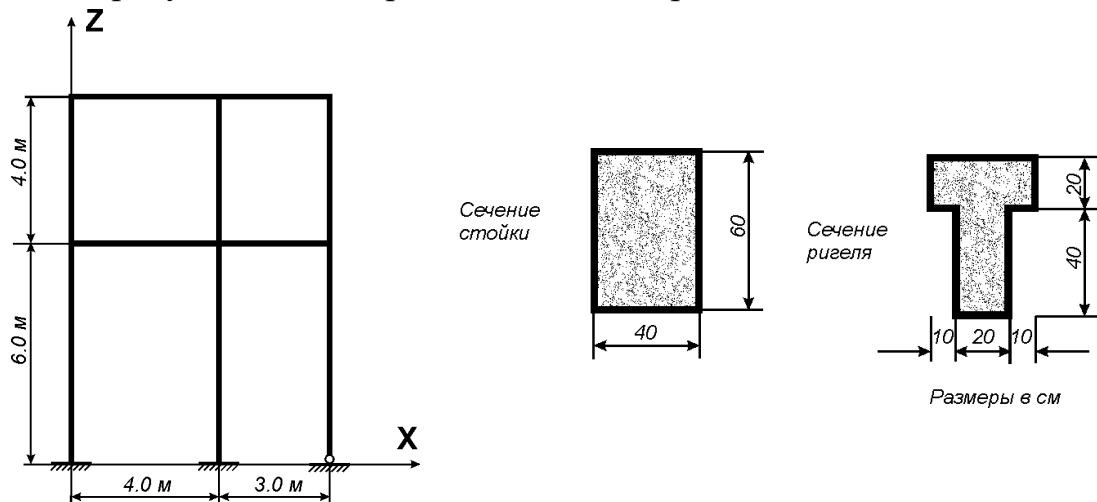


Рисунок 5.1 – Розрахункова схема рами.

Матеріал рами – залізобетон класу В30.

Задані навантаження:

- постійна рівномірно розподілена $g_1 = 2.0 \text{ тс/м}$;
- постійна рівномірно розподілена $g_2 = 1.5 \text{ тс/м}$;
- постійна рівномірно розподілена $g_3 = 3.0 \text{ тс/м}$;
- тимчасова довготривала рівномірно розподілена $g_4 = 4.67 \text{ тс/м}$;
- тимчасова довготривала рівномірно розподілена $g_5 = 2.0 \text{ тс/м}$;
- вітрова (зліва) $P_1 = -1.0 \text{ тс}$;
- вітрова (зліва) $P_2 = -1.5 \text{ тс}$;
- вітрова (зліва) $P_3 = -0.75 \text{ тс}$;
- вітрова (зліва) $P_4 = -1.125 \text{ тс}$;
- вітрова (справа) $P_1 = 1.0 \text{ тс}$;

- вітрова (справа) $P_2 = 1.5 \text{ тс}$;
- вітрова (справа) $P_3 = 0.75 \text{ тс}$;
- вітрова (справа) $P_4 = 1.125 \text{ тс}$.

Розрахунок провести в чотири завантаження, які вказані на рис. 5.2.

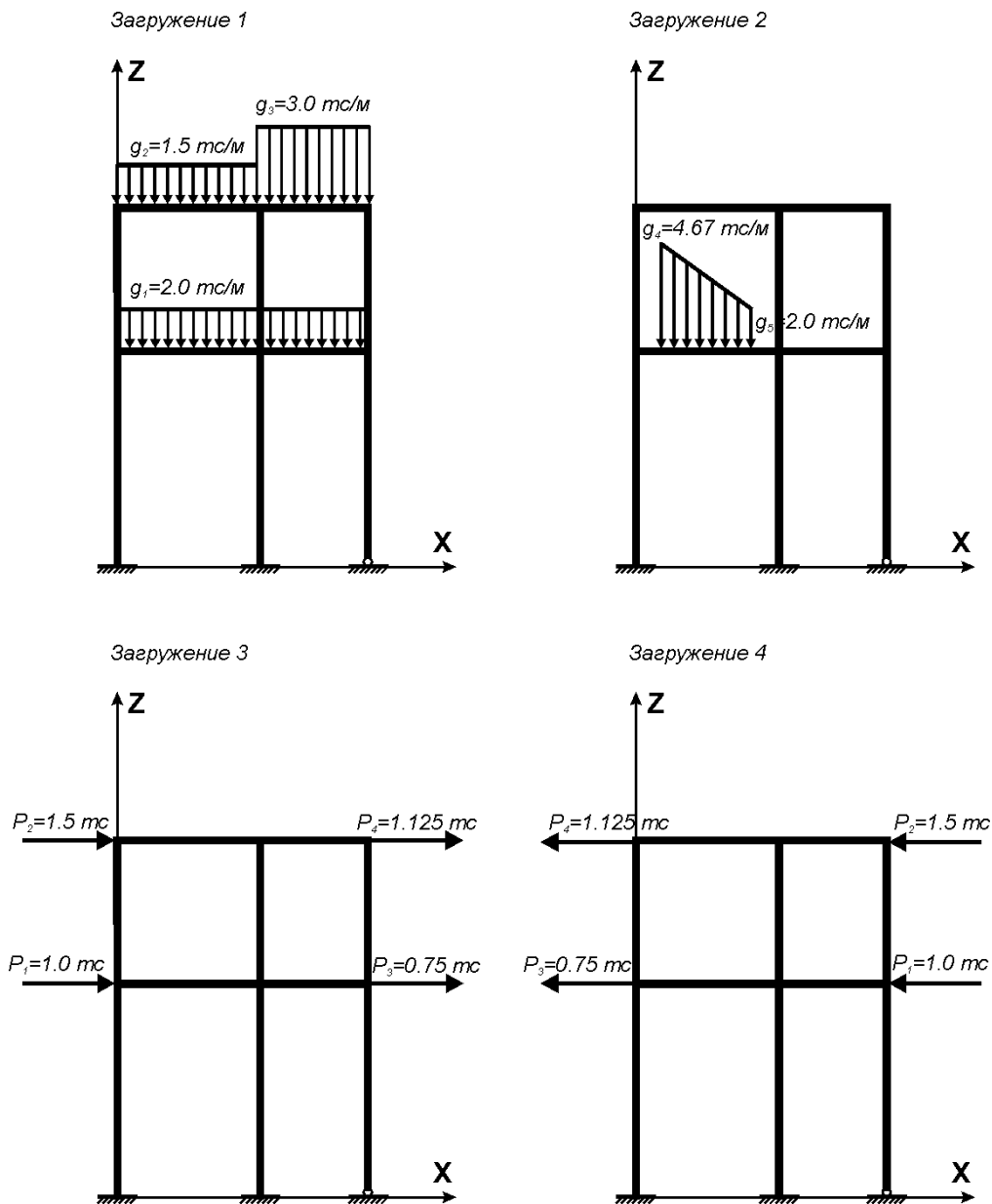



















Рисунок 5.2 – Схеми завантаження рами.






Для зручності сприйняття інформації порядок розрахунку системи представлено в табл. 5.2




Таблиця 5.2 – Розрахунок плоскої поперечної рами

<i>Етапи і операції</i>	<i>Команда і її інструмент</i>	<i>Ваші дії</i>	<i>Рекомендації і коментарі</i>
1. Запуск системи ЛІР-ВІЗОР		Виконайте команди Windows: Пуск > Програми > Lira 9.0 > ЛІРА 9.0.	
2. Створення нової задачі		В діалоговому вікні «Признак схеми» задайте ім'я задачі: «Рама» і ознаку схеми: «2».	
3. Створення геометричної схеми рами			
3.1.Генерація рами		В діалоговому вікні «Создание плоских фрагментов и сетей» активізуйте закладку «Генерация рамы», потім задайте крок кінцевих елементів уздовж горизонтальної вісі і кількість кроків, а також крок КЕ уздовж вертикальної вісі і кількість кроків. Крок уздовж першої вісі: $L(m) - 4.00 \quad 3.00$ $N - 1 \quad 1.$ Крок уздовж другої вісі: $L(m) - 6.00 \quad 4.00$ $N - 1 \quad 1.$ Після цього клікніть по кнопці Применить.	<i>Це вікно, як і багато інших є немодальним. Із розрахунковою схемою можна працювати не закриваючи його, що зручно для створення і коректування розрахункової схеми.</i>
4.Запам'ятання даних		В діалоговому вікні «Сохранить как» задайте ім'я задачі і папку, в якій буде збережена ця задача.	<i>Папка: LDdata, Імя файла: Рама.</i>
5.Задання зв'язків			
5.1.Вивод на екран номерів вузлів		В діалоговому вікні «Показать» активізуйте закладку «Узлы». Після цього оберіть команду Номера узлов і клікніть по кнопці Применить.	<i>На розрахунковій схемі відобразяться номери вузлів.</i>
5.2.Виділення вузлів № 1 и 2		Виділіть вузли № 1 и 2.	<i>Вузли фарбуються к червоний колір.</i>
5.3.Призначення зв'язків у виділених вузлах		В діалоговому вікні «Связи в узлах» активізуйте закладку «Назначить связи», відмітьте напрями, по яким заборонені переміщення вузлів (X, Z, UY) і клікніть по кнопці Применить.	<i>Вузли фарбуються к синій колір.</i>
5.4.Виділення вузла № 3		Виділіть вузол № 3.	
5.5.Призначення зв'язків у виділеному вузлі		В діалоговому вікні «Связи в узлах» відмітьте напрями, по яким заборонено переміщення вузла (X, Z) и клікніть по кнопці Применить.	
6. Задання жорсткісних параметрів елементів рами			
6.1.Формування типів жорсткостей		В діалоговому вікні «Жесткости элементов» сформуруйте список типів жорсткостей.	

<i>Етапи і операції</i>	<i>Команда і її інструмент</i>	<i>Ваші дії</i>	<i>Рекомендації і коментарі</i>
6.1.1.Вибір типу перетину «Брус»		Кликніть по кнопці Добавить і, обравши закладку «Стандартные типы сечений», активізуйте перетин «Брус».	<i>Для того, щоб визвати вікно задання параметрів перетину, двічі кликніть по піктограмі перетину.</i>
6.1.2.Задання параметрів перетину «Брус»		В діалоговому вікні «Задание стандартного сечения» введіть параметри перетину: - модуль пружності – $E = 3e6 \text{ т/м}^2$; - геометричні розміри – $B = 60 \text{ см}$; $H = 40 \text{ см}$.	
6.1.3.Вибір типу перетину «Тавр_Т»		В діалоговому вікні «Жесткости элементов» оберіть тип перетину «Тавр_Т».	
6.1.4.Задання параметрів перетину «Тавр_Т»		В діалоговому вікні «Задание стандартного сечения» введіть параметри перетину: - модуль пружності – $E = 3e6 \text{ т/м}^2$; - геометричні розміри – $B = 20 \text{ см}$; $H = 60 \text{ см}$; $B1 = 40 \text{ см}$; $H1 = 20 \text{ см}$.	
6.2.Призначення жорсткостей элементам рами			
6.2.1.Призначення поточного типу жорсткості «1.Брус 60x40»		Виділіть потрібну жорсткість у вікні списку і кликніть по кнопці Установить как текущий тип .	<i>В вікні поточного типу відобразиться обрана жорсткість.</i>
6.2.2.Виділення вертикальних елементів		Виділіть вертикальні елементи.	<i>Виділені елементи фарбуються в червоний колір.</i>
6.2.3.Призначення виділеним элементам поточного типу жорсткості		В діалоговому вікні «Жесткости элементов» кликніть по кнопці Назначить .	<i>З елементів знімається виділення. Це свідомо того, що виділеним элементам призначена поточна жорсткість.</i>
6.2.4.Призначення поточного типу жорсткості «2.Тавр_Т 20x60»		Виділіть потрібну жорсткість у вікні списку і кликніть по кнопці Установить как текущий тип .	
6.2.5.Виділення горизонтальних елементів		Виділіть горизонтальні елементи.	
6.2.6.Призначення виділеним элементам поточної жорсткості		В діалоговому вікні «Жесткости элементов» кликніть по кнопці Назначить .	
6.2.7.Закриття діалогового вікна «Жесткости элементов»		В діалоговому вікні «Жесткости элементов» кликніть по кнопці Закреть .	

<i>Етапи і операції</i>	<i>Команда і її інструмент</i>	<i>Ваші дії</i>	<i>Рекомендації і коментарі</i>
7. Задання навантажень			
7.1. Вивід на екран номерів елементів		В діалоговому вікні «Показать» активізуйте закладку «Элементы». Після цього оберіть команду Номера элементов і клікніть по кнопці Применить .	<i>На розрахунковій схемі відобразяться номери елементів.</i>
Формування завантаження № 1			
7.2. Виділення елементів № 7 і 8		Виділити горизонтальні елементи № 7 і 8.	
7.3. Задання навантаження q_1 на виділені елементи		В діалоговому вікні «Задание нагрузок» активізуйте закладку «Нагрузки на стержни». Потім радіо-кнопками вкажіть систему координат «Глобальная», напрям – уздовж вісі «Z». Клікніть по кнопці рівномірно розподіленого навантаження і у вікні «Параметры местной нагрузки» введіть інтенсивність $q_1 = 2.0$ тс/м і підтвердіть. Після цього в діалоговому вікні «Задание нагрузок» клікніть по кнопці Применить .	<i>Перше завантаження приймається за замовчуванням.</i>
7.4. Виділення елемента № 9		Виділити елемент № 9.	
7.5. Задання навантаження q_2 на виділений елемент		В діалоговому вікні «Задание нагрузок» клікнучи по кнопці рівномірно розподіленого навантаження викличте діалогове вікно «Параметры местной нагрузки». В цьому вікні введіть інтенсивність $q_2 = 1.5$ тс/м і підтвердіть ввід. Після цього в діалоговому вікні «Задание нагрузок» клікніть по кнопці Применить .	
7.6. Виділення елемента № 10		Виділити елемент № 10.	
7.7. Задання навантаження q_3 на виділений елемент		В діалоговому вікні «Задание нагрузок» клікнучи по кнопці рівномірно розподіленого навантаження викличте діалогове вікно «Параметры местной нагрузки». В цьому вікні введіть інтенсивність $q_3 = 3.0$ тс/м і підтвердіть ввід. Після цього в діалоговому вікні «Задание нагрузок» клікніть по кнопці Применить .	
Формування завантаження № 2			
7.8. Зміна номеру поточного завантаження		В діалоговому вікні «Активное загрузеие» задайте номер завантаження 2 .	<i>При необхідності можна задати інше ім'я завантаження.</i>
7.9. Виділення елемента № 7		Виділити елемент № 7.	

<i>Етапи і операції</i>	<i>Команда і її інструмент</i>	<i>Ваші дії</i>	<i>Рекомендації і коментарі</i>
7.10.Задання трапецієподібного навантаження з інтенсивностями q_4, q_5		В діалоговому вікні «Задание нагрузок» кликнувши по кнопці трапецієподібного навантаження викличте діалогове вікно «Параметры местной нагрузки». В цьому вікні введіть параметри: $P1 = 4.67$ тс/м, $A1 = 0.5$ м, $P2 = 2.0$ тс/м, $A1 = 3.5$ м і підтвердіть ввід. Після цього в діалоговому вікні «Задание нагрузок» кликніть по кнопці Применить .	
Формування завантаження № 3			
7.11.Зміна номеру поточного завантаження		В діалоговому вікні «Активное загрузение» задайте номер завантаження 3 .	
7.12.Виділення вузла № 4		Виділіть вузол № 4.	
7.13.Задання вузлового навантаження P1		В діалоговому вікні «Задание нагрузок» активізуйте закладку «Нагрузки в узлах». Потім радіо-кнопками вкажіть систему координат «Глобальная», напрям – уздовж вісі «X». Кликнувши по кнопці зосередженої сили викличте діалогове вікно «Параметры нагрузки». В цьому вікні введіть значення $P = -1$ тс і підтвердіть ввід. Після цього в діалоговому вікні «Задание нагрузок» кликніть по кнопці Применить .	
7.14.Виділення вузла № 7		Виділіть вузол № 7.	
7.15.Задання вузлового навантаження P2		В діалоговому вікні «Задание нагрузок» кликнувши по кнопці зосередженої сили викличте діалогове вікно «Параметры нагрузки». В цьому вікні введіть значення $P = -1.5$ тс і підтвердіть ввід. Після цього в діалоговому вікні «Задание нагрузок» кликніть по кнопці Применить .	
7.16.Задання навантажень відповідно зі схемою завантаження № 3 P3 и P4		Аналогічно попереднім двом операціям задайте навантаження: - в вузлі № 6 – $P3 = -0.75$ тс; - в вузлі № 9 – $P4 = -1.125$ тс.	
Формування завантаження № 4			
7.17.Зміна номеру поточного завантаження		В діалоговому вікні «Активное загрузение» задайте номер завантаження 4 .	
7.18.Виділення вузла № 4		Виділіть вузол № 4.	

<i>Етапи і операції</i>	<i>Команда і її інструмент</i>	<i>Ваші дії</i>	<i>Рекомендації і коментарі</i>
7.19.Задання вузлового навантаження P3		В діалоговому вікні «Задание нагрузок» кликнувши по кнопці зосередженої сили викличте діалогове вікно «Параметры нагрузки». В цьому вікні введіть значення $P = 0.75$ тс і підтвердіть ввід. Після цього в діалоговому вікні «Задание нагрузок» кликніть по кнопці Применить .	
7.20.Задання навантажень відповідно зі схемою завантаження № 4 P1, P2 и P4		Аналогічно попереднім двом операціям задайте навантаження: - в вузлі № 6 – $P1 = 1.0$ тс; - в вузлі № 9 – $P2 = 1.5$ тс; - в вузлі № 7 – $P4 = 1.125$ тс.	
8.Генерація таблиці РПЗ		За допомогою команди Нагрузки > РСУ > Генерация таблицы РСУ викличте діалогове вікно РПЗ. В діалоговому вікні «Расчетные сочетания усилий» • для Завантаження 1 оберіть у списку Вид завантаження – «Постоянное (0)»; • для Завантаження 2 оберіть у списку Вид завантаження – «Временное длит. (1)»; • для Завантаження 3 оберіть у списку Вид завантаження – «Кратковременное (2)» і в текстовому полі «№ группы взаимоисключающих загружений» – «1»; • для Завантаження 4 (повтор даних завантаження 3) оберіть у списку Вид завантаження – «Кратковременное (2)» і в текстовому полі «№ группы взаимоисключающих загружений» – «1». Задавши № і параметри кожного із завантажень, кликніть по кнопці Подтвердить . Зачиняється діалогове вікно кликом по кнопці Закончить .	<i>У відповідності до будівельних норм розрахунок армування, підбір і перевірка металевих перетинів виконується по невідгідним поєднанням зусиль. Тому для подальшої роботи в підсистемах ЛИР-АРМ і ЛИР-СТК треба виконувати розрахунок РПЗ чи РПН.</i>
9.Задання розрахункових перетинів для ригелів			
9.1.Виділення горизонтальних елементів		Виділіть горизонтальні елементи після клику по кнопці інструменту.	
9.2.Задання розрахункових перетинів		В діалоговому вікні «Расчетные сечения» задайте кількість розрахункових перетинів $N = 7$.	<i>Для того, щоб можна було виконати конструювання елемента, що згинається, потрібно обчислити зусилля в 7 і більше перетинах.</i>

<i>Етапи і операції</i>	<i>Команда і її інструмент</i>	<i>Ваші дії</i>	<i>Рекомендації і коментарі</i>
10. Запуск задачі на розрахунок		Кликніть по кнопці інструменту чи введіть команди Режим > Выполнить расчет .	
11. Перехід в режим візуалізації результатів розрахунку		Кликніть по кнопці інструменту чи введіть команди Режим > Результаты расчета .	
12. Вивод на екран деформованої схеми			
13. Вивод на екран епюр M_y	 	Кликніть по кнопці інструменту чи введіть команди Усилия > Эпюры > Эпюры изгибающих моментов M_y .	
14. Вивод на екран епюр Q_z		Кликніть по кнопці інструменту чи введіть команди Усилия > Эпюры > Эпюры поперечных сил Q_z .	

Література

1. ПК ЛИРА, версія 9. Программный комплекс для расчета и проектирования конструкций. Справочно-теоретическое пособие под ред. А.С.Городецкого. К. - М.: 2003. – с. 311-317, 377-386, 411-415.

6 ПІДБІР І ПЕРЕВІРКА АРМУВАННЯ В ЗАЛІЗОБЕТОННИХ ЕЛЕМЕНТАХ

6.1 Загальні відомості

Підбір арматури і перевірка заданого армування в стержньових і пластинчастих елементах для різних випадків напруженого стану проводиться за допомогою конструюючих систем «ЛІР-АРМ» і «ЛІВР» (ЛІР-АРМ локальний). Розрахунок проводиться відповідно до нормативних вимог [1].

Площі арматури по першій і другій групах граничних станів обчислюються по зусиллях від окремих завантажень по розрахункових поєднаннях навантажень (РПН) і розрахункових поєднаннях зусиль (РПЗ), які отримані в результаті розрахунку конструкції.

Визначення армування здійснюється на базі нормативних даних, яка містить відомості про розрахункові характеристики арматури і бетону, діаметрах і площах арматурних стержнів і т.п.

Для підбору армування в системі «ЛІР-АРМ» в інтерактивному режимі задаються додаткові дані: нормативні і розрахункові характеристики бетону і арматури, призначаються конструктивні елементи, задається уніфікація елементів і т.п.

Для визначення і перевірки армування в системі «ЛІВР» початкові дані можна ввести як в інтерактивному режимі, так і шляхом експорту даних з «ЛІР-АРМ» з їх подальшим коректуванням. У системі «ЛІВР» можна багато разів змінювати параметри перетину, зусилля і поєднання і проводити підбір арматури.

При розрахунку армування можна застосовувати характеристики арматури, які відповідають ДСТУ 3760-98 «Прокат арматурний для залізобетонних конструкцій».

Для визначення армування в елементах розрахункової схеми розроблені різні модулі армування «стержень», «балка-стінка», «плита» і «оболонка».

6.2 Армування стержньових елементів

Модуль армування «стержень» проводить підбір арматури в стержньових елементах від наступних зусиль:

- нормальної сили (стиснення або розтягування) N ;
- крутячого моменту M_k ;
- згинальних моментів в двох площинах M_y, M_z ;
- перерізуючих сил в двох площинах Q_y, Q_z .

Розрахунок виконується по першій (міцність) і другій (тріщиностійкість) групі граничних станів.

Допустимі форми перетину: прямокутник, тавр з полицею внизу, тавр з полицею зверху, двутавр, коробчатий перетин, кільце, круг, хрестовий перетин, кутник, тавр із зміщеною стінкою полка внизу, тавр із зміщеною стінкою полка зверху.

При підборі подовжньої арматури граничний стан перетину прийнятий відповідно за [2]: стиснута зона бетону з розрахунковою напругою, з контролем відносної висоти (залежно від класу бетону), розтягнута і стиснута арматура з розрахунковими опорами сталі.

Алгоритм має дві гілки: для плоского випадку (за наявності згинального моменту в одній площині і нормальної сили) і для просторового випадку (за наявності згинальних моментів в двох площинах і нормальної сили).

У просторовому випадку перетин розбивається на елементарні прямокутні площадки. Граничний стан знаходиться ітераціями. Перетин приймається лінійно пружним на кожному кроці ітерації. З перетину видаляється розтягнутий і перенапружений бетон, а також перенапружена арматура. При видаленні перенапружених елементарних площадок зовнішні зусилля знижуються до величини, яку здатні сприйняти перенапружені елементи перетину при їх розрахункових опорах. Потім перераховуються геометричні характеристики перетвореного перетину і ітерації продовжуються до тих пір, поки на двох суміжних кроках не відбудеться змін в перетині або не

наступить «виродження» перетину. У останньому випадку збільшується площа арматури і ітераційний цикл повторюється.

Проводиться контроль відсотка армування. Якщо перевищені 5%, то видається повідомлення з рекомендацією збільшити розміри перетину або підвищити класи матеріалів.

У просторовому випадку окрім цього контролюється гранична площа стиснутої зони, величина якої збільшується за наявності стискаючої нормальної сили.

Площа подовжньої і поперечної арматури, яка обумовлена крученням, визначається по методиці, яка викладена в [3].

За наявності стискаючої сили враховується вплив прогину відповідно за [2]. Якщо умовна критична сила виявляється меншою за стискуючу, то виконується збільшення критичної сили за рахунок збільшення відсотка армування, але не більше 7%.

Перевіряється здатність перетину сприйняти крутячий момент і поперечну силу відповідно до вимог пп. 3.30 і 3.37 [2].

Кожен перетин перевіряється на отриману з лінійного розрахунку кількість розрахункових поєднань зусиль (РПЗ). Щоб врахувати можливість появи стиснутої арматури в подальших розрахункових поєднаннях, організований цикл з коефіцієнтами до зусиль 0,6; 0,9; 1,0 і цикл по розрахункових поєднаннях, на кожному кроці якого враховується арматура, яка отримана з попередніх поєднань зусиль.

Розрахункові поєднання зусиль формуються в результаті лінійного розрахунку, або задаються користувачем в автономному режимі. Критеріями вибору РПЗ є екстремальні напруги в периферійних зонах перетину. Всього для стержня перевіряються до 34 критеріїв. Співпадаючі розрахункові поєднання зусиль (РПЗ) відсікаються.

Формуються дві внутрішні групи РПЗ: за наявності короткочасних навантажень сумарна тривалість яких мала (група В), і без таких (група А), Для

цих двох груп РПЗ застосовуються різні коефіцієнти умов роботи бетону (табл. 15 [2]). У розрахунку також можна використовувати РПН або зусилля, які отримані після розрахунку всієї схеми.

Модуль враховує в розрахунку арматуру, що встановлюється по конструктивним вимогам. Для елементів, що згинаються, це стержні $\varnothing 10$ мм в кутах перетину, для стиснутих елементів - стержні $\varnothing 16$ мм або $\varnothing 12$ мм для малих перетинів. Перевіряються також мінімальні відсотки армування відповідно до [2]. При великих розмірах перетину по сторонам ставиться конструктивна арматура. При необхідності можна відмовитися від конструктивних вимог [2].

Модуль «стержень» спирається на нормативну базу, в якій містяться розрахункові і нормативні характеристики матеріалів, а також процедури для геометричних характеристик бетонного перетину.

На вимогу користувача виконується розрахунок ширини розкриття тріщин. Максимальна ширина для тривалого і нетривалого розкриття тріщин задається користувачем. Нульову ширину розкриття тріщин задавати заборонено.

Передбачена ознака особливих умов роботи стержня:

0- звичайний стержень;

1 – балка;

2 - нижні колони першого поверху багатоповерхової каркасної будівлі ;

3 - інші колони багатоповерхової каркасної будівлі.

Особливі умови 2 і 3 введені по рекомендаціях п.3.56 [1].

Поперечна сила сприймається бетоном і поперечною арматурою. Модуль використовує методику, викладену в [4] і [5].

За бажанням користувача може бути виконане симетричне армування або несиметричне армування, щодо місцевих осей перетину $Y1$ або $Z1$.

Як правило, для елементів що згинаються (балки), призначають несиметричне армування (зазвичай щодо горизонтальної осі $Y1$).

Для колон, як правило, призначають симетричне армування, оскільки в колонах моменти, що вигинають, обумовлені головним чином знакозмінними навантаженнями. Несиметричне армування колон може бути виправдане за наявності значних місцевих навантажень (наприклад, тиск ґрунту). Користувачеві досить призначити несиметричне армування, не визначаючи вісь, щодо якої відсутня симетрія. Ця вісь визначається автоматично, шляхом аналізу розрахункових поєднань зусиль.

У загальному випадку результати для кожного перетину видаються в трьох строчках [6]:

- повна арматура, підібрана по першій і другій групах граничних станів;
- арматура, підібрана по першій групі граничних станів;
- частина арматури, обумовлена крученням.

У необхідних випадках друк супроводжується повідомленнями про помилки або попереджувальними повідомленнями. У вихідних таблицях видаються також відсотки армування, перетини поперечної арматури в двох напрямках і ширина розкриття тріщин.

У модулі «стержень» реалізовано два алгоритма підбору арматури, які обираються користувачем:

- **алгоритм дискретної арматури** з пріоритетним розташуванням стержнів в кутових зонах перетину; забезпечує найбільш раціональне розташування арматури, оскільки кутові стержні сприймають згинальні моменти обох напрямів. Порівнянню з алгоритмом розподіленої арматури цей підхід, як правило, дозволяє зменшити необхідну площу арматурних стержнів;

- **алгоритм розподіленої арматури** з рівномірним розташуванням розрахункових площ по сторонах перетину, реалізований в комплексах сімейства «ЛПРА». В порівнянні з алгоритмом дискретного армування такий підхід приводить до перевитрати арматури. Проте в цьому випадку користувачеві надається можливість провести вибір діаметрів і розстановку арматурних стержнів самостійно.

Основний алгоритм, реалізований в модулі «стержень», віддає перевагу кутовим стержням (в межах встановленого користувачем обмеження на максимальний діаметр арматури). Це обумовлено тим, що кутові стержні здатні найефективніше сприймати згинальні моменти різних напрямів. Наприклад, при перевірці позакентрово-стиснутого стержня із площини дії основного моменту, переважно у всіх випадках виявляється достатнім площі кутових стержнів, які підібрані при розрахунку в площині дії основного моменту. Окрім цього кутові стержні, як правило, встановлюються за умовами конструювання залізобетонного елемента. При проектуванні колон не рекомендується обмежувати сортамент арматури, оскільки при цьому алгоритм не матиме можливості розташувати в кутах стержні великого діаметру, що є найбільш доцільним.

Алгоритм розподіленої арматури не допускається в наступних випадках:

- при розрахунку просторового стержня, в якому один із згинальних моментів (M_Y або M_Z) перевищує інший на 10%;
- за наявності арматури, обумовленої дією згинального моменту, яка розташовується по сторонах перетину і не може бути «розмазаною»;
- у двотавровому перетині;
- за наявності переважаючого моменту M_Z .

В результаті підбору арматури видаються наступні величини (позначення показані на рис. 6.1).

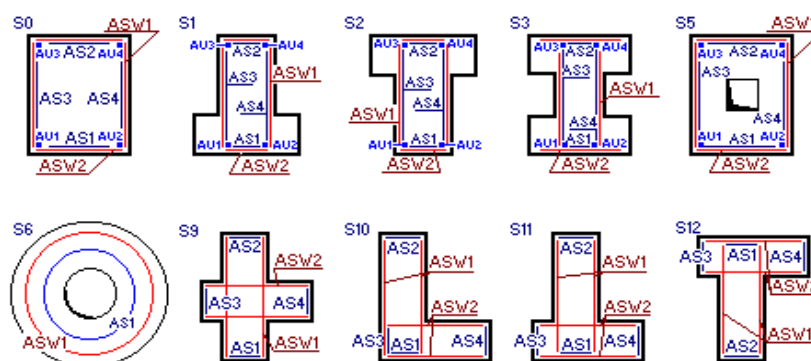


Рисунок 6.1 – Розташування арматури в залізобетонних перетинах стержнів.

1. Подовжня арматура (площі подовжньої арматури (см^2) і відсоток армування)

AU1 - площа кутової нижньої подовжньої арматури (у лівому нижньому куті перетину);

AU2 - площа кутової нижньої подовжньої арматури (у правому нижньому куті перетину);

AU3 - площа кутової верхньої подовжньої арматури (у лівому верхньому куті перетину);

AU4 - площа кутової верхньої подовжньої арматури (у правому верхньому куті перетину);

AS1 - площа нижньої подовжньої арматури

AS2 - площа верхньої подовжньої арматури

AS3- площа бічної подовжньої арматури (у лівій кромки перетину);

AS4- площа бічної подовжньої арматури (у правій кромки перетину);

2. Поперечна арматура (площі поперечної арматури (см^2), підібраної при кроці хомутів 100 см)

ASW1- вертикальна поперечна арматура;

ASW2- горизонтальна поперечна арматура;

Видається також ширина короткочасного і тривалого розкриття тріщин (мм).

При підборі арматури з пріоритетом кутових стрижнів в таблиці результатів площі кутових стрижнів будуть виведені в графах AU1, AU2, AU3, AU4, а в графах AS1, AS2, AS3, AS4 - площі арматури, за винятком площ кутових стрижнів.

Якщо був використаний алгоритм розподіленої арматури з рівномірним розташуванням розрахункових площ уздовж сторін перетину, то кутова арматура AU1, AU2, AU3, AU4 входить у величини AS1, AS2.

Для балок рекомендується призначати несиметричне армування відносно горизонтальної вісі перетину, а для колон - симетричне, оскільки в колонах

згинальні моменти обумовлені, головним чином, знакозмінними навантаженнями. Несиметричне армування колон може бути виправдане за наявності значних місцевих горизонтальних навантажень (наприклад, тиск ґрунту) або значних кранових навантаженнях. При цьому алгоритм автоматично вибирає тип несиметричного армування, щодо горизонтальної Y_1 або вертикальної Z_1 осей перетину, аналізуючи величини згинальних моментів. Несиметричне армування щодо вісі Z реалізоване тільки для прямокутного і коробчатого перетинів. У перетинах типу хрест (S9), кутник (S10), тавр із зміщеною стінкою (S11, S12) завжди видається несиметричне армування.

6.3 Перевірка заданого армування для стержньових елементів

Перевірка армування проводиться в системі «ЛАВР».

У перетині елемента за шаблоном задається розстановка подовжніх арматурних стержнів і поперечної арматури. Розрізняються наступні типи подовжніх стержнів по розташуванню в перетині:

- кутові нижні;
- кутові верхні;
- нижні першого ряду;
- нижні другого ряду;
- верхні першого ряду;
- верхні другого ряду;
- бічні зліва першого ряду;
- бічні зліва другого ряду;
- бічні справа першого ряду;
- бічні справа другого ряду;
- стержні довільні, задаються по координатах.

Перевірка проводиться таким чином. Визначається кількість подовжньої арматури, необхідної для сприйняття крутячого моменту. Така арматура

повинна бути розташована у кромок перетину (не в кутах). Якщо необхідна арматура відсутня, видається повідомлення: "Перетин не проходить при перевірці роботи на кручення. Коефіцієнт запасу (k)".

Якщо сприйняття крутячого моменту забезпечене, то арматура, необхідна для сприйняття крутячого моменту, при перевірці нормальної сили і згинальних моментів виключається.

Потім перевіряється поперечна арматура на дію крутячого моменту і поперечних сил. Якщо поперечної арматури недостатньо для сприйняття крутячого моменту і поперечної сили, видається повідомлення "Перетин не проходить по умові перевірки поперечної арматури на дію поперечної сили».

Потім проводиться перевірка подовжньої арматури на дію нормальної сили і згинальних моментів в двох площинах. Якщо перетин проходить, то зусилля збільшуються з кроком 5% до тих пір, поки не перевищать несучу здатність перетину. В результаті видається повідомлення: "Перетин проходить. Коефіцієнт запасу (k)", де k - коефіцієнт відношення до зовнішніх зусиль на передостанньому кроці ітерацій.

Якщо перетин не проходить, то зусилля зменшуються з кроком 5% до тих пір, поки перетин не стане достатнім і видається повідомлення: "Перетин не проходить. Коефіцієнт запасу (k), де k - коефіцієнт відношення до зовнішніх зусиль на останньому кроці ітерацій.

6.4 Армвання пластинчастих елементів

Алгоритм призначений для визначення армування в:

- тонкостінних залізобетонних елементах, в яких діють згинальні і крутячі моменти, подовжні і перерізуючі сили: - елементи оболонки.
- плоских залізобетонних елементів, в яких діють згинальні і крутячі моменти, а також перерізуючі сили: - елементи плити.
- залізобетонних елементів, що знаходяться в плоскому напруженому стані: - елементи балки - стінки.

Підбір арматури (окремо подовжньої і поперечної) виконується на наступні зусилля і напруження (рис. 6.2):

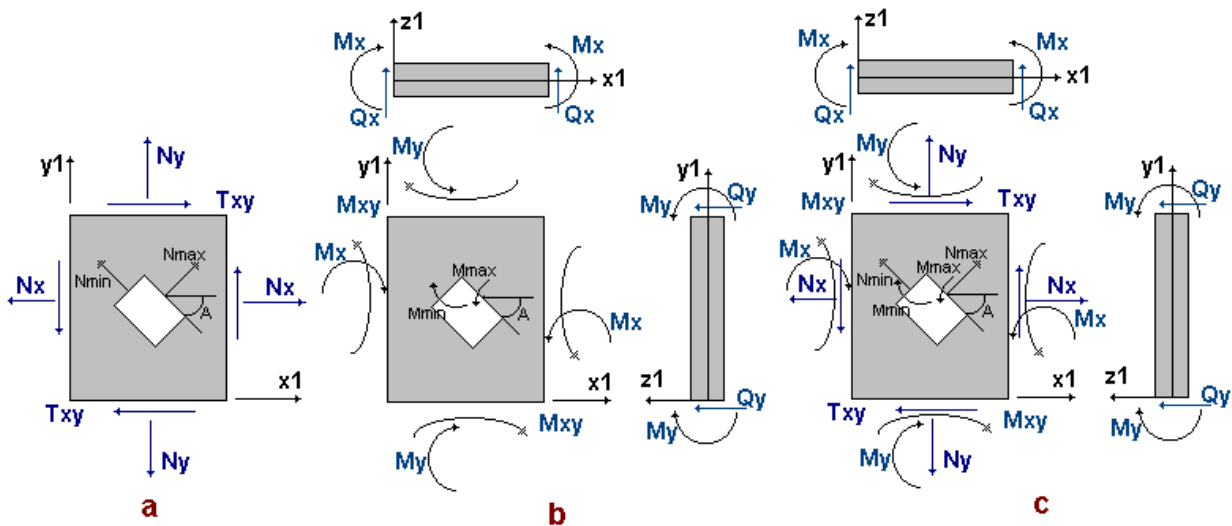
N_x, N_y, T_{xy} - для балок-стінок;

$M_x, M_y, M_{xy}, Q_x, Q_y$ - для плит;

$N_x, N_y, T_{xy}, M_x, M_y, M_{xy}, Q_x, Q_y$ - для оболонок

Подовжня арматура в пластинах підбирається окремо по міцності і по тріщиностійкості. Схеми розташування подовжньої арматури показані на рис. 6.3.

Підбір подовжньої арматури здійснюється із забезпеченням мінімуму сумарних витрат арматури в напрямках XI і YI при задоволенні умов міцності за [1] і вимог норм [2] по обмеженню ширини розкриття нормальних тріщин.

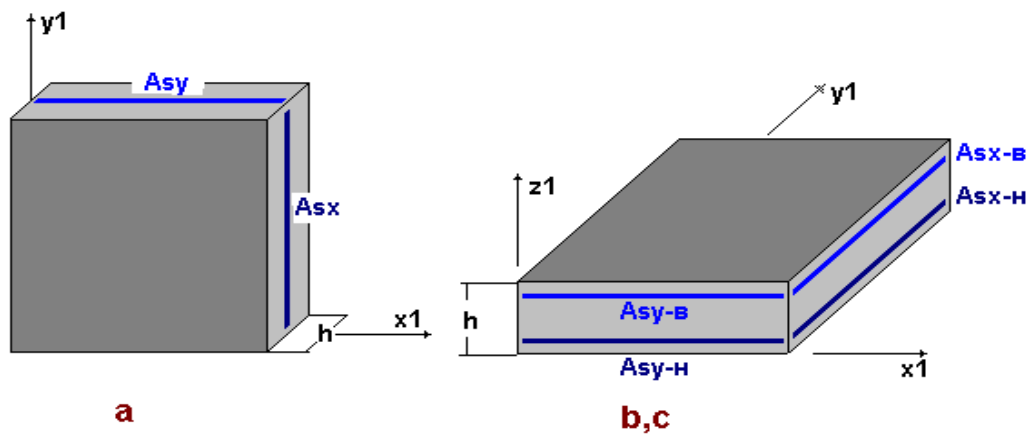


a - зусилля, що діють в елементах балки-стінки, і головні нормальні зусилля;

b - зусилля, що діють в елементах плити, і головні згинальні моменти;

c - зусилля, що діють в елементах оболонки, головні нормальні зусилля.

Рисунок 6.2 – Зусилля і напруження для різних типів пластинчатих елементів.



a - балки-стінки; b, c - плити і оболонки.

Рисунок 6.3 – Схеми розташування подовжньої арматури в пластинах.

Ширина розкриття тріщин визначається відповідно за [1] при обліку норм [2].

Підбір арматури в пластинчастих елементах здійснюється з урахуванням роботи арматури по ортогональних напрямках. В процесі багаторічного застосування ПК «ЛІРА» була виявлена залежність величин підбраної арматури від порядку розгляду РПЗ, РПН або зусиль від окремих завантажень. З метою мінімізації підбираної арматури в двох напрямках проводиться впорядкування поєднань в порядку зростання напружень.

Підбір поперечної арматури виконується з умов міцності по перерізуючій силі як для одновісного напруженого стану при врахуванні кожного з напрямів зусиль (Q_x , Q_y) роздільно відповідно до норм [1]. Поперечна арматура для балок-стінок не обчислюється.

При аналізі результатів підбору поперечної арматури слід мати на увазі, що для пластин МКЕ дає приблизне рішення. При цьому погрішність обчислення зусиль (напружень) перевищує погрішність обчислення переміщень. У свою чергу, погрішність обчислення перерізуючих сил значно перевищує погрішність обчислення моментів. Особливо це стосується трикутних кінцевих елементів. Найсильніше ця погрішність виявляється в

місцях концентрації напружень, зокрема, в місцях примикання плит до колон. Величини перерізуючих сил при цьому можуть мати великий розкид. Поперечна арматура, обчислена по цих значеннях, може бути некоректна.

Розрахунок поперечної арматури в подібних випадках рекомендується проводити відповідно до рекомендацій норм за розрахунком плит на продавлювання. Зокрема, програмний комплекс «ІНЖЕНЕРНИЙ КАЛЬКУЛЯТОР» містить модуль, що реалізовує саме такий підхід.

Виходячи з максимальних зусиль, обчислюються максимальні площі перетину арматури:

- у плиті, як для вигину;
- у балці-стілці, як для центрального стиснення-розтягування;
- у оболонці, як для позацентрального стиснення-розтягування в одному напрямі.

Далі перевіряються умови міцності. Вибір умов міцності здійснюється залежно від положення розрахункового перетину (стисла грань зверху або внизу) і від схеми тріщин. У разі потреби, перетин арматури збільшується з кроком 5% до дотримання умов міцності за [1]. Отримані перетини арматури приймаються як початкове наближення.

Надалі за умовами міцності обчислюються площі арматури, при яких забезпечується мінімум сумарної витрати сталі. Для цього використовується алгоритм координатного спуску з відштовхуванням, розроблений для багатовимірних завдань з великим числом обмежень.

Після визначення армування по міцності виконується перевірка ширини розкриття тріщин по черзі для всіх поєднань зусиль. Якщо для i -го поєднання зусиль ($i = 1 \dots m$) ширина нетривалого або тривалого розкриття тріщин перевищує допустиме значення [2], то перетин арматури в напрямі, який відповідає куту $\alpha \leq 40^\circ$ (α - кут між тріщиною і віссю X_1) збільшується з кроком 5%. Після того, як вимоги по обмеженню ширини будуть задоволені, проводиться перевірка наступного поєднання зусиль в перетині.

У загальному випадку результати видаються в двох строчках:

- повна арматура, підібрана по першій і другій групах граничних станів;
- арматура, підібрана по першій групі граничних станів.

В результаті підбору видаються наступні результати розрахунку (див. рис. 6.3):

Подовжня арматура - площі подовжньої арматури в $\text{см}^2/\text{п.м.}$:

AS1 (AS_x-н) - площа нижньої арматури по напрямку вісі X1 (для балки-стілки посередині перетину);

AS2 (AS_x-в) - площа верхньої арматури по напрямку вісі X1;

AS3 (AS_y-н) - площа нижньої арматури по напрямку вісі Y1 (для балки-стілки посередині перетину уздовж вісі Z1);

AS4 (AS_y-в) - площа верхньої арматури по напрямку вісі Y1.

Для поперечної арматури видаються площі в $\text{см}^2/\text{п.м.}$:

ASW1 - поперечна арматура по напрямку вісі X1;

ASW2 - поперечна арматура по напрямку вісі Y1;

Ширина розкриття тріщин - ширина короткочасного і довготривалого розкриття тріщин (мм).

6.5 Перевірка заданого армування для пластинчатих елементів

Перевірка армування проводиться в системі «ЛАВР».

Спочатку виконується введення або коректування подовжньої і поперечної арматури в перетині. Порядок введення або коректування подовжньої арматури наступний:

- вибирається тип подовжньої арматури (нижня уздовж осей X1, Y1 або верхня уздовж осей X1, Y1);

- якщо необхідно провести розстановку арматурних стержнів на 1 п.м., то із списку вибирається необхідний діаметр і задається кількість стержнів (площа арматури буде обчислена);

- якщо розстановка не потрібна, то вводиться площа арматури в см²/п.м.

Порядок введення або коректування поперечної арматури наступний:

- вибирається тип поперечної арматури уздовж осей X1 або Y1;

- вводиться величина інтенсивності поперечної арматури в тс*м/п.м, або вводиться крок (м) і площа поперечної арматури для цього кроку в см² (інтенсивність буде обчислена).


Перевірка поперечного армування проводиться по максимальній (з двох напрямів) перерізуючій силі. Якщо поперечної арматури в одному з напрямів не достатньо, то видається повідомлення: "Перетин не проходить по умові перевірки поперечної арматури на дію поперечної сили". Розрахунок припиняється.







Далі виконується перевірка подовжньої арматури по першій і другій групах граничних станів на дію згинальних і крутячих моментів і подовжніх сил. Якщо арматури не достатньо, то видаються повідомлення: "Перетин не проходить за умовами міцності" або "Перетин не проходить за умовами тріщиностійкості".

6.6 Приклад розрахунку в системі «ЛІР-АРМ»

Складання розрахункової схеми, завдання навантажень і розрахункових поєднань зусиль приведено в розділі 5.2. Приклад саме армування перетинів елементів наведений в табл. 6.1.

Таблиця 6.1 – Приклад армування в системі «ЛІР-АРМ»

<i>Етапи і операції</i>	<i>Команда і її інструмент</i>	<i>Ваші дії</i>	<i>Рекомендації і коментарі</i>
1.Перехід в наскрізний режим підсистеми ЛІР-АРМ		В режимі результати розрахунку виконайте команди Окно > ЛірАрм.	<i>Увага! З цього моменту в окремому вікні працює ще одно додання Windows – система проектування з/б конструкцій ЛІР-АРМ.</i>
2.Зберігання даних		В діалоговому вікні «Сохранить как» задайте ім'я задачі і папку, в яку буде збережена задача.	<i>Папка: LWork, Імя файла: Рама.</i>
3.Задання і вибір матеріалу			

<i>Етапи і операції</i>	<i>Команда і її інструмент</i>	<i>Ваші дії</i>	<i>Рекомендації і коментарі</i>
3.1.Задання загальних характеристик армування		<p>В діалоговому вікні «Материалы» відмітьте радіо-кнопку Тип и натисніть по кнопке Добавить. На екран виводиться діалогове вікно «Общие характеристики армирования», в якому задайте наступні параметри для колон:</p> <ul style="list-style-type: none"> • в полі «Расчетные длины» відмітьте радіо-кнопку Коэффициент расч. длины; • задайте параметри $L_y = 0.7$, $L_z = 0.7$; • в спадному списку оберіть модуль армування – стержень и натисніть по кнопці Применить. <p>Для ригелів розрахункові довжини не задаються, модуль армування – стержень, враховувати конструктивні вимоги – обрати «балка». Кликнути по кнопці применить.</p> <p>Система повертається до діалогового вікна «Материалы». Тут натисніть по першому типу і Назначить текущим.</p>	<p><i>Інші поля діалогового вікна «Общие характеристики армирования» залишаються такими, якими вони прийняті по замовчуванню.</i></p>
3.2.Задання характеристик бетону		<p>В діалоговому вікні «Материалы» активізуйте радіо-кнопку Бетон і натисніть по кнопкам Добавить умолчание і Назначить текущим.</p>	<p><i>Цією операцією по замовчуванню приймається бетон класу В25.</i></p>
3.3.Задання характеристик арматури		<p>В цьому ж вікні активізуйте радіо-кнопку Арматура і натисніть по кнопкам Добавить умолчание і Назначить текущим.</p>	<p><i>Цією операцією по замовчуванню приймається арматура класу А-III.</i></p>
4.Назначение материала			
4.1.Виділення елементів рами		Виділіть колони рами.	
4.2.Призначення матеріалу елементам рами		<p>В діалоговому вікні «Материалы» натисніть по кнопці Назначить.</p>	<p><i>Також можна призначити матеріал використовуючи кнопку  на панелі інструментів.</i></p>
4.3.Виділення елементів рами		Виділіть ригелі рами.	
4.4.Призначення матеріалу елементам рами		<p>В діалоговому вікні «Материалы» поточним встановити 2-й тип, бетон и арматуру залишити по замовчуванню першим типом і кликнути по кнопці Назначить.</p>	<p><i>Також можна призначити матеріал використовуючи кнопку  на панелі інструментів.</i></p>
5.Призначення виду елементів			
5.1.Виділення горизонтальних елементів		Виділіть горизонтальні елементи.	

<i>Етапи і операції</i>	<i>Команда і її інструмент</i>	<i>Ваші дії</i>	<i>Рекомендації і коментарі</i>
5.2.Призначення виду елемента «Балка»		В діалоговому вікні «Назначение вида элемента» активізуйте радіо-кнопку Балка і закрийте вікно кликнувши по кнопці Подтвердить .	<i>Вид елемента призначається для того, щоб можна було виконати конструювання з/б стержньових елементів.</i>
5.3.Виділення вертикальних елементів		Виділіть вертикальні елементи.	
5.4.Призначення виду елемента «Колонна»		В діалоговому вікні «Назначение вида элемента» активізуйте радіо-кнопку Колонна і закрийте вікно кликнувши по кнопці Подтвердить .	
6.Розрахунок армування			
7.Призначення конструктивних елементів			
7.1.Вивод на екран номерів елементів		В діалоговому вікні «Показать» активізуйте закладку «Элементы». Після цього оберіть команду Номера элементов і натисніть по кнопці Применить .	<i>На розрахунковій схемі відобразяться номери елементів.</i>
7.2.Виділення горизонтальних елементів № 7 и 8		Виділіть елементи № 7 и 8.	
7.3.Призначення конструктивного елемента «Балка»		В діалоговому вікні «Конструктивные элементы» активізуйте радіо-кнопку Балка і закрийте вікно натиснувши кнопку Подтвердить .	<i>Конструктивний елемент БАЛКА призначається для того, щоб врахувати що це нерозрізна балка.</i>
7.4.Виділення вертикальних елементів № 1 и 2		Виділіть елементи № 1 и 2.	
7.5.Призначення конструктивного елемента «Колонна»		В діалоговому вікні «Конструктивные элементы» активізуйте радіо-кнопку Колонна і закрийте вікно натиснувши кнопку Подтвердить .	<i>Конструктивний елемент КОЛОННА призначається для того, щоб врахувати що це суцільна колона.</i>
8.Формування таблиць результатів			
9.Перегляд результатів армування			
10.Перегляд результатів армування у вигляді HTML таблиць			

Контрольні запитання

1. Як називаються програми сімейства «ЛПРА» для підбору арматури і перевірки заданого армування в перетинах залізобетонних елементів?
2. Як називаються модулі армування перетинів залізобетонних елементів?
3. На які зусилля проводить підбір арматури модуль «стержень»?
4. Допустимі форми перетинів для підбору арматури в стержньових елементах?
5. Алгоритм підбору арматури для просторових елементів стержньових систем?
6. Як модуль «стержень» враховує в розрахунку арматуру, що встановлюється по конструктивним вимогам?
7. Які передбачені для колон ознаки особливих умов роботи стержня?
8. Форма видачі результатів підбору арматури для стержньових елементів.
9. Які алгоритми підбору арматури реалізовано в модулі «стержень»?
10. Суть підбору в стержнях за алгоритмом дискретної арматури.
11. Суть підбору в стержнях за алгоритмом розподіленої арматури.
12. В яких випадках не допускається для підбору алгоритм розподіленої арматури?
13. Як проводиться перевірка заданого армування для стержньових елементів?
14. На які зусилля і напруження проводиться підбір арматури в пластинчатих елементах?
15. Схеми розташування подовжньої арматури в пластинчатих елементах для модуля «балка-стінка».
16. Схеми розташування подовжньої арматури в пластинчатих елементах для модулів «оболонка» і «плита».
17. Недоліки підбору поперечної арматури в пластинах за методом кінцевих елементах.

18. Форма видачі результатів підбору арматури для пластинчатих елементів.

19. Як проводиться перевірка заданого армування для пластинчатих елементів?

Література

1. СНиП 2.03.01-84 «Бетонные и железобетонные конструкции» - М.: Стройиздат, 1985. – 80 с.

2. Пособие по проектированию бетонных и железобетонных конструкций из тяжелых и легких бетонов без предварительного напряжения арматуры (к СНиП 2.03.01-84). М., ЦИТП: 1986. – 194 с.

3. Сахновский К.В. Железобетонные конструкции. – Москва: 1959. – 825 с.

4. Карпенко Н.И. Теория деформирования железобетона с трещинами. - М.: Стройиздат, 1976. – 208 с.

5. Карпенко Н.И. Общие модели механики железобетона. - М.: Стройиздат, 1996. – 416 с.

6. ПК ЛИРА, версия 9. Программный комплекс для расчета и проектирования конструкций. Справочно-теоретическое пособие под ред. А.С.Городецкого. К. - М.: 2003. – с. 444 - 453.

7 РОЗРАХУНОК І ПРОЕКТУВАННЯ СТАЛЕВИХ КОНСТРУКЦІЙ

7.1 Призначення і можливості

Система «ЛІР-СТК» призначена для підбору і перевірки перетинів в стержньових елементах відповідно до [1], [2] і [3]. «ЛІР-СТК» дозволяє варіювати перетини конструкцій. Так, наприклад, заданий в програмі «ЛІРА» залізобетонний перетин може бути замінений і розрахований як сталевий.

Розрахунок виконується на одне або декілька розрахункових поєднань зусиль або навантажень (РПЗ або РПН), які отримані з розрахунку конструкції за допомогою ПК «ЛІРА», або без статичного розрахунку конструкції.

Підбір і перевірка може проводитися в двох режимах:

- наскрізний режим, в процесі якого проводиться розрахунок для всіх вказаних користувачем елементів в автоматичному режимі;
- локальний режим, в процесі якого користувач може проводити багатоваріантне проектування - змінювати розміри перетину, міняти марку сталі, варіювати розстановку ребер жорсткості і т.п.

Результатами рахунку є розміри перетинів елементів і відсотки використання здатності перетинів елементів, що несе, по відповідних перевірках [3]. Результати перевірки або підбору видаються у вигляді текстових, HTML, Excel таблиць і графічних таблиць або копій екрану.

Робота «ЛІР-СТК» здійснюється на базі нормативних даних, які містять відомості про розрахункові характеристики сталей і розмірах листового и фасонного прокату, який випускається. База сортаменту міститься в системі «ЛІР-РС» (Сортамент, який редагується).

7.2 Перетини, що проектуються







В залежності від зусиль, що діють в перетині, для стержньових елементів визначені наступні розрахункові процедури (табл. 7.1).

Таблиця 7.1 – Види зусиль які розраховують робочі процедури







Розрахункова процедура	Зусилля
Елементи ферм	Подовжнє зусилля N (стиснення або розтягування)
Елементи, що згинаються	Згинальні моменти M_y (в площині ZI) і M_z (в площині YI), перерізуючі сили Q_z і Q_y
Елементи колон (позаценторово стиснуті)	Нормальна сила N (стиснення або розтягування) і згинальні моменти M_y і M_z ; перерізуючі сили Q_z , Q_y
Канати	Подовжнє зусилля (розтягування)

У табл. 7.2 дана відповідність між перетинами, які розраховуються за «ЛІР-СТК», і розрахунковими процедурами. Знак "+" указує на те, що для даного перетину відповідна розрахункова процедура можлива.







Таблиця 7.2 – Відповідність між робочими процедурами і перетинами сталюого прокату

Елементи	 Двутавр	 Складений двутавр	 Швелер	 Коробка із швелерів	 Розсунені двутаври	 Коробка із двутаврів
Елементи ферм	-	-	+	+	-	-
Елементи, що згинаються	+	+	+	+	-	+
Елементи колон (позацентровости снуті)	+	+	+	+	+	+

продовж. табл. 7.2

Елементи	 Два кутника	 Крестові кутники	 Кутник	 Труба	 Два швелера	 Два швелера
Елементи ферм	+	+	+	+	+	•
Елементи, що згинаються	•	•	•	•	+	•
Елементи колон (позацентровостіснуті)	•	•	•	+	+	+

продовж. табл. 7.2

Елементи	 Профіль “Молодечно” Коробка із швелерів	 Короб складений	 Несиметричний двутавр	 Квадрат	 Круг	 С-образний профіль
Елементи ферм	+	•	•	+	+	+
Елементи, що згинаються	+	+	•	+	+	+
Елементи колон (позацентровостіснуті)	+	+	+	+	+	+

продовж. табл. 7.2

Елементи	 Тавр	 Кутниковий перетин	 Канат
Елементи ферм	+	•	•
Елементи, що згинаються	+	•	•
Елементи колон (позацентровостіснуті)	+	+	•
Канати	•	•	+

7.3 Завдання додаткових даних для розрахунку

На рівні системи «ЛІР-СТК», яка конструює після імпорту завдання потрібно задати дані, необхідні для розрахунку перетинів.

Для всіх типів елементів задаються коефіцієнти умов роботи і коефіцієнти надійності.

Необхідно задати коефіцієнт умов роботи \mathcal{U}_c для перевірок перетину по стійкості і по міцності. Коефіцієнти умов роботи задаються як для всього перетину, так і для кожного елементу перетину окремо. Якщо \mathcal{U}_c для елемента перетину відрізняється від \mathcal{U}_c всього перетину, то вони будуть використані для перевірок стійкості цього елемента перетину. Наприклад, коефіцієнт умов роботи елемента "стінка" буде використаний при перевірці місцевої стійкості елемента стінки. Коли задається коефіцієнт умов роботи для всього перетину, він дублюється для всіх його компонентів, Тому після задання коефіцієнта умов роботи для всього перетину необхідно перевірити правильність його задання для всіх компонентів перетину. У таблиці початкових даних локального розрахунку задається тільки коефіцієнт умов роботи всього перетину.

Необхідно задати коефіцієнт надійності по відповідальності \mathcal{U}_n . Коефіцієнт надійності задається єдиний для всього перетину.

Розрахункові довжини задаються відносно місцевих осей Z1 і Y1.

Термін «відносно вісі» означає площину, перпендикулярну вісі.

На рис. 7.1 показано розташування місцевих осей.

Розрахункові довжини задаються в одиницях вимірювання геометрії або як коефіцієнт довжини. У останньому випадку для отримання розрахункових довжин при запуску розрахунку обчислюється геометрична довжина елемента (або конструктивного елемента, якщо ведеться розрахунок конструктивного елемента), яка помножується на відповідний коефіцієнт довжини.

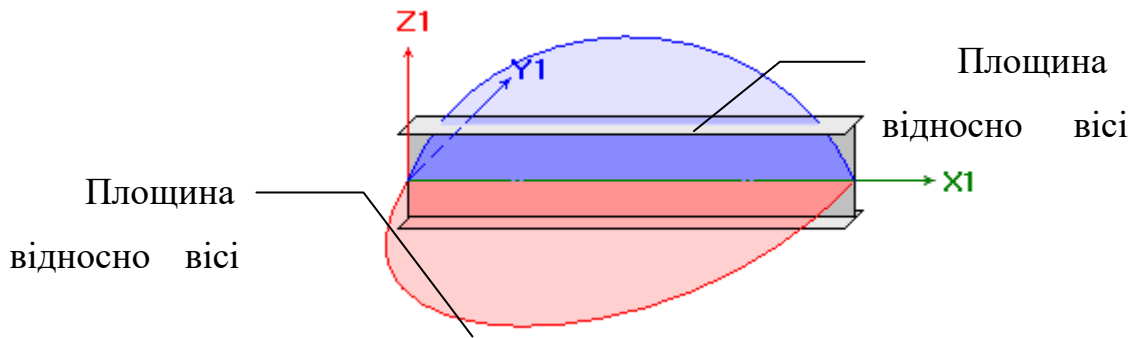


Рисунок 7.1 – Орієнтація місцевих осей стержнів.

7.3.1 Додаткові дані для елементів ферм

Гранична гнучкість. Гранична гнучкість на розтягування завжди задається чисельно. Гнучкість на стиснення може задаватися чисельно або як випадок таблиці 19* [3], якщо при обчисленні граничної гнучкості використовується коефіцієнт α .

Гранична гнучкість на розтягування завжди за умовчанням рівна 300.

При перевірках несучої здатності елементів з парних кутників може використовуватися додатковий коефіцієнт 0,8; як для основного елементу решітки зварної ферми покриття і перекриття. Він помножується на коефіцієнти умов роботи.

7.3.2 Додаткові дані для елементів, що згинаються

Ребра жорсткості. Необхідно вказати, чи потрібно ставити ребра жорсткості. Якщо значення кроку ребер жорсткості встановити рівним 0, то буде вибраний максимально допустимий крок.

Необхідно вказати, чи проводити розрахунок в межах пружних або пластичних деформацій.

Відносний прогин. Для розрахунку по другому граничному стану потрібно вказати граничний відносний прогин, а точніше значення, вказане в знаменнику.

Розрахункова довжина задається або в одиницях вимірювання геометрії, або у вигляді коефіцієнта до геометричної довжини елемента, на який для отримання L_{ef} під час розрахунку помножується геометрична довжина балки (або конструктивного елемента, якщо ведеться розрахунок конструктивного елемента).

7.3.3 Додаткові дані для елементів колон (позацентрово стиснутих)

Гранична гнучкість. Гранична гнучкість на розтягування завжди рівна 300. Гранична гнучкість на стиснення задається випадком з таблиці 19* [3]. Охоплені тільки випадки, в яких при обчисленні граничної гнучкості використовується коефіцієнт α з таблиці 19* [3].

Розрахункова довжина для обчислення Φ_b . Необхідна для перевірки стійкості позацентрово-стиснутого стрижня відкритого перетину з площини дії моменту: $N/(c \cdot \phi_y) < R_y \gamma_c$ (п. 5.30 [3]), де c при великих ексцентриситетах залежить від Φ_b . У загальному випадку розрахункова довжина L_{ef} для обчислення Φ_b не рівна розрахунковій довжині L_{Y1} або L_{Z1} , яка використовується для обчислення ϕ_y . Тому доводиться задавати L_{ef} особливо. У розрахунку стержнів замкнутого перетину або при малих ексцентриситетах в розрахунку стержнів відкритого перетину величина L_{ef} не бере участь.

Розрахункові довжини гілок. Задаються для розрахунку в площині, яка перпендикулярна площині сполучної решітки. Розрахункові довжини гілок потрібні для розрахунку двухгілкової колони. Для чотирьохгілкової колони вони при розрахунку ігноруються.

Сполучна решітка. Після вибору типу сполучної решітки необхідно вказати її профіль.

Крок решітки. Якщо крок решітки заданий рівним 0, приймається, що нахил її до вісей гілок рівний 60 градусів.

Якщо в двухгілковому перетині типу [] або I I задати відстань в вісях між гілками близьку нулю, буде проведений підбір оптимального розсунення гілок. Треба мати на увазі, що розсунення гілок підбирається позитивне, тобто

стиківка гілок підбраного перетину буде строго позитивна. Це важливо для перетину типу [], в якому можуть бути два варіанти розташування гілок [] і []. Тому, використовуючи цю можливість підбору треба бути уважним при заданні початкової стиковки і при читанні результатів.

7.3.4 Додаткові дані для канатів

На основі відповідних норм буде наданий вибір форми введення початкових даних, які відповідають формулам [4] або формулі, вказаній в "Посібнику з проектування сталевих конструкцій" до [3].

Розрахунковий опір R_{dh} . Використовується у формулах [4]. Коефіцієнт агрегатної міцності. Для канатів одинарного звання і закритих несучих.

7.4 Конструктивні і уніфіковані елементи

«Конструктивний елемент - це сукупність декількох кінцевих елементів, які при конструюванні розглядатимуться як єдине ціле.

Якщо конструктивний елемент складається з елементів вигляду «балка», то на схемі він позначається КБ, а далі номер типу конструктивного елемента. Якщо конструктивний елемент складається з елементів вигляду «колона», то на схемі він буде позначений КК, а далі номер типу конструктивного елемента. Якщо конструктивний елемент складається з елементів вигляду «ферма», то на схемі він буде позначений КФ, а далі номер типу конструктивного елемента. Якщо конструктивний елемент складається з елементів вигляду «канат», то на схемі він буде позначений К, а далі номер типу конструктивного елемента.

У конструктивний елемент можуть входити тільки елементи з однаковим перетином. Між елементами, що входять в конструктивний елемент, не повинно бути розривів, вони повинні мати спільні вузли і лежати на одній прямій. Конструктивні елементи не можуть входити в інші конструктивні елементи і уніфіковані групи кінцевих елементів.

Для розрахунку вибираються всі РПЗ, які виникли у всіх перетинах елементів, що належать конструктивному елементу.

Уніфікація елементів (уніфікація кінцевих елементів) застосовується, коли необхідно підібрати однаковий поперечний перетин декількох елементів. Тоді для розрахунку вибираються найбільш небезпечні поєднання (РПЗ), які виникли у всіх перетинах елементів уніфікованої групи.

Допустимі наступні типи уніфікації:

- всі перетини уніфікуються між собою;
- елементи уніфікуються між собою по відповідних перетинах;
- елементи уніфікуються між собою з урахуванням симетрії.

Для уніфікації по другому і третьому типам необхідно, щоб кількість розрахункових перетинів в елементах, що уніфікуються, була однаковою.

Увага! Уніфікація по розрахункових поєднаннях зусиль (РПЗ) повинна проводитися виключно в межах «ЛІР-СТК». Використання уніфікації РПЗ, заданої в системі «ЛІР-ВІЗОР», може привести до невірної читання РПЗ підсистемою.

Увага! Розрахунок по розрахункових поєднаннях навантажень (РПН) для уніфікованих груп не проводиться! Якщо елемент, що входить до уніфікованої групи, підбирається по РПН, для підбору будуть використані дійсні значення розрахункових зусиль, що виникають в даному елементі, а не найбільш небезпечні поєднання для всіх елементів уніфікованої групи.

Підбір перетинів уніфікованої групи проводиться на зусилля уніфікованої групи.

Перевірка перетинів уніфікованої групи проводиться на зусилля, що виникають в даному елементі, а не на зусилля уніфікованої групи.

Якщо елементи вигляду «балка» об'єднані в групу уніфікації, то на схемі вони будуть позначені УБ, а далі номер групи уніфікації. Для «колон» - УК, а далі номер групи уніфікації. Для «ферм» - УФ, а далі номер групи уніфікації.

Уніфікація конструктивних елементів застосовується, коли необхідно підібрати однаковий поперечний перетин елементів. При цьому вибираються

найбільш небезпечні РПЗ (по тому або іншому критерію) зі всіх елементів уніфікованої групи.

Увага! Уніфікація по розрахункових поєднаннях зусиль (РПЗ) повинна проводитися виключно в межах «ЛПР-СТК».

Увага! Розрахунок по розрахункових поєднаннях навантажень (РПН) для уніфікованих груп не проводиться! Якщо елемент, що входить до уніфікованої групи, підбирається по РПН, для підбору будуть використані дійсні значення розрахункових зусиль, що виникають в даному елементі, а не найбільш небезпечні поєднання для всіх елементів уніфікованої групи.

Підбір перетинів уніфікованої групи проводиться по зусиллях уніфікованої групи.

Перевірка перетинів уніфікованої групи проводиться по зусиллях, що виникають в даному елементі, а не в уніфікованій групі.

Якщо елементи вигляду «конструктивна балка» об'єднані в групу уніфікації, то на схемі вони будуть позначені УГКБ, а далі номер групи уніфікації. Для «колон» - УГКК, а далі номер групи уніфікації. Для «ферм» - УГКФ, а далі номер групи уніфікації.

При уніфікації конструктивних елементів необхідно, щоб кількість елементів, що входять в уніфіковані конструктивні елементи, була однаковою. Перетини елементів також повинні бути однаковими. Кількість розрахункових перетинів по довжині кінцевого елемента повинна бути однаковою.

Для розрахунку вибираються всі РПЗ, які виникли у всіх перетинах елементів, що належать конструктивному елементу.

7.5 Перевірки несучої здатності елементів

Для всіх розрахованих перетинів елементів виводяться результати перевірок по міцності і стійкості (по першому граничному стану), гнучкості і прогину (по другому граничному стану) і по місцевій стійкості. Результати

виводяться у вигляді відсотків використання перетину порівняно з граничною несучою здатністю по тій або іншій перевірці.

Для розрахунку слід задати коефіцієнт умов роботи γ_c у вигляді добутку коефіцієнтів умов роботи з таблиці 6* [3], коефіцієнт надійності за призначенням γ_n , а також всі необхідні додаткові характеристики.

Нижче приведені таблиці з перевірками по першому і другому граничних станам процедур елементів з посиланнями на пункти [3], які використовуються в конструюючій системі «ЛІР-СТК».

Таблиця 7.3 - Центрально-стиснуті і центрально-розтягнуті елементи

№	Тип перевірки	Джерело або пункт СНіП	Формула перевірки, примітки
1	Міцність	5.1	$\frac{N}{A} \leq R_y \cdot \gamma_c$
2	Стійкість	5.3	$\frac{N}{A} \leq R_y \cdot \gamma_c$
3	Гнучкість	6.15	Гранична гнучкість $[\lambda]$ задається користувачем. Для елементів типу 1(а), 2(а), 2(б) таблиці 19* [3] обирається найменша $[\lambda]$ з отриманої по таблице 19* і заданої у вхідних даних

Таблиця 7.4 – Елементи, що згинаються

№	Тип перевірки	Джерело або пункт СНіП	Формула перевірки, примітки
1	Міцність за нормальними напруженнями	5.12 5.18	$\frac{M_x}{W_x \min c_x} + \frac{M_y}{W_y \min c_y} \leq R_y \cdot \gamma_c$ Складені перетини розраховуються без урахування пластичних деформацій ($c=1.0$). Прокатні перетини можуть розраховуватися з урахуванням пластичних деформацій ($c>1.0$)

2	Міцність за дотичними напруженнями	5.12	$\frac{ Q \cdot S}{I \cdot t_w} \leq k \cdot R_y \cdot \gamma_c$ <p>Для пружних балок $k = 1.0$, для балок в пластичній роботі $k = 0.9$; для колон - $k = 0.5$</p>
3	Міцність за приведеними напруженнями	5.14	$\sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2} \leq 1,15R_y\gamma_c$ <p>Місцеве напруження не враховується</p>
4	Загальна стійкість	5.15, 5.16	$l_{ef} / b \leq [l_{ef} / b] \quad \frac{M}{W_{\min}\varphi_b} \leq R_y\gamma_c$ <p>При забезпеченні загальної стійкості по п. 5.16(a) или 5.16(б) приймається $\varphi_b = 1$</p>
5	Стійкість пояса	7.24	$b_{ef} / t \leq [b_{ef} / t]$ <p>Збільшення граничного значення $[b_{ef}/t]$ за рахунок недонапруження не враховується</p>
6	Стійкість стінки балки		Місцеве і рухоме навантаження не враховується, передбачається відсутність подовжніх ребер жорсткості
6.1	Стійкість стінки, не укріпленої ребрами	7.10	$\bar{\lambda}_w \leq 3.2$ <p>Рухоме навантаження не враховується.</p>
6.2	Стійкість стінки, укріпленої тільки поперечними ребрами і при врахуванні пластичної роботи балки	7.2, 7.5, Пособие по проектированию стальных конструкций к [3] п.21.23	$ M_{\max} \leq R_y \cdot \gamma_c \cdot h_{ef}^2 \cdot t \cdot (A_f / A_w + \alpha)$ <p>Місцеве і рухоме навантаження не враховується, збільшення граничного значення $[l_{ef}/t]$ за рахунок недонапруження не враховується</p>
6.3	Стійкість стінки, укріпленої	7.6, 7.9, 7.10	$\sqrt{\left(\frac{\sigma}{\sigma_{cr}}\right)^2 + \left(\frac{\tau}{\tau_{cr}}\right)^2} \leq \gamma_c$

	тільки поперечними ребрами при пружній роботі балки		Місцеве і рухоме навантаження не враховується, збільшення граничного значення $[h_{ef}/t]$ за рахунок недонапруження не враховується. В перевірці використовується розрахункова довжина L_{ef} для розрахунку загальної стійкості балки. Завдання $L_{ef} > 0,1$ м приводить до того, що значення в формулі (77) пункта 7.4* [3] приймається рівним 0,8 ($v=0,8$), при $L_{ef} < 0,1$ м приймається рівним нескінченності ($v=\infty$). Для коробчатих перетинів дотичне напруження обчислюється без урахування впливу перерізуючої сили в іншій площині
7	Прогин (2-й граничний стан)	-	Інтеграцією епюри моментів від нормативних навантажень для даного елемента або конструктивного елемента

Таблиця 7.5 – Елементи колон (позацентрово стиснуті)

№	Тип перевірки	Джерело або пункт СНіП	Формула перевірки, примітки
1	Міцність	5.1, 5.3, 5.25, 5.28	$\frac{N}{A} \leq R_y \cdot \gamma_c$ $\left(\frac{N}{AR_y \gamma_c} \right)^n + \frac{M_x}{W_{xc} R_y \gamma_c} + \frac{M_y}{W_{yc} R_y \gamma_c} \leq R_y \gamma_c$ $\left \frac{N}{A} - \frac{M}{\delta W} \right \leq \frac{R_u \cdot \gamma_c}{\gamma_u}$
2	Стійкість колони в площині дії моменту	5.3, 5.27*, 5.32, 7.20*	$\frac{N}{\varphi_e A} \leq R_y \cdot \gamma_c, \frac{N}{\varphi A} \leq R_y \cdot \gamma$ <p>Формула перевірки обирається в залежності від відносного ексцентриситету</p>
3	Стійкість колони із площини дії	5.3, 5.26, 5.27*, 5.30 5.31, 5.32	$\frac{N}{\varphi_c A} \leq R_y \cdot \gamma_c$ <p>Зменшення розрахункового моменту М</p>

	моменту	7.20*	в залежності від умов спирання згідно п.5.31 [3] не враховується
4	Стійкість колони схильної до вигину в 2-х площинах	5.34, 5.35	$\frac{N}{\varphi_{exy} A} \leq R_y \cdot \gamma_c$
5	Гнучкість колони	6.15*	$\lambda \leq [\lambda]$
6	Гнучкість окремих гілок на ділянці між вузлами поєднувальної решітки в порівнянні з гнучкістю колони	5.6	$\lambda_{ветви} \leq \lambda_{колонны}$
7	Стійкість поясу елементів, що згинаються	7.22*, 7.24.	Вимоги п.5.25
8	Місцева стійкість звису полиці	7.22*, 7.23*, 7.26*, 7.27*.	$b_{ef} / t \leq [b_{ef} / t]$
9	Стінки центрально і позацентрово стиснутих елементів	7.14*, 7.16*, 7.17*, 7.18*, 7.20*, 7.21.	$h_{ef} / t \leq [h_{ef} / t], \lambda_w \leq \lambda_{uw}$ При необхідності розставляються поперечні ребра жорсткості. Якщо стінка працює в закритичній стадії, відсоток використання по стійкості завжди рівний 100%. Для коробчатих перетинів дотичне напруження обчислюються без урахування впливу перерізуючої сили в іншій площині.

7.6 Опис алгоритмів.

7.6.1 Перевірочний розрахунок

Кожен перетин елемента при розрахунку перевіряється по формулах, приведених в розділі 8.5.

При цьому використовуються наступні передумови і допущення:

- момент, що крутить, при розрахунку не враховується;
- складові елементи кутників, швелерів, сполучених через прокладки, розраховуються як суцільностінчаті згідно п.5.7 [3];
- розрахунок сполучуючих елементів (планок, решітки) стиснутих складених стержнів виконується відповідно до п. 5.8*, 5.9, 5.10 [3];
- у алгоритмах передбачена вимога п. 2.14 [3]. Згідно цього пункту, при розрахунку з урахуванням сейсмічної дії вводиться додатковий коефіцієнт $m_{кр}$. Якщо зусилля в даному перетині елементу ідентифіковане як сейсмічне, то цей коефіцієнт вводиться автоматично, тому потрібно вірно вибрати район повторюваності сейсмічних дій. Змінити район повторюваності сейсмічних дій можна в діалозі «Сейсмічні дії».

7.6.2 Перевірка несучої здатності елементів ферм

При перевірці несучої здатності виконуються наступні розрахункові процедури:

- виконується розрахунок на міцність в межах пружних деформацій згідно пункту 5.1 [3];
- алгоритм розрахунку на стійкість складений відповідно до вказівок п. 5.3 для стержнів з гнучкістю, що знаходиться в межах $10 < \lambda \leq 220$. Коефіцієнт подовжнього вигину визначається аналітично по формулах, вказаних в п. 5.3;
- гнучкість визначається відносно місцевих вісей елементу і із значенням граничної гнучкості, яке введене користувачем або визначене згідно таблиці 19* [3] для елементів типу 1(а), 2(а), 2(б) в додаткових характеристиках;
- розрахунок місцевої стійкості стінки проводиться відповідно до п. 7.14*, 7.18*, 7.20*. Якщо фактичне значення гнучкості перевищує значення, визначуване по п. 7.14*, то відсоток використання стінки по стійкості завжди рівний 100% і проводиться перерахунок загальної стійкості стержня з використанням значення площі A_{red} замість A ;
- для складених стержнів окрім розрахунку стержня на загальну стійкість перевіряється стійкість окремих гілок на ділянках між вузлами згідно п. 5.6.

Досліджується гнучкість гілки між вузлами, гнучкість окремих гілок на ділянці між планками, обмеження на які приводиться в цьому ж пункті.

7.6.3 Перевірка несучої здатності елементів, що згинаються

При перевірці несучої здатності виконуються наступні розрахункові процедури:

- залежно від роботи, балки розраховуються в межах пружних і пластичних деформацій. У загальному випадку перевірці підлягає міцність перетину балки по нормальним, дотичним і приведеним напруженням. Розрахунок балки на міцність при пластичних деформаціях реалізований на основі пункту 5.18, в межах пружних деформацій - на основі п. 5.12, приведені напруження - відповідно до пункту 5.14*;

- перевірка балки на загальну стійкість виконується на основі пункту 5.15, 5.16*, 5.19*, 5.20 [3], залежно від заданої користувачем розрахункової довжини;

- Увага: розкріплення стержнів, які використовуються тільки при розрахунку прогину балок, ніяк не пов'язані з розкріпленнями стиснутого поясу балки і розрахунковою довжиною балки при розрахунку на загальну стійкість;

- перевірка загальної стійкості балки за наявності моменту в двох площинах проводиться по критерію максимального крайового стискуючого напруження в перетині з урахуванням Φ_b для одного з моментів;

- оскільки в [3] відсутні вказівки по перевірці загальної стійкості балок, відмінних від двотаврових, таврових або швелерних, то при перевірці інших перетинів $\Phi_b=1$;

- стійкість стінки, яка не підкріплена ребрами жорсткості, перевіряється згідно п. 7.10 [3]. При розрахунку стійкості не враховуються місцеве і рухоме навантаження і передбачається відсутність подовжніх ребер жорсткості. Перевірка місцевої стійкості стінок балок, які укріплені поперечними ребрами жорсткості, при роботі стали в межах пластичних деформацій реалізована на основі п.п. 7.2, 7.5, а також п. 21, 23 посібника з проектування сталевих

конструкції до [3]. Перевірка місцевої стійкості стінки балок, які укріплені ребрами жорсткості, при роботі стали в межах пружних деформацій реалізована на основі п. 7.6, 7.9, 7.10;

- при перевірці місцевої стійкості стінки балок, передбачається, що коефіцієнт $\beta = \infty$ у формулі (77) пункту 7.4* [3], якщо розрахункова довжина балки більше $L_{ef} < 0,1 \text{ м і } 0,8$, якщо розрахункова довжина більш $0,1 \text{ м } (\beta = 0,8)$;

- при перевірці місцевої стійкості стінки коробчатого перетину дотичні напруження обчислюються без урахування впливу перерізуючої сили в іншій площині;

- в процесі підбору, якщо стінка не задовольняє умові місцевої стійкості, відбувається її потовщення, тому рекомендується задавати реальний крок поперечних ребер жорсткості. Інакше ребра жорсткості будуть розставлені з максимально допустимою по [3] згідно п. 7.10 відстанню. Є можливість відмовитися від установки поперечних ребер, якщо погасити при заданні додаткових характеристик прапорець "ставити ребра жорсткості";

- перевірка місцевої стійкості полиці виконується відповідно до пункту 7.24 [3];

- перевірка прогину здійснюється порівнянням відносного прогину, отриманого з розрахунку по ПК «ЛІРА», з граничним відносним прогином, що задається. Відносний прогин обчислюється між точками розкріплення стержня, які задаються користувачем. Точка розкріплення є точкою, прогин якої умовно вважається рівним нулю. Якщо розкріплення балки не задане, то в якості прогину береться її повне переміщення щодо місцевої осі. У кожному розрахунковому перетині стержня або конструктивного елемента прогин визначається по кожному завантаженню. Величина його визначається шляхом інтеграції епюри моментів стержня конструктивного елемента з урахуванням крайових умов, які задані при призначенні розкріплювань стержнів, іншими словами точок нульового прогину. При знаходженні прогину використовуються нормативні зусилля, знайдені шляхом ділення розрахункового зусилля на

коефіцієнт надійності по навантаженню. Далі, на основі інформації про склад РПЗ, відповідні прогини підсумовуються з урахуванням коефіцієнтів поєднань, заданих при формуванні РПЗ. З отриманого ряду прогинів вибирається максимальний, який і порівнюється із заданим граничним прогином.

7.6.4 Перевірка несучої здатності колон

При перевірці несучої здатності виконуються наступні розрахункові процедури:

- перевірка перетину позацентрово стиснутих елементів по міцності проводиться на основі пунктів 5.1, 5.3, 5.25, 5.28 [3];

- перевірка колон на загальну стійкість в площині дії моменту виконується відповідно до пунктів 5.3, 5.27*, 5.32, 7.20* [3], з площини моменту - на основі пунктів 5.3, 5.26, 5.27*, 5.30, 5.31, 5.32, 7.20* [3], причому зменшення моменту залежно від умов спирання згідно п. 5.31 не враховується. Перевірка стійкості колони, схильної до вигину в двох площинах, реалізована на основі п. 5.34, 5.35 [3];

- якщо крок решітки в наскрізній колоні не заданий, приймається крок, відповідний куту нахилу 60° до осі колони;

- при розрахунку наскрізних колон типу «Розсунені двотаври» і «Розсунені швелери», якщо стінка гілки втрачає місцеву стійкість, A_{red} для перевірки стійкості гілки і колони береться так, ніби обидві гілки втратили стійкість. Якщо стінка гілки наскрізного перетину втрачає місцеву стійкість в будь-якому РПЗ, то для перевірки стійкості колони у всіх РПЗ площа $A_{red} = \min$ - мінімальна редуцирована площа;

- перевірка стійкості труби проводиться залежно від гнучкості труби. Якщо умовна гнучкість труби менше 0,65, розрахунок на стійкість ведеться відповідно розділу 8 [3] - розрахунок листових конструкцій;

- При обчисленні розрахункових довжин сполучних грат крізних колон розрахункова довжина береться рівною відстані між центрами вузлів грат;

- відстань між сполучними планками завжди задається в світлу. При перевірці планки по приведеній напрузі (формула 33 [3]) вважається, що в роботу включена тільки стінка перетину;

- при обчисленні розрахункових довжин сполучної решітки наскрізних колон розрахункова довжина береться рівною відстані між центрами вузлів решітки, за винятком чотирьохгілкового кутникового перетину;

- для чотирьохгілкового кутникового перетину при обчисленні розрахункових довжин використовується таблиця 13* [3] з наступними обмовками. Радіус інерції i завжди береться мінімальний (в т.ч. для поясів). Коефіцієнт μ_a приймається згідно таблиці 15*, як для випадку прикріплення розкосу до поясів зварними швами або болтами, числом не менше два (перший рядок таблиці). При обчисленні розрахункових довжин розпірок, розпірки приймаються з рівнополичкових кутників. Якщо сполучна решітка колони не з одиночних кутників, то для обчислення розрахункових довжин застосовується таблиця 11;

- гнучкість колони перевіряється відповідно до п. 6.15*, а гнучкість гілок в наскрізних перетинах на ділянці між вузлами сполучної решітки - на основі п. 5.6 [3];

- стійкість стінок колон перевіряється відповідно до п.п. 7.14*, 7.16*, 7.17*, 7.18*, 7.20*, 7.21 [3]. Якщо умовна гнучкість стінки суцільних колон перевищує 2,3; розставляються ребра жорсткості з кроком $3h_{ef}$ (п. 7.21 [3]);

- при розрахунку стійкості стінок перетинів враховується пункт 7.20* [3], що допускає часткову втрату стійкості з подальшим перерахунком перевірок загальної стійкості стержнів. Якщо гнучкість стінки перевищує допустиме значення, визначуване по пункту 7.14* [3], відсоток стійкості стінки приймається 100%;

- якщо стінка працює в закритичній стадії, відсоток використання по стійкості стінки завжди рівний 100%, а перевірки стійкості стержня колони перераховуються для зредукованої площі перетину;

- місцева стійкість звісу полиці перевіряється у відповідності с п.п. 7.22*, 7.23*, 7.26*, 7.27*[3];

\ - згідно п. 5.21 для суцільностінчатих стержнів при відносному ексцентриситеті $m_{ef} > 20$ і для наскрізних стрижнів при $m > 20$ розрахунок на стійкість не потрібний; розрахунок виконується для стержнів, що згинаються.

7.6.5 Перевірка несучої здатності канатів

При перевірці несучої здатності виконуються наступні розрахункові процедури:

- канати перевіряються на міцність на основі п. 4.33 [4] і на основі п. 3.14 Посібника з проектування сталевих конструкцій до [3].

7.6.6 Підбір перетинів

Підбір перетинів прокатних елементів відбувається простим перебором від першого перетину в сортаменті по порядку, вказаному на вкладці "Обмеження підбору". Буде підібраний перший, такий, що задовольнить всім перевіркам, перетин. За умовчанням профілі відсортовані в порядку зростання площ перетинів. Таким чином, за умовчанням підбирається перетин з найменшою площею. Змінити порядок сортування профілів в сортаменті можна за допомогою програми «ЛІР-РС» (Редагований Сортамент).

Підбір складених перетинів відбувається за допомогою перебору всіх можливих профілів. Наприклад, перетин «Складений двотавр» підбирається так. Фіксується стінка і відбувається підбір поясу; потім фіксується наступна стінка і знов підбирається пояс, і так далі. В результаті утворюється безліч рішень, при яких задовольняються всі перевірки несучої здатності, з яких треба вибрати оптимальне. Оптимальне рішення - це або перетин мінімальної площі, або (якщо сортамент і стінки, і полиці відсортований за вартістю) перетин мінімальної вартості. Оскільки сортаменти в своєму початковому стані відсортовані за площею, за умовчанням буде підібрано перетин мінімальної площі.

При розрахунку наскрізних колон типу «Розсунені двотаври» і «Розсунені швелери», підбір є оптимальним тільки для гілки. Якщо які-небудь перевірки, що стосуються стержня колони в цілому, не виконуються, то відбувається збільшення перетину полиці гілки. До таких перевірок відносяться: 1) перевірки стійкості стержня колони; 2) перевірки гнучкості стержня колони; 3) вимоги перевищення гнучкості колони над гнучкістю гілки на ділянці між вузлами.

7.7 Наскрізний розрахунок

Наскрізний розрахунок призначений для швидкого підбору або перевірки поперечних перетинів елементів всієї конструкції або її довільного фрагменту. Цей розрахунок дозволяє отримати:

1. Таблиці результатів для довільного фрагменту схеми. Результати створюються в текстовому, HTML, Excel форматах. Для створення файлу результатів використовуйте команду «Стандартні таблиці».

2. Наочне уявлення про роботу перетинів розрахункової схеми. Колір елементів розрахункової схеми відображає використання несучої здатності перетинів, по перевіркам [3], які дозволяють візуально визначити перевантажені або недовантажені елементи. Цю операцію зручно застосовувати для швидкого пошуку небезпечних перетинів. Для виведення кольорового уявлення служить команда «Колірне уявлення» в меню «Результати».

7.8 Локальний розрахунок

Цей режим роботи дозволяє розрахувати окремий сталевий перетин по розрахункових поєднаннях зусиль, що задаються. Режим застосовується для виконання простих інженерних завдань, що стосуються безпосередньо розрахунку по [3] як за наслідками роботи ПК «ЛІРА», так і без таких. Допускається проводити як підбір, так і перевірку елементу. Локальний або автономний розрахунок дозволяє отримати докладну інформацію про елемент.

У вікні локального розрахунку можуть відобразитися огинаючі епюри зусиль, таблиця з початковими даними для розрахунку елемента і таблиця, що містить докладні результати розрахунку елемента і його поперечного перетину.

7.9 Представлення результатів розрахунку

Для всіх розрахованих перетинів виводяться результати перевірок по міцності і стійкості (по першому граничному стану), по гнучкості і прогину (по другому граничному стану). Результати виводяться у вигляді відсотків використання перетину порівняно з граничною несучою здатністю, по тій або іншій перевірці.

$$\text{Відсоток використання по перевірці } \%ис = \frac{100\% * \text{максимальне значення}}{\text{гранична несуча здатність}}$$

При формуванні результатів використовується також поняття відсотка використання по **1 граничному стану (1ПС)** і по **2 граничному стану (2ПС)**.

Відсоток використання перетину по 1ПС - це найбільший з відсотків по перевірках міцності і загальної стійкості, обчислений по всіх РПЗ.

Відсоток використання перетину по 2ПС - це найбільший з відсотків по перевіркам граничної гнучкості або прогину, обчислений по всіх РПЗ.

Відсоток використання перетину по місцевій стійкості (МС) - найбільший з відсотків по перевірках стійкості стінки і полиці, узятий по всіх РПЗ.

$$\%ис1ПС = \max \{ \%ис(i) \} \text{ -- по міцності, стійкості;}$$

$$\%ис2ПС = \max \{ \%ис(i) \} \text{ -- по гнучкості, прогину;}$$

$$\%ис МУ = \max \{ \%ис(i) \} \text{ -- по стійкості стінки, полиці, де}$$

$$i \geq 1 - \text{кількість РПЗ.}$$

Результати розрахунку представляються в табличній формі. Таблиці результатів формуються для виділених на схемі елементів або ж для всієї схеми, якщо нічого не виділено.

Форма таблиці залежить від виду елемента. Існують таблиці «БАЛКА», «КОЛОНИ», «НАСКРІЗНІ КОЛОНИ», «ФЕРМИ» і «КАНАТИ».

Таблиці результатів мають наступний вигляд (рис. 7.2).

Балки

Елемент	НС	Группа	Шаг решетки	Фb min	Проценты исчерпания несущей способности балки по сечениям, %									Длина элемента
					нор	тау	с1	УБ	Прг	УС	УП	1ПС	2ПС	

Колонны

Елемент	НС	Группа	Шаг решетки (ребер)	Проценты исчерпания несущей способности колонны по сечениям, %									Длина элемента
				нор	УУ1	УZ1	УYZ	ГУ1	ГZ1	УС	УП	1ПС	

Сквозные колонны

Елемент	НС	Группа	Шаг решетки (ребер)	Проценты исчерпания несущей способности колонны по сечениям, %									Длина элемента
				нор	УУ1	УZ1	Г>Г	ГУ1	ГZ1	УС	УП	1ПС	

Фермы

Елемент	НС	Группа	Шаг планок	Приме- чание	Проценты исчерпания несущей способности фермы по сечениям, %									Длина элемента
					нор	УУ1	УZ1	ГУ1	ГZ1	УС	УП	1ПС	2ПС	

Канаты

Елемент	НС	Группа	Проценты исчерпания несущей способности каната по сечениям, %	Длина элемента
---------	----	--------	--	-------------------

Рисунок 7.1 – Форма таблиц результатів розрахунку.

В табл. 7.6 приводяться пояснення до таблиць результатів (див. рис. 7.2).

Таблиця 7.6 – Пояснення до таблиць результатів розрахунку

ЕЛЕМЕНТ		Номер кінцевого елемента
НС		Номер перетину по довжині кінцевого елемента
ГРУППА		Група уніфікації елемента, конструктивний елемент
ШАГ РЕБЕР (РЕШЕТКИ)		Крок поперечних ребер жорсткості або поєднувальної решітки (планок — в світлі)
ШАГ ПЛАНОК		Крок поперечних поєднувальних планок в світлі
$\Phi_b \min$		Мінімальний коефіцієнт поперечного вигину
Pr_g		Відносний прогин балки (приблизно)
Далі слідуєть відсотки вичерпання несучої здатності по перевіркам СНиП:		
Нор		Нормальні напруження
τ_{ay}		Дотичні напруження
σ_1		Приведені напруження
УБ		Загальна стійкість балки
УУ1		Стійкість відносно вісі У1
УZ1		Стійкість відносно вісі Z1
УУZ		Стійкість колони, яка стиснута в 2-х площинах
ГУ1		Гранична гнучкість відносно вісі У1
ГZ1		Гранична гнучкість відносно вісі Z1
$\Gamma > \Gamma$		Відношення гнучкості наскрізної колони до гнучкості гілки *100%
УС		Місцева стійкість стінки
УП		Місцева стійкість стиснутого поясу
1ПС		Відсоток використання перетину по 1 граничному стану
2ПС		Відсоток використання перетину по 2 граничному стану
М.У		Відсоток використання перетину по місцевій стійкості
ДЛИНА ЭЛЕМЕНТ		Геометрична довжина конструктивного елемента

Для елементів ферм друкується допустимий крок сполучних планок. Крок ребер жорсткості для елементів ферм не виводиться. Якщо у елементах ферм потрібна постановка поперечних ребер жорсткості, то в графі «Примітка» друкується слово «Ребр». У такому разі для даного елемента необхідні ребра жорсткості з кроком не більш $3 \cdot h_{ef}$.

Якщо у елементах ферм для розрахунку був використаний мінімальний радіус інерції, той в графі «Примітка» записується слово «міні».



7.10. Приклад розрахунку в системі «ЛІР-СТК»

Приклад розрахунку сталевих перетинів елементів наведений в табл. 7.7. В прикладі показано процедура підбору і перевірки сталевих перетинів елементів рами. Тут використовуються вихідні дані попередньої рами, яка була розглянута в розділі 5.2 в передбаченні варіанту сталевих каркасу.





Завдання:

- матеріал – сталь ВСт3кп2-1
- перетини елементів ригелів – складений двотавр, який має пояс 200x4 мм і стінку – 480x4мм;
- перетини елементів колон – складене из двох швелерів 10П (з планками).



Таблиця 7.7 – Приклад розрахунку сталевих перетинів в системі «ЛІР-СТК»







<i>Етапи і операції</i>	<i>Команда і її Інструмент</i>	<i>Ваші дії</i>	<i>Рекомендації і коментарі</i>
1. Відкриття файлу		За допомогою команди Файл > открыть викличте діалогове вікно і оберіть в ньому ім'я задачі рама.	Панка: <i>LDdata</i> , Ім'я файлу: <i>Рама</i> .
2. Задання кількості розрахункових перетинів елементів ригелів			
2.1. Виділення горизонтальних елементів		Виділить горизонтальні елементи.	

<i>Етапи і операції</i>	<i>Команда і її Іструмент</i>	<i>Ваші дії</i>	<i>Рекомендації і коментарі</i>
2.2.Задання розрахункових перетинів		В діалоговому вікні «Расчетные сечения» задайте кількість розрахункових перетинів N = 7.	Для того, щоб виконувати розрахунок по 2 групі граничних станів, треба задати не менше трьох розрахункових перетинів.
3.Задання жорсткісних параметрів елементів рами			
3.1.Формування типів жорсткостей		В діалоговому вікні «Жесткости элементов» сформуруйте список типів жорсткостей.	
3.1.1.Вибір типу перетину «Составной двутавр»		Натисніть на кнопку Добавить і, обравши закладку «База типовых сечений» (із зображенням двутавра), активізуйте перетин «Составной двутавр».	
3.1.2.Задання параметрів перетину «Составной двутавр»			
3.1.2.1.Задання параметрів поясу		В діалоговому вікні «Стальное сечение», в списку компонент перетину, виділіть строку «???, пояс» і задайте параметри перетину: -Сортамент – Прокат листовой горячекатаный толщиной 2.5...25 мм, -Профиль – 200x4.	Строка «???, пояс» перетвориться в строку «200 x 4, пояс».
3.1.2.2.Задання параметрів перетину стінки		В діалоговому вікні «Стальное сечение», в списку компонент перетину, виділіть строку «???, стенка» і задайте параметри перетину: -Сортамент – Прокат листовой горячекатаный толщиной 2.5...25 мм, -Профиль – 480x4. Підтвердіть ввід даних.	В списку жорсткостей діалогового вікна «Жесткости элементов» з'являється строка «1.Составной двутавр - 200 x 4, пояс - 480 x 4, стенка».
3.1.3.Вибір типу перетину «Два швеллера»		В діалоговому вікні «Жесткости элементов» оберіть перетин «Два швеллера» (наскрізний перетин).	
3.1.4.Задання параметрів перетину сечення «Два швеллера»		В діалоговому вікні «Стальное сечение», в списку компонент перетину, виділіть строку «???, ветвь» і задайте параметри перетину: -Сортамент – Швеллер с параллельными гранями полок, -Профиль – 10П. Після цього клікніть по кнопці Стыковка і задайте параметри: Y = Y1 = 0 см, Z = Z1 = 50 см.	
3.2.Призначення жорсткостей елементам рами			
3.2.1.Призначення поточного типу жорсткості «1.Составной двутавр»		В діалоговому вікні «Жесткости элементов» виділіть потрібну жорсткість в вікні списку і натисніть по кнопці Установить как текущий тип.	

<i>Етапи і операції</i>	<i>Команда і її Іструмент</i>	<i>Ваші дії</i>	<i>Рекомендації і коментарі</i>
3.2.2.Виділення горизонтальних елементів		Виділіть горизонтальні елементи.	
3.2.3.Призначення виділеним елементам поточного типу жорсткості.		В діалоговому вікні «Жесткости элементов» натисніть по кнопці Назначить.	
3.2.4.Призначення поточного типу жорсткості «2.Два швеллера»		Виділіть потрібну жорсткість у вікні списку і натисніть по кнопці Установить как текущий тип.	
3.2.5.Виділення вертикальних елементів		Виділіть вертикальні елементи.	
3.2.6.Призначення виділеним елементам поточного типу жорсткості.		В діалоговому вікні «Жесткости элементов» натисніть по кнопці Назначить.	
4.Запуск задачі на розрахунок		Натисніть по кнопці інструменту чи введіть команди Режим ► Выполнить расчет.	
5.Перехід в режим візуалізації результатів розрахунку		Натисніть по кнопці інструменту чи введіть команди Режим ► Результаты расчета.	
6.Перехід в наскрізний режим системи ЛПР-СТК		В режимі результати розрахунку виконайте команди Окно ► ЛирСтк	<i>Увага! З цього моменту в окремому вікні працює ще одно додання Windows – система проектування сталевих конструкцій ЛПР-СТК.</i>
7.Збереження даних		В діалоговому вікні «Сохранить как» задайте ім'я задачі і папку, в яку буде збережена ця задача.	<i>Папка: LWork, Імя файла: Рама.</i>
8.Задання додаткових характеристик			
8.1.Задання додаткових характеристик для перетину «Составной двутавр»		В діалоговому вікні «Жесткости элементов» клікніть по строчці «1.Составной двутавр» в списку жорсткостей і по кнопці Изменить.	
8.1.1.Задання марки сталі			
8.1.1.1.Задання марки сталі для перетину балки		В діалоговому вікні «Стальное сечение» клікніть по закладці «Состав», потім по строчці «1.Составной двутавр» і задайте марку сталі – как у пояса.	

<i>Етапи і операції</i>	<i>Команда і її Іструмент</i>	<i>Ваші дії</i>	<i>Рекомендації і коментарі</i>
8.1.1.2.Задання марки сталі для пояса		Натисніть по строчці «200x4, пояс» і задайте марку сталі – ВСтЗкп2-1.	
8.1.1.3.Задання марки сталі для стінки		Натисніть по строчці «480x4, стенка» і задайте марку сталі – ВСтЗкп2-1.	
8.1.2.Задання додаткових характеристик для перетинів балок		Натисніть по закладці «Дополнительные характеристики» і відмітьте радіо-кнопку «Балка», а потім задайте інші характеристики: - клікніть по пункту «Использовать коэффициенты к длине конструктивного элемента для L_{ef} »; - задайте коефіцієнт $L_{ef} = 0.25$ і клікніть по пункту «Балка с одной осью симметрии».	
8.2.Задання додаткових характеристик для перетину «2.Два швеллера»		В діалоговому вікні «Жесткости элементов» клікніть по строчці «2.Два швеллера» в списку жорсткостей і по кнопці Изменить.	
8.2.1.Задання марки сталі			
8.2.1.1.Задання марки сталі для перетину колони		В діалоговому вікні «Стальное сечение» клікніть по строчці «2.Два швеллера» і задайте марку сталі – как у ветви.	
8.2.1.2.Задання марки сталі для гілки		Клікніть по строчці «10П, ветвь» і задайте марку сталі – ВСтЗкп2-1.	
8.2.2.Задання додаткових характеристик для перетинів колон		Натисніть по закладці «Дополнительные характеристики» і відмітьте радіо-кнопку Колонна , а потім задайте інші характеристики: - клікніть по пункту «Использовать коэффициенты к геометрической длине конструктивного элемента»; - задайте коефіцієнти розрахункової довжини колони– <ul style="list-style-type: none"> • відносно вісі $Z1 = 1$; • відносно вісі $Y1 = 1$; гілок – <ul style="list-style-type: none"> • нижньої = 1; - соединительная решетка – із зображенням планок; -крок решітки = 1 м.	

<i>Етапи і операції</i>	<i>Команда і її Іструмент</i>	<i>Ваші дії</i>	<i>Рекомендації і коментарі</i>
8.2.3.Задання характеристик для планок		Кликніть по закладці «Состав» і вкажіть на строку «???, планка», а потім задайте характеристики планки: -Сортамент – Прокат листовой горячекатаный толщиной 2.5...25мм, -Профиль – 200x4; -Сталь – ВСтЗкп2-1. Підтвердіть задання додаткових характеристик.	
9.Призначення додаткових характеристик		Призначте один із типів жорсткостей поточним і закрийте вікно.	<i>Призначення додаткових характеристик відбувається автоматично.</i>
10.Призначення конструктивних елементів			
10.1.Вивід на екран номерів елементів		В діалоговому вікні «Показать» активізуйте закладку «Элементы». Після цього оберіть команду Номера элементов і натисніть по кнопці Применить.	
10.2.Відмітка елементів № 9 і 10		Відмітьте елементи № 9 і 10.	
10.3.Створення конструктивного елементу КБ1			<i>Кінцеві елементи, які об'єднані в конструктивний, при конструюванні розглядаються як одне ціле.</i>
10.4.Відмітка елементів № 7 і 8		Відмітьте елементи № 7 і 8.	
10.5. Створення конструктивного елементу КБ2			<i>В конструктивний елемент можуть входити елементи з однаковим перетином.</i>
10.6. Відмітка елементів № 1 і 2		Відмітьте елементи № 1 і 2.	
10.7. Створення конструктивного елементу КК3			<i>Між елементами, які входять в конструктивний елемент, не повинно бути розривів, вони повинні мати один тип жорсткості, не повинні входити в інші конструктивні елементи і уніфіковані групи, а також мати спільні вузли і лежати на одній прямій.</i>
10.8.Відмітка елементів № 5 і 6		Відмітьте елементи № 5 і 6.	
10.9. Створення конструктивного елементу КК4			
11.Призначення розкріплень в вузлах елементів			

<i>Етапи і операції</i>	<i>Команда і її Іструмент</i>	<i>Ваші дії</i>	<i>Рекомендації і коментарі</i>
11.1.Відмітка горизонтальних елементів схеми		Виділіть горизонтальні елементи схеми.	
11.2.Призначення розкріплень		В діалоговому вікні «Раскрепление стержней» задайте напрям розкріплень – Y1, Z1 . натисніть по строчці «В каждом узле каждого конечного элемента» і підтвердіть призначення.	<i>Прогинання перетинів елементу визначається відносно лінії, яка з'єднує розкріплення на його кінцях.</i>
12.Перевірка і підбір перетинів в табличній формі			
12.1.Перевірка призначених перетинів		В діалоговому вікні «Таблицы результатов» задайте текстовий формат таблиць результатів, клікніть по строчці «Проверка всех элементов по РСУ» і по кнопці Создать .	<i>Також є можливість задати таблиці результатів в HTML-форматі і Excel-форматі.</i>
12.2.Підбір перетинів		В діалоговому вікні «Таблицы результатов» клікніть по строчці «Подбор всех элементов по РСУ» і по кнопці Создать .	<i>Так як по результатам перевірки не для всіх перетинів задовольняються розрахункові перевірки – слід зробити підбір перетинів.</i>
13.Перевірка і підбір перетинів в кольоровому представленні			
13. 1.Перевірка призначених перетинів		В діалоговому вікні «Цветовое представление» оберіть по черзі граничний стан, клікніть по строчці «Производит расчет сечений элементов согласно РСУ», по кнопці проверка і по кнопці ОК .	
13.2. Підбір перетинів		В діалоговому вікні «Цветовое представление» клікніть по кнопці підбір і по кнопці ОК .	

Контрольні запитання

1. Можливості, види режимів конструюючої системи «ЛІР-СТК».
2. Види розрахункових процедур в «ЛІР-СТК».
3. На які види зусиль розраховують робочі процедури в «ЛІР-СТК»?
4. Як завдаються коефіцієнт умов роботи і коефіцієнт надійності за відповідальністю в додаткових даних?
5. Порядок завдання розрахункових довжин відносно місцевих осей Z1 і Y1.
6. Додаткові дані для елементів ферм.
7. Додаткові дані для елементів, що згинаються.

8. Додаткові дані для елементів колон (позацентрово стиснутих).
9. Що таке «конструктивний елемент», порядок його завдання, можливості і призначення?
10. Що таке «уніфікований елемент», порядок його завдання, можливості і призначення?
11. Порядок підбору перетинів прокатних елементів.
12. Порядок підбору перетинів складених елементів.
13. Що таке наскрізний розрахунок елементів?
14. Що таке локальний розрахунок елементів?
15. Як виконується представлення результатів розрахунку?

Література

1. ДБН В.1.2-2:2006. «Нагрузки и воздействия. Нормы проектирования» - К.: Минстрой Украины, 2006. - 78 с.
2. СНиП II-7-81. «Строительство в сейсмических районах. Нормы проектирования» - М.: - Стройиздат - 1982. - 48с.
3. СНиП II-23-81. «Стальные конструкции. Нормы проектирования» - М.: Стройиздат - 1982. – 94 с.
4. СНиП 2.05.03-84. «Мосты и трубы. Нормы проектирования» М., ЦИТП: 1985. – 200 с.
5. ПК ЛИРА, версия 9. Программный комплекс для расчета и проектирования конструкций. Справочно-теоретическое пособие под ред. А.С.Городецкого. К. - М.: 2003. – с. 427-443.

8 КОНТРОЛЬНА РОБОТА №1 «РОЗРАХУНОК ПЛОСКИХ ШАРНІРНО-СТЕРЖНЕВИХ СИСТЕМ»

8.1 Завдання для самостійного вирішення

8.1. Визначити зусилля в стержнях ферми при дії сил $P_1=12$ т, $P_2=5$ т та $P_3=8$ т (рис. 8.1, а). Матеріал конструкцій – сталь з $E=2,1 \cdot 10^7$ т/м². Поперечні перетини ферми складаються: верхній пояс із $\perp\perp 160 \times 10$ мм; нижній пояс із $\perp\perp 125 \times 10$ мм; решітка із $\perp\perp 100 \times 10$ мм.

8.2. Визначити зусилля в стержнях башти при дії сил $P_1=5$ т, $P_2=15$ т та $P_3=1$ т (рис. 8.1, б). Матеріал конструкцій – сталь з $E=2,1 \cdot 10^7$ т/м². Поперечні перетини башти складаються: стійки із $\perp\perp 140 \times 10$ мм; розпірки із $\perp\perp 125 \times 10$ мм; решітка із $\perp\perp 90 \times 7$ мм.

8.3. Визначити зусилля в стержнях ферми при дії сил $P_1=6,2$ т, $P_2=18$ т та $P_3=10$ т (рис. 8.1, в). Матеріал конструкцій – сталь з $E=2,1 \cdot 10^7$ т/м². Поперечні перетини ферми складаються: верхній пояс із труб $\Phi 140 \times 4$ мм; нижній пояс із труб $\Phi 127 \times 4$ мм; решітка із труб $\Phi 89 \times 4$ мм.

8.4. Визначити зусилля в стержнях ферми при дії сил $P_1=20$ т та $P_2=4$ т (рис. 8.1, г). Матеріал конструкцій – сталь з $E=2,1 \cdot 10^7$ т/м². Поперечні перетини ферми складаються: верхній пояс із $\perp\perp 40 \text{Ш}1$; нижній пояс із $\perp\perp 30 \text{Б}1$; решітка із $\perp\perp 100 \times 10$ мм.

8.5. Визначити зусилля в стержнях ферми при дії сил $P_1=13,3$ т, $P_2=1,2$ т та $P_3=3$ т (рис. 8.1, д). Матеріал конструкцій – сталь з $E=2,1 \cdot 10^7$ т/м². Поперечні перетини ферми складаються: верхній пояс із $\perp\perp 140 \times 9$ мм; нижній пояс із $\perp\perp 125 \times 9$ мм; решітка із $\perp\perp 75 \times 6$ мм.

8.6. Визначити зусилля в стержнях ферми при дії сил $P_1=5,1$ т, $P_2=16,7$ т та $P_3=2,8$ т (рис. 8.1, е). Матеріал конструкцій – сталь з $E=2,1 \cdot 10^7$ т/м². Поперечні перетини ферми складаються: верхній пояс із труб $\Phi 140 \times 4$ мм; нижній пояс із труб $\Phi 127 \times 4$ мм; решітка із труб $\Phi 89 \times 4$ мм.

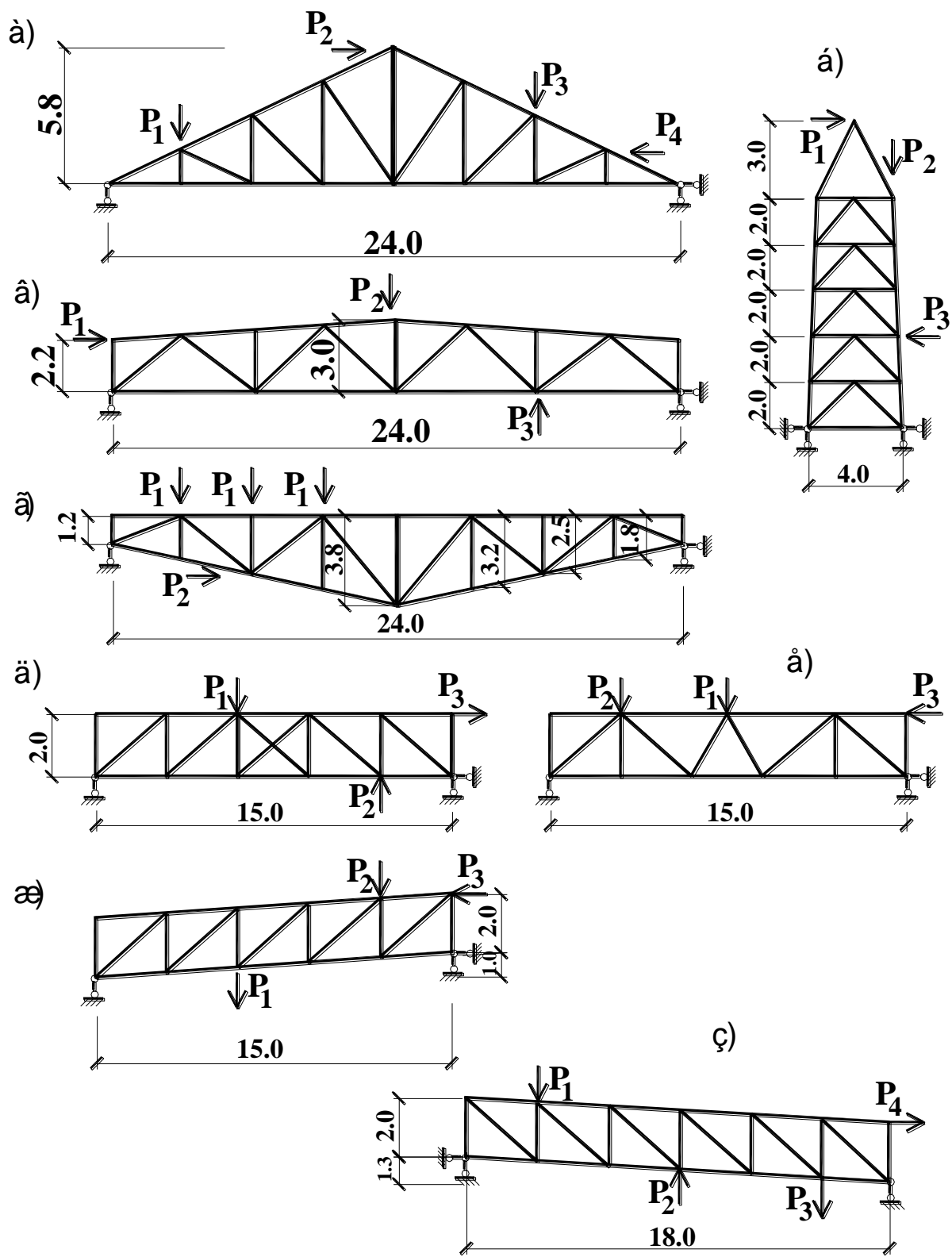


Рисунок 8.1 – Розрахункові схеми плоских шарнірно-стержневих систем.

8.7. Визначити зусилля в стержнях ферми при дії сил $P_1=20$ т, $P_2=15$ т та $P_3=12$ т (рис. 8.1, ж). Матеріал конструкцій – сталь з $E=2,1 \cdot 10^7$ т/м². Поперечні перетини ферми складаються: верхній пояс із $\perp 60Ш1$; нижній пояс із $\perp 26Б1$; решітка із $\perp\perp 90 \times 7$ мм.

8.8. Визначити зусилля в стержнях ферми при дії сил $P_1=10$ т, $P_2=7$ т та $P_3=3$ т (рис. 8.1, з). Матеріал конструкцій – сталь з $E=2,1 \cdot 10^7$ т/м². Поперечні перетини ферми складаються: верхній пояс із $\perp 30Ш1$; нижній пояс із $\perp 20Б1$; решітка із $\perp\perp 80 \times 6$ мм.

8.9. Визначити зусилля в стержнях ферми при дії сил $P_1=13$ т, $P_2=4$ т та $P_3=23$ т (рис. 8.2, а). Матеріал конструкцій – сталь з $E=2,1 \cdot 10^7$ т/м². Поперечні перетини ферми складаються: верхній пояс із труб $\Phi 140 \times 5$ мм; нижній пояс із труб $\Phi 121 \times 5$ мм; решітка із труб $\Phi 70 \times 5$ мм.

8.10. Визначити зусилля в стержнях ферми при дії сил $P_1=10$ т, $P_2=5$ т та $P_3=3$ т (рис. 8.2, б). Матеріал конструкцій – сталь з $E=2,1 \cdot 10^7$ т/м². Поперечні перетини ферми складаються: верхній пояс із $\perp 35БТ1$; нижній пояс із $\perp 30БТ1$; решітка із $\perp\perp 63 \times 6$ мм.

8.11. Визначити зусилля в стержнях ферми при дії сил $P_1=6,5$ т, $P_2=4$ т та $P_3=9,5$ т (рис. 8.2, в). Матеріал конструкцій – залізобетон з $E=20,5 \cdot 10^5$ т/м². Поперечні перетини ферми складаються: верхній пояс $V \times H=30 \times 28$ см; нижній пояс $V \times H=30 \times 30$ см; стійки $V \times H=20 \times 20$ см; решітка $V \times H=25 \times 25$ см.

8.12. Визначити зусилля в стержнях ферми при дії сил $P_1=3$ т, $P_2=8$ т та $P_3=6,5$ т (рис. 8.2, г). Матеріал конструкцій – залізобетон з $E=20,5 \cdot 10^5$ т/м². Поперечні перетини ферми складаються: верхній пояс $V \times H=30 \times 25$ см; нижній пояс $V \times H=30 \times 32$ см; стійки $V \times H=15 \times 15$ см; розкиси $V \times H=20 \times 15$ см.

8.13. Визначити зусилля в стержнях ферми при дії сил $P_1=12,5$ т, $P_2=18,3$ т та $P_3=4$ т (рис. 8.2, д). Матеріал конструкцій – залізобетон з $E=26,5 \cdot 10^5$ т/м². Поперечні перетини ферми складаються: верхній пояс $V \times H=30 \times 28$ см; нижній пояс $V \times H=30 \times 30$ см; стійки $V \times H=20 \times 20$ см; розкиси $V \times H=25 \times 20$ см.

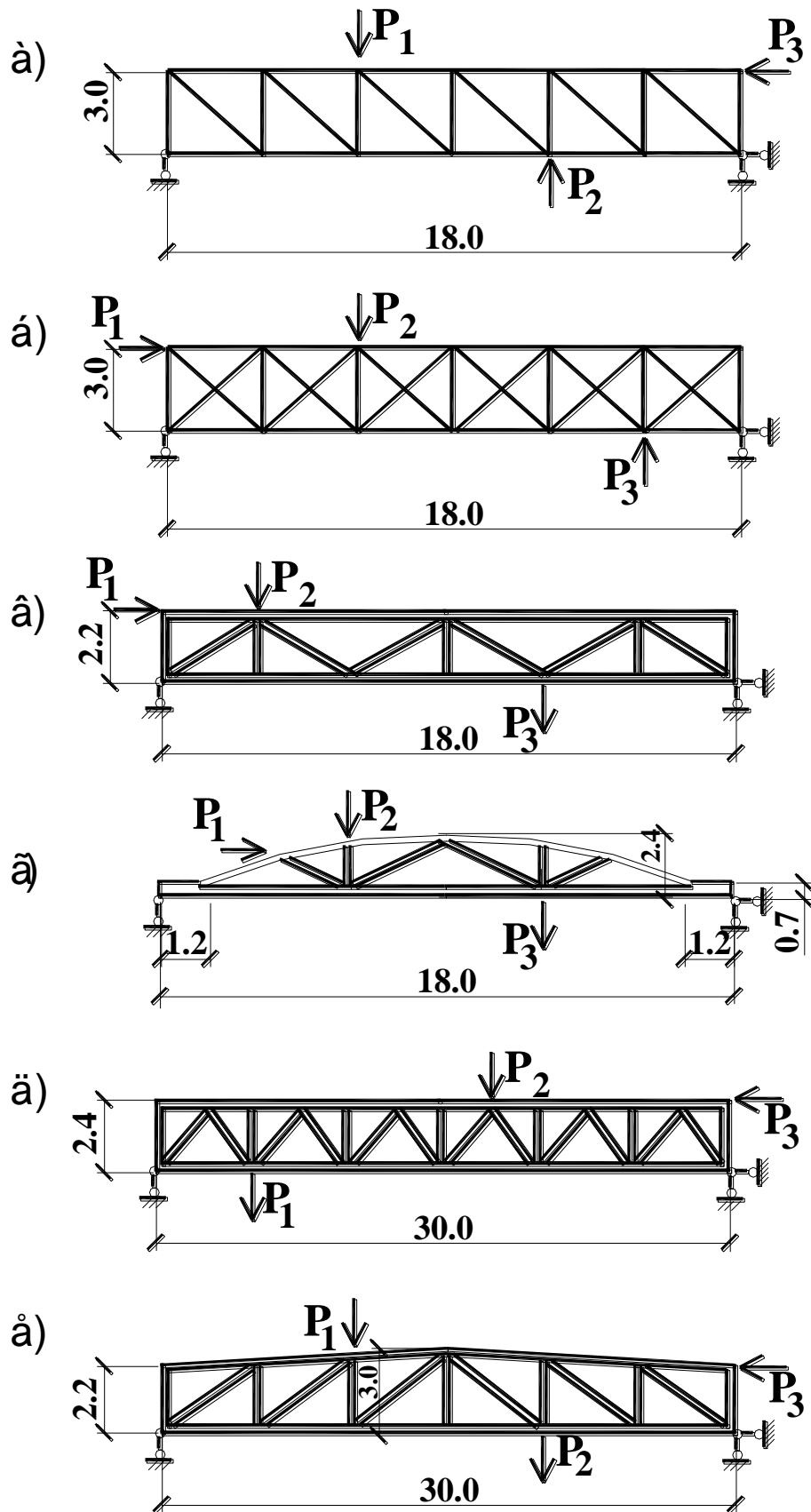


Рисунок 8.2 – Розрахункові схеми крокв'яних ферм покриття.

8.14. Визначити зусилля в стержнях ферми при дії сил $P_1=16$ т, $P_2=18$ т та $P_3=8,4$ т (рис. 8.2, е). Матеріал конструкцій – залізобетон з $E=23,5 \cdot 10^5$ т/м². Поперечні перетини ферми складаються: верхній пояс $V \times H=28 \times 28$ см; нижній пояс $V \times H=28 \times 32$ см; стійки $V \times H=20 \times 20$ см; розкиси $V \times H=20 \times 25$ см.

8.15. Визначити зусилля в стержнях ферми при дії сил $P_1=5,3$ т, $P_2=20,8$ т та $P_3=2,1$ т (рис. 8.3, а). Матеріал конструкцій – сталь з $E=2,1 \cdot 10^7$ т/м². Поперечні перетини ферми складаються: верхній пояс із $\perp 40$ БТ1; нижній пояс із $\perp 30$ БТ1; стійки із $\perp 110 \times 8$ мм; решітка із $\perp 80 \times 7$ мм.

8.16. Визначити зусилля в стержнях ферми при дії сил $P_1=5$ т, $P_2=10$ т, $P_3=2$ т та $P_4=1$ т (рис. 8.3, б). Матеріал конструкцій – сталь з $E=2,1 \cdot 10^7$ т/м². Поперечні перетини ферми складаються: верхній пояс із $\perp 26$ Б1; нижній пояс із $\perp 20$ Ш1; решітка із $\perp 90 \times 7$ мм.

8.17. Визначити зусилля в стержнях ферми при дії сил $P_1=10$ т, $P_2=15$ т та $P_3=20$ т (рис. 8.3, в). Матеріал конструкцій – сталь з $E=2,1 \cdot 10^7$ т/м². Поперечні перетини ферми складаються: верхній пояс із $\perp 40$ Ш1; нижній пояс із $\perp 20$ Б1; решітка із $\# 100 \times 5$ мм.

8.18. Визначити зусилля в стержнях ферми при дії сил $P_1=10$ т, $P_2=15$ т та $P_3=5$ т (рис. 8.3, г). Матеріал конструкцій – сталь з $E=2,1 \cdot 10^7$ т/м². Поперечні перетини ферми складаються: верхній пояс із $\perp \perp 140 \times 9$ мм; нижній пояс із $\perp \perp 125 \times 9$ мм; решітка із $\perp \perp 75 \times 6$ мм.

8.19. Визначити зусилля в стержнях башти при дії сил $P_1=5$ т, $P_2=8$ т та $P_3=10$ т (рис. 8.3, д). Матеріал конструкцій – сталь з $E=2,1 \cdot 10^7$ т/м². Поперечні перетини опори складаються: стійки із $\perp \perp 160 \times 10$ мм; розпірки із $\perp \perp 140 \times 9$ мм; решітка із $\perp \perp 50 \times 5$ мм.

8.20. Визначити зусилля в стержнях ферми при дії сил $P_1=5$ т, $P_2=10$ т та $P_3=15$ т (рис. 8.3, е). Матеріал конструкцій – сталь з $E=2,1 \cdot 10^7$ т/м². Поперечні перетини ферми складаються: верхній пояс із труб $\Phi 168 \times 6$ мм; нижній пояс із труб $\Phi 159 \times 6$ мм; решітка із труб $\Phi 102 \times 4$ мм.

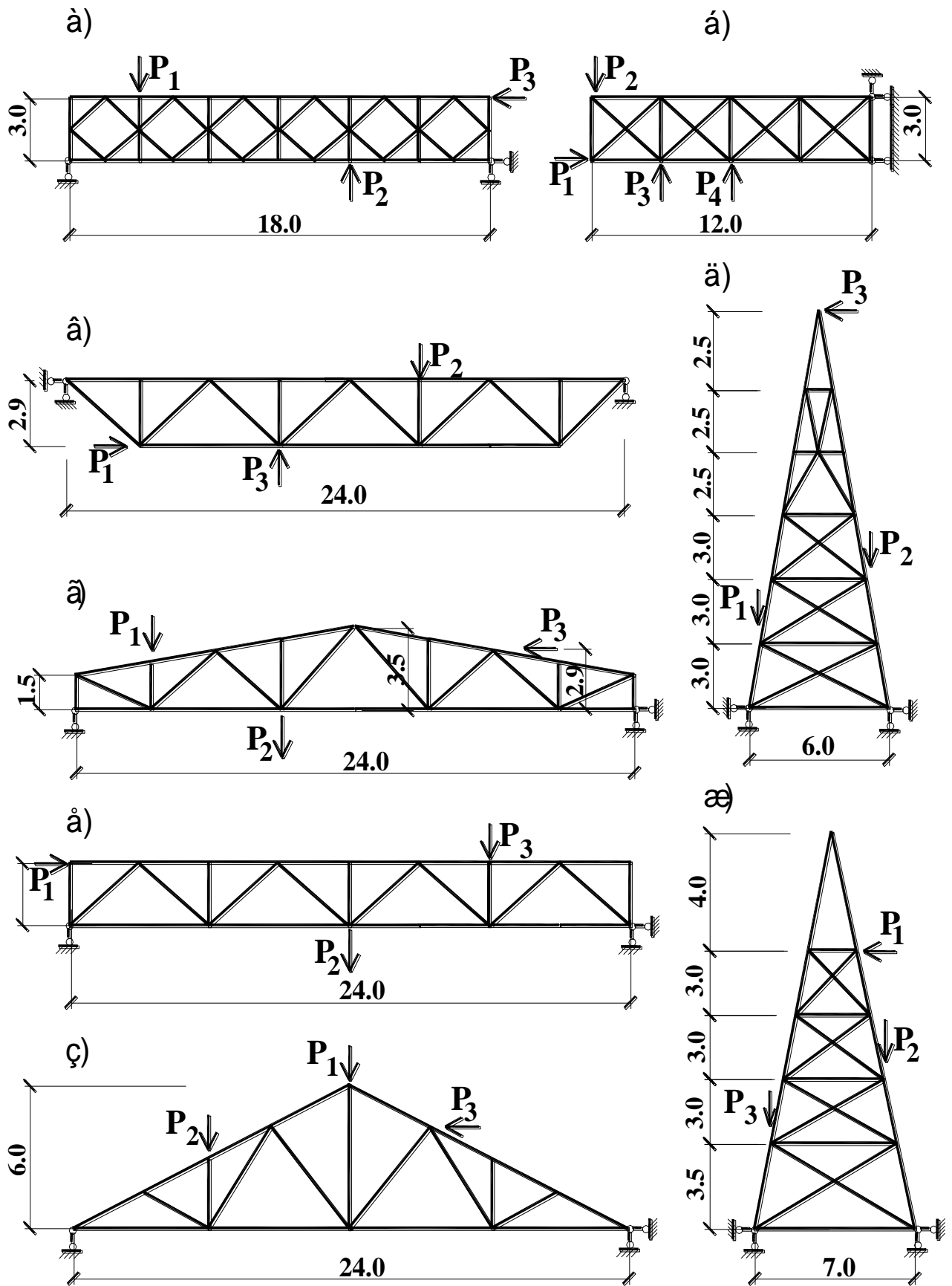


Рисунок 8.3 – Розрахункові схеми плоских шарнірно-стержневих систем.

8.21. Визначити зусилля в стержнях башти при дії сил $P_1=5$ т, $P_2=4$ т та $P_3=10$ т (рис. 8.3, ж). Матеріал конструкцій – сталь з $E=2,1 \cdot 10^7$ т/м². Поперечні перетини башти складаються: стійки із \perp 140x10 мм; розпірки із \perp 160x10 мм; решітка із \perp 90x7 мм.

8.22. Визначити зусилля в стержнях ферми при дії сил $P_1=6$ т, $P_2=4$ т та $P_3=2$ т (рис. 8.3, з). Матеріал конструкцій – деревина з $E=1 \cdot 10^6$ т/м² і сталь з $E=2,1 \cdot 10^7$ т/м². Поперечні перетини ферми складаються: верхній пояс $V \times H=40 \times 40$ см; нижній пояс із \perp 125x9 мм; решітка із брусків $V \times H=15 \times 15$ см.

8.23. Визначити зусилля в стержнях ферми при дії сил $P_1=15$ т, $P_2=11$ т та $P_3=4,8$ т (рис. 8.4, а). Матеріал конструкцій – залізобетон з $E=23,5 \cdot 10^5$ т/м². Поперечні перетини ферми складаються: верхній пояс $V \times H=30 \times 28$ см; нижній пояс $V \times H=30 \times 30$ см; стійки $V \times H=20 \times 20$ см; розкиси $V \times H=25 \times 20$ см.

8.24. Визначити зусилля в стержнях ферми при дії сил $P_1=4,5$ т, $P_2=9,3$ т та $P_3=3$ т (рис. 8.4, б). Матеріал конструкцій – залізобетон з $E=23,5 \cdot 10^5$ т/м². Поперечні перетини ферми складаються: верхній пояс $V \times H=28 \times 25$ см; нижній пояс $V \times H=28 \times 28$ см; стійки $V \times H=18 \times 18$ см; розкиси $V \times H=20 \times 18$ см.

8.25. Визначити зусилля в стержнях ферми при дії сил $P_1=12$ т, $P_2=18$ т та $P_3=4$ т (рис. 8.4, в). Матеріал конструкцій – залізобетон з $E=26 \cdot 10^5$ т/м². Поперечні перетини ферми складаються: верхній пояс $V \times H=28 \times 28$ см; нижній пояс $V \times H=28 \times 30$ см; стійки $V \times H=18 \times 18$ см; розкиси $V \times H=18 \times 20$ см.

8.26. Визначити зусилля в стержнях ферми при дії сил $P_1=3,2$ т, $P_2=8$ т та $P_3=15$ т (рис. 8.4, г). Матеріал конструкцій – залізобетон з $E=26,5 \cdot 10^5$ т/м². Поперечні перетини ферми складаються: верхній пояс $V \times H=30 \times 25$ см; нижній пояс $V \times H=30 \times 32$ см; стійки $V \times H=15 \times 15$ см; розкиси $V \times H=20 \times 15$ см.

8.27. Визначити зусилля в стержнях ферми при дії сил $P_1=7,7$ т, $P_2=16$ т та $P_3=2,8$ т (рис. 8.4, д). Матеріал конструкцій – залізобетон з $E=26,5 \cdot 10^5$ т/м². Поперечні перетини ферми складаються: верхній пояс $V \times H=28 \times 28$ см; нижній пояс $V \times H=28 \times 32$ см; стійки $V \times H=16 \times 16$ см; розкиси $V \times H=18 \times 16$ см.

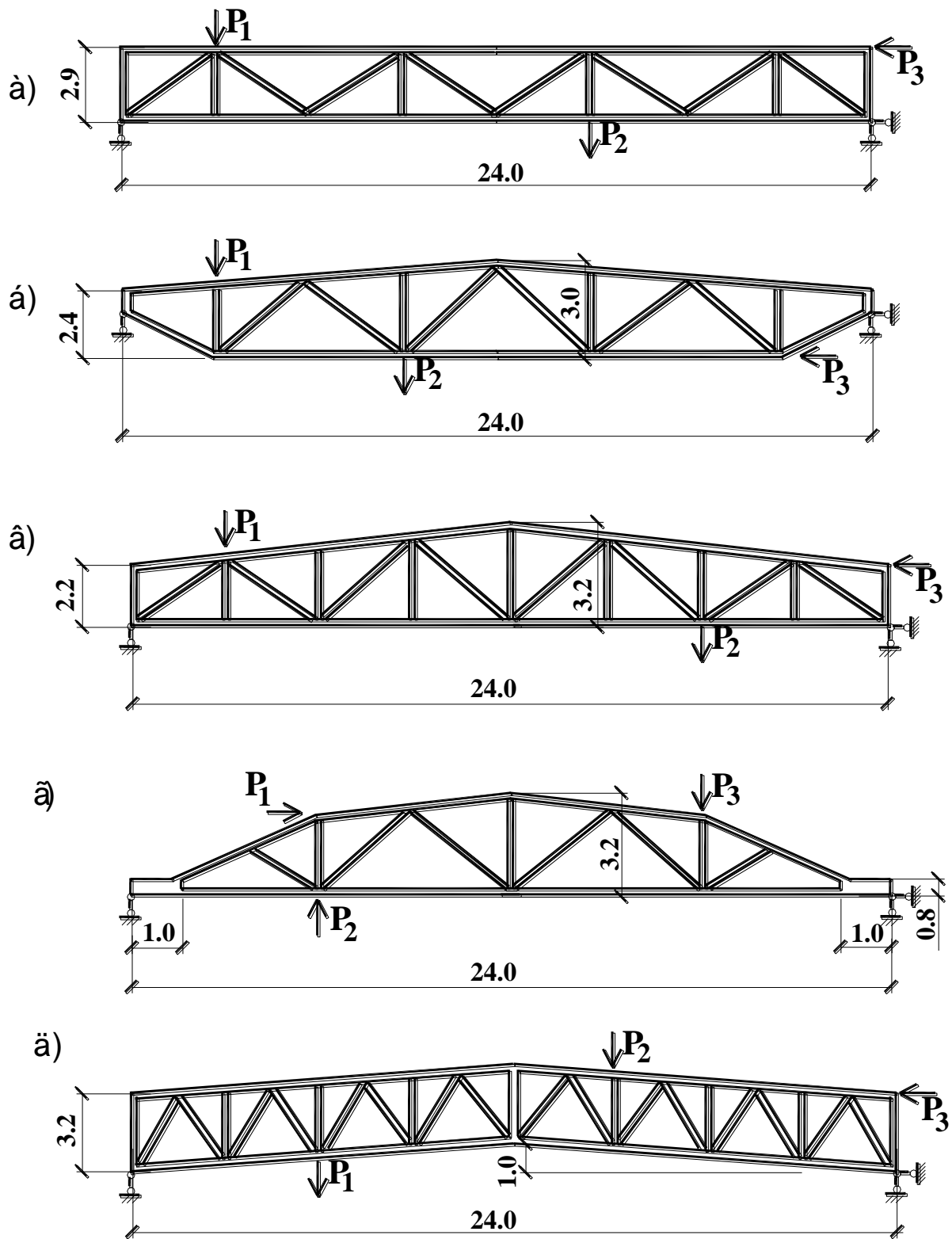


Рисунок 8.4 – Розрахункові схеми крокв'яних ферм покриття.

8.28. Визначити зусилля в стержнях ферми при дії сил $P_1=20$ т, $P_2=15$ т та $P_3=25$ т (рис. 8.5, а). Матеріал конструкцій – сталь з $E=2,1 \cdot 10^7$ т/м². Поперечні перетини ферми складаються: верхній пояс із $\perp 25$ ШТ1; нижній пояс із $\perp 20$ ШТ1; решітка із $\perp \perp 90 \times 7$ мм.

8.29. Визначити зусилля в стержнях ферми при дії сил $P_1=5$ т, $P_2=1$ т та $P_3=2,3$ т (рис. 8.5, б). Матеріал конструкцій – сталь з $E=2,1 \cdot 10^7$ т/м². Поперечні перетини ферми складаються: верхній пояс із $\perp \perp 140 \times 10$ мм; нижній пояс із $\perp \perp 100 \times 10$ мм; решітка із $\perp 125 \times 10$ мм.

8.30. Визначити зусилля в стержнях ферми при дії сил $P_1=14$ т, $P_2=25$ т та $P_3=13$ т (рис. 8.5, в). Матеріал конструкцій – сталь з $E=2,1 \cdot 10^7$ т/м². Поперечні перетини ферми складаються: верхній пояс із $\# 180 \times 6$ мм; нижній пояс із $\# 160 \times 6$ мм; решітка із $\# 80 \times 6$ мм.

8.31. Визначити зусилля в стержнях ферми при дії сил $P_1=2,1$ т, $P_2=1,5$ т та $P_3=10$ т (рис. 8.5, г). Матеріал конструкцій – сталь з $E=2,1 \cdot 10^7$ т/м². Поперечні перетини башти складаються: стійки із $\perp \perp 180 \times 11$ мм; розпірки із $\perp \perp 160 \times 10$ мм; решітка із $\perp 75 \times 6$ мм.

8.32. Визначити зусилля в стержнях ферми при дії сил $P_1=8$ т, $P_2=4$ т, $P_3=1$ т, $P_4=5$ т (рис. 8.5, д). Матеріал конструкцій – деревина з $E=1 \cdot 10^6$ т/м² і сталь з $E=2,1 \cdot 10^7$ т/м². Поперечні перетини ферми складаються: верхній пояс із круглої сталі $\Phi 150$ мм; нижній пояс із $\perp \perp 140 \times 10$ мм; решітка із бруска $B \times H=10 \times 15$ см.

8.33. Визначити зусилля в стержнях ферми при дії сил $P_1=6$ т, $P_2=18$ т та $P_3=6$ т (рис. 8.5, е). Матеріал конструкцій – сталь з $E=2,1 \cdot 10^7$ т/м². Поперечні перетини ферми складаються: верхній пояс із $\perp 60$ Ш1; нижній пояс із $\perp 26$ Б1; решітка із $\perp \perp 90 \times 7$ мм.

8.34. Визначити зусилля в стержнях ферми при дії сил $P_1=1,2$ т, $P_2=6,7$ т та $P_3=16,3$ т (рис. 8.5, ж). Матеріал конструкцій – сталь з $E=2,1 \cdot 10^7$ т/м². Поперечні перетини ферми складаються: верхній пояс із $\perp \perp 140 \times 10$ мм; нижній пояс із $\perp \perp 100 \times 10$ мм; решітка із $\perp 125 \times 10$ мм.

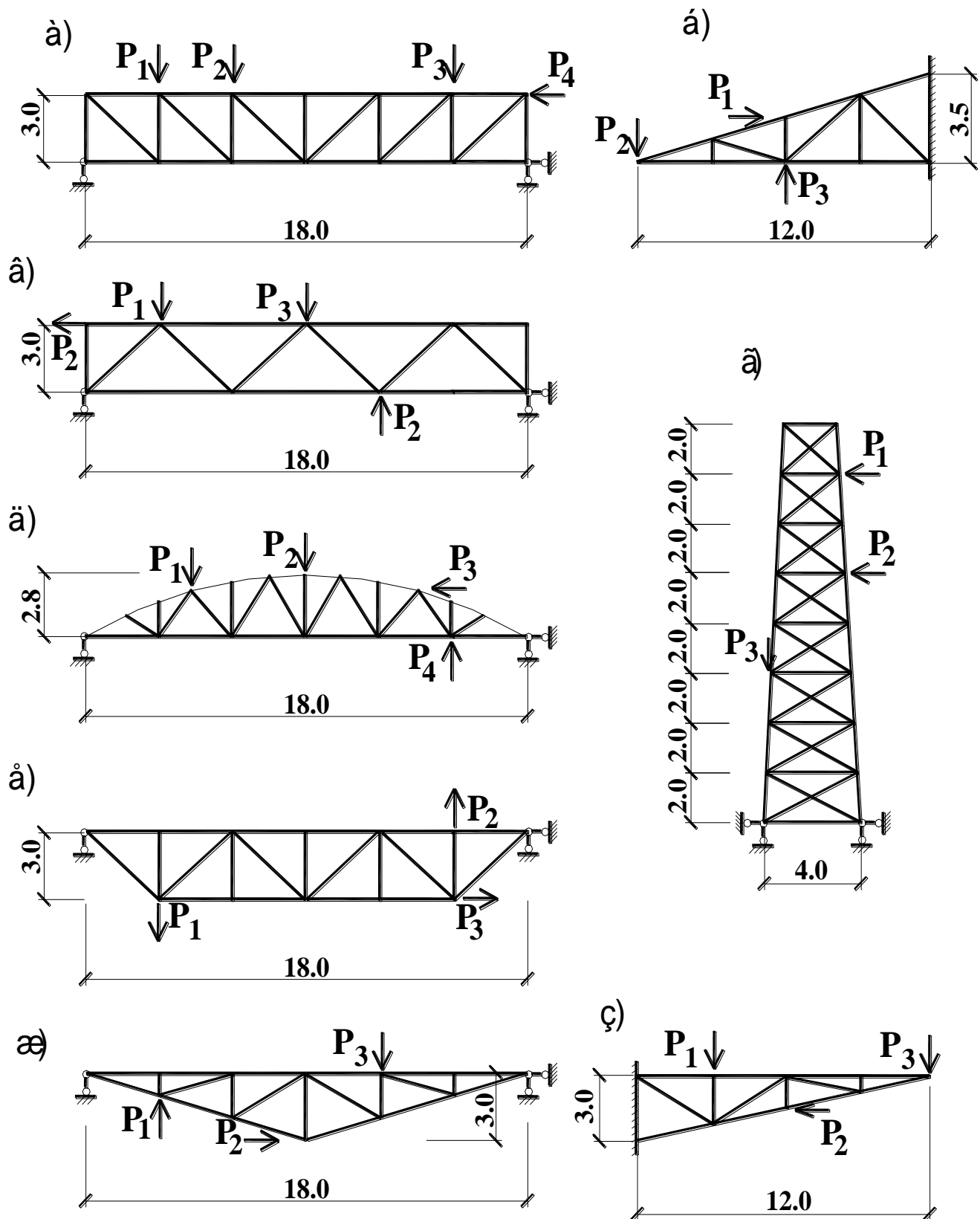


Рисунок 8.5 – Розрахункові схеми плоских шарнірно-стержневих систем.

8.35. Визначити зусилля в стержнях ферми при дії сил $P_1=10$ т, $P_2=3$ т та $P_3=6,5$ т (рис. 8.5, з). Матеріал конструкцій – сталь з $E=2,1 \cdot 10^7$ т/м². Поперечні перетини ферми складаються: верхній пояс із $\angle\angle 140 \times 9$ мм; нижній пояс із $\angle\angle 125 \times 9$ мм; решітка із $\angle\angle 75 \times 6$ мм.

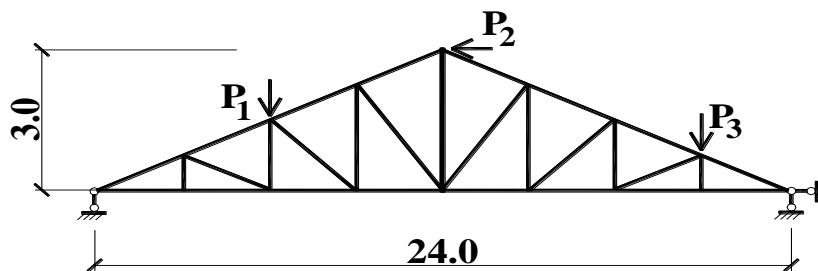
8.2 Приклад виконання контрольної роботи

До цього типу задач відносяться розкісні ферми покриття будівель і мостів, башти решітчатого типу та ін.

Задачі вирішуються по I признаку системи. Система розташовується в площині XOZ. Кожен вузол системи має 2 ступені волі: лінійні переміщення уздовж вісей X і Z.

В задачах використовуються кінцеві елементи типу I – шарнірні стержні плоскої системи.

Завдання. Визначити зусилля в стержнях ферми при дії сил $P_1=1,2$ т, $P_2=6,7$ т та $P_3=10,4$ т. Матеріал конструкцій – сталь з $E=2,1 \cdot 10^7$ т/м². Поперечні перетини ферми складаються: верхній пояс із $\angle\angle 125 \times 8$ мм; нижній пояс із $\angle\angle 100 \times 8$ мм; решітка із $\angle\angle 80 \times 6$ мм.



Приклад оформлення звіту по контрольній роботі.

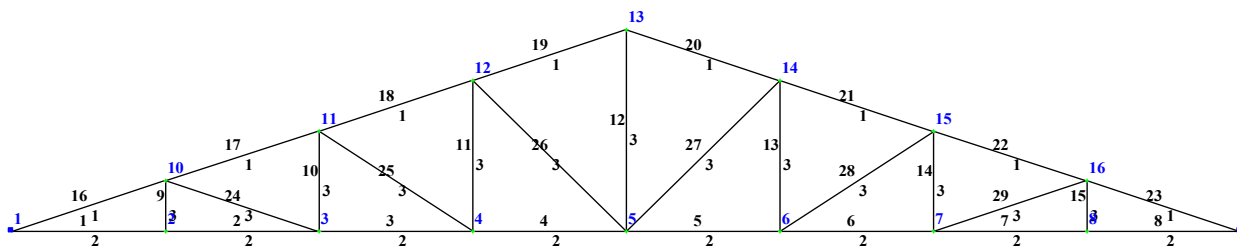


Рисунок 8.6 – Розрахункова схема ферми.

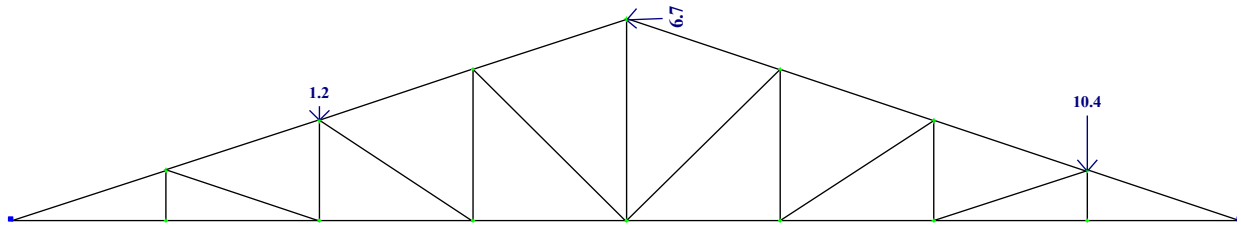


Рисунок 8.7 – Схема завантаження ферми.

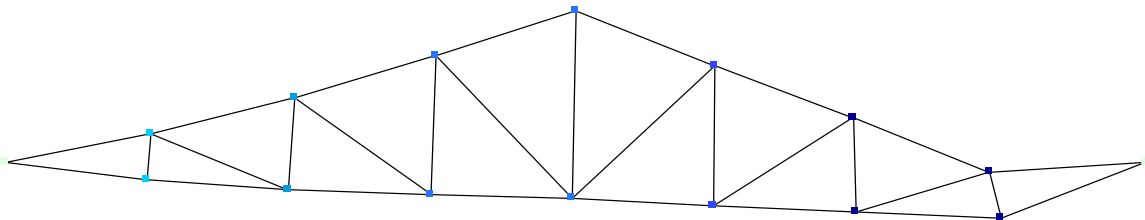


Рисунок 8.8 – Мозаїка переміщень вузлів ферми уздовж вісі Z.

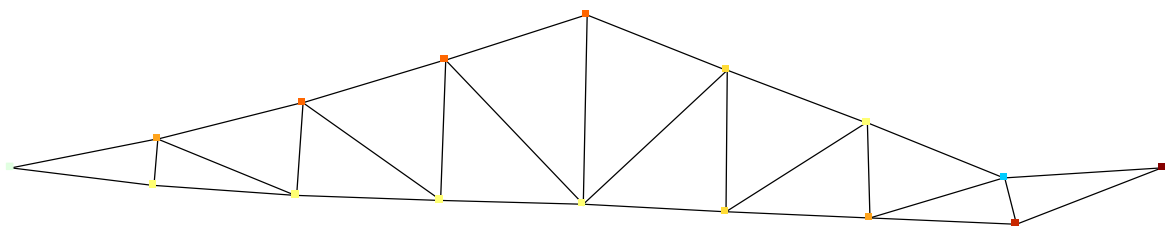
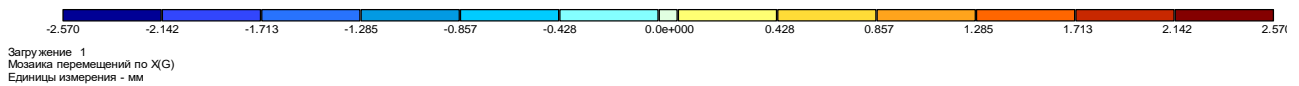


Рисунок 8.9 – Мозаїка переміщень вузлів ферми уздовж вісі X.

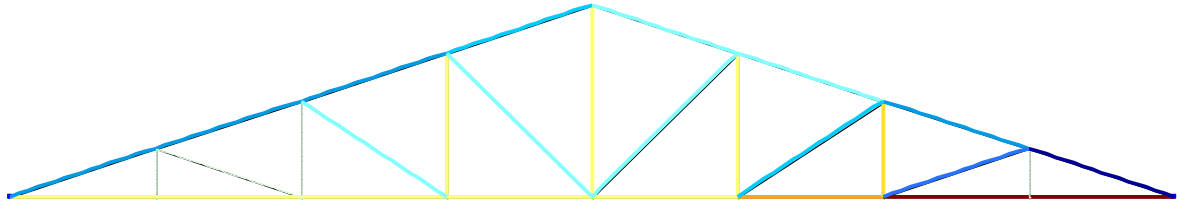
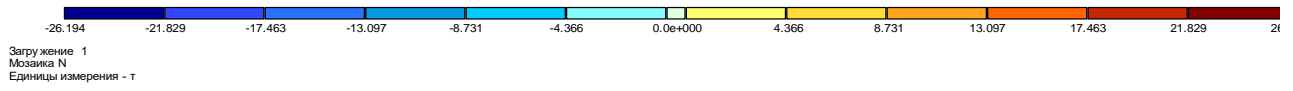


Рисунок 8.10 – Мозаїка поздовжніх сил N в елементах ферми.

Таблица 8.1 – Зусилля в элементах фермы

№ элем	№ сечен	N (т)	Тип элем	№ загрузж
1	1	3.250	10	1
1	2	3.250	10	1
2	1	3.250	10	1
2	2	3.250	10	1
3	1	3.250	10	1
3	2	3.250	10	1
4	1	2.050	10	1
4	2	2.050	10	1
5	1	4.050	10	1
5	2	4.050	10	1
6	1	9.250	10	1
6	2	9.250	10	1
7	1	24.850	10	1
7	2	24.850	10	1
8	1	24.850	10	1
8	2	24.850	10	1
9	1	0.000	10	1
9	2	0.000	10	1
10	1	0.000	10	1
10	2	0.000	10	1
11	1	0.800	10	1
11	2	0.800	10	1
12	1	3.200	10	1
12	2	3.200	10	1
13	1	3.467	10	1
13	2	3.467	10	1
14	1	5.200	10	1
14	2	5.200	10	1
15	1	0.000	10	1
15	2	0.000	10	1
16	1	-10.488	10	1

17	2	-10.488	10	1
18	1	-9.223	10	1
18	2	-9.223	10	1
19	1	-8.591	10	1
19	2	-8.591	10	1
20	1	-1.528	10	1
20	2	-1.528	10	1
21	1	-4.269	10	1
21	2	-4.269	10	1
22	1	-9.750	10	1
22	2	-9.750	10	1
23	1	-26.194	10	1
23	2	-26.194	10	1
24	1	0.000	10	1
24	2	0.000	10	1
25	1	-1.442	10	1
25	2	-1.442	10	1
26	1	-0.849	10	1
26	2	-0.849	10	1
27	1	-3.677	10	1
27	2	-3.677	10	1
28	1	-6.250	10	1
28	2	-6.250	10	1
29	1	-16.444	10	1
29	2	-16.444	10	1

9 КОНТРОЛЬНА РОБОТА №2 «РОЗРАХУНОК ПЛОСКО-НАПРУЖЕНИХ СИСТЕМ (БАЛОК-СТІНОК)»

9.1 Завдання для самостійного вирішення

9.1. Побудувати епюри зусиль N_x , N_z та τ_{xz} , які виникають в безкаркасній будівлі від дії сил $P_1=5$ т, $P_2=10$ т, $P_3=8$ т (рис. 9.1, а). Матеріал стін – керамзитобетон з $E=89 \cdot 10^4$ т/м², товщина стін $\delta=0,5$ м, $\mu=0,2$.

9.2. Побудувати епюри зусиль N_x , N_z та τ_{xz} , які виникають в безкаркасній будівлі від дії сил $P_1=3$ т, $P_2=6$ т, $P_3=9$ т (рис. 9.1, б). Матеріал стін – керамзитобетон з $E=84 \cdot 10^4$ т/м², товщина стін $\delta=0,6$ м, $\mu=0,2$.

9.3. Побудувати епюри зусиль N_x , N_z та τ_{xz} , які виникають в безкаркасній будівлі від дії сил $P_1=5$ т, $P_2=8$ т, $P_3=3$ т (рис. 9.1, в). Матеріал стін – залізобетон з $E=20 \cdot 10^5$ т/м², товщина стін $\delta=0,45$ м, $\mu=0,2$.

9.4. Побудувати епюри зусиль N_x , N_z та τ_{xz} , які виникають в безкаркасній будівлі від дії сил $P_1=4,8$ т, $P_2=5,3$ т, $P_3=0,09$ т (рис. 9.1, г). Матеріал стін – керамзитобетон з $E=88 \cdot 10^4$ т/м², товщина стін $\delta=0,35$ м, $\mu=0,2$.

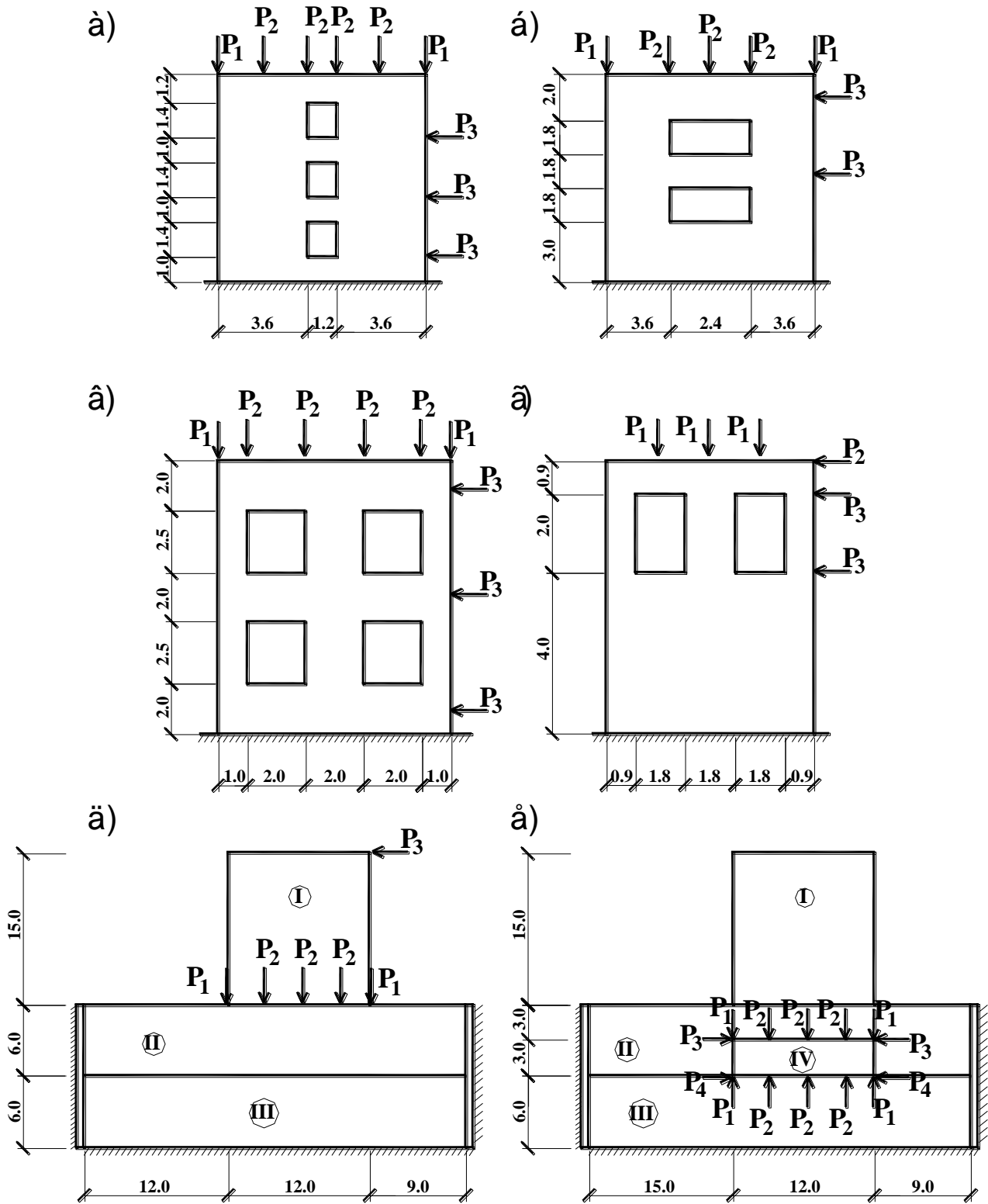


Рисунок 9.1 – Розрахункові схеми плоско-напружених систем.

9.5. Побудувати епюри зусиль N_x , N_z та τ_{xz} , які виникають в безкаркасній будівлі від дії сил $P_1=20$ т, $P_2=40$ т, $P_3=3$ т (рис. 9.1, д). Матеріал стін – керамзитобетон з $E_1=87 \cdot 10^4$ т/м², товщина стін $\delta_1=0,4$ м, $\mu=0,2$. Грунт – суглинок з $E_2=600$ т/м², $E_3=1000$ т/м², товщиною 1 м, $\mu=0,35$.

9.6. Побудувати епюри зусиль N_x , N_z та τ_{xz} , які виникають в безкаркасній будівлі від дії сил $P_1=3,6$ т, $P_2=7,2$ т, $P_3=1,3$ т, $P_4=2$ т (рис. 9.1, е). Матеріал стін – керамзитобетон з $E_1=85 \cdot 10^4$ т/м², товщина стін $\delta_1=0,4$ м, $\mu=0,2$. Грунт – суглинок з $E_2=700$ т/м², $E_3=1400$ т/м², $E_4=400$ т/м², товщиною 1,5 м, $\mu=0,35$.

9.7. Побудувати епюри зусиль N_x , N_z та τ_{xz} , які виникають в ґрунтовому масиві від дії сил $P_1=40$ т, $P_2=12$ т, $P_3=8$ т, $P_4=5$ т (рис. 9.2, а). Грунт – суглинок з $E_1=1000$ т/м², $E_2=500$ т/м², $E_3=300$ т/м², $E_4=2000$ т/м² товщиною 1,5 м, $\mu=0,35$.

9.8. Побудувати епюри зусиль N_x , N_z та τ_{xz} , які виникають в ґрунтовому масиві від дії сил $P_1=10$ т, $P_2=2$ т, $P_3=1,6$ т, $P_4=1$ т (рис. 9.2, б). Грунт – суглинок з $E_1=1000$ т/м², $E_2=700$ т/м², $E_3=400$ т/м², $E_4=3500$ т/м² товщиною 1,2 м, $\mu=0,35$.

9.9. Побудувати епюри зусиль N_x , N_z та τ_{xz} , які виникають в ґрунтовому масиві від дії сил $P_1=20$ т, $P_2=7$ т, $P_3=5$ т, $P_4=1$ т (рис. 9.2, в). Грунт – суглинок з $E_1=1200$ т/м², $E_2=700$ т/м², $E_3=500$ т/м², $E_4=3000$ т/м² товщиною 0,95 м, $\mu=0,35$.

9.10. Побудувати епюри зусиль N_x , N_z та τ_{xz} , які виникають в ґрунтовому масиві від дії сил $P_1=12$ т, $P_2=1,6$ т, $P_3=1,2$ т, $P_4=0,8$ т (рис. 9.2, г). Грунт – суглинок з $E_1=1200$ т/м², $E_2=800$ т/м², $E_3=500$ т/м², $E_4=4000$ т/м² товщиною 1,2 м, $\mu=0,3$.

9.11. Побудувати епюри зусиль N_x , N_z та τ_{xz} , які виникають в ґрунтовому масиві від дії сил $P_1=20$ т, $P_2=5$ т, $P_3=3$ т, $P_4=1$ т (рис. 9.2, д). Грунт – суглинок з $E_1=1100$ т/м², $E_2=600$ т/м², $E_3=300$ т/м², $E_4=3500$ т/м² товщиною 1 м, $\mu=0,35$.

9.12. Побудувати епюри зусиль N_x , N_z та τ_{xz} , які виникають в ґрунтовому масиві від дії сил $P_1=40$ т, $P_2=7,5$ т, $P_3=5$ т, $P_4=2,5$ т (рис. 9.2, е). Ґрунт– суглинок з $E_1=1000$ т/м², $E_2=600$ т/м², $E_3=450$ т/м², $E_4=3000$ т/м² товщиною 1,5 м, $\mu=0,35$.

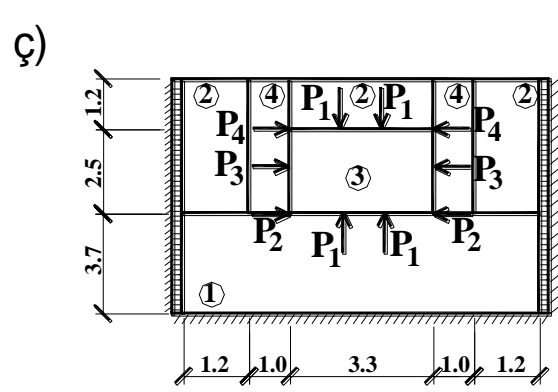
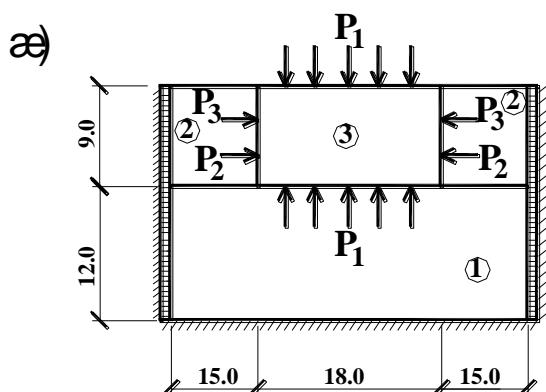
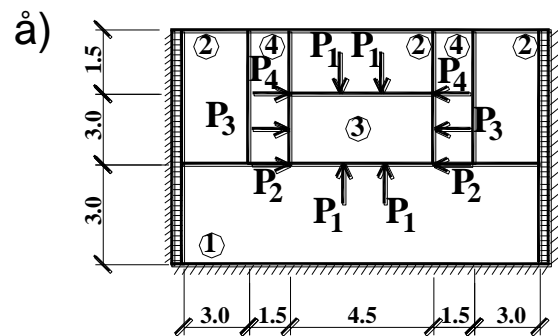
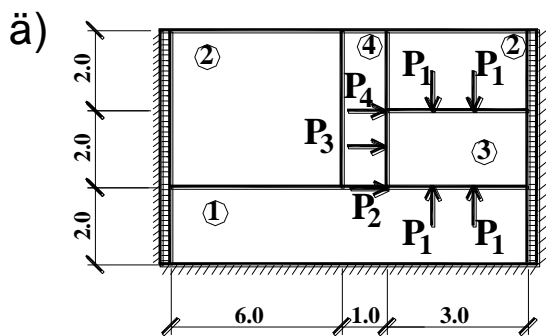
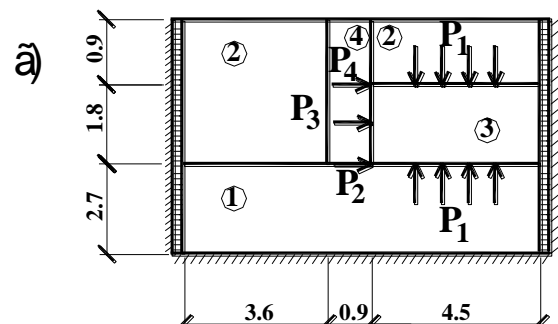
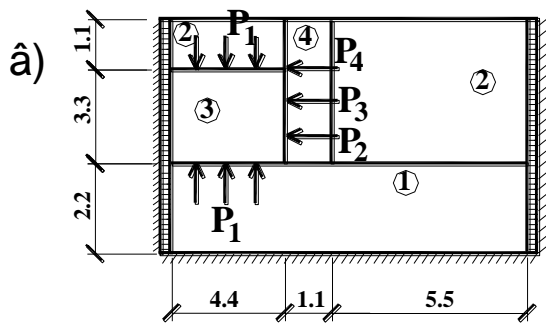
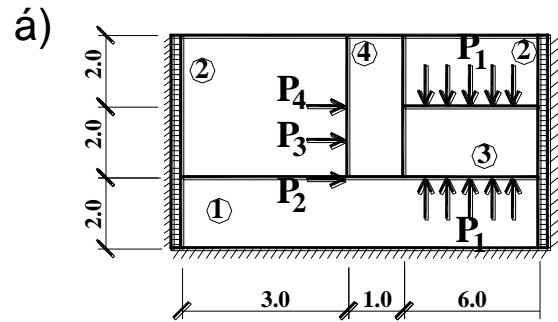
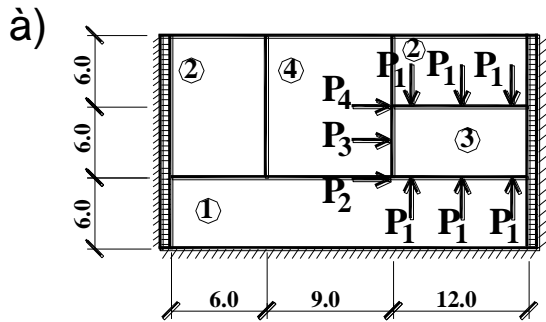


Рисунок 9.2 – Розрахункові схеми ґрунтової основи будівель.

9.13. Побудувати епюри зусиль N_x , N_z та τ_{xz} , які виникають в ґрунтовому масиві від дії сил $P_1=12$ т, $P_2=4$ т, $P_3=2$ т, $P_4=2,5$ т (рис. 9.2, ж). Ґрунт – супісь з $E_1=900$ т/м², $E_2=600$ т/м², $E_3=1700$ т/м² товщиною 1 м, $\mu=0,3$.

9.14. Побудувати епюри зусиль N_x , N_z та τ_{xz} , які виникають в ґрунтовому масиві від дії сил $P_1=20$ т, $P_2=4,8$ т, $P_3=3,6$ т, $P_4=2$ т (рис. 9.2, з). Ґрунт– суглинок з $E_1=950$ т/м², $E_2=680$ т/м², $E_3=450$ т/м², $E_4=2500$ т/м² товщиною 0,95 м, $\mu=0,35$.

9.15. Побудувати епюри зусиль N_x , N_z та τ_{xz} , які виникають в стіновій панелі від дії сил $P_1=1$ т, $P_2=2$ т, $P_3=3$ т, $P_4=0,5$ т (рис. 9.3, а). Матеріал панелі – керамзитобетон з $E=87 \cdot 10^4$ т/м², товщиною 0,4 м, $\mu=0,2$.

9.16. Побудувати епюри зусиль N_x , N_z та τ_{xz} , які виникають в стіновій панелі від дії сил $P_1=1,1$ т, $P_2=0,5$ т, $P_3=0,6$ т (рис. 9.3, б). Матеріал панелі – керамзитобетон з $E=145 \cdot 10^4$ т/м², товщиною 0,4 м, $\mu=0,2$.

9.17. Побудувати епюри зусиль N_x , N_z та τ_{xz} , які виникають в стіновій панелі від дії сил $P_1=0,8$ т, $P_2=1,4$ т, $P_3=0,4$ т, $P_4=0,9$ т (рис. 9.3, в). Матеріал панелі – перлітобетон з $E=11 \cdot 10^5$ т/м², товщиною 0,4 м, $\mu=0,2$.

9.18. Побудувати епюри зусиль N_x , N_z та τ_{xz} , які виникають в стіновій панелі від дії сил $P_1=0,9$ т, $P_2=1,1$ т, $P_3=1$ т (рис. 9.3, г). Матеріал панелі – залізобетон з $E=22,5 \cdot 10^5$ т/м², товщиною 0,3 м, $\mu=0,2$.

9.19. Побудувати епюри зусиль N_x , N_z та τ_{xz} , які виникають в стіновій панелі від дії сил $P_1=4,2$ т, $P_2=1,2$ т, $P_3=2$ т, $P_4=4$ т (рис. 9.3, д). Матеріал панелі – залізобетон з $E=26,5 \cdot 10^5$ т/м², товщиною 0,4 м, $\mu=0,2$.

9.20. Побудувати епюри зусиль N_x , N_z та τ_{xz} , які виникають в стіновій панелі від дії сил $P_1=0,8$ т, $P_2=0,9$ т, $P_3=1$ т (рис. 9.3, е). Матеріал панелі – керамзитобетон з $E=14,7 \cdot 10^5$ т/м², товщиною 0,4 м, $\mu=0,2$.

9.21. Побудувати епюри зусиль N_x , N_z та τ_{xz} , які виникають в стіновій панелі від дії сил $P_1=0,5$ т, $P_2=0,4$ т, $P_3=0,3$ т (рис. 9.3, ж). Матеріал панелі – залізобетон з $E=21,5 \cdot 10^5$ т/м², товщиною 0,4 м, $\mu=0,2$.

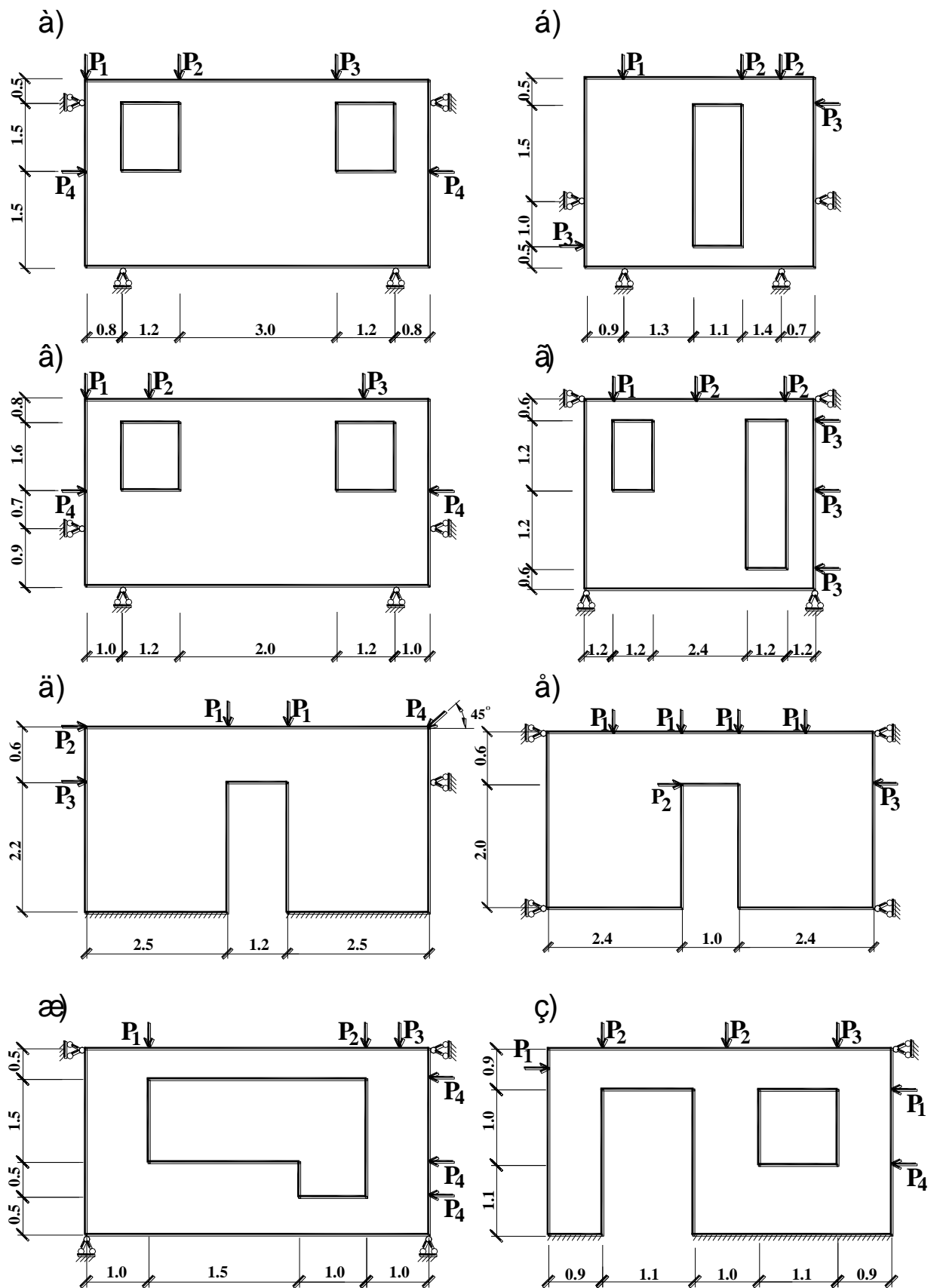


Рисунок 9.3 – Розрахункові схеми стінових панелей.

9.22. Побудувати епюри зусиль N_x , N_z та τ_{xz} , які виникають в стіновій панелі від дії сил $P_1=0,5$ т, $P_2=1$ т, $P_3=1,2$ т, $P_4=1,1$ т (рис. 9.3, з). Матеріал панелі – залізобетон з $E=22,5 \cdot 10^5$ т/м², товщиною 0,3 м, $\mu=0,2$.

9.23. Побудувати епюри зусиль N_x , N_z та τ_{xz} , які виникають в пластині від дії сил $P_1=0,03$ т, $P_2=0,04$ т, $P_3=0,05$ т, $P_4=0,02$ т (рис. 9.4, а). Матеріал – сталь з $E=2,1 \cdot 10^7$ т/м², товщиною 0,02 м, $\mu=0,2$.

9.24. Побудувати епюри зусиль N_x , N_z та τ_{xz} , які виникають в пластині від дії сил $P_1=0,03$ т, $P_2=0,05$ т, $P_3=0,045$ т, $P_4=0,1$ т (рис. 9.4, б). Матеріал – сталь з $E=2,1 \cdot 10^7$ т/м², товщиною 0,03 м, $\mu=0,2$.

9.25. Побудувати епюри зусиль N_x , N_z та τ_{xz} , які виникають в стіновій панелі від дії сил $P_1=0,8$ т, $P_2=1,1$ т, $P_3=0,5$ т (рис. 9.4, в). Матеріал панелі – залізобетон з $E=26,5 \cdot 10^5$ т/м², товщиною 0,35 м, $\mu=0,2$.

9.26. Побудувати епюри зусиль N_x , N_z та τ_{xz} , які виникають в стіновій панелі від дії сил $P_1=0,9$ т, $P_2=0,8$ т, $P_3=1,4$ т, $P_4=1$ т (рис. 9.4, г). Матеріал панелі – залізобетон з $E=25,5 \cdot 10^5$ т/м², товщиною 0,35 м, $\mu=0,2$.

9.27. Побудувати епюри зусиль N_x , N_z та τ_{xz} , які виникають в стіновій панелі від дії сил $P_1=0,95$ т, $P_2=1,1$ т, $P_3=0,8$ т (рис. 9.4, д). Матеріал панелі – залізобетон з $E=26,5 \cdot 10^5$ т/м², товщиною 0,35 м, $\mu=0,2$.

9.28. Побудувати епюри зусиль N_x , N_z та τ_{xz} , які виникають в стіновій панелі від дії сил $P_1=0,4$ т, $P_2=0,7$ т, $P_3=0,95$ т, $P_4=1,2$ т (рис. 9.4, е). Матеріал панелі – залізобетон з $E=25 \cdot 10^5$ т/м², товщиною 0,4 м, $\mu=0,2$.

9.29. Побудувати епюри зусиль N_x , N_z та τ_{xz} , які виникають в ґрунтовому масиві від дії сил $P_1=15$ т, $P_2=2$ т, $P_3=1$ т, $P_4=0,5$ т (рис. 9.4, ж). Ґрунт – суглинок з $E_1=1100$ т/м², $E_2=450$ т/м², $E_3=650$ т/м², $E_4=3800$ т/м² товщиною 1,1 м, $\mu=0,35$.

9.30. Побудувати епюри зусиль N_x , N_z та τ_{xz} , які виникають в ґрунтовому масиві від дії сил $P_1=25$ т, $P_2=5$ т, $P_3=3$ т, $P_4=1$ т (рис. 9.4, з). Ґрунт – суглинок з $E_1=920$ т/м², $E_2=500$ т/м², $E_3=680$ т/м², $E_4=1700$ т/м² товщиною 0,85 м, $\mu=0,35$.

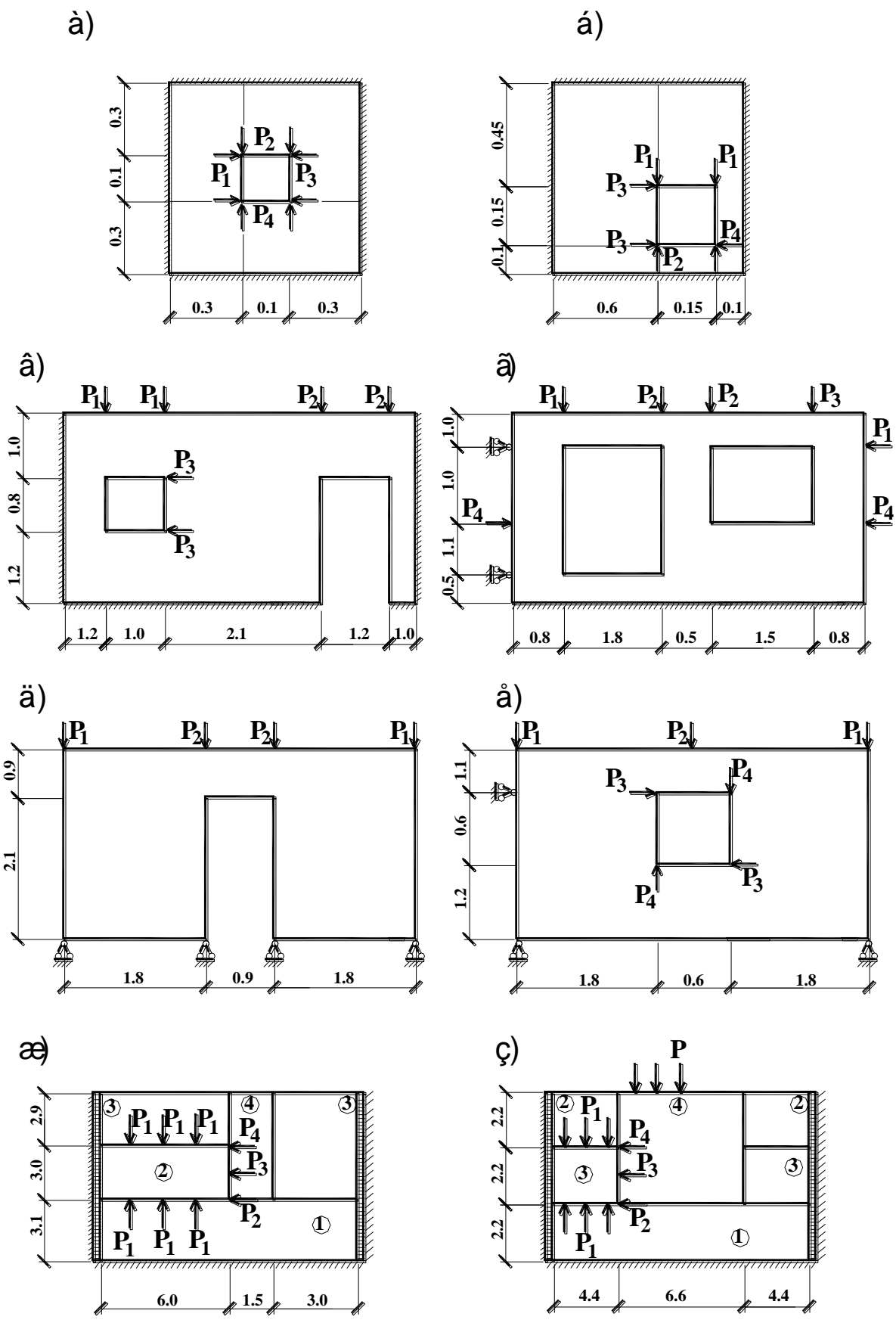


Рисунок 9.4 – До розрахунку плоских напружених систем.

9.31. Побудувати епюри зусиль N_x , N_z та τ_{xz} , які виникають в безкаркасній будівлі від дії сил $P_1=18$ т, $P_2=3$ т, $P_3=1,2$ т (рис. 9.5, а). Матеріал стін – керамзитобетон з $E=9 \cdot 10^5$ т/м², товщина стін $\delta=0,5$ м, $\mu=0,2$.

9.32. Побудувати епюри зусиль N_x , N_z та τ_{xz} , які виникають в безкаркасній будівлі від дії сил $P_1=8$ т, $P_2=4$ т, $P_3=5$ т (рис. 9.5, б). Матеріал стін – керамзитобетон з $E=6 \cdot 10^5$ т/м², товщина стін $\delta=0,6$ м, $\mu=0,2$.

9.33. Побудувати епюри зусиль N_x , N_z та τ_{xz} , які виникають в безкаркасній будівлі від дії сил $P_1=18$ т, $P_2=4$ т (рис. 9.5, в). Матеріал стін – керамзитобетон з $E_1=8,6 \cdot 10^5$ т/м², товщина стін $\delta=0,5$ м, $\mu=0,2$. Грунт – супісь з $E_2=380$ т/м², $E_3=720$ т/м², $E_4=920$ т/м², товщиною 1,1 м, $\mu=0,3$.

9.34. Побудувати епюри зусиль N_x , N_z та τ_{xz} , які виникають в безкаркасній будівлі від дії сил $P_1=12$ т, $P_2=2,4$ т, $P_3=1,8$ т (рис. 9.5, г). Матеріал стін – керамзитобетон з $E_1=9 \cdot 10^5$ т/м², товщина стін $\delta=0,35$ м, $\mu=0,2$. Грунт – суглинок з $E_2=1500$ т/м², $E_3=680$ т/м², $E_4=420$ т/м², $E_5=1100$ т/м², товщиною 0,9 м, $\mu=0,35$.

9.35. Побудувати епюри зусиль N_x , N_z та τ_{xz} , які виникають в безкаркасній будівлі від дії сил $P_1=16$ т, $P_2=11$ т, $P_3=0,8$ т, $P_4=1,2$ т (рис. 9.5, д). Матеріал стін – перлітобетон з $E=7 \cdot 10^5$ т/м², товщина стін $\delta=0,45$ м, $\mu=0,2$.

9.2 Приклад виконання контрольної роботи

До цього типу задач відносяться плоско-напружені системи стінових панелей, ґрунтових масивів сумісно з просідаючими основами, безкаркасні будівлі, системи «будівля - основа» та ін.

Такі задачі вирішуються по I признаку системи. Система розташовується в площині XOZ, і кожен вузол системи має дві ступені волі: лінійні переміщення уздовж вісей X і Z.

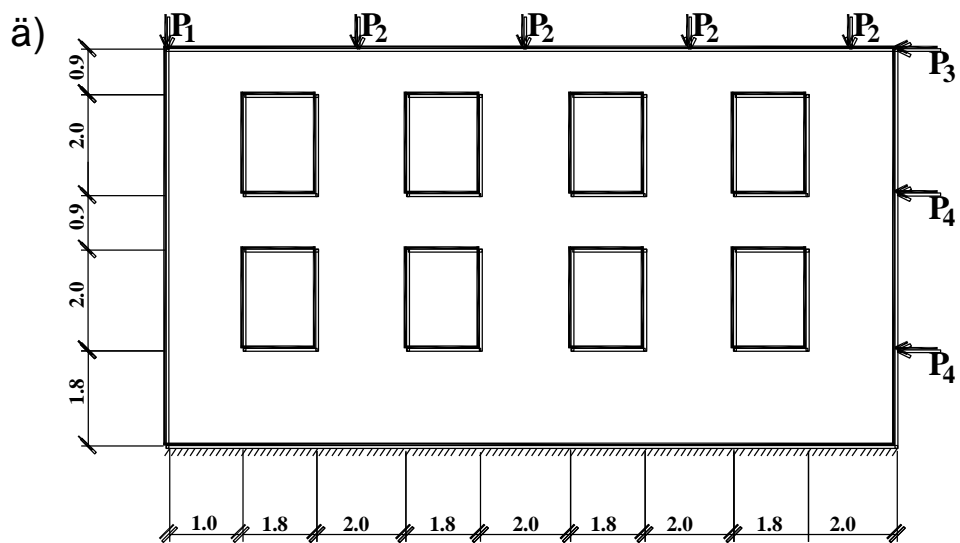
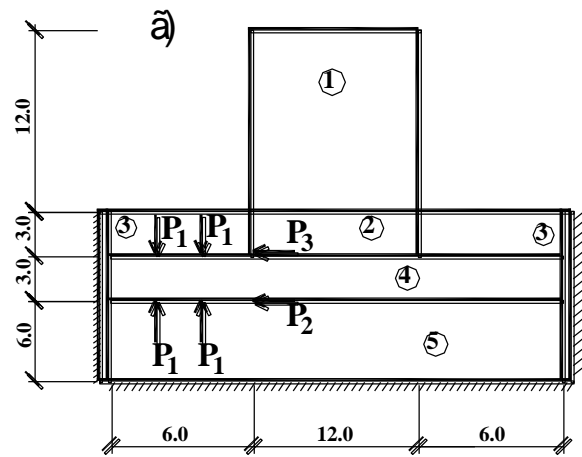
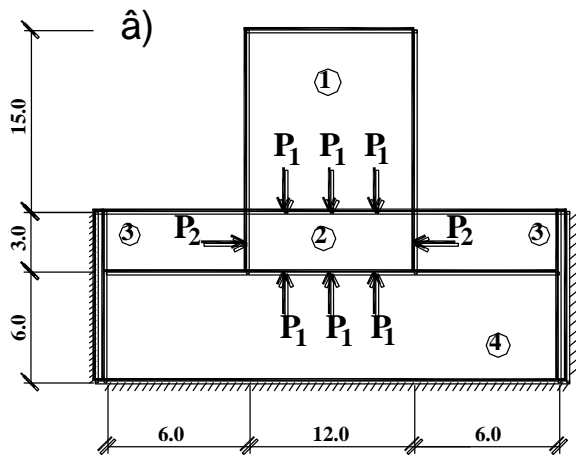
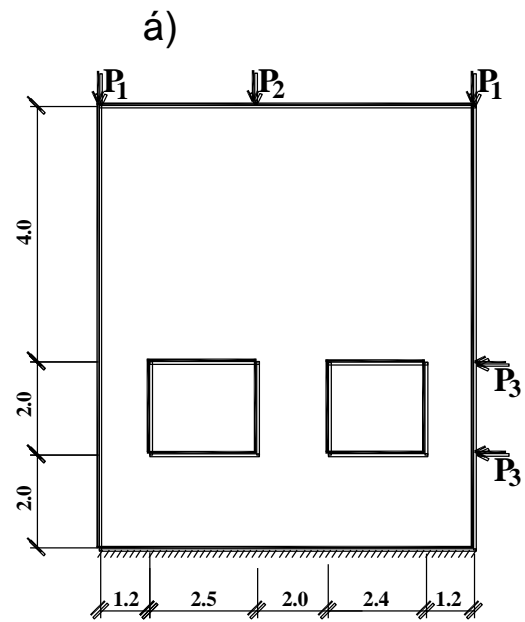
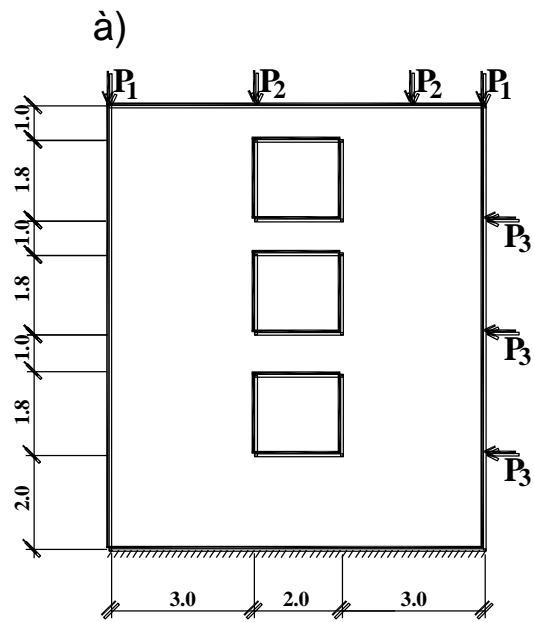


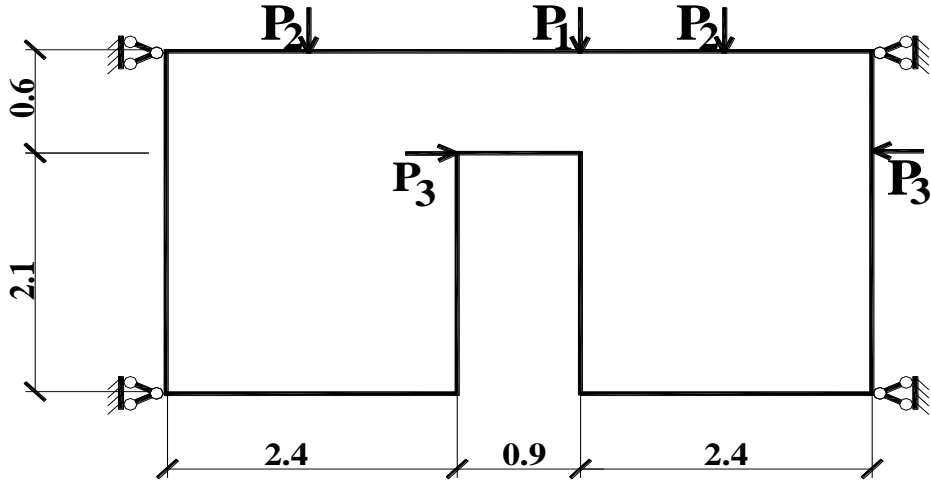
Рисунок 9.5 – До розрахунку плоских систем будівель.

Способи розбивки системи на кінцеві елементи та густина сітки залежать від умов конкретної задачі, тому рекомендації щодо розбивки мають загальний та умовний характер. Занадто рідка сітка може призвести до неприйнятно грубого приближення, у той же час невиправдано густа сітка може призвести до тривалого часу розрахунку чи до поганої обумовленості матриці канонічних рівнянь. На обумовленість матриці впливає також велика відмінність сторін кінцевих елементів, тому слід віддавати перевагу рівностороннім елементам. Якщо дотримання цієї умови неможливе, то розбивку системи на кінцеві елементи слід робити таким чином, щоб відношення сторін елементів не перевищувало 1,5:1.

В задачах такого типу використовуються елементи типу 21 – прямокутний кінцевий елемент плоско-напруженої системи, також може застосовуватись елемент типу 22 – трикутний кінцевий елемент плоско-напруженої системи.

В «Жорсткісних характеристиках» для різних видів елементів системи необхідно задавати три параметра: модуль деформації E (т/м²); коефіцієнт Пуассона μ , а також товщину елементів δ в м.

Завдання. Побудувати епюри зусиль N_x , N_z та τ_{xz} , які виникають в стіновій панелі від дії сил $P_1=1,5$ т, $P_2=1,8$ т, $P_3=2,6$ т. Матеріал панелі – керамзитобетон з $E=9 \cdot 10^5$ т/м², товщиною 0,4 м, $\mu=0,2$.



Приклад оформлення звіту по контрольній роботі.

Загружение 1

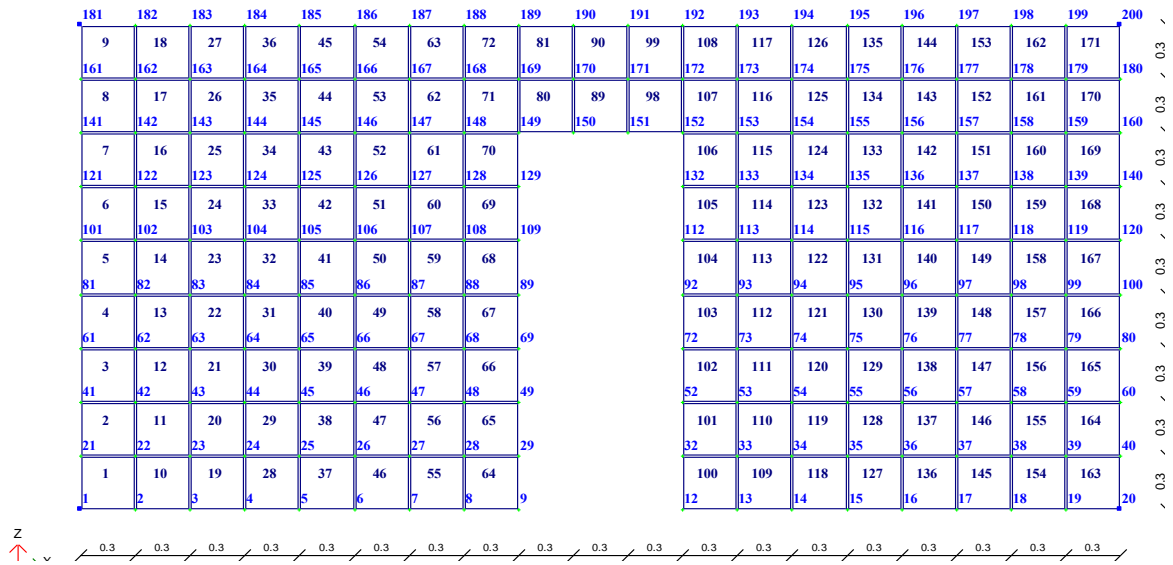


Рисунок 9.6 – Розрахункова схема панелі.

Загружение 1

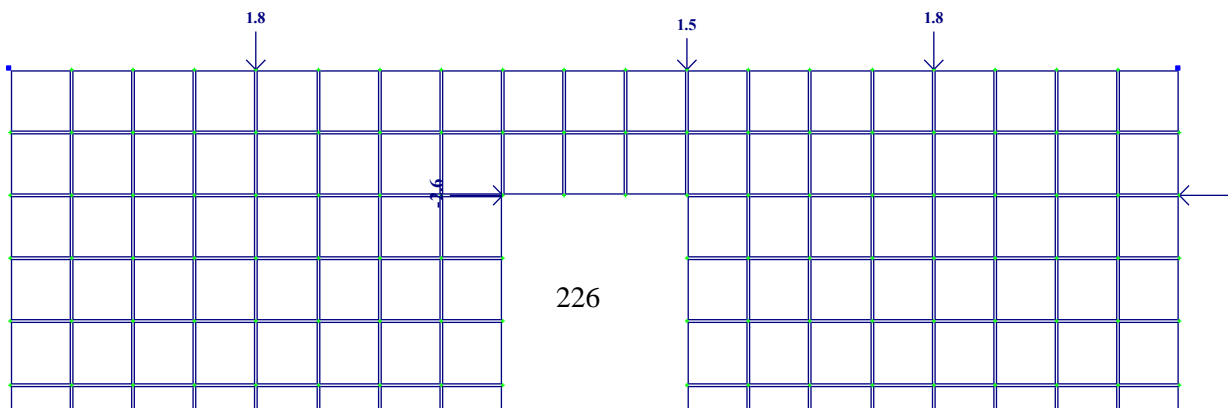


Рисунок 9.7 – Схема завантаження панелі.

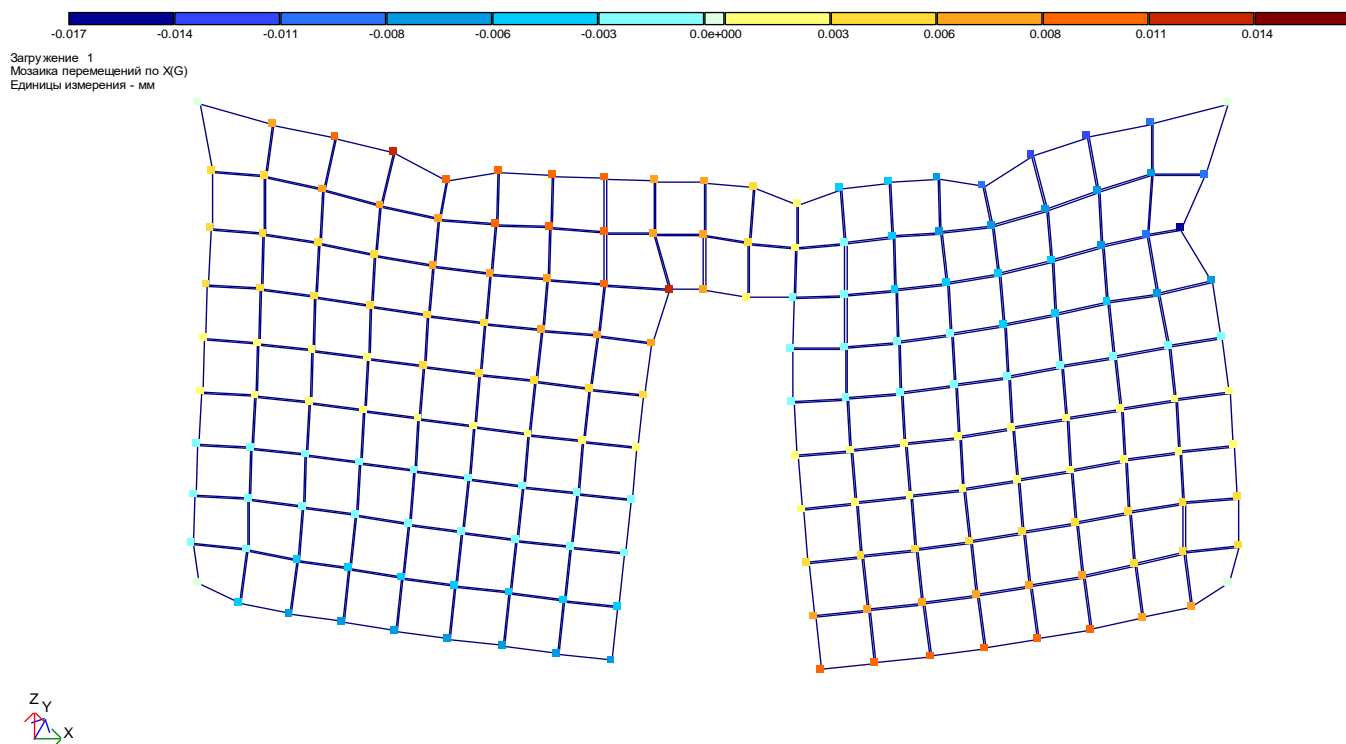


Рисунок 9.8 – Мозаїка переміщень вузлів панелі уздовж вісі X.

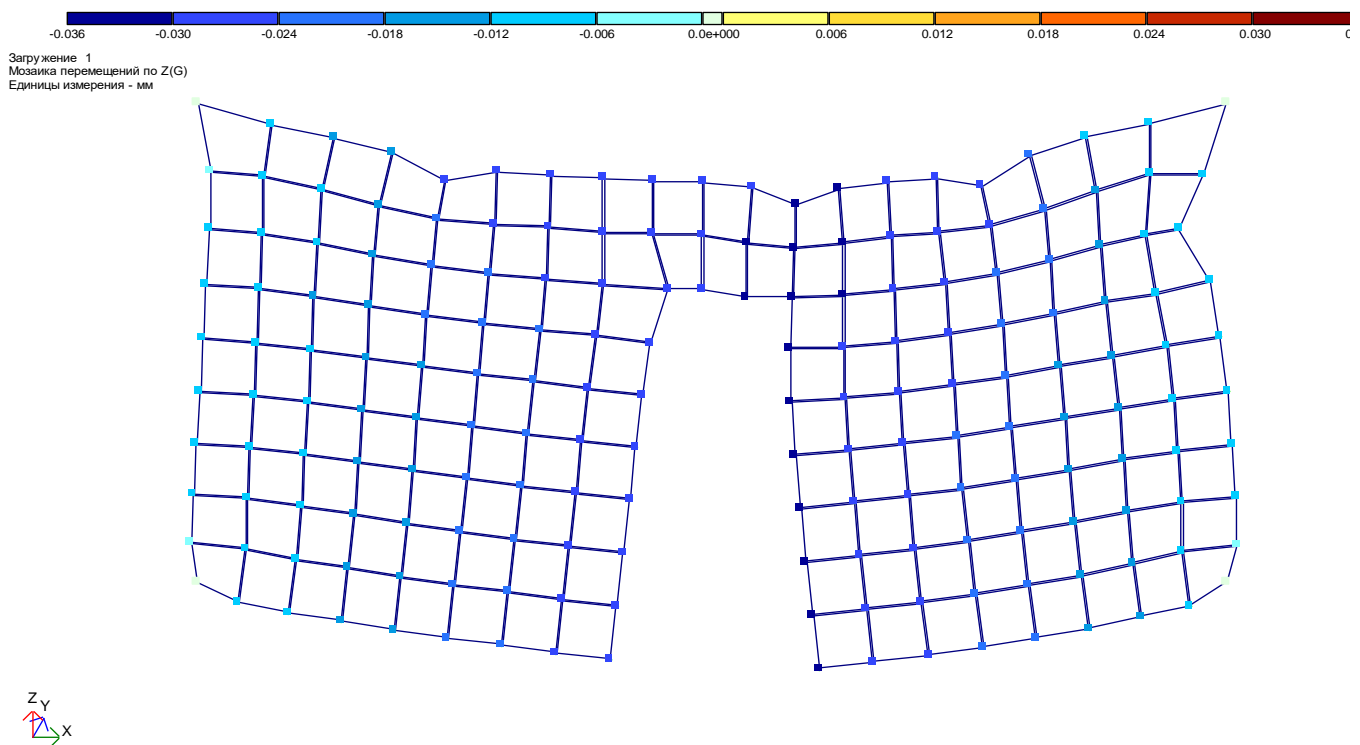


Рисунок 9.9 – Мозаїка переміщень вузлів панелі уздовж вісі Z.

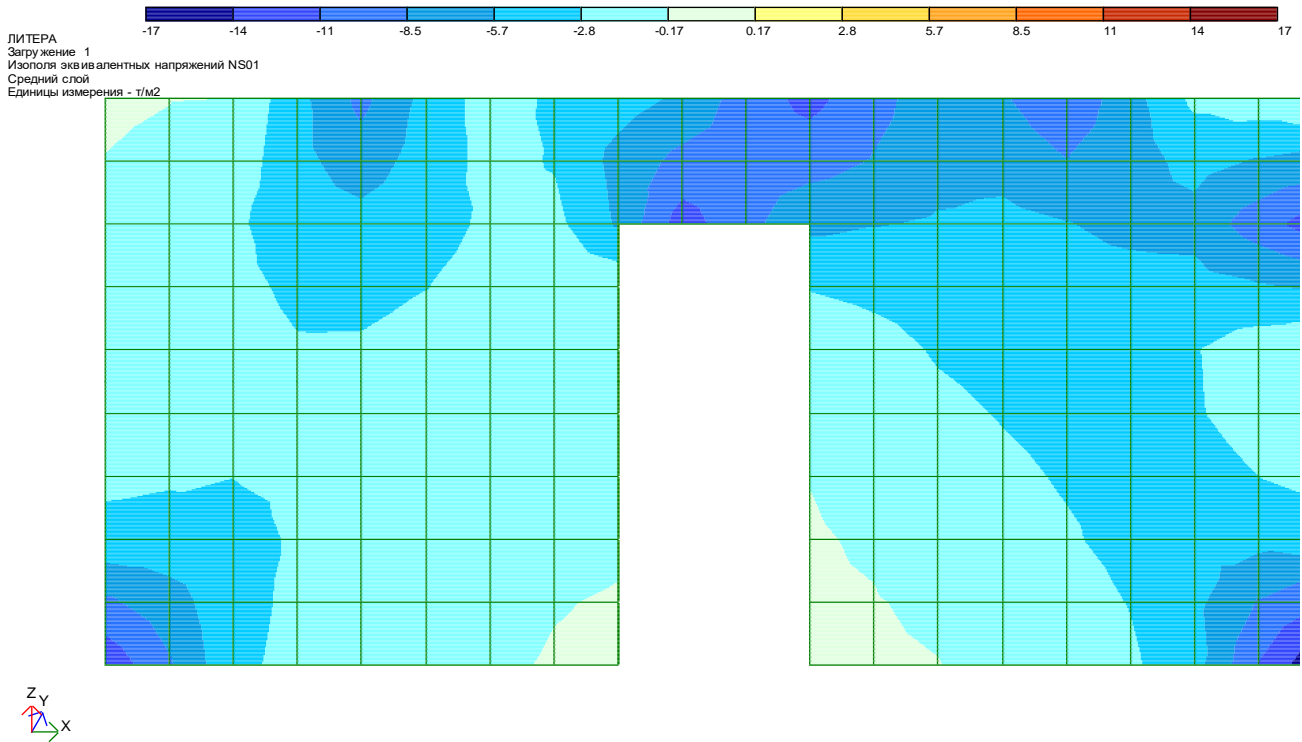


Рисунок 9.10 – Изополю головных стискающих напряжений в элементах панели.

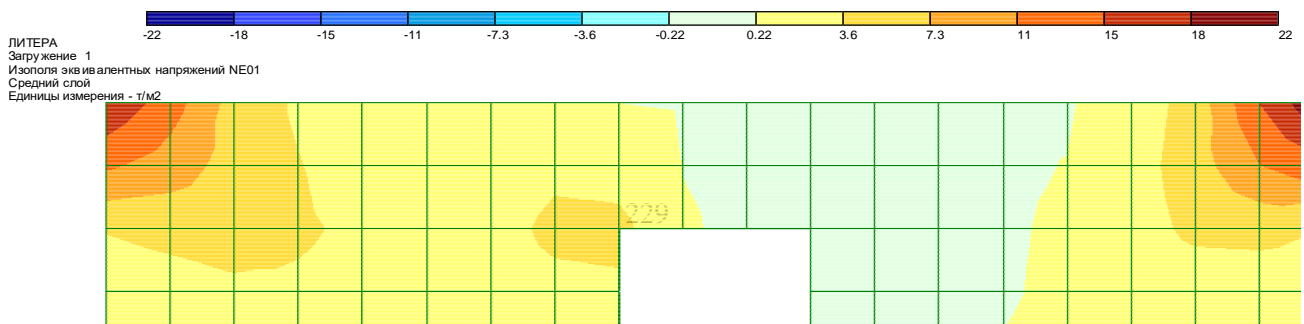


Рисунок 9.11 – Ізополя головних розтягуючих напружень в елементах панелі.

10 КОНТРОЛЬНА РОБОТА №3 «РОЗРАХУНОК ПЛОСКИХ РАМНИХ СИСТЕМ»

10.1 Завдання для самостійного вирішення

10.1. Побудувати епюри згинальних моментів M_y для елементів рами (рис. 10.1, а) при наступних завантаженнях: перше – $D_1=1,8$ т, $D_2=3,6$ т, $p_2=1,6$ т/м; друге – $p_1=1$ т/м, $p_3=0,9$ т/м, $p_4=0,6$ т/м, $M_1=0,6$ тм; третє – $T_1=0,7$ т, $T_2=0,5$ т, $T_3=4,5$ т, $M_2=5,4$ тм; четверте – $\tau_n=45^\circ$. Матеріал конструкцій – залізобетон з $E=25 \cdot 10^5$ т/м². Поперечні перетини: балки – $B=40$ см; колонна

крайня: н. частина - $V \times H = 40 \times 60$ см, в. частина - $V \times H = 40 \times 40$ см;
 середня колонна : н. частина - $V \times H = 40 \times 90$ см, в. частина - $V \times H = 40 \times 50$ см.

10.2. Побудувати епюри згинальних моментів M_y для елементів рами (рис. 10.1, б) при наступних завантаженнях: перше - $D_1 = 4,2$ т, $D_2 = 2$ т, $p_1 = 1,8$ т/м, $p_2 = 2,3$ т/м; друге - $M_1 = 1,1$ тм, $M_2 = 1,5$ тм, $p_3 = 0,8$ т/м, $p_4 = 1$ т/м; третє - $T_1 = 0,8$ т, $T_2 = 0,5$ т; четверте - $\tau_{II} = 60^\circ$. Матеріал конструкцій - залізобетон з $E = 25 \cdot 10^5$ т/м². Поперечні перетини: балок - $V = 40$ см; колонна крайня: н. частина - $V \times H = 40 \times 50$ см, в. частина - $V \times H = 40 \times 38$ см; середня колонна : н. частина - $V \times H = 40 \times 80$ см, в. частина - $V \times H = 40 \times 60$ см.

10.3. Побудувати епюри згинальних моментів M_y для елементів рами (рис. 10.1, в) при наступних завантаженнях: перше - $D_1 = 6$ т, $D_2 = 3$ т, $p_1 = 3$ т/м, $p_2 = 1,1$ т/м; друге - $M_1 = 1,6$ тм, $M_2 = 2,5$ тм; третє - $T_1 = 7,2$ т; четверте - $p_3 = 1,2$ т/м, $p_4 = 1,6$ т/м;. Матеріал конструкцій - сталь. Поперечні перетини: балок - $\perp 70Ш1$; колонна крайня: н. частина - $\perp 40К1$, в. частина - $\perp 26К1$; середня колонна : н. частина - $\perp 40К1$, в. частина - $\perp 30К1$.

10.4. Побудувати епюри згинальних моментів M_y для елементів рами (рис. 10.1, г) при наступних завантаженнях: перше - $M_1 = 6$ тм, $D_1 = 1,8$ т, $D_3 = 1,6$ т, $D_4 = 1,2$ т; друге - $D_2 = 2,5$ т, $p_2 = 3$ т/м, $M_2 = 2$ тм; третє - $T_1 = 6$ т, $T_2 = 0,9$ т, $p_1 = 1$ т/м; четверте - $\tau_{II} = 55^\circ$. Матеріал конструкцій - залізобетон (Б1, К1) з $E = 25 \cdot 10^5$ т/м², сталь (К2, Б2, Б3). Поперечні перетини: К1 - $V \times H = 40 \times 40$ см, К2 - $\perp 35К1$; Б1 - $V \times H = 40 \times (80 \dots 130)$ см, Б2 - $\perp 40Ш1$, Б3 - $\perp 30Б1$.

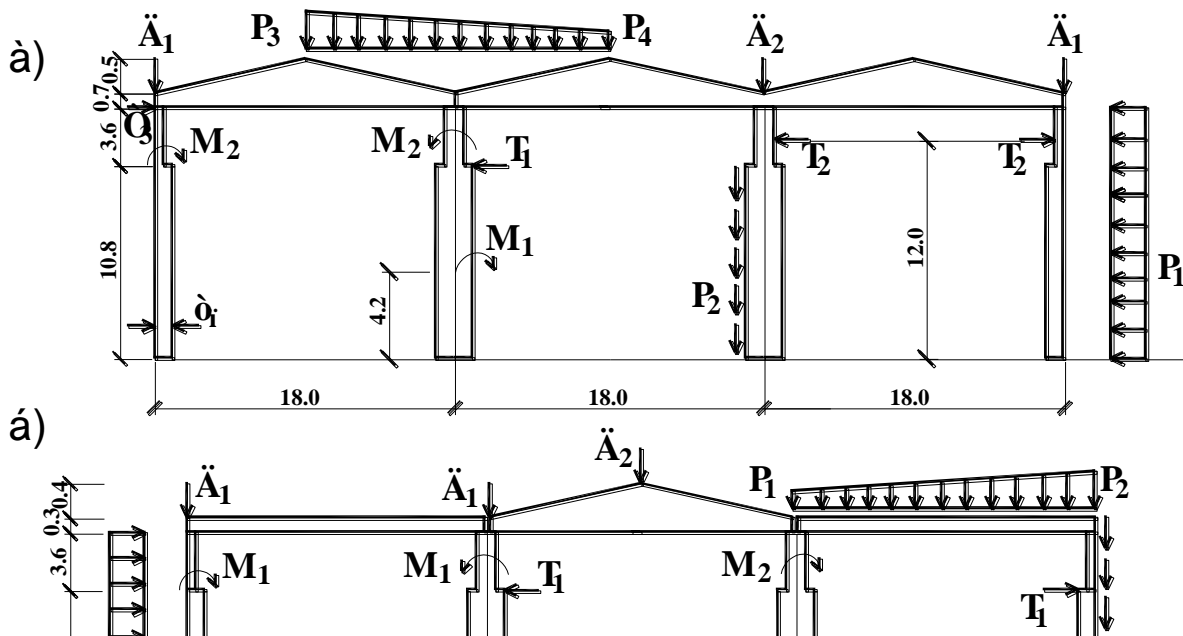


Рисунок 10.1 – Розрахункові схеми багато пролітних рам.

10.5. Побудувати епюри згинальних моментів M_y для елементів рами (рис. 10.2, а) при наступних завантаженнях: перше – $D_1=1,7$ т, $p_1=2$ т/м, $p_2=3$ т/м, $p_3=1$ т/м; друге – $M_1=1,6$ тм; третє – $T_1=2,8$ т, $T_2=6$ т; четверте – $\tau_{II}=30^\circ$. Матеріал конструкцій – залізобетон з $E=26 \cdot 10^5$ т/м². Поперечні перетини: Б1 – В=40 см; Б2 – ВхН=35х70 см; К1 - ВхН=40х60 см – н. частина, в. частина – ВхН=40х38 см; К2 – ВхН=40х40 см.

10.6. Побудувати епюри згинальних моментів M_y для елементів рами (рис. 10.2, б) при наступних завантаженнях: перше – $p_1=3$ т/м, $D_1=1,6$ т, $M_1=8$ тм; друге – $D_2=3,5$ т; третє – $T_1=6$ т, $T_2=8$ т; четверте – $p_2=3,1$ т/м, $\tau_{II}=48^\circ$. Матеріал конструкцій – залізобетон з $E=23 \cdot 10^5$ т/м². Поперечні перетини: балки – В=50 см; крайня колонна: н. частина - ВхН=50х80 см, в. частина – ВхН=50х40 см; середня колонна: н. частина - ВхН=50х120 см, в. частина – ВхН=50х60 см.

10.7. Побудувати епюри згинальних моментів M_y для елементів рами (рис. 10.2, в) при наступних завантаженнях: перше – $p_1=2,1$ т/м, $p_2=1,8$ т/м, $p_3=2,5$ т/м, $D_1=1,5$ т, $D_2=0,9$ т, $M_2=0,9$ тм; друге – $M_1=5$ тм; третє – $T_1=1,2$ т, $T_2=2,4$ т; четверте – $\tau_{II}=60^\circ$. Матеріал конструкцій – залізобетон з $E=23,5 \cdot 10^5$ т/м². Поперечні перетини: Б1 – В=40 см; Б2 – ВхН=40х80 см; К1 - ВхН=40х60 см – н. частина, в. частина – ВхН=40х40 см; К2 – ВхН=50х50 см.

10.8. Побудувати епюри згинальних моментів M_y для елементів рами (рис. 10.2, г) при наступних завантаженнях: перше – $D_1=2,5$ т, $M_1=3,6$ тм; друге – $p_1=1,5$ т/м; третє – $p_2=0,6$ т/м, $p_3=1,1$ т/м, $T_1=3,2$ т; четверте – $\tau_{II}=50^\circ$. Матеріал конструкцій – залізобетон (Б1, К1) з $E=24 \cdot 10^5$ т/м², сталь (К2, Б2). Поперечні перетини: Б1 – В=40 см, Б2 - $\perp 40Б1$; К1 - ВхН=40х40 см, К2 - $\perp 40К1$.

10.9. Побудувати епюри згинальних моментів M_y для елементів рами (рис. 10.2, д) при наступних завантаженнях: перше – $p_1=4,2$ т/м, $p_2=5,1$ т/м, $D_1=8,6$ т, $p_3=2,1$ т/м; друге – $D_2=1,25$ т, $D_3=0,7$ т, $M_1=1$ тм; третє – $T_1=1,5$ т, $T_2=2$ т, $T_3=3,3$ т; четверте – $\tau_{II}=55^\circ$; Матеріал конструкцій – сталь.

Поперечні перетини: балок – $\text{I}100\text{B}1$; колонна крайня: н. частина - $\text{I}60\text{Ш}1$, в. частина – $\text{I}30\text{Ш}1$; середня колонна : н. частина – $\text{I}60\text{K}1$, в. частина – $\text{I}30\text{K}1$.

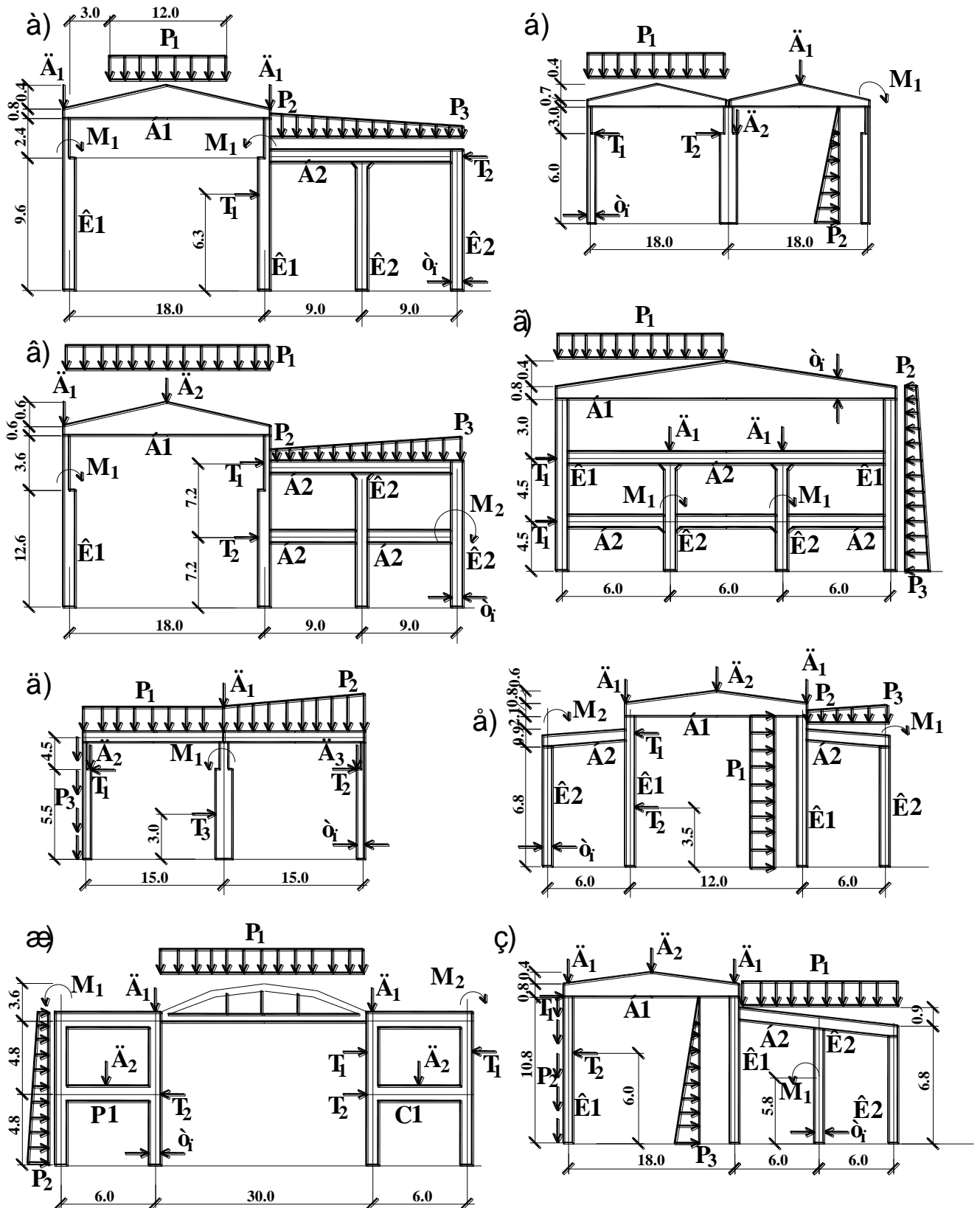


Рисунок 10.2 – Розрахункові схеми рам.

10.10. Побудувати епюри згинальних моментів M_y для елементів рами (рис. 10.2, е) при наступних завантаженнях: перше – $D_1=1,6$ т, $D_2=8,6$ т, $M_1=6,5$ тм; друге – $p_2=1,5$ т/м, $p_3=2$ т/м, $M_2=6$ тм; третє – $p_1=0,75$ т/м, $T_1=3$ т, $T_2=1,4$ т; четверте – $t_{\text{п}}=47^{\circ}$. Матеріал конструкцій – деревина з $E=1 \cdot 10^6$ т/м². Поперечні перетини: Б1 – В=50 см, Б2 – ВхН=40х80 см, К1 - ВхН=50х100 см, К2 – ВхН=40х60 см.

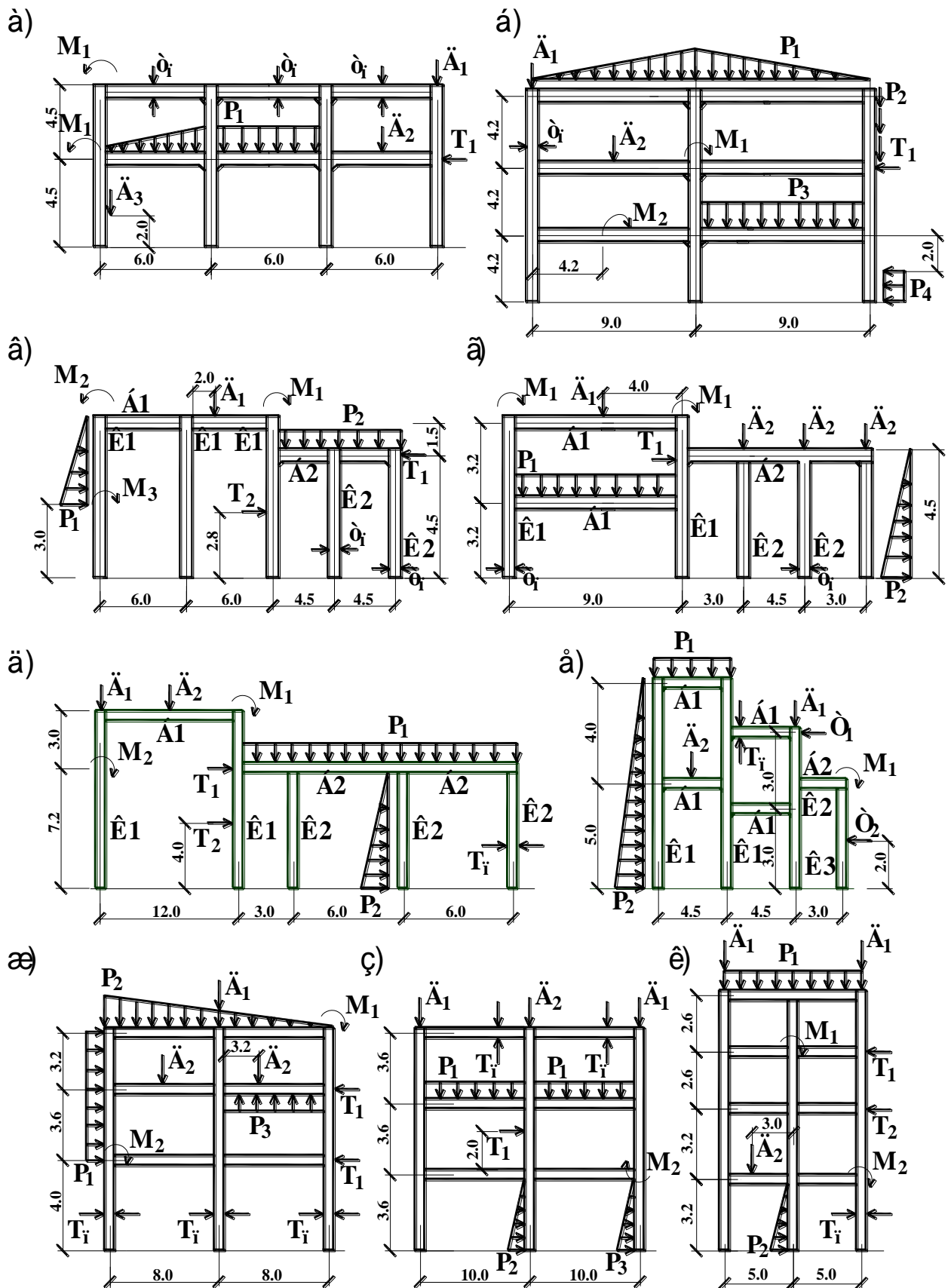
10.11. Побудувати епюри згинальних моментів M_y для елементів рами (рис. 10.2, ж) при наступних завантаженнях: перше – $M_1=9,5$ тм, $D_1=1,7$ т, $M_2=2,5$ тм; друге – $p_1=1,9$ т/м, $D_2=2$ т; третє – $p_2=2,2$ т/м, $T_1=0,9$ т, $T_2=1,7$ т; четверте – $t_{\text{п}}=35^{\circ}$. Матеріал конструкцій – залізобетон з $E=26,5 \cdot 10^5$ т/м². Поперечні перетини: арки: в. пояс – ВхН=50х80 см, н. пояс – ВхН=50х90 см, стійки – ВхН=15х15 см; стійки – ВхН=50х50 см; ригелі – ВхН=50х80 см.

10.12. Побудувати епюри згинальних моментів M_y для елементів рами (рис. 10.2, з) при наступних завантаженнях: перше – $D_1=2,6$ т, $D_2=1,4$ т, $M_1=8$ тм, $M_2=5,6$ тм; друге – $p_1=2,6$ т/м, $p_2=1,8$ т/м; третє – $p_3=2,7$ т/м, $T_1=5$ т, $T_2=4$ т; четверте – $t_{\text{п}}=65^{\circ}$. Матеріал конструкцій – залізобетон з $E=26 \cdot 10^5$ т/м². Поперечні перетини: Б1 – В=40 см, Б2 – ВхН=40х70 см, К1 - ВхН=40х60 см, К2 – ВхН=40х40 см.

10.13. Побудувати епюри згинальних моментів M_y для елементів рами (рис. 10.3, а) при наступних завантаженнях: перше – $M_1=1,4$ тм, $D_1=2,5$ т, $D_3=3,1$ т; друге – $D_2=3$ т, $p_1=3$ т/м; третє – $T_1=4$ т; четверте – $t_{\text{п}}=39^{\circ}\text{C}$; Матеріал конструкцій – сталь. Поперечні перетини: колонн - $\perp 35\text{K1}$, балок – $\perp 45\text{Б1}$.

10.14. Побудувати епюри згинальних моментів M_y для елементів рами (рис. 10.3, б) при наступних завантаженнях: перше – $M_2=0,6$ тм, $D_1=6,5$ т,

$p_2=1,6$ т/м, $p_3=2,5$ т/м; другие – $D_2=1$ т, $p_1=4$ т/м, $M_1=0,8$ тм; трети – $p_4=1,5$ т/м, $T_1=1,7$ т; четверте – $t_{II}=46^{\circ}C$;. Матеріал конструкцій – сталь. Поперечні перетини: колонн - $\perp 50K1$, балок – $\perp 60B1$.



Малюнок 10.3 – Розрахункові схеми сталевих рам.

10.15. Побудувати епюри згинальних моментів M_y для елементів рами (рис. 10.3, в) при наступних завантаженнях: перше – $M_2=1,1$ тм, $D_1=2,4$ т, $M_3=1,4$ тм, $T_2=1,1$ т; друге – $T_1=1,5$ т, $p_2=2,1$ т/м, $M_1=1,6$ тм; третє – $p_1=3,8$ т/м; четверте – $t_{п}=45^{\circ}\text{C}$; . Матеріал конструкцій – сталь. Поперечні перетини: Б1 - $\perp 40\text{Ш1}$, Б2 – $\perp 30\text{Ш1}$; К1 - $\perp 35\text{К1}$, К2 - $\perp 30\text{К1}$.

10.16. Побудувати епюри згинальних моментів M_y для елементів рами (рис. 10.3, г) при наступних завантаженнях: перше – $M_1=0,6$ тм, $D_1=6,5$ т, $D_2=1,6$ т; друге – $p_1=5$ т/м, $p_2=4,4$ т/м; третє – $T_1=1,5$ т; четверте – $t_{п}=56^{\circ}\text{C}$; . Матеріал конструкцій – сталь. Поперечні перетини: Б1 - $\perp 70\text{Ш1}$, Б2 – $\perp 45\text{Б1}$; К1 - $\perp 30\text{К1}$, К2 - $\perp 26\text{К1}$.

10.17. Побудувати епюри згинальних моментів M_y для елементів рами (рис. 10.3, д) при наступних завантаженнях: перше – $M_1=3$ тм, $D_1=6,8$ т, $D_2=3,3$ т; друге – $p_1=2,3$ т/м, $M_2=2,1$ тм; третє – $p_2=5,6$ т/м, $T_1=1$ т, $T_2=8,7$ т; четверте – $t_{п}=54^{\circ}\text{C}$; . Матеріал конструкцій – сталь. Поперечні перетини: Б1 - $\perp 60\text{Б1}$, Б2 – $\perp 50\text{Б1}$; К1 - $\perp 40\text{К1}$, К2 - $\perp 30\text{К1}$.

10.18. Побудувати епюри згинальних моментів M_y для елементів рами (рис. 10.3, е) при наступних завантаженнях: перше – $p_1=4,7$ т/м, $D_1=8,7$ т,

$T_1=1,6$ т; друге – $p_2=3,1$ т/м, $D_2=5,4$ т; третє – $T_2=1$ т, $M_1=4,5$ тм; четверте – $t_{п}=51^{\circ}\text{C}$; Матеріал конструкцій – сталь. Поперечні перетини: Б1 - $\perp 30\text{Ш1}$, Б2 – $\perp 26\text{Ш1}$; К1 - $\perp 40\text{К1}$, К2 - $\perp 35\text{К1}$, К3 - $\perp 30\text{К1}$.

10.19. Побудувати епюри згинальних моментів M_y для елементів рами (рис. 10.3, ж) при наступних завантаженнях: перше – $p_2=1,55$ т/м, $D_1=4,5$ т, $M_1=1,6$ тм; друге – $p_3=4$ т/м, $D_2=3$ т; третє – $T_1=1$ т, $M_2=1,3$ тм, $p_1=1,8$ т/м; четверте – $t_{п}=50^{\circ}\text{C}$; Матеріал конструкцій – сталь. Поперечні перетини: балки - $\perp 40\text{Ш1}$, стійки - $\perp 50\text{К1}$.

10.20. Побудувати епюри згинальних моментів M_y для елементів рами (рис. 10.3, з) при наступних завантаженнях: перше – $p_2=2,1$ т/м, $D_1=5,8$ т, $M_1=1,6$ тм; друге – $p_1=3$ т/м, $D_2=2,5$ т, $M_2=2,1$ тм; третє – $T_1=6$ т, $p_3=5$ т/м; четверте – $t_{п}=45^{\circ}\text{C}$; Матеріал конструкцій – сталь. Поперечні перетини: балки - $\perp 70\text{Ш1}$, стійки - $\perp 60\text{Ш1}$.

10.21. Побудувати епюри згинальних моментів M_y для елементів рами (рис. 10.3, к) при наступних завантаженнях: перше – $p_1=2,2$ т/м, $D_1=2,5$ т; друге – $T_1=1,5$ т, $T_2=4$ т; третє – $D_2=4,5$ т, $M_1=1,7$ тм, $M_2=2$ тм, $p_2=4,8$ т/м; четверте – $t_{п}=60^{\circ}\text{C}$; Матеріал конструкцій – сталь. Поперечні перетини: балки - $\perp 30\text{Б1}$, стійки - $\perp 30\text{К1}$.

10.22. Побудувати епюри згинальних моментів M_y для елементів рами (рис. 10.4, а) при наступних завантаженнях: перше – $M_1=0,92$ тм, $D_1=0,6$ т, $D_2=0,9$ т; друге – $p_1=3,5$ т/м, $p_2=4,5$ т/м, $p_3=4$ т/м; третє – $T_1=0,68$ т; четверте – $t_{п}=53^{\circ}$. Матеріал конструкцій – залізобетон з $E=25,5 \cdot 10^5$ т/м². Поперечні перетини: ферма: н. пояс – $V \times H=30 \times 30$ см, в. пояс – $V \times H=30 \times 28$ см, стійки – $V \times H=20 \times 20$ см; колонна: н. частина – $V \times H=40 \times 80$ см, в. частина – $V \times H=40 \times 40$ см.

10.23. Побудувати епюри згинальних моментів M_y для елементів рами (рис. 10.4, б) при наступних завантаженнях: перше – $M_1=2,05$ тм, $D_1=1,6$ т; друге – $p_1=2,4$ т/м, $p_2=1,8$ т/м, $T_1=5,6$ т; третє – $p_3=1,3$ т/м; четверте – $\tau_{II}=45^\circ$. Матеріал конструкцій – залізобетон з $E=23,5 \cdot 10^5$ т/м². Поперечні перетини: Б1 – В=40 см, Б2 – ВхН=40х80 см; К1 – ВхН=40х60 см; К2 – ВхН=30х30 см.

10.24. Побудувати епюри згинальних моментів M_y для елементів рами (рис. 10.4, в) при наступних завантаженнях: перше – $M_1=0,5$ тм, $D_1=6,3$ т; друге – $p_1=1,5$ т/м; третє – $p_2=3,1$ т/м, $p_3=2,6$ т/м; четверте – $\tau_{II}=35^\circ$. Матеріал конструкцій – залізобетон з $E=25 \cdot 10^5$ т/м². Поперечні перетини: ферма: н. пояс – ВхН=35х30 см, в. пояс – ВхН=35х28 см, стійки – ВхН=25х25 см; колонна – ВхН=50х50 см.

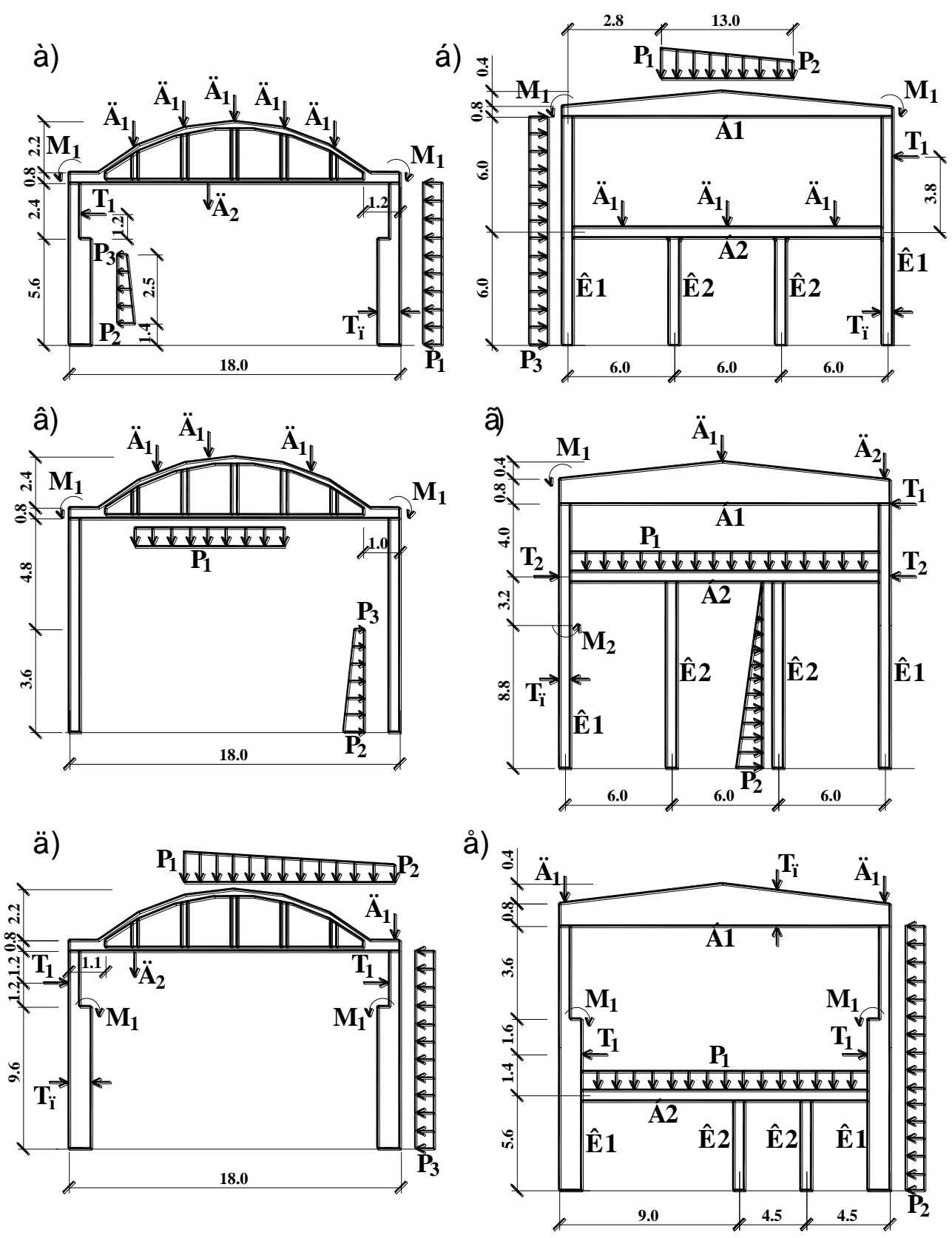


Рисунок 10.4 – Розрахункові схеми залізобетонних рам.

10.25. Побудувати епюри згинальних моментів M_y для елементів рами (рис. 10.4, г) при наступних завантаженнях: перше – $M_1=0,48$ тм, $D_1=0,86$ т, $D_2=2,5$ т; друге – $p_1=3,2$ т/м, $M_2=0,7$ тм; третє – $p_2=4,7$ т/м, $T_1=3,5$ т, $T_2=1,4$ т; четверте – $t_{п}=50^0$. Матеріал конструкцій – залізобетон з $E=23,5 \cdot 10^5$ т/м². Поперечні перетини: Б1 – В=40 см, Б2 – ВхН=40х80 см; К1 – ВхН=50х50 см; К2 – ВхН=40х40 см.

10.26. Побудувати епюри згинальних моментів M_y для елементів рами (рис. 10.4, д) при наступних завантаженнях: перше – $p_1=3,6$ т/м, $p_2=2,1$ т/м, $D_1=1,02$ т, $D_2=0,68$ т; друге – $p_3=1,35$ т/м; третє – $M_1=2$ тм, $T_1=3,2$ т; четверте – $t_{п}=30^0$. Матеріал конструкцій – залізобетон з $E=24 \cdot 10^5$ т/м². Поперечні перетини: ферма: н. пояс – ВхН=28х28 см, в. пояс – ВхН=28х25 см, стійки – ВхН=25х25 см; колонна: н. частина – ВхН=40х50 см, в. частина – ВхН=40х38 см.

10.27. Побудувати епюри згинальних моментів M_y для елементів рами (рис. 10.4, е) при наступних завантаженнях: перше – $D_1=1,52$ т, $p_1=2,5$ т/м, $T_1=5$ т; друге – $p_2=0,9$ т/м; третє – $M_1=1,86$ тм; четверте – $t_{п}=55^0$. Матеріал конструкцій – залізобетон з $E=26 \cdot 10^5$ т/м². Поперечні перетини: Б1 – В=40 см, Б2 – ВхН=40х70 см; К1: н. частина – ВхН=40х50 см, в. частина – ВхН=40х38 см; К2 – ВхН=40х40 см.

10.28. Побудувати епюри згинальних моментів M_y для елементів рами (рис. 10.5, а) при наступних завантаженнях: перше – $p_1=0,8$ т/м, $p_2=1,3$ т/м, $D_1=1,3$ т, $D_2=2,5$ т, $M_1=0,6$ тм, $M_2=1,8$ тм; друге – $p_3=1,6$ т/м, $T_1=5,6$ т; третє – $D_3=4,6$ т; четверте – $t_{п}=47^0$. Матеріал конструкцій – залізобетон з $E=26,5 \cdot 10^5$ т/м². Поперечні перетини: ферма: н. пояс – ВхН=30х32 см, в. пояс – ВхН=30х28 см, стійки – ВхН=20х20 см; колонна: н. частина – ВхН=50х70 см, в. частина – ВхН=50х40 см.

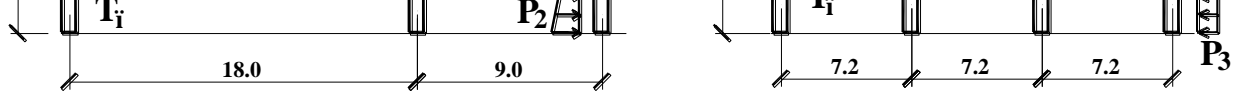


Рисунок 10.5 – Розрахункові схеми залізобетонних рам.

10.29. Побудувати епюри згинальних моментів M_y для елементів рами (рис. 10.5, б) при наступних завантаженнях: перше – $p_1=3,2$ т/м, $p_2=2,7$ т/м, $D_1=0,6$ т, $D_2=1,8$ т, $M_2=0,5$ тм; друге – $p_3=1,5$ т/м, $T_1=1,6$ т; третє – $D_3=4,2$ т, $M_1=0,7$ тм; четверте – $\tau_{п}=50^\circ$. Матеріал конструкцій – залізобетон з $E=25 \cdot 10^5$ т/м². Поперечні перетини: ферма: в. пояс – $V \times H=28 \times 25$ см, н. пояс – $V \times H=28 \times 28$ см, стійки – $V \times H=25 \times 25$ см; колонна: н. частина – $V \times H=40 \times 50$ см, в. частина – $V \times H=40 \times 38$ см.

10.30. Побудувати епюри згинальних моментів M_y для елементів рами (рис. 10.5, в) при наступних завантаженнях: перше – $M_1=1$ тм, $D_1=1,2$ т, $D_2=0,6$ т; друге – $p_1=3$ т/м; третє – $p_2=4,5$ т/м, $T_1=5$ т; четверте – $\tau_{п}=60^\circ$. Матеріал конструкцій – залізобетон з $E=25 \cdot 10^5$ т/м². Поперечні перетини: Б1 – $V=50$ см, Б2 – $V \times H=40 \times 60$ см; К1 – $V \times H=50 \times 60$ см; К2 – $V \times H=40 \times 40$ см.

10.31. Побудувати епюри згинальних моментів M_y для елементів рами (рис. 10.5, г) при наступних завантаженнях: перше – $M_1=3$ тм, $D_1=3$ т, $D_2=5$ т; друге – $p_1=3$ т/м, $p_2=6$ т/м; третє – $p_3=2$ т/м, $T_1=1$ т; четверте – $\tau_{п}=45^\circ$. Матеріал конструкцій – залізобетон з $E=23 \cdot 10^5$ т/м². Поперечні перетини рами мають ширину $V=50$ см.

10.32. Побудувати епюри згинальних моментів M_y для елементів рами (рис. 10.5, д) при наступних завантаженнях: перше – $p_1=2$ т/м, $p_2=3$ т/м, $p_3=0,7$ т/м, $D_1=2$ т, $D_2=0,5$ т, $M_1=3$ тм, $T_2=1,5$ т; друге – $M_2=4,5$ т; третє – $T_1=1,1$ т; четверте – $\tau_{п}=25^\circ$. Матеріал конструкцій – залізобетон з $E=25 \cdot 10^5$ т/м². Поперечні перетини: арки: в. пояс – $V \times H=40 \times 100$ см, затяжка – $V \times H=40 \times 40$ см, підвіска – $V \times H=15 \times 15$ см; колонна: н. частина – $V \times H=40 \times 70$ см, в. частина – $V \times H=40 \times 50$ см.

10.33. Побудувати епюри згинальних моментів M_y для елементів рами (рис. 10.5, е) при наступних завантаженнях: перше – $D_1=2,5$ т, $T_2=0,6$ т, $D_2=1,2$ т, $M_1=0,8$ тм; друге – $p_1=1,5$ т/м, $p_2=2$ т/м; третє – $p_3=1,1$ т/м; четверте

– $t_{II}=32^{\circ}$. Матеріал конструкцій – залізобетон з $E=25 \cdot 10^5$ т/м². Поперечні перетини: стійки – $V \times H=40 \times 40$ см, ригелі – $V \times H=40 \times 60$ см.

10.34. Побудувати епюри згинальних моментів M_y для елементів рами (рис. 10.5, ж) при наступних завантаженнях: перше – $D_1=0,9$ т, $D_2=3$ т, $M_1=1,9$ тм; друге – $p_1=3$ т/м, $D_3=2,4$ т, $M_2=1,5$ тм; третє – $T_1=1$ т, $p_2=2,5$ т/м; четверте – $t_{II}=60^{\circ}$. Матеріал конструкцій – залізобетон з $E=26,5 \cdot 10^5$ т/м². Поперечні перетини: ферми: в. пояс – $V \times H=25 \times 28$ см, н. пояс – $V \times H=28 \times 28$ см, стійки – $V \times H=15 \times 15$ см; балки – $V \times H=40 \times 70$ см; $K1$ – $V \times H=50 \times 50$ см, $K2$ – $V \times H=40 \times 40$ см.

10.35. Побудувати епюри згинальних моментів M_y для елементів рами (рис. 10.5, з) при наступних завантаженнях: перше – $D_1=2,8$ т, $D_2=3$ т, $D_3=0,8$ т, $M_1=1$ тм, $T_1=1,1$ т, $T_2=0,5$ т; друге – $p_1=4$ т/м, $p_2=2,9$ т/м; третє – $p_3=0,8$ т/м; четверте – $t_{II}=50^{\circ}$. Матеріал конструкцій – залізобетон з $E=24 \cdot 10^5$ т/м². Поперечні перетини: стійки – $V \times H=40 \times 40$ см, ригелі – $V \times H=40 \times 70$ см.

10.2 Приклад виконання контрольної роботи

Найбільш розповсюдженим видом розрахункової схеми, яка використовується в статичному розрахунку конструкцій є рамна система, яка може бути як одно-, так і багатопролітною, одно- і багатоповерховою.

Такі задачі вирішуються по 2 признаку системи. Система розташовується в площині XOZ , і кожен вузол системи має три ступені волі: лінійні переміщення уздовж вісей X і Z та поворот навколо вісі Y .

В задачах такого типу використовується кінцевий елемент типу 2 – рамний стержень.

В опорних закріпленнях системи максимально можливе обмеження волі по трьом ступеням:

1 - лінійне переміщення уздовж вісі X ;

3 - лінійне переміщення уздовж вісі Z ;

5 - поворот навколо вісі У.

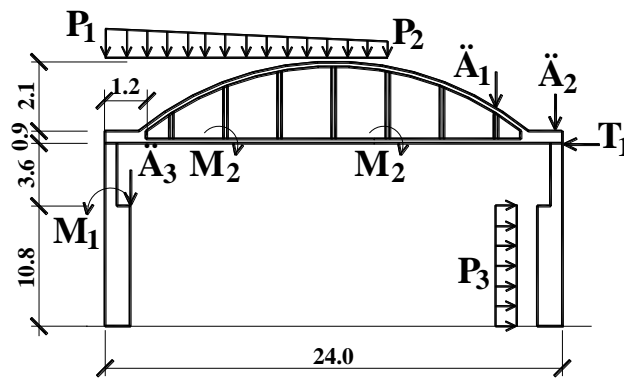
Отже, всі можливі обмеження волі в опорах можна описати так:

«жорстке закладання» - 1, 3, 5;

«нерухомий шарнір» - 1, 3;

«рухомий шарнір» - 1 чи 3;

Завдання. Побудувати епюри згинальних моментів M_y для елементів рами при наступних завантаженнях: перше – $p_1=3,2$ т/м, $p_2=2,7$ т/м, $D_1=0,3$ т, $D_2=1,5$ т, $M_2=0,6$ тм; друге – $p_3=1$ т/м, $T_1=1,1$ т; третє – $D_3=1,8$ т, $M_1=0,3$ тм. Матеріал конструкцій – залізобетон з $E=25 \cdot 10^5$ т/м². Поперечні перетини: ферма: в. пояс – $V \times H=28 \times 28$ см, н. пояс – $V \times H=28 \times 28$ см, стійки – $V \times H=25 \times 25$ см; колонна: н. частина – $V \times H=40 \times 60$ см, в. частина – $V \times H=40 \times 40$ см.



Приклад оформлення звіту по контрольній роботі.

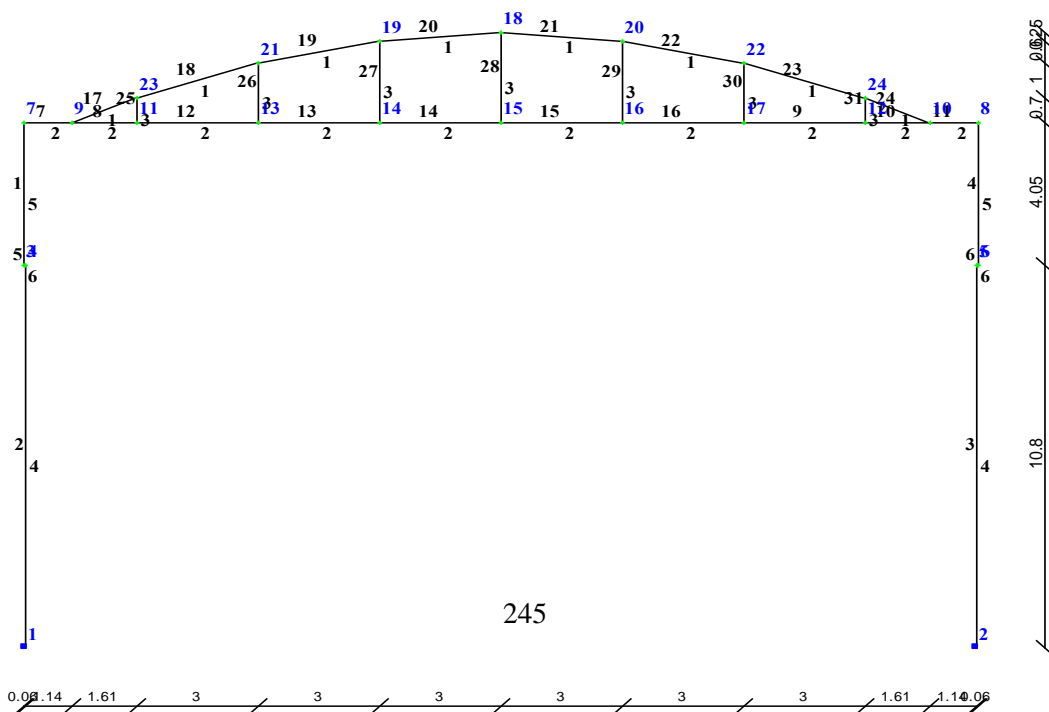


Рисунок 10.6 – Розрахункова схема поперечної рами.

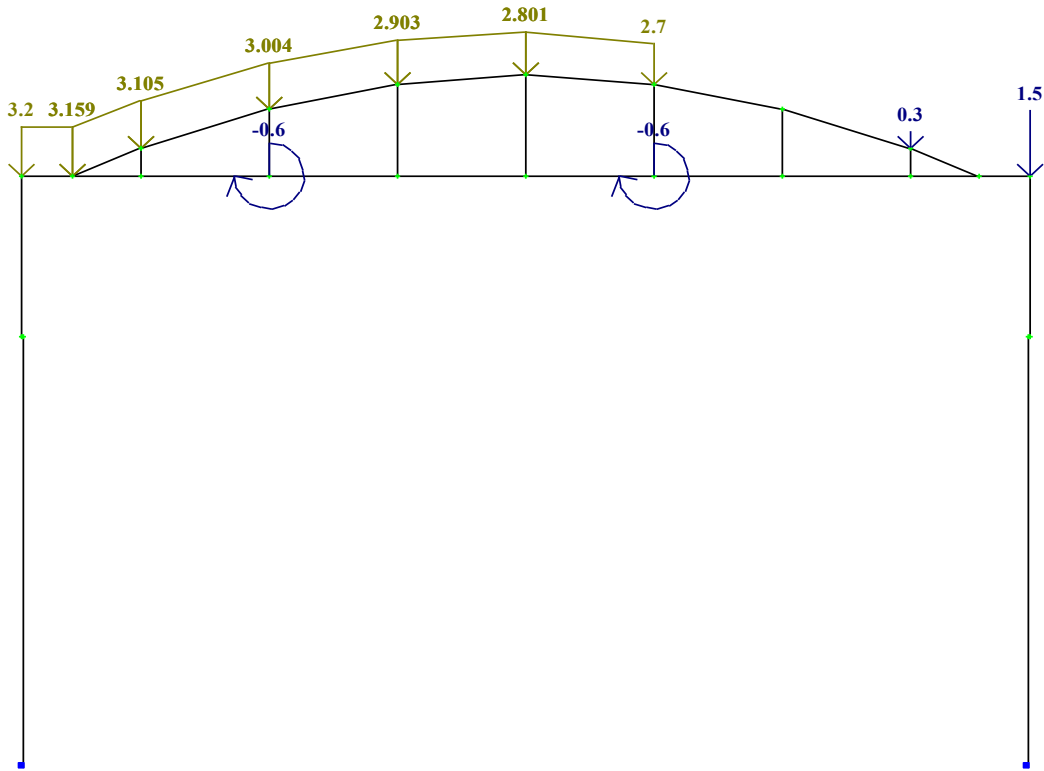


Рисунок 10.7 – Схема завантаження поперечної рами (завантаження 1).

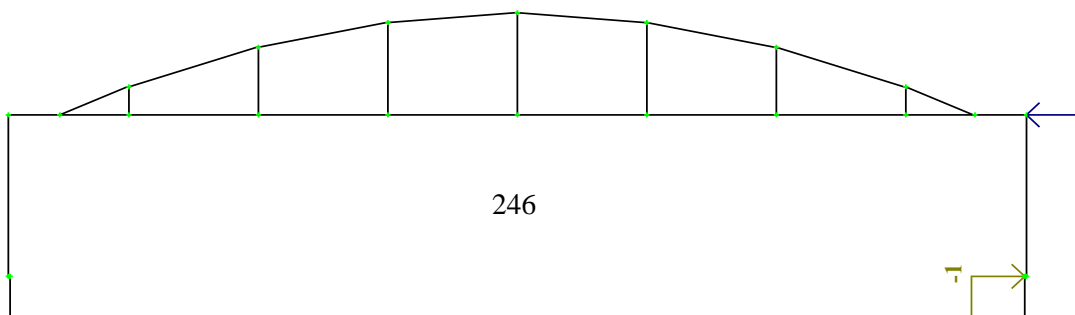


Рисунок 10.8 – Схема завантаження поперечної рами (завантаження 2).

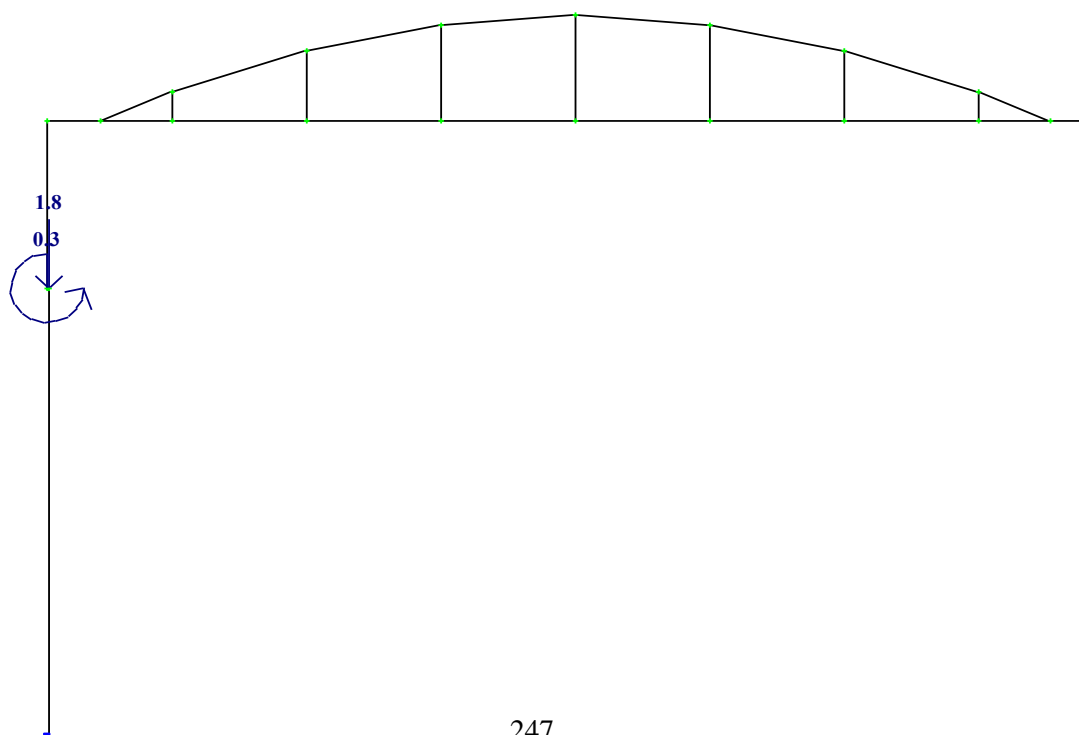


Рисунок 10.9 – Схема завантаження поперечної рами (завантаження 3).

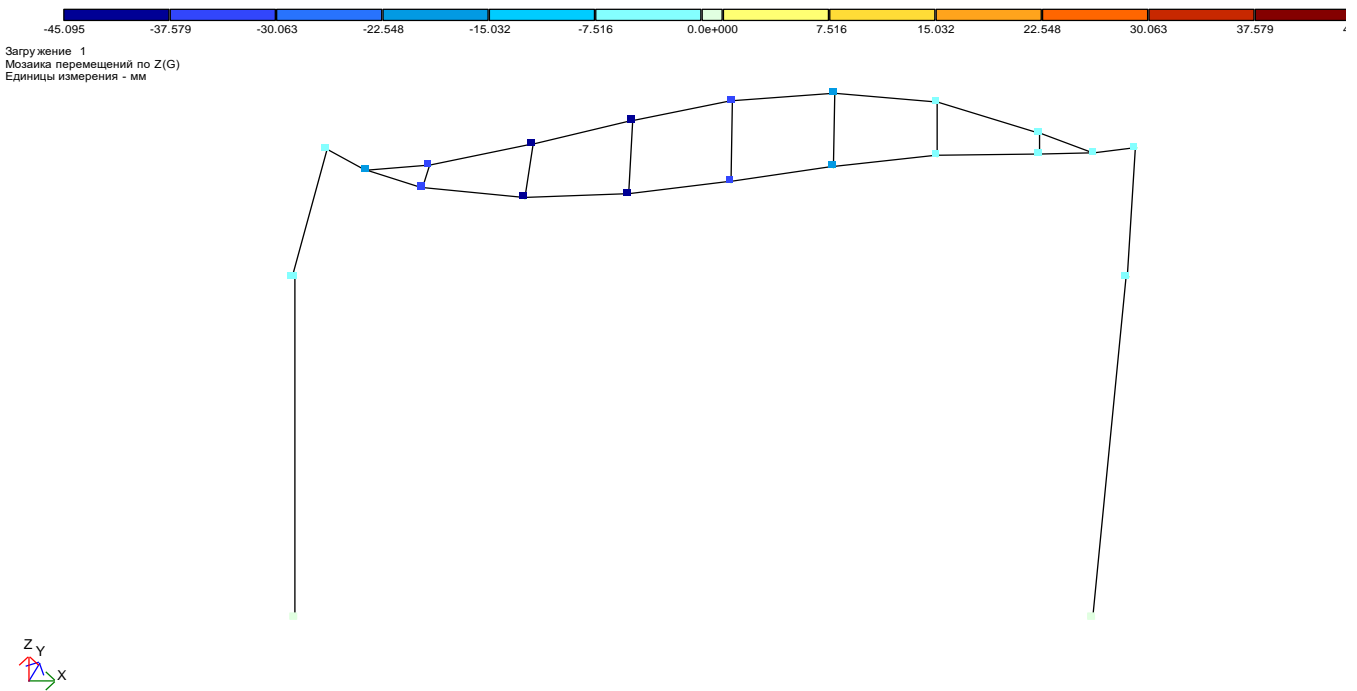


Рисунок 10.10 – Мозаїка переміщень вузлів рами уздовж вісі Z
(завантаження 1).

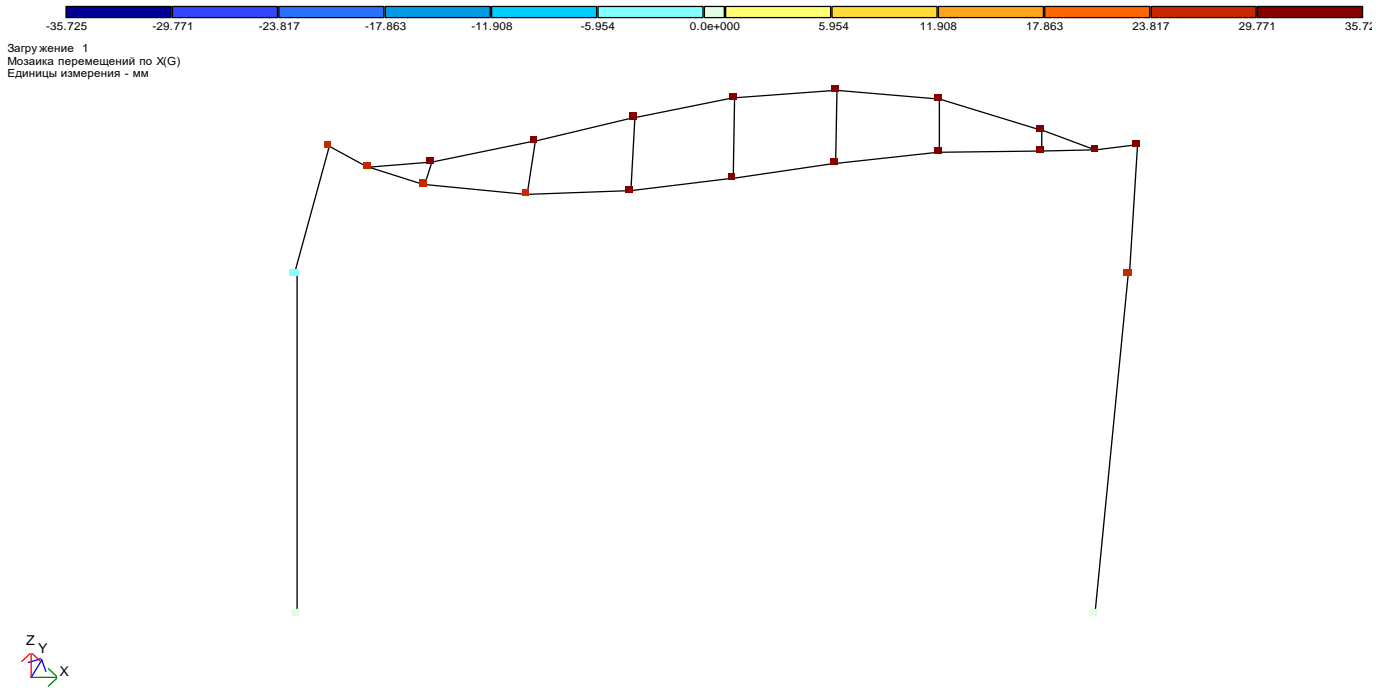


Рисунок 10.11 – Мозаїка переміщень вузлів рами уздовж вісі X
(завантаження 1).

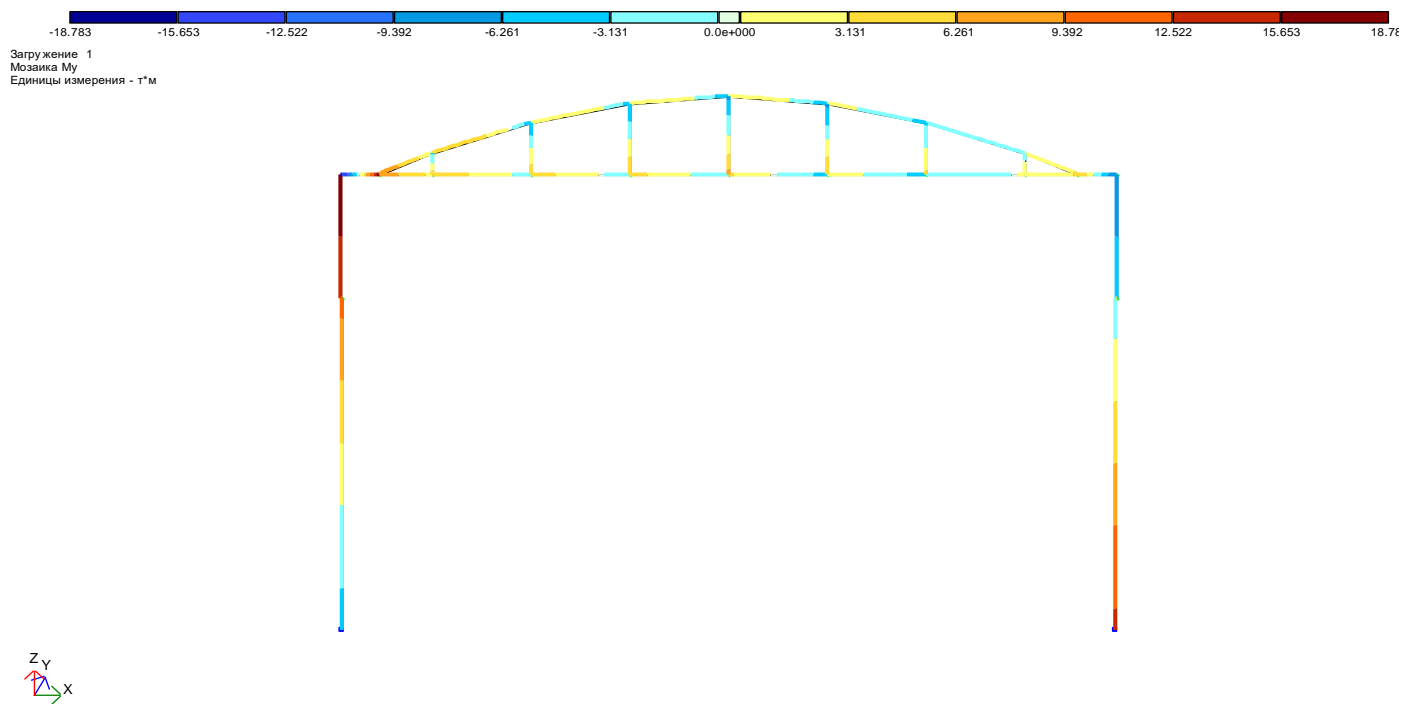


Рисунок 10.12 – Мозаїка згинальних моментів M_y в елементах рами (завантаження 1).

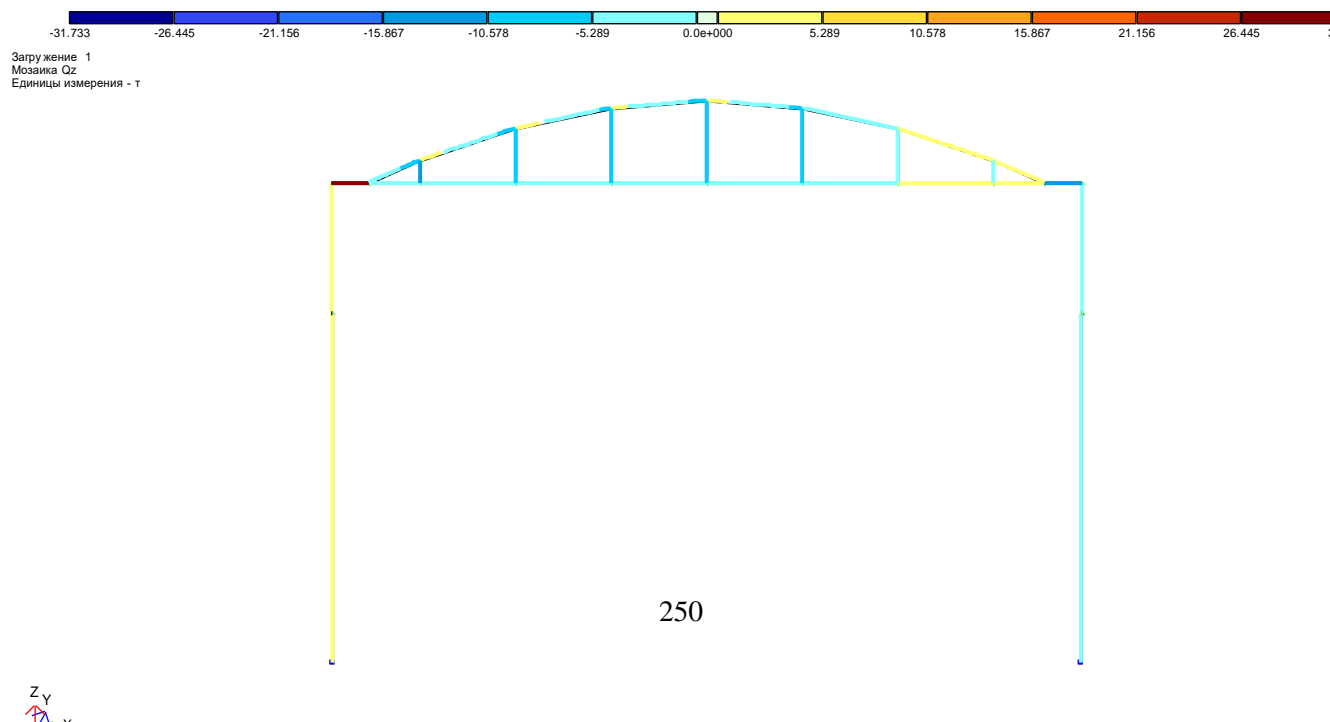


Рисунок 10.13 – Мозаїка поперечних сил Q_z в елементах рами (завантаження 1).

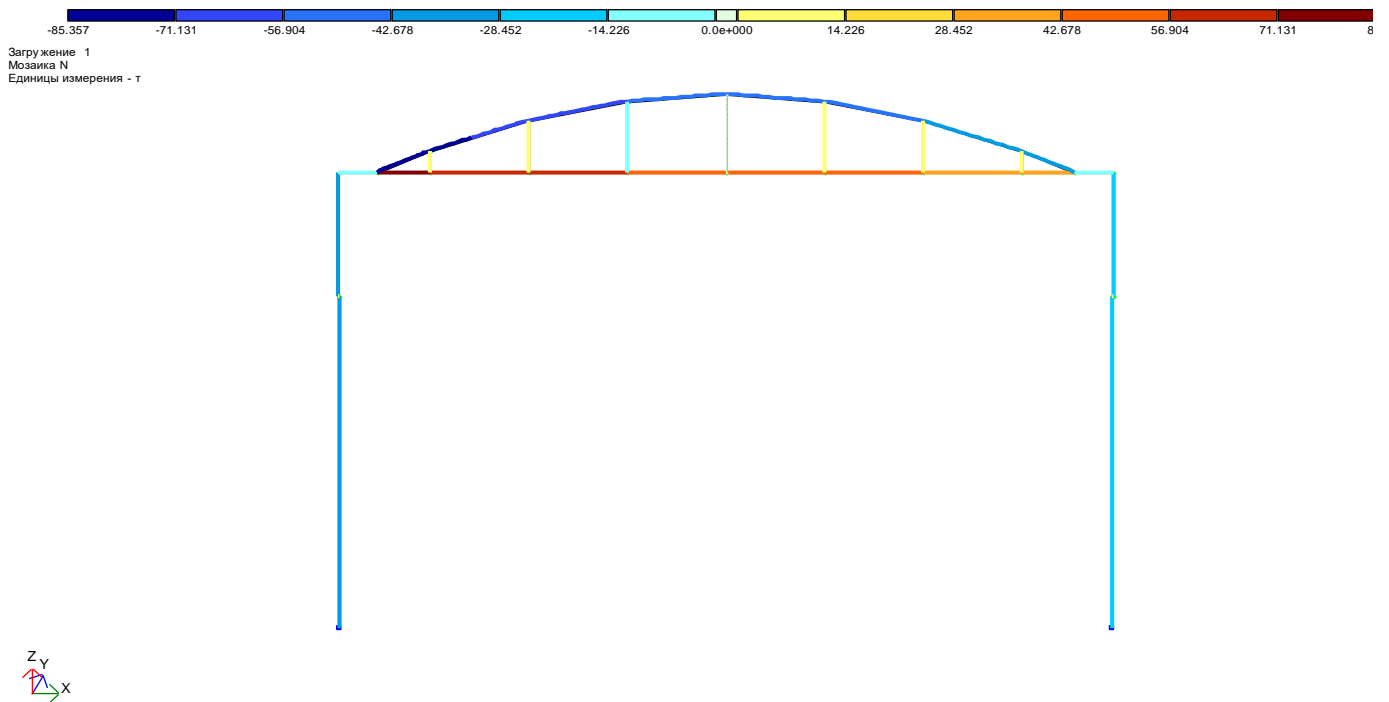


Рисунок 10.14 – Мозаїка поздовжніх сил N в елементах рами
(завантаження 1).

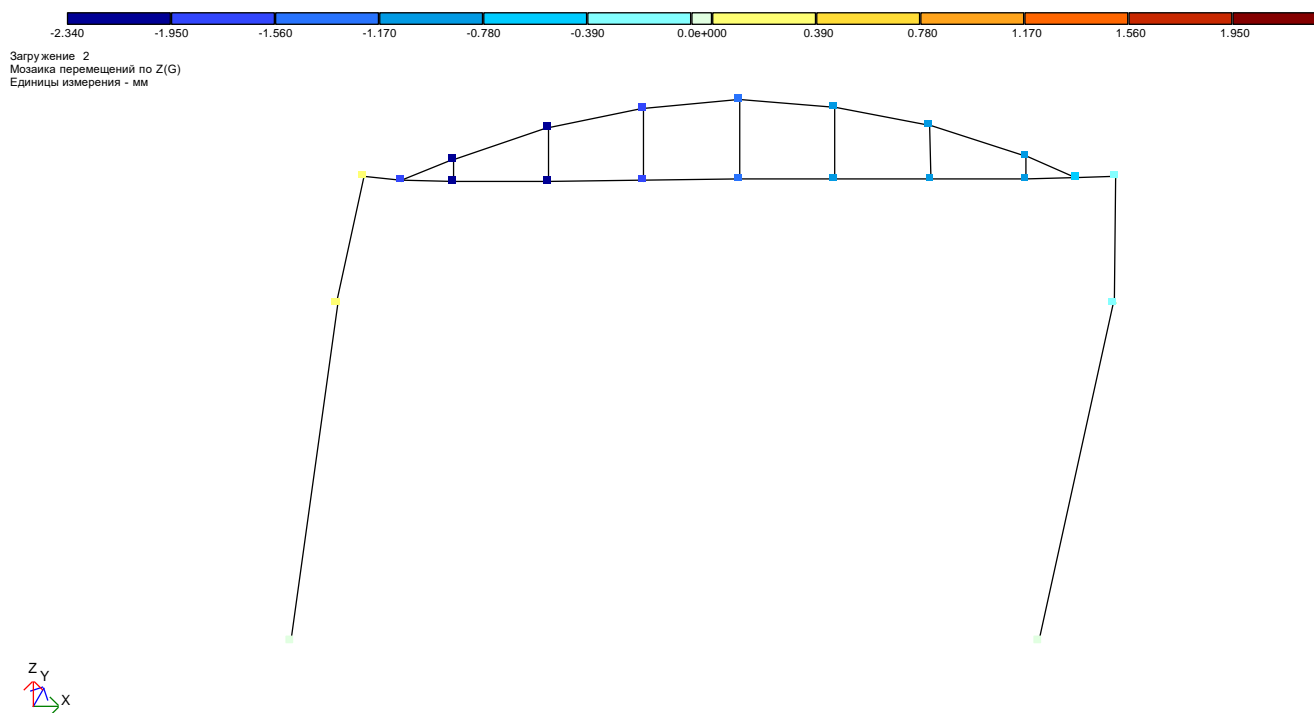


Рисунок 10.15 – Мозаїка переміщень вузлів рами уздовж вісі Z
(завантаження 2).

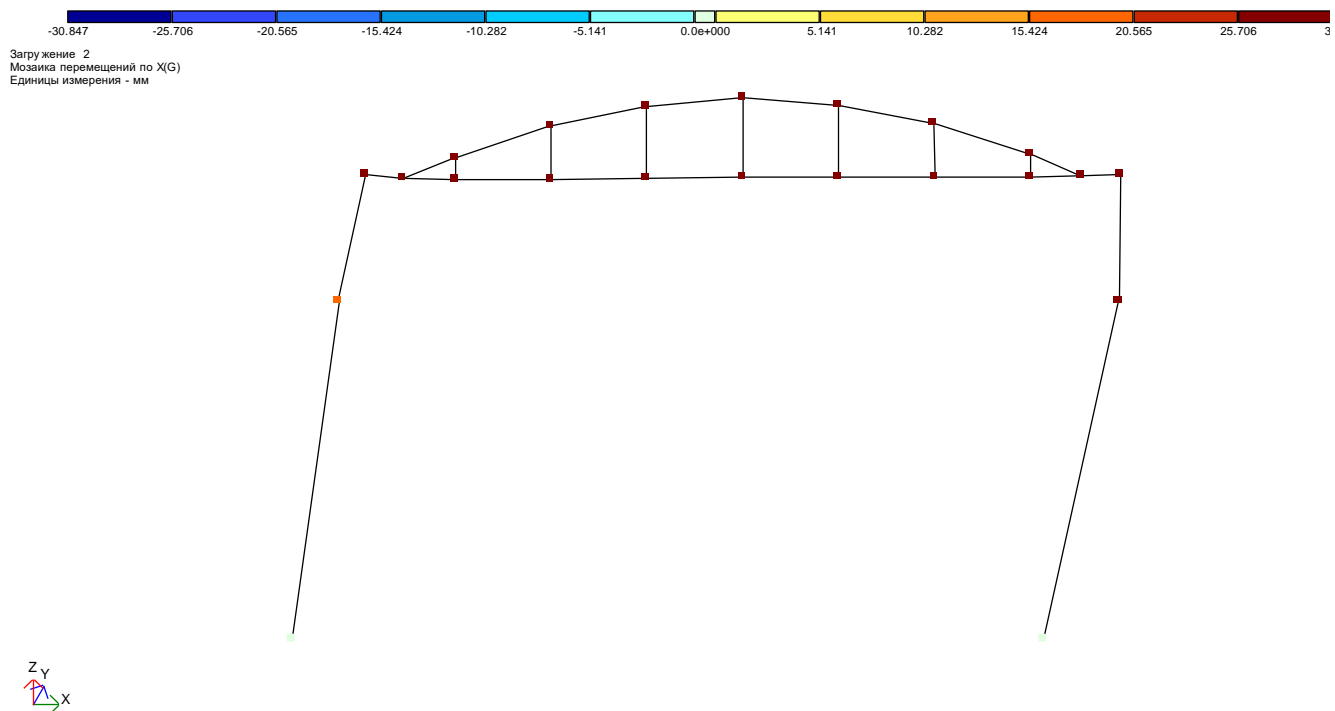


Рисунок 10.16 – Мозаїка переміщень вузлів рами уздовж вісі X
(завантаження 2).

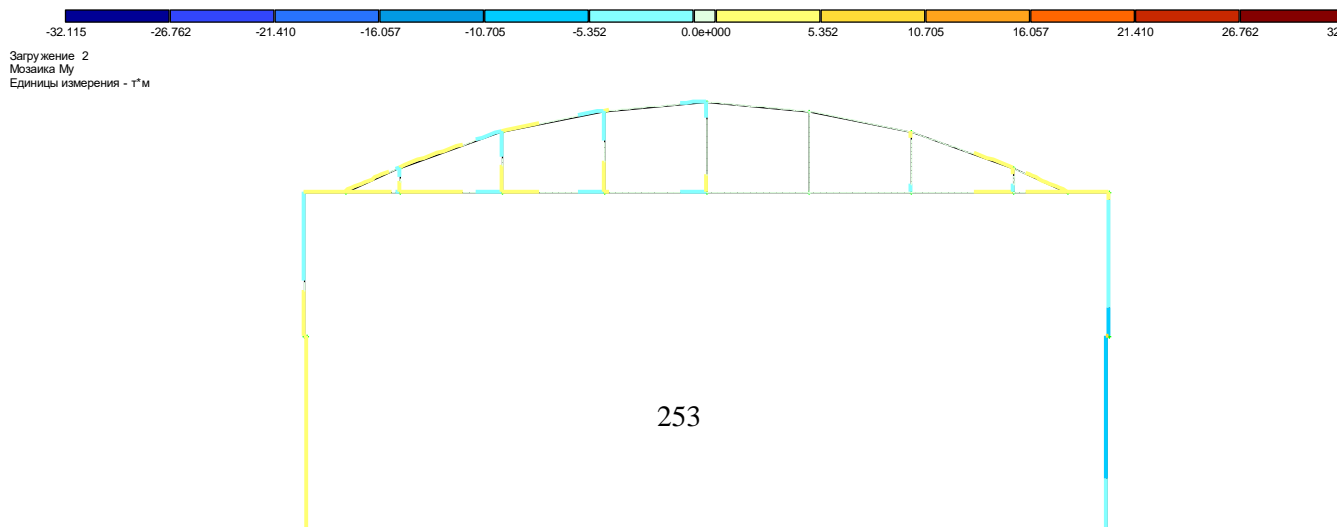


Рисунок 10.17 – Мозаїка згинальних моментів M_y в елементах рами (завантаження 2).

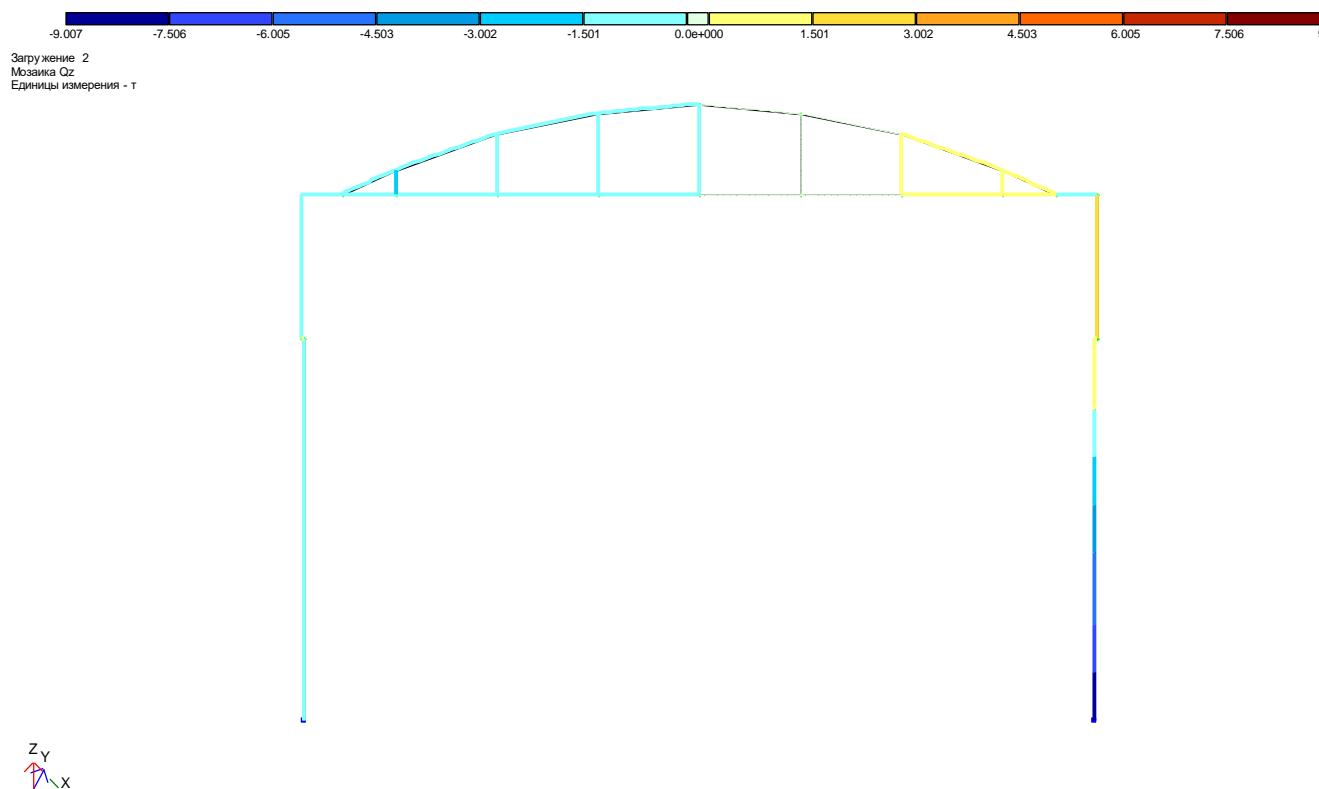


Рисунок 10.18 – Мозаїка поперечних сил Q_z в елементах рами
(завантаження 2).

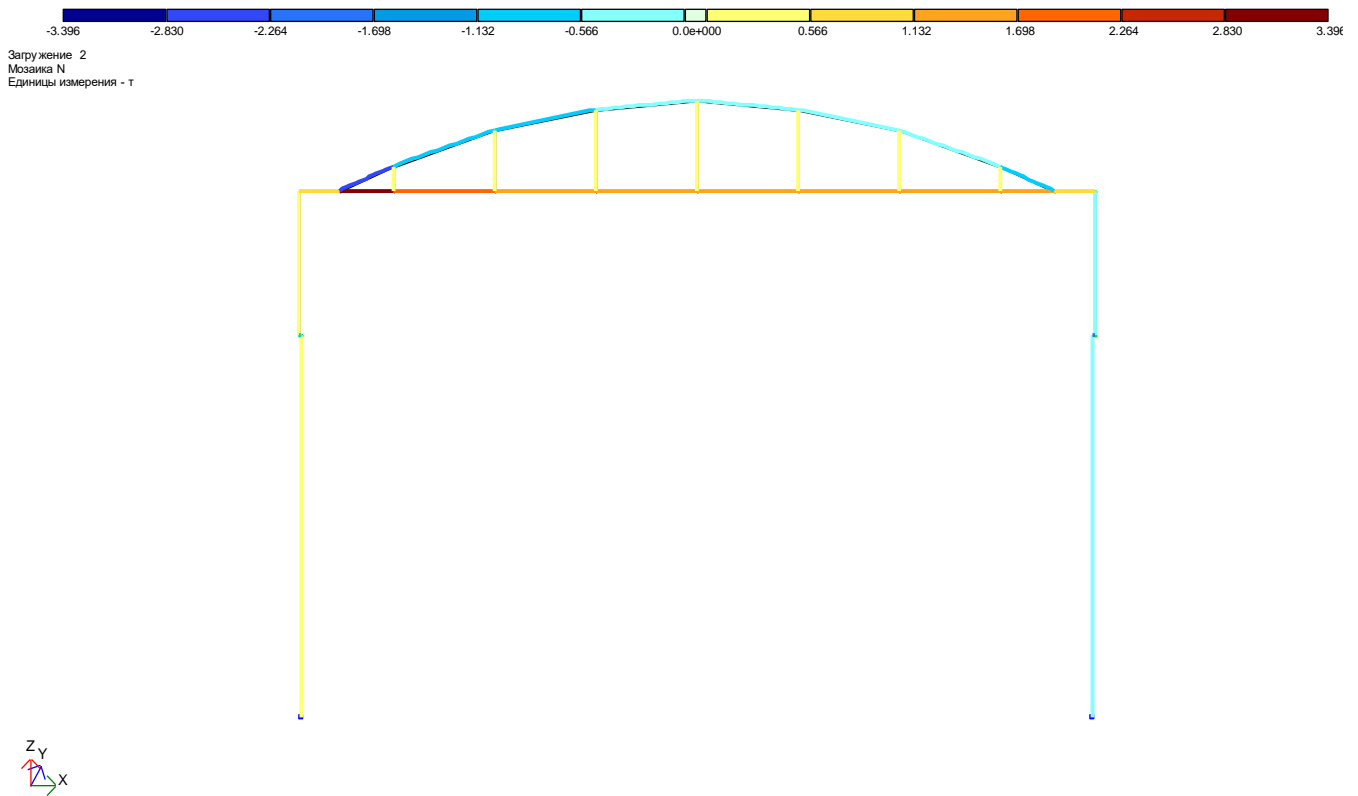


Рисунок 10.19 – Мозаїка поздовжніх сил N в елементах рами
(завантаження 2).

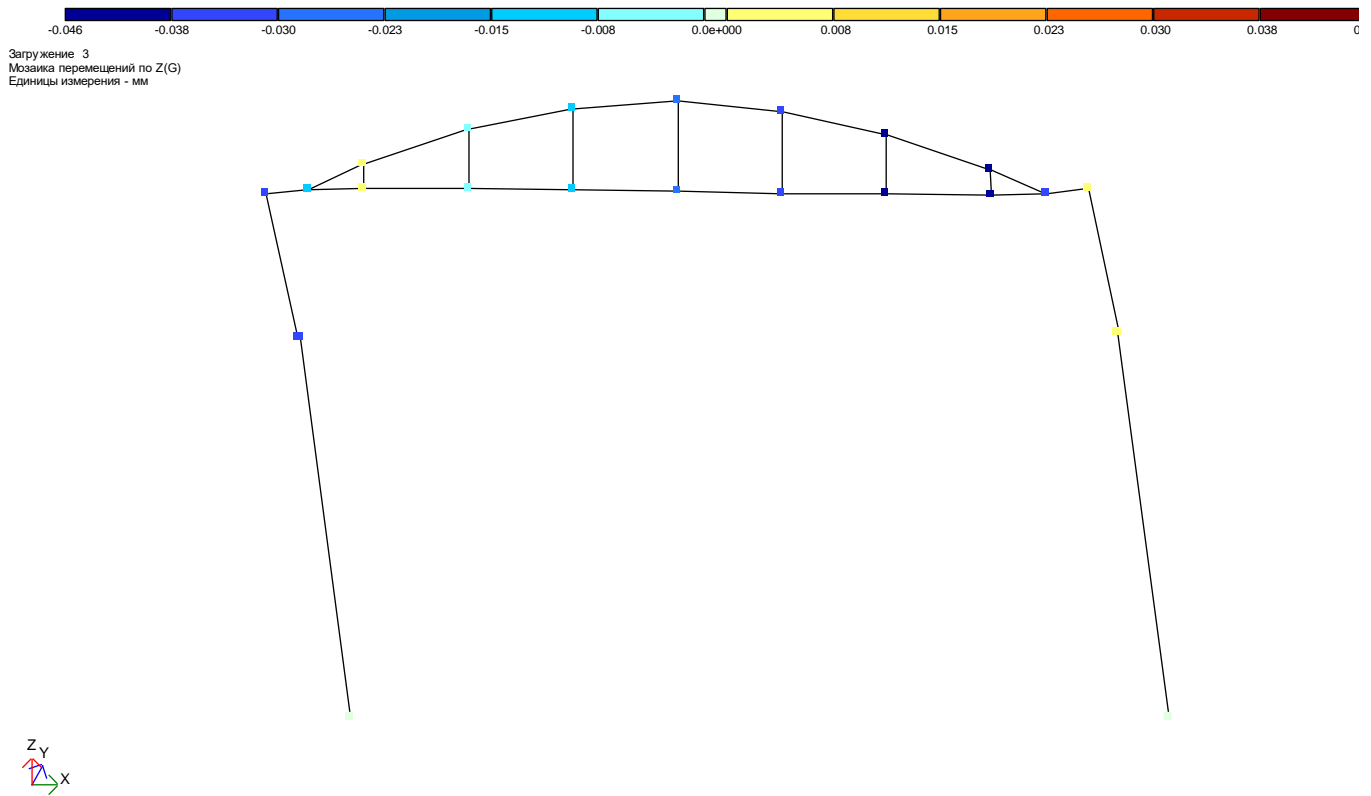


Рисунок 10.20 – Мозаїка переміщень вузлів рами уздовж вісі Z
(завантаження 3).

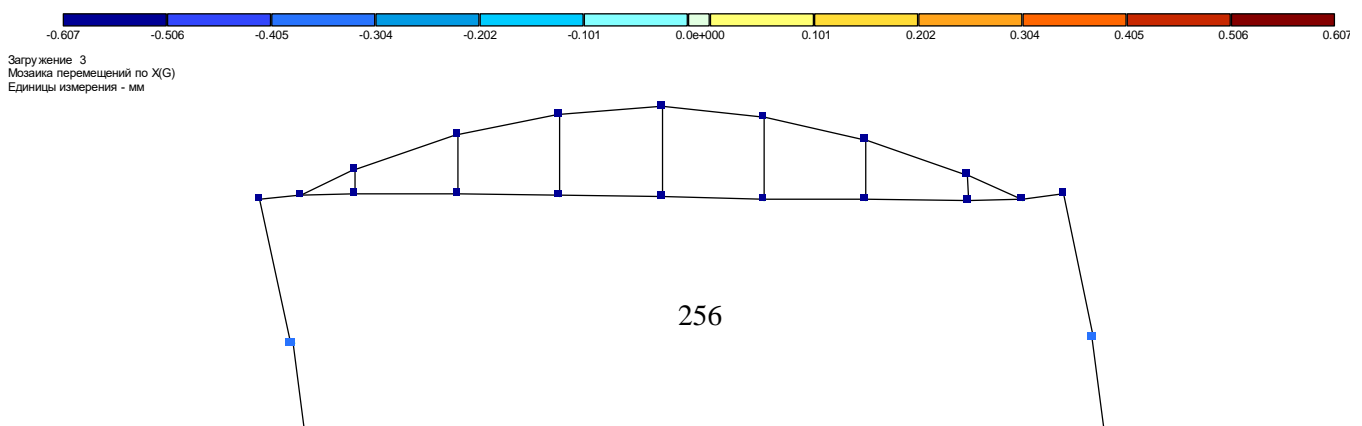


Рисунок 10.21 – Мозаїка переміщень вузлів рами уздовж вісі X
(завантаження 3).

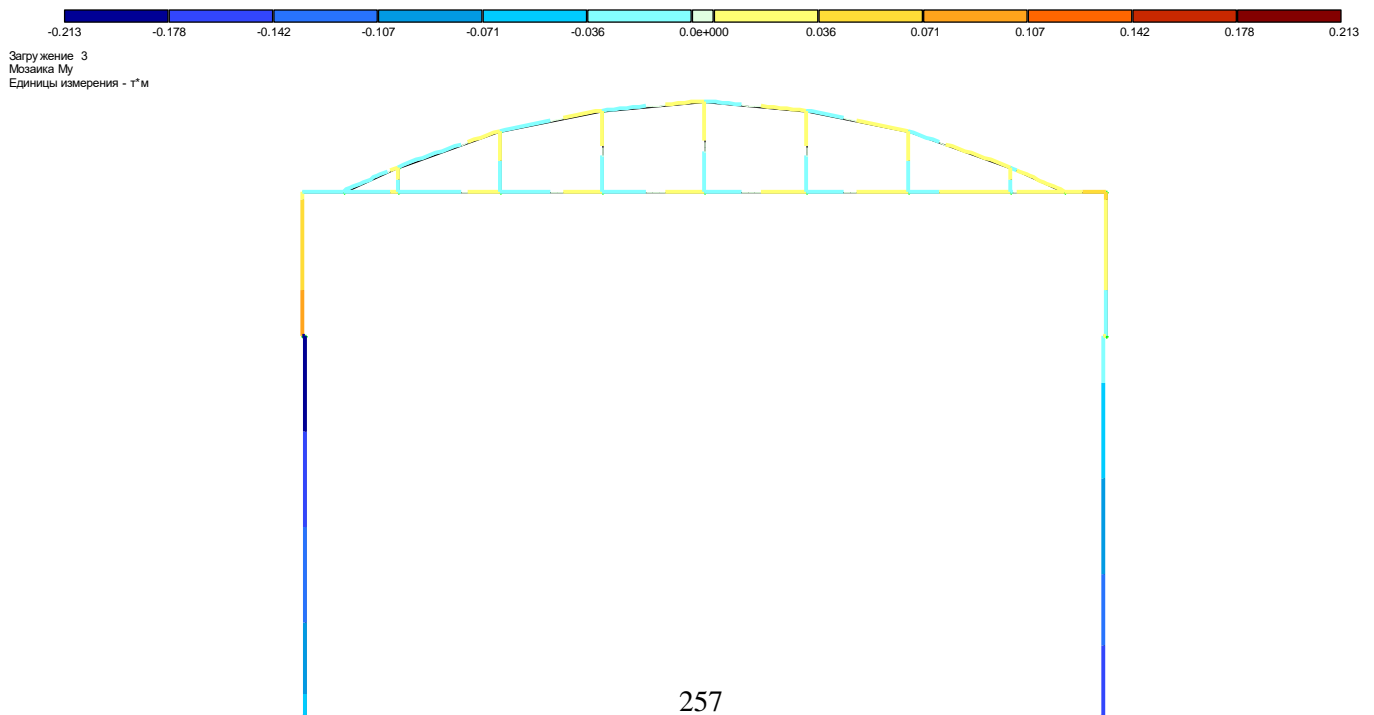


Рисунок 10.22 – Мозаїка згинальних моментів M_y в елементах рами (завантаження 3).

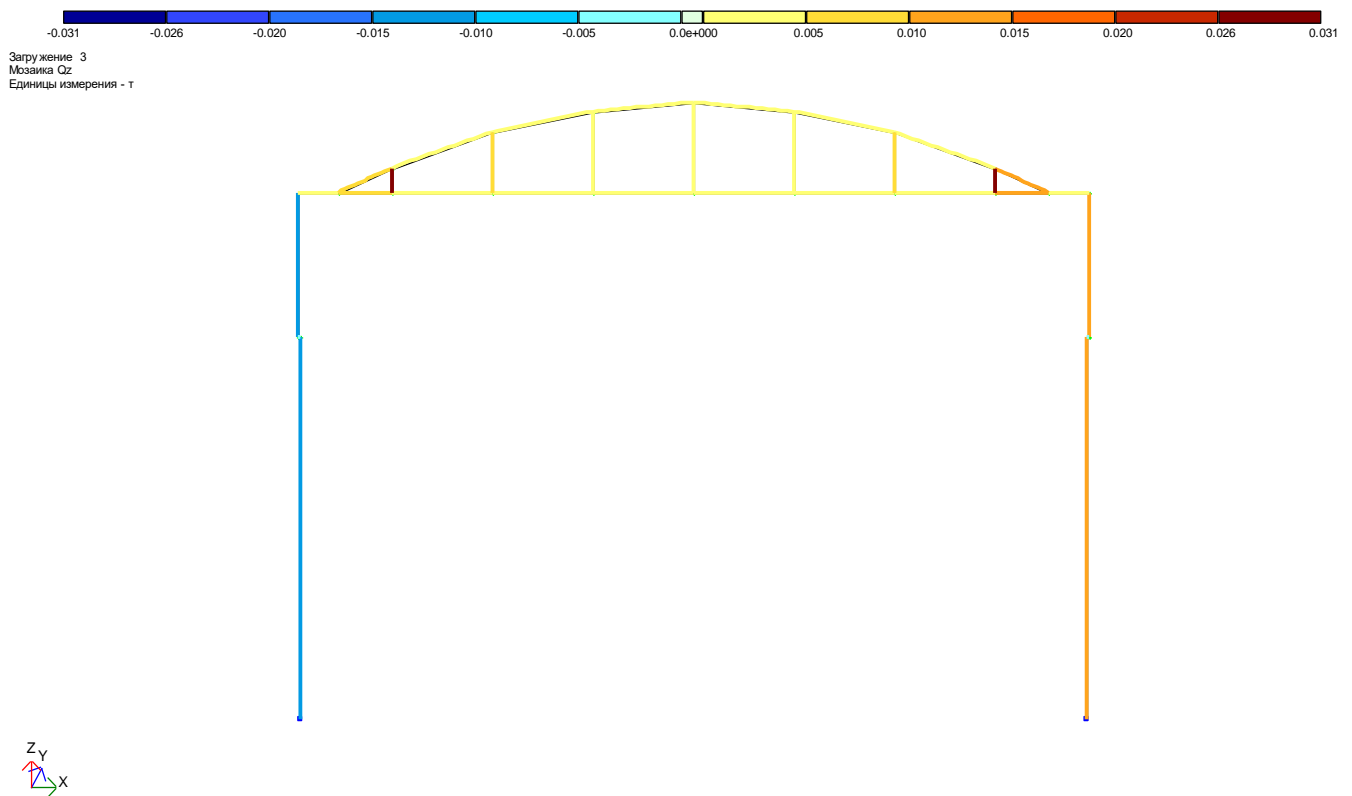


Рисунок 10.23 – Мозаїка поперечних сил Q_z в елементах рами
(завантаження 3).

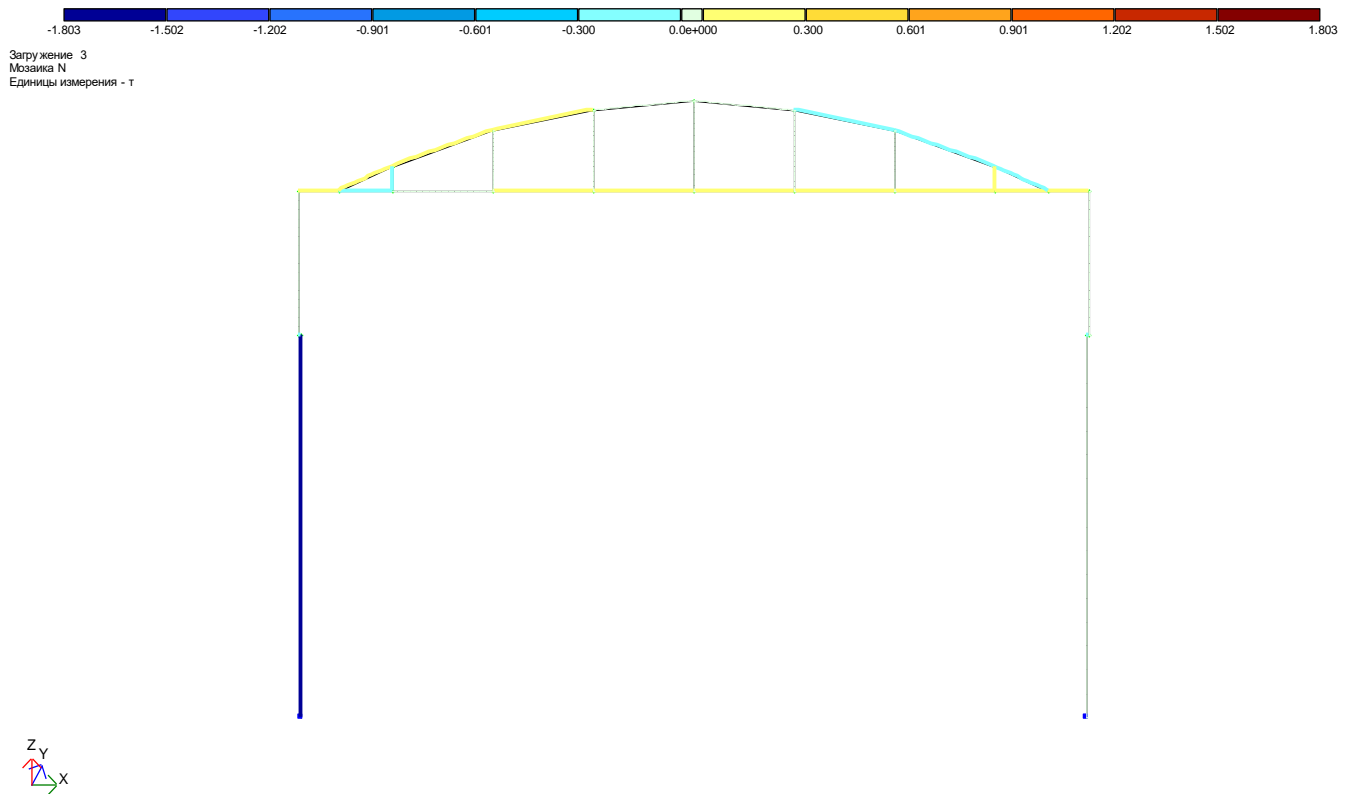


Рисунок 10.24 – Мозаїка поздовжніх сил N в елементах рами
(завантаження 3).

Таблиця 10.1 – Зусилля в елементах рами (завантаження 1)

№ элем	№ сечен	Усилия			Ти п элем	№ загруз
		N (т с)	My (тс*м)	Qz (тс)		
1	1	- 31.733	12. 628	1.52 0	10	1
1	2	- 31.733	18. 783	1.52 0	10	1
2	1	- 31.733	- 5.689	1.52 0	10	1
2	2	- 31.733	10. 724	1.52 0	10	1
3	1	- 14.942	14. 030	- 1.520	10	1
3	2	- 14.942	- 2.383	- 1.520	10	1
4	1	- 14.942	- 3.279	- 1.520	10	1
4	2	- 14.942	- 9.434	- 1.520	10	1
5	1	1.52 0	12. 628	- 31.733	10	1
5	2	1.52 0	10. 724	- 31.733	10	1
6	1	1.52 0	2.3 83	14.9 41	10	1
6	2	1.52 0	3.2 79	14.9 41	10	1
7	1	- 1.520	- 18.783	31.7 33	10	1
7	2	- 1.520	17. 003	27.9 18	10	1
8	1	77.6 35	8.7 18	- 4.099	10	1
8	2	77.6 35	2.1 18	- 4.099	10	1
9	1	38.9 25	- 0.607	0.22 1	10	1
9	2	38.9 25	0.0 57	0.22 1	10	1
10	1	37.7 08	0.5 68	1.71 3	10	1
10	2	37.7 08	3.3 26	1.71 3	10	1
11	1	- 1.520	6.6 96	- 13.442	10	1
11	2	- 1.520	- 9.434	- 13.442	10	1
12	1	66.5 23	6.1 61	- 2.581	10	1
12	2	66.5 23	- 1.582	- 2.581	10	1
13	1	59.8 55	260 4.5 64	- 2.126	10	1
13	2	59.8	-	-	10	1

Таблица 10.2 – Зусилля в елементах рами (завантаження 2)

№ элем	№ сечен	Усилия			Тип элем	№ загруз
		N (тс)	M _y (тс*м)	Q _z (тс)		
1	1	0.0	0.9	-	10	2
		61	38	0.693		
1	2	0.0	-	-	10	2
		61	1.870	0.693		
2	1	0.0	8.4	-	10	2
		61	28	0.693		
2	2	0.0	0.9	-	10	2
		61	42	0.693		
3	1	-	32.	-	10	2
		0.061	115	9.007		
3	2	-	-	1.7	10	2
		0.061	6.839	93		
4	1	-	-	1.7	10	2
		0.061	6.842	93		
4	2	-	0.4	1.7	10	2
		0.061	20	93		
5	1	-	0.9	0.0	10	2

		0.693	38	61		
5	2	-	0.9	0.0	10	2
		0.693	42	61		
6	1	-	6.8	0.0	10	2
		1.793	39	61		
6	2	-	6.8	0.0	10	2
		1.793	42	61		
7	1	0.6	1.8	-	10	2
		93	70	0.061		
7	2	0.6	1.7	-	10	2
		93	96	0.061		
8	1	3.3	0.9	-	10	2
		96	21	0.626		
8	2	3.3	-	-	10	2
		96	0.087	0.626		
9	1	1.2	-	0.0	10	2
		13	0.054	57		
9	2	1.2	0.1	0.0	10	2
		13	17	57		
10	1	1.5	-	0.1	10	2
		76	0.009	63		
10	2	1.5	0.2	0.1	10	2
		76	53	63		
11	1	0.6	0.4	-	10	2
		93	94	0.061		
11	2	0.6	0.4	-	10	2
		93	20	0.061		
12	1	1.8	0.4	-	10	2
		31	60	0.224		
12	2	1.8	-	-	10	2
		31	0.212	0.224		
13	1	1.3	0.1	-	10	2
		90	64	0.100		
13	2	1.3	-	-	10	2
		90	0.136	0.100		
14	1	1.2	0.0	-	10	2
		13	67	0.052		
14	2	1.2	-	-	10	2
		13	0.090	0.052		
15	1	1.1	0.0	-	10	2
		40	02	0.012		
15	2	1.1	-	-	10	2
		40	0.034	0.012		
16	1	1.1	-	0.0	10	2
		32	0.024	13		

1						
6	2	1.1	0.0	0.0	10	2
		32	15	13		
1		-	0.8	-		
7	1	2.703	75	0.560	10	2
		-	-	-		
7	2	2.703	0.108	0.560	10	2
		-	0.4	-		
8	1	1.131	41	0.205	10	2
		-	-	-		
8	2	1.131	0.209	0.205	10	2
		-	0.1	-		
9	1	0.691	65	0.099	10	2
		-	-	-		
9	2	0.691	0.137	0.099	10	2
		-	0.0	-		
0	1	0.517	67	0.052	10	2
		-	-	-		
0	2	0.517	0.090	0.052	10	2
		-	0.0	-		
1	1	0.450	02	0.012	10	2
		-	-	-		
1	2	0.450	0.034	0.012	10	2
		-	-	0.0		
2	1	0.445	0.024	13	10	2
		-	0.0	0.0		
2	2	0.445	16	13	10	2
		-	-	0.0		
3	1	0.530	0.053	52	10	2
		-	0.1	0.0		
3	2	0.530	12	52	10	2
		-	-	0.1		
4	1	0.899	0.016	46	10	2
		-	0.2	0.1		
4	2	0.899	41	46	10	2
		0.4	0.5	-		
5	1	02	47	1.565	10	2
		0.4	-	-		
5	2	02	0.549	1.565	10	2
		0.1	0.3	-		
6	1	24	76	0.441	10	2
		0.1	-	-		
6	2	24	0.374	0.441	10	2
		0.0	0.2	-		
7	1	48	04	0.177	10	2
		0.0	-	-		
2	2				10	2

7		48	0.204	0.177		
2		0.0	0.0	-		
8	1	40	92	0.072	10	2
2		0.0	-	-		
8	2	40	0.092	0.072	10	2
2		0.0	0.0	-		
9	1	25	10	0.008	10	2
2		0.0	-	-		
9	2	25	0.009	0.008	10	2
3		0.0	-	0.0		
0	1	44	0.068	80	10	2

Таблиця 10.3 – Зусилля в елементах рами (завантаження 3)

№ элем	№ сечен	Усилия			Тип элем	№ загруз
		N (т с)	My (тс*м)	Qz (тс)		
1	1	- 0.003	0.0 87	- 0.014	10	3
1	2	- 0.003	0.0 31	- 0.014	10	3
2	1	- 1.803	- 0.065	- 0.014	10	3
2	2	- 1.803	- 0.213	- 0.014	10	3
3	1	0.0 03	- 0.166	0. 014	10	3
3	2	0.0 03	- 0.018	0. 014	10	3
4	1	0.0 03	- 0.018	0. 014	10	3
4	2	0.0 03	0.0 38	0. 014	10	3
5	1	- 0.014	- 0.213	- 0.003	10	3
5	2	- 0.014	- 0.213	- 0.003	10	3
6	1	- 0.014	0.0 18	- 0.003	10	3
6	2	- 0.014	0.0 18	- 0.003	10	3
7	1	0.0 14	- 0.031	0. 003	10	3
7	2	0.0 14	- 0.028	0. 003	10	3
8	1	- 0.025	- 0.014	0. 010	10	3
8	2	- 0.025	0.0 02	0. 010	10	3
9	1	0.0 31	- 0.004	0. 004	10	3
9	2	0.0 31	0.0 09	0. 004	10	3
0	1	0.0 61	- 0.002	0. 012	10	3
0	2	0.0 61	0.0 17	0. 012	10	3
1	1	0.0 14	0.0 34	0. 003	10	3
1	2	0.0 14	0.0 38	0. 003	10	3
1	1	0.0 01	- 0.007	0. 004	10	3
1	2	0.0 01	0.0 04	0. 004	10	3
1	3	0.0 09	265 0.003	0. 002	10	3
1	2	0.0	0.0	0.	10	3

11 КОНТРОЛЬНА РОБОТА №4 «РОЗРАХУНОК ПЛОСКИХ ЕЛЕМЕНТІВ
ПЕРЕКРИТТЯ І ПРОСТОРОВИХ БЛОКІВ ПОКРИТТЯ»

11.1 Завдання для самостійного вирішення

11.1. Побудувати епюри зусиль M_y , Q_z і N , які виникають в балках блока покриття, від дії навантаження $p=2$ т/м² (рис. 11.1, а). Модулі пружності: сталі – $E=2,1 \cdot 10^7$ т/м², залізобетона – $E=24 \cdot 10^5$ т/м². Коефіцієнт $\mu=0,2$. Поперечні перетини: Б1 - $\perp 24$, Б2 - $\perp 20$, С1 – труба $\Phi 121 \times 6$ мм.

11.2. Побудувати епюри зусиль M_y , Q_z і N , які виникають в балках блока покриття, від дії навантаження $p=2,6$ т/м² (рис. 11.1, б). Модуль пружності сталі – $E=2,1 \cdot 10^7$ т/м². Коефіцієнт $\mu=0,2$. Поперечні перетини: Б1 - $\perp 20$, Б2 - $\perp 18$, С1 – $\Phi 100 \times 5$ мм.

11.3. Побудувати епюри зусиль M_y , Q_z і N , які виникають в балках блока покриття, від дії навантаження $p=3,1$ т/м² (рис. 11.1, в). Модуль пружності сталі – $E=2,1 \cdot 10^7$ т/м². Коефіцієнт $\mu=0,2$. Поперечні перетини: Б1 - $\perp 22$, Б2 - $\perp 20$, С1 – труба $\Phi 127 \times 3$ мм.

11.4. Побудувати епюри зусиль M_y , Q_z і N , які виникають в балках блока покриття, від дії навантаження $p=1,8$ т/м² (рис. 11.1, г). Модулі пружності: сталі – $E=2,1 \cdot 10^7$ т/м², залізобетона – $E=25 \cdot 10^5$ т/м². Коефіцієнт $\mu=0,2$. Поперечні перетини: С1 – труба $\Phi 121 \times 5$ мм, С2 – $\Phi 70 \times 5$ мм, С3 – $\Phi 70 \times 5$ мм, С4 – $\Phi 89 \times 5$ мм.

11.5. Побудувати епюри зусиль M_y , Q_z і N , які виникають в балках блока покриття, від дії навантаження $p=1,5$ т/м² (рис. 11.1, д). Модулі пружності: сталі – $E=2,1 \cdot 10^7$ т/м², залізобетона – $E=24 \cdot 10^5$ т/м². Коефіцієнт $\mu=0,2$. Поперечні перетини: С1 – труба $\Phi 127 \times 3$ мм, С2 – $\Phi 83 \times 3$ мм, С3 – $\Phi 83 \times 3$ мм, С4 – $\Phi 102 \times 3$ мм.

11.6. Побудувати епюри зусиль M_y , Q_z і N , які виникають в балках блока покриття, від дії навантаження $p=1,6$ т/м² (рис. 11.1, е). Модуль пружності сталі – $E=2,1 \cdot 10^7$ т/м². Коефіцієнт $\mu=0,2$. Поперечні перетини: С1

– труба $\Phi 102 \times 5$ мм, C2 – $\Phi 57 \times 5$ мм, C3 – $\Phi 70 \times 5$ мм, C4 – $\Phi 70 \times 5$ мм, C5 – $\Phi 102 \times 5$ мм.

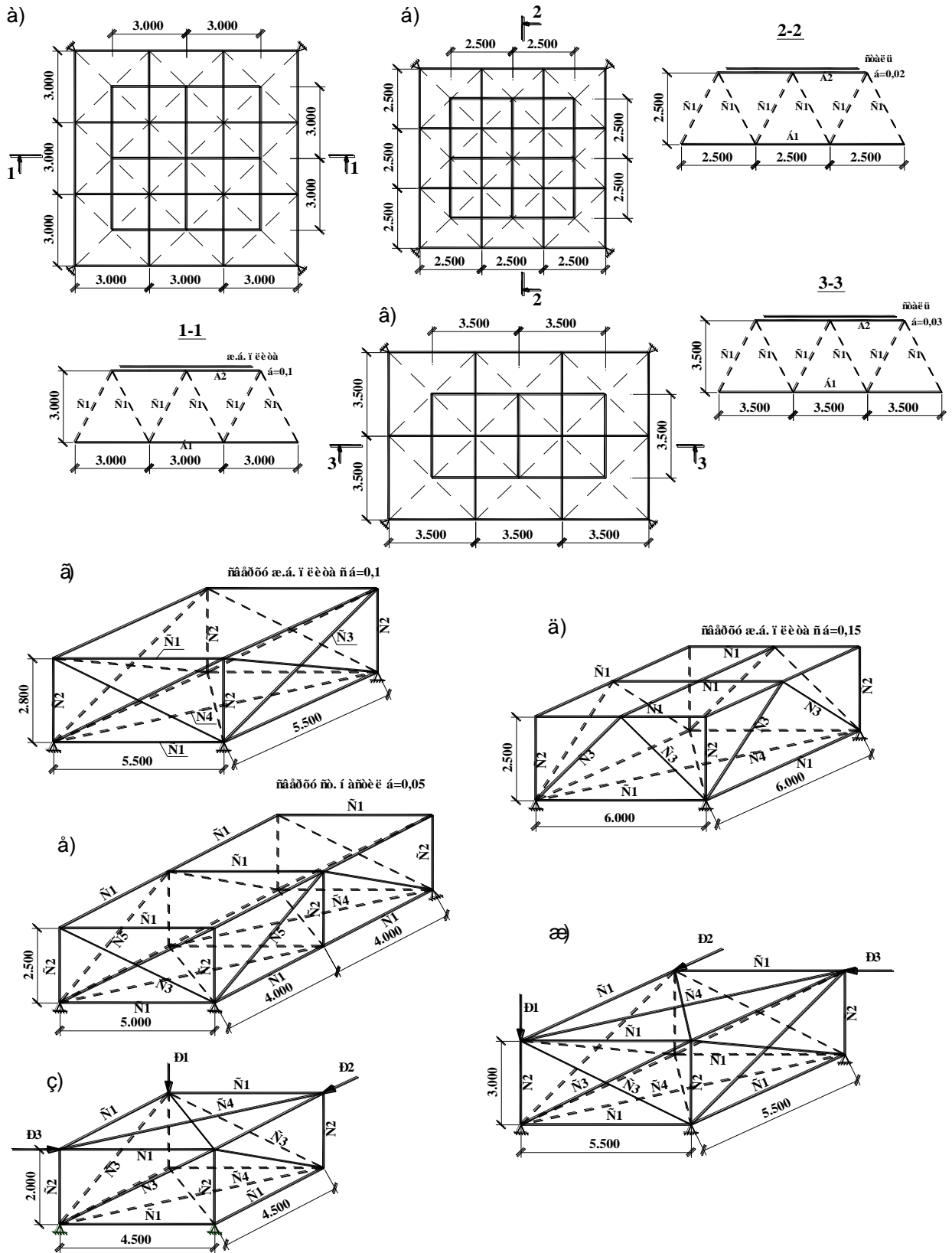


Рисунок 11.1 – Розрахункові схеми просторових шарнірно-стержневих блоків покриття.

11.7. Побудувати епюри зусиль M_y , Q_z і N , які виникають в балках блока покриття, від дії сил $P_1=15$ т, $P_2=22$ т, $P_3=8$ т (рис. 11.1, ж). Модуль пружності сталі – $E=2,1 \cdot 10^7$ т/м². Коефіцієнт $\mu=0,2$. Поперечні перетини: С1 – $\#100 \times 4$ мм, С2 – $\#80 \times 4$ мм, С3 – $\#80 \times 4$ мм, С4 – $\#80 \times 4$ мм.

11.8. Побудувати епюри зусиль M_y , Q_z і N , які виникають в балках блока покриття, від дії сил $P_1=16$ т, $P_2=30$ т, $P_3=11$ т (рис. 11.1, з). Модуль пружності сталі – $E=2,1 \cdot 10^7$ т/м². Коефіцієнт $\mu=0,2$. Поперечні перетини: С1 – $\perp 110 \times 8$ мм, С2 – $\perp 50 \times 5$ мм, С3 – $\perp 125 \times 9$ мм, С4 – $\perp 80 \times 7$ мм.

11.9. Побудувати епюри зусиль M_y і Q_z , які виникають в ребрах жорсткості плити, від дії сил $P_1=2,4$ т, $P_2=1,6$ т, $P_3=4$ т, $p=0,3$ т/м² (рис. 11.2, а). Матеріал – залізобетон з $E=25 \cdot 10^5$ т/м². Коефіцієнт $\mu=0,2$.

11.10. Побудувати епюри зусиль M_y і Q_z , які виникають в ребрах жорсткості плити, від дії сил $P_1=2,6$ т, $P_2=1,8$ т, $P_3=0,4$ т, $P_4=1,2$ т, $p=1,05$ т/м² (рис. 11.2, б). Матеріал – залізобетон з $E=26,5 \cdot 10^5$ т/м². Коефіцієнт $\mu=0,2$.

11.11. Побудувати епюри зусиль M_y і Q_z , які виникають в ребрах жорсткості плити, від дії сил $P_1=1,6$ т, $P_2=1,2$ т, $P_3=0,8$ т, $p=0,38$ т/м² (рис. 11.2, в). Матеріал – залізобетон з $E=24 \cdot 10^5$ т/м². Коефіцієнт $\mu=0,2$.

11.12. Побудувати епюри зусиль M_y і Q_z , які виникають в ребрах жорсткості плити, від дії сил $P_1=1,4$ т, $P_2=0,8$ т, $P_3=1$ т, $p=0,5$ т/м² (рис. 11.2, г). Матеріал – залізобетон з $E=23 \cdot 10^5$ т/м². Коефіцієнт $\mu=0,2$.

11.13. Побудувати епюри зусиль M_y і Q_z , які виникають в ребрах жорсткості плити, від дії сил $P_1=3,1$ т, $P_2=0,6$ т, $P_3=1,1$ т, $p=0,18$ т/м² (рис. 11.2, д). Матеріал – залізобетон з $E=25 \cdot 10^5$ т/м². Коефіцієнт $\mu=0,2$.

11.14. Побудувати епюри зусиль M_y і Q_z , які виникають в ребрах жорсткості плити, від дії сил $P_1=1$ т, $P_2=1,2$ т, $P_3=2$ т, $p=0,4$ т/м² (рис. 47, е). Матеріал – залізобетон з $E=25 \cdot 10^5$ т/м². Коефіцієнт $\mu=0,2$.

11.15. Побудувати епюри зусиль M_y і Q_z , які виникають в ребрах жорсткості плити, від дії сил $P_1=1,6$ т, $P_2=1,5$ т, $P_3=1,3$ т, $p=0,75$ т/м² (рис. 11.2, ж). Матеріал – залізобетон з $E=24 \cdot 10^5$ т/м². Коефіцієнт $\mu=0,2$.

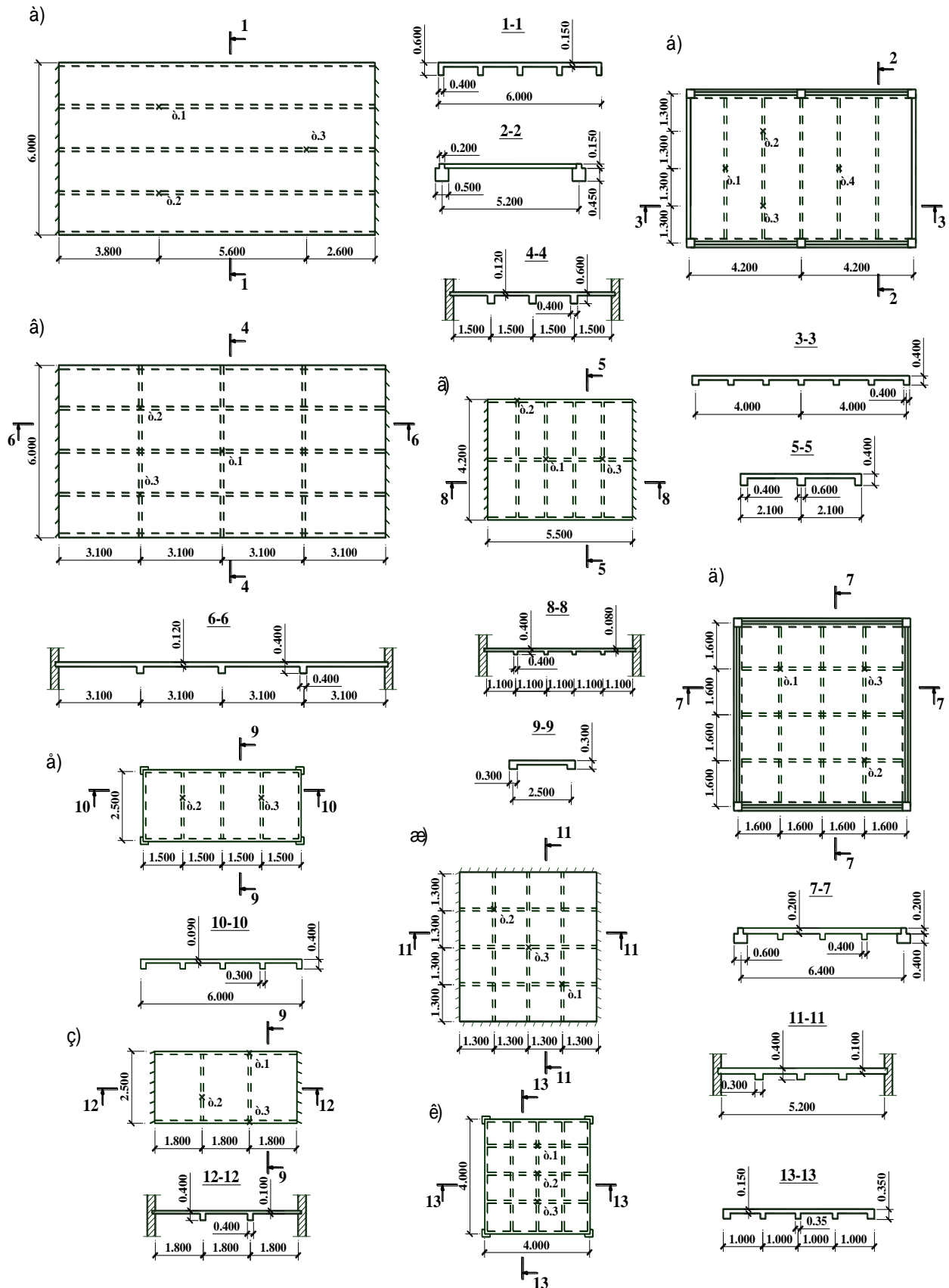


Рисунок 11.2 – Розрахункові схеми монолітних перекриттів.

11.16. Побудувати епюри зусиль M_y і Q_z , які виникають в ребрах жорсткості плити, від дії сил $P_1=0,7$ т, $P_2=1,1$ т, $P_3=0,9$ т, $p=0,7$ т/м² (рис. 11.2, з). Матеріал – залізобетон з $E=23 \cdot 10^5$ т/м². Коефіцієнт $\mu=0,2$.

11.17. Побудувати епюри зусиль M_y і Q_z , які виникають в ребрах жорсткості плити, від дії сил $P_1=2$ т, $P_2=1$ т, $P_3=0,5$ т, $p=0,8$ т/м² (рис. 11.2, к). Матеріал – залізобетон з $E=25 \cdot 10^5$ т/м². Коефіцієнт $\mu=0,2$.

11.18. Побудувати епюри зусиль M_y і Q_z , які виникають в балках майданчика, від дії сил $P_1=3,6$ т, $P_2=2,4$ т, $P_3=4,8$ т, $p=1,2$ т/м² (рис. 11.3, а). Матеріал – сталь з $E=2,1 \cdot 10^7$ т/м². Коефіцієнт $\mu=0,2$. Поперечні перетини: Б1 - $\perp 40Б1$, Б2 - $\perp 30Б1$, Б3 – [30.

11.19. Побудувати епюри зусиль M_y і Q_z , які виникають в балках майданчика, від дії сил $P_1=10$ т, $P_2=15$ т, $P_3=6$ т, $p=2$ т/м² (рис. 11.3, б). Матеріал – сталь з $E=2,1 \cdot 10^7$ т/м². Коефіцієнт $\mu=0,2$. Поперечні перетини: Б1 - $\perp 70Ш1$, Б2 - $\perp 40Ш1$, Б3 – [30.

11.20. Побудувати епюри зусиль M_y і Q_z , які виникають в балках майданчика, від дії сил $P_1=12$ т, $P_2=25$ т, $P_3=4$ т, $p=2,5$ т/м² (рис. 11.3, в). Матеріал – сталь з $E=2,1 \cdot 10^7$ т/м². Коефіцієнт $\mu=0,2$. Поперечні перетини: Б1 - $\perp 60Б1$, Б2 - $\perp 40$, Б3 – [20.

11.21. Побудувати епюри зусиль M_y і Q_z , які виникають в балках майданчика, від дії сил $P_1=8$ т, $P_2=10$ т, $P_3=9$ т, $p=2,1$ т/м² (рис. 11.3, г). Матеріал – сталь з $E=2,1 \cdot 10^7$ т/м². Коефіцієнт $\mu=0,2$. Поперечні перетини: Б1 - $\perp 40Б1$, Б2 - $\perp 40$, Б3 – [30.

11.22. Побудувати епюри зусиль M_y і Q_z , які виникають в балках майданчика, від дії сил $P_1=10$ т, $p=2,1$ т/м² (рис. 11.3, д). Матеріал – сталь з $E=2,1 \cdot 10^7$ т/м². Коефіцієнт $\mu=0,2$. Поперечні перетини: Б1 - $\perp 50Б1$, Б2 - $\perp 40$, Б3 – [20.

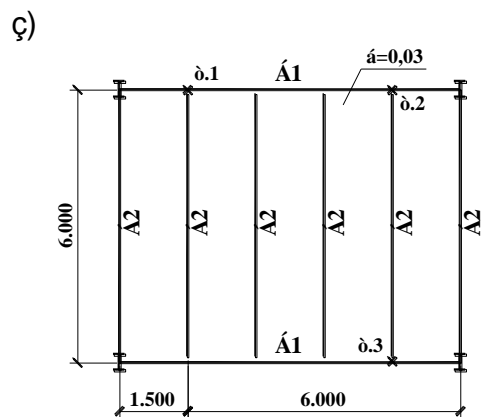
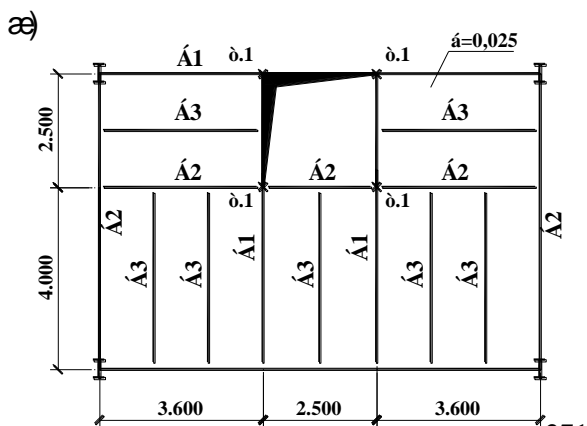
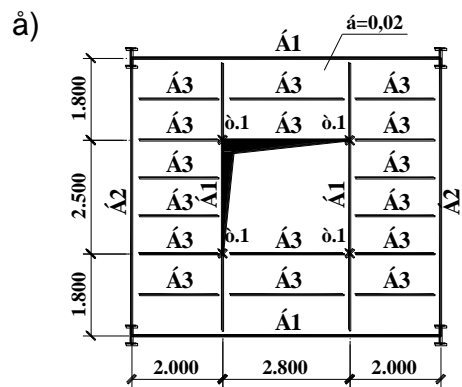
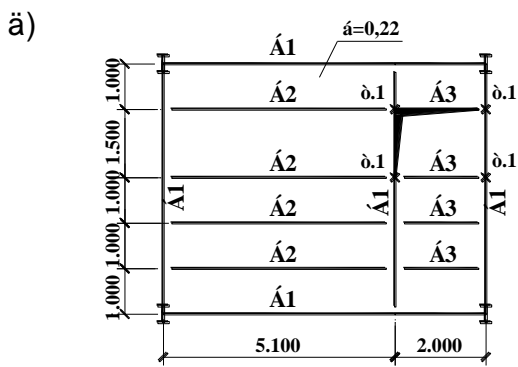
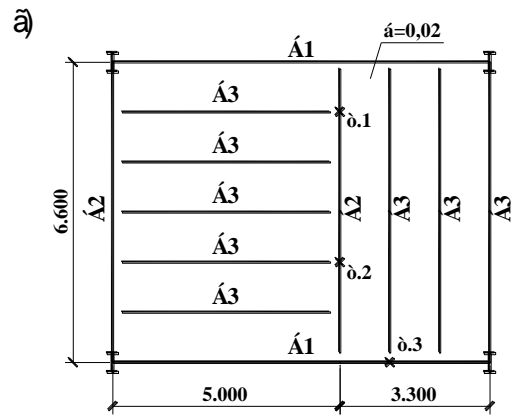
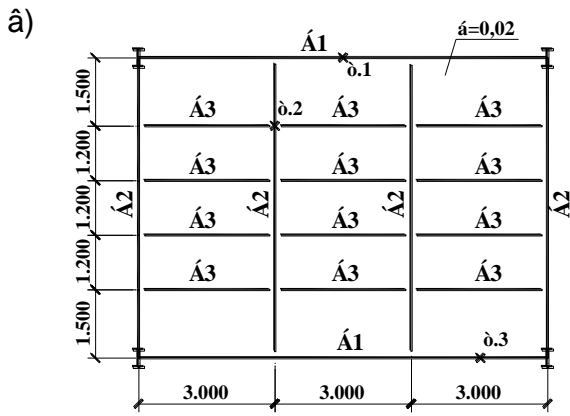
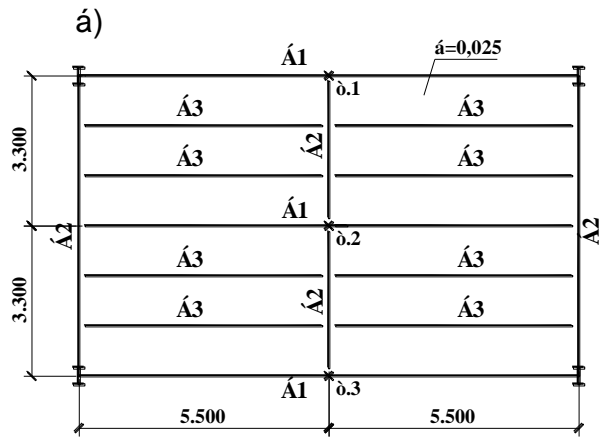
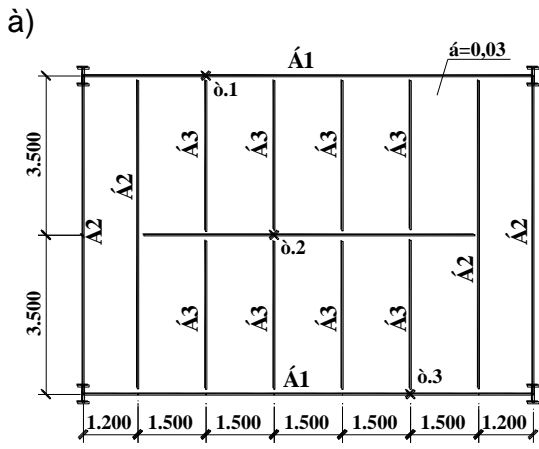


Рисунок 11.3 – Розрахункові схеми робочих майданчиків.

11.23. Побудувати епюри зусиль M_y і Q_z , які виникають в балках майданчика, від дії сил $P_1=16$ т, $p=1,5$ т/м² (рис. 11.3, е). Матеріал – сталь з $E=2,1 \cdot 10^7$ т/м². Коефіцієнт $\mu=0,2$. Поперечні перетини: Б1 - $\perp 45Б1$, Б2 - $\perp 40$, Б3 – [27.

11.24. Побудувати епюри зусиль M_y і Q_z , які виникають в балках майданчика, від дії сил $P_1=11$ т, $p=2,2$ т/м² (рис. 11.3, ж). Матеріал – сталь з $E=2,1 \cdot 10^7$ т/м². Коефіцієнт $\mu=0,2$. Поперечні перетини: Б1 - $\perp 45Ш1$, Б2 - $\perp 35Б1$, Б3 – [30.

11.25. Побудувати епюри зусиль M_y і Q_z , які виникають в балках майданчика, від дії сил $P_1=8$ т, $P_2=16$ т, $P_3=4$ т, $p=1,4$ т/м² (рис. 11.3, з). Матеріал – сталь з $E=2,1 \cdot 10^7$ т/м². Коефіцієнт $\mu=0,2$. Поперечні перетини: Б1 - $\perp 35Б1$, Б2 - $\perp 40$.

11.26. Побудувати епюри зусиль M_y і Q_z , які виникають в бортових елементах оболонки, та ізополя напружень по M_x і M_y від дії навантаження $p=0,8$ т/м² (рис. 11.4). Матеріал – залізобетон з $E=25 \cdot 10^5$ т/м². Коефіцієнт $\mu=0,2$. Розміри оболонки: $l_1=12$ м, $l_2=30$ м, $h=3,0$ м, $a=0,6$ м, $b=0,4$ м, $b=0,1$ м.

11.27. Побудувати епюри зусиль M_y і Q_z , які виникають в бортових елементах оболонки, та ізополя напружень по M_x і M_y від дії навантаження $p=0,9$ т/м² (рис. 11.4). Матеріал – залізобетон з $E=24 \cdot 10^5$ т/м². Коефіцієнт $\mu=0,2$. Розміри оболонки: $l_1=10$ м, $l_2=23$ м, $h=2,3$ м, $a=0,6$ м, $b=0,4$ м, $b=0,1$ м.

11.28. Побудувати епюри зусиль M_y і Q_z , які виникають в бортових елементах оболонки, та ізополя напружень по M_x і M_y від дії навантаження $p=0,95$ т/м² (рис. 11.4). Матеріал – залізобетон з $E=25 \cdot 10^5$ т/м². Коефіцієнт $\mu=0,2$. Розміри оболонки: $l_1=9$ м, $l_2=24$ м, $h=2,4$ м, $a=0,5$ м, $b=0,4$ м, $b=0,09$ м.

11.29. Побудувати епюри зусиль M_y і Q_z , які виникають в бортових елементах оболонки, та ізополя напружень по M_x і M_y від дії навантаження $p=0,85 \text{ т/м}^2$ (рис. 11.4). Матеріал – залізобетон з $E=26,5 \cdot 10^5 \text{ т/м}^2$. Коефіцієнт $\mu=0,2$. Розміри оболонки: $l_1=9 \text{ м}$, $l_2=20 \text{ м}$, $h=2,0 \text{ м}$, $a=0,5 \text{ м}$, $b=0,35 \text{ м}$, $b=0,1 \text{ м}$.

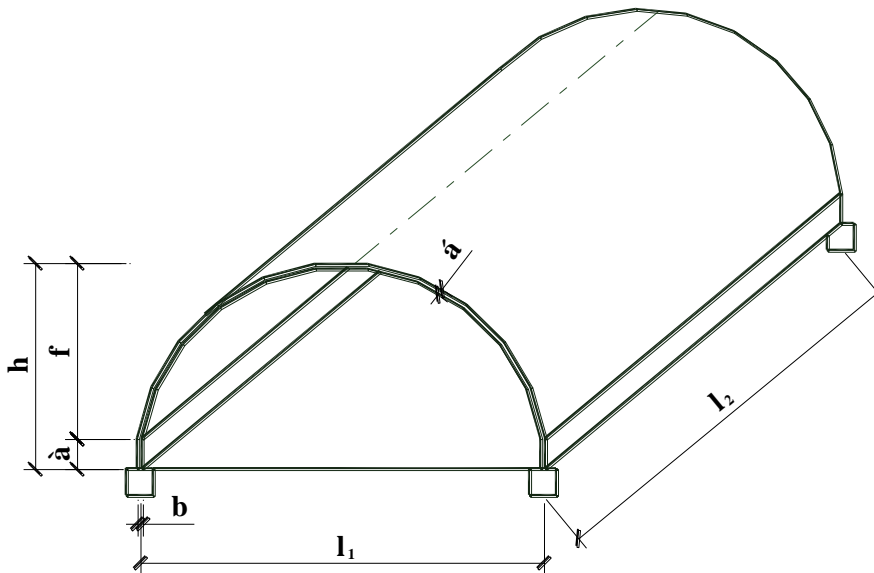


Рисунок 11.4 – Розрахункова схема циліндричної оболонки.

11.30. Побудувати епюри зусиль M_y і Q_z , які виникають в бортових елементах оболонки, та ізополя напружень по M_x і M_y від дії навантаження $p=1,1 \text{ т/м}^2$ (рис. 11.4). Матеріал – залізобетон з $E=23,5 \cdot 10^5 \text{ т/м}^2$. Коефіцієнт $\mu=0,2$. Розміри оболонки: $l_1=10,5 \text{ м}$, $l_2=28 \text{ м}$, $h=2,8 \text{ м}$, $a=0,7 \text{ м}$, $b=0,4 \text{ м}$, $b=0,11 \text{ м}$.

11.31. Побудувати епюри зусиль M_y і Q_z , які виникають в бортових елементах оболонки, та ізополя напружень по M_x і M_y від дії навантаження $p=0,6 \text{ т/м}^2$ (рис. 11.4). Матеріал – залізобетон з $E=24 \cdot 10^5 \text{ т/м}^2$. Коефіцієнт $\mu=0,2$. Розміри оболонки: $l_1=11 \text{ м}$, $l_2=28 \text{ м}$, $h=2,8 \text{ м}$, $a=0,9 \text{ м}$, $b=0,5 \text{ м}$, $b=0,1 \text{ м}$.

11.32. Побудувати епюри зусиль M_y і Q_z , які виникають в бортових елементах оболонки, та ізополя напружень по M_x і M_y від дії навантаження

$p=0,7 \text{ т/м}^2$ (рис. 11.4). Матеріал – залізобетон з $E=23,5 \cdot 10^5 \text{ т/м}^2$. Коефіцієнт $\mu=0,2$. Розміри оболонки: $l_1=12 \text{ м}$, $l_2=30 \text{ м}$, $h=3,0 \text{ м}$, $a=1 \text{ м}$, $b=0,6 \text{ м}$, $b=0,12 \text{ м}$.

11.33. Побудувати епюри зусиль M_y і Q_z , які виникають в бортових елементах оболонки, та ізополя напружень по M_x і M_y від дії навантаження $p=0,8 \text{ т/м}^2$ (рис. 11.4). Матеріал – залізобетон з $E=24 \cdot 10^5 \text{ т/м}^2$. Коефіцієнт $\mu=0,2$. Розміри оболонки: $l_1=13 \text{ м}$, $l_2=26 \text{ м}$, $h=2,7 \text{ м}$, $a=0,9 \text{ м}$, $b=0,5 \text{ м}$, $b=0,1 \text{ м}$.

11.2 Приклад виконання контрольної роботи

В наданих методичних вказівках для самостійного вирішення приводяться задачі наступних типів:

- 1) Плоскі залізобетонні монолітні перекриття;
- 2) Плоскі металеві балочні клітки робочих майданчиків;
- 3) Просторові шарнірно-стержневі металеві блоки покриття, у т. ч. типу «структура»;
- 4) Довгі циліндричні залізобетонні оболонки.

Загальною рекомендацією при створенні розрахункової схеми є те, що для обумовленості матриці канонічних рівнянь слід уникати великої різниці сторін кінцевого елемента плитної частини системи. Відношення розмірів сторін прямокутника не повинно перевищувати 1,5:1.

Розглянемо особливості вирішення задач наведених типів.

1) Монолітні перекриття.

Такі задачі вирішуються по 3 признаку системи. Система розташовується в площині XOY , і кожен вузол системи має три ступені волі: лінійне переміщення уздовж вісі Z та повороти навколо вісей X і Y .

В задачах такого типу використовується кінцевий елемент типу 3 – стержень балочного розтертку, який моделює роботу поперечних і поздовжніх ребер жорсткості монолітного перекриття. Плитна частина

моделюється за допомогою кінцевого елемента типу 11 – прямокутний кінцевий елемент плити.

В «Жорсткісних характеристиках» для елементів типу 3 задаються геометричні розміри перетину, а для елементів типу 11 необхідно задавати три параметра: модуль деформації E (т/м²); коефіцієнт Пуассона μ , а також товщину плити δ в м.

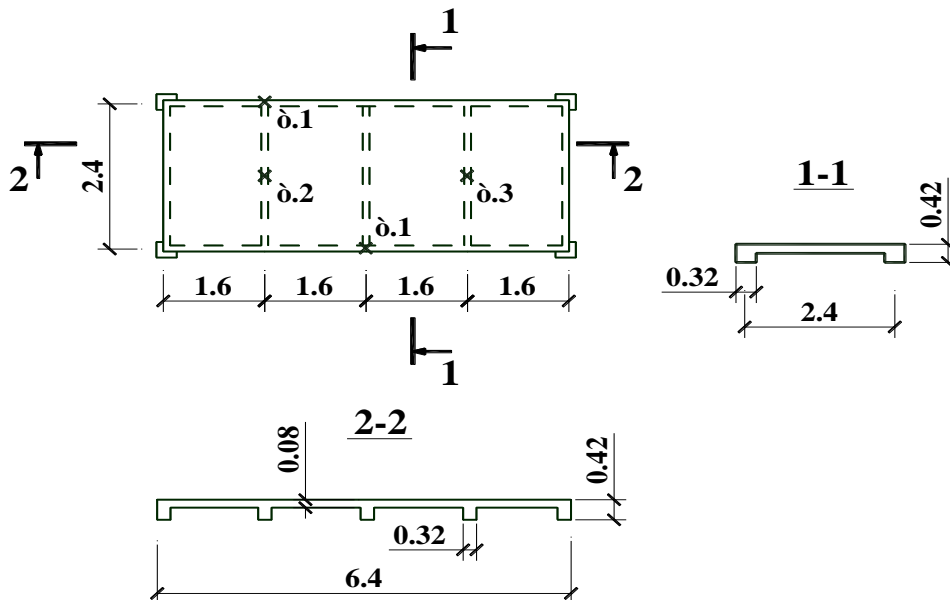
В опорних закріпленнях системи можливе обмеження волі по трьом ступеням:

3 - лінійне переміщення уздовж вісі Z;

4 - поворот навколо вісі X;

5 - поворот навколо вісі Y.

Завдання. Побудувати епюри зусиль M_y та Q_z , які виникають в ребрах жорсткості плити, від дії сил $P_1=1,4$ т, $P_2=3,6$ т, $P_3=5$ т, $p=0,27$ т/м². Матеріал – залізобетон з $E=25 \cdot 10^5$ т/м². Коефіцієнт $\mu=0,2$.



Приклад оформлення звіту по контрольній роботі.

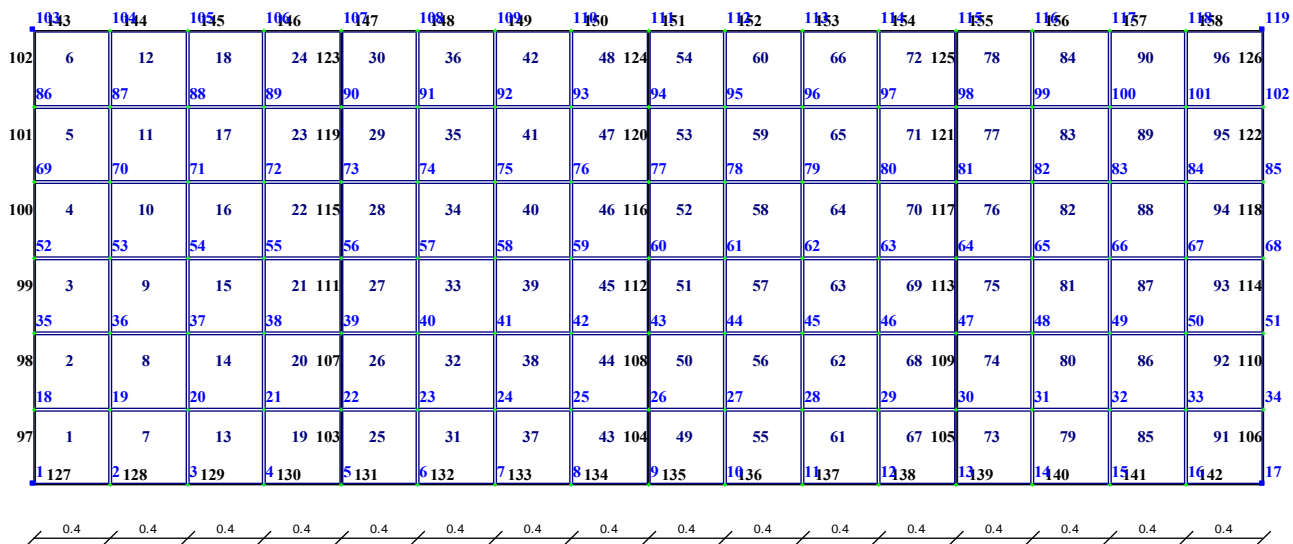


Рисунок 11.5 – Розрахункова схема перекриття.

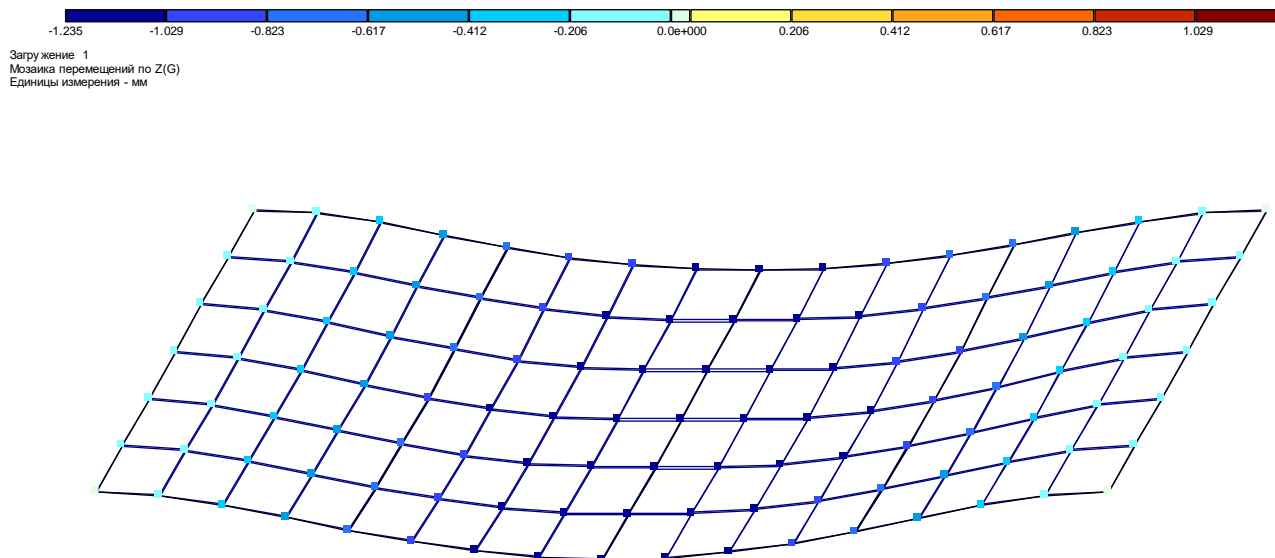


Рисунок 11.6 – Мозаїка переміщень вузлів перекриття уздовж вісі Z.

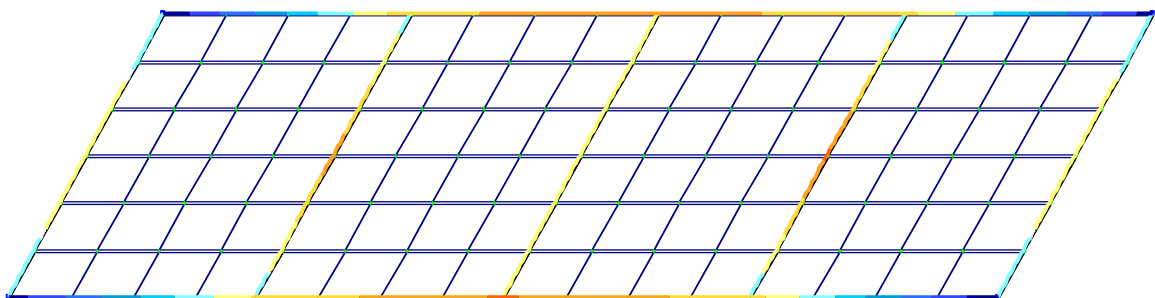


Рисунок 11.7 – Епюри згинальних моментів M_y в ребрах перекриття.

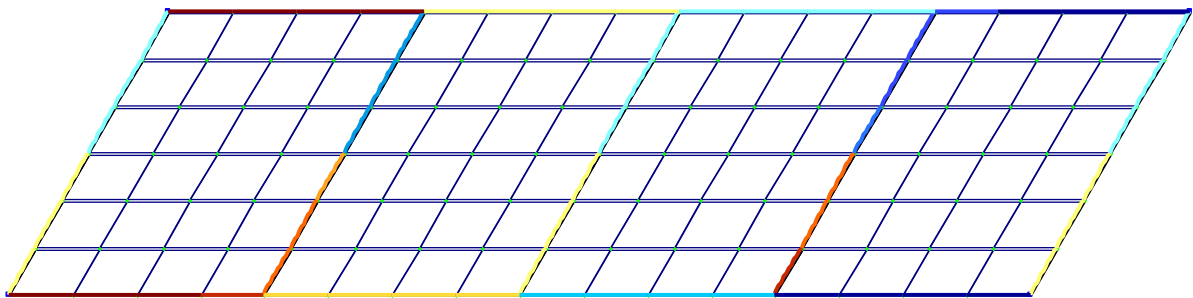
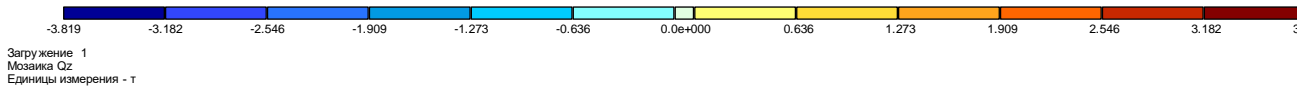


Рисунок 11.8 – Епюри поперечних сил Q_z в ребрах перекриття.

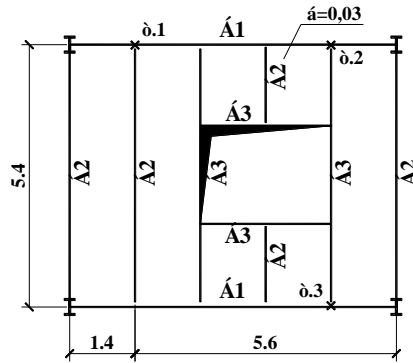
2) Балочні клітки.

Особливості вирішення таких задач майже не відрізняються від задач першого типу.

Різниця полягає в тому, що кінцевий елемент типу 3 моделює роботу поперечних і поздовжніх балок настилу і при задаванні жорсткісних характеристик цих балок, які мають перетини у вигляді двотавра чи

швелера, задаються ні геометричні розміри перетину, а обирається прокатний металевий профіль із сортаменту.

Завдання. Побудувати епюри зусиль M та Q , які виникають в балках майданчика, від дії сил $P_1=1,6$ т, $P_2=2,7$ т, $P_3=5$ т, $p=1,0$ т/м². Матеріал – сталь з $E=2,1 \cdot 10^7$ т/м². Коефіцієнт $\mu=0,2$. Поперечні перетини: Б1 - $\text{I}40\text{Б1}$, Б2 - $\text{I}30\text{Б1}$, Б3 – [30.



Приклад оформлення звіту по контрольній роботі.

	9440	9541	9642	9743	9846	9949	1002	1015	1026	1037	104
87	9	18 96	27	36 105	42	48 111	54	60 120	69	78 129	
	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93
86	8	17 95	26	35 104	41	47 110	53	59 119	68	77 128	
	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82
85	7	16 94	25	34 103	40	46 109	52	58 118	67	76 127	
	61	62	63	64	65 45	66 48	67 51	68 54	69	70	71
84	6	15 93	24	33 102				117	66	75 126	
	53	54	55	56	57			58	59	60	
83	5	14 92	23	32 101				116	65	74 125	
	45	46	47	48	49			50	51	52	
82	4	13 91	22	31 100				115	64	73 124	
	34	35	36	37	38 44	39 47	40 50	41 53	42	43	44
81	3	12 90	21	30 99	39	45 108	51	57 114	63	72 123	
	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33
80	2	11 89	20	29 98	38	44 107	50	56 113	62	71 122	
	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
79	1	10 88	19	28 97	37	43 106	49	55 112	61	70 121	
	1 130	2 131	3 132	4 133	5 134	6 135	7 136	8 137	9 138	10 139	11
	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	

Рисунок 11.9 – Розрахункова схема балочної клітки.

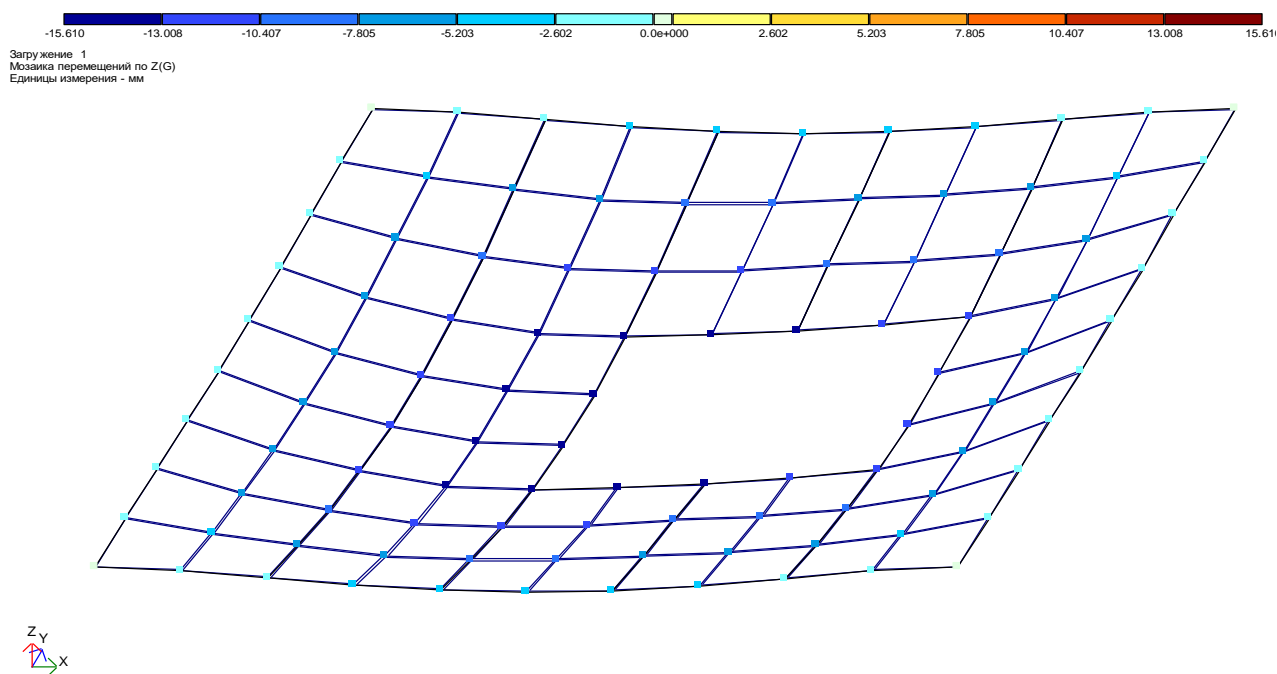


Рисунок 11.10 – Мозаїка переміщень вузлів балочної клітки уздовж вісі Z.

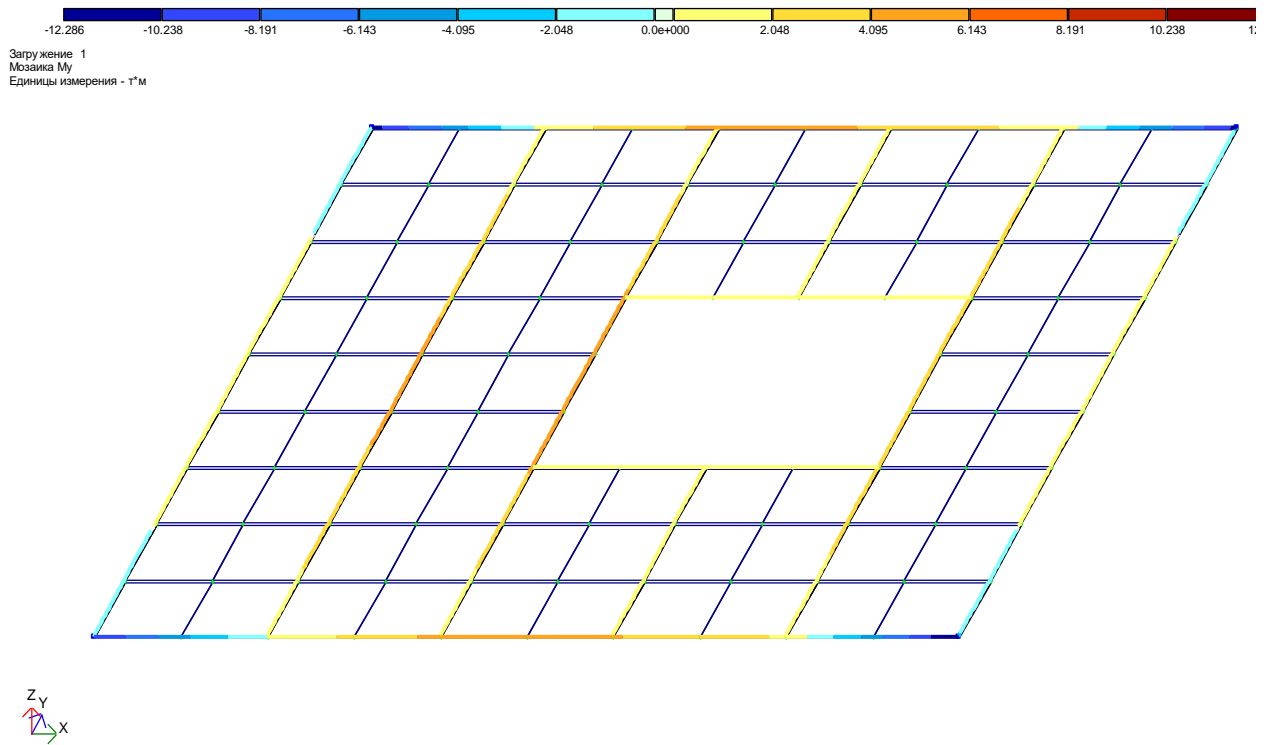


Рисунок 11.11 – Епюри згинальних моментів M_y в балках балочної клітки.

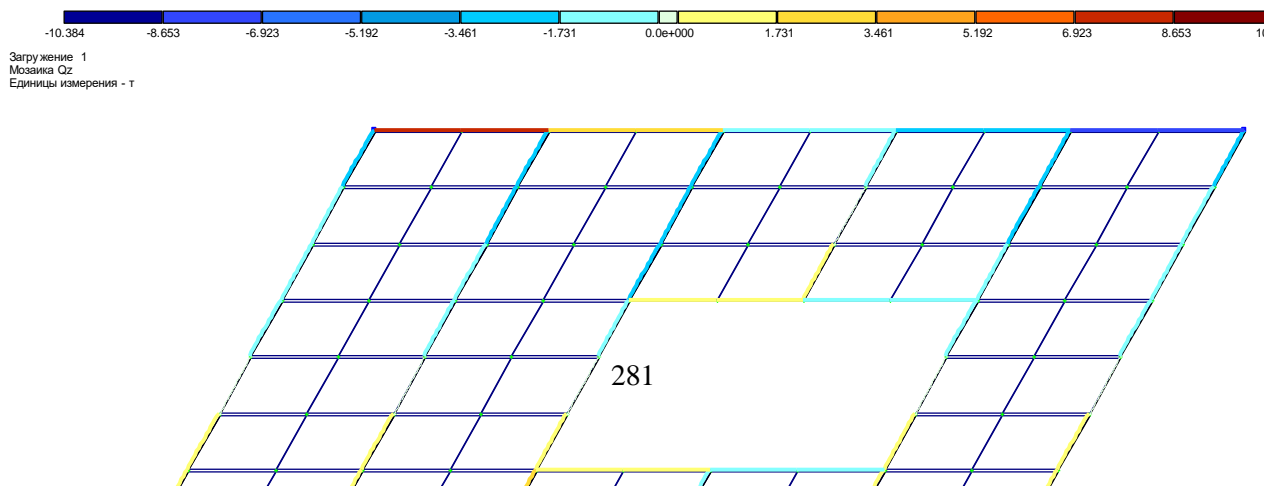


Рисунок 11.12 – Епюри поперечних сил Q_z в балках балочної клітки.

3) Просторові блоки покриття.

Такі задачі вирішуються по 4 признаку системи. Система розташовується в правій Декартові системі координат. Кожен вузол системи має три ступені волі: лінійні переміщення уздовж вісей X , Y і Z .

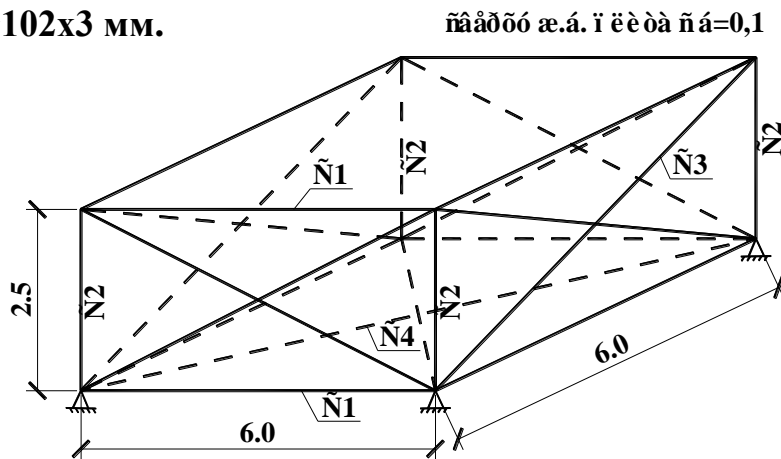
В задачах використовується кінцевий елемент типу 4 – шарнірний стержень просторової ферми. Плитна частина покриття моделюється за допомогою кінцевого елемента типу 23 – прямокутний кінцевий елемент плити загального положення.

В «Жорсткісних характеристиках» для елементів типу 4 задаються геометричні розміри перетину, а для елементів типу 23 - модуль деформації E (т/м²); коефіцієнт Пуассона μ , а також товщина покриття δ в м.

В опорних закріпленнях системи можливе обмеження волі по трьом ступеням:

- 1 - лінійне переміщення уздовж вісі X;
- 2 - лінійне переміщення уздовж вісі Y;
- 3 - лінійне переміщення уздовж вісі Z.

Завдання. Побудувати епюри зусиль M_y , Q_z і N , які виникають в балках блока покриття, від дії навантаження $p=1,8 \text{ т/м}^2$. Модулі пружності: сталі – $E=2,1 \cdot 10^7 \text{ т/м}^2$, залізобетона – $E=24 \cdot 10^5 \text{ т/м}^2$. Коефіцієнт $\mu=0,2$. Поперечні перетини: C1 – труба $\Phi 140 \times 3,5 \text{ мм}$, C2 – $\Phi 89 \times 3 \text{ мм}$, C3 – $\Phi 89 \times 3 \text{ мм}$, C4 – $\Phi 102 \times 3 \text{ мм}$.



Приклад оформлення звіту по контрольній роботі.

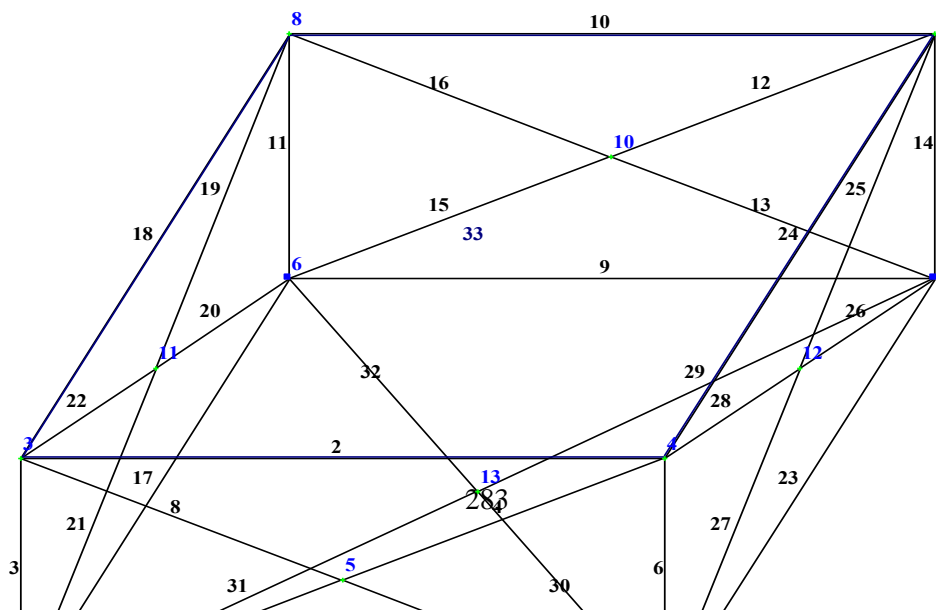


Рисунок 11.13 – Розрахункова схема блока покриття.

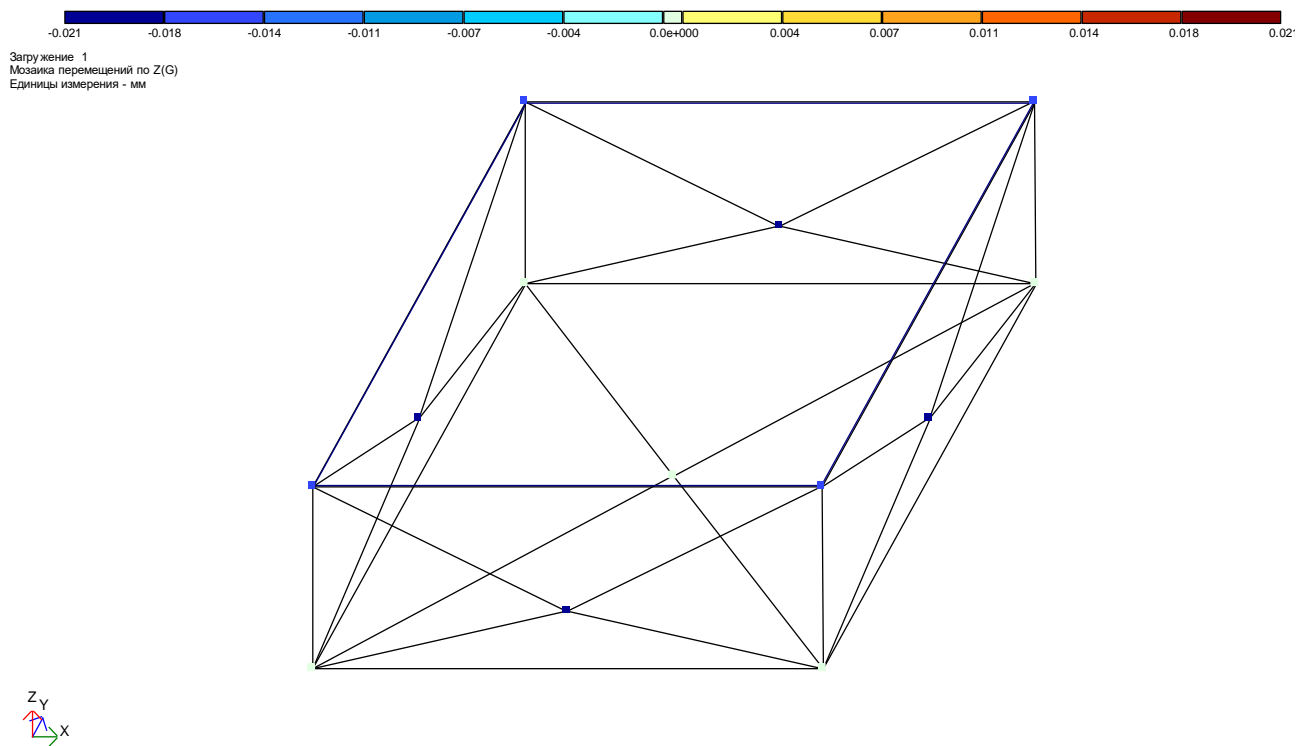


Рисунок 11.14 – Мозаїка переміщень вузлів блока покриття уздовж вісі Z.

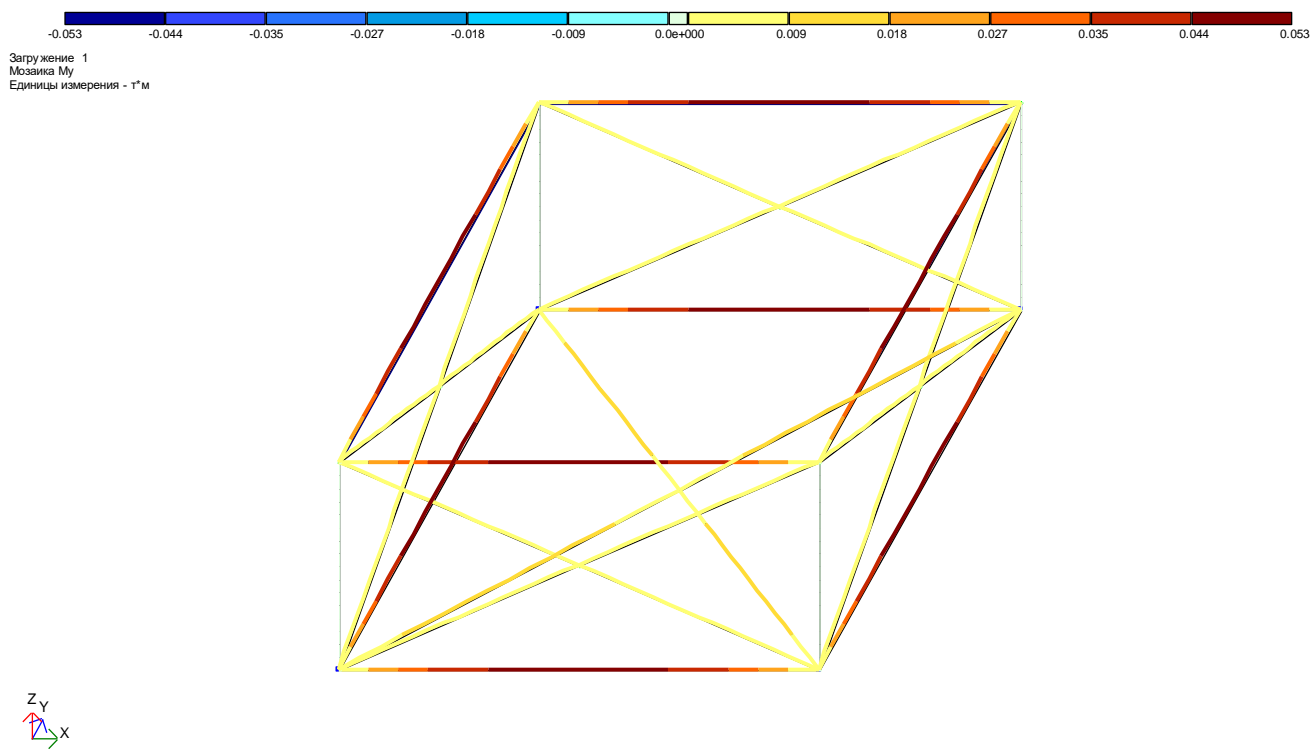


Рисунок 11.15 – Епюри згинальних моментів M_y в елементах блока покриття.

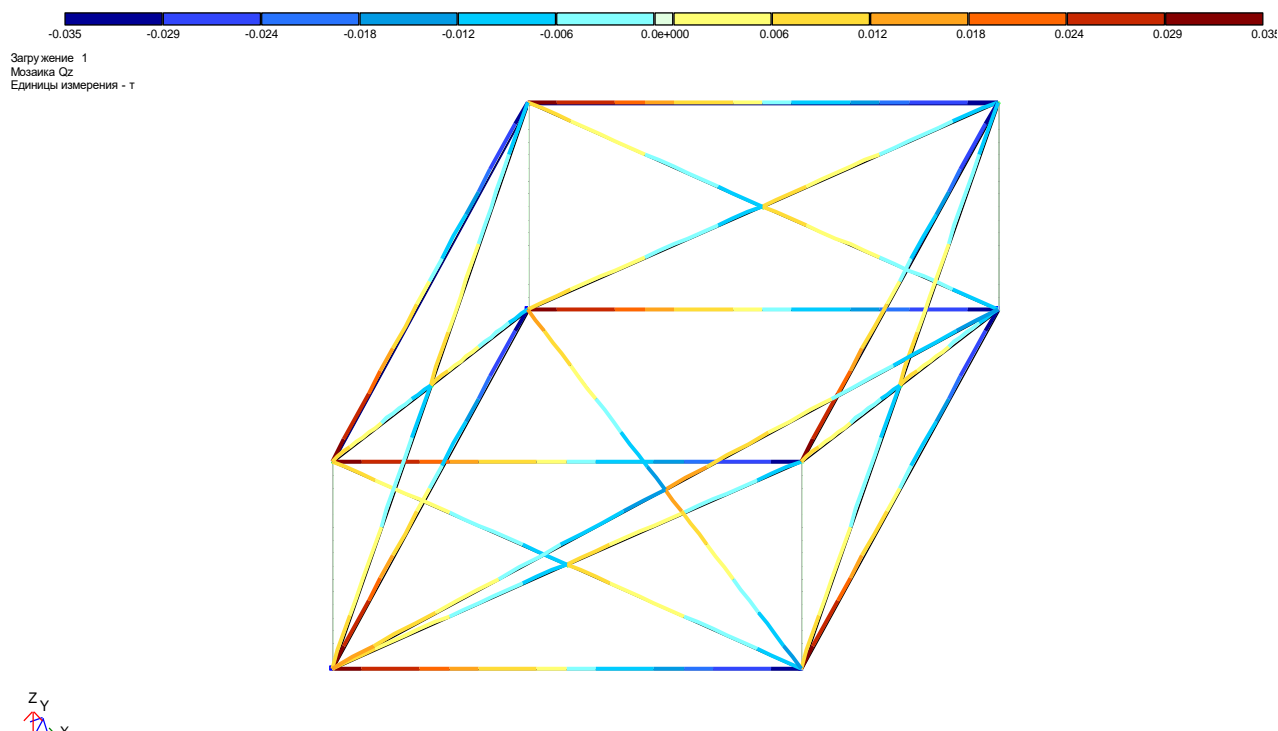


Рисунок 11.16 – Епюри поперечних сил Q_z в елементах блока покриття.

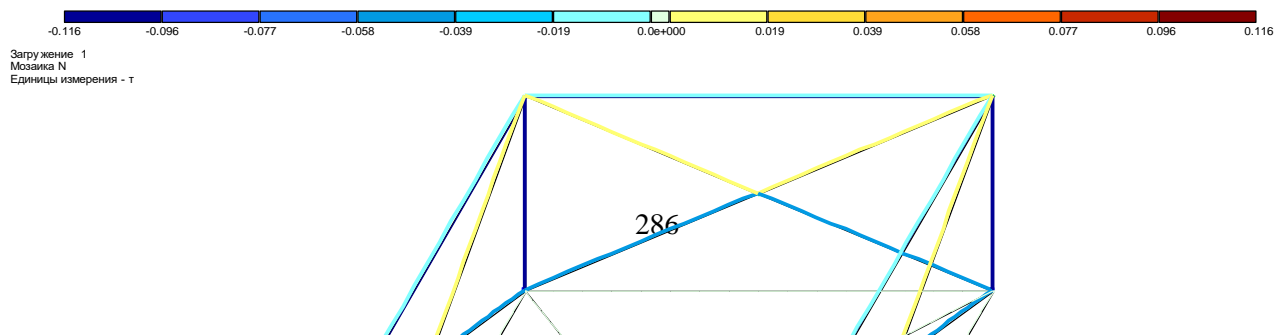


Рисунок 11.17 – Епюри подовжніх сил N в елементах блока покриття.

4) Циліндричні оболонки.

Такі задачі вирішуються по 5 признаку системи. Система розташовується в просторі з вісями координат X , Y і Z . Кожен вузол системи має шість ступенів волі: лінійні переміщення і повороти навколо вісей X , Y і Z .

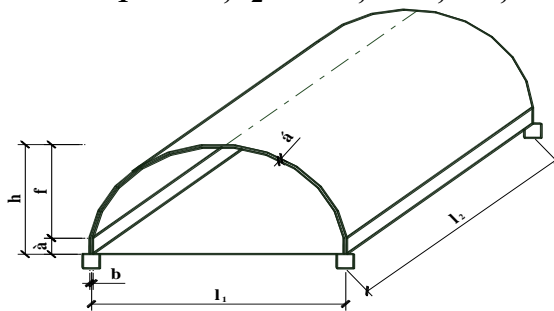
В задачах для моделювання плитної частини використовується кінцевий елемент типу 41 – прямокутний плоский кінцевий елемент оболонки бортовий елемент оболонки, який має прямокутну форму поперечного перетину, моделюється за допомогою кінцевого елемента типу 5 – просторовий стержень.

В «Жорсткісних характеристиках» для елементів типу 5 задаються геометричні розміри перетину, а для елементів типу 41 - модуль деформації E (т/м^2); коефіцієнт Пуассона μ , а також товщина оболонки δ в м.

В опорних закріпленнях системи можливе обмеження волі по шістьом ступеням:

- 1 - лінійне переміщення уздовж вісі X;
- 2 - лінійне переміщення уздовж вісі Y;
- 3 - лінійне переміщення уздовж вісі Z.
- 4 - поворот навколо вісі X;
- 5 - поворот навколо вісі Y;
- 6 - поворот навколо вісі Z.

Завдання. Побудувати епюри зусиль M_y та Q_z , які виникають в бортових елементах оболонки, та ізополя напружень по M_x і M_y від дії навантаження $p=0,6 \text{ т/м}^2$. Матеріал – залізобетон з $E=25 \cdot 10^5 \text{ т/м}^2$. Коефіцієнт $\mu=0,2$. Розміри оболонки: $l_1=10 \text{ м}$, $l_2=25 \text{ м}$, $h=2,7 \text{ м}$, $a=0,5 \text{ м}$, $b=0,5 \text{ м}$, $b=0,12 \text{ м}$.



Приклад оформлення звіту по контрольній роботі.

276 277 278 279 281 280 286 285 284 283 282

45	68	91	114	160	137	275	252	229	206	183
44	67	90	113	159	136	274	251	228	205	182
43	66	89	112	158	135	273	250	227	204	181
42	65	88	111	157	134	272	249	226	203	180
41	64	87	110	156	133	271	248	225	202	179
40	63	86	109	155	132	270	247	224	201	178
39	62	85	108	154	131	269	246	223	200	177
38	61	84	107	153	130	268	245	222	199	176
37	60	83	106	152	129	267	244	221	198	175
36	59	82	105	151	128	266	243	220	197	174

Рисунок 11.18 – Розрахункова схема оболонки.

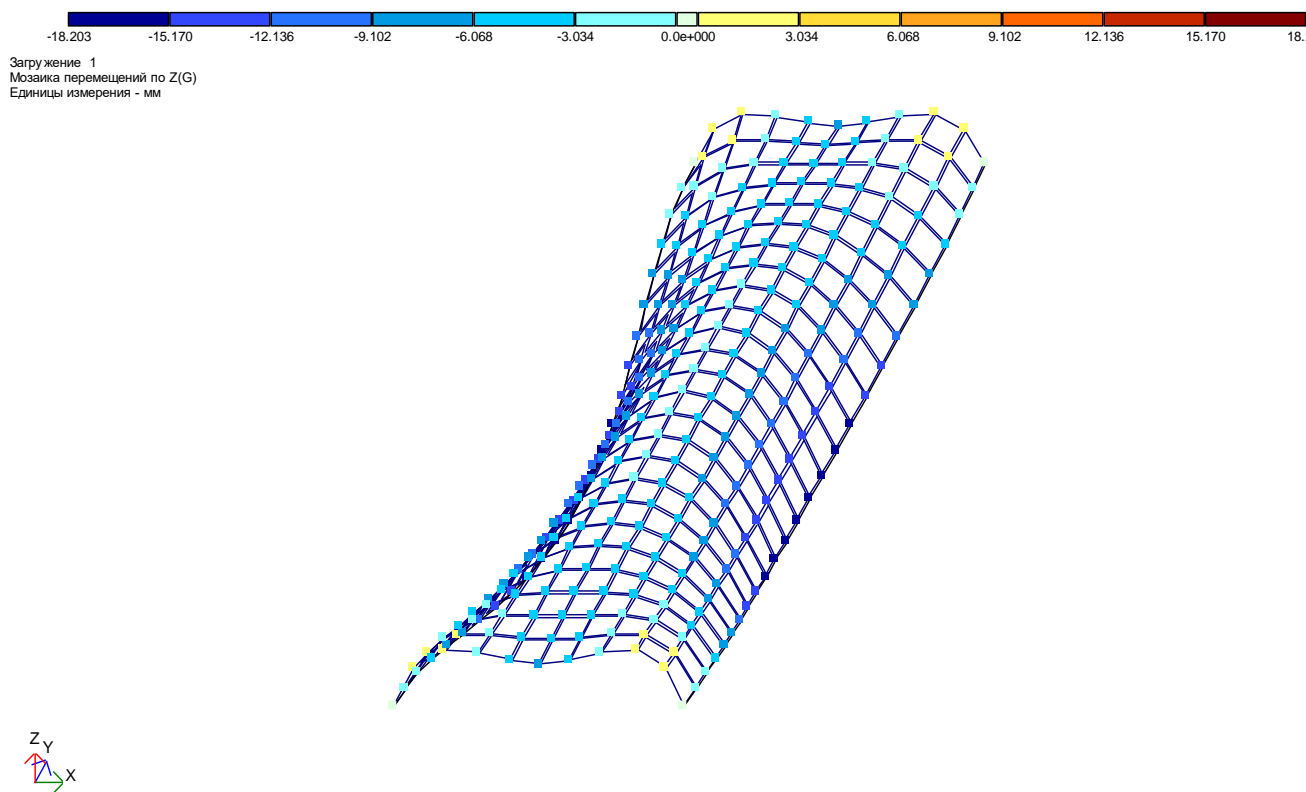


Рисунок 11.19 – Мозаїка переміщень вузлів оболонки уздовж вісі Z.

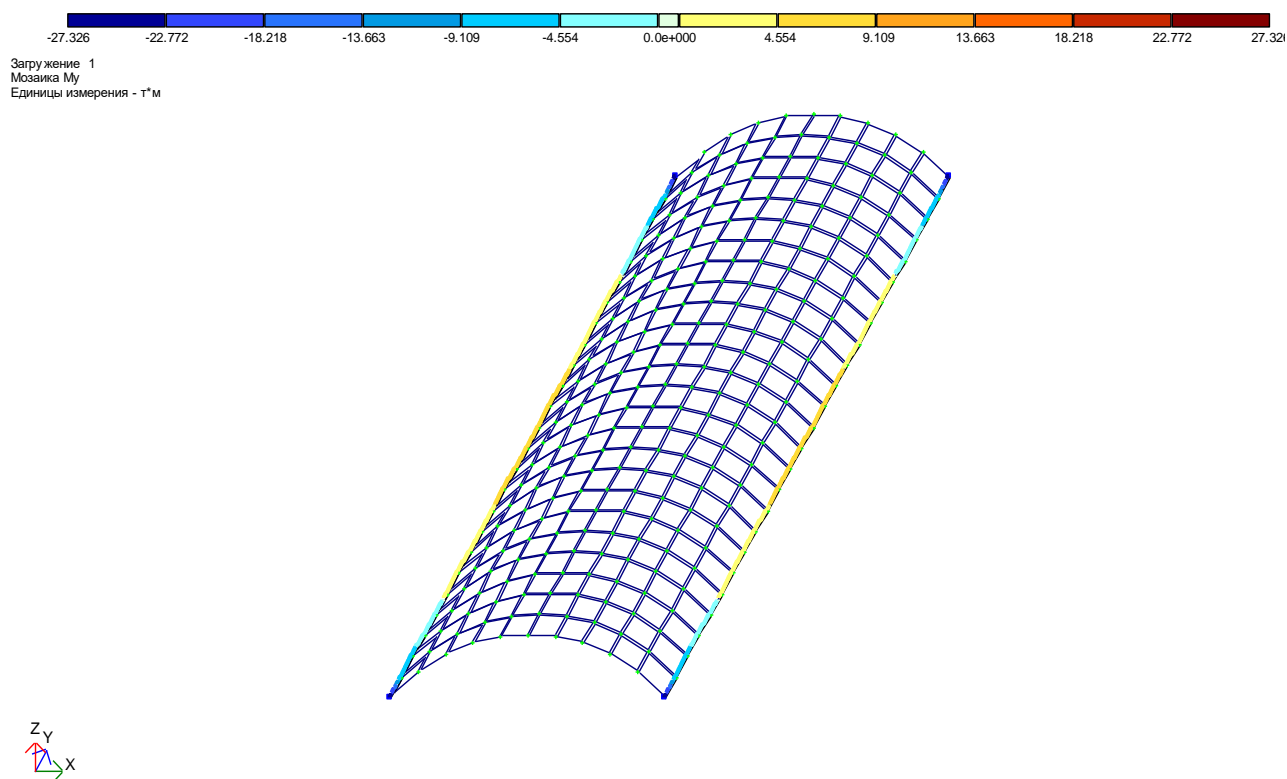


Рисунок 11.20 – Епюри згинальних моментів M_y в бортових елементах оболонки.

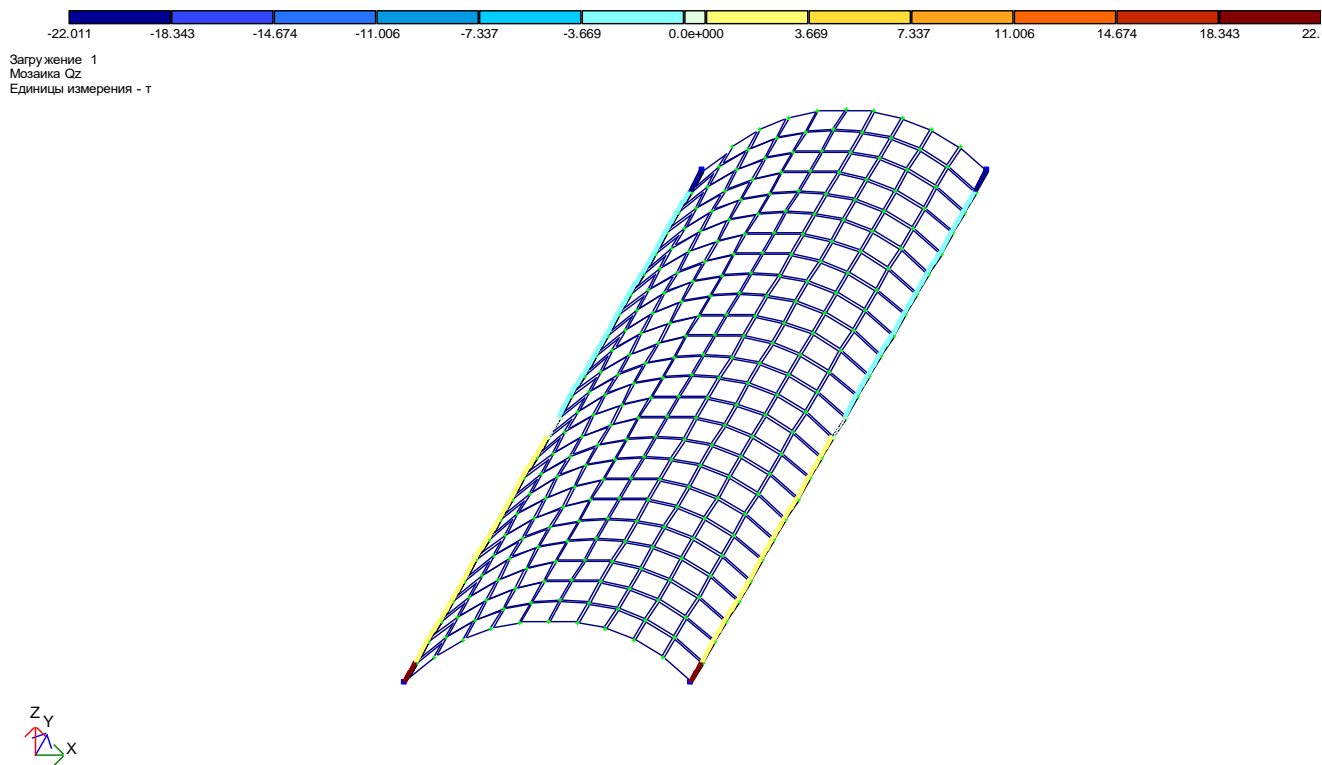


Рисунок 11.21 – Епюри поперечных сил Q_z в бортовых элементах оболочки.

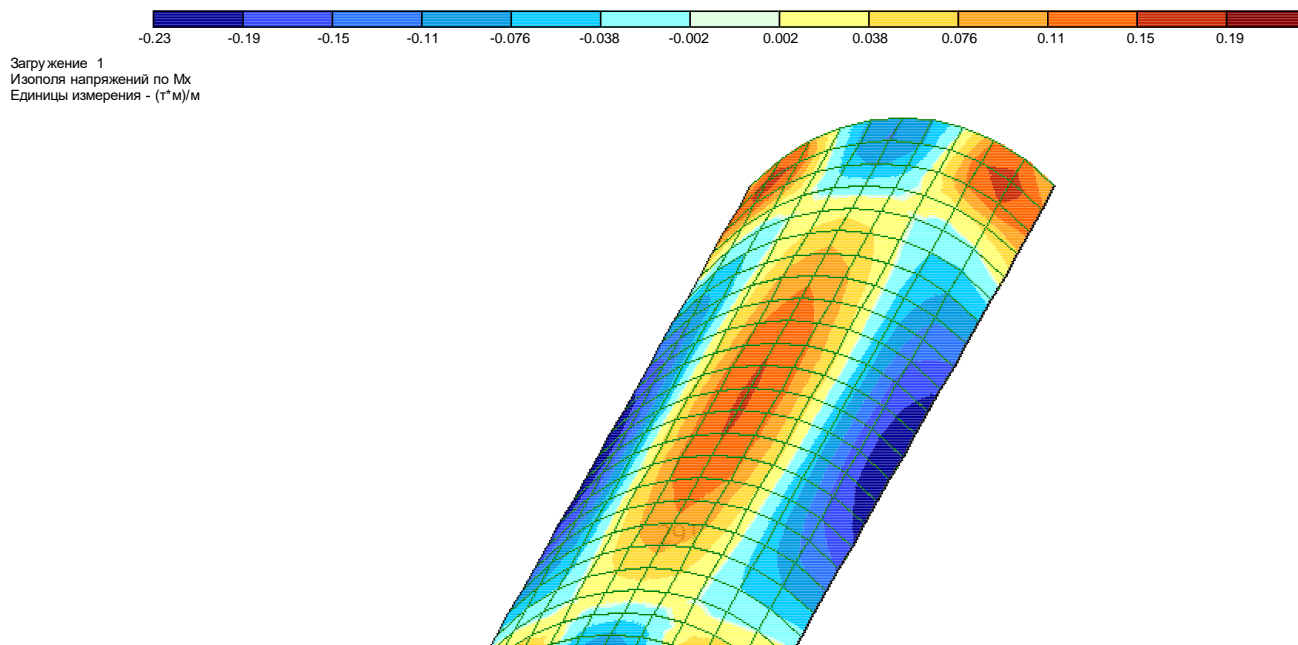


Рисунок 11.22 – Изополя напряжень по M_x в элементах оболонки.

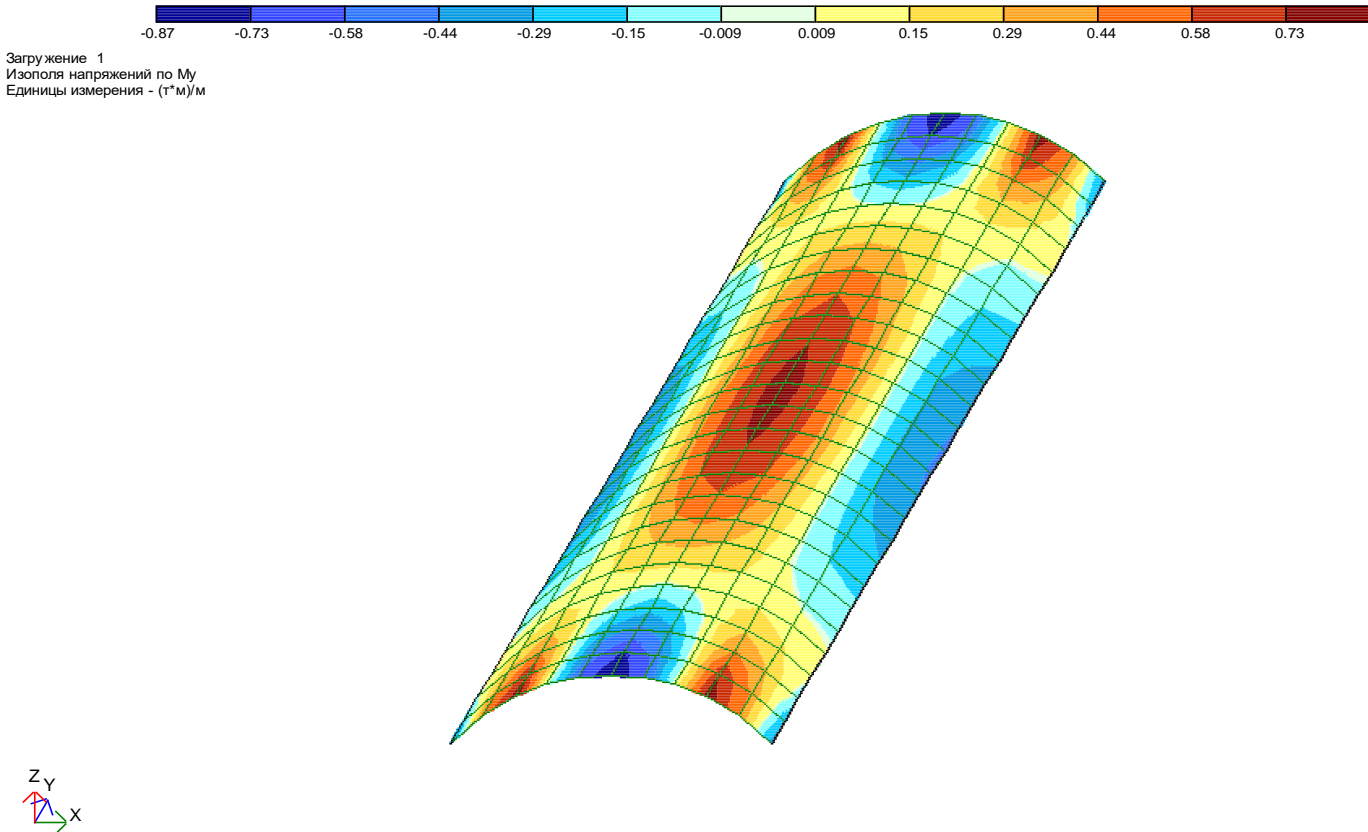


Рисунок 11.23 – Ізополя напружень по M_y в елементах оболонки.

12 КОНТРОЛЬНА РОБОТА №5 «РОЗРАХУНОК ЗАЛІЗОБЕТОННИХ РАМ
З ПІДБОРОМ АРМАТУРИ»

12.1 Завдання для самостійного вирішення

12.1. Підібрати площу арматури в елементах рами (рис. 12.1, а) при наступних завантаженнях: 1) постійне – $D_1=18$ т, $D_2=40$ т, $M_1=11$ тм; 2) короткочасне – $p_2=1,5$ т/м, $p_1=0,8$ т/м; 3) короткочасне – $T_1=7,5$ т; 4) довготривале – $p_3=2$ т/м; $p_4=3$ т/м. Матеріал конструкцій – залізобетон з $E=25 \cdot 10^5$ т/м², клас бетону В30. Арматура: поздовжня: в колонах – класу АШ, в ригелях - класу АШ. Поперечна: в колонах – класу АІ, в ригелях - класу АШ. Поперечні перетини: балок – див. мал. 20 а; колон - $V \times H=50 \times 50$ см.

12.2. Підібрати площу арматури в елементах рами (рис. 12.1, б) при наступних завантаженнях: 1) постійне – $D_1=2,6$ т, $D_2=3,0$ т, $p=0,8$ т/м; 2) довготривале – $p_3=0,5$ т/м, $p_4=0,8$ т/м; 3) короткочасне – $p_1=0,1$ т/м, $p_2=0,6$

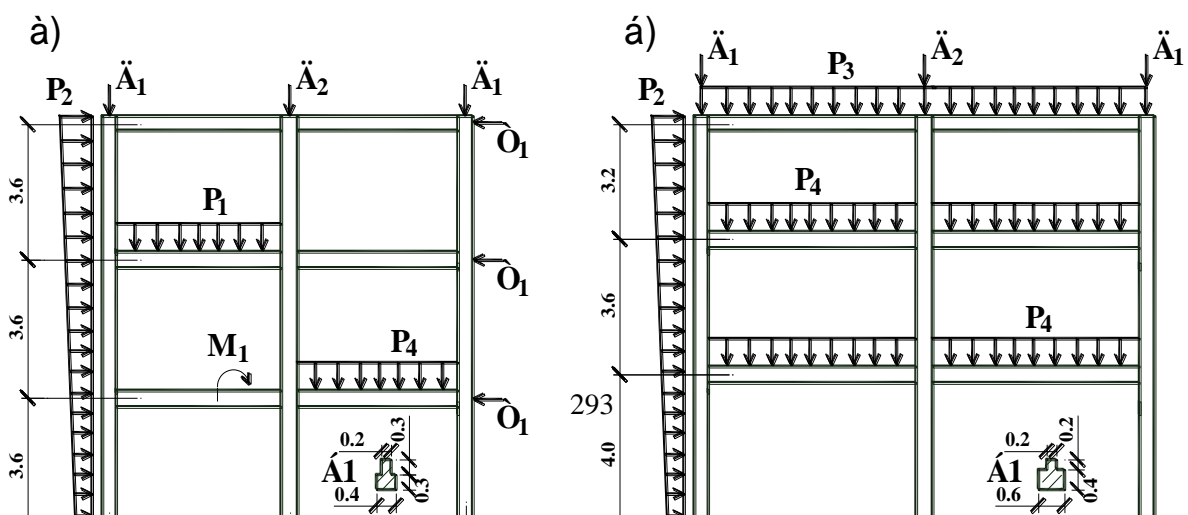


Рисунок 12.1 – Розрахункові схеми залізобетонних рам.

т/м. Матеріал конструкцій – залізобетон з $E=24,5 \cdot 10^5$ т/м², клас бетону В25. Арматура: поздовжня - класу АІІІ. Поперечна: в колонах – класу АІ, в ригелях - класу АІІ. Поперечні перетини: балок – див. мал. 20 б; колон - $V \times H=40 \times 40$ см.

12.3. Підібрати площу арматури в елементах рами (рис. 12.1, в) при наступних завантаженнях: 1) постійне – $D_1=1,7$ т, $D_2=3,4$ т, $p=2,5$ т/м, $M_1=1,0$ тм; 2) довготривале – $p_2=0,3$ т/м; 3) короткочасне – $p_3=1$ т/м, $T_1=3$ т. Матеріал конструкцій – залізобетон з $E=25 \cdot 10^5$ т/м², клас бетону В20. Арматура: поздовжня - класу АІІІ. Поперечна: в колонах – класу АІ, в ригелях - класу АІІ. Поперечні перетини: балок – див. мал. 20 в; колон - $V \times H=50 \times 50$ см.

12.4. Підібрати площу арматури в елементах рами (рис. 12.1, г) при наступних завантаженнях: 1) постійне – $D_1=1,2$ т, $D_2=2,1$ т, $p_1=1,2$ т/м, $p_2=2,7$ т/м; 2) довготривале – $p_3=4$ т/м; 3) короткочасне – $p_4=1,2$ т/м, $T_1=0,6$ т. Матеріал конструкцій – залізобетон з $E=25 \cdot 10^5$ т/м², клас бетону В20. Арматура: поздовжня - класу АІІІ. Поперечна: в колонах – класу АІ, в ригелях - класу АІІІ. Поперечні перетини: балок – див. мал. 20 г; колон - $V \times H=40 \times 40$ см.

12.5. Підібрати площу арматури в колонах (рис. 12.1, д) при наступних завантаженнях: 1) постійне – $D_1=2,0$ т, $D_2=2,5$ т, $M_1=1,3$ тм, $p_1=2$ т/м; 2) короткочасне – $p_2=1$ т/м, $p_3=1,4$ т/м; 3) кранове – $D_3=5,4$ т, $D_4=6$ т; 4) гальмове – $T_1=0,9$ т. Матеріал конструкцій – залізобетон з $E=25 \cdot 10^5$ т/м², клас бетону В25. Арматура: поздовжня - класу АІІІ, поперечна – класу АІ. Поперечні перетини: балка – $V=50$ см; крайня колона: н. частина - $V \times H=50 \times 80$ см, в. частина - $V \times H=50 \times 40$ см; середня колона: н. частина - $V \times H=50 \times 120$ см, в. частина - $V \times H=50 \times 60$ см.

12.6. Підібрати площу арматури в колонах (рис. 12.1, е) при наступних завантаженнях: 1) постійне – $D_1=2,5$ т, $D_2=4,0$ т, $p_1=2,4$ т/м; 2)

короткочасне – $p_2=1$ т/м; 3) кранове – $D_3=6,5$ т, $D_4=0,9$ т, $M_1=4,1$ тм; 4) гальмове – $T_1=1,2$ т. Матеріал конструкцій – залізобетон з $E=23,5 \cdot 10^5$ т/м², клас бетону В25. Армура: поздовжня - класу АІІ, поперечна – класу АІ. Поперечні перетини: балка – $V \times H=40 \times 80$ см; крайня колона: н. частина - $V \times H=40 \times 60$ см, в. частина –

$V \times H=40 \times 40$ см; середня колона: н. частина - $V \times H=40 \times 80$ см, в. частина - $V \times H=40 \times 50$ см.

12.7. Підібрати площу армури в колонах (див. завдання 10.1) при наступних завантаженнях: 1) постійне; 2) короткочасне; 3) короткочасне; 4) особливе. Клас бетону В25. Армура: поздовжня - класу АІІ, поперечна – класу АІ.

12.8. Підібрати площу армури в колонах (див. завдання 10.2) при наступних завантаженнях: 1) постійне; 2) кранове; 3) гальмове; 4) особливе. Клас бетону В30. Армура: поздовжня - класу АІІ, поперечна – класу АІ.

12.9. Підібрати площу армури в колонах (див. завдання 10.4) при наступних завантаженнях: 1) постійне; 2) довготривале; 3) короткочасне; 4) особливе. Клас бетону В20. Армура: поздовжня - класу АІІ, поперечна – класу АІ.

12.10. Підібрати площу армури в колонах (див. завдання 10.5) при наступних завантаженнях: 1) постійне; 2) довготривале; 3) короткочасне; 4) особливе. Клас бетону В25. Армура: поздовжня - класу АІІ, поперечна – класу АІ.

12.11. Підібрати площу армури в колонах (див. завдання 10.6) при наступних завантаженнях: 1) постійне; 2) довготривале; 3) короткочасне; 4) особливе. Клас бетону В30. Армура: поздовжня - класу АІІ, поперечна – класу АІ.

12.12. Підібрати площу армури в колонах (див. завдання 10.7) при наступних завантаженнях: 1) постійне; 2) кранове; 3) гальмове; 4)

особливе. Клас бетону В20. Арматура: поздовжня - класу АШ, поперечна – класу АІ.

12.13. Підібрати площу арматури в колонах (див. завдання 10.8) при наступних завантаженнях: 1) постійне; 2) короткочасне; 3) короткочасне; 4) особливе. Клас бетону В25. Арматура: поздовжня - класу АШ, поперечна – класу АІ.

12.14. Підібрати площу арматури в стійках та ригелях (див. завдання 10.11) при наступних завантаженнях: 1) постійне; 2) довготривале; 3) короткочасне; 4) особливе. Клас бетону В30. Арматура: поздовжня - класу АШ, поперечна – класу АІ.

12.15. Підібрати площу арматури в колонах (див. завдання 10.12) при наступних завантаженнях: 1) постійне; 2) довготривале; 3) короткочасне; 4) особливе. Клас бетону В20. Арматура: поздовжня - класу АШ, поперечна – класу АІ.

12.16. Підібрати площу арматури в колонах (див. завдання 10.22) при наступних завантаженнях: 1) постійне; 2) короткочасне; 3) короткочасне; 4) особливе. Клас бетону В25. Арматура: поздовжня - класу АШ, поперечна – класу АІ.

12.17. Підібрати площу арматури в колонах (див. завдання 10.23) при наступних завантаженнях: 1) постійне; 2) довготривале; 3) короткочасне; 4) особливе. Клас бетону В30. Арматура: поздовжня - класу АШ, поперечна – класу АІ.

12.18. Підібрати площу арматури в колонах (див. завдання 10.24) при наступних завантаженнях: 1) постійне; 2) довготривале; 3) короткочасне; 4) особливе. Клас бетону В20. Арматура: поздовжня - класу АШ, поперечна – класу АІ.

12.19. Підібрати площу арматури в колонах (див. завдання 10.25) при наступних завантаженнях: 1) постійне; 2) довготривале; 3) короткочасне;

4) особливе. Клас бетону В25. Арматура: поздовжня - класу АШ, поперечна – класу АІ.

12.20. Підібрати площу арматури в колонах (див. завдання 10.26) при наступних завантаженнях: 1) постійне; 2) короткочасне; 3) кранове; 4) особливе. Клас бетону В30. Арматура: поздовжня - класу АШ, поперечна – класу АІ.

12.21. Підібрати площу арматури в колонах та балці Б2 (див. завдання 10.27) при наступних завантаженнях: 1) постійне; 2) короткочасне; 3) кранове; 4) особливе. Клас бетону В20. Арматура: поздовжня - класу АШ, поперечна – класу АІ.

12.22. Підібрати площу арматури в колонах (див. завдання 10.28) при наступних завантаженнях: 1) постійне; 2) короткочасне; 3) кранове; 4) особливе. Клас бетону В25. Арматура: поздовжня - класу АШ, поперечна – класу АІ.

12.23. Підібрати площу арматури в колонах (див. завдання 10.29) при наступних завантаженнях: 1) постійне; 2) короткочасне; 3) кранове; 4) особливе. Клас бетону В30. Арматура: поздовжня - класу АШ, поперечна – класу АІ.

12.24. Підібрати площу арматури в колонах та балці Б2 (див. завдання 10.30) при наступних завантаженнях: 1) постійне; 2) довготривале; 3) короткочасне; 4) особливе. Клас бетону В20. Арматура: поздовжня - класу АШ, поперечна – класу АІ.

12.25. Підібрати площу арматури в елементах рами (див. завдання 10.31) при наступних завантаженнях: 1) постійне; 2) довготривале; 3) короткочасне; 4) особливе. Клас бетону В25. Арматура: поздовжня - класу АШ, поперечна – класу АШ.

12.26. Підібрати площу арматури в колонах (див. завдання 10.32) при наступних завантаженнях: 1) постійне; 2) кранове; 3) гальмове; 4)

особливе. Клас бетону В30. Армуатура: поздовжня - класу АШ, поперечна – класу АІ.

12.27. Підібрати площу армуатури в елементах рами (див. завдання 10.33) при наступних завантаженнях: 1) постійне; 2) довготривале; 3) короткочасне; 4) особливе. Клас бетону В20. Армуатура: поздовжня - класу АІУ, поперечна – класу АШ.

12.28. Підібрати площу армуатури в колонах (див. завдання 10.34) при наступних завантаженнях: 1) постійне; 2) довготривале; 3) короткочасне; 4) особливе. Клас бетону В25. Армуатура: поздовжня - класу АШ, поперечна – класу АІ.

12.29. Підібрати площу армуатури в колонах (рис. 12.2, а) при наступних завантаженнях: 1) постійне – $D_1=2,6$ т, $D_2=3,0$ т, $M_1=1,5$ тм; 2) довготривале – $p_1=3$ т/м; 3) короткочасне – $p_2=1,1$ т/м, $p_3=1,6$ т/м, $p_4=2,8$ т/м, $T_1=1,0$ т. Матеріал

конструкцій – залізобетон з $E=25 \cdot 10^5$ т/м², клас бетону В30. Армуатура: поздовжня - класу АШ, поперечна – класу АІ. Поперечні перетини: К1 – ВхН=50х50 см, К2 - ВхН=40х40 см, Б1 - В=40 см, Б2 – ВхН=40х80 см.

12.30. Підібрати площу армуатури в колонах (рис. 12.2, б) при наступних завантаженнях: 1) постійне – $D_1=2,7$ т, $D_2=2,1$ т, $p_1=2,8$ т/м, $T_1=0,9$ т; 2) довготривале – $p_2=5$ т/м, $D_3=1,1$ т; 3) короткочасне – $p_3=1,1$ т/м. Матеріал конструкцій – залізобетон з $E=24 \cdot 10^5$ т/м², клас бетону В20. Армуатура: поздовжня - класу АШ, поперечна – класу АІ. Поперечні перетини: Б1 – В=50 см, Б2 - ВхН=40х70 см, Б3 - ВхН=30х60 см, К1 – ВхН=50х50 см, К2 – ВхН=40х40 см.

12.31. Підібрати площу армуатури в колонах (рис. 12.2, в) при наступних завантаженнях: 1) постійне – $D_1=1,9$ т, $M_1=0,5$ тм; 2) довготривале – $D_2=1,5$ т; 3) короткочасне – $p_1=0,9$ т/м, $p_2=1,7$ т/м. Матеріал конструкцій – залізобетон з $E=24,5 \cdot 10^5$ т/м², клас бетону В25. Армуатура: поздовжня - класу АШ, поперечна – класу АІ. Поперечні

перетини: Б1 – В=40 см, Б2 - ВхН=40х70 см, К1 - ВхН=40х60 см, К2 – ВхН=40х40 см.

12.32. Підібрати площу арматури в колонах (рис. 12.2, г) при наступних завантаженнях: 1) постійне – $D_1=3,5$ т, $D_2=1,0$ т; 2) довготривале – $p_3=3$ т/м; 3) короткочасне – $p_1=1,1$ т/м, $p_2=1,6$ т/м; 4) короткочасне - $T_1=1,4$ т. Матеріал конструкцій – залізобетон з $E=25 \cdot 10^5$ т/м², клас бетону В30. Арматура: поздовжня - класу АІІ, поперечна – класу АІ. Поперечні перетини: К1 – ВхН=40х40 см, К2 - ВхН=30х30 см, Б1 - В=40 см, Б2 – ВхН=30х60 см.

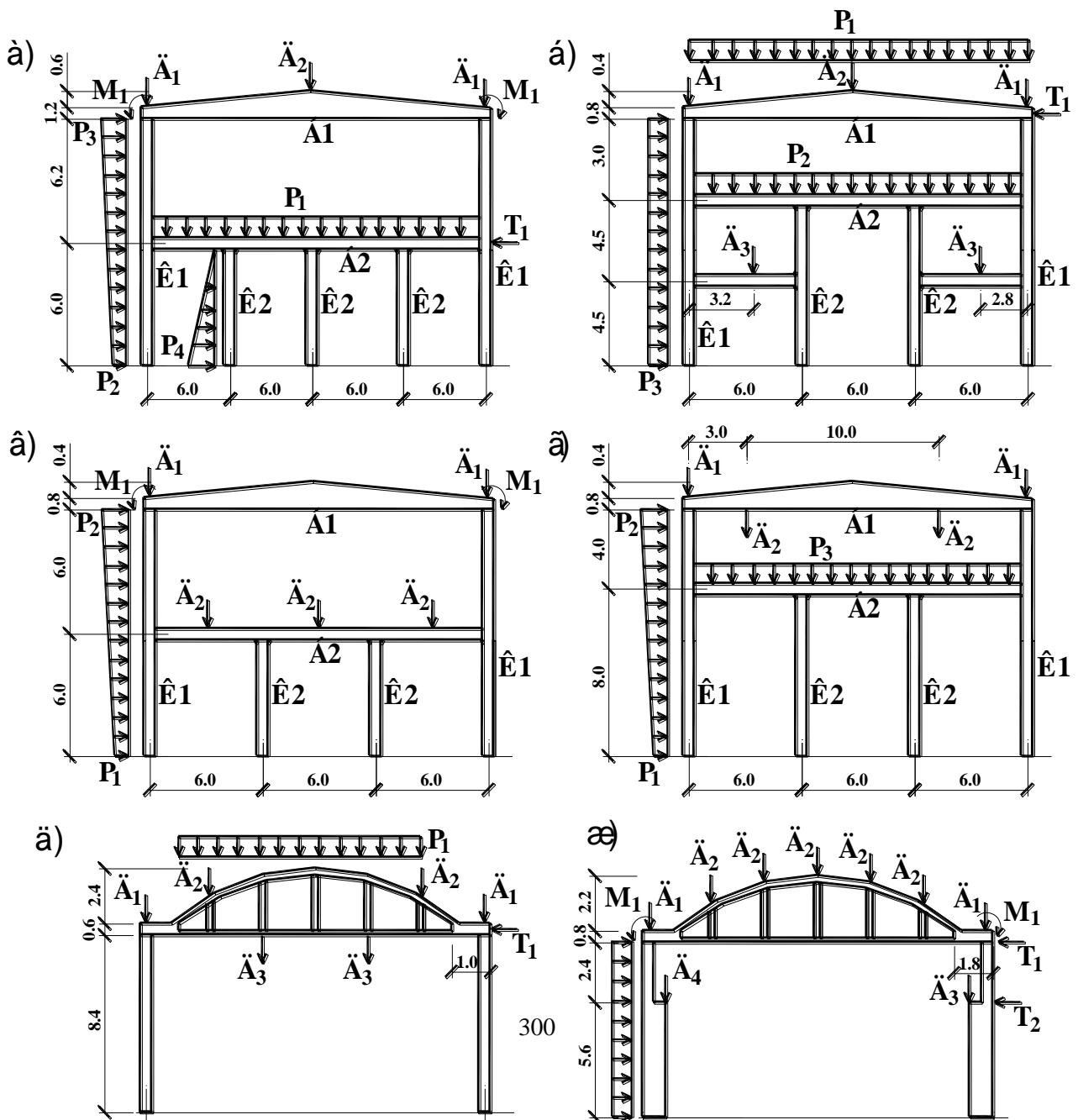


Рисунок 12.2 – Розрахункові схеми залізобетонних рам.

12.33. Підібрати площу арматури в колонах (рис. 12.2, д) при наступних завантаженнях: 1) постійне – $D_1=1,6$ т, $D_2=3$ т, $T_1=0,6$ т; 2) довготривале – $r_1=0,4$ т/м; 3) кранове – $D_3=0,5$ т. Матеріал конструкцій – залізобетон з $E=23 \cdot 10^5$ т/м², клас бетону В20. Арматура: поздовжня - класу АШ, поперечна – класу АІ. Поперечні перетини: ферми: н. пояс – $V \times H=35 \times 30$ см, в. пояс - $V \times H=35 \times 28$ см, стійки - $V \times H=25 \times 25$ см; колони – $V \times H=40 \times 40$ см.

12.34. Підібрати площу арматури в колонах (рис. 12.2, ж) при наступних завантаженнях: 1) постійне – $D_1=2,5$ т, $D_2=0,5$ т, $M_1=1,3$ тм; 2) короткочасне – $r_1=1,3$ т/м; 3) кранове – $D_3=7,5$ т, $D_4=0,8$ т; 4) гальмове – $T_1=0,7$ т, $T_2=0,9$ т. Матеріал конструкцій – залізобетон з $E=23 \cdot 10^5$ т/м², клас

бетону В25. Армуатура: позовжня - класу АШ, поперечна – класу АІ. Поперечні перетини: ферми: н. пояс – ВхН=30х32 см, в. пояс - ВхН=30х25 см, стійки - ВхН=15х15 см; колони: н. частина – ВхН=40х80 см, в. частина – ВхН=40х40 см.

12.35. Підбрати площу армуатури в колонах (рис. 12.2, з) при наступних завантаженнях: 1) постійне – $D_1=1,7$ т, $D_2=4,5$ т, $M_1=2,5$ тм, $M_2=1,6$ тм; 2) довготривале – $p_1=1,5$ т/м; 3) короткочасне – $p_2=3$ т/м, $p_3=1$ т/м, $T_1=1,6$ т. Матеріал конструкцій – залізобетон з $E=26,5 \cdot 10^5$ т/м², клас бетону В30. Армуатура: позовжня - класу АШ, поперечна – класу АІ. Поперечні перетини: К1 – ВхН=40х40 см, К2 - ВхН=30х30 см, Б1 - ВхН=40х80 см, Б2–ВхН=30х60 см.

12.2 Приклад виконання контрольної роботи

Розрахункова схема з діючими навантаженнями задається аналогічно порядку, який розглядається в розділі 3 даного методичного посібника. Різниця полягає в тому, що для підбору армуатури в елементах рами необхідно заповнювати таблицю розрахункових поєднань зусиль. В таблиці вказуються вид навантаження, коефіцієнти надійності, групи взаємовиключних завантажень, знакозмінність навантажень, доли тривалості та ін. Після розрахунку рами в ЛПРІ виконується наскрізний розрахунок в ЛПР-АРМ для підбору армуатури, де задаються вид поперечного перетину елемента, клас бетону, армуатури, види елементів, що армуються, конструктивні елементи та інші необхідні данні.

Завдання. Підбрати площу армуатури в колонах (див. завдання л.р. №3) при наступних завантаженнях: 1) постійне; 2) короткочасне; 3) кранове. Клас бетону В30. Армуатура: позовжня - класу АШ, поперечна – класу АІ.

Приклад оформлення звіту по контрольній роботі.

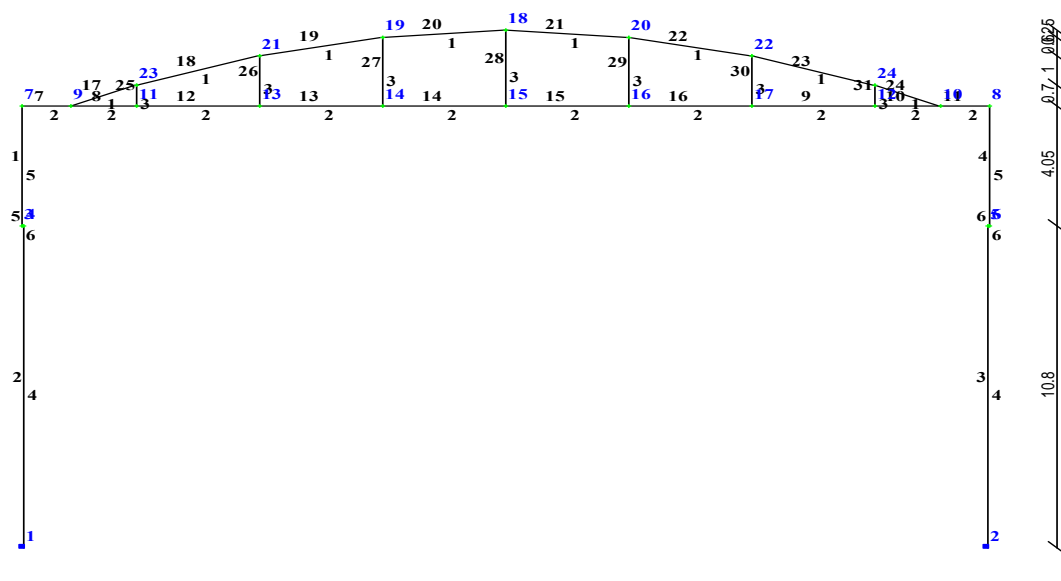


Рисунок 12.3 – Розрахункова схема поперечної рами.

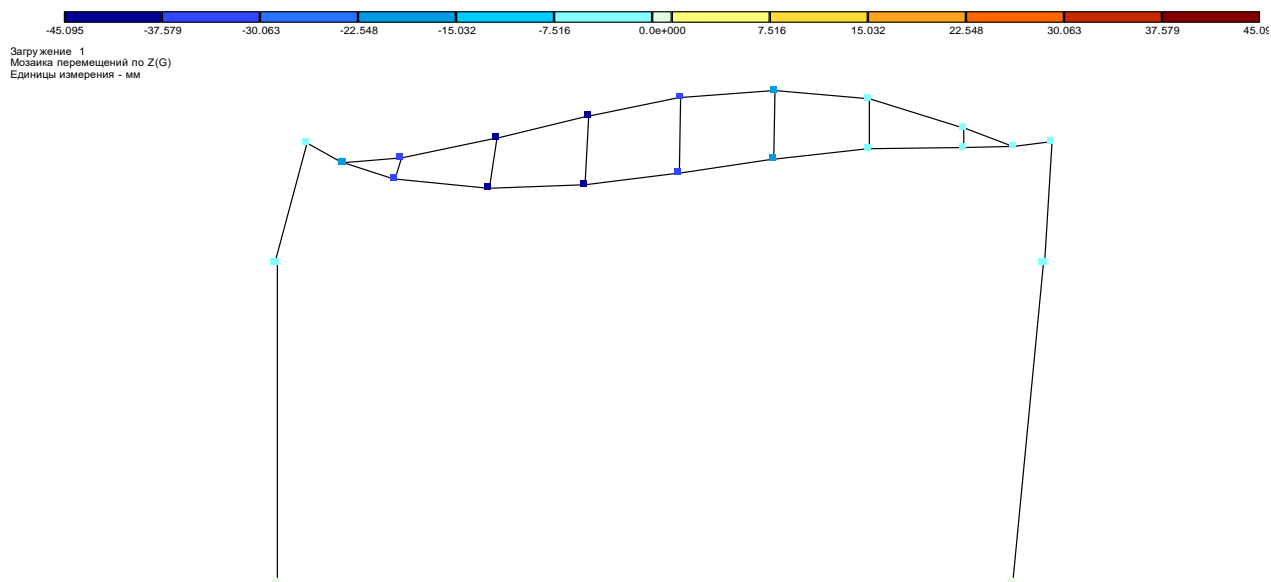


Рисунок 12.4 – Мозаїка переміщень вузлів рами уздовж вісі Z
(завантаження 1).

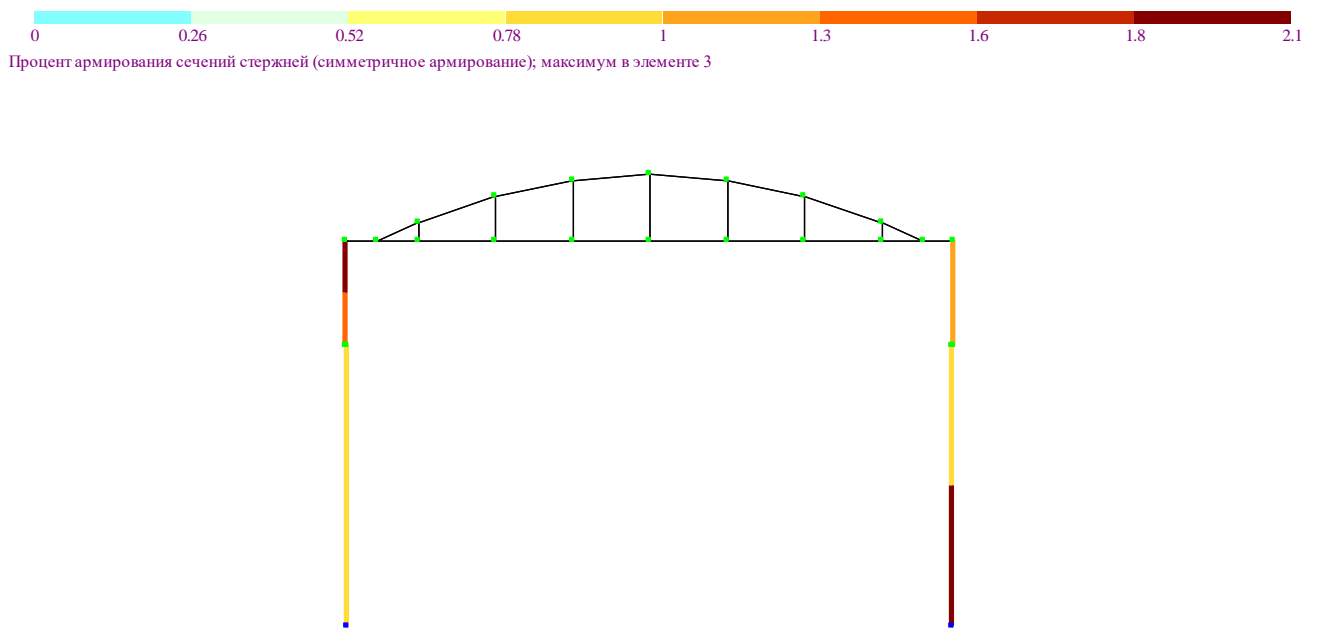


Рисунок 12.5 – Процент армування перетинів стержнів.

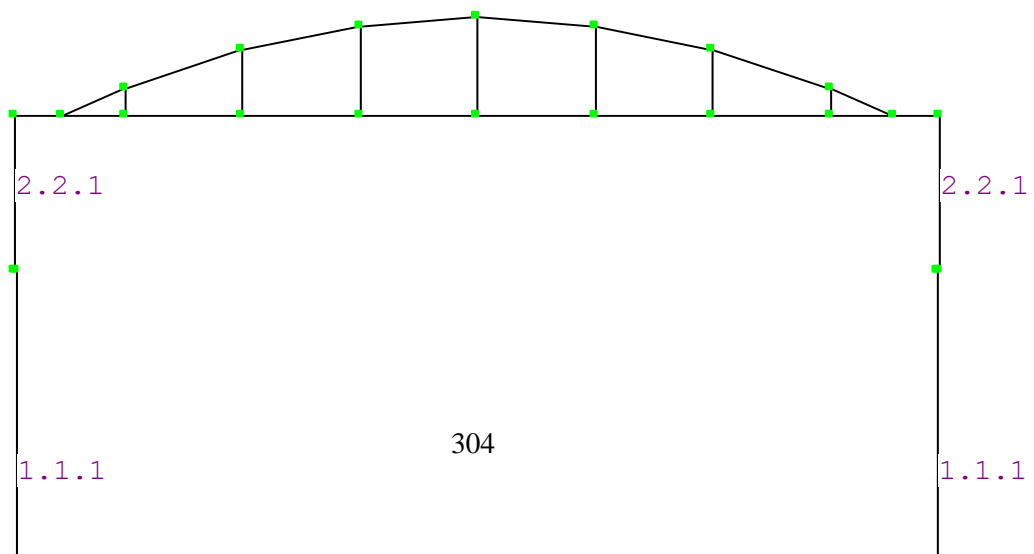


Рисунок 12.6 – Розрахункова схема рами з нумерацією призначених матеріалів.

Таблиця 12.1 – РПЗ в елементах рами

№ элем	№ сечен	Ти п РСУ	Усилия			№№ загруз
			N (т с)	My (тс*м)	Qz (тс)	
1	1	1	- 31.672	13. 566	0. 827	1 2
1	1	1	- 31.672	13. 566	0. 827	1 2
1	1	1	- 31.733	12. 628	1. 520	1
1	1	1	- 31.733	12. 628	1. 520	1
1	1	1	- 31.672	13. 566	0. 827	1 2

1	1	1	-	13.	0.	1 2
			31.672	566	827	
1	1	1	-	12.	1.	1
			31.733	628	520	
1	1	2	-	12.	1.	1 3
			31.736	706	507	
1	2	1	-	18.	1.	1
			31.733	783	520	
1	2	1	-	18.	1.	1
			31.733	783	520	
1	2	2	-	18.	1.	1 3
			31.736	811	507	
1	2	2	-	18.	1.	1 3
			31.736	811	507	
1	2	1	-	18.	1.	1
			31.733	783	520	
2	1	1	-	-	1.	1
			31.733	5.689	520	
2	1	1	-	-	1.	1
			31.733	5.689	520	
2	1	1	-	2.7	0.	1 2
			31.672	40	827	
2	1	2	-	-	1.	1 3
			33.356	5.747	507	
2	1	1	-	-	1.	1
			31.733	5.689	520	
2	1	1	-	2.7	0.	1 2
			31.672	40	827	
2	2	1	-	11.	0.	1 2
			31.672	666	827	
2	2	1	-	11.	0.	1 2
			31.672	666	827	
2	2	1	-	10.	1.	1
			31.733	724	520	
2	2	1	-	10.	1.	1
			31.733	724	520	
2	2	1	-	11.	0.	1 2
			31.672	666	827	
2	2	1	-	11.	0.	1 2
			31.672	666	827	
2	2	1	-	10.	1.	1

			31.733	724	520	
2	2	2	-	10.	1.	1 3
			33.356	532	507	
3	1	1	-	46.	-	1 2
			15.003	145	10.527	
3	1	1	-	46.	-	1 2
			15.003	145	10.527	
3	1	1	-	46.	-	1 2
			15.003	145	10.527	
3	1	1	-	46.	-	1 2
			15.003	145	10.527	
3	2	1	-	-	0.	1 2
			15.003	9.222	273	
3	2	1	-	-	0.	1 2
			15.003	9.222	273	
3	2	1	-	-	-	1
			14.942	2.383	1.520	
3	2	1	-	-	0.	1 2
			15.003	9.222	273	
3	2	1	-	-	0.	1 2
			15.003	9.222	273	
3	2	1	-	-	-	1
			14.942	2.383	1.520	
4	1	1	-	-	0.	1 2
			15.003	10.122	273	
4	1	1	-	-	0.	1 2
			15.003	10.122	273	
4	1	1	-	-	-	1
			14.942	3.279	1.520	
4	1	1	-	-	0.	1 2
			15.003	10.122	273	
4	1	1	-	-	0.	1 2
			15.003	10.122	273	
4	1	1	-	-	-	1
			14.942	3.279	1.520	
4	2	1	-	-	-	1
			14.942	9.434	1.520	
4	2	1	-	-	-	1
			14.942	9.434	1.520	
4	2	1	-	-	0.	1 2
			15.003	9.014	273	

4	2	1	-	-	0.	1 2
			15.003	9.014	273	
4	2	1	-	-	-	1
			14.942	9.434	1.520	
4	2	1	-	-	-	1
			14.942	9.434	1.520	

Таблиця 12.2 – Результати підбору площі арматури в колонах рами.

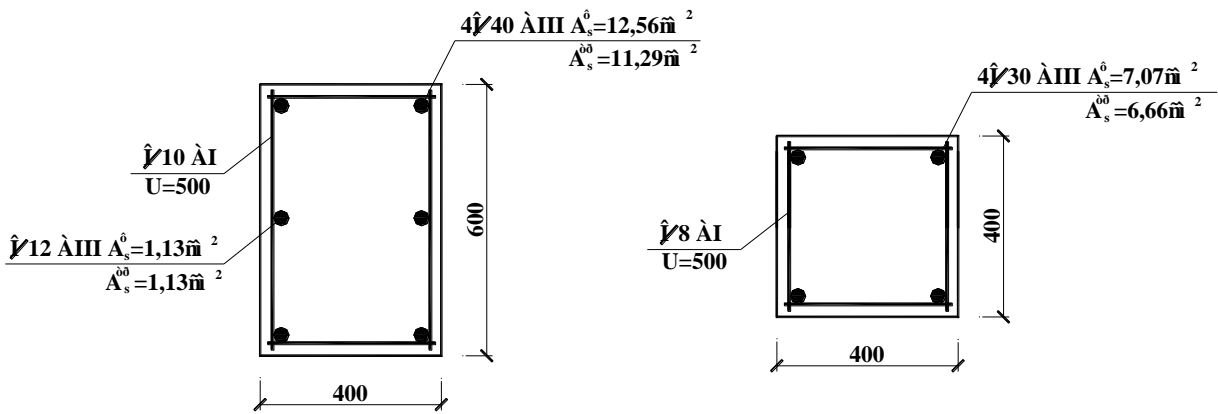


Рисунок 12.7 – Армування перетинів нижньої та верхньої частин колон поперечної рами за результатами розрахунку.

13 КОНТРОЛЬНА РОБОТА № 6 «ПРОЕКТУВАННЯ СТАЛЕВОГО КАРКАСУ ОДНОПОВЕРХОВОЇ БУДІВЛІ»

13.1 Завдання для самостійного вирішення

№ п/п	Ширина прольоту, м	Широк колон, м	Ідмітк а ферми, м	Ізовий режим цеху	Тепл івля	Покривля	Перерізи поясів ферми	Перерізи колон	Порогородження	Район будівництва	
										снівговий	вітровий
1		2			5	6	7	8	9	10	11
1	8	1,6	0,0	Опалюв.	Рулонна по з/б плитам	Гнут озамк. про філі	Труби	Тришарові панелі	УІ	УІ	
2	1	2	0,2	Неопалюв.	Профліст	Таври	Коробка швелерів	Профліст	УІІ	ІІ	
3		2		Опалюв.	Панелі «сандвіч»	Парні кутники	Труби	Панелі «сандвіч»	І	І	

	4		,4						У	У
4	7	2	,6	Неопалюв.	Руло на по з/б ллітам	Труби	Коробка швелерів	Коробка і панелі	І	І
5	0	3	,8	Неопалюв.	Лист АЦВ	Парні кутники	Труби	Профлист	І	І
6	3	3	,0	Опалюв.	Руло на по з/б профлисту	Труби	Коробка швелерів	Коробка і панелі	І	І
7	6	3	,1	Опалюв.	Панелі «сендвіч»	Труби	Труби	Панелі «сендвіч»	І	І
8	8	1	,3	Опалюв.	Руло на по з/б ллітам	Гнут озамк. про філі	Коробка швелерів	Коробка і панелі	У	І
9	1	2	,5	Неопалюв.	Лист АЦВ	Парні кутники	Труби	Коробка і панелі	І	І
10	4	2	,7	Неопалюв.	Профлист	Таври	Коробка швелерів	Коробка і панелі	І	І
11	7	2	,9	Опалюв.	Руло на по з/б ллітам	Труби	Труби	Пінобетонні панелі	І	І
12	0	3	,2	Опалюв.	Панелі «сендвіч»	Парні кутники	Коробка швелерів	Коробка і панелі	І	І
13	3	3	,8	Неопалюв.	Руло на по з/б профлисту	Труби	Труби	Коробка і панелі	І	І
14	6	3	,4	Неопалюв.	Профлист	Парні кутники	Коробка швелерів	Коробка і панелі	І	І
15	8	1	,1	Опалюв.	Руло на по з/б ллітам	Гнут озамк. профілі	Труби	Коробка і панелі	І	І
16	1	2	,3	Неопалюв.	Лист АЦВ	Парні кутники	Коробка швелерів	Коробка і панелі	І	І

17	4	2	,9	Опалюв.	Руло на по з/д ллітам	Труби	Труби	Серамзитобетонні панелі	І	ІІ	І
18	7	2	,0	Неопалюв.	Руло на профлісту	Таври	Коробка і швелерів	Салазіобетонні панелі	У	І	І
19	0	3	,6	Опалюв.	Панелі «сандвіч»	Таври	Труби	Панелі «сандвіч»	І	ІІ	У
20	3	3	,8	Неопалюв.	Лист АЦВ	Парні кутники	Коробка і швелерів	Салазіобетонні панелі	І	ІІ	У
21	6	3	,7	Неопалюв.	Профліст	Парні кутники	Труби	Профліст	І	ІІ	ІІ
22	8	1	,1	Опалюв.	Руло на по з/д ллітам	Таври	Коробка і швелерів	Тришарові панелі	І	У	У
23	1	2	,3	Неопалюв.	Профліст	Парні кутники	Труби	Профліст	І	ІІ	У
24	4	2	,4	Опалюв.	Руло на профлісту	Труби	Коробка і швелерів	Серамзитобетонні панелі	У	І	І
25	7	2	,7	Опалюв.	Панелі «сандвіч»	Парні кутники	Труби	Панелі «сандвіч»	І	У	І
26	0	3	,6	Неопалюв.	Лист АЦВ	Таври	Коробка і швелерів	Профліст	І	ІІ	У
27	3	3	,9	Неопалюв.	Профліст	Парні кутники	Труби	Профліст	І	ІІ	І
28	6	3	,3	Опалюв.	Панелі «сандвіч»	Парні кутники	Труби	Панелі «сандвіч»	У	І	І
29	8	1	,9	Неопалюв.	Руло на профлісту	Гнуті озамк. про філі	Коробка і швелерів	Салазіобетонні панелі	І	ІІ	У
30	1	2	,2	Опалюв.	Руло на по з/д ллітам	Труби	Труби	Шінобетонні	І	І	І

								панелі		
31	4	2	,5	Неопалюв.	Лист АЦВ	Парні кутники	Коробка швелерів	Профліст	I	Y
32	7	2	,0	Неопалюв.	Профліст	Таври	Коробка швелерів	Профліст	Y	I
33	0	3	,6	Опалюв.	Панелі «сендвіч»	Парні кутники	Труби	Панелі «сендвіч»	II	I
34	6	3	,2	Опалюв.	Рулонна по з/б плитам	Труби	Коробка швелерів	Керамзитобетонні панелі	I	II
35	8	1	,7	Опалюв.	Рулонна профлісту	Гнуті озамк. про філі	Труби	Панелі «сендвіч»	II	I

Задача полягає в підборі поперечних перетинів сталевих профілів за допомогою програми ЛІР-СТК. Спочатку виконується збір навантажень на поперечну раму будівлі в порядку, який приведений нижче. Потім виконується статичний розрахунок рами в ЛІРІ (із обов'язковим заповненням таблиці розрахункових поєднань зусиль) та перехід до програми ЛІР-СТК. В ЛІР-СТК можлива і перевірка заданих сталевих профілів і їх підбір. Для цього задаються додаткові параметри для кожного елемента поперечної рами.

Збір навантажень виконується у наступному порядку.

1. Постійні навантаження.

1.1. Навантаження на покрівлю.

Збір навантажень на покрівлю виконується у табличній формі.

№	Склад покрівлі	Характеристичне	Коефіцієнт надійності	Розрахункове значення
----------	-----------------------	------------------------	------------------------------	------------------------------

/п		значення навантаження т/м ²	навантаженню, γ_f	навантаження т/м ²
1				
Р азом:				$\Sigma q_{пок} = \dots$

Зосереджені значення навантажень від ваги покрівлі знаходять по формулам:

$$P_1 = \sum q_{пок} \cdot B \cdot \gamma_n \cdot d / 2; \quad P_2 = \sum q_{пок} \cdot B \cdot \gamma_n \cdot d$$

де: B – крок колон, м;

γ_n - коефіцієнт надійності по призначенню, $\gamma_n = 0,95$;

d – панель верхнього поясу ферми, м;

$\Sigma q_{пок}$ – розрахункове значення навантаження від ваги покрівлі, т/м²;

1.2. Навантаження від стінового огородження.

Рівномірно розподілене навантаження на колони рами від ваги стінового огородження знаходять по формулі:

$$q_{ст} = q_{ст.н.} \cdot B \cdot \gamma_n$$

де: $q_{ст.н.}$ – розрахункове значення навантаження від ваги стінового огородження, т/м²;

Схема завантаження поперечної рами постійними навантаженнями приведена на рис. 13.1

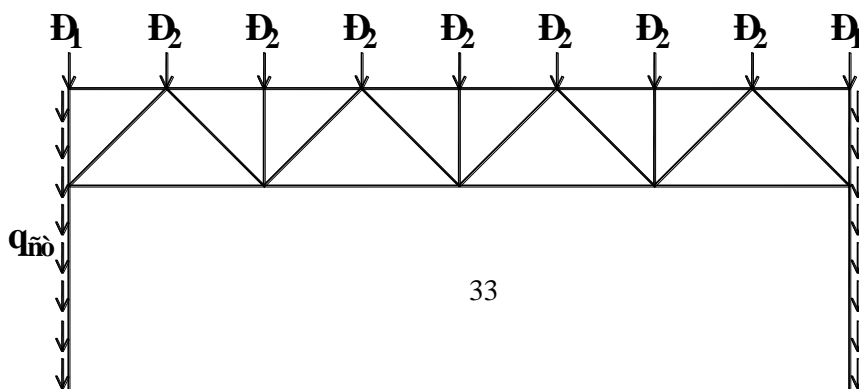


Рисунок 13.1 – Схема завантаження рами постійними навантаженнями.

2. Снігове навантаження.

Зосереджені значення навантажень від ваги снігу знаходять по формулам:

$$S_1 = S_m \cdot B \cdot \gamma_n \cdot d / 2; \quad S_2 = S_m \cdot B \cdot \gamma_n \cdot d$$

$$S_m = S_0 \cdot \gamma_{fm} \cdot C; \quad C = \mu \cdot C_e \cdot C_{alt}$$

де: S_0 – характеристичне значення снігового навантаження, т/м², яке залежить від снігового району та визначається по таблиці.

<i>Район будівництва.</i>		I	II	III	IV	V
$S_0, \text{т/м}^2$,08	,1	,12	,14	,16	,18

γ_{fm} – коефіцієнт надійності по

граничному значенню снігового навантаження, $\gamma_{fm} = 1,14$.

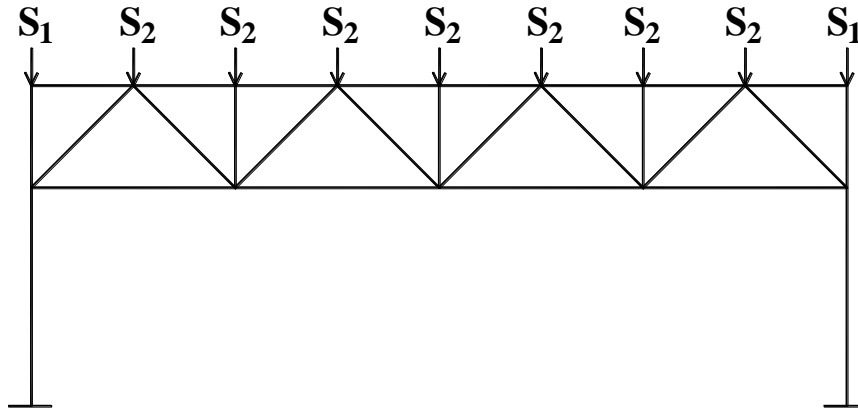
μ – коефіцієнт переходу від ваги снігового покриву на поверхні землі к сніговому навантаженню на покрівлю.

$$\mu = 1 \quad \text{при } \alpha \leq 25^\circ; \quad \mu = 0 \quad \text{при } \alpha > 60^\circ$$

C_e – коефіцієнт, який враховує режим експлуатації покрівлі, $C_e = 1$;

C_{alt} – коефіцієнт географічної висоти, який враховує висоту (в кілометрах) розташування будівлі над рівнем моря, $C_{alt} = 1$.

Схема завантаження поперечної рами сніговим навантаженням приведена на рис. 13.2



Район будівництва	I		II		III	
	I	II	I	II	I	II
ω_0 , т/м ²	,04	,045	,05	,055	,06	

Рисунок 13.2 – Схема завантаження рами сніговим навантаженням.

3. Навантаження від тиску вітру.

Рівномірно розподілені значення навантаження на колони поперечної рами від тиску вітру знаходять по формулам:

$$\omega = \omega_m \cdot B \cdot \gamma_n; \quad \omega' = \omega'_m \cdot B \cdot \gamma_n$$

$$\omega_m = \omega_0 \cdot \gamma_{fm} \cdot C; \quad \omega'_m = \omega_0 \cdot \gamma'_{fm} \cdot C';$$

$$C = C_{aer} \cdot C_h \cdot C_{alt} \cdot C_{rel} \cdot C_{dir}; \quad C' = C'_{aer} \cdot C_h \cdot C_{alt} \cdot C_{rel} \cdot C_{dir};$$

де: ω_0 – характеристичне значення вітрового тиску, т/м², яке залежить від снігового району та визначається по таблиці.

C_{aer} та C'_{aer} - аеродинамічні коефіцієнти для наветреної та підветреної сторін відповідно, $C_{aer}=0,8$, а C'_{aer} визначається в залежності від розмірів будівлі по таблиці.

b/L	Значення C'_{aer} при h/L		
	$\leq 0,5$	1	≥ 2
≤ 1	-0,4	-0,5	-0,6
≥ 2	-0,5	-0,6	-0,6

b – довжина будівлі;

L – ширина прольоту;

h – відмітка низу ферми.

C_h - коефіцієнт висоти будівлі, який враховує збільшення вітрового навантаження в залежності від висоти конструкції над поверхнею землі, типу оточуючого середовища. Для міської забудови та висоті будівлі не вище 17 м $C_h=1,55$.

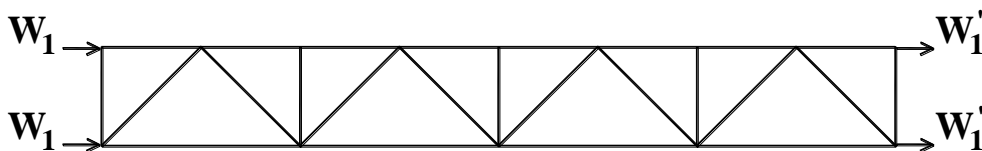
C_{alt} - коефіцієнт географічної висоти, $C_{alt}=1$;

C_{rel} - коефіцієнт рельєфа, який приймається рівним 1 за виключенням випадків, коли об'єкт будівництва розташовується на пагорбі чи схилі;

C_{dir} - коефіцієнт напрямку, який враховує нерівномірність вітрового навантаження по напрямках вітру і приймається рівним 1.

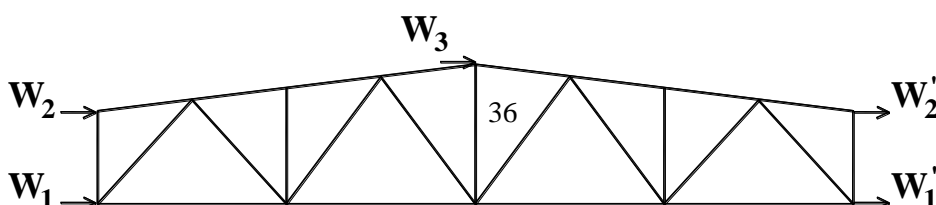
Зосереджені значення вітрового навантаження на вузли ферми визначаються по наступним формулам.

Для ферми з паралельними поясами:



$$W_1 = \omega \cdot h_\phi / 2; \quad W'_1 = \omega' \cdot h_\phi / 2.$$

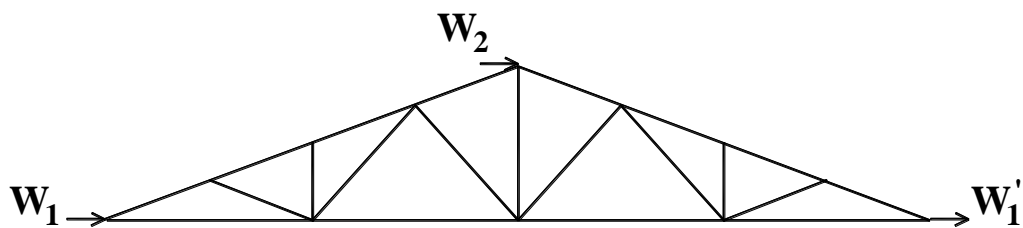
Для ферми трапецієподібної форми:



$$W_1 = \omega \cdot h_{on} / 2; \quad W'_1 = \omega' \cdot h_{on} / 2;$$

$$W_2 = \omega \cdot h_k / 2; \quad W'_2 = \omega' \cdot h_k / 2; \quad W_3 = (\omega + \omega') \cdot (h_k - h_{on}) / 2.$$

Для ферми трикутної форми:



$$W_1 = \omega \cdot h_\phi / 2; \quad W'_1 = \omega' \cdot h_\phi / 2, \quad W_2 = (\omega + \omega') \cdot h_\phi / 2.$$

Схема завантаження поперечної рами вітровим навантаженням приведена на рис. 13.3

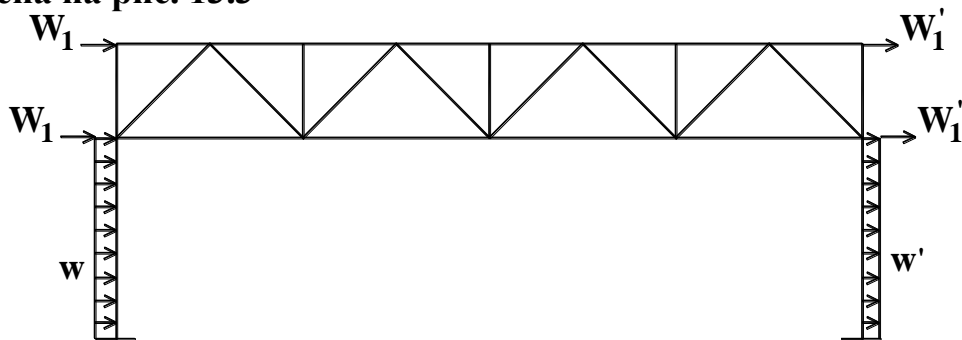


Рисунок 13.3 – Схема завантаження рами вітровим навантаженням (вітер зліва).

13.2 Приклад виконання контрольної роботи

Завдання. Запроектувати сталеві конструкції одноповерхової будівлі при наступних даних:

- ШИРИНА ПРОЛЬОТУ - 36 м;
- КРОК КОЛОН - 12 м;
- ВІДМІТКА НИЗУ ФЕРМ – 4,4 м;
- ТЕПЛОВИЙ РЕЖИМ ЦЕХУ - опалований;
- КРОВЛЯ - панелі „сендвіч”;
- ПЕРЕРІЗИ ПОЯСІВ ФЕРМИ - із таврів;
- ПЕРЕРІЗИ КОЛОН - із зварних труб;
- СТІНИ - 3-х шарові панелі;
- РАЙОН БУДІВНИЦТВА: сніговий - І; вітровий - І;

Приклад оформлення звіту по контрольній роботі.

1. Постійні навантаження.

2.1. Навантаження на покрівлю.

Збір навантажень на покрівлю виконується у табличній формі.

№ п/п	Склад покрівлі	Характеристичне значення навантаження т/м ²	Коефіцієнт надійності по навантаженню, γ_f	Розрахункове значення навантаження т/м ²
1.	Панелі	0,0226	1,1	0,0249
	«сендвіч»	0,007	1,05	0,0074
2.	Прогони			
Разом:				$\Sigma q_{пок}=0,032$ 3

Зосереджені значення навантажень від ваги покрівлі знаходять по формулам:

$$P_1 = \sum q_{пок} \cdot B \cdot \gamma_n \cdot d / 2;$$

$$P_2 = \sum q_{пок} \cdot B \cdot \gamma_n \cdot d ;$$

$$P_1 = 0,0323 \cdot 12 \cdot 0,95 \cdot 3 / 2 = 0,552m$$

$$P_2 = 0,0323 \cdot 12 \cdot 0,95 \cdot 3 = 1,105m$$

де: B – крок колон, м;

γ_n - коефіцієнт надійності по призначенню, $\gamma_n = 0,95$;

d – панель верхнього поясу ферми, м;

$\Sigma q_{пок}$ – розрахункове значення навантаження від ваги покрівлі, т/м²;

1.2. Навантаження від стінового огородження.

Рівномірно розподілене навантаження на колони рами від ваги стінового огородження знаходять по формулі:

$$q_{ст} = q_{ст.н.} \cdot \gamma_f \cdot B \cdot \gamma_n = 0,22 \cdot 1,1 \cdot 12 \cdot 0,95 = 2,78m / м$$

де: $q_{ст.н.}$ – розрахункове значення навантаження від ваги стінового огородження, т/м²;

Схема завантаження поперечної рами постійними навантаженнями приведена на рис. 13.4

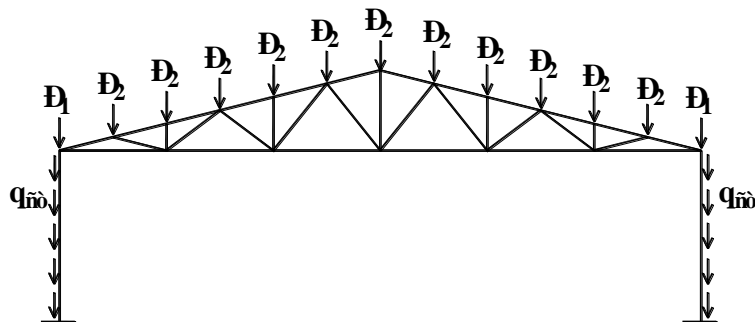


Рисунок 13.4 – Схема завантаження рами постійними навантаженнями.

2. Снігове навантаження.

Зосереджені значення навантажень від ваги снігу знаходять по формулам:

$$S_1 = S_m \cdot B \cdot \gamma_n \cdot d / 2 = 0,091 \cdot 12 \cdot 0,95 \cdot 3 / 2 = 1,556m ;$$

$$S_2 = S_m \cdot B \cdot \gamma_n \cdot d = 0,091 \cdot 12 \cdot 0,95 \cdot 3 = 3,112m ;$$

$$S_m = S_0 \cdot \gamma_{fn} \cdot C = 0,08 \cdot 1,14 \cdot 1 = 0,091m / m^2 ;$$

$$C = \mu \cdot C_e \cdot C_{alt} = 1 \cdot 1 \cdot 1 = 1$$

де: S_0 – характеристичне значення снігового навантаження, t/m^2 , яке залежить від снігового району.

γ_{fn} – коефіцієнт надійності по граничному значенню снігового навантаження, $\gamma_{fn}=1,14$.

μ – коефіцієнт переходу від ваги снігового покриву на поверхні землі к сніговому навантаженню на покрівлю.

$$\mu = 1 \quad \text{при } \alpha \leq 25^{\circ} ; \quad \mu = 0 \quad \text{при } \alpha > 60^{\circ}$$

C_e – коефіцієнт, який враховує режим експлуатації покрівлі, $C_e=1$;

C_{alt} – коефіцієнт географічної висоти, який враховує висоту (в кілометрах) розташування будівлі над рівнем моря, $C_{alt}=1$.

Схема завантаження поперечної рами сніговим навантаженням приведена на рис. 13.5

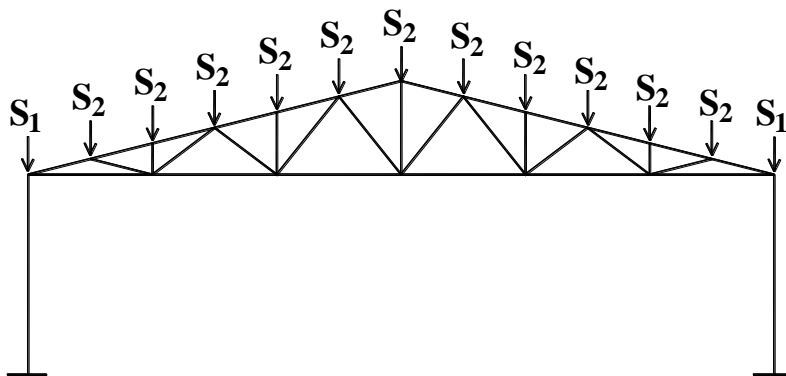


Рисунок 13.5 – Схема завантаження рами сніговим навантаженням.

3. Навантаження від тиску вітру.

Рівномірно розподілене значення навантаження на колони поперечної рами від тиску вітру знаходять по формулам:

$$\omega = \omega_m \cdot B \cdot \gamma_n = 0,057 \cdot 12 \cdot 0,95 = 0,65 \text{ м/м};$$

$$\omega' = \omega'_m \cdot B \cdot \gamma_n = 0,035 \cdot 12 \cdot 0,95 = 0,4 \text{ м/м};$$

$$\omega_m = \omega_0 \cdot \gamma_{fm} \cdot C = 0,04 \cdot 1,14 \cdot 1,24 = 0,057 \text{ м/м}^2;$$

$$\omega'_m = \omega_0 \cdot \gamma_{fm} \cdot C' = 0,04 \cdot 1,14 \cdot 0,775 = 0,035 \text{ м/м}^2;$$

$$C = C_{aer} \cdot C_h \cdot C_{alt} \cdot C_{rel} \cdot C_{dir} = 0,8 \cdot 1,55 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 1,24;$$

$$C' = C'_{aer} \cdot C_h \cdot C_{alt} \cdot C_{rel} \cdot C_{dir} = 0,5 \cdot 1,55 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 0,775;$$

де: ω_0 – характеристичне значення вітрового тиску, т/м², яке залежить від снігового району.

C_{aer} та C'_{aer} - аеродинамічні коефіцієнти для наветреної та підветреної сторін відповідно, $C_{aer}=0,8$, а $C'_{aer}=0,5$.

b – довжина будівлі;

L – ширина прольоту;

h – відмітка низу ферми.

C_h - коефіцієнт висоти будівлі, який враховує збільшення вітрового навантаження в залежності від висоти конструкції над поверхнею землі, типу оточуючого середовища. Для міської забудови та висоті будівлі не вище 17 м $C_h=1,55$.

C_{alt} - коефіцієнт географічної висоти, $C_{alt}=1$;

C_{rel} - коефіцієнт рельєфа, який приймається рівним 1 за виключенням випадків, коли об'єкт будівництва розташовується на пагорбі чи схилі;

C_{dir} - коефіцієнт напрямку, який враховує нерівномірність вітрового навантаження по напрямках вітру і приймається рівним 1.

Зосереджені значення вітрового навантаження на вузли ферми визначаються по наступним формулам.

$$W_1 = \omega \cdot h_{\phi} / 2 = 0,65 \cdot 3,6 / 2 = 1,17m; ;$$

$$W'_1 = \omega' \cdot h_{\phi} / 2 = 0,4 \cdot 3,6 / 2 = 0,72m;$$

$$W_2 = (\omega + \omega') \cdot h_{\phi} / 2 = (0,65 + 0,4) \cdot 3,6 / 2 = 1,89m .$$

Схема завантаження поперечної рами вітровим навантаженням приведена на рис. 13.6

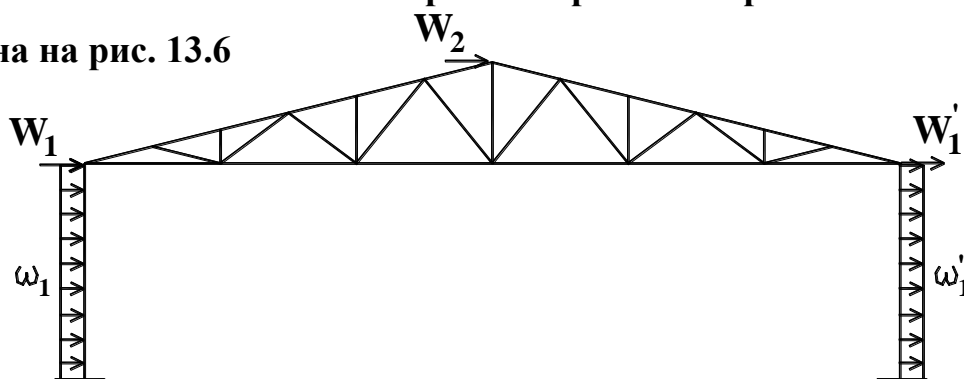


Рисунок 13.6 – Схема завантаження рами вітровим навантаженням (вітер зліва).

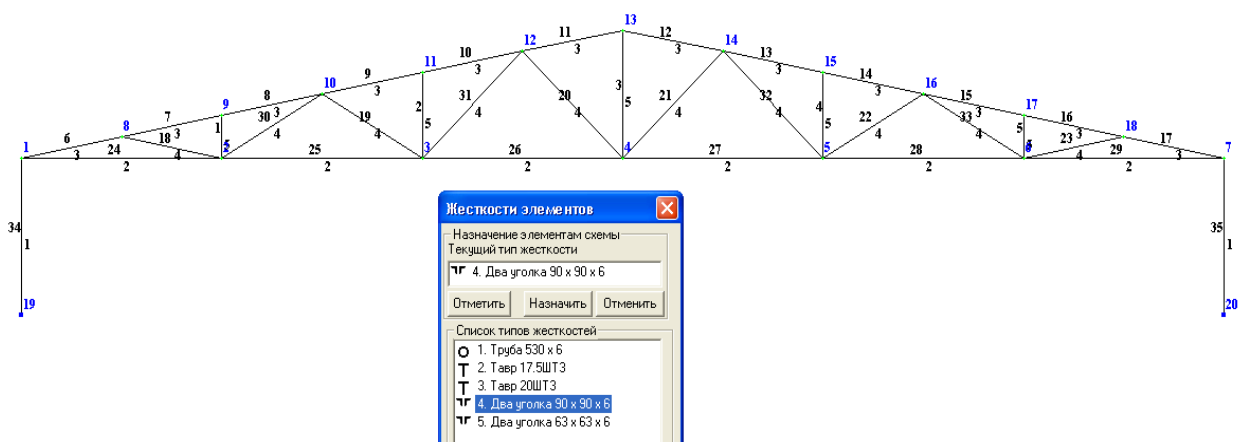


Рисунок 13.7 – Розрахункова схема поперечної рами.

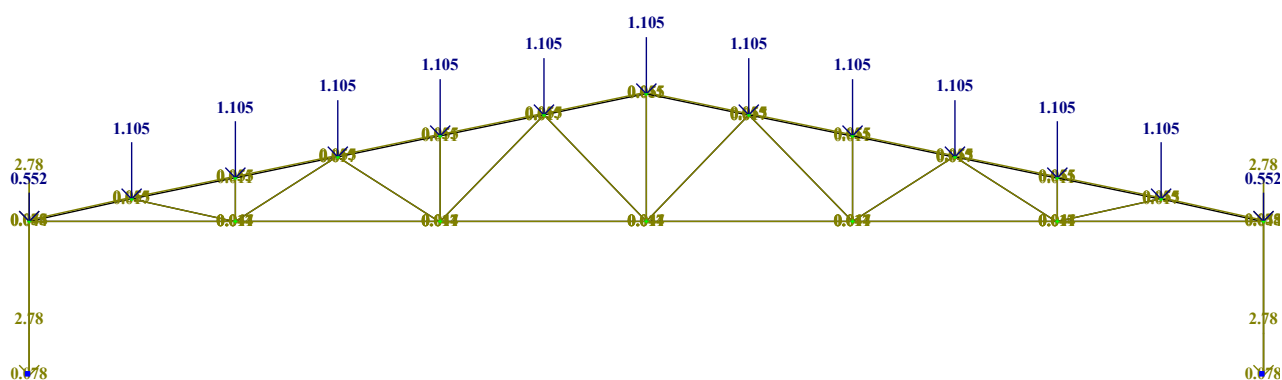


Рисунок 13.8 – Схема завантаження рами постійними навантаженнями.

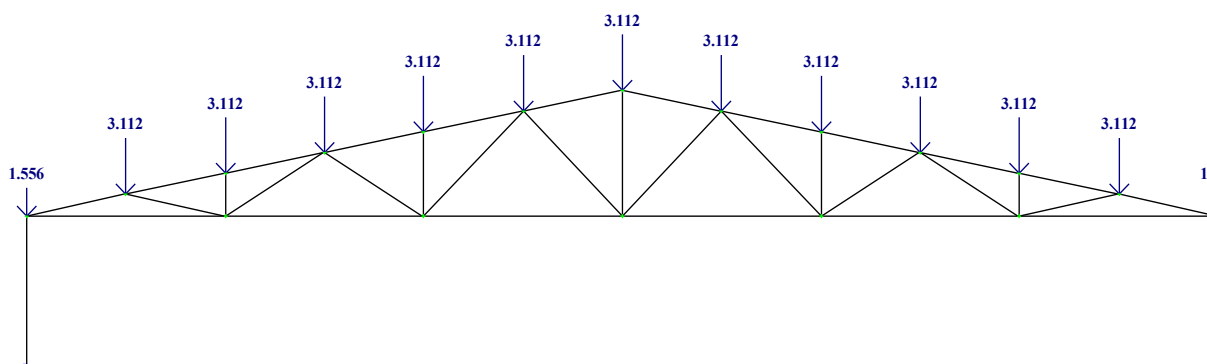


Рисунок 13.9 – Схема завантаження рами сніговим навантаженням.

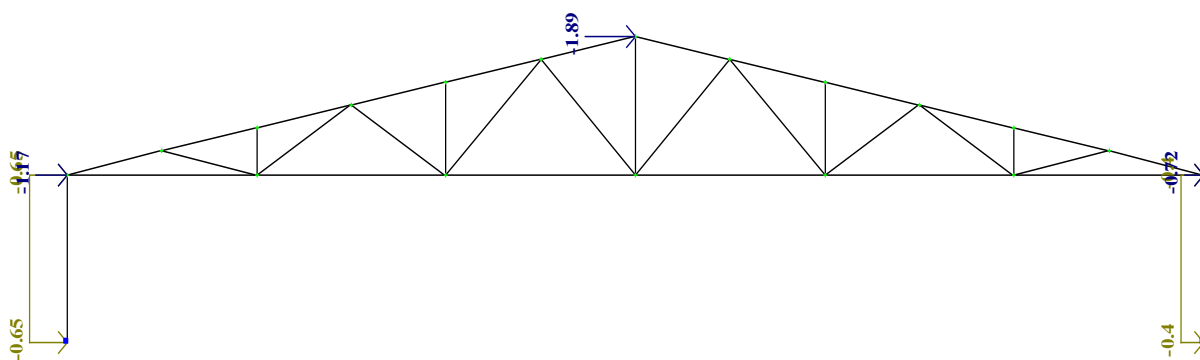


Рисунок 13.10 - Схема завантаження рами вітровим навантаженням (вітер зліва).

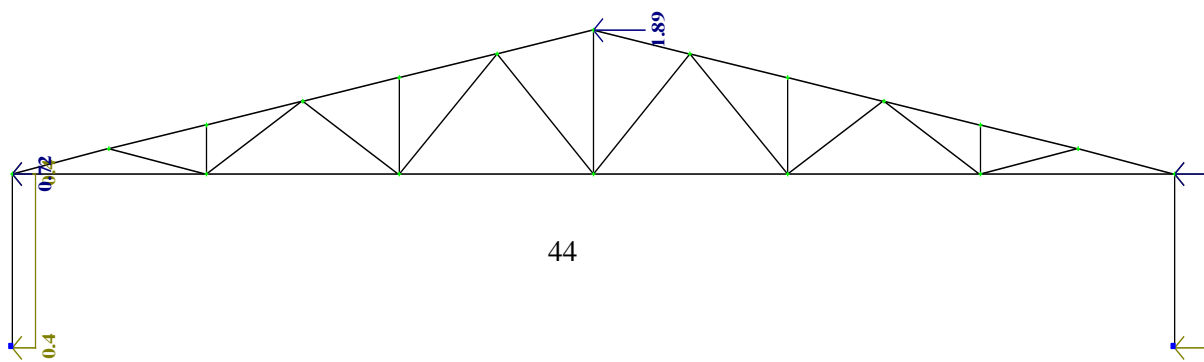


Рисунок 13.11 - Схема завантаження рами вітровим навантаженням (вітер справа).

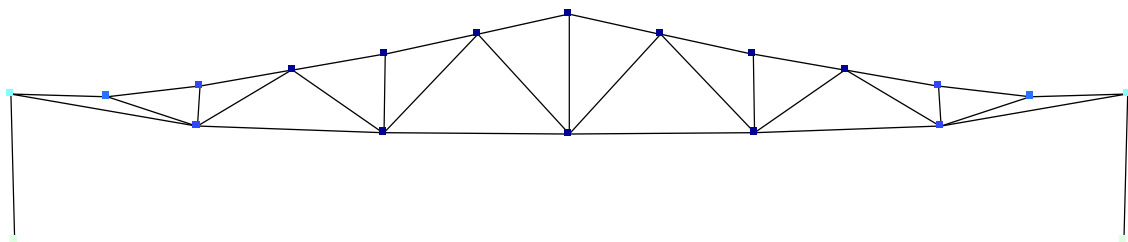
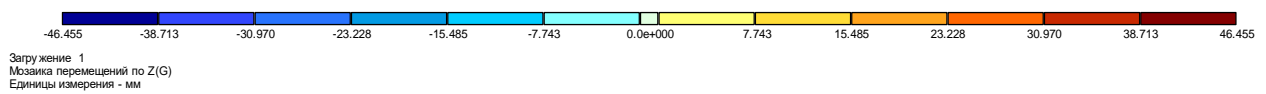


Рисунок 13.12 – Мозаїка переміщень вузлів рами уздовж вісі Z від дії постійного навантаження.

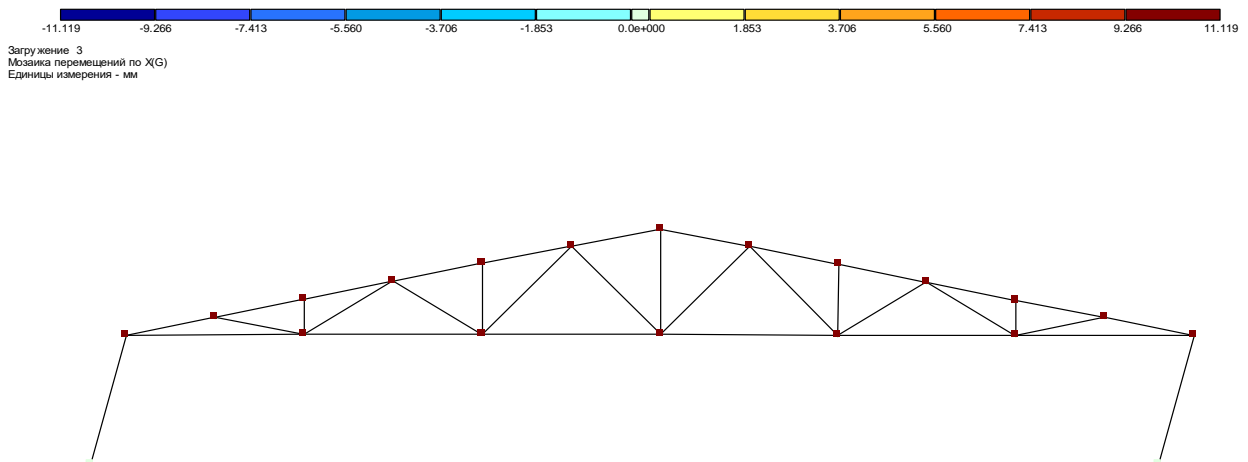


Рисунок 13.13 – Мозаїка переміщень вузлів рами уздовж вісі X від дії вітрового навантаження.

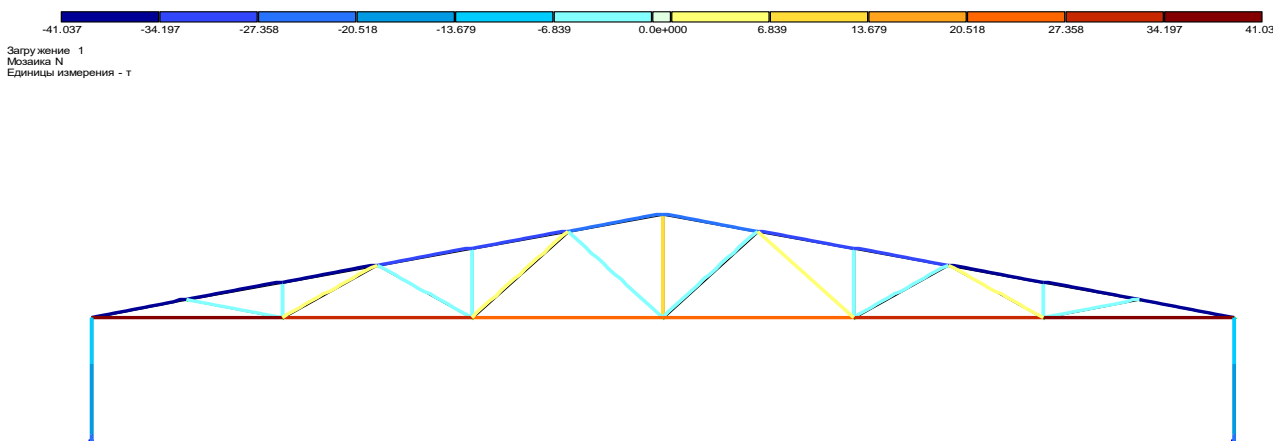


Рисунок 13.14 – Епюри подовжніх сил N в елементах рами від дії постійного навантаження.

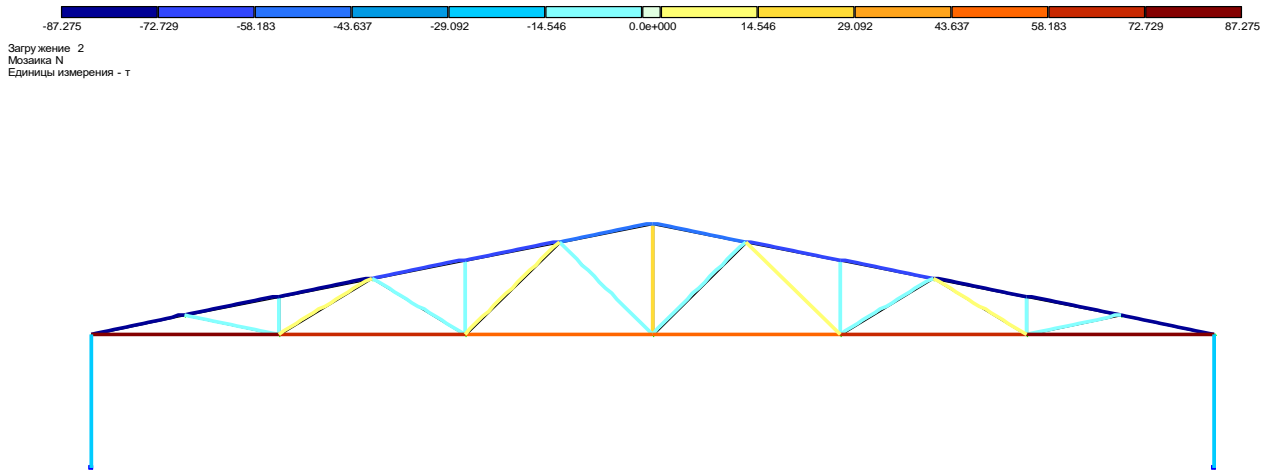


Рисунок 13.15 – Епюри подовжніх сил N в елементах рами від дії снігового навантаження.

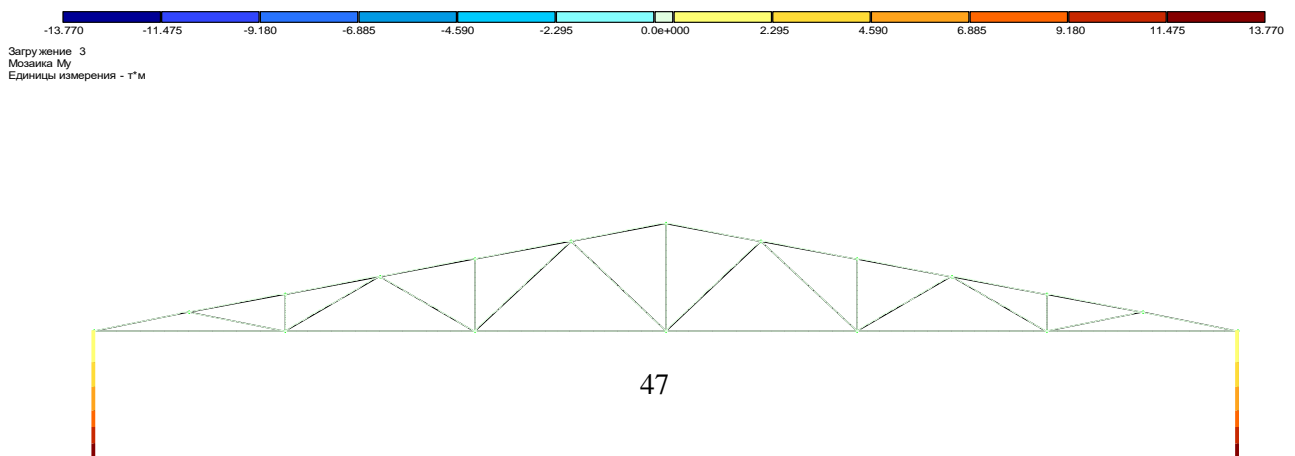


Рисунок 13.16 – Епюри згинальних моментів M_y в колонах рами від дії вітрового навантаження.

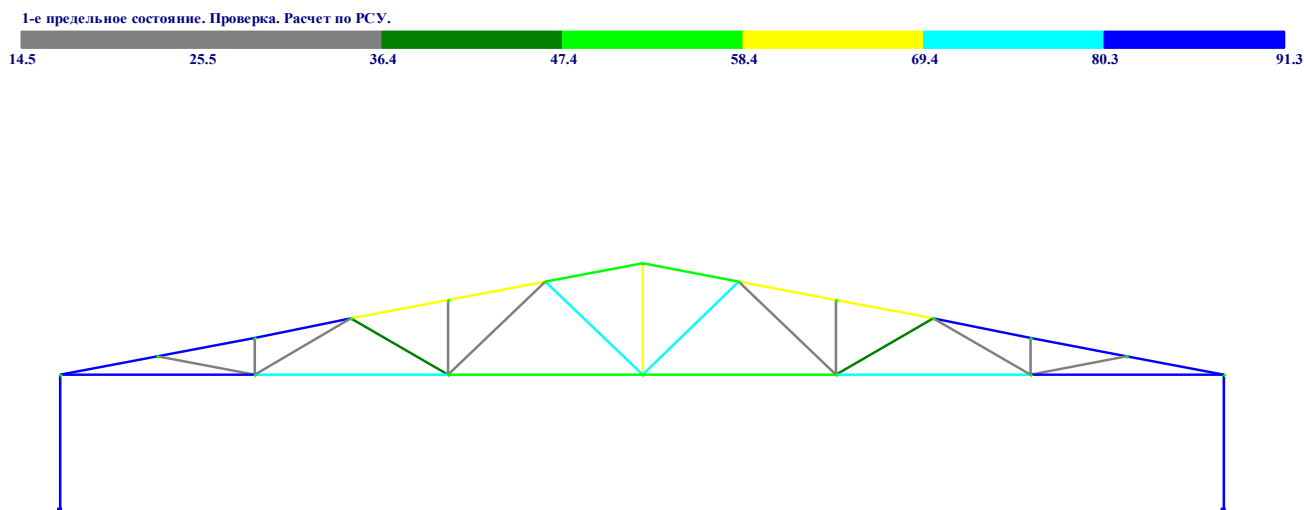


Рисунок 13.17 – Результати перевірки елементів поперечної рами по I групі граничних станів.

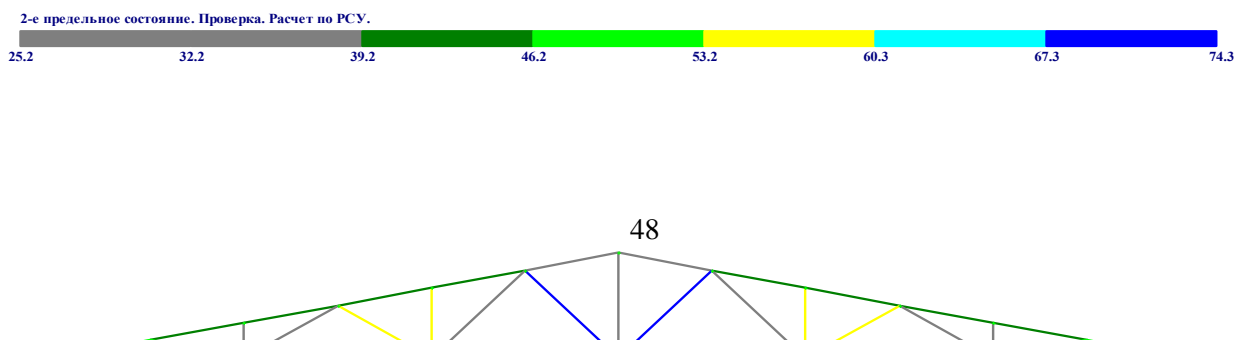


Рисунок 13.18 – Результати перевірки елементів поперечної рами по II групі граничних станів.

14 КОНТРОЛЬНА РОБОТА № 7 «ПРОЕКТУВАННЯ СТАЛЕВИХ КОНСТРУКЦІЙ БАЛОЧНОЇ КЛІТКИ»

14.1 Завдання для самостійного вирішення

/п	Розмір и майданчика за планом, м	Крок в колон поздовж. напрямку, м	Крок в колон поперечн. напрямку, м	Відміт ка верху сне майданчика	Кори сне наванта- ження, т/м ²	Перерізи колон
	2	3	4	5	6	7
0	16,0x7,	8,0	3,5	3,6	10	Суцільн. із двутаवру
4	16,8x7,	8,4	3,7	3,7	12	Суцільн. із двутаवру
	17,6x7,	6,8	3,9	3,8	14	Наскрізн. із

	8					швелерів	
	2	18,6x8,	9,2	4,1	3,9	16	Суцільн. іє двутавру
	6	19,2x8,	9,6	4,3	4,0	18	Наскрізн. іє швелерів
	0	20,0x9,	10,0	4,5	4,1	20	Наскрізн. іє двутаврів
	4	20,8x9,	10,4	4,7	4,2	22	Суцільн. іє двутавру
	8	21,6x9,	10,8	4,9	4,3	24	Наскрізн. іє швелерів
	0,2	22,4x1	11,2	5,1	4,4	11	Наскрізн. іє двутаврів
0	0,6	23,2x1	11,6	5,3	4,5	13	Суцільн. іє двутавру
1	1,0	24,0x1	12,0	5,5	4,6	15	Наскрізн. іє двутаврів
2	1,4	24,8x1	12,4	5,7	4,7	17	Наскрізн. іє двутаврів
3	1,8	25,6x1	12,8	5,9	4,8	19	Суцільн. іє двутавру
4	2,2	26,0x1	13,0	6,6	4,9	21	Наскрізн. іє швелерів
5	2,6	25,2x1	12,6	6,3	5,0	23	Наскрізн. іє швелерів
6	3,0	24,4x1	12,2	6,5	5,1	10	Наскрізн. іє двутаврів
7	3,4	23,6x1	11,8	6,7	5,2	11	Наскрізн. іє двутаврів

8	22,8x1 3,8	11,4	6,9	5,3	12	Суцільн. двутаवру	із
9	22,0x1 4,2	11,0	7,1	5,4	13	Наскрізн. двутаवरів	із
0	16,0x8, 0	8,0	4,0	5,5	14	Наскрізн. швелерів	із
1	16,8x8, 4	8,4	4,2	5,6	15	Наскрізн. швелерів	із
2	17,6x8, 8	8,8	4,4	5,7	16	Суцільн. двутаवру	із
3	18,0x8, 2	9,2	4,1	5,8	17	Наскрізн. швелерів	із
4	19,2x7, 6	9,6	3,8	5,9	18	Наскрізн. двутаवरів	із
5	20,0x8, 0	10,0	4,0	6,0	19	Наскрізн. двутаवरів	із
6	20,8x8, 4	10,4	4,2	6,1	20	Суцільн. двутаवру	із
7	21,6x8, 8	10,8	4,4	6,2	21	Наскрізн. швелерів	із
8	15,2x7, 6	7,6	3,8	6,3	22	Наскрізн. двутаवरів	із
9	15,0x8, 0	7,5	4,0	6,4	23	Суцільн. двутаवру	із
0	14,0x1 1,0	7,0	5,5	6,5	24	Наскрізн. швелерів	із

14.2 Приклад виконання контрольної роботи

Задача аналогічна попередній і полягає в підборі поперечних перетинів сталевих профілів елементів робочого майданчика за допомогою програми ЛР-СТК. Система розташовується в просторі і вирішується по 5 признаку.

Завдання. Запроектувати сталеві конструкції балочної клітки та колони робочого майданчика виробничої будівлі при наступних даних:

- Розміри майданчика за планом - 18,4 x 8,2 м;
- Крок колон в подовжньому напрямку - 9,2 м;
- Крок колон в поперечному напрямку - 4,1 м;
- Відмітка верха майданчика - 5,9 м;
- Корисне навантаження на майданчик - 18 кН/м²;
- Матеріал конструкцій – сталь марки 18кп;
- Колони - суцільного перерізу із двотавру.

Приклад оформлення звіту по контрольній роботі.

Спочатку обирається крок балок настилу і обчислюється погонне навантаження на них. У даному випадку крок балок настилу 0,92 м.

Погонне навантаження на балки настилу знаходимо за формулою:

$$q = (q_0^n \cdot \gamma_{f1} + q_n \cdot \gamma_{f2}) \cdot l = (18 \cdot 1,2 + 0,785 \cdot 1,05) \cdot 0,92 = 20,6 \text{ кН} / \text{м} = 2,06 \text{ т} / \text{м}$$

де q_0^n – корисне навантаження на майданчик;

γ_{f1}, γ_{f2} - коефіцієнти надійності, які дорівнюють 1,2 і 1,05 відповідно;

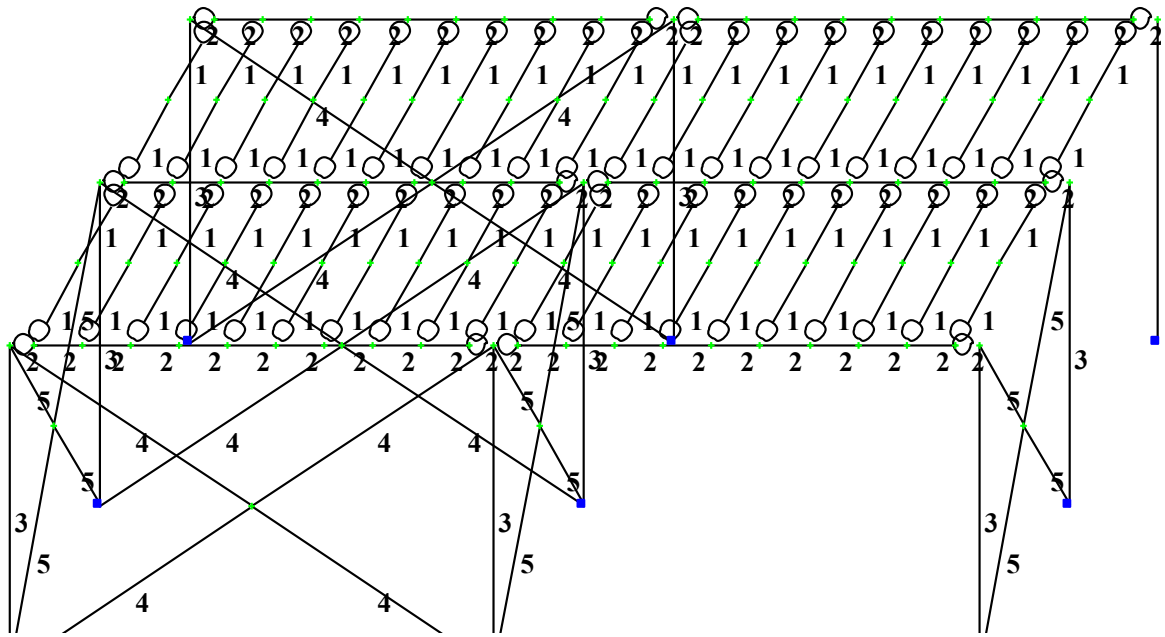
q_n – навантаження від ваги сталевих балок товщиною 1 см;

l – крок балок настилу.

Навантаження від ваги сталевих балок товщиною 10 мм знаходимо за формулою:

$$q_n = \rho \cdot t = 78,5 \cdot 0,01 = 0,785 \text{ кН} / \text{м}$$

де ρ - щільність сталі, дорівнює 78,5 кН/м³.



- 1 – двутавр №27
- 2 – двутавр №60ШЗ
- 3 – двутавр №23К1

Рисунок 14.1 – Розрахункова схема робочого майданчика (ізометрія).

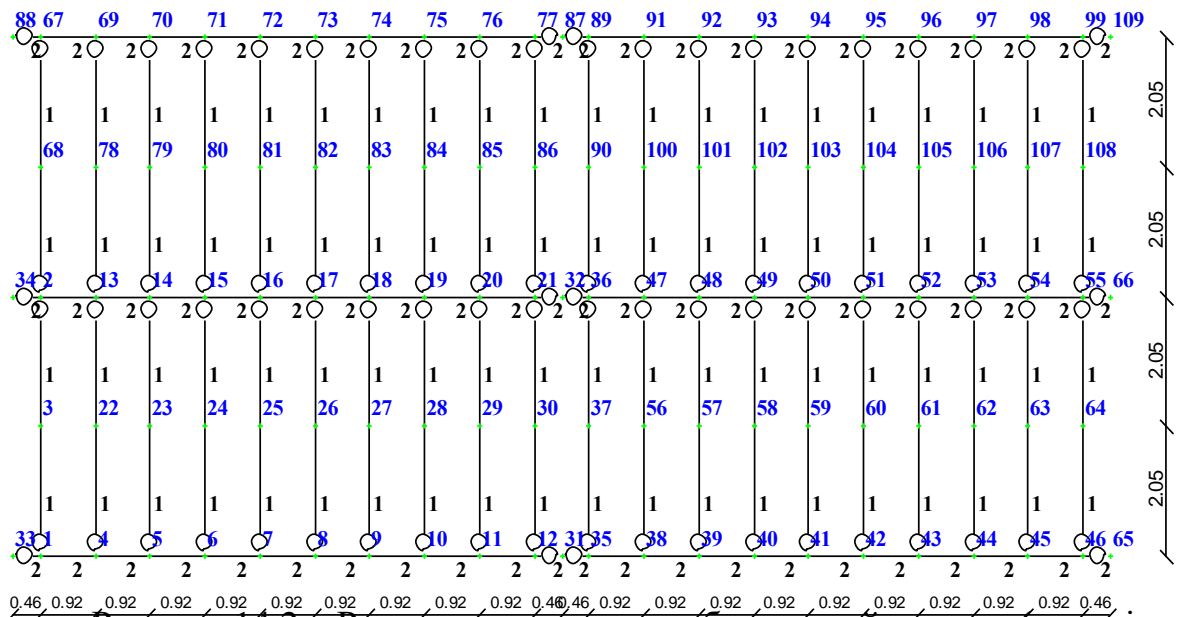


Рисунок 14.2 – Розрахункова схема робочого майданчика (прекція на площину XOY).

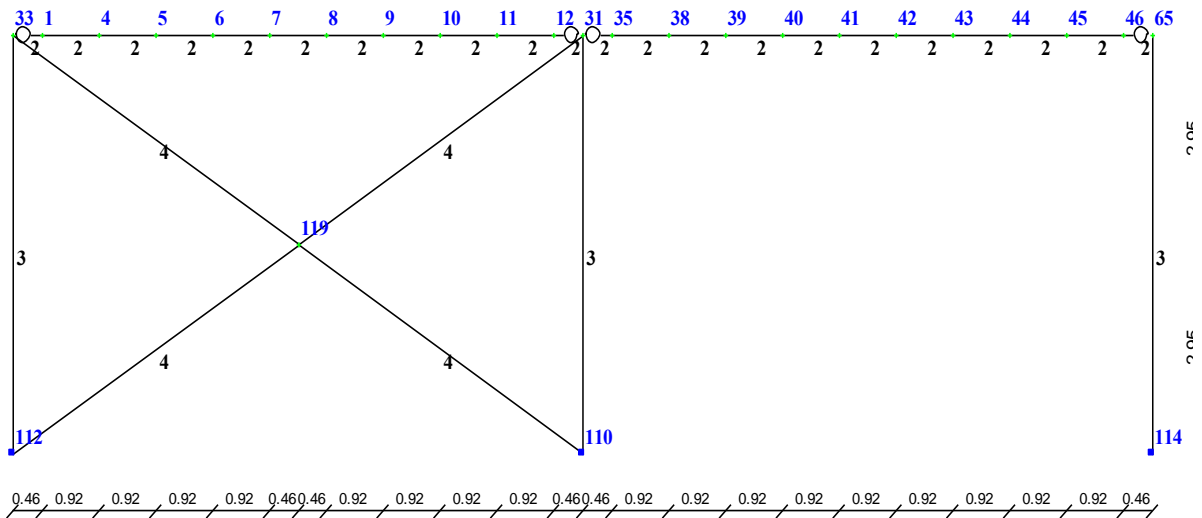


Рисунок 14.3 – Розрахункова схема робочого майданчика (прекція на площину XOZ).

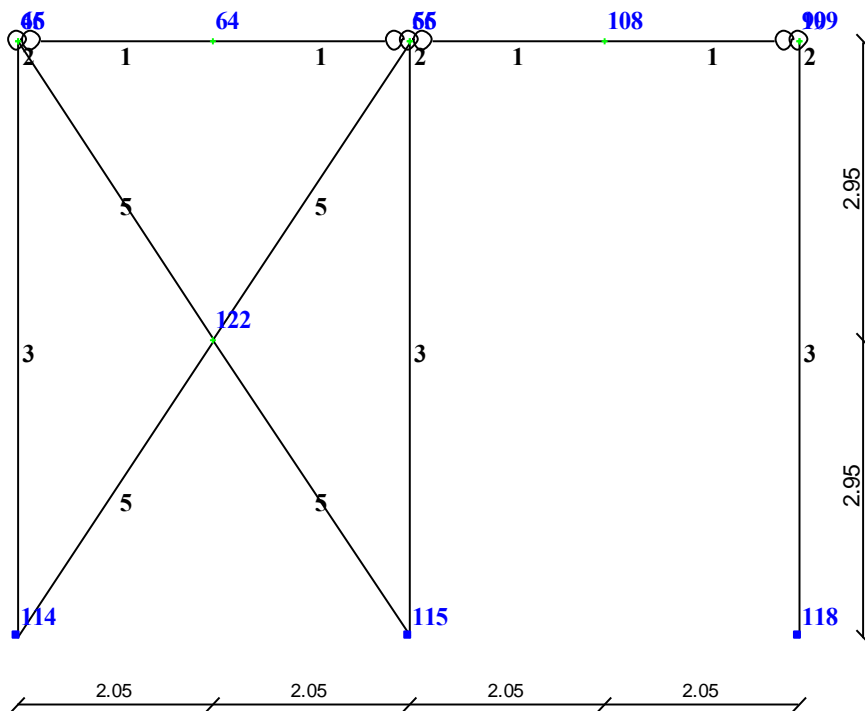


Рисунок 14.4 – Розрахункова схема робочого майданчика (прекція на площину ZOY).

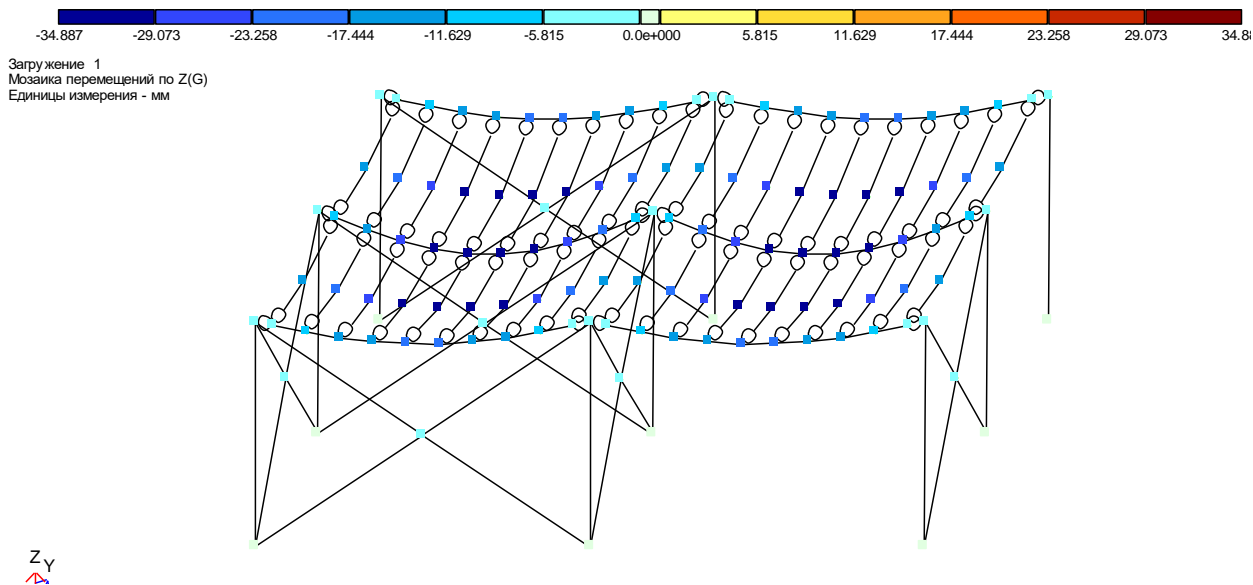


Рисунок 14.5 – Мозаїка переміщень вузлів робочого майданчика уздовж
вісі Z.

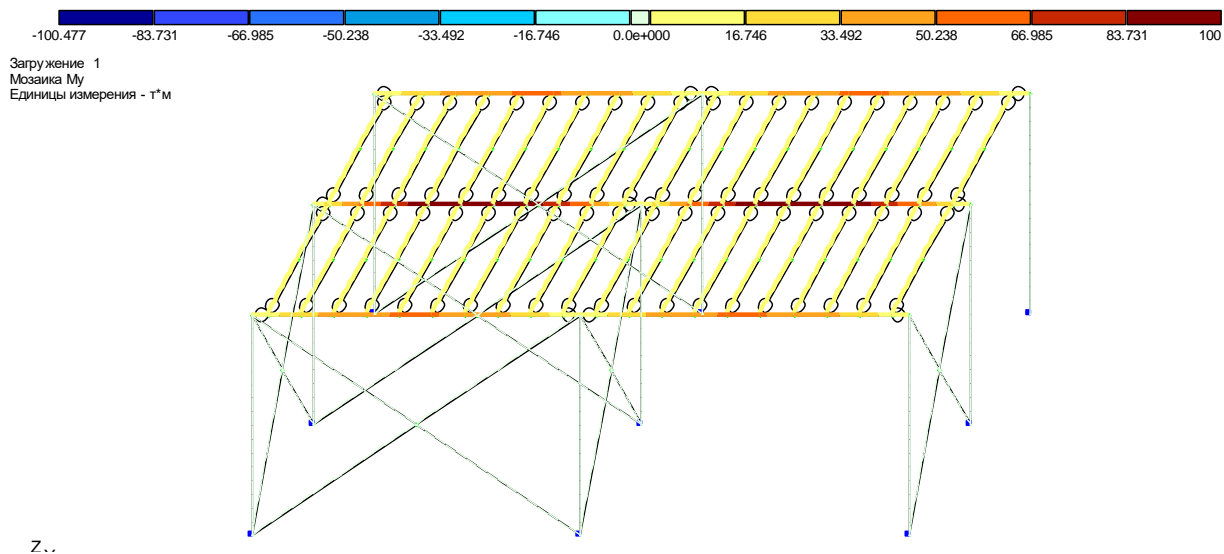


Рисунок 14.6 – Епюри згинальних моментів M_y в балках робочого
майданчика.

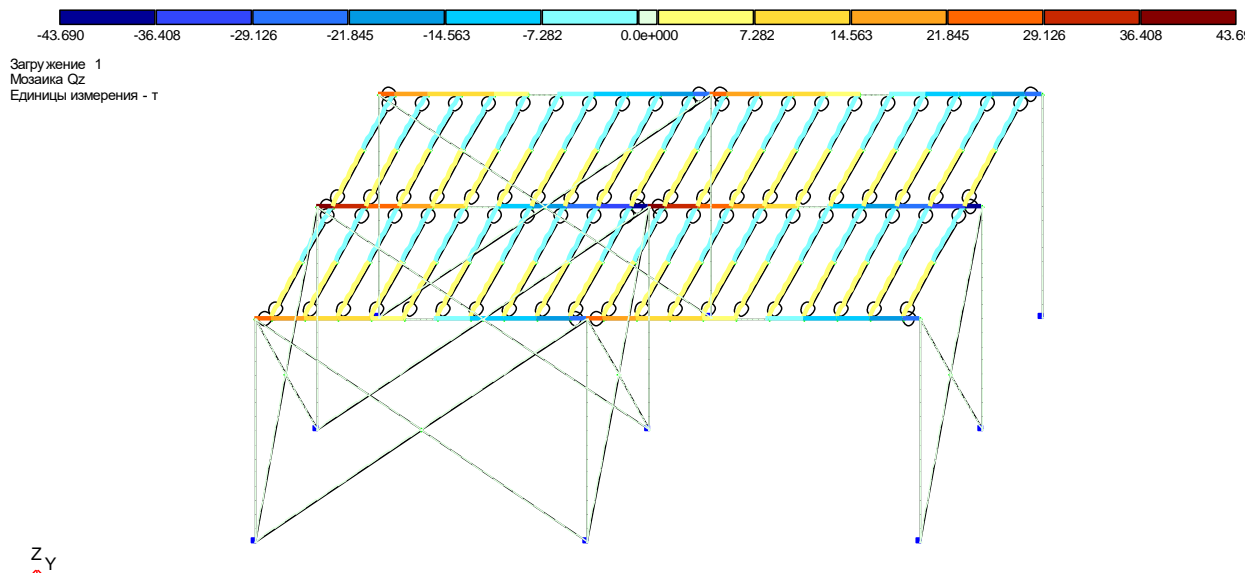


Рисунок 14.7 – Епюри поперечных сил Q_z в балках рабочего майданчика.

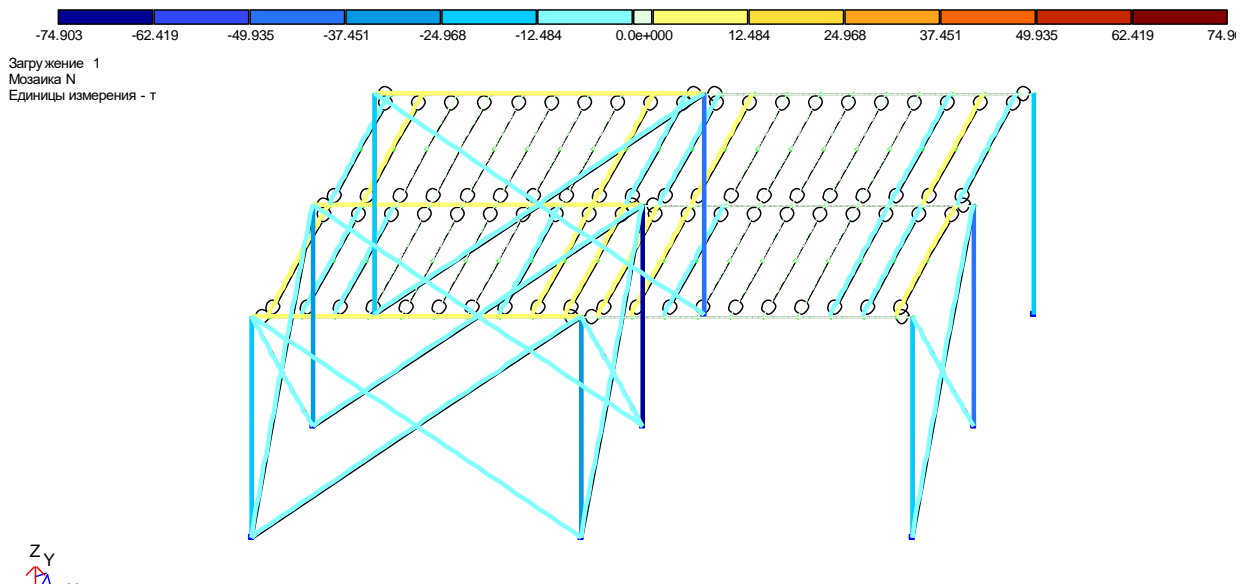


Рисунок 14.8 – Епюри подовжніх сил N в колонах рабочего майданчика.

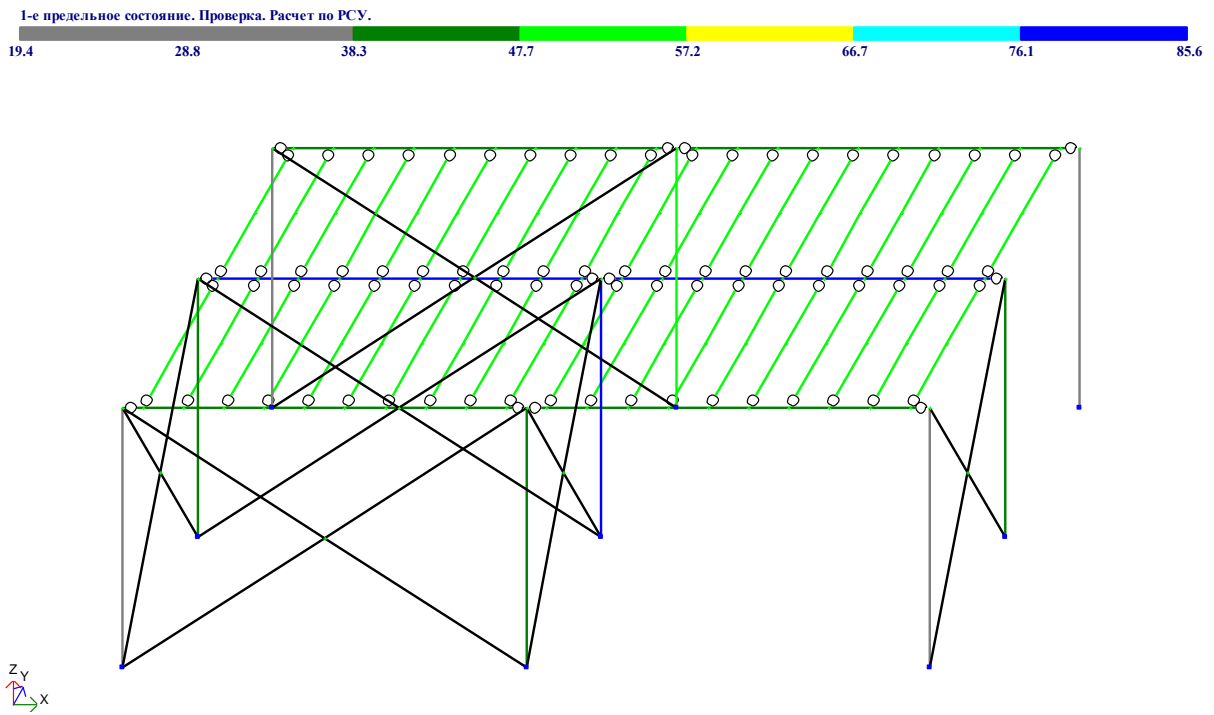


Рисунок 14.9 – Результаты экспертизы элементов рабочего майданчика по I группе граничных станів.

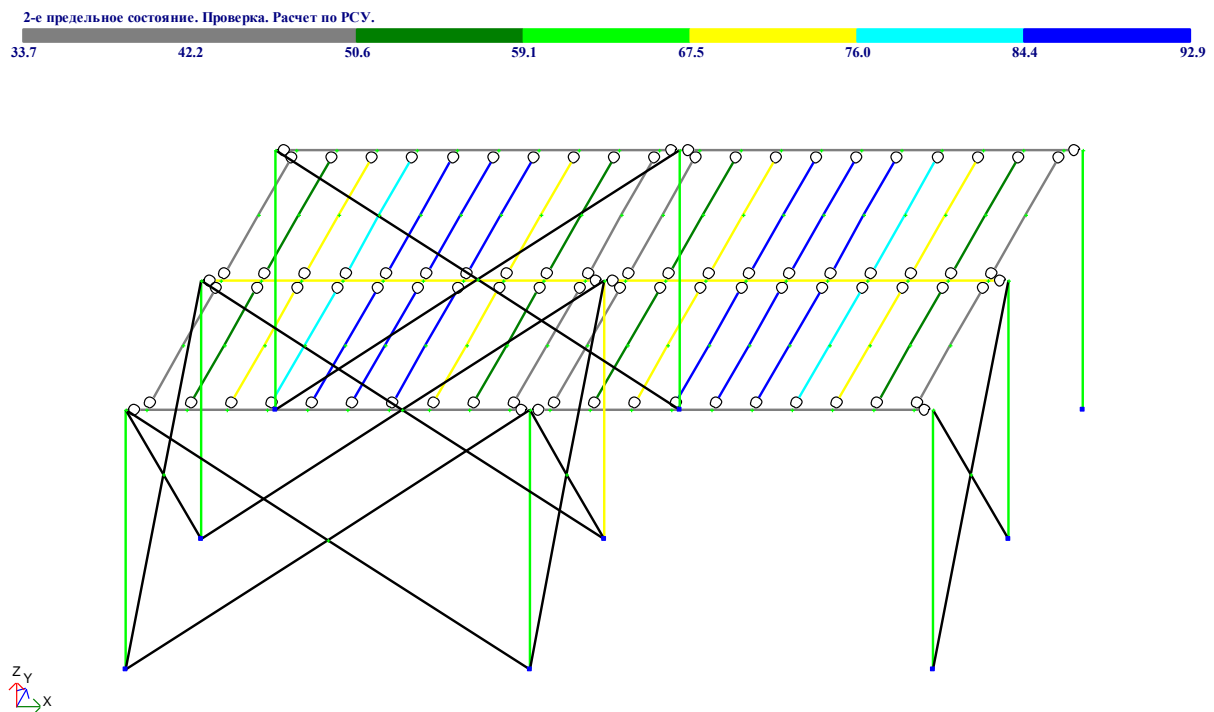


Рисунок 14.10 – Результаты экспертизы элементов рабочего майданчика по II группе граничных станів.