

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО- НАУКОВИЙ ІСТИТУТ ім. Ю.М. ПОТЕБНІ

Кафедра Промислове та цивільне будівництво

(повна назва)

## Кваліфікаційна робота

рівень вищої освіти Магістр

(рівень вищої освіти)

на тему: Оцінка конструктивних елементів будівлі  
електротермічного цеху

Виконав: студент 2 курсу, групи 8.1922 – пцб-

Сіверський Сергій Вікторович

(прізвище та ініціали)

Спеціальність

192 «Будівництво та цивільна інженерія»

(шифр і назва)

Освітньо-професійна програма

«Промислове і цивільне будівництво»

(шифр і назва)

Керівник проф., д.е.н. Анін В.І.

(прізвище та ініціали)

Рецензент проф., д.т.н. Арутюнян І.А.

(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Запоріжжя, 20\_\_ року

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
 ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
 ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ  
 імені Ю.М. ПОТЕБНІ

Кафедра Промислового та цивільного будівництва  
 Рівень вищої освіти магістерський  
 Спеціальність 192 «Будівництво та цивільна інженерія»  
(код та назва)  
 Освітня програма «Промислове і цивільне будівництво»  
(код та назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри *[підпис]*  
 «    »    20   року

**ЗАВДАННЯ**  
 НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТОВІ

Сіверський Сергій Вікторович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1 Тема роботи (проекту) Оцінка конструктивних елементів будівлі електротермічного цеху

керівник роботи Анін Віктор Іванович, д.е.н., проф.  
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

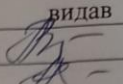
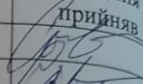
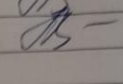
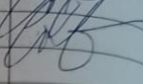
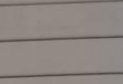
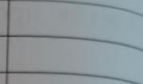
затверджені наказом ЗНУ від « 01 » 05 2023 року

№ 635-с

2 Строк подання студентом роботи \_\_\_\_\_  
 3 Вихідні дані до роботи нормативно-технічна документація,

4 Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1. Теоретичне формування аспектів розвитку будівельного виробництва на сучасних засадах. 2. Дослідження архітектурних рішень промислового будівництва на прикладі будівлі електротермічного цеху. 3. Розв'язання складних конструктивних завдань на прикладі будівництва електротермічного цеху

5 Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) 8 листів \_\_\_\_\_

6 Консультанти розділів роботи		Підпис, дата	
Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	завдання видав	завдання прийняв
Розділ 1	Анін В.І.		
Розділ 2	Анін В.І.		
Розділ 3	Анін В.І.		


7 Дата видачі завдання \_\_\_\_\_

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Теоретичне формування аспектів розвитку будівельного виробництва на сучасних засадах.	з 01.09 по 30.09.2023	
2	Дослідження архітектурних рішень промислового будівництва на прикладі будівлі електротермічного цеху	з 01.10 по 30.10.2023	
3	Розв'язання складних конструктивних завдань на прикладі будівництва електротермічного цеху	з 01.11 по 1.12.2023	

Студент  С.В. Сіверський

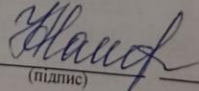
(підпис)

Керівник роботи (проекту)  (ініціали та прізвище)

(підпис)

В.І. Анін  
(ініціали та прізвище)

**Нормоконтроль пройдено**

Нормоконтролер  Данкевич Н.О.

(підпис)

(ініціали та прізвище)

## АНОТАЦІЯ

Сіверський С.В. Оцінка конструктивних елементів будівлі електротермічного цеху.

Кваліфікаційна випускна робота для здобуття ступеня вищої освіти магістра за спеціальністю 192 – Будівництво та цивільна інженерія, науковий керівник В.І. Анін, Інженерний навчально-науковий інститут Запорізького національного університету, 2023.

В роботі проведено детальна оцінки можливостей сучасних технологій застосування конструктивних елементів для покращення процесів будівельних процесів, що дасть можливість мінімізувати собівартість будівельно-монтажних робіт та скоротити термін будівництва. Всі будівлі, незалежно від матеріалів із яких вони виготовлені, призначення та класу складаються із певного числа конструктивних елементів. Конструктивний елемент - це фізично самостійна частина будівлі, наприклад, колона, балка, плита, фундамент. Тому сьогодні є актуальним завданням - детальне вивчення конструктивних елементів будівель, це основа (каркас будівлі цього скелет) будівельного процесу.

Ключові слова. *Будівництво, конструктивні рішення, конструктивні елементи, промислові об'єкти.*

Сіверський С.В., Анін В.І. Оцінка конструктивних елементів будівлі електротермічного цеху.. *III всеукраїнської науково-практичної конференції здобувачів вищої освіти, аспірантів та молодих вчених «Актуальні питання сталого науково-технічного та соціально-економічного розвитку регіонів України».* Запоріжжя: ІННІ ЗНУ, 2023.

## ABSTRACT

Siverskiy S.V. Evaluation of structural elements in building of the electrothermal manufactory.

Qualifying final work for the receipt of degree of higher education of master's degree after speciality 192 is Building and civil engineering, scientific leader V Anin, Engineering educational-scientific institute of the Zaporizhzhya national university, 2023.

In the work, a detailed assessment of the possibilities of modern technologies for the use of structural elements to improve the processes of construction processes is carried out, which will make it possible to minimize the cost of construction and assembly works and shorten the construction period. All buildings, regardless of the materials from which they are made, purpose and class, consist of a certain number of structural elements. A structural element is a physically independent part of a building, for example, a column, beam, slab, foundation.

Therefore, a detailed study of the structural elements of buildings is an urgent task today, it is the basis (frame of the building of this skeleton) of the construction process.

Keywords. Construction, structural solutions, structural elements, industrial objects.

Сіверський С.В., Анін В.І. Оцінка конструктивних елементів будівлі електротермічного цеху.. *III всеукраїнської науково-практичної конференції здобувачів вищої освіти, аспірантів та молодих вчених «Актуальні питання сталого науково-технічного та соціально-економічного розвитку регіонів України»*. Запоріжжя: ІННІ ЗНУ, 2023.

## ЗМІСТ

	стр.
<b>Вступ</b> .....	8
<b>1 ТЕОРЕТИЧНЕ ФОРМУВАННЯ АСПЕКТІВ РОЗВИТКУ БУДІВЕЛЬНОГО ВИРОБНИЦТВА НА СУЧАСНИХ ЗАСАДАХ</b> .....	11
1.1 Сутність та значення конструктивних елементів будівель та споруд .....	11
1.2 Класифікація будівель.....	14
1.3 Основні конструктивні елементи будівель і споруд .....	15
<b>2 ДОСЛІДЖЕННЯ АРХІТЕКТУРНИХ РІШЕНЬ ПРОМИСЛОВОГО БУДІВНИЦТВА НА ПРИКЛАДІ БУДІВЛІ ЕЛЕКТРОТЕРМІЧНОГО ЦЕХУ</b> .....	20
2.1 Аналіз архітектурно-конструктивних рішень електротермічного цеху.....	20
2.2 Об'ємно-планувальне рішення .....	23
2.3 Конструктивне рішення.....	27
2.4 Визначення категорії складності об'єкта будівництва.....	29
<b>3 РОЗВ'ЯЗАННЯ СКЛАДНИХ КОНСТРУКТИВНИХ ЗАВДАНЬ НА ПРИКЛАДІ БУДІВНИЦТВА ЕЛЕКТРОТЕРМІЧНОГО ЦЕХУ</b> .....	31
3.1 Розрахунок і конструювання сталеві кроквяної ферми з поясами і ґратами з парних куточків .....	31
3.2 Розрахунок рами каркаса .....	42

3.3	Результати розрахунку ферми .....	64
	Висновок до розділу.....	80
	Список використаних джерел.....	81

## ВСТУП

**Актуальність теми магістерської роботи** Основним типом сучасної виробничої будівлі є будівля великих розмірів, що блокується, в плані з уніфікованою сіткою колон, що об'єднує ряд цехів під одним дахом і відрізняється високою мірою збірності. Групи сусідніх підприємств об'єднуються в промислові вузли із загальними допоміжними виробництвами, інженерними спорудами, з єдиною системою обслуговування.

Одним з найважливіших завдань в області промислового будівництва є зниження долі пасивних витрат в загальному об'ємі капіталовкладень, тобто витрат на будівельно-монтажні роботи по зведенню будівель і споруд. При проектуванні промислових будівель необхідно знижувати матеріаломісткість, трудомісткість і кошторисну вартість будівництва; застосовувати недорогі, але ефективні будівельні матеріали, знижувати масу несучих і захищаючих конструкцій, більш повно використати прочностні і деформаційні характеристики матеріалів і ґрунтів основи.

Промислова будівля повинна відповідати функціональним, технічним, архітектурно-художнім і економічним вимогам.

Функціональні вимоги полягають в тому, щоб промислова будівля якнайповніше задовольняла своєму призначенню, заданим параметрам розміщеного в ній технологічного процесу. Цим вимогам мають бути підпорядковані об'ємно-планувальне і конструктивне рішення будівлі, його внутрішньоцехове устаткування, повітряне середовище, світловий і шумовий режими виробничих приміщень.

Технічні вимоги полягають в забезпеченні міцності, стійкості і довговічності будівель, в зниженні пожежної і вибухової небезпеки для працюючих.

Промислова будівля повинна мати привабливий і виразний зовнішній вигляд, що задовольняє художнім запитам людини. Архітектура будівлі має



бути гармонійною, пов'язана із забудовою комплексу і природним оточенням. Краса промисловим будівлям надається гармонійністю, пропорціональністю і ритмічністю їх елементів, а також високою якістю монтажних і обробних робіт.

Для скорочення вартості будівництва будівель потрібний вибір найбільш доцільних об'ємно-планувальних, конструктивних і архітектурно-композиційних рішень будівлі при забезпеченні оптимальної організації технологічного процесу.

**Метою** написання магістерської роботи є проведення детальної оцінки можливостей сучасних технологій застосування конструктивних елементів для покращення процесів будівельних процесів, що дасть можливість мінімізувати собівартість будівельно-монтажних робіт та скоротити термін будівництва.

**Основні завдання:**

- аналіз наукових джерел з метою обґрунтування оцінки конструктивних елементів при промисловому будівництві, як одного із раціональних підходів щодо підвищення проектних рішень;
- дослідження використання конструктивних елементів у промисловому будівництві ;
- проведення розрахунку конструктивних елементів на прикладі промислової будівлі електротермічного цеху.

**Об'єктом** дослідження є конструктивні рішення при будівництві промислової будівлі електротермічного цеху.

**Предметом** дослідження є конструктивні елементи будівлі електротермічного цеху.

**Методологія** дослідження: аналіз та оцінка літературних джерел, методи, моделювання конструктивних рішень при промисловому будівництві.

У процесі досліджень вивчено та узагальнено результати вітчизняних і зарубіжних науково-дослідних інститутів, що розглядають проблеми конструктивних систем промислових будівель, враховуючі специфіку об'єкту при застосуванні відповідних конструктивних елементів.

**Наукова новизна.** Полягає в проведенні детальної оцінки можливостей сучасних технологій застосування конструктивних елементів для покращення процесів будівельних процесів, що дасть можливість мінімізувати собівартість будівельно-монтажних робіт та скоротити термін будівництва.

**Особистий внесок.** Основні ідеї і результати досліджень, що характеризують наукову новизну і практичне значення, отримані автором особисто.

**Апробація.** Основні положення роботи опубліковані на спеціалізованій науково-технічній конференції студентів, магістрантів, аспірантів та викладачів ІННІ ЗНУ на секції «Промислове та цивільне будівництво» (2023, м. Запоріжжя).

# 1 ТЕОРЕТИЧНЕ ФОРМУВАННЯ АСПЕКТІВ РОЗВИТКУ БУДІВЕЛЬНОГО ВИРОБНИЦТВА НА СУЧАСНИХ ЗАСАДАХ

## 1.1 Сутність та значення конструктивних елементів будівель та споруд

Усі будівлі складаються з окремих взаємозв'язаних між собою частин або елементів, які доповнюють один одного: об'ємно-планувальних елементів, тобто великих частин, на які можна розчленувати всю будівлю (поверх, окреме приміщення, сходові клітки); конструктивних елементів, які визначають структуру будівлі (фундаменти, стіни, перекриття, дах); будівельних виробів, тобто порівняно дрібних деталей, з яких складаються конструктивні елементи (перемичка, панель перекриття, фундаментний блок, сходові площадки). Систему розташування приміщень у будівлі називають об'ємно-планувальним вирішенням.

Будь-який будинок повинен відповідати таким основним вимогам:

1) функціональній доцільності, тобто будівля повинна цілком відповідати тому процесу, для якої вона призначена (зручність проживання, праці, відпочинку тощо);

2) технічній доцільності, тобто будинок повинен надійно захищати людей від зовнішніх впливів (низьких чи високих температур, опадів, вітру), бути міцним і стійким, витримувати різні навантаження, і довговічним, зберігаючи нормальні експлуатаційні якості в часі;

3) архітектурно-художній виразності, тобто будинок повинен бути привабливим по своєму зовнішньому (екстер'єрі) і внутрішньому (інтер'єру) виду, сприятливо впливати на психологічний стан і свідомість людей;

4) економічній доцільності, що передбачає найбільш оптимальні для даного виду будинку витрати праці, засобів і часу на його зведення. При цьому

необхідно також поряд з одноразовими витратами на будівництво враховувати і витрати, зв'язані з експлуатацією будинку.

Безумовно, комплекс цих вимог не можна розглядати у відриві одне від одного. Звичайно, при проектуванні будинку прийняті рішення є результатом погодженості з урахуванням усіх вимог, що забезпечують його наукову обґрунтованість.

Основною з перелічених вимог є функціональна, або технологічна доцільність: оскільки будівля є середовищем для здійснення людьми найрізноманітніших процесів, праці, побуту і відпочинку, то приміщення будівлі повинні якомога повніше відповідати тим процесам, на які це приміщення розраховане. Технічна доцільність будівлі визначається вираженням її конструкції, яке має врахувати усі зовнішні впливи, що сприймаються будівлею в цілому та її окремими елементами. Ці впливи поділяють на силові й несилові (вплив середовища) (рис. 1.1). До силових відносять навантаження від власної ваги людей, устаткування, снігу, вітру. До несилових відносять температурні впливи, впливи атмосферної і ґрунтової вологи – тобто вплив середовища. З урахуванням впливів будівля повинна задовольняти вимоги міцності, стійкості і довговічності. Міцність будівлі – це здатність сприймати впливи без руйнування й істотних залишкових деформацій. Стійкість (жорсткість) будівлі – це здатність зберігати рівновагу під час зовнішніх впливів. Довговічність означає міцність, стійкість, схоронність як будівлі в цілому, так і її елементів в часі. Економічна доцільність у вирішенні технічних завдань передбачає забезпечення міцності, стійкості будівлі, її довговічності. При цьому потрібно, щоб вартість, затрати праці, витрати основних матеріалів – на 1 м<sup>2</sup> площі, або 1 м<sup>3</sup> обсягу будівлі – були найменшими. Зменшення вартості будівлі можна досягнути раціональним плануванням будівлі, а також внутрішнім і зовнішнім опорядженням; вибором найоптимальніших конструкцій з урахуванням виду будівель та умов їх експлуатації; застосуванням сучасних методів і прийомів виконання будівельних робіт з урахуванням досягнень будівельної науки і техніки.

Усі будівлі складаються з окремих взаємозв'язаних між собою частин або елементів, які доповнюють один одного:

- об'ємно-планувальні елементи, тобто великі частини, на які можна розчленувати всю будівлю (поверх, окреме приміщення, сходові клітки);
- конструктивні елементи, які визначають структуру будівлі (фундаменти, стіни, перекриття, дах);
- будівельні вироби, тобто порівняно дрібні деталі, з яких складаються конструктивні елементи (перемичка, панель перекриття, фундаментний блок, сходові площадки).

Систему розташування приміщень у будівлі називають об'ємнопланувальним рішенням.

Форма будівлі, її розміри, поверховість та інші характерні ознаки визначаються в ході проектування з урахуванням її призначення.

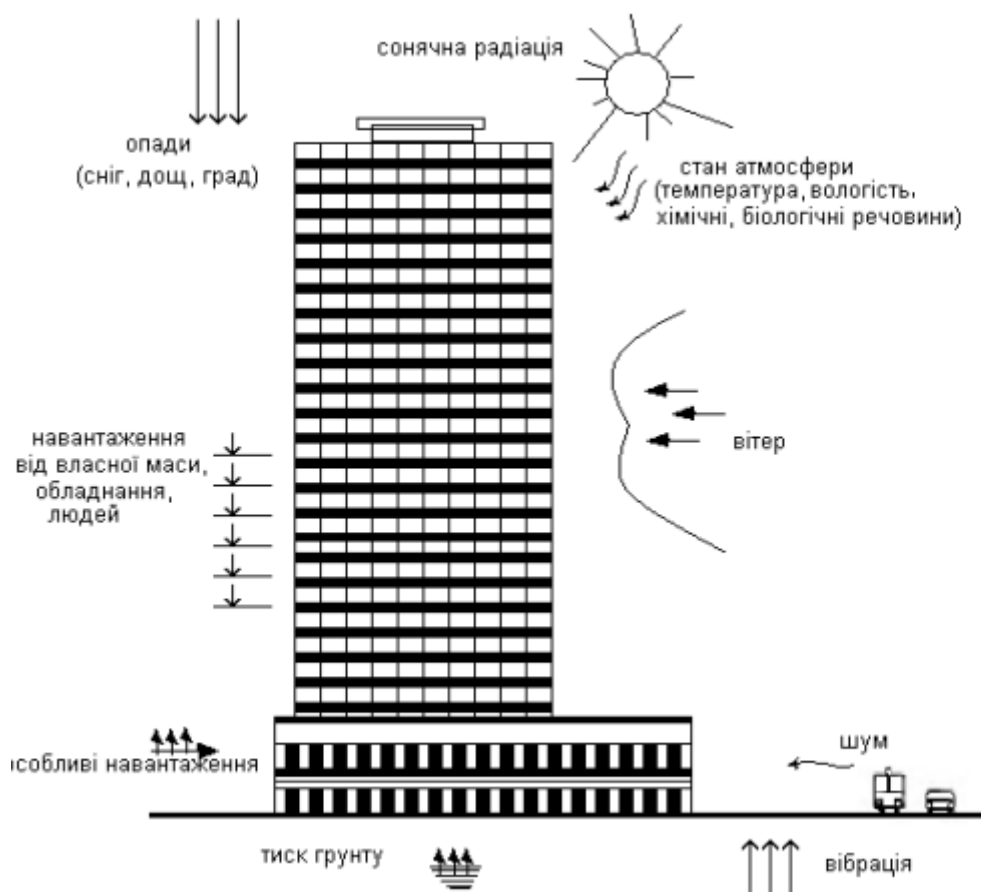


Рисунок 1.1. Зовнішні впливи на будівлю

## 1.2. Класифікація будівель

Будівлі класифікують за різними ознаками, що наведені нижче



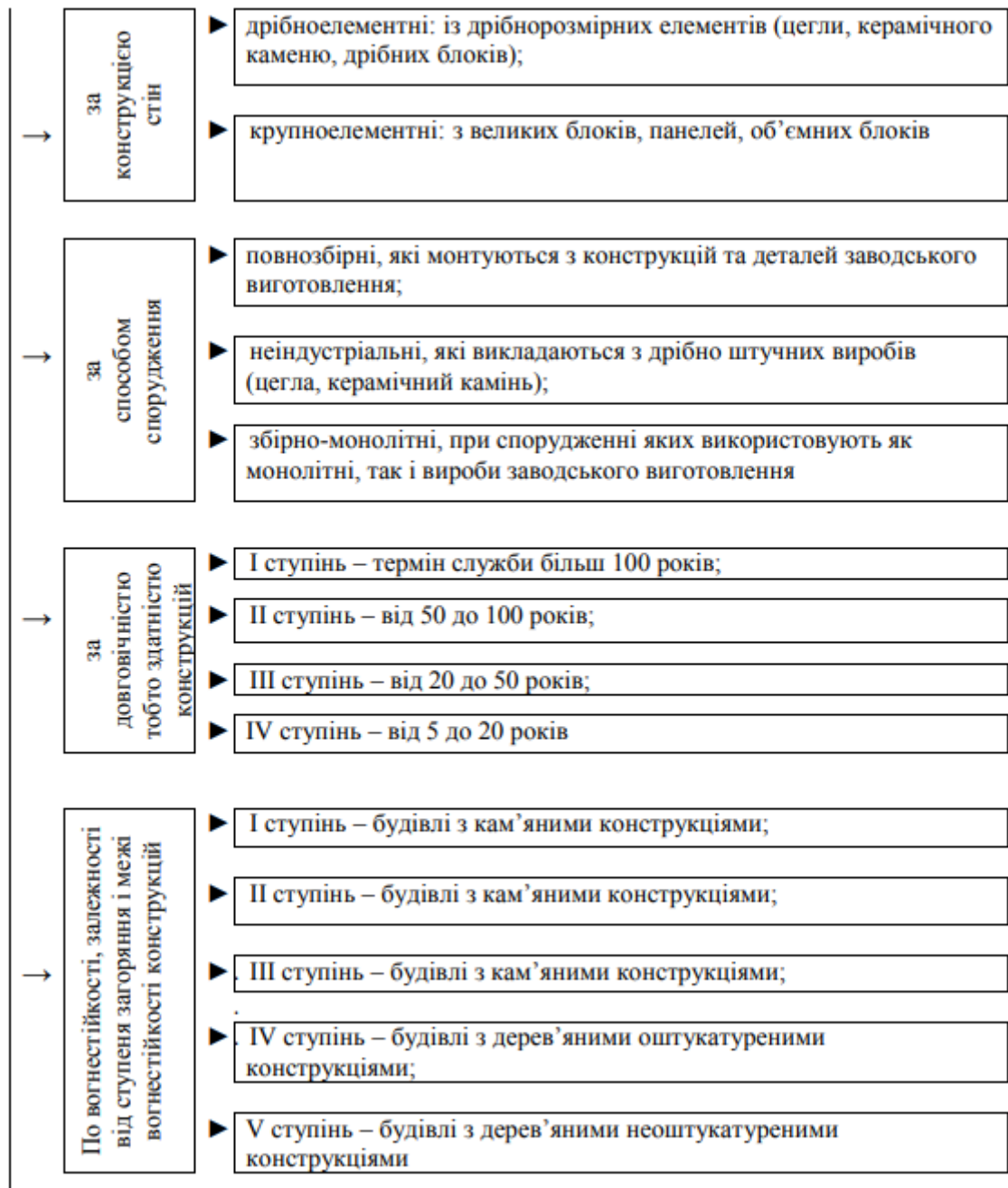


Рисунок 1.2 – Класифікація будівель

### 1.3 Основні конструктивні елементи будівель і споруд

Всі будівлі, незалежно від матеріалів із яких вони виготовлені, призначення та класу складаються із певного числа конструктивних елементів. До них відносяться фундаменти, колони, стіни, перегородки, перекриття та

підвісні стелі, покриття, покрівлі, сходи і ліфти, вікна, двері, ворота, ліхтарі, інженерне устаткування та санітарно-технічне улаштування.

Елементи будівель діляться на 2 основні групи:

1 група — несучі, сприймаючі на себе навантаження від маси будівлі, які знаходяться в ньому — людей, устаткування і внутрішні навантаження від дії снігу, вітру; основними несучими конструктивними елементами є фундаменти, стіни та перекриття будівель.

2 група — огорожуючі, які служать для захисту приміщень від атмосферних дій, а також для ізоляції одного приміщення від іншого, що огорожують елементами будівель, служать зовнішні та внутрішні стіни, перегородки, перекриття, підлога та двері, заповнення і ліхтарі.

Окремими елементами будівель (стіни, перекриття), можуть вповнюватись одночасно функції несучих і що огорожують конструкції.

Фундаментами називають підземні конструкції, призначені для сприйняття та передачі навантаження від будівлі на основу — ґрунт. На фундамент опираються стіни та колони будівель. Підшвою фундаменту називають площину опори його на ґрунт, слугуючи основою і сприймаючи всі навантаження від будівель.

Якщо ґрунт не дуже стійкий, то його ущільнюють або роблять штучну основу, наприклад пали.

Розрізняють стьожкові ( під стіни) та стовпові фундаменти. Останні улаштовують під колони промислових та сільськогосподарських будівель.

Зовнішню поверхню фундаментів покривають шарами гідроізоляції з цементного розчину, толі та руберойду на мастиці У відповідності з проектом.

Стіни — діляться на зовнішні, розділяючи приміщення від зовнішнього простору, та внутрішні, призначені для членування будівель на окремі приміщення, а також для сприйняття навантажень від перекриття, якщо стіни несучі. В каркасних будівлях застосовують навісні стіни, закріплюють до несучих конструкцій будівель.



Колони — це опори квадратного, прямокутного, колоподібного чи багатокутного окреслення в плані, призначені для сприйняття навантаження від перекриття, покриття будівель, а в промислових будівлях — від підкранових блоків і мостів кранів.

Перекриття — представляє собою горизонтальні конструкції, ділячи внутрішній простір будівель на поверхи і несучі, крім особистої ваги, корисне навантаження (від людей, устаткування). Перекриття над верхнім поверхом називають горищем, а у випадку відсутності горища — покриттям. В залежності від розміщення їх у будівлі розрізняють такі перекриття: підвальні — між першим поверхом і підвалом; міжповерхові — між двома суміжними по висоті поверхами. Підвісними стелями називають конструкції, влаштовані у виробничих і громадських будівлях для покращення акустичних, звукоізоляційних і естетичних якостей приміщень, а також для створення технічних поверхів, де розміщують вентиляційні, електротехнічні устаткування та трубопроводи.

Покриття — захищають будівлі від атмосферних опадів, від втрат тепла в зимовий період та перегріву сонячним промінням влітку. Несучими конструктивними елементами покриття слугують ригелі, балки, ферми, зводи-оболонки, огорожуючими — плити. Верхня водонепроникна оболонка називається крівлею.

Перегородки — це тонкі самонесучі внутрішні стіни для розділення простору поверху на окремі приміщення. Перегородки влаштовують з цегли, залізобетону, гідрокартонних плит, дерева та інших матеріалів. Перегородки опираються на перекриття.

Підлогою будівлі називають нижню горизонтальну огорожуючу конструкцію одноповерхових будівель, а також верхній конструктивний елемент міжповерхових перекриттів.

Сходи, ліфти, ескалатори, пандуси улаштовують для зв'язку між поверхами. Сходи, в основному, розміщують в спеціальних приміщеннях, огорожених стінами і називаються східними клітками. Ліфти монтуються в

спеціальних шахтах. Сходи складаються із маршів зі сходами та площадками. Марш огороджується перилами. Стовпи також як стіни і колони представляють собою несучі елементи передачі навантаження на фундамент.

Цоколь — це нижня частина зовнішньої стіни чи стовпа, які знаходяться в особливо несприятливих умовах, вплив атмосферних факторів.

Покрівля відгороджує будівлі від атмосферних опадів та складається з несучих частин та водонепроникнення, зовнішньої оболонки — покрівлі, безпосередньо зазнає кліматичних дій. В промислових та частково в громадських будівлях елементи покриття кладуть на плити покриття.

Вікна призначені для освітлення та провітрення приміщень. Заповнення віконного пройму включають віконну коробку і застеленні віконні оправи. А також підвіконну дошку та зовнішній злив. Підвіконники розташовуються на 800-850 мм вище рівня підлоги.

Двері слугують для сполучення між сусідніми приміщеннями та для входу. В дверній проймі встановлюють коробки, на які вішають двері, пройми обрамляються підкосами. Внутрішні дверні пройми по периметру (крім низу) обшиваються наличниками.

Обробки будівель та споруд у вигляді штукатурки, облицювання, заklenня. Фарбування і проклейки по призначенню, для придання об'єкту закінченого вигляду і задоволення побутових, естетичних і захисних вимог для нього.

В більшості будівель передбачають санітарно-технічне влаштування: оплеувальні, вентиляційні системи, устаткування для кондиціонування повітря, системи водопостачання, а також по енергопостачанню, пожежогасінню, сигналізації та зв'язку, радіофікації (див. рис. 1.1).

Несучі елементи будівель в сукупності утворюють просторову систему, яка називається несучим остовом, який повинен володіти достатньою міцністю та забезпечують просторову грубість та стійкість будівлі. Огороджуючі конструкції повинні характеризуватись стійкістю проти атмосферних та інших фізико-хімічних Дій, а також достатніми тепло та звукоізоляційними якостями.

В залежності від виду несучого остова розрізняють дві основні конструктивні схеми будівель — без каркасу (з несучими стінами) та каркасну.

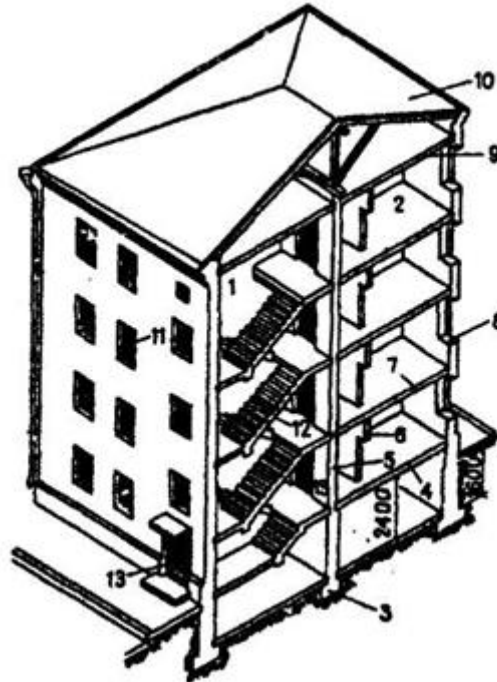


Рисунок 1.3 - Об'ємно-планувальні та конструктивні елементи будинку

I — приміщення сходинок; 2 — кімната; 3 — фундамент; 4 — перекриття над підвалом; 5 — внутрішня стіна; 6 — перекриття; 7 — міжповерхове перекриття; 8 — зовнішня стіна; 9 — поверхове перекриття; 10 — дах; II — вікно; 12 — сходинок; 13 — двері.

## **2 ДОСЛІДЖЕННЯ АРХІТЕКТУРНИХ РІШЕНЬ ПРОМИСЛОВОГО БУДІВНИЦТВА НА ПРИКЛАДІ БУДІВЛІ ЕЛЕКТРОТЕРМІЧНОГО ЦЕХУ**

### **2.1 Аналіз архітектурно-конструктивних рішень електротермічного цеху**

Основним типом сучасної виробничої будівлі є будівля великих розмірів, що блокується, в плані з уніфікованою сіткою колон, що об'єднує ряд цехів під одним дахом і відрізняється високою мірою збірності. Групи сусідніх підприємств об'єднуються в промислові вузли із загальними допоміжними виробництвами, інженерними спорудами, з єдиною системою обслуговування.

Одним з найважливіших завдань в області промислового будівництва є зниження долі пасивних витрат в загальному об'ємі капіталовкладень, тобто. витрат на будівельно-монтажні роботи по зведенню будівель і споруд. При проектуванні промислових будівель необхідно знижувати матеріаломісткість, трудомісткість і кошторисну вартість будівництва; застосовувати недорогі, але ефективні будівельні матеріали, знижувати масу несучих і захищаючих конструкцій, більш повно використати прочностні і деформаційні характеристики матеріалів і ґрунтів основи.

Промислова будівля повинна відповідати функціональним, технічним, архітектурно-художнім і економічним вимогам.

Функціональні вимоги полягають в тому, щоб промислова будівля якнайповніше задовольняла своєму призначенню, заданим параметрам розміщеного в ній технологічного процесу. Цим вимогам мають бути підпорядковані об'ємно-планувальне і конструктивне рішення будівлі, його внутрішньоцехове устаткування, повітряне середовище, світловий і шумовий режими виробничих приміщень.

Технічні вимоги полягають в забезпеченні міцності, стійкості і довговічності будівель, в зниженні пожежної і вибухової небезпеки для працюючих.

Промислова будівля повинна мати привабливий і виразний зовнішній вигляд, що задовольняє художнім запитам людини. Архітектура будівлі має бути гармонійною, пов'язана із забудовою комплексу і природним оточенням. Краса промисловим будівлям надається гармонійністю, пропорціональністю і ритмічністю їх елементів, а також високою якістю монтажних і обробних робіт.

Для скорочення вартості будівництва будівель потрібний вибір найбільш доцільних об'ємно-планувальних, конструктивних і архітектурно-композиційних рішень будівлі при забезпеченні оптимальної організації технологічного процесу.

Початкові дані для проектування

Вихідними даними є:

- 1) Завдання на дипломне проектування.
- 2) Геологічний переріз ґрунтової основи.
- 3) Місце розташування блоку (генплан).

Усі прийняті рішення по забезпеченню надійності і безпеки прийняті згідно вимог ДСТУ В. 1.2-16:2013.

Клас наслідків (відповідальності) будівель прийнятий згідно ДБН А.2.2 3:2012 і завдання на проектування і відповідає СС2.

Категорія складності об'єкта будівництва - IV.

Проектована будівля електротермічного цеху потужністю 18 т/рік розташовується на території Запорізького алюмінієвого комбінату в м. Запоріжжя.

- площа забудови-4418 м<sup>2</sup>;
- кліматична зона-II;
- середня розрахункова температура зовнішнього повітря найбільш холодної п'ятиденки (-22°C);

-середня розрахункова температура зовнішнього повітря найбільш холодної доби ( $-25^{\circ}\text{C}$ );

-нормативна вага снігового покриву  $0,5 \text{ кН/м}^2$ ;

-нормативний швидкісний натиск вітру  $0,38 \text{ кН/м}^2$ ;

-нормативна глибина промерзання ґрунту  $0,9 \text{ м}$ ;

Склад ґрунтів в районі будівництва :

0-1 м - насипний шар - будсміття;

1-1,7 м - ґрунтово-рослинний шар;

1,7-5,5 м - суглинок жовто-бурий, лесовидний;

5,5-1,35 м - лес палево-жовтий;

13,5-21 м - суглинок жовто-бурий;

21-31,5 м - лес палево-жовтий;

31,5-40 м - суглинок червоно-бурий, карбонатний;

ґрунтові води залягають на глибині  $5,7-6,1 \text{ м}$ .

Сейсмічність відсутня.

Міра вогнестійкості-1.

Будівля неопалювана.

Будівля відноситься до промислових будівель зі змішаним каркасом.

- колони - металеві і залізобетонні;

-ферми - металеві;

-Фундаменти – стаканого типу;

-конструкції, що захищають, - залізобетонні панелі;

-покриття - залізобетонні плити.

Функціональний процес.

Проектований електротермічний цех розташовується безпосередньо поблизу шихтового відділення. По залозою дорозі, що знаходиться позаду ЕТЦ, рухаються цистерни-цементовози, наповнені каоліном, який вивантажується в підземні бункери шихтового відділення. Це відділення призначене для зберігання і дроблення каоліну, нефтекокса, деревного вугілля, які перемішуються і подаються у вигляді брикетів по конвеєрах у бункери ЕТЦ,

звідки поступають в рудно-термічні печі. У зв'язку з використанням у виробництві сипких матеріалів для їх переміщення запроектована галерея похилої.

Після виплавки матеріал виливається в ковши, які переміщують його в металургійний цех, де він розливається в чушки. Можливість обслуговування конвеєрів і бункерів з шихтою, що поступає, обумовлюється наявністю робочого майданчика на отм. 18,6. Обслуговування трансформаторів від яких працює піч здійснюється з майданчика на отм. 14,4.

Генеральний план.

Територія, відведена під будівництво будівлі, має рівний рельєф, без водойм і лісистих насаджень. Вертикальне планування майданчика будівництва зроблене при мінімальному об'ємі земляних робіт, з урахуванням збереження природного рельєфу, а також забезпечення відведення атмосферних вод.

Після закінчення будівництва усі відходи будівельного виробництва мають бути прибрані, а очищена територія спланована бульдозером.

На території, прилеглій до будівлі слід виконати комплекс заходів по благоустрою : заасфальтувати автомобільні дороги шириною 6 м, пішохідні тротуари шириною 1 м, виконати асфальтову отмокту і передбачити зелені насадження. Озеленення території виконати засівом газонів трав'яним покривом, посадкою дерев і кущів.

## **2.2 Об'ємно-планувальне рішення**

Технологічний процес виплавки силікоалюмінія передбачає наявність в цеху двох відділень: електропічного і літейного. Це завдання вирішується проектуванням двох прольотів по 18 м і заввишки 29,2 м і 15,6 м відповідно. Довжина будівлі 108 м., крок колон - 6 м. У зв'язку з великою висотою печі і

бункерів електропічне відділення забезпечене робочими майданчиками на отм. 5,4 м., 14,4 м., 18,6 м., які пов'язані між собою сходами.

Ливарне відділення обладнане мостовим електричним краном  $Q=3$  т., висота до голівки підкранової рейки 9,8 м. Електропічне відділення обладнане кранбалкой  $Q=3$  т., висота до голівки підкранової рейки 26,4м. Оскільки в ЕТЦ розташовуються побутові приміщення, приведемо розрахунок природної освітленості для кімнати механіка.

Нормативне значення коефіцієнта природної освітленості (КПО) в цьому кліматичному районі:

$$e_n = e_n^{\text{III}} m c, \quad (2.1)$$

де  $e_n^{\text{III}}$  - значення КПО при розсіяному світлі небозводу, визначуване з урахуванням характеру зорової роботи,  $e_n^{\text{III}} = 1,5$

$m$  - коефіцієнт світлового клімату, для 4 пояса світлового клімату приймаємо  $m=0,9$ ,

$c$  - коефіцієнт сонячності клімату,  $c=0,75$ ,

$$e_n = 1,5 * 0,9 * 0,75 = 1,01.$$

Теоретичний КПО при бічному освітленні:

$$e_m = \frac{\tau_0 * r_1 * \varepsilon * q}{k_3}, \quad (2.2)$$

де  $\tau_0$  - загальний коефіцієнт світлопроникності

$$\tau_0 = \tau_1 * \tau_2 * \tau_3 = 0,8 * 0,65 * 1 = 0,52,$$

де  $\tau_1$  - коефіцієнт світлопроникність,  $\tau_1 = 0,8$ -для подвійного скла;

$\tau_2$ ,  $\tau_3$  - коефіцієнт, що враховує втрати відповідно при проходженні світла через палітурку скління,  $\tau_2 = 0,65$ ,  $\tau_3 = 1..$

а)



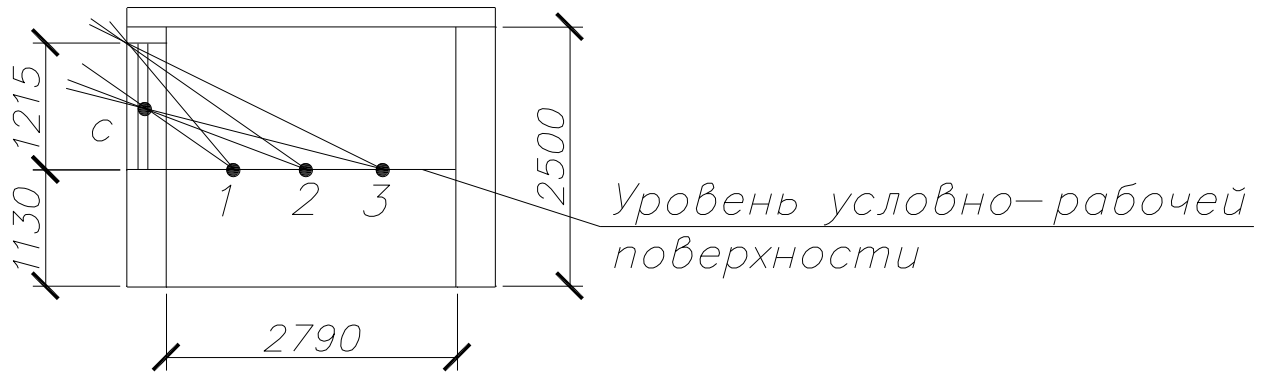


Рисунок 2.1 - Характерный разрез

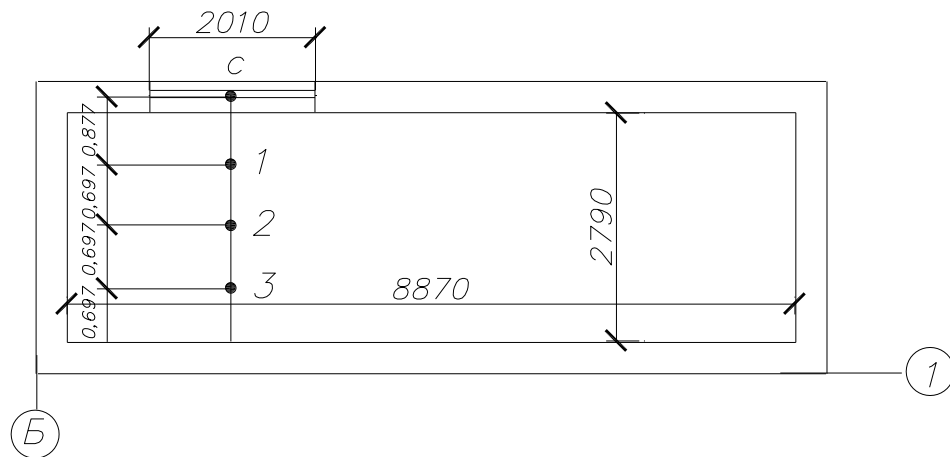


Рисунок 2.2 - План приміщення

$r_1$  - коефіцієнт, що враховує вплив відбитого світла

$V=2,79\text{м}$  - глибина приміщення;

$L=8,87\text{м}$  - довжина приміщення;

$h=2,345\text{м}$  - висота приміщення;

$$S_{\text{стен}}=2*2,5*2,79+2*2,5*8,87=58,3\text{м}^2$$

$$S_{\text{потолка}}=2,79*8,87=24,74\text{м}^2$$

$$S_{\text{пола}}=24,74\text{м}^2$$

$$\rho_{\text{ср}} = \frac{\rho_{\text{cm}}S_{\text{cm}} + \rho_{\text{nm}}S_{\text{nm}} + \rho_{\text{n}}S_{\text{n}}}{S_{\text{cm}} + S_{\text{nm}} + S_{\text{n}}} = \frac{0,45*58,3 + 0,7*24,74 + 0,3*24,74}{58,3 + 24,74 + 24,74} = \frac{50,975}{107,78} = 0,473,$$

де  $\rho_{\text{ср}}$ ,  $\rho_{\text{nm}}$ ,  $\rho_{\text{n}}$  - коефіцієнт відображення відповідно стелі, стін і підлоги;

Знаходимо стосунки:

$$B/h_1=2,79/1,215=2,29$$

$h_1$  - відстань від рівня робочої площини до верху краю вікна;

$$L/B=8,87/2,79=3,18$$

$$L/B=8,87/2,79=3,18,$$

$$d_1/B=0,7/2,79=0,25 \quad \Rightarrow r_1=1,1,$$

$$d_2/B=1,4/2,79=0,5 \quad \Rightarrow r_1=1,3,$$

$$d_3/B=2,1/2,79=0,75 \quad \Rightarrow r_1=1,7,$$

$d$  - відстань розрахункової точки від зовнішньої стіни;

$$\text{Коефіцієнт неба } \varepsilon = \frac{e_I e_{II}}{10000} * 100 = e_I * e_{II} * 0,01,$$

де  $e_I, e_{II}$  - кількість променів, що приходять від неба через світлові отвори, відповідно на поперечному розрізі приміщення, в розрахункову точку на плані приміщення.

#### Точка №1

$$e_I=16, e_{II}=60,$$

$$\operatorname{tg} \alpha = 0,607/0,877=0,684, \quad \Rightarrow \alpha = 34,4^\circ, \quad \Rightarrow q=0,91;$$

$$\varepsilon = 16 * 60 * 0,01 = 9,6,$$

$$e_M = \frac{0,52 * 1,1 * 9,6 * 0,91}{1,2} = 4,1.$$

#### Точка №2

$$e_I=16, e_{II}=22,$$

$$\operatorname{tg} \alpha = 0,607/1,585=0,38, \quad \Rightarrow \alpha = 21^\circ, \quad \Rightarrow q=0,74;$$

$$\varepsilon = 16 * 22 * 0,01 = 3,52,$$

$$e_M = \frac{0,52 * 1,1 * 3,52 * 0,74}{1,2} = 1,24.$$

#### Точка №3

$$e_I=13, e_{II}=15,$$

$$\operatorname{tg} \alpha = 0,607/2,272=0,26, \quad \Rightarrow \alpha = 15^\circ, \quad \Rightarrow q=0,66;$$

$$\varepsilon = 3 * 13 * 0,01 = 0,39,$$

$$e_m = \frac{0,52 * 1,1 * 1,95 * 0,66}{1,2} = 0,61.$$

Крива природної освітленості показана на рис 2.3.

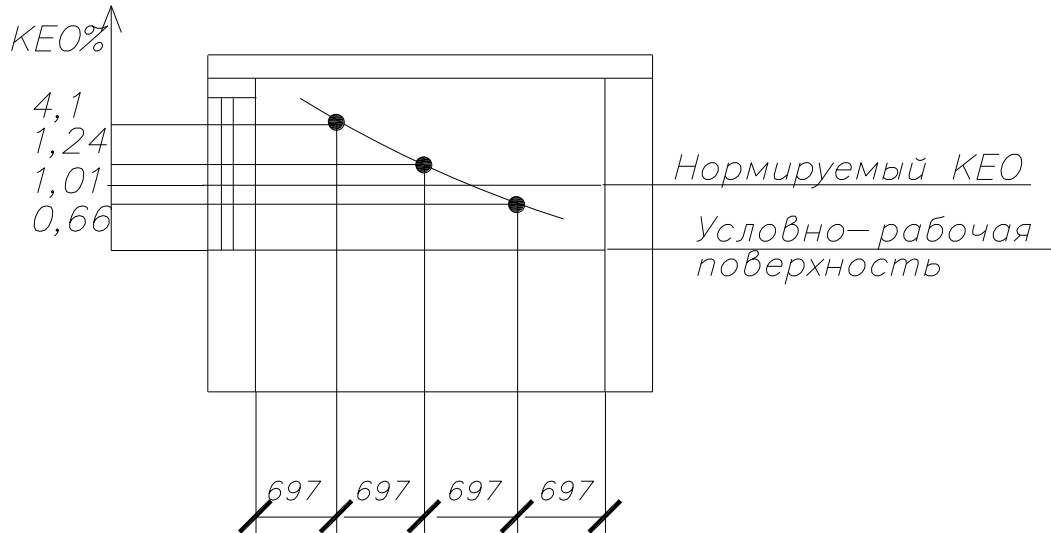


Рисунок 2.3 - Крива природної освітленості

Оскільки теоретичний КПО менше за нормоване, то в денний час слід використати природне і штучне освітлення.

### 2.3 Конструктивне рішення

Тип проектованої будівлі - каркасний. Це пояснюється наявністю у будівлі великих зосереджених навантажень, ударів і струсів від технологічного і крану устаткування, великих площ скління.

Каркас ЕТЦ є просторовою системою, що складається з поперечних рам, об'єднаних в межах кожного температурного блоку плитами покриття і зв'язками.

У зв'язку з великою висотою колони електропічного корпусу запроектовані металевими,  $H=28,6$  м. Оскільки ця ділянка цеху має інтенсивне

тепловипромінювання і велику температуру нагріву конструкції те несні конструкції перекриттів - ферми,  $L=15,6$  м- також запроектовані металевими. При невеликій висоті ливарного відділення крайній ряд запроектований залізобетонними колонами перерізом  $400 \times 800$  мм,  $H=13,2$  м із залізобетонними балками  $h=360$  мм,  $L=18$  м. Плити покриття запроектовані залізобетонними розміром  $1,5 \times 6$  м. Стінні панелі - залізобетонні завтовшки  $200$  мм, розміром  $0,9 \times 6$ ,  $1,2 \times 6$  м.

Техніко-економічні показники

Проекти промислових будівель характеризують наступні показники:

- будівельний об'єм  $85536 \text{ м}^3$
- площа забудови  $4999 \text{ м}^2$
- загальна площа  $3888 \text{ м}^2$
- робоча площа  $3845 \text{ м}^2$

$K_1 = 0,98$  - відношення робочої площі до загальної площі, характеризує раціональність використання площ.

$K_2 = 22$  - відношення будівельного об'єму до загальної площі, характеризує раціональність використання об'єму.

Будівельний об'єм надземної частини визначають як твір площі горизонтального перерізу на рівні першого поверху вище за цоколь (по зовнішніх гранях стін) на висоту, виміряну від рівня підлоги першого поверху до верхньої площі теплоізоляційного шару горючого перекриття.

Площу забудови розраховують як площу горизонтального перерізу будівлі на рівні цоколя, включаючи усі частини, що виступають, і покриття (ганок), що мають.

Робочу площу визначають як суму площ, на яких відбуваються технологічні процеси.

Загальну площу розраховують як суму площ робочих і підсобних приміщень. Площу приміщень вимірюють між поверхнями стін і перегородок в рівні підлоги. Площу усієї будівлі визначають як суму площ поверхів,

виміряних в межах внутрішніх поверхонь зовнішніх стін. Площа сходових клітин також входить в площу поверху.

## 2.4 Визначення категорії складності об'єкта будівництва

Загальна характеристика будівлі: будівля електротермічного цеху потужністю 18 т/рік розташовується на території Запорізького алюмінієвого комбінату в м. Запоріжжя. Це завдання вирішується проектуванням двох прольотів по 18 м і заввишки 29,2 м і 15,6 м відповідно. Довжина будівлі 108 м., крок колон - 6 м. У зв'язку з великою висотою печі і бункерів електропічне відділення забезпечене робочими майданчиками на отм. 5,4 м., 14,4 м., 18,6 м., які пов'язані між собою сходами.

Передбачається,

N1– кількість робітників, що постійно працюють у майстернях – 25 осіб;

N2 – кількість робітників, що періодично перебувають на об'єкті – 10 осіб;

N3– кількість осіб, що знаходяться зовні об'єкта приймається – 60 осіб.

Враховуючи наведені показники, об'єкт відноситься до класу наслідків (відповідальності) СС1 та II категорії складності.

Можливі економічні збитки підраховуються виходячи із найбільш імовірного прогнозу аварії будівлі, наведеного у пояснювальній записці проекту.

Цей прогноз передбачає руйнування покриття одного із відсіків під впливом надмірного постійного і снігового навантажень. Внаслідок аварії може відбутися пошкодження технологічного обладнання і зупинка роботи всіх ремонтно-механічних майстерень на термін  $T_{зуп}=20$  діб. Після виконання необхідних ремонтних робіт функціонування ремонтно-механічних майстерень відновлюється у повному обсязі.

Збитки від руйнування та пошкодження основних фондів виробничого призначення розраховуються за формулою (2.3):

$$\Phi = c \sum_{i=1}^n P_i \left( 1 - \frac{1}{2} T_{ef} \times K_{a,i} \right), \quad (2.3)$$

$n=1$  – кількість основних фондів;

$C=0,45$  – коефіцієнт, що враховує відносну долю основних фондів, що повністю втрачається при відмові;

$T_{ef} = 60$  років – встановлений термін експлуатації для виробничих будівель;

$K_a = 0,017$  – коефіцієнт амортизаційних відрахувань;

$P_i = 100$  млн. грн. – кошторисна вартість проекту-аналога

$\Phi = 0,45 \times 100000 \times (1 - 0,5 \times 60 \times 0,017) = 22050$  тис.грн.

Обсяг можливого економічного збитку у мінімальних заробітних платах складає:

$22050 / 1,102 = 20009$  м.р.з.п.

Враховуючи розмір можливого економічного збитку будівля ремонтно-механічних майстерень відноситься до класу наслідків (відповідальності) СС2 та IV категорії складності.

Висновок. Відповідно до 4.4 цього стандарту клас наслідків (відповідальності) об'єкту будівництва встановлюється за найвищою характеристикою можливих наслідків, отриманих за результатами розрахунків.

За критерієм таблиці 1 «Обсяг можливого економічного збитку» будівля ремонтно-механічних майстерень відноситься до класу наслідків (відповідальності) СС2, а відповідно до таблиці А.1 належить до IV категорії складності.

### 3. РОЗВ'ЯЗАННЯ СКЛАДНИХ КОНСТРУКТИВНИХ ЗАВДАНЬ НА ПРИКЛАДІ БУДІВНИЦТВА ЕЛЕКТРОТЕРМІЧНОГО ЦЕХУ

#### 3.1 Розрахунок і конструювання сталеві кривляної ферми з поясами і ґратами з парних куточків

Проліт ферми  $L=15,6\text{м}$ , крок ферм  $V=6\text{м}$ . Покрівля холодна, складається з 3-х шарів руберойду, асфальтобетонного стягування завтовшки 10мм, які укладаються по залізобетонним плитам. Розрахунковий район по масі снігового покриву-II. Коефіцієнт надійності за призначенням  $\gamma_n=0,95$ . Ферму вимагається запроектувати з поясами і ґратами з парних куточків. Матеріал конструкції - сталь марки С 245 по ГОСТ 2772-88.

Збір навантажень на ферму

Збір навантажень на ферму від маси елементів покриття, елементів покриття і снігу, що несуть, приведений в таблицю. 3.1.

Таблиця 3.1 - Розрахункові навантаження на ферму

Вид навантаження	Елементи покриття	Нормативне навантаження, $\text{кН/м}^2$	Коефіцієнт надійності по навантаженню, $\gamma_f$	Розрахункове навантаження, $\text{кН/м}^2$
Постійна	Руберойд, 3 шари	0,15	1,3	0,195
	Стягування асфальтобетонне $\delta=10\text{мм}$ , $\gamma=2200$	0,22	1,3	0,286
	З/б плити збірні	1,6	1,1	1,76

	Зв'язки	0,05	1,05	0,06
	Ферми	0,3	1,05	0,315
		$q^n=2,32$		$q=2,616$
Тимчасова	Снігове навантаження $\mu=1$ ( при ухилі покрівлі $\alpha < 15^\circ$ ) $S_0 \times \mu \times c_e \times c_{alt} = 1,1 \times 1 \times 0,8 \times 1 = 0,88$	$S^n=0,88$	1,14	$S=1,0032$

Коефіцієнт надійності для снігового навантаження  $\gamma_f=1,4$  був прийнятий залежно від відношення  $q^n / S^n=2,63 > 1$

Геометрична схема ферми представлена на рис 3.1

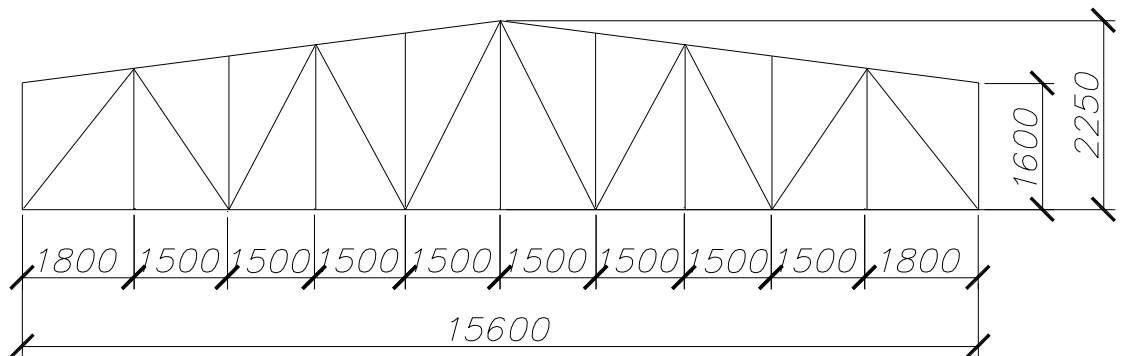


Рисунок 3.1 - Геометрична схема ферми

Розрахункова схема ферми представлена на рис 3.2

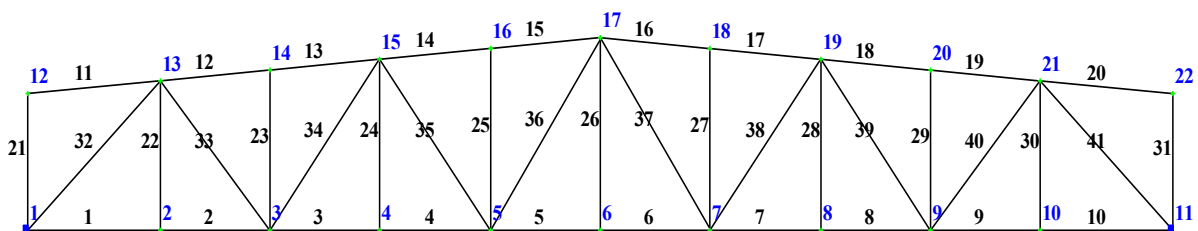


Рисунок 3.2 - Розрахункова схема ферми



Вузлові навантаження на ферму з урахуванням коефіцієнта надійності за призначенням споруди  $\gamma_n=0,95$  від постійного навантаження:

$$Q_1=qB(d/2) \gamma_n=2,616*6*1,5025/2*0,95=11,2 \text{ кН},$$

$$Q_2=qBd \gamma_n=2,616*6*1,5025*0,95=22,4 \text{ кН}.$$

Від снігового навантаження:

$$S_1=SB(d/2) \gamma_n=1,0032*6*1,5025/2*0,95=4,3 \text{ кН},$$

$$S_2=SBd \gamma_n=1,0032*6*1,5025*0,95=8,6 \text{ кН}.$$

Навантаження від кранів.

$$Q=30 \text{ кН}, G_k=50 \text{ кН}.$$

де  $Q$  - вантажопідйомність крану

$G_k$  - маса крану з візком

$$F=((Q+G_k)/2+Q_6 \times B)) \times \gamma_f \times \gamma_n = ((30+50/2+27,3 \times 6) \times 1,1 \times 0,95 = 43,51 \text{ кН}.$$

Підрахуємо жорсткості елементів ферми :

для поясів

$$EA_f = E \frac{(q+s)BL^2}{8hR_y} = 2,1 * 10^7 * \frac{(2,616+1) * 6 * 18^2}{8 * 2,25 * 24} * 10^{-4} = 30138,1 \text{ т},$$

для розкосів

$$EA_s = E \frac{(q+s)BL}{2 \sin \alpha R_y} = 2,1 * 10^7 * \frac{(2,616+1) * 6 * 18}{2 * 0,696 * 24} * 10^{-4} = 5246,9 \text{ т},$$

$$EA_{s2} = 2,1 * 10^7 * \frac{(2,616+1) * 6 * 18}{2 * 0,759 * 24} * 10^{-4} = 22908,2 \text{ т},$$

$$EA_{s3} = 2,1 * 10^7 * \frac{(2,616+1) * 6 * 18}{2 * 0,799 * 24} * 10^{-4} = 21761,4 \text{ т},$$

$$EA_{s4} = 2,1 * 10^7 * \frac{(2,616+1) * 6 * 18}{2 * 0,831 * 24} * 10^{-4} = 20923,4 \text{ т},$$

для стійок

$$EA_c = E \frac{(q+s)Bd}{R_y} = 2,1 * 10^7 * \frac{(2,616+1) * 6 * 1,505}{24} * 10^{-4} = 3354,8 \text{ т},$$

де  $E$  - модуль пружності сталі;

$q, s$  - розрахункові значення постійного і снігового навантаження;

$B$  - крок ферм;

$L$  - проліт ферми;

$h$  - висота ферми в середині прольоту;

$R_y$  - розрахунковий опір стали;

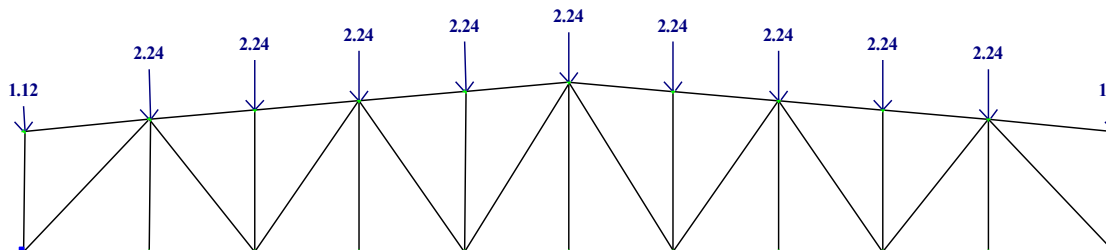
$\alpha$  - кут нахилу розкосів;

$d$  - панель верхнього пояса ферми.

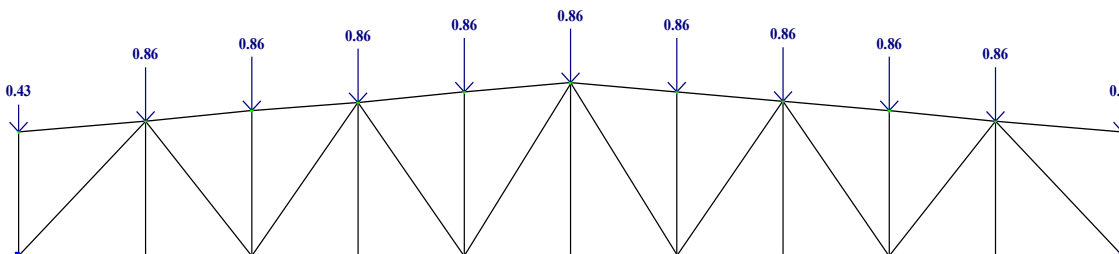
Розрахунок ферми виконується за допомогою ПК ЛИРА.

Програма і результати розрахунку представлені в додатку А.

а)



б)



в)

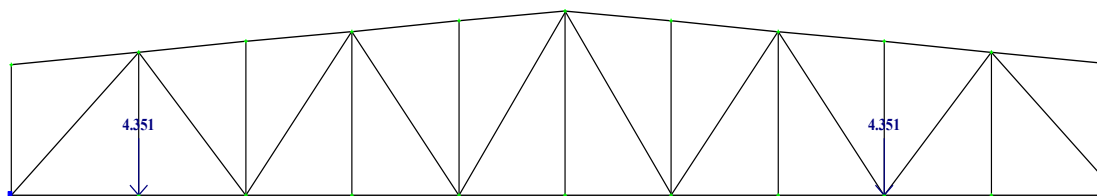
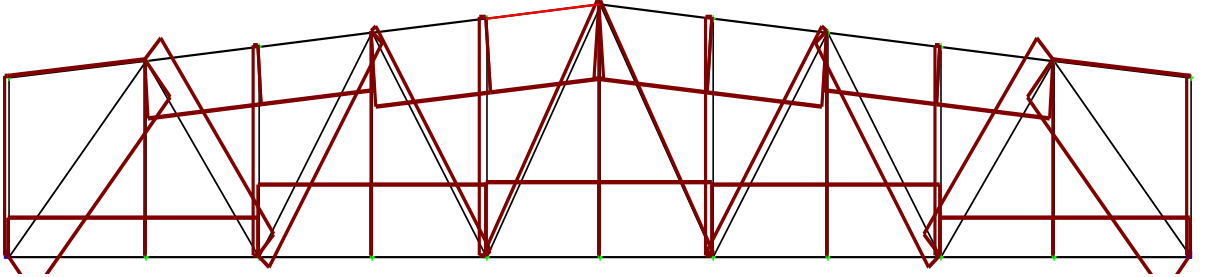


Рисунок 3.3 - Схема завантаження ферми

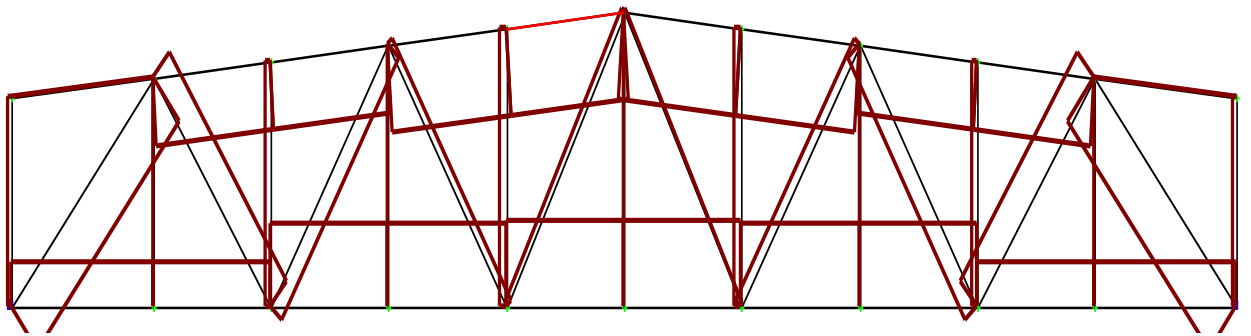
а - постійне навантаження (завантаження 1), б - снігове навантаження (завантаження 2), в - навантаження (завантаження 3) крану.

Результати розрахунку зведені в таблицю 3.2

а)



б)



в)

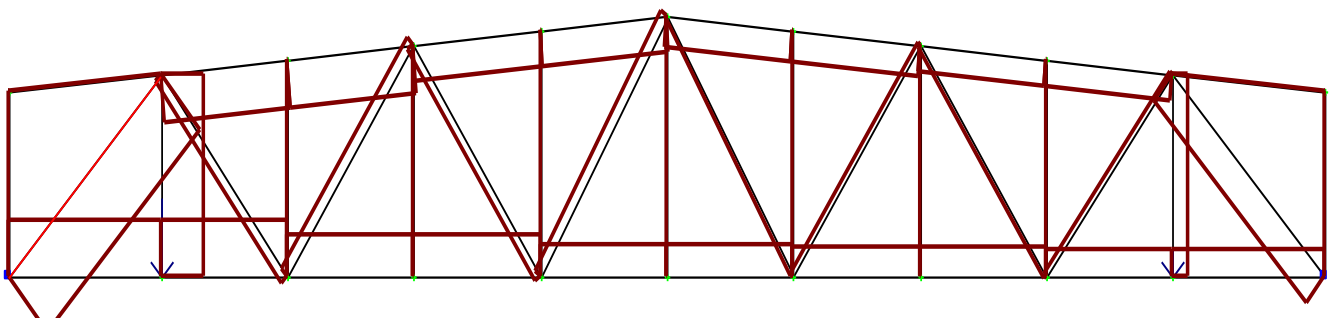


Рисунок 3.4 - Епюра N

а - при завантаженні 1, б - при завантаженні 2, в - при завантаженні 3.

Таблиця 3.2 - Зусилля в стержнях ферми

Елементи ферми	Позначення стержнів	Зусилля			
		від постійного навантаження	від снігового навантаження	від кранового навантаження	сумарне
Верхній пояс	11	0	0	0	0
	12	-199	-59	-88	-346
	13	-199	-59	-88	-346
	14	-255	-76	-98	-429
	15	-255	-76	-98	-429
Нижній пояс	1	129	38	111	278
	2	129	38	111	278
	3	239	71	83	393
	4	239	71	83	393
	5	249	74	91	414
Розкоси	32	-180	-54	-137	-371
	33	107	32	12	151
	34	-95	-20	15	-100
	35	48	7	-13	42
	36	9	2	12.5	-23.5
Стійки	21	16	5	0	0
	22	0	0	74	74
	23	27	10	0	-37
	24	0	0	0	0
	25	28	8	6	42
	26	0	0	0	0

Підбір перерізів елементів ферми

Підбираємо перерізи елементів ферми.

Стислі елементи ферми підбираємо з умови їх стійкості по формулі:

$$A = \frac{N}{\varphi R_y \gamma_c} = \frac{429}{0,6 * 24 * 0,95} = 31,35 \text{ см}^2,$$

приймаємо 2 куточки 110x8  $A=34,4 \text{ см}^2$ ,  $i_x=3,39 \text{ см}$ ,  $i_y=4,87 \text{ см}$

де  $N$  - зусилля в елементі

$R_y$  - розрахунковий опір стали

$\gamma_c$  - коефіцієнт умов роботи

$\varphi$  - коефіцієнт поздовжнього згину, приймаємо  $\varphi=0,6,0,8$  - для поясів,  
 $\varphi=0,5,0,7$  - для стержнів грат.

Розрахункові довжини:

у площині ферми  $l_{efx}=150,5 \text{ см}$

з площини ферми  $l_{efy}=150,5 \text{ см}$

Гнучкості:

$$\lambda_x = \frac{l_{efx}}{i_x} = \frac{150,5}{3,39} = 44,4 < 120$$

$$\lambda_y = \frac{l_{efy}}{i_y} = \frac{150,5}{4,87} = 30,9 < 120,$$

де  $i_x$ ,  $i_y$  - радіуси інерції прийнятого перерізу.

По більшій зі знайдених гнучкостей визначуваний коефіцієнт поздовжнього згину  $\varphi_{\min}=0,87$  [3, таблиця. В. 4].

Напругу в прийнятому перерізі перевіряємо по формулі  $\sigma = \frac{N}{\varphi A} \leq R_y \gamma_c$

$$\frac{429}{0,87 * 34,4} \leq 24 * 0,95$$

$14,334 \leq 22,8$ , умова виконується.

*Розтягнуті елементи ферм* підбираємо з умови їх міцності по формулі

$$A = \frac{N}{R_y \gamma_c} = \frac{414}{24 * 0,95} = 26,3 \text{ см}^2.$$

Приймаємо 2 куточки 90x8,  $A=27,8 \text{ см}^2$ ,  $i_x=2,76 \text{ см}$ ,  $i_y=4,15 \text{ см}$

Розрахункові довжини:

у площині ферми  $l_{efx}=150 \text{ см}$

з площини ферми  $l_{efy}=900 \text{ см}$

Гнучкості:

$$\lambda_x = \frac{l_{efx}}{i_x} = \frac{150}{2,76} = 54,3 < 400$$

$$\lambda_y = \frac{l_{efy}}{i_y} = \frac{900}{4,15} = 216,8 < 400,$$

Напругу в прийнятому перерізі перевіряємо по формулі  $\sigma = \frac{N}{A} \leq R_y \gamma_c$

$$\frac{414}{27,8} \leq 24 * 0,95,$$

14,89  $\leq$  22,8, умова виконується.

Аналогічно підбираємо перерізи для усіх елементів ферми. Результати розрахунку зведені в таблицю 3.3.

Таблица 3.3 - Підбір перерізів стержнів ферми

Элемент фермы	№ стерж	Усилия	сечение	A см <sup>2</sup>	lefx	lefy	ix	iy	$\lambda_x$	$\lambda_y$	$\lambda_u$	$\varphi_{\min}$	$\gamma_c$	$\sigma$ кН/см <sup>2</sup>	$R_y \gamma_c$ кН/см <sup>2</sup>
Верхний пояс	11	0	2 110x8	34.4	180.6	180.6	3.39	4.87							
	12 13	346	2 100x7	27.6	150.5	150.5	3.08	4.52	48.86	33.3	120	0.856	0.95	14.645	22.8
	14 15	429	2 110x8	34.4	150.5	150.5	3.39	4.87	44.4	30.9	120	0.87	0.95	14.334	22.8
Нижний пояс	1	278	2 L 63x5	12.26	180	330	1.94	2.96	92.78	111.5	400		0.95	22.675	22.8
	1	278	2 L 63x5	12.26	150	330	1.94	2.96	77.32	111.5	400		0.95	22.675	22.8
	3 4	393	2 L 75x6	17.56	150	900	2.3	3.44	65.22	261.6	400		0.95	22.38	22.8
	5	414	2 L 90x8	27.8	150	900	2.76	4.15	54.35	216.9	400		0.95	14.892	22.8
Раскосы	32	371	2 L 100x7	27.6	251	251	3.08	4.52	81.49	55.53	120	0.675	0.95	19.914	22.8
	33	151	2 L 50x5	9.6	174.3	230.4	1.53	2.45	113.9	94.04	400		0.95	15.729	22.8
	34	100	2 L 63x5	12.26	199.9	249.8	1.94	2.96	103	84.39	150	0.522	0.8	15.626	19.2
	35	42	2 L 50x5	9.6	199.9	249.8	1.53	2.45	130.7	102	400		0.95	4.375	22.8
	36	23.5	2 L 50x5	9.6	207.9	259.9	1.53	2.45	135.9	106.1	150	0.335	0.8	7.3072	19.2
Стойки	22	74	2 L 50x5	9.6	139.9	174.9	1.53	2.45	91.44	71.39	400		0.95	7.7083	22.8
	23	37	2 L 50x5	9.6	149.9	187.3	1.53	2.45	97.97	76.45	150	0.556	0.95	6.932	19.2
	25	42	2 L 50x5	19.6	169.8	212.3	1.53	2.45	111	86.65	400		0.95	2.1429	19.2
	26	0	2 L 75x6	17.56	180	225	2.3	3.44							

Виходячи з розрахунків приймаємо:

Верхній пояс, опорний розкіс - 2 куточки 110х8

Нижній пояс - 2 куточки 90х8

Розкоси і стійки - 2 куточки 63х6

Середня стійка - 2 куточки 75х6.

Розрахунок вузлів ферми зроблений за допомогою додатка до програме ЛІРА-програми «Інженерний калькулятор». Результати розрахунку приведені в додатку Б.

Розрахунок опорного вузла ферми:

Опорна реакція ферми від постійного і снігового навантаження

$$V = (q + S)BL\gamma_n / 2 = (3,266 + 0,7) * 6 * 36 * 0,95 / 2 = 407 \text{ кН}$$

Площа опорного ребра ферми

$$A_0 = \frac{V}{R_p \gamma_c} = \frac{407}{35,5} = 11,4 \text{ см}^2. \text{ Прийmemo ребро перерізом } 200 \times 20 \text{ мм.}$$

Визначимо катет кутових швів, які прикріплюють фасонку до опорного ребра.

$$l_w = 480 - 20 - 10 = 450 \text{ мм}$$

$$k_f = \frac{v}{2\beta_f l_w R_{wf} \gamma_{wf}} = \frac{407}{2 * 0,7 * 49 * 18} = 0,3 \text{ мм, приймаємо мінімальний катет}$$

$k_f = 7 \text{ мм.}$

Перевіримо міцність кутових швів, які прикріплюють нижній пояс до фасонке.

$$l_w = 150 \text{ мм, зусилля в поясі } N = 278 \text{ кН, катети швів } k_{f,b} = 7 \text{ мм, } k_{f,p} = 5 \text{ мм.}$$

Міцність шва у обушка

$$\tau_b = \frac{0,7 * 278}{2 * 0,7 * 0,7 * 15} = 13,2 \text{ кН/см}^2 < R_{wf} \gamma_{wf} = 18 \text{ кН/см}^2,$$

Міцність шва у пера

$$\tau_b = \frac{0,3 * 278}{2 * 0,7 * 0,5 * 15} = 7,9 \text{ кН/см}^2 < R_{wf} \gamma_{wf} = 18 \text{ кН/см}^2.$$



Розрахунок монтажного стику ферми:

Зусилля в монтажному стику  $N_6 = -429$  кН. Прийmemo переріз накладки

$$b_a * t_a = 100 * 10 \text{ мм.}$$

Міцність стику

$$\sigma = \frac{1,2N_b}{2b_a t_a + 2b_b t_b} = \frac{1,2 * 429}{2 * 10 * 1 + 2 * 20 * 1} = 8,58 \text{ кН/см}^2 < R_y \gamma_c = 24 \text{ кН/см}^2.$$

Тоді зусилля, що сприймається горизонтальними накладками

$$N_a = 2b_a t_a \sigma = 2 * 10 * 1 * 8,58 = 171,6 \text{ кН.}$$

Сумарна довжина швів, що прикріплюють одну накладку до пояса ферми

$$l_{u1} = \frac{N_a}{\beta_f k_f R_{wf} \gamma_{wf}} = \frac{171,6}{2 * 0,7 * 1 * 18} + 4 = 11 \text{ см}$$

Кутові шви Ш2 розраховуються на велику з величин:

$$N_f = 1,2N_b - N_a = 1,2 * 429 - 171,6 = 343,2 \text{ кН,}$$

$$N_f = 1,2 N_b / 2 = 1,2 * 429 / 2 = 257,4 \text{ кН.}$$

Необхідна довжина швів у обушка при  $k_{f,b} = 10$  мм

$$l_{u2b} = \frac{N_b}{\beta_f k_f R_{wf} \gamma_{wf}} = \frac{0,7 * 343,2}{2 * 0,7 * 1 * 18} = 10 \text{ см}$$

Необхідна довжина швів у пера при  $k_{f,b} = 5$  мм

$$l_{u2p} = \frac{0,3 * 343,2}{2 * 0,7 * 0,5 * 18} = 8 \text{ см}$$

Призначимо параметри накладки Б:  $t_6 = 10$  мм,  $b_6 = 180$  мм, висоту накладки  $h_6$  визначимо з умови міцності кутових швів, що прикріплюють накладки до фасонкам

$$h_b = \frac{N_f}{2\beta_f k_f R_{wf} \gamma_{wf}} + 1 = \frac{343,2}{2 * 0,7 * 1 * 18} + 1 = 11 \text{ см}$$

З конструктивних міркувань призначимо  $h_6 = 250$  мм.

### 3.2 Розрахунок рами каркаса

Довжина цеху 108м, ширина цеху 18 м, крок колон 6 м. Відмітка низу ферми 26,85м. Відмітки балок - 5,4 м; 14,4 м; 18,6 м. Будівля неопалювана. Розташовується в I сніговому, III вітровому районах, тип місцевості А. Коефіцієнт надійності за призначенням  $\gamma_n = 0,95$ . Розрахунок каркаса виконуємо з урахуванням реальних перерізів стержнів ферм.

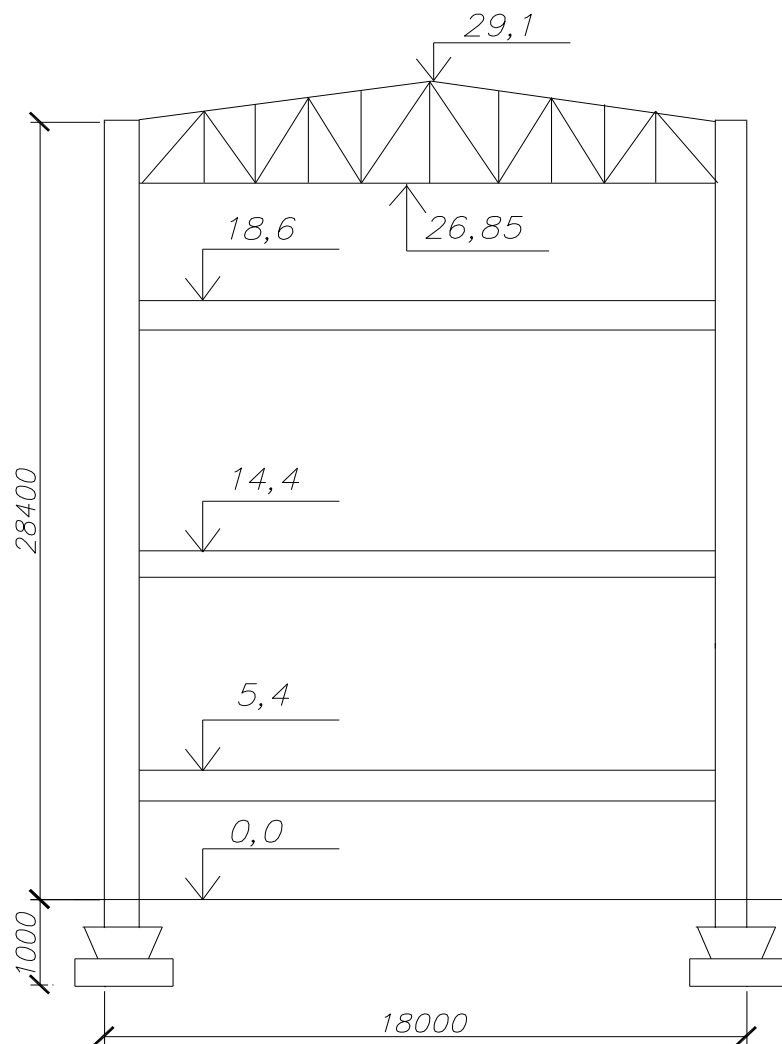


Рисунок 3.5 - Конструктивна схема рами

Збір навантажень на раму:

Постійні навантаження від покриття і снігове навантаження визначені при розрахунку ферми :

$$q^n = 2,32 \text{ кН/м}^2, q = 2,616 \text{ кН/м}^2,$$

$$S^n = 0,88 \text{ кН/м}^2, S = 1,0032 \text{ кН/м}^2.$$

Перерізи колон і балок прийняті орієнтовно, виходячи з досвідчених даних для проектування аналогічних будівель.

Для колон:

$$I = b^2(N + 2D_{\max}) = 63,74 * 10^{-4} \text{ м}^4,$$

$$EI = 2,1 * 10^7 * 63,74 * 10^{-4} = 133854 \text{ т},$$

$$A = 4I / b^2 = 260,8 * 10^{-4} \text{ м}^2,$$

$$EA = 2,1 * 10^7 * 260,8 * 10^{-4} = 547680 \text{ тм}.$$

Для балок:

$$I = \frac{M_{\max} * h_{cp}}{2R_y} * 1,15 * \mu = 137,22 * 10^{-4} \text{ м}^4,$$

$$EI = 2,1 * 10^7 * 137,22 * 10^{-4} = 288162 \text{ тм},$$

$$A = \frac{4I}{h_{cp}^2} = 189 * 10^{-4} \text{ м}^2,$$

$$EA = 2,1 * 10^7 * 189 * 10^{-4} = 396900 \text{ т}.$$

Навантаження від власної ваги колони

$$q_k = 0,45 * 0,016 * 2 * 7850 + 1168 * 10 * 7850 = 204,7 \text{ кг/м} = 2,047 \text{ кН/м}.$$

Навантаження від ваги стінного обгороджування

$$P_{ст} = q_{ст} BH_{ст} \gamma_f \gamma_n + q_{осм} BH_{осм} \gamma_f \gamma_n,$$

$$P_{ст}^{слева} = 1,21 * 12,3 * 6 * 1,1 * 0,95 + 0,33 * 1,9 * 6 * 1,1 * 0,95 = 97,2 \text{ кН},$$

$$P_{ст}^{справа} = 1,21 * 14,08 * 6 * 1,1 * 0,95 + 0,33 * 14,52 * 6 * 1,1 * 0,95 = 136,85 \text{ кН}.$$

Розрахунок навантажень на балку на отмі. +5,4 м.

Нормативне навантаження від власної ваги настилу

$$q_n = \rho t = 785 * 1 * 10^2 = 0,785 \text{ кН/м}^2.$$

Маса другорядних балок 3134,46 кг

$$\text{Маса балочної клітини } M = m * L * B + m_{вт} = 78,5 * 18 * 6 + 3134,46 = 11612,46 \text{ кг}$$

$$\text{Витрата стали на } 1 \text{ м}^2 \frac{11612,46}{18 * 6} = 107,52 \text{ кг/м}^2 = 1,075 \text{ кН/м}^2.$$

Нормативне навантаження на головну балку

$$q_n = (q_0^n + q_{\text{ок}}^n) * B * \alpha = (32 + 1,075) * 6 * 1,03 = 204,4 \text{ кН/м.}$$

Розрахункове навантаження на головну балку

$$q_n = (q_0^n \gamma_{f1} + q_{\text{ок}}^n \gamma_{f2}) * B * \alpha = (32 * 1,2 + 1,075 * 1,05) * 6 * 1,03 = 244,28 \text{ кН/м}$$

де  $q_0^n = 32 \text{ кН/м}^2$  - нормативне навантаження.

Розрахунок навантажень на балку на отм. +14,4 м.

Нормативне навантаження від власної ваги настилу

$$q_n = \rho t = 785 * 0,8 * 10^2 = 0,628 \text{ кН/м}^2.$$

Маса другорядних балок 5985 кг

Маса балочної клітини  $M = m * L * V + m_{\text{вт}} = 62,8 * 18 * 6 + 5985 = 12767,4 \text{ кг}$

Витрата стали на  $1 \text{ м}^2$   $\frac{12767,4}{18 * 6} = 118,2 \text{ кг/м}^2 = 1,18 \text{ кН/м}^2$ .

Нормативне навантаження на головну балку

$$q_n = (q_0^n + q_{\text{ок}}^n) * B * \alpha = (32 + 1,18) * 6 * 1,03 = 205,05 \text{ кН/м.}$$

Розрахункове навантаження на головну балку

$$q_n = (q_0^n \gamma_{f1} + q_{\text{ок}}^n \gamma_{f2}) * B * \alpha = (32 * 1,2 + 1,18 * 1,05) * 6 * 1,03 = 244,96 \text{ кН/м.}$$

Розрахунок навантажень на балку на отм. +18,6 м.

Нормативне навантаження від власної ваги настилу

$$q_n = \rho t = 785 * 0,8 * 10^2 = 0,628 \text{ кН/м}^2.$$

Маса другорядних балок 7397 кг

Маса балочної клітини  $M = m * L * V + m_{\text{вт}} = 62,8 * 18 * 6 + 7393 = 14180,28 \text{ кг}$

Витрата стали на  $1 \text{ м}^2$   $\frac{14180,28}{18 * 6} = 131,29 \text{ кг/м}^2 = 1,31 \text{ кН/м}^2$ .

Нормативне навантаження на головну балку

$$q_n = (q_0^n + q_{\text{ок}}^n) * B * \alpha = (32 + 1,31) * 6 * 1,03 = 205,85 \text{ кН/м.}$$

Розрахункове навантаження на головну балку

$$q_n = (q_0^n \gamma_{f1} + q_{\text{ок}}^n \gamma_{f2}) * B * \alpha = (32 * 1,2 + 1,31 * 1,05) * 6 * 1,03 = 245,81 \text{ кН/м.}$$

Вітрове навантаження

Розрахункове значення статичного вітрового навантаження

$$q_i = W_0 c_{aer} c_d \gamma_{fm} B c_h h$$

Нормативне значення вітрового навантаження  $W_0^n=0,46 \text{ кН/м}^2$ .

Аеродинамічний коефіцієнт активного тиску вітру для промислових будівель  $c_{aer}=0,8$ .

Для відсмоктування аеродинамічний коефіцієнт приймаємо залежності від стосунків [4, таблиця. 3.3].

$$H_0/L_0=29,1/18=1,6,$$

$$B_0/L_0=108/18=6>2,$$

$$\text{Приймаємо } c_{aer}/=0,6.$$

$c_d$  -коефіцієнт, що враховує зміну вітрового навантаження залежно від висоти,  $c_d=1,1$ .

$c_h$  -коефіцієнт, що враховує зміну швидкісного натиску вітру ( тип А)[4, таблиця. 3.4].

$$C_{5,4}=0,416;$$

$$C_{14,4}=0,655;$$

$$C_{18,6}=0,8325;$$

$$C_{23,1}=0,8732;$$

$$C_{26,85}=0,9014;$$

$$C_{28,4}=0,913;$$

Активний вітровий тиск з навітряного боку будівлі

$$W_{5,4}=0,46*0,8*1,1*1,14*6*0,416*5,4=6,2 \text{ кН};$$

$$W_{14,4}=0,46*0,8*1,1*1,14*6*0,655*9=16,32 \text{ кН};$$

$$W_{18,6}=0,46*0,8*1,1*1,14*6*0,8325*4,2=9,68 \text{ кН};$$

$$W_{26,85}=0,46*0,8*1,1*1,14*6*0,9014*8,25=20,6 \text{ кН};$$

$$W_{28,4}=0,46*0,8*1,1*1,14*6*0,913*1,55=3,9 \text{ кН};$$

Активний вітровий тиск з підвітряного боку будівлі

$$W_{23,1}=0,46*0,6*1,1*1,14*6*0,8732*4,5=8,16 \text{ кН};$$

$$W_{26,85}=0,46*0,6*1,1*1,14*6*0,9014*8,25=15,45 \text{ кН};$$

$$W_{28,4}=0,46*0,8*1,1*1,14*6*0,913*1,55=2,9 \text{ кН};$$

Навантаження кранів розраховані при розрахунку ферми  $D_{max}=43,51 \text{ кН}$ .

Розрахуємо навантаження від крану, діючого в сусідньому прольоті.

$T=6300\text{мм}$ ,  $A=4400\text{ мм}$ ,  $F_{\text{max}}=180\text{ кН}$ ,  $G_{\text{в}}=5,3\text{ кН}$ ,  $G_{\text{к}}=25\text{ кН}$ .

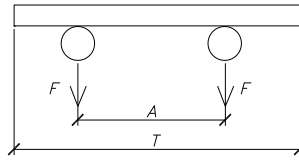


Рисунок 3.6 - Схема крану

### Розрахунковий тиск

$$D_{\text{max}} = n_n \gamma_f \gamma_n \sum_{i=1}^n F_{i \text{ max}} y_i + G_{\text{пб}} B \gamma_f \gamma_n = 0,95 * 1,1 * 0,95 * 180 * (0,266 + 1 + 0,841 + 0,5 + 0,475) + 1,94 * 6 * 1,1 * 0,95 = 373,92 \text{ кН}$$

де  $n_n$  - коефіцієнт об'єднання, для одного крану  $n_n=0,95$

$\gamma_f$  - коефіцієнт надійності по навантаженню крану,  $\gamma_f=1,1$ ,

$F_{\text{max}}$  - максимальний нормативний тиск колеса крану

$\sum_{i=1}^n y_i$  - сума ординат ліній впливу

$G_{\text{пб}}$  - маса 1м підкранової балки

$B$  - крок рам.

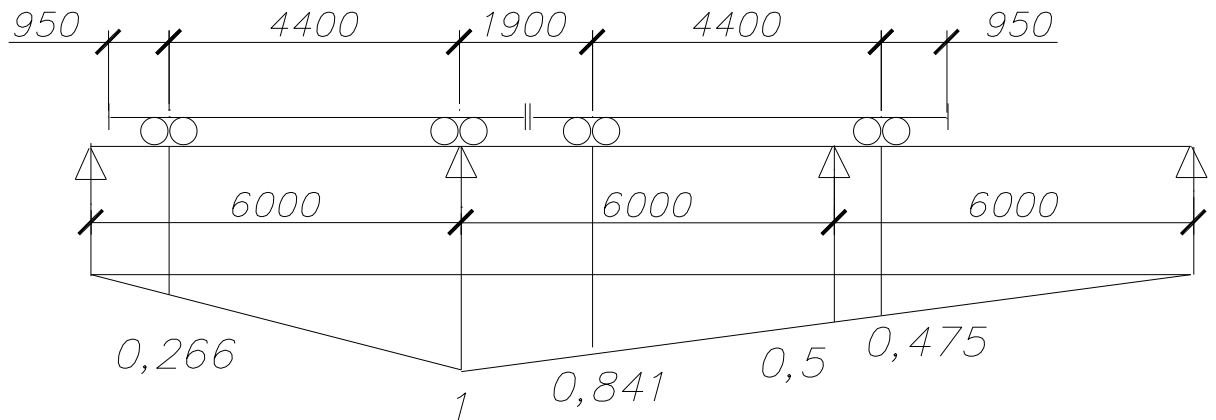
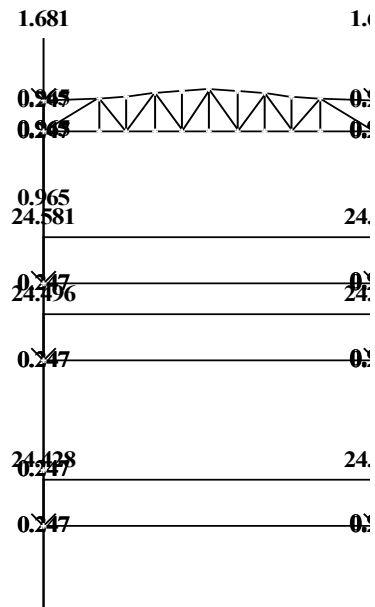


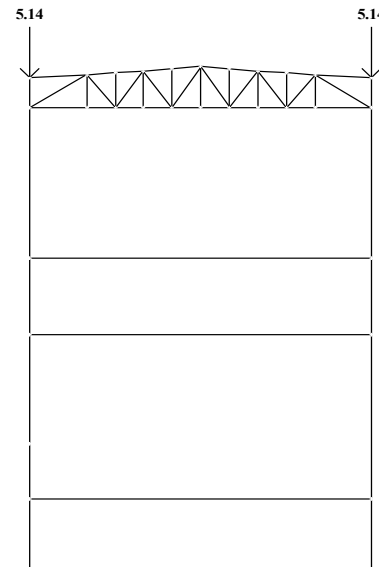
Рисунок 3.7 - Схема розташування колі крану на підкрановій балці

Розрахунок рами виконується за допомогою ПК ЛИРА. Результати розрахунків зведені в таблицю 3.4.

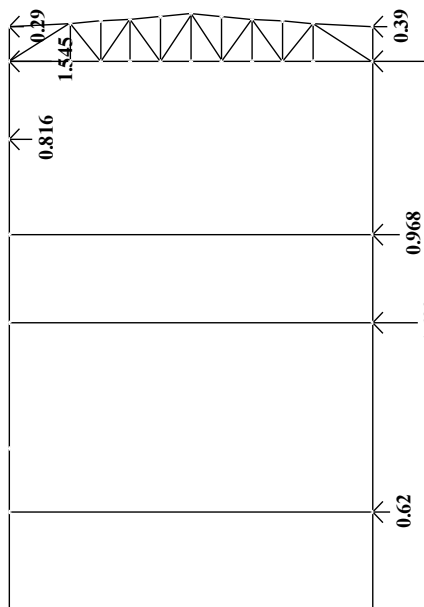
а)



б)



в)



г)

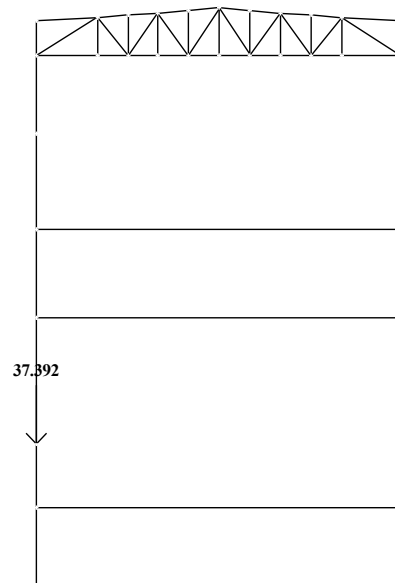


Рисунок 3.8 - Схема завантаження рами

а - постійними навантаженнями, б - сніговим навантаженням, в - вітровим навантаженням, г - навантаженням крану.

Програма розрахунку рами і результати приведені в додатку Б.

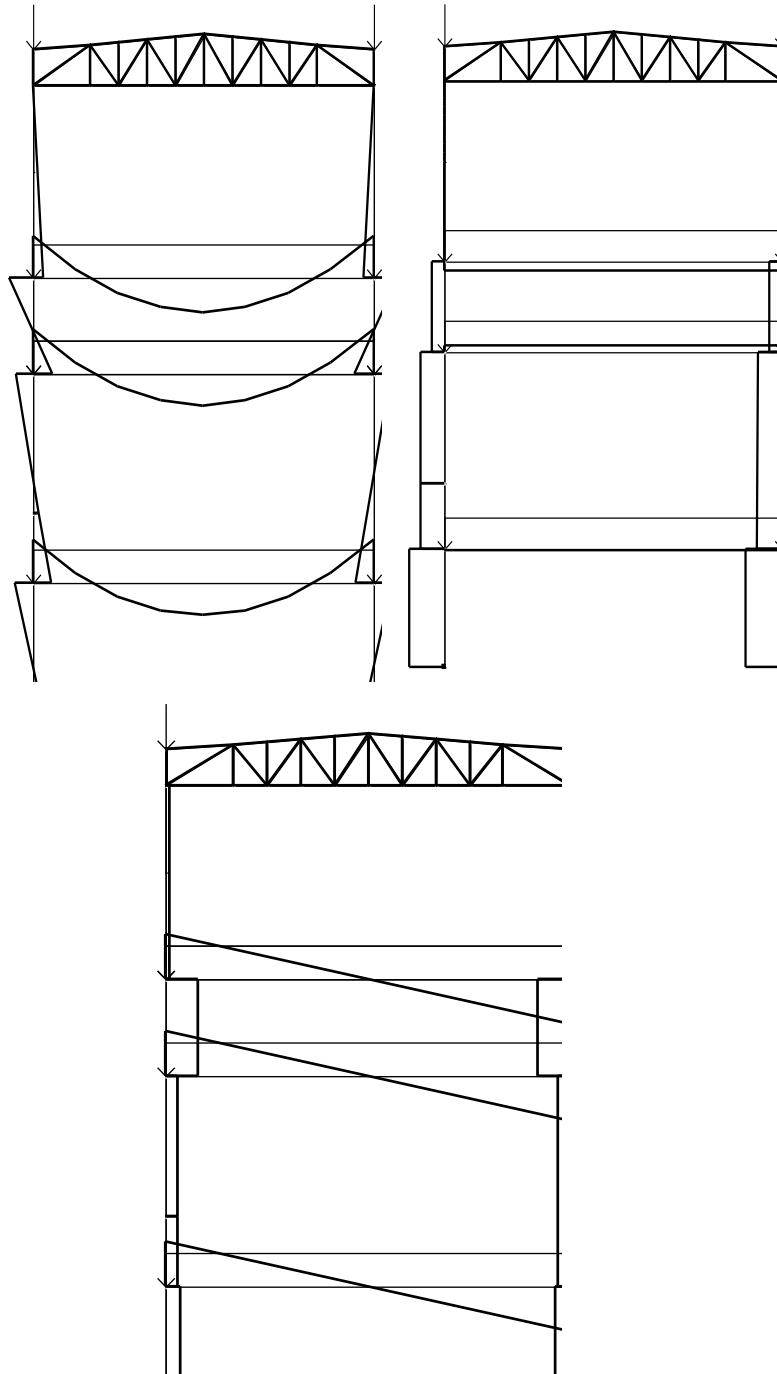


Рисунок 3.9 - Епюри зусиль  $M$ ,  $N$ ,  $Q$  для завантаження 1



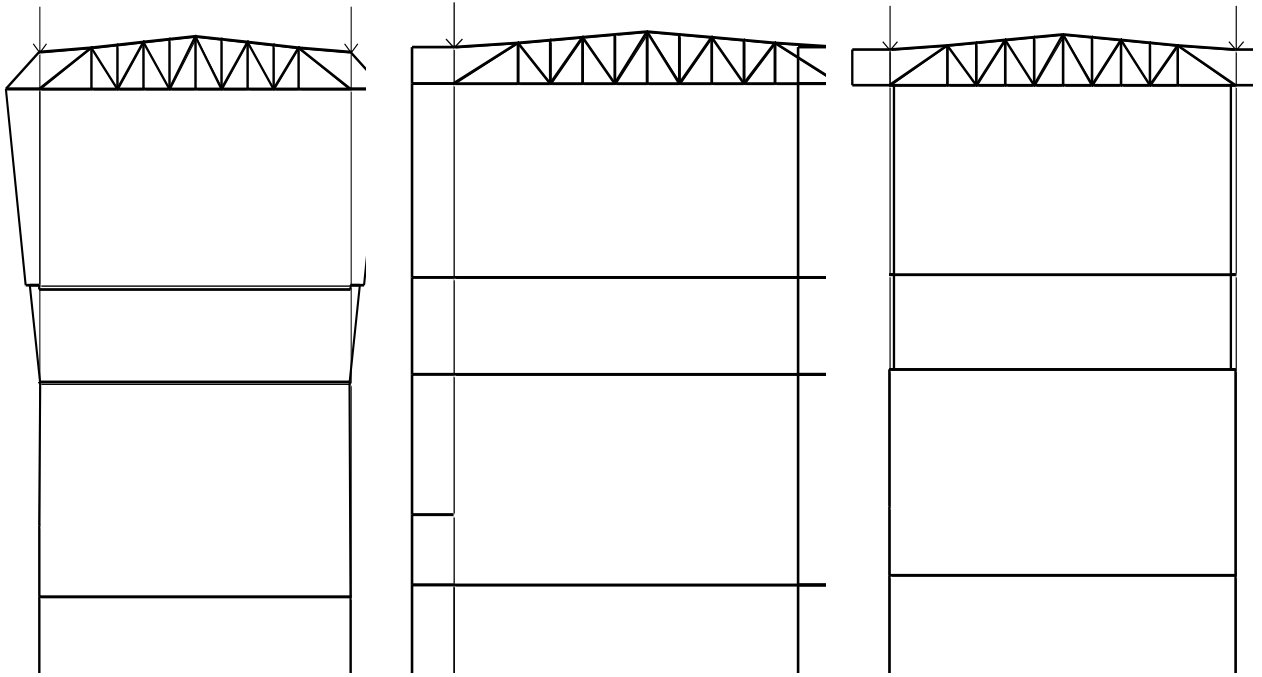


Рисунок 3.10 - Епюри зусиль  $M$ ,  $N$ ,  $Q$  для завантаження 2

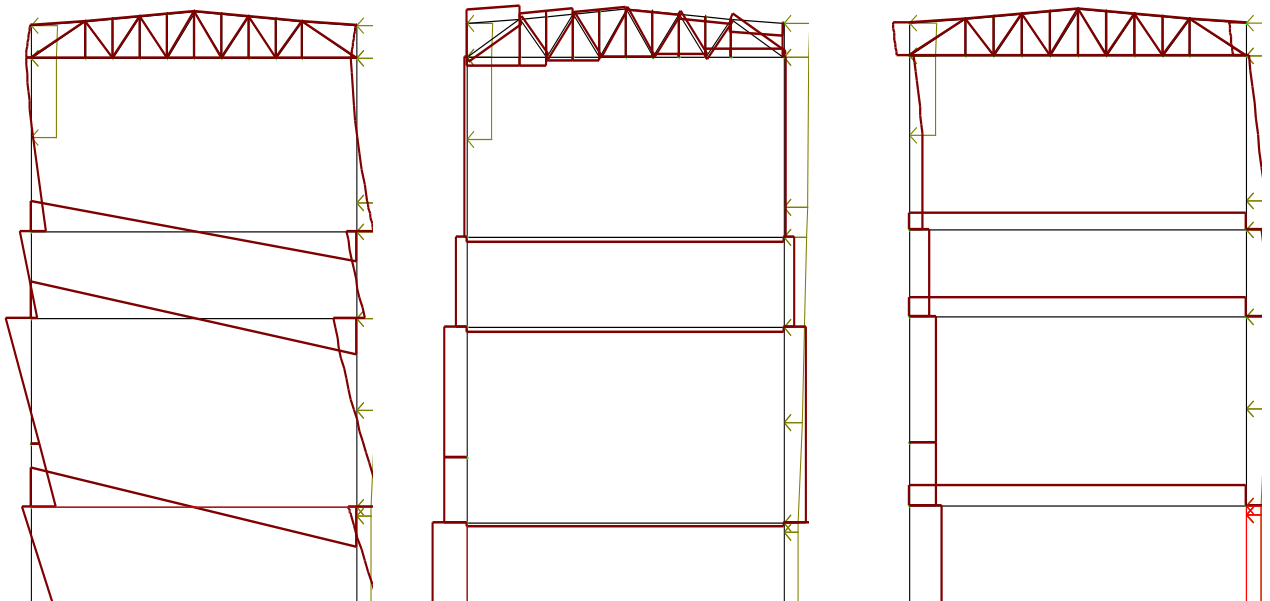


Рисунок 3.11 - Епюри зусиль  $M$ ,  $N$ ,  $Q$  для завантаження 3

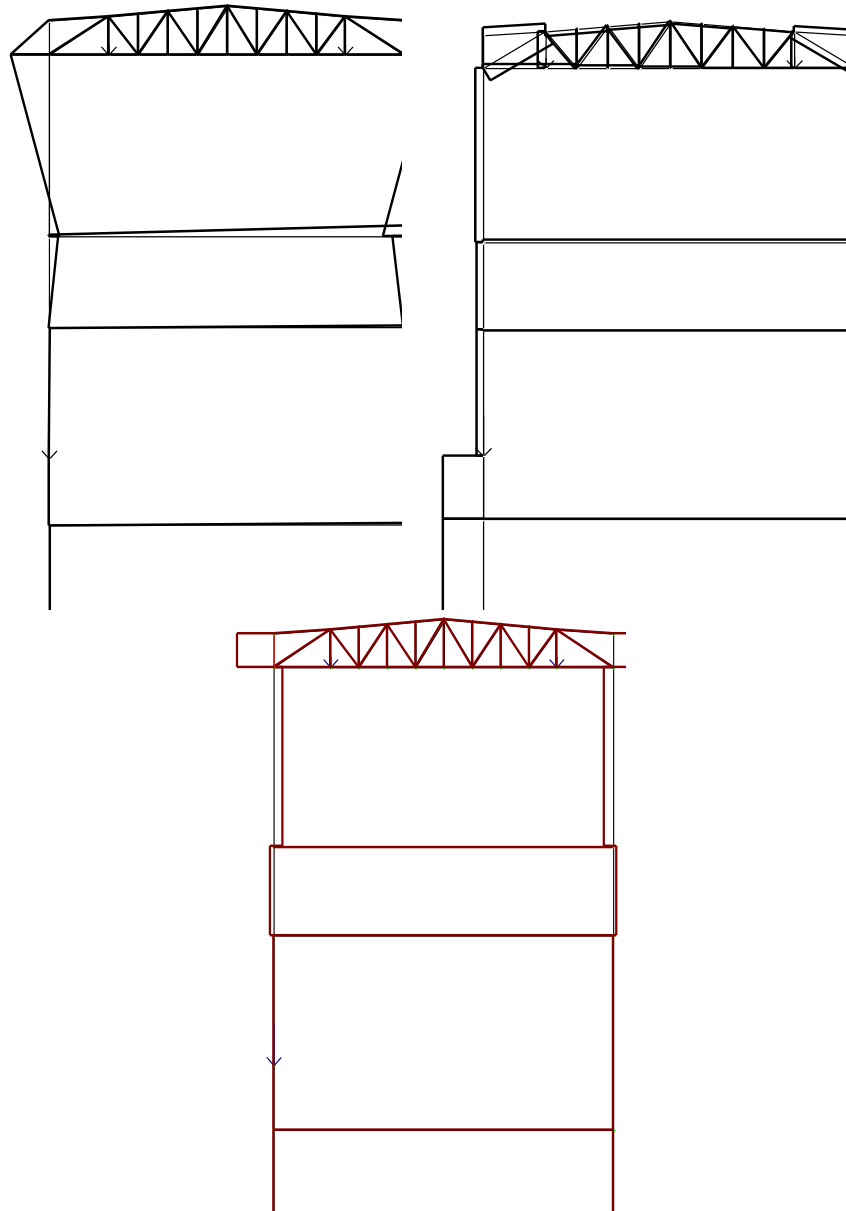
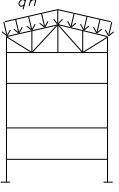
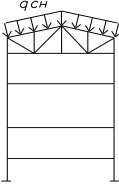
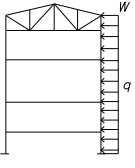
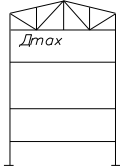


Рисунок 3.12 - Епюри зусиль  $M$ ,  $N$ ,  $Q$  для завантаження 4

Таблиця 3.4 - Розрахункові зусилля рами

Завантаженн я	пс	Перерізи														
		1			2			3			4			5		
		M	N	Q	M	N	Q	M	N	Q	M	N	Q	M	N	Q
1 	1	-1009,51	-2299,73	-778,9	-	-	-610,8	-785,3	-	-	74,84	-36,18	-193,7	0	19,1	46,7
					863,31	1603,8			1348,4	1637,8				4		
2 	1	0	-5,04	0	0	-5,04	0	0	-5,04	0	0	-5,04	0	0	-5,04	0
	0,9	0	-4,536	0	0	-4,536	0	0	-4,536	0	0	-4,536	0	0	-4,5	0
3 	1	40,29	55,01	29,98	115,8	35,63	19,13	47,45	17,90	16,66	24,84	3,084	3,3	0	-0,87	-17,6
	0,9	36,26	49,5	26,98	104,22	32,06	17,22	42,7	16,11	14,99	22,35	2,775	2,9	0	-0,78	-14,1
4	1	-5,49	-40,27	-0,16	-0,73	-39,94	0,24	37,12	-39,41	7,89	-88,59	-37,76	-19,18	0	2,7	55,4

	0,9	-4,94	-36,24	-0,149	-0,65	-35,95	0,21	33,4	-35,47	7,10	-79,73	-30,38	-17,26	0	2,5	49,8
---	-----	-------	--------	--------	-------	--------	------	------	--------	------	--------	--------	--------	---	-----	------

Таблиця 3.5 - Розрахункові комбінації зусиль на раму

Переріз	Р-асчет-ные зусилля	n <sub>c</sub>	Перерізи																	
			1			2			3			4			5					
			M	N	Q	M	N	Q	M	N	Q	M	N	Q	M	N	Q			
З однією кратковр. навантаженням	M <sub>max</sub> N <sub>соот</sub>	1	1,4			1,4	1,4			1,4	1,2		1,4	1,3		1,4	1,2		1,3	
			-1015	-2340	-779,1	-864,04	-1643,7	-591,7	-785,2	-1353,4	-1629,9	-99,68	-33,1	-212,98	0	-24,18	-64,37			
	N <sub>max</sub> +M <sub>соот</sub>	1	1,4			1,4			1,4			1,4			1,2					
			-1015	-2340		-864,04	-1643,7		-748,2	-1387,4		-13,75	-66,57		0	-24,18				
З двома і більше кратковр. навантаженнями	+M <sub>max</sub> N <sub>соот</sub>	0,9	1,2,4			1,2,4			1,2			1,2,3			1,2,3					
			-1014,4	-2340,5		-863,96	-1644,3		-785,2	1353,04		97,19	-37,95		0	-24,46				
	N <sub>max</sub> +M <sub>соот</sub>	0,9	1,2,4			1,2,4			1,2,4			1,2,4			12,3					
			-1014,4	-2340,5		-863,96	-1644,3		-751,9	-138,8		73,75	-71,1		0	-24,46				
Для розрахунку анкерних болтів	+N <sub>min</sub> M <sub>соот</sub>	1	1,3																	
			-969,22	-2244,7																
	+N <sub>min</sub> M <sub>соот</sub>	0,9	1,3																	
			-973,25	-2250,2																

Розрахунок і конструювання стержня колони:

Колона виконана із сталі С235. Коефіцієнт умов роботи  $\gamma_c = 1,1$ . Повна висота колони 28,6 м. Висота перерізу колони - 120 см розрахунковий опір стали  $R_y=230$  мПа,  $R_u=350$ мПа.

Розрахункові довжини колони в площині і з площини рами

$$L_{efx}=2L=2*26,8=57,2\text{м},$$

$$L_{efy}=L=26,8\text{м}.$$

Для підбору перерізу колони вибираємо з таблиці комбінації зусиль

$$N_{\max}=2340 \text{ кН}, M_{\text{соотв}}=1015 \text{ кНм}.$$

$$M_{\max}=1015 \text{ кНм}, N_{\text{соотв}}=2340 \text{ кН}.$$

Перевіряємо прийняту площу перерізу колони

$$A_{mp} = \frac{.N}{R_y} \left( 1,25 + 2,2 \frac{e_x}{h_2} \right) = \frac{2340}{23} \left( 1,25 + 2,21 \frac{433}{120} \right) = 252,3 < 260,8 \text{ см}^2,$$

де  $e_x=M/N=1015/2340=0,433$  м - абсолютний ексцентриситет. Прийнятий переріз задовольняє вимогам.

Характеристики перерізу колони знайдені за допомогою програми «Інженерний калькулятор» і приведені на рис 3.13.

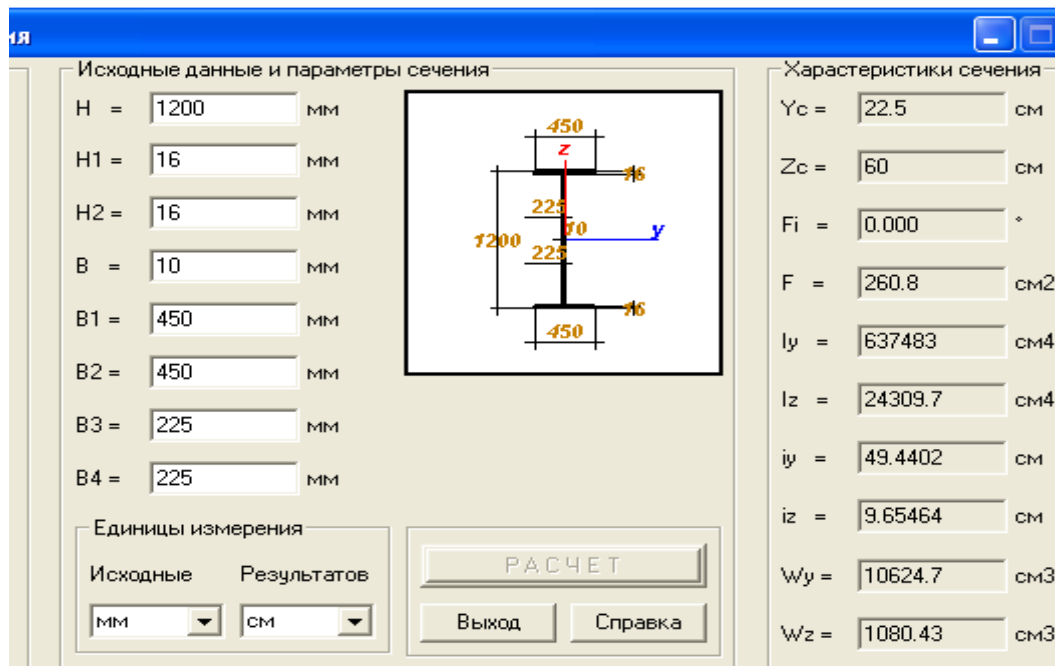


Рисунок 3.13 - Характеристики перерізу колони

### Перевірка стійкості колони в площині дії моменту

$$\sigma = \frac{N}{\varphi_e A} \leq R_y \gamma_c,$$

де  $\varphi_y = 0,957$  - коефіцієнт визначуваний залежно від умовної гнучкості  $\bar{\lambda}_x$

і приведенного відносного ексцентриситету  $m_{ef}$ , [1, доп.8, таблиця.2].

Умовна гнучкість в площині рами

$$\bar{\lambda}_x = \lambda_x \sqrt{R_y / E},$$

де  $\lambda_x = L_{efx} / i_x = 572 / 49,4402 = 23,13 < 120$  - гнучкість стержня

$$m_{ef} = m_x \eta,$$

де  $\eta$  - коефіцієнт впливу форми перерізу, [5, таблиця.1].

$$m_x = e_x * A / W_x = 1,55 * 260,8 / 10624,7 = 0,038,$$

$$\bar{\lambda}_x > 5, m_x < 5, A_f / A_w = 72 / 116,8 = 0,61,$$

Отже \_

$$\eta = (1,75 - 0,1 m_x) - 0,02(5 - m_x) \bar{\lambda}_x = (1,75 - 0,1 * 0,038) - 0,02 * (5 - 0,038) * 0,765 = 1,67,$$

$$m_{ef} = 0,038 * 1,67 = 0,063,$$

$$\sigma = \frac{2340}{0,957 * 260,8} = 9,37 < 25,3 \text{ кН/см}^2, \text{ умова виконується.}$$

### 3.2.3.2 Перевірка стійкості з площини дії моменту

$$\sigma = \frac{N}{c \varphi_y A} \leq R_y \gamma_c$$

де  $\varphi_y = 0,94$  - коефіцієнт поздовжнього згину при центральному стискуванні,

[1, доп.8, таблиця.1].

$$\lambda_y = L_{efy} / i_y = 286 / 9,6546 = 29,62 < 120,$$

C- коефіцієнт, залежний від значення відносного ексцентриситету

$$m_x = (M/N) * (A/W_x) = (1015/2340) * (260,8/10624,7) = 0,038 < 5,$$

$$c = \beta / (1 + \alpha_{m_x}) = 1 / (1 + 0,7 * 0,038) = 0,974,$$

де  $\alpha, \beta$  - коефіцієнти визначувані залежно від значень  $m_x, \lambda_y$ , [5, таблиця.2].

$$\lambda_c = 3,14 \sqrt{E/R_y} = 3,14 \sqrt{2,1 * 10^5 / 230} = 94,8 \Rightarrow \beta = 1,$$

$$m_x < 1 \Rightarrow \alpha = 0,7.$$

$$\sigma = \frac{2340}{0,974 * 0,94 * 260,8} = 12,42 \leq R_y \gamma_c = 25,3 \text{ кН/см}^2, \text{ умова виконується.}$$

### Перевірка місцевої стійкості колони

Місцева стійкість поясів колони буде забезпечена якщо відношення свеса  $b_{ef}$  до товщини пояса  $t_f$  задовольняє умові

$$b_{ef} / t_f \leq (0,36 + 0,1 \bar{\lambda}_x) \sqrt{E/R_y}$$

$$217 / 16 < (0,36 + 0,1 * 0,765) \sqrt{2,1 * 10^5 / 230}$$

$$13,1 < 13,18 \text{ умова виконується.}$$

Місцева стійкість стінки залежить від умовної гнучкості  $\bar{\lambda}_x$  і параметра

$$\alpha = (\sigma_x - \sigma_{x1}) / \sigma_x$$

$\sigma_x$  - найбільша стискаюча напруга у розрахунковій грані стінки

$$\sigma_x = \frac{N}{A} + \frac{M h_w}{2 I_x} = \frac{2340}{260,8} + \frac{1015 * 116,8}{2 * 637483} = 11,79 \text{ кН/см}^2$$

$\sigma_{x1}$  - відповідна напруга у протилежній межі стінки

$$\sigma_x = \frac{N}{A} - \frac{M h_w}{2 I_x} = \frac{2966,3}{260,8} - \frac{4597,8 * 116,8}{2 * 637483} = 10,95 \text{ кН/см}^2$$

$$\alpha = \frac{11,79 - 10,95}{11,79} = 0,07 < 0,5, \quad \bar{\lambda}_x = 0,765 < 0,8 \text{ отже стійкість стінки буде}$$

забезпечена за умови

$$\frac{h_w}{t_w} \leq \sqrt{\frac{E}{R_y}},$$

$$\frac{1168}{10} \leq \sqrt{\frac{2 * 10^5}{230}},$$

$116,8 < 20,4$ , умова не дотримується отже стінку необхідно зміцнити ребрами жорсткості у вигляді листа  $1168 \times 80 \times 6$  з кроком 1200 мм.

Оскільки приведений ексцентриситет  $m_{ef} < 20$  перевірку міцності сполошного перерізу колони робити не треба.



Розрахунок і конструювання бази колони:

База суцільної внецентренно стислої колони представлена на рис 3.16

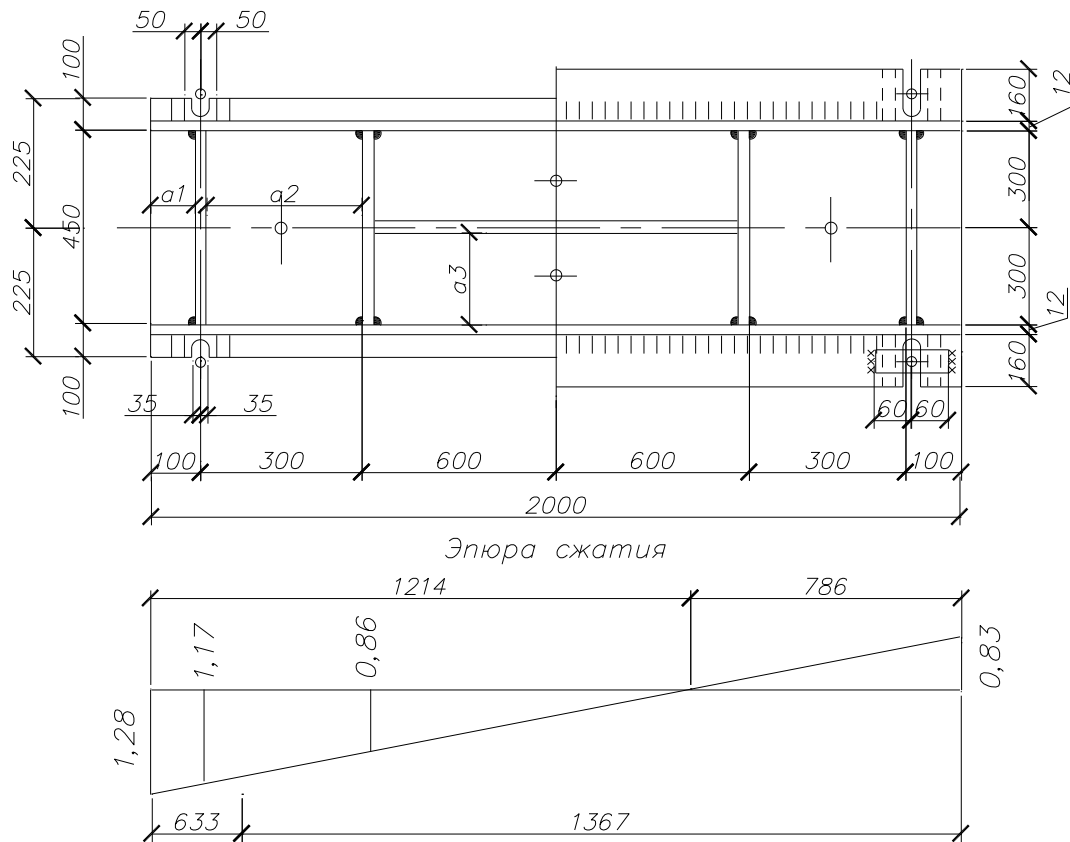


Рисунок 3.14 - База суцільної внецентренно стислої колони

Фундамент виконаний з бетону класу В12, 5.

Ширина опорної плити

$$B_{pl} = b_1 + 2(t_{tr} + c),$$

де  $t_{tr}$  - толщина траверси,

$c$  - величина консольного свеса

$$B_{pl} = 450 + 2(12 + 88) = 650 \text{ мм.}$$

Розрахунковий опір бетону фундаменту тому, що зім'яло

$$R_{b,loc} = \xi R_b = 1,2 * 0,73 = 0,72 \text{ кН/см}^2.$$

Довжину опорної плити знайдемо по формулі

$$N = 2340 \text{ кН, } M = 1015 \text{ кНм}$$

$$L = \frac{N}{2BRb} + \sqrt{\frac{N}{(2BRb)^2} + 6M / BRb}$$

$$L = \frac{2340}{2 * 65 * 0,72} + \sqrt{\frac{2340}{(2 * 65 * 0,72)^2} + \frac{6 * 1015 * 10^2}{65 * 0,72}} = 42,3 + 158,8 = 201,1 \text{ см.}$$

Приймаємо  $L=200$  см

Обчислюємо крайову напругу у бетоні

$$\sigma_{\max} = N / BL + 6M / BL^2 = 2340 / 65 * 200 + 6 * 101500 / 65 * 200^2 = 1,28 \text{ кН/см}^2.$$

$$\sigma_{\max} = N / BL - 6M / BL^2 = 2340 / 65 * 200 - 6 * 101500 / 65 * 200^2 = -0,83 \text{ кН/см}^2.$$

Проміжні значення напруги

$$\sigma_2 = 1,17 \text{ кН}$$

$$\sigma_3 = 0,86 \text{ кН.}$$

Ділянка 1. Плита на цій ділянці працює на вигин як консольний елемент, оскільки співвідношення сторін  $b/a_1=460/95=4,8>2$ .

Момент  $M_1 = \sigma_{\max} a^2 / 2 = 0,23 * 9,5^2 / 2 = 10,3 \text{ кНсм}$ , що вигинає.

Ділянка 2. Плита спирається на 2 сторони. Відношення сторін  $b/a_2=460/295=1,5<2$ , коефіцієнт  $\alpha_2 = 0,05$

$$M_2 = \alpha_2 \sigma_2 a_2^2 = 0,05 * 1,17 * 29,5^2 = 50,9 \text{ кНсм.}$$

Ділянка 3. Плита спирається на 3 сторони. Відношення сторін  $a_3/b_3=220/300=0,73$ . Коефіцієнт  $\alpha_3 = 0,091$ . Момент, що вигинає

$$M_3 = \alpha_3 \sigma_3 a_3^2 = 0,091 * 0,86 * 22^2 = 37,8 \text{ кНсм.}$$

Товщину опорної плити визначаємо по найбільшому моменту  $M_2=50,9 \text{ кНсм}$

$$t_{pl} = \sqrt{6M_2 / R_y} = \sqrt{6 * 50,9 / 23} = 29,8 \text{ см} \text{ Приймаємо } t_{pl}=30 \text{ см}$$

### 3.2.4.2 Розрахунок висоти траверси

Призначаємо висоту траверси  $h_{cp}=538$  мм, товщина  $t_{cp}=12$  мм, товщина сварних швів  $k_f=t_f=12$  мм. Перевіряємо дотримання умови міцності швів :

$$\sigma = \sqrt{\sigma_w^2 + \tau_w^2} \leq R_{wf} \gamma_{wf} \gamma_c$$

Послідовно визначаємо:

Нормальна напруга в швах

$$\sigma_w = M_{cp} / W_w = 48128 / 650,5 = 8,4 \text{ кН/см}^2$$

$$\text{де } M_{cp} = \sigma_{\max} B l_{cp}^2 / 2 = 1,28 * 23,5 * 40^2 = 48128 \text{ кНсм}$$

$$W_w = 2\beta_f k_f (h_{cp} - 1)^2 / 6 = 2 * 0,7 * 1(53,8 - 1)^2 / 6 = 650,5 \text{ см}^3;$$

Дотична напруга в швах

$$\tau_w = Q_{cp} / A_w = 1203,2 / 73,9 = 16,2 \text{ кН/см}^2$$

$$\text{де } Q_{cp} = \sigma_{\max} B l_{cp} = 1,28 * 23,5 * 40 = 1203,2 \text{ кН}$$

$$A_w = 2\beta_f k_f (h_{cp} - 1) = 2 * 0,7 * 1(53,8 - 1) = 73,9 \text{ см}^2;$$

Приведена напруга в швах

$$\sigma_{red} = \sqrt{\sigma_w^2 + \tau_w^2} = \sqrt{8,4^2 + 16,2^2} = 17,5 < R_{wf} \gamma_{wf} \gamma_c = 18 \text{ кН/см}^2.$$

Перевіряємо міцність траверси, працюючою на вигин

$$\sigma = (M_{cp} / W_{cp}) \leq R_y \gamma_c$$

$$W_{cp} = t_{cp} h_{cp}^2 / 6 = 1,2 * 53,8^2 / 6 = 579 \text{ см}^3$$

$$\sigma = 48128 / 579 = 8,31 < R_y \gamma_c = 23 \text{ кН/см}^2.$$

Розрахунок анкерних болтів

Розрахункові зусилля

$$N=2250,2 \text{ кН}, \quad M=973,25 \text{ кНм}.$$

Визначаємо напругу під опорною плитою

$$\sigma_{\max} = N / BL + 6M / BL^2 = 2250,2 / 65 * 200 + 6 * 97325 / 65 * 200^2 = 2,8 \text{ кН/см}^2.$$

$$\sigma_{\min} = N / BL - 6M / BL^2 = 2250,2 / 65 * 200 - 6 * 972350 / 65 * 200^2 = -0,7 \text{ кН/см}^2.$$

Відстань

$$d_1 = \frac{\sigma_{\max} * L}{\sigma_{\max} - \sigma_{\min}} = \frac{2,8 * 200}{2,8 + 0,7} = 160 \text{ см.},$$

$$d_2 = L - d_1 = 200 - 160 = 40 \text{ см}.$$

Положення центру тяжіння

$$S_1 = d_1 / 3 = 53,3 \text{ см}.$$

$$\text{Відстань } S_2 = L / 2 - S_1 = 200 / 2 - 53,3 = 46,7 \text{ см}$$

Зусилля в анкерних болтах

$$F = (M - NS_2) / y = (97325 - 2250,2 * 46,7) / 136,7 = 349,7 \text{ кН}.$$

$Y = S_2 + h_k/2 + m = 46,7 + 120/2 + 30 = 136,7$  см, де  $m$  - відстань від грані колони до осі болтів.

Площа поверхні перерізу нетто одного анкерного болта

$$A_n = F/nR_{ba} = 349,7/2 * 14,5 = 8,01 \text{ см}^2.$$

$R_{ba} = 14,5 \text{ кН/см}^2$  - розрахунковий опір розтягуванню анкерних болтів.

$n$  - число анкерних болтів в розтягнутій зоні приймаємо  $n=2$ . Проектуємо болти діаметром 36 мм.  $A_n = 16,32 \text{ см}^2$ .

#### 3.2.4.4 Розрахунок плити під анкерні болти

Плита працює на вигин як що вільно лежить на ребрах траверси балка, навантажена зосередженою силою від анкерного болта ( $N = 349,7/2 = 174,8 \text{ кН}$ ).

Приймаємо провіт між ребрами рівним  $b_0 = 100$  мм. Тоді

Момент, що вигинає

$$M = Nb_0/4 = 174,8 * 10/4 = 437 \text{ кН см},$$

Необхідний момент опору

$$W_d = M / R_y \gamma_c = 437 / 23 = 20,5 \text{ см}^3.$$

Призначаємо переріз анкерної плити розміром 160x50 мм. З отвором для болта діаметром 40 мм. Момент опору нетто плити

$$W_n = bt^2/6 = (16-4) * 4^2/6 = 32 \text{ см}^2.$$

Напруга в плитці по ослабленому перерізу складає

$$\sigma = M / W_n = 437 / 32 = 13,6 \text{ кН/см}^2 < R_y \gamma_c = 23 \text{ кН/см}^2.$$

## Програма розрахунку ферми

( 0/ 1; ФЕРМА.LIR/ 2; 1/ 28; 0 1 0 0 0 1 1 0 0; / 33;M 1 CM 100 T 1 C 1 / 39;

1: ЗАВАНТАЖЕННЯ 1 ;

2: ЗАВАНТАЖЕННЯ 2 ;

3: ЗАВАНТАЖЕННЯ 3 ; /)

( 1/

10 1 1 2 /10 1 2 3 /10 1 3 4 /10 1 4 5 /

10 1 5 6 /10 1 6 7 /10 1 7 8 /10 1 8 9 /

10 1 9 10 /10 1 10 11 /10 1 12 13 /10 1 13 14 /

10 1 14 15 /10 1 15 16 /10 1 16 17 /10 1 17 18 /

10 1 18 19 /10 1 19 20 /10 1 20 21 /10 1 21 22 /

10 6 12 1 /10 6 13 2 /10 6 14 3 /10 6 15 4 /

10 6 16 5 /10 6 17 6 /10 6 18 7 /10 6 19 8 /

10 6 20 9 /10 6 21 10 /10 6 22 11 /10 2 1 13 /

10 3 13 3 /10 4 3 15 /10 4 15 5 /10 5 5 17 /

10 5 17 7 /10 4 7 19 /10 4 19 9 /10 3 9 21 /

10 2 21 11 / )

( 3/

1 3.014E+004 /

2 5.246E+004 /

3 2.291E+004 /

4 2.176E+004 /

5 2.092E+004 /

6 3.355E+003 / )

( 4/

0.00000 0.00000 0.00000 /1.80000 0.00000 0.00000 /3.30000 0.00000 0.00000  
/4.80000 0.00000 0.00000 /

6.30000 0.00000 0.00000 /7.80000 0.00000 0.00000 /9.30000 0.00000 0.00000  
/10.80000 0.00000 0.00000 /

12.30000 0.00000 0.00000 /13.80000 0.00000 0.00000 /15.60000 0.00000  
0.00000 /0.00000 0.00000 1.60000 /

1.80000 0.00000 1.74940 /3.30000 0.00000 1.87390 /4.80000 0.00000 1.98840  
/6.30000 0.00000 2.12290 /

7.80000 0.00000 2.25000 /9.30000 0.00000 2.12290 /10.80000 0.00000 1.99840  
/12.30000 0.00000 1.87390 /

13.80000 0.00000 1.74940 /15.60000 0.00000 1.60000 / )

( 5/

1 1 3 /

11 3 / )

( 6/

2 0 3 1 3 /9 0 3 1 3 /12 0 3 2 1 /12 0 3 3 2 /

13 0 3 4 1 /13 0 3 5 2 /14 0 3 4 1 /14 0 3 5 2 /

15 0 3 4 1 /15 0 3 5 2 /16 0 3 4 1 /16 0 3 5 2 /

17 0 3 4 1 /17 0 3 5 2 /18 0 3 4 1 /18 0 3 5 2 /

19 0 3 4 1 /19 0 3 5 2 /20 0 3 4 1 /20 0 3 5 2 /

21 0 3 4 1 /21 0 3 5 2 /22 0 3 2 1 /22 0 3 3 2 / )

( 7/

1 4.351 0 /2 1.12 0 /3 0.43 0 /4 2.24 0 /5 0.86 0 / )

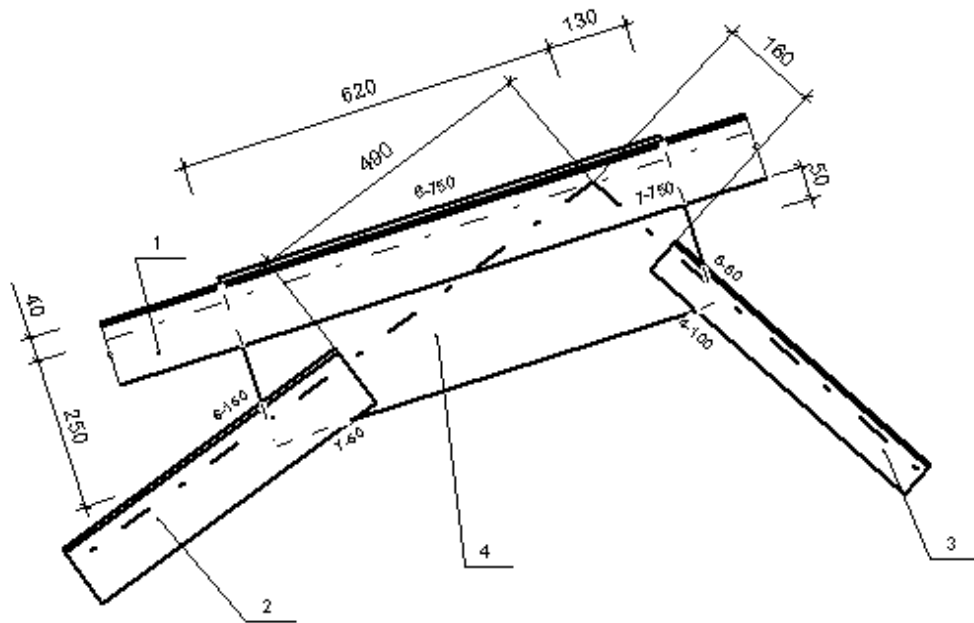
### 3.3 Результаты розрахунку ферми

Ферма	основная схема							
	У С И Л И Я /НАПРЯЖЕНИЯ/ В ЭЛЕМЕНТАХ.							
1_	1-1	1-2	2-1	2-2	3-1	3-2	4-1	4-2
	1	1	2	2	3	3	4	4
	2	2	3	3	4	4	5	5
1 -	ЗАГРУЖЕНИЕ 1							
N	12.9505	12.9505	12.9505	12.9505	23.9334	23.9334	23.933	23.9334
2 -	ЗАГРУЖЕНИЕ 2							
N	3.88470	3.88470	3.88470	3.88470	7.17919	7.17919	7.1791	7.17919
3 -	ЗАГРУЖЕНИЕ 3							
N	11.1559	11.1559	11.1559	11.15596	8.38601	8.38601	8.3860	8.38601
1_	5-1	5-2	6-1	6-2	7-1	7-2	8-1	8-2
	5	5	6	6	7	7	8	8
	6	6	7	7	8	8	9	9
1 -	ЗАГРУЖЕНИЕ 1							
N	24.9865	24.9865	24.9865	24.9865	23.9334	23.9334	23.933	23.9334
2 -	ЗАГРУЖЕНИЕ 2							
N	7.49506	7.49506	7.49506	7.49506	7.17919	7.17919	7.1791	7.17919
3 -	ЗАГРУЖЕНИЕ 3							
N	9.14720	9.14720	9.14720	9.14720	4.27856	4.27856	4.2785	4.27856
1_	9-1	9-2	10-1	10-2	11-1	11-2	12-1	12-2
	9	9	10	10	12	12	13	13
	10	10	11	11	13	13	14	14
1 -	ЗАГРУЖЕНИЕ 1							
N	12.9505	12.9505	12.9505	12.9505			-19.994	19.9948
2 -	ЗАГРУЖЕНИЕ 2							
N	3.88470	3.88470	3.88470	3.88470			-5.9977	-5.9977
3 -	ЗАГРУЖЕНИЕ 3							
N	3.79807	3.79807	3.79807	3.79807			-8.8299	-8.8299
1_	13-1	13-2	14-1	14-2	15-1	15-2	16-1	16-2
	14	14	15	15	16	16	17	17
	15	15	16	16	17	17	18	18
1 -	ЗАГРУЖЕНИЕ 1							
N	-19.9948	-19.9948	-25.5820	-25.5820	-25.5857	-25.5857	-25.585	-25.585
2 -	ЗАГРУЖЕНИЕ 2							
N	-5.99774	-5.99774	-7.67368	-7.67368	-7.67479	-7.67479	-7.674	-7.6747
3 -	ЗАГРУЖЕНИЕ 3							
N	-8.82998	-8.82998	-9.79280	-9.79280	-9.79358	-9.79358	-9.792	-9.792
1_	17-1	17-2	18-1	18-2	19-1	19-2	20-1	20-2
	18	18	19	19	20	20	21	21
	19	19	20	20	21	21	22	22
1 -	ЗАГРУЖЕНИЕ 1							
N	-25.5820	-25.5820	-19.9948	-19.9948	-19.9948	-19.9948		
2 -	ЗАГРУЖЕНИЕ 2							
N	-7.67368	-7.67368	-5.99774	-5.99774	-5.99774	-5.99774		
3 -	ЗАГРУЖЕНИЕ 3							
N	-4.49192	-4.49192	-4.06822	-4.06822	-4.06822	-4.06822		
1_	21-1	21-2	22-1	22-2	23-1	23-2	24-1	24-2
	1	1	2	2	3	3	4	4

	12	12	13	13	14	14	15	15
1 - ЗАГРУЖЕНИЕ 1								
N	-1.68100	-1.68100			-2.79700	-2.79700		
2 - ЗАГРУЖЕНИЕ 2								
N	-0.50400	-0.50400			-1.03900	-1.03900		
3 - ЗАГРУЖЕНИЕ 3								
N			7.46200	7.46200				
1_	25-1	25-2	26-1	26-2	27-1	27-2	28-1	28-2
	5	5	6	6	7	7	8	8
	16	16	17	17	18	18	19	19
1 - ЗАГРУЖЕНИЕ 1								
N	-2.84119	-2.84119			-2.84119	-2.84119		
2 - ЗАГРУЖЕНИЕ 2								
N	-0.85225	-0.85225			-1.73225	-1.73225		
3 - ЗАГРУЖЕНИЕ 3								
N	-0.60931	-0.60931			-0.00775	-0.00775		
1_	29-1	29-2	30-1	30-2	31-1	31-2	32-1	32-2
	9	9	10	10	11	11	1	1
	20	20	21	21	22	22	13	13
1 - ЗАГРУЖЕНИЕ 1								
N	-2.79700	-2.79700			-1.68100	-1.68100	-18.059	-18.059
2 - ЗАГРУЖЕНИЕ 2								
N	-1.03900	-1.03900			-0.50400	-0.50400	-5.4171	-5.4171
3 - ЗАГРУЖЕНИЕ 3								
N			3.05600	3.05600			-13.773	-13.773
1_	33-1	33-2	34-1	34-2	35-1	35-2	36-1	36-2
	13	13	3	3	15	15	5	5
	3	3	15	15	5	5	17	17
1 - ЗАГРУЖЕНИЕ 1								
N	10.7167	10.7167	-9.57519	-9.57519	4.80008	4.80008	0.9154	0.9154
2 - ЗАГРУЖЕНИЕ 2								
N	3.21465	3.21465	-2.00231	-2.00231	0.77993	0.77993	0.2746	0.2746
3 - ЗАГРУЖЕНИЕ 3								
N	-1.21374	-1.21374	1.53177	1.53177	-1.35211	-1.35211	1.2508	1.2508
1_	37-1	37-2	38-1	38-2	39-1	39-2	40-1	40-2
	17	17	7	7	19	19	9	9
	7	7	19	19	9	9	21	21
1 - ЗАГРУЖЕНИЕ 1								
N	0.91547	0.91547	4.80008	4.80008	-9.57519	-9.57519	10.716	10.716
2 - ЗАГРУЖЕНИЕ 2								
N	0.27461	0.27461	0.77993	0.77993	-2.00231	-2.00231	3.2146	3.21465
3 - ЗАГРУЖЕНИЕ 3								
N	-0.30766	-0.30766	0.32978	0.32978	-0.37361	-0.37361	0.3936	0.39360
1_	41-1	41-2						
	21	21						
	11	11						
1 - ЗАГРУЖЕНИЕ 1								
N	-18.0592	-18.0592						
2 - ЗАГРУЖЕНИЕ 2								
N	-5.41713	-5.41713						
3 - ЗАГРУЖЕНИЕ 3								
N	-5.29633	-5.29633						



## Вузел 13

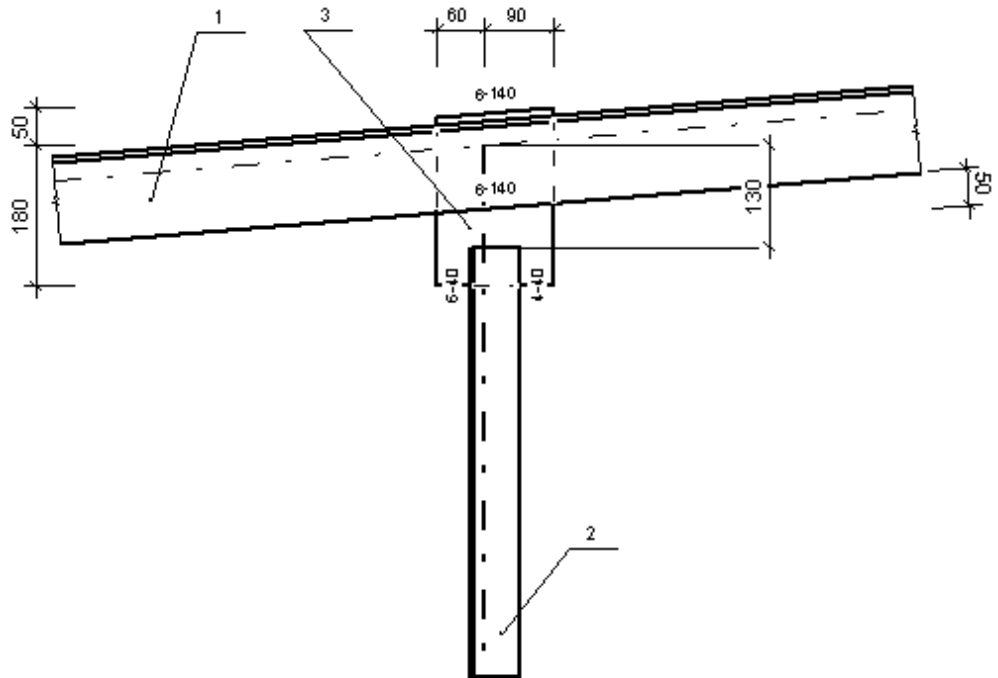


## Ведомость элементов

Марка	Сечение			Усилия, кН			Класс стали	Прим.
	эскиз	поз	состав	N	M	Q		
1	L		110 × 110 × 8	346.0	0.0	0.0	C245	результ.
2	L		110 × 110 × 8	371.0	0.0	0.0	C245	-
3	L		63 × 63 × 5	151.0	0.0	0.0	C245	-
4	-		750 × 290 × 6	-	-	-	C245	-

									Лист
Изм.	Кол.уч	Лист	№ док	Подпись	Дата				

## Вузел 14

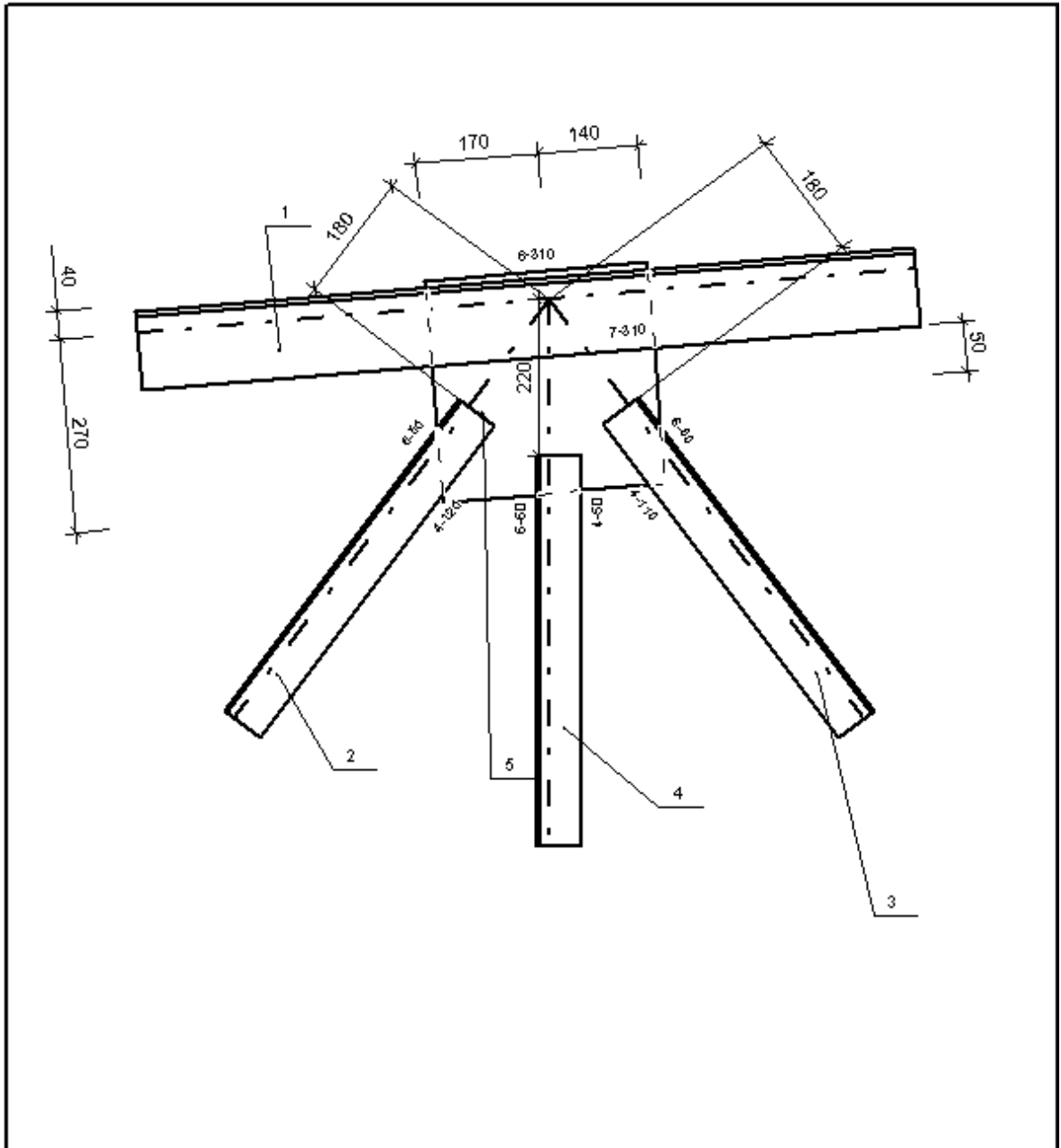


## Ведомость элементов

Марка	Сечение			Усилия, кН			Класс стали	Прим.
	эскиз	поз	состав	N	M	Q		
1	L		110 × 110 × 8	346.0	0.0	0.0	C245	результ.
2	L		63 × 63 × 5	37.0	0.0	0.0	C245	-
3	-		150 × 230 × 6	-	-	-	C245	-

Изм.	Кол.уч	Лист	№ док	Подпись	Дата			Лист

## Вузел 15

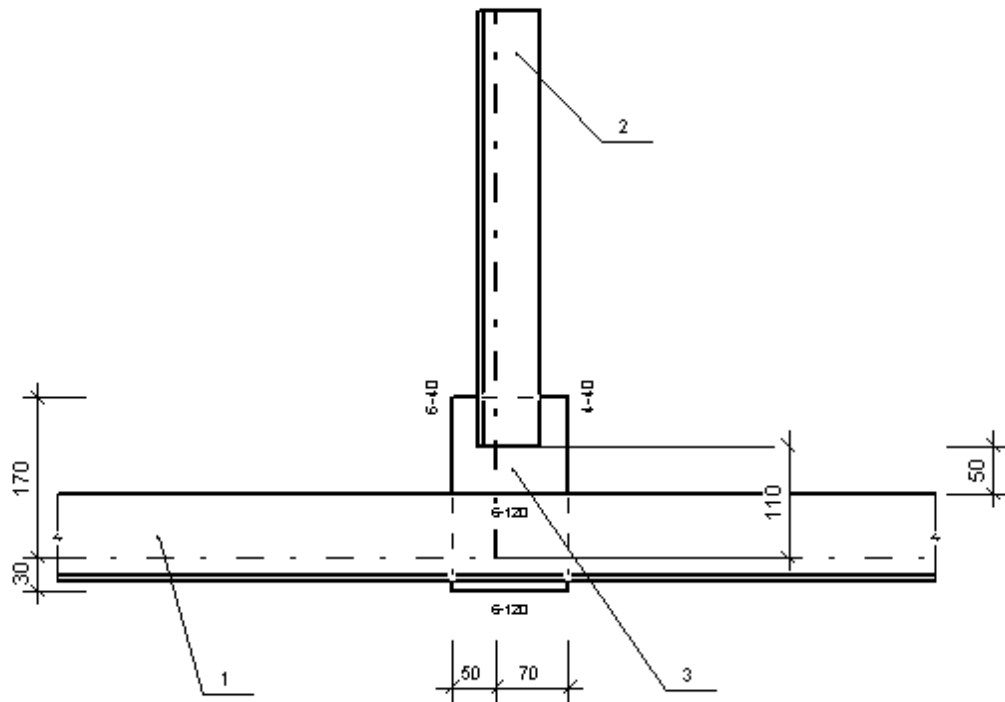


## Ведомость элементов

Марка	Сечение			Усилия, кН			Класс стали	Прим.
	эскиз	поз	состав	N	M	Q		
1	L		110 x 110 x 8	429.0	0.0	0.0	C245	результ.
2	L		63 x 63 x 5	100.0	0.0	0.0	C245	-
3	L		63 x 63 x 5	42.0	0.0	0.0	C245	-
4	L		63 x 63 x 5	0.0	0.0	0.0	C245	-
5	-		310x310x6	-	-	-	C245	-

									Лист
Изм.	Кол.уч	Лист	№док	Подпись	Дата				

## Вузел 2

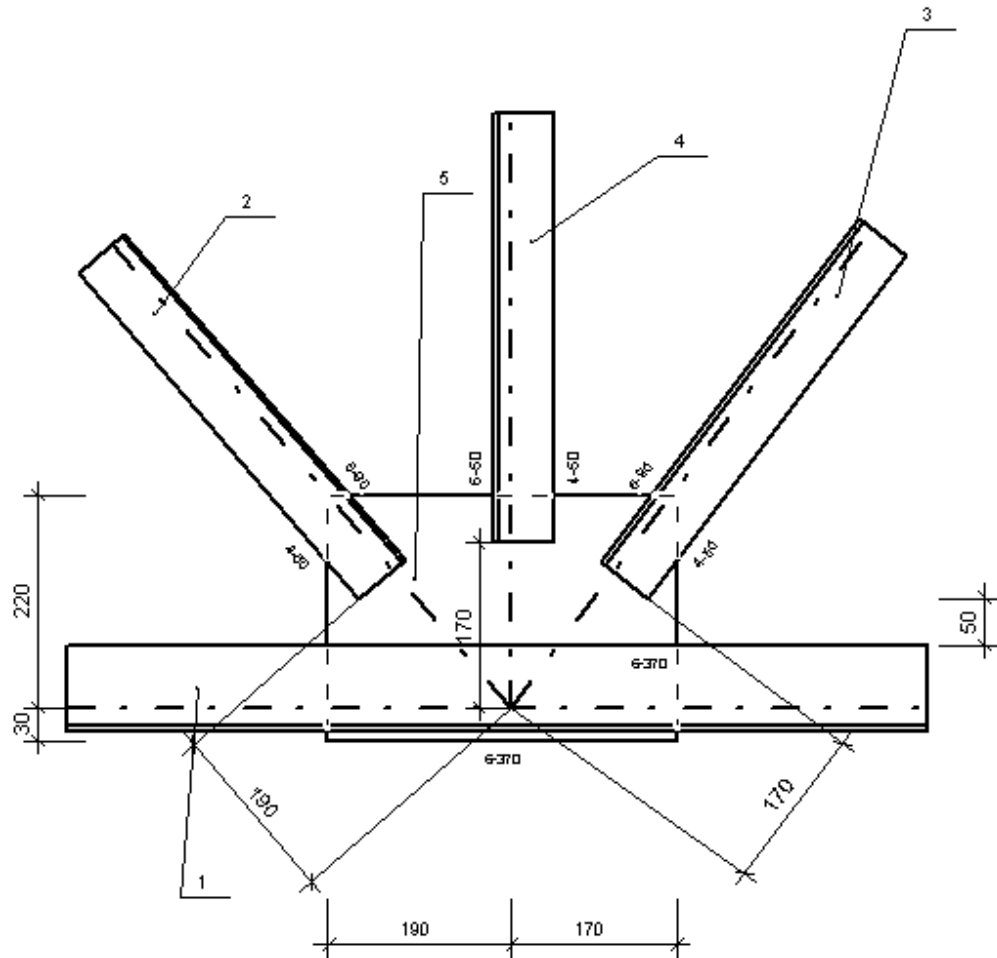


## Ведомость элементов

Марка	Сечение			Усилия, кН			Класс стали	Прим.
	эскиз	поз	состав	N	M	Q		
1	L		90 × 90 × 7	278.0	0.0	0.0	C245	результ.
2	L		63 × 63 × 5	74.0	0.0	0.0	C245	-
3	-		120 × 200 × 6	-	-	-	C245	-

								Лист
Изм.	Кол.уч	Лист	№ док	Подпись	Дата			

## Вузел 3



## Ведомость элементов

Марка	Сечение			Усилия, кН			Класс стали	Прим.
	эскиз	поз	состав	N	M	Q		
1	L		90 × 90 × 7	393.0	0.0	0.0	C245	результ.
2	L		63 × 63 × 5	151.0	0.0	0.0	C245	-
3	L		63 × 63 × 5	100.0	0.0	0.0	C245	-
4	L		63 × 63 × 5	37.0	0.0	0.0	C245	-
5	-		360 × 250 × 6	-	-	-	C245	-

Изм.	Кол.уч	Лист	Чедок	Подпись	Дата	Лист

Програма розрахунку рами

( 0/ 1; РАМА.LIR/ 2; 2/

28; 0 1 0 1 0 0 0 0 1; /

33;М 1 СМ 100 Т 1 С 1 / 39;

1: ЗАГРУЖЕНИЕ 1 ;

2: ЗАГРУЖЕНИЕ 2 ;

3: ЗАГРУЖЕНИЕ 3 ;

4: ЗАГРУЖЕНИЕ 4 ; /)

( 1/

10 1 1 2 /10 1 2 3 /10 1 3 4 /10 1 4 5 /

10 1 5 6 /10 1 6 7 /10 1 8 9 /10 1 9 10 /

10 1 10 11 /10 1 11 12 /10 1 12 13 /10 2 2 9 /

10 2 4 10 /10 2 5 11 /10 3 6 14 /10 3 14 15 /

10 3 15 16 /10 3 16 17 /10 3 17 18 /10 3 18 19 /

10 3 19 20 /10 3 20 21 /10 3 21 22 /10 3 22 12 /

10 3 7 23 /10 3 23 24 /10 3 24 25 /10 3 25 26 /

10 3 26 27 /10 3 27 28 /10 3 28 29 /10 3 29 30 /

10 3 30 31 /10 3 31 13 /10 4 23 14 /10 4 24 15 /

10 4 25 16 /10 4 26 17 /10 4 27 18 /10 4 28 19 /

10 4 29 20 /10 4 30 21 /10 4 31 22 /10 4 6 23 /

10 6 23 15 /10 7 15 25 /10 7 25 17 /10 8 17 27 /

10 8 27 19 /10 7 19 29 /10 7 29 21 /10 6 21 31 /

10 4 31 12 /)

( 3/

1 5.477E+005 1.399E+005 /

2 3.969E+005 2.882E+005 /

3 3.014E+004 /

4 3.355E+004 /

6 2.291E+004 /

7 2.176E+004 /

8 2.092E+004 / )

( 4/

0.00000 0.00000 0.00000 /0.00000 0.00000 5.40000 /0.00000 0.00000 8.42000  
/0.00000 0.00000 14.40000 /

0.00000 0.00000 18.60000 /0.00000 0.00000 26.85000 /0.00000 0.00000  
28.45000 /18.00000 0.00000 0.00000 /

18.00000 0.00000 5.40000 /18.00000 0.00000 14.40000 /18.00000 0.00000  
18.60000 /18.00000 0.00000 26.85000 /

18.00000 0.00000 28.45000 /3.00000 0.00000 26.85000 /4.50000 0.00000  
26.85000 /6.00000 0.00000 26.85000 /

7.50000 0.00000 26.85000 /9.00000 0.00000 26.85000 /10.50000 0.00000  
26.85000 /12.00000 0.00000 26.85000 /

13.50000 0.00000 26.85000 /15.00000 0.00000 26.85000 /3.00000 0.00000  
28.59940 /4.50000 0.00000 28.72390 /

6.00000 0.00000 28.84840 /7.50000 0.00000 28.97290 /9.00000 0.00000  
29.10000 /10.50000 0.00000 28.97290 /

12.00000 0.00000 28.84840 /13.50000 0.00000 28.72390 /15.00000 0.00000  
28.59940 /0.00000 0.00000 23.10000 / )

( 5/

1 1 3 5 /

8 1 3 5 / )

( 6/

3 0 3 1 4 / 6 0 1 2 3 / 7 0 3 3 1 / 7 0 3 4 2 /  
 7 0 1 5 3 / 9 0 1 6 3 / 1 0 0 1 7 3 / 1 1 0 1 8 3 /  
 1 2 0 1 9 3 / 1 3 0 3 3 1 / 1 3 0 3 4 2 / 1 3 0 1 1 0 3 /  
 3 2 0 1 1 1 3 / )  
 ( 7 /  
 1 3 7 . 3 9 2 0 /  
 2 1 . 5 4 5 0 /  
 3 1 . 6 8 1 0 /  
 4 5 . 1 4 0 /  
 5 0 . 2 9 0 /  
 6 0 . 6 2 0 /  
 7 1 . 6 3 2 0 /  
 8 0 . 9 6 8 0 /  
 9 2 . 0 6 0 /  
 1 0 0 . 3 9 0 /  
 1 1 0 . 8 1 6 0 / )

### Результати розрахунку рами

```

Fri Apr 21 16:11  РАМА          основная схема
-----
|          У С И Л И Я /НАПРЯЖЕНИЯ/ В ЭЛЕМЕНТАХ.
-----
---
5-2   2_      1-1      1-2      3-1      3-2      4-1      4-2      5-1
      1        1        3        3        4        4        5        5
      2        2        4        4        5        5        6        6
-----
---
1 -   ЗАГРУЖЕНИЕ 1
N     -276.87  -275.536 -252.503 -252.026 -231.552 -230.515 -9.27799 -
3.62149
  
```





2_	10-1	10-2	11-1	11-2	12-1	12-2	13-1	
13-2								
	11	11	12	12	2	2	4	4
	12	12	13	13	9	9	10	10

---

1 -	ЗАГРУЖЕНИЕ 1							
N	-13.6179	-3.61890	-3.85313	-1.91393	-16.8103	-16.8103	102.693	
102.693								
M	167.368	7.48391	7.48391		-564.570	-915.632	-578.592	-
754.032								
Q	-19.3798	-19.3798	-4.67744	-4.67744	219.860	-219.843	220.473	-
220.454								
2 -	ЗАГРУЖЕНИЕ 2							
N	-0.50400	-0.50400	-0.50399	-0.50399	0	0	0.00001	
0.00001								
M	-0.00007	-0.00019	-0.00019				-0.00000	-
0.00000								
Q	-0.00001	-0.00001	0.00012	0.00012				
3 -	ЗАГРУЖЕНИЕ 3							
N	0.30846	0.30846	-0.08764	-0.08764	-0.57823	-0.57823	-0.68714	-
0.68714								
M	-8.71379	2.48407	2.48407		-17.2835	17.5960	-16.0721	
15.8256								
Q	2.35570	0.32993	-1.34662	-1.75990	1.93775	1.93775	1.77209	
1.77209								
4 -	ЗАГРУЖЕНИЕ 4							
N	-3.77605	-3.77605	0.27573	0.27573	-0.04062	-0.04062	-0.76579	-
0.76579								
M	6.97028	-8.85904	-8.85904		0.32068	-0.26027	0.48624	-
0.46778								
Q	-1.91870	-1.91870	5.53690	5.53690	-0.03227	-0.03227	-0.05300	-
0.05300								

---

2_	14-1	14-2
	5	5
	11	11

---

---

1 -	ЗАГРУЖЕНИЕ 1	
N	-144.402	-144.402
M	-546.051	-545.898
Q	221.237	-221.220
2 -	ЗАГРУЖЕНИЕ 2	
N	-0.00000	-0.00000
M	0.00002	0.00002
3 -	ЗАГРУЖЕНИЕ 3	
N	-0.68912	-0.68912
M	-13.2220	13.4587
Q	1.48227	1.48227
4 -	ЗАГРУЖЕНИЕ 4	
N	2.70852	2.70852
M	-0.27360	-3.25816
Q	-0.16580	-0.16580

---

10_	2-1	2-2
	2	2
	3	3

---

---

1 -	ЗАГРУЖЕНИЕ 1	
N	-454.249	-453.503

M -280.386 -95.8980  
 Q 61.0888 61.0888  
 2 - ЗАГРУЖЕНИЕ 2  
 N -0.50400 -0.50400  
 M -0.00000  
 Q 0 0  
 3 - ЗАГРУЖЕНИЕ 3  
 N -3.56283 -3.56283  
 M -12.6560 -4.15956  
 Q 2.81339 2.81339  
 4 - ЗАГРУЖЕНИЕ 4  
 N -45.0151 -45.0151  
 M -0.09241 -0.16498  
 Q -0.02403 -0.02403

-----  
 ---  
 -----

1_	15-1	15-2	16-1	16-2	17-1	17-2	18-1	18-2
	6	6	14	14	15	15	16	16
	14	14	15	15	16	16	17	17

1 - ЗАГРУЖЕНИЕ 1  
 N -15.1130 -15.1130 -15.1130 -15.1130 -15.6427 -15.6427 -15.6427-  
 15.6427  
 2 - ЗАГРУЖЕНИЕ 2  
 N -0.00012 -0.00012 -0.00012 -0.00012 -0.00011 -0.00011 -0.00011 -  
 0.00011  
 3 - ЗАГРУЖЕНИЕ 3  
 N -1.11861 -1.11861 -1.11861 -1.11861 -0.52655 -0.52655 -0.52655 -  
 0.52655  
 4 - ЗАГРУЖЕНИЕ 4  
 N 4.43193 4.43193 4.43193 4.43193 2.55969 2.55969 2.55969  
 2.55969

-----  
 ---  
 -----

1_	19-1	19-2	20-1	20-2	21-1	21-2	22-1	22-2
	17	17	18	18	19	19	20	20
	18	18	19	19	20	20	21	21

1 - ЗАГРУЖЕНИЕ 1  
 N -16.0588 -16.0588 -16.0588 -16.0588 -15.6388 -15.6388 -15.6388 -  
 15.6388  
 2 - ЗАГРУЖЕНИЕ 2  
 N -0.00010 -0.00010 -0.00010 -0.00010 -0.00011 -0.00011 -0.00011 -  
 0.00011  
 3 - ЗАГРУЖЕНИЕ 3  
 N -0.06571 -0.06571 -0.06571 -0.06571 0.39957 0.39957 0.39957  
 0.39957  
 4 - ЗАГРУЖЕНИЕ 4  
 N 1.09883 1.09883 1.09883 1.09883 0.39779 0.39779 0.39779  
 0.39779

-----  
 ---  
 -----

1_	23-1	23-2	24-1	24-2	25-1	25-2	26-1	26-2
	21	21	22	22	7	7	23	23
	22	22	12	12	23	23	24	24

1 - ЗАГРУЖЕНИЕ 1

N -15.1041 -15.1041 -15.1041 -15.1041 -4.66866 -4.66866 -3.99814 -  
 3.99814  
 2 - ЗАГРУЖЕНИЕ 2  
 N -0.00012 -0.00012 -0.00012 -0.00012 0.00012 0.00012 0.00010  
 0.00010  
 3 - ЗАГРУЖЕНИЕ 3  
 N 0.99728 0.99728 0.99728 0.99728 1.71242 1.71242 0.72204  
 0.72204  
 4 - ЗАГРУЖЕНИЕ 4  
 N -0.50729 -0.50729 -0.50729 -0.50729 7.76963 7.76963 -5.37073 -  
 5.37073

-----

---

1_	27-1	27-2	28-1	28-2	29-1	29-2	30-1	
30-2								
	24	24	25	25	26	26	27	27
	25	25	26	26	27	27	28	28

-----

---

1 - ЗАГРУЖЕНИЕ 1  
 N -3.99814 -3.99814 -3.53102 -3.53102 -3.53153 -3.53153 -3.53337 -  
 3.53337  
 2 - ЗАГРУЖЕНИЕ 2  
 N 0.00010 0.00010 0.00009 0.00009 0.00009 0.00009 0.00009  
 0.00009  
 3 - ЗАГРУЖЕНИЕ 3  
 N 0.72204 0.72204 0.19994 0.19994 0.19997 0.19997 -0.23749 -  
 0.23749  
 4 - ЗАГРУЖЕНИЕ 4  
 N -5.37073 -5.37073 -3.71972 -3.71972 -3.72026 -3.72026 -2.69906 -  
 2.69906

-----

---

1_	31-1	31-2	32-1	32-2	33-1	33-2	34-1	
34-2								
	28	28	29	29	30	30	31	31
	29	29	30	30	31	31	13	13

-----

---

1 - ЗАГРУЖЕНИЕ 1  
 N -3.53286 -3.53286 -4.00437 -4.00437 -4.00437 -4.00437 -4.68324 -  
 4.68324  
 2 - ЗАГРУЖЕНИЕ 2  
 N 0.00009 0.00009 0.00010 0.00010 0.00010 0.00010 0.00012  
 0.00012  
 3 - ЗАГРУЖЕНИЕ 3  
 N -0.23745 -0.23745 -0.76454 -0.76454 -0.76454 -0.76454 -1.76208 -  
 1.76208  
 4 - ЗАГРУЖЕНИЕ 4  
 N -2.69867 -2.69867 -1.90053 -1.90053 -1.90053 -1.90053 5.54376  
 5.54376

-----

---

1_	35-1	35-2	36-1	36-2	37-1	37-2	38-1	
38-2								
	23	23	24	24	25	25	26	26
	14	14	15	15	16	16	17	17

-----

---

1 - ЗАГРУЖЕНИЕ 1  
 N -0.00609 -  
 0.00609  
 2 - ЗАГРУЖЕНИЕ 2  
 N 0 0

3 -	ЗАГРУЖЕНИЕ 3												
N								0.00034					
0.00034													
4 -	ЗАГРУЖЕНИЕ 4												
N	8.56200	8.56200						-0.00642	-				
0.00642													
-----													
1_	39-1	39-2	40-1	40-2	41-1	41-2	42-1						
42-2	27	27	28	28	29	29	30	30					
	18	18	19	19	20	20	21	21					
-----													
1 -	ЗАГРУЖЕНИЕ 1												
N								-0.00610	-0.00610				
2 -	ЗАГРУЖЕНИЕ 2												
N								0	0				
3 -	ЗАГРУЖЕНИЕ 3												
N								-0.00041	-0.00041				
4 -	ЗАГРУЖЕНИЕ 4												
N								-0.00466	-0.00466				
-----													
1_	43-1	43-2	44-1	44-2	45-1	45-2	46-1						
46-2	31	31	6	6	23	23	15	15					
	22	22	23	23	15	15	25	25					
-----													
1 -	ЗАГРУЖЕНИЕ 1												
N								0.45840	0.45840	-0.43392	-0.43392	0.41188	
0.41188													
2 -	ЗАГРУЖЕНИЕ 2												
N								-0.00001	-0.00001	0.00001	0.00001	-0.00001	-
0.00001													
3 -	ЗАГРУЖЕНИЕ 3												
N								-0.78142	-0.78142	0.48500	0.48500	-0.46036	-
0.46036													
4 -	ЗАГРУЖЕНИЕ 4												
N	3.05600	3.05600	-16.3345	-16.3345	-1.53369	-1.53369	1.45579						
1.45579													
-----													
1_	47-1	47-2	48-1	48-2	49-1	49-2	50-1						
50-2	25	25	17	17	27	27	19	19					
	17	17	27	27	19	19	29	29					
-----													
1 -	ЗАГРУЖЕНИЕ 1												
N	-0.36357	-0.36357	0.35680	0.35680	0.36009	0.36009	-0.36700						
0.36700													
2 -	ЗАГРУЖЕНИЕ 2												
N	0.00000	0.00000	-0.00000	-0.00000	-0.00000	-0.00000	0.00000						
0.00000													
3 -	ЗАГРУЖЕНИЕ 3												
N	0.40636	0.40636	-0.39101	-0.39101	0.39482	0.39482	-0.41024						
0.41024													
4 -	ЗАГРУЖЕНИЕ 4												
N	-1.28504	-1.28504	1.24290	1.24290	-0.59151	-0.59151	0.62122						
0.62122													
-----													

1_	51-1	51-2	52-1	52-2	53-1	53-2
	29	29	21	21	31	31
	21	21	31	31	12	12

-----  
---

1 -	ЗАГРУЖЕНИЕ 1					
N	0.41576	0.41576	-0.43801	-0.43801	0.46498	0.46498
2 -	ЗАГРУЖЕНИЕ 2					
N	-0.00001	-0.00001	0.00001	0.00001	-0.00001	-0.00001
3 -	ЗАГРУЖЕНИЕ 3					
N	0.46476	0.46476	-0.48963	-0.48963	0.78632	0.78632
4 -	ЗАГРУЖЕНИЕ 4					
N	-0.70376	-0.70376	0.74142	0.74142	-8.04339	-8.04339

## **Висновок**

1. Аналіз теоретичних і прикладних аспектів конструктивних рішень будівельного виробництва дозволили виявити потребу і актуальність нових теоретичних і методологічних передумов (нової парадигми) обґрунтування оцінки конструктивних елементів при промисловому будівництві, як одного із раціональних підходів щодо підвищення проєктних рішень.

2. Поглиблений аналіз наукових джерел надав доцільне обґрунтування оцінки конструктивних елементів при промисловому будівництві, як одного із раціональних підходів щодо підвищення проєктних рішень .

3. Реалізований підхід до рішення завдання, у вигляді проведеного розрахунку конструктивних елементів на прикладі промислової будівлі електротермічного цеху, що включає детально-наочне представлення поетапного розрахунку з використанням програмного продукту «Liga».

### Список використаних джерел

1. Бліхарський З. Я. Реконструкція та підсилення будівель та споруд: навч. посібник. Львів: Вид-во Нац. ун-ту "Львів. політехніка", 2008. 108 с.
2. Бичевий П.П., Міщук К. М. Реконструкція будівель і споруд: методичні вказівки. Запоріжжя: ЗДІА, 2016. 39 с.
3. Бичевий П.П., Міщук К. М. Прогресивні технології будівництва та реконструкції будівель і споруд: метод. вказівки до виконання практич. занять та контр. робіт, проведення самоств. роботи для студ. ЗДІА спец. 192 "Будівництво та цивільна інженерія" ден. та заоч. форм навчання : методичні вказівки. Запоріжжя : ЗДІА, 2016. 42с.
4. Будівельні конструкції: навч. посіб. / за заг. ред. Є.В. Клименка. Київ : Центр учбової літератури, 2012. 426 с.
5. Гавриляк А.І., Базарник І.Б., Кінаш Р.І. Технічна експлуатація, реконструкція і модернізація будівель: навч. посібник для внз. Львів: Вид-во Нац. ун-ту "Львів. політехніка", 2006. 539 с.
6. Данкевич Н. О., Шаровар М. К., Мальований І. В. Технологія будівельного виробництва: метод. вказівки до виконання курсового проекту для студ. ЗДІА напряму 6.06.0101 "Будівництво" ден. та заоч. форм навчання. Запоріжжя : ЗДІА, 2010. 57 с.
7. Данкевич Н.О. Технологія будівельного виробництва: методичні вказівки до виконання практичних та лабораторних занять, контрольної та самостійної роботи для студентів ЗДІА за напрямом 192 «Будівництво та цивільна інженерія» денної та заочної форми навчання. Запоріжжя: ЗДІА, 2016. 65 с.
8. ДБН А.3.2-2-2009 Система стандартів безпеки праці. Охорона праці і промислова безпека у будівництві. Основні положення. [Чинний від 2012–04–01]. Київ : Мінрегіонбуд України, 2012. 94 с.



9. ДСТУ Б А.2.4-4:2009. Система проектної документації для будівництва. Основні вимоги до проектної та робочої документації– [Чинний від 2009–01–24]. Київ : Держстандарт України, 2009. 70 с.
10. ДСТУ Б А.3.1-22:2013. Визначення тривалості будівництва об'єктів [Чинний з 2014-01-01]. Київ: Мінрегіон України, 2013. 42 с.
11. ДБН А.3.1-5-2016. Державні будівельні норми. Управління, організація і технологія. Організація будівельного виробництва. [Чинний від 2016-01-01]. Київ: Мінрегіонбуд України, 2017. 67 с.
12. ДБН В.1.2-12-2008. Будівництво в умовах ущільненої забудови. Вимоги безпеки. Київ: Мінрегіонбуд України, 2008.. 34 с.
13. ДСТУ Б Д.1.1-1:2013. Правила визначення вартості будівництва. [Чинні з 2014-01-01]. Київ: Мінрегіон України, 2013. 88 с.
14. ДСТУ 3008-2015 Звіти у сфері науки і техніки. Структура та правила оформлення. [Чинний від 2017-07-01] Вид. офіц.. Київ: ДП «Укр НДНЦ», 2016. 31 с.
15. ДСТУ 8302:2015 Бібліографічні посилання. Загальні положення та правила складання. [Чинний від 2016-07-01] Вид. офіц.. Київ: ДП «Укр НДНЦ», 2016. 20 с.
16. ДСТУ – Н Б. Д.1.1-5:2013. Настанова що до визначення розміру коштів на титульні тимчасові будівлі та споруди і інші витрати у вартості будівництва. [Чинні з 2014-01-01]. Київ: Мінрегіон України, 2013. 59 с.
17. ДСТУ – Н Б. Д.1.1-6:2013. Настанова що до розроблення ресурсних елементних кошторисних норм на будівельні роботи. [Чинні з 2014-01-01]. Київ: Мінрегіон України, 2013. 45 с.
18. ДБН В.2.2-15:2019 «Житлові будинки. Основні положення». [Чинні з 2019-01-01]. Київ : Мінрегіонбуд України. 2019. 32 с.
19. Канторер С. Е., Луцкий С. Я., Поршев А. Г., Ред. Атаев С. С., Канторер С. Е. Технология и механизация строительного производства : учебник. Москва: Высшая школа , 1983. ч.1 312 с; ч.2 359 с.

20. Иванов В.А., Клименко В.З. Конструкции из дерева и пластмасс. Київ : Вища шк., 1990. 287 с.
21. Кирнос В.М., Залуин В.Ф., Дадиверина Л.Н. Организация строительства: учебник. Днепропетровск: «Пороги», 2005. 309 с.
22. Кузнецов Ю.П. Проектирование железобетонных работ. Киев; Донецк: Вища школа., 1991. 280 с.
23. Організація будівництва : підручник / за редакцією С.А. Ушацького. Київ : Кондор, 2007. 521 с.
24. Металеві конструкції: загальний курс: підручник / О.О. Нілов, В.О. Пермяков, О.В. Шимановський та ін. / під заг. ред. О.О. Нілова та О.В. Шимановського. Київ : Вид. «Сталь», 2010. 869 с.
25. Павлов І.Д., Полтавець М.О. Організація, планування та системи управління в містобудівництві: навчально-методичний посібник для здобувачів вищої освіти «Магістра» спеціальності «Будівництво та цивільна інженерія». Запоріжжя, ЗНУ, 2019. 165 с.
26. Посібник з розробки проектів організації будівництва й проектів виконання робіт (до ДБН А.3.1-5-96). Київ : Укрархбудінформ, 1997. 105 с.
27. Пищаленко Ю. А. Технология возведения зданий и сооружений: учебник для вузов. Киев: Вища школа, 1982. 192 с.
28. Радкевич А.В., Павлов І.Д. Багатоцільові моделі організації капітального відновлення об'єктів: монографія. Дніпропетровськ, 2003. 225 с.
29. Притула С. Ф. Технологія будівельних процесів: навч. посібник. Київ: ІЗМН, 1996. 140 с.
30. Павліков А.М. Залізобетонні конструкції: будівлі, споруди та їх частини: підручник. Полтава : ПолтНТУ, 2017. 284 с.
31. Современные технологии в строительстве: учебник для студ. высш. учеб. заведен. / под ред. А.И. Менейлюка. Киев: Освіта України, 2010. 549 с.

- 32.Технологія будівельного виробництва: підручник / В.К. Черненко та ін.; за ред. В.К. Черненка, М.Г. Ярмоленка. Київ: Вища школа, 2002. 430 с.
- 33.Технология строительного производства / под общей ред. О.О. Литвинова, Ю.И. Белякова. Киев: Висш. шк., 1985. 479с.
- 34.. Технологія будівельного виробництва: підручник для студ. внз / за ред. Ярмоленко М. Г. 2-ге вид., перероб. і доп. Київ: Вища школа, 2005. 341 с.
35. Терех М.Д. Технологія реконструкції будівель та споруд: методичні вказівки до практичних занять, виконання розрахунково-графічних робіт та самостійної роботи для студентів спеціальності 8.092101 „Промислове та цивільне будівництво”. Запоріжжя: Видавництво ЗДІА, 2006. 67 с.
- 36.Технологія монтажу будівельних конструкцій: навчальний посібник / В.К. Черненко, О.Ф. Осипов, Г.М. Тонкачєєв та інші; За ред.. В.К. Черненка. Київ :Горобець Г.С.,2010. 372 с.
- 37.. Черненко В.К., Ярмоленка М.Г. Технологія будівельного виробництва: підручник. Київ : Вища школа, 2002. 430 с.
- 38.Нові технології в будівництві - надія на майбутнє. URL: <http://www.farsipharm.com.ua/>
- 39.Нові технології швидкого та економічного будівництва житла. URL: <http://ecotown.com.ua/>.
- 40.Топ-10 геніальних будівельних рішень з благоуостою міст. URL: <http://dt.ua/> .
- 41.Хоменко О.Г. Залізобетонні конструкції: навч. електр. посіб. Глухів, 2017. 208 с
- 42.. Syed M. Practical Design of Reinforced Concrete Buildings. Florida : CRC Press, 2018. 363p. URL : <https://ua1lib.org/book/3419273/cf7fce>
43. Al Nageim, Hassan. Steel structures: practical design studies. Florida : CRC Press, 2017. 454p. URL : <https://ua1lib.org/book/2849632/d084f0>

44. Abi O., Vigil J. Structural wood design: ASD/LRFD. Florida : CRC Press, 2017. 649p. URL : <https://ua1lib.org/book/4977315/6e6aed>
45. Bedi A, Dabby R. Structure for Architects: A Case Study in Steel, Wood, and Reinforced Concrete Design. UK, Abingdon : Routledge, 2020. 241p. URL : <https://ua1lib.org/book/5394531/787653>