

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Дніпровський національний університет
залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна

Кафедра «Будівельне виробництво та геодезія»
(повна назва)

«ДО ЗАХИСТУ»
Завідувач кафедри
Нетеса М.І.
(підпис) (ПІБ)

2020 р. _____ «____»

ДИПЛОМНА РОБОТА
на здобуття освітнього ступеня «магістр»

Галузь знань 19 «Архітектура та будівництво»
(шифр) (назва)

Спеціальність 192 «Будівництво та цивільна інженерія»
(код) (повна назва)

Освітньо-професійна програма 192.1 «Промислове і цивільне будівництво»
(повна назва)

Тема «Розробка конструкцій під встановлення залізничних тензOMETричних ваг»

Theme «Development of structures for the installation of railway strain gauge scales»

Керівник дипломної роботи Професор _____ Банніков Д.О.
(посада) (підпис) (ПІБ)

Керівник розділу охорони праці
та безпеки надзвичайних ситуацій _____ Заяць Ю.Л.
(посада) (підпис) (ПІБ)

Нормоконтролер Завідувач кафедри _____ Нетеса М.І.
(посада) (підпис) (ПІБ)

Виконавець, студент групи ПБ1926 _____ Коровіцина Ю.В.
(підпис) (ПІБ)
Student Korovicina Yuliia
(family name)

Дніпро
2020

Дніпровський національний університет залізничного транспорту імені
академіка В. Лазаряна

Факультет «Промислове та цивільне будівництво»

Кафедра «Будівельне виробництво та геодезія»

Спеціальність 192 «Будівництво та цивільна інженерія», ОПП «Промислове
та цивільне будівництво»

«ЗАТВЕРДЖУЮ»
Завідувач кафедри

(підпис)

«___» _____ 20_ р.

ЗАВДАННЯ

до дипломної роботи на здобуття ОС «магістр»
студента групи ПБ 1926 Коровіциної Юлії Вікторівни
(номер групи) (ПБ)

Розробка конструкцій під встановлення залізничних тензометричних ваг

затверджена наказом по університету від «27» грудня 2019р. № 992ст.

1 Термін подання студентом закінченої магістерської дипломної роботи
15.12.2020

2 Вихідні дані до магістерської дипломної роботи
Креслення та технічне завдання від ООО «Компанія «ВИС»

3 Зміст магістерської дипломної роботи (перелік питань до розробки)

- Проаналізувати конструктивні особливості сучасних захисних будівель для встановлення залізничних ваг та обрати найбільш ефективне
- Обрати тип сучасних вагонних ваг
- Розробка раціонального конструктивного рішення опорної системи для обраного типу залізничних ваг
- Розробити принципове конструктивне рішення обслуговуючої будівлі замість існуючої, що знаходиться в аварійному стані

4 Перелік креслень (демонстраційного матеріалу)

Плакати: 1 – «Тема, об'єкт, ціль та задачі магістерської роботи»; 2 – «Залізничні габарити»; 3 – «Будівлі та споруди залізниці»; 4 – «Залізничні ваги»; 5 – «Типи залізничних ваг (класифікація)»; 6 – «Метод дослідження»; 7 – «Конструктивні варіанти опорної системи»; 8 - «Розрахункові моделі»; 9 - «Будівля, що реконструюється»; 10 – «Поперечний переріз обслуговуючої будівлі»; 11 – «Розрахунок ферми»; 12 – «План в'язей»; 13 – «Розрахунок колони»; 14 – «Висновки по роботі».

6 Розділи та керівники

Розділ	Керівник	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
РОЗДІЛ 1. БУДІВЕЛЬНІ КОНСТРУКЦІЇ ЗАЛІЗНИЦІ У СУЧАСНОМУ СВІТІ	Банніков Д.О.		
РОЗДІЛ 2. КОНСТРУКЦІЇ ДЛЯ ЗАЛІЗНИЧНИХ ВАГ	Банніков Д.О.		
РОЗДІЛ 3. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	Заяць Ю.Л.		

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Назва розділу	Термін виконання	Обсяг розділу, %
магістерської дипломної роботи		
РОЗДІЛ 1. БУДІВЕЛЬНІ КОНСТРУКЦІЇ ЗАЛІЗНИЦІ У СУЧАСНОМУ СВІТІ		30
РОЗДІЛ 2. КОНСТРУКЦІЇ ДЛЯ ЗАЛІЗНИЧНИХ ВАГ		60
РОЗДІЛ 3. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ		10

Дата видачі завдання: «__»_____ 20__ р.

Керівник магістерської дипломної роботи

(підпис)

Банніков Д. О.
(ПІБ)

Завдання прийняв до виконання

(підпис)

Коровіцина Ю. В.
(ПІБ)

Завідувачу кафедри «Будівельне виробництво та геодезія»

РЕФЕРАТ

Дослідження проводилось Коровіциною Юлією Вікторівною, дипломний керівник Банніков Дмитро Олегович. Магістерська робота на тему «Розробка конструкцій під встановлення залізничних тензометричних ваг». Обсяг роботи складає 117 с. Робота складається з 3-х розділів, 34-х рисунків, 6-ти таблиць, 1-ку додатку та 33 використаних джерел.

Об'єктом дослідження є конструкція для встановлення тензометричних вагонних ваг та перебудова обслуговуючої та захисної будівлі над ними. Метою дослідження є визначення класифікації ваг та будівель на залізничній дорозі, порівняння конструктивних рішень опори під ваги та підбір елементів для каркасу обслуговуючої будівлі. У дослідженні за допомогою програмного комплексу розраховується два варіанта опор. У заключній частині дослідження розраховується каркас складської будівлі.

Ключові слова: Залізниця, габарити наближення будівель, будівлі залізниці, вагове обладнання, транспортно-складська одноповерхова будівля, реконструкція підприємства, сталевий каркас.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
РОЗДІЛ 1. БУДІВЕЛЬНІ КОНСТРУКЦІЇ ЗАЛІЗНИЦІ У СУЧАСНОМУ СВІТІ.....	6
1.1. Роль сучасної залізниці в економіці України	6
1.2. Різновиди конструкцій для залізниці	8
<i>1.2.1. Залізничні габарити</i>	<i>8</i>
<i>1.2.2. Будівлі та споруди залізниці.....</i>	<i>13</i>
1.3. Залізничні ваги та їх різновиди	20
<i>1.3.1. Типи ваг та їх робота</i>	<i>20</i>
<i>1.3.2. Будівлі для ваг</i>	<i>24</i>
Тензометричні ваги можуть розташовуватись як на відкритій місцевості так і під захисною будівлею.	24
1.4. Відновлення обслуговуючої будівлі.....	28
РОЗДІЛ 2. РОБОТА КОНСТРУКЦІЙ ДЛЯ ЗАЛІЗНИЧНИХ ВАГ	30
2.1. Загальна послідовність проведення досліджень.....	30
<i>2.1.1. Вибір методу досліджень (опис існуючих методів та МСЕ)</i>	<i>30</i>
<i>2.1.2. Вибір програмного комплексу</i>	<i>35</i>
2.2. Опорна система вагонних ваг.....	42
<i>2.2.1. Конструктивні варіанти опорної системи.....</i>	<i>42</i>
<i>2.2.2. Моделі опорної системи</i>	<i>44</i>
<i>2.2.3. Навантаження на опорну систему.....</i>	<i>47</i>
<i>2.2.4. Результати аналізу моделювання</i>	<i>50</i>
2.3. Обслуговуюча будівля.....	51
<i>2.3.1. Загальне конструктивне рішення.....</i>	<i>56</i>
<i>2.3.2. Збір навантажень</i>	<i>57</i>
<i>2.3.4. Розрахунок колони</i>	<i>71</i>
РОЗДІЛ 3. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	87
3.1. Загальні вимоги.....	87
3.2. Вимоги безпеки праці під час монтажу металевого каркасу промислової будівлі.....	88

3.3. Організація робочих місць.....	91
3.4. Порядок виконання робіт.....	93
3.5. Загальні мінімальні вимоги безпеки до вантажопідйомного обладнання 95	
3.6. Для працівників в аварійних ситуаціях.....	96
ВИСНОВКИ	98
ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	99
ДОДАТОК А. ГРАФІЧНА ЧАСТИНА	103

ВСТУП

Залізничний транспорт – потужна система, яка за розмірами, обсягами перевезень і рівнем застосування технічних засобів є однією з провідних галузей в економіці країни.

Головна функція залізничного транспорту – перевезення тимчасових сільськогосподарських і промислових вантажів(вугілля, сталь, зерно та ін.) на великі відстані.

При будівництві будівель та споруд на залізниці необхідно враховувати габарити наближення будівель.

При сучасних темпах розвитку промисловості та зміні основних технологій моральне зношення будівель відбувається 3-5 разів і більше за період фізичний період її існування (50-100 років). Це викликає необхідність відновлення та реконструкції будівель та споруд.

В даній роботі розглядається будівля вантажного та колійного господарства над вагонними тензометричними вагами, під які передбачена допоміжна металева опора.

Вагонні ваги призначені для зважування рухомого складу в статичному режимі та в динамічному русі без розчеплення вагонів. Для вивантаження вагонна у новій будівлі передбачається встановлення мостового крану.

За допомогою прикладного дослідження підбирається найраціональніше рішення при конструюванні необхідної будівлі та споруди.

РОЗДІЛ 1. БУДІВЕЛЬНІ КОНСТРУКЦІЇ ЗАЛІЗНИЦІ У СУЧАСНОМУ СВІТІ

1.1. Роль сучасної залізниці в економіці України

Українські залізниці – потужна транспортна система, яка за розмірами, обсягами перевезень і рівнем застосування технічних засобів посідає друге місце в СНД [1].

Вантажообіг українських залізниць становить близько 80% загального вантажообігу транспортної системи України (без урахування трубопровідного).

Укрзалізниця (Державна адміністрація залізничного транспорту України) – орган управління залізничним транспортом загального користування, що здійснює централізоване управління процесом перевезень у внутрішньому й міждержавному сполученнях та регулює виробничо-господарську діяльність залізниць. Майновий комплекс сформований на спадщині СРСР опинився на території України в момент розпаду країни. Довжина залізничних шляхів – 21,6 тис. км. Великий парк рухомого складу – біля 4000 од. локомотивів та 120 000 од. рухомого складу [4].

Відповідно до [1] розгортання залізничного будівництва на українських землях у другій половині 19 століття було пов'язано з процесами формування капіталістичного устрою в економіці країн, до складу яких входили ці землі. Поступово з'являлися елементи урбанізації та індустріалізації. Найяскравішою ознакою цих змін була поява нового виду сполучення – залізниць, що ніби втілювали на цих землях економічні, соціальні та культурні перетворення.

За півсторіччя з 1860 по 1910 р. У Донецько-Придніпровському промисловому районі було споруджено майже 3600 км залізниць.

Розвиток мережі залізниць дав могутній поштовх формуванню найбільших промислових районів Донбасу й Наддніпрянщини, сприяв перетворенню України в розвинутий у промисловому плані центр країни. Сформована в дореволюційний період мережа залізниць разом з основними

судноплавними ріками й морськими портами утворила власну систему магістральних і місцевих транспортних ліній.

Залізничний транспорт, виробничо-технологічний комплекс підприємств і організацій залізничного транспорту загального користування, призначений для забезпечення потреб суспільного виробництва й населення країни в перевезеннях у міжнародному і внутрішньому сполученні та наданні інших транспортних послуг усім споживачам.

Згідно з [2] залізничний транспорт в Україні є однією з базових галузей економіки. Це залізничний транспорт загального користування, підпорядкований Державній адміністрації залізничного транспорту України, та залізничні під'їзні колії різних форм власності, які не належать до залізничного транспорту загального користування.

Для залізничного транспорту характерна масовість і порівняно низька собівартість перевезень. Залізничний транспорт забезпечує швидкий і регулярний рух незалежно від пори року. До недоліків його слід віднести низьку маневреність, необхідність додаткових робіт при доведенні вантажів іншими видами транспорту, а також досить високу вартість прокладання залізниць [3].

Незважаючи на те, що довжина головних залізничних колій майже в чотири рази менша ніж загальна довжина колій у Великобританії, Франції, Італії та Польщі, обсяги перевезень вантажів в Україні перевищують сумарне значення показника в наведених вище країнах [1].

Стабільне та ефективне функціонування залізничного транспорту є необхідною умовою для забезпечення обороноздатності, національної безпеки і цілісності держави та підвищення рівня життя населення[5].

1.2. Різновиди конструкцій для залізниці

1.2.1. Залізничні габарити

Відповідно до [6] габарити наближення будівель - граничні поперечні (перпендикулярні до осі колії) контури, всередину яких окрім рухомого складу не повинні заходити ніякі частини споруд, а також матеріали, що лежать біля колій.

Розміри габаритів наближення будівель і відстані між осями колій наведені для прямих ділянок колій і кривих радіусом більше 4000 м.

Простір між габаритом наближення будівель і габаритом рухомого складу (а для двоколійних ліній також між габаритами суміжних рухомих складів) установлений для переміщень рухомого складу і навантажених на ньому вантажів, які спричиняються можливими відхиленнями в стані окремих елементів колії, нормами їх вмісту, що допускаються, а також вертикальними коливаннями і бічними нахилами рухомого складу на ресорах. Цей простір у необхідних випадках повинен установлюватися з урахуванням забезпечення безпеки знаходження в ньому службового персоналу.

Установлені вертикальні розміри габаритів наближення будівель повинні дотримуватися протягом усього періоду експлуатації кожної споруди і пристрою. Тому будівельні розміри споруд і пристроїв по висоті повинні назначатися з урахуванням можливої зміни рівня головок рейок: підвищення – унаслідок укладання більш високих типів рейок, переходу на щебеневий баласт тощо, пониження - унаслідок зносу рейок.

Споруди і пристрої не повинні обмежувати необхідну дальність видимості світлофорів і семафорів [6].

Познаки і сферу застосування габаритів наближення будівель приймаються:

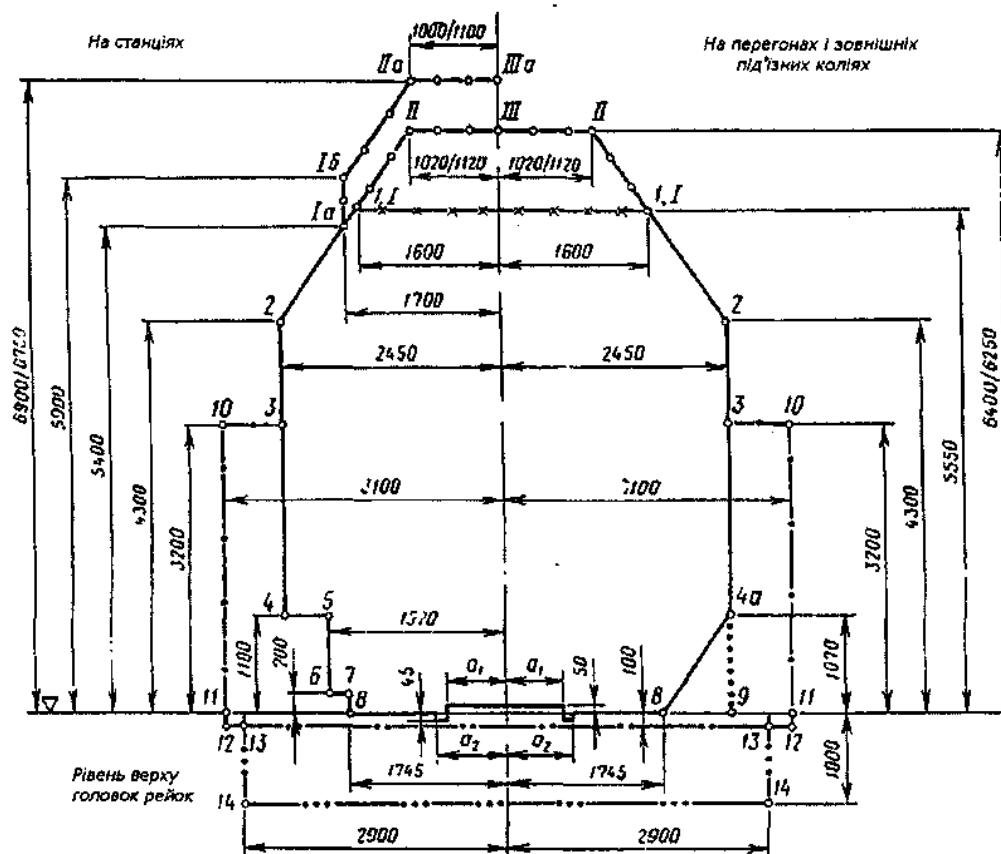
- С - для колій, споруд і пристроїв загальної мережі залізниць і зовнішніх під'їзних колій від станції примикання до території промислових і транспортних підприємств (рис. 1);

- Ск - для колій, споруд і пристроїв, розташованих на території і між територіями заводів, фабрик, майстерень, депо, річкових і морських портів, шахт, вантажних районів, баз, складів, кар'єрів, лісових і торф'яних розробок, електростанцій та інших промислових і транспортних підприємств (у тому числі Міністерства інфраструктури України), а також промислових залізничних станцій (рис. 2).

Розміри a_1 і a_2 приймають:

$a_1 = 670$ мм, $a_2 = 760$ мм - при ширині колії 1520 мм;

$a_1 = 672$ мм, $a_2 = 762$ мм - при ширині колії 1524 мм.



Позначки:

— лінія наближення прогонових будівель мостів, конструктивних елементів тунелів, галерей, платформ, настилів переїздів, індукторів локомотивної сигналізації, механізмів стрілочних переводів і розташованих в їх межах пристроїв сигналізації, централізації і блокування (СЦБ), а також споруд і пристроїв, що розташовуються на міжколіїх станцій відповідно до 2.10;

— ° — лінія наближення всіх споруд і пристроїв нового будівництва, крім розташованих на коліях, електрифікація яких виключена навіть при електрифікації даної ділянки залізничної лінії, у тому числі: I–II–III – для перегонів, а також колій на станціях (у межах інженерних споруд), на яких не передбачається технологічна стоянка рухомого складу; Ia–Ib–IIa–IIb – для інших колій станцій. Розміри, показані у вигляді дробу, означають: у чисельнику – для контактної підвіски з несучим тросом, у знаменнику – без несучого троса;

— × — лінія наближення споруд і пристроїв для колій, електрифікація яких виключена навіть при електрифікації даної ділянки залізничної лінії;

— • — лінія наближення будівель, споруд і пристроїв (крім прогонових будівель мостів, конструктивних елементів тунелів, галерей, платформ), розташованих із зовнішнього боку крайніх колій перегонів і станцій, а також в окремо розташованих колій на станціях;

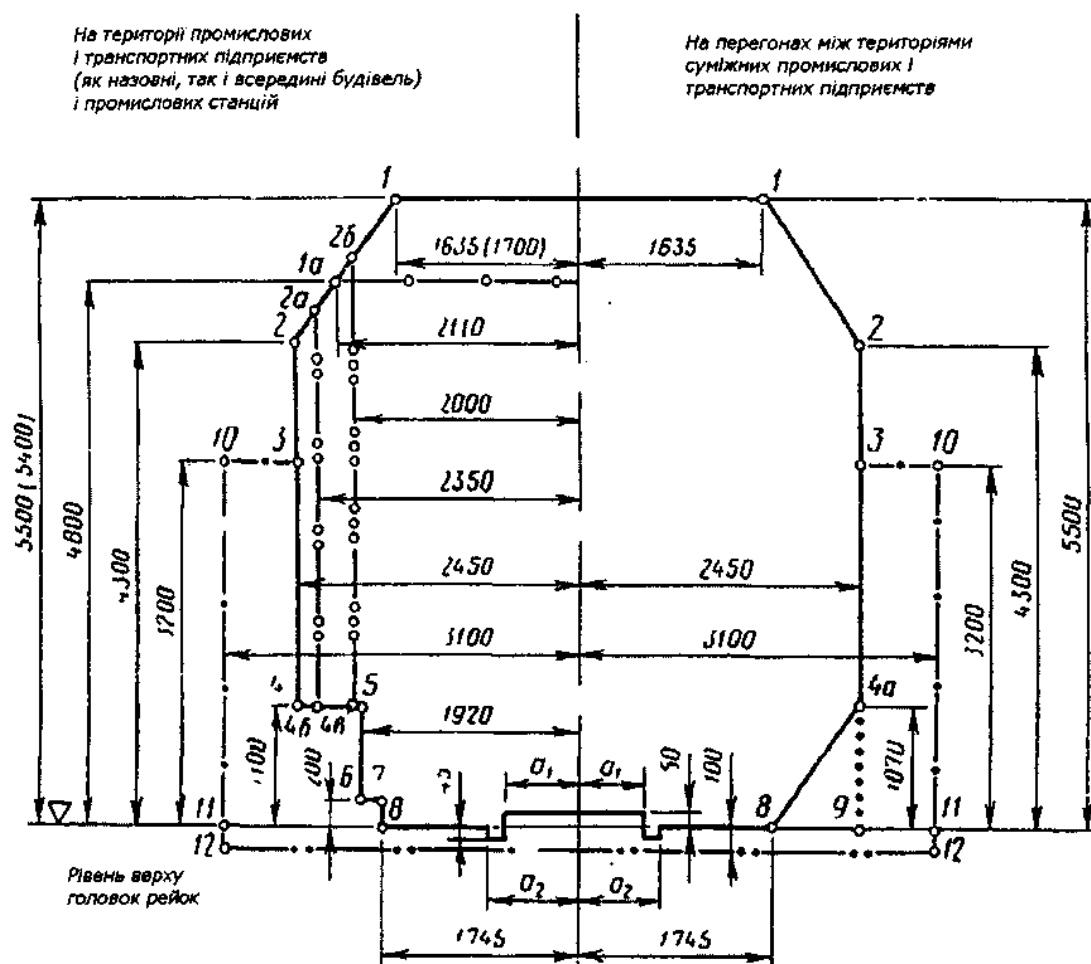
— • • — лінія, вище за яку на перегоні і в межах корисної довжини колій на станціях не повинен підніматися жоден пристрій, крім інженерних споруд, настилів переїздів, індукторів локомотивної сигналізації, а також механізмів стрілочних переводів і розташованих в їх межах пристроїв СЦБ;

— • • • — лінія наближення фундаментів будівель і опор, підземних тросів, кабелів, трубопроводів і інших споруд, що не відносяться до колій, на перегоні і станціях, за винятком інженерних споруд і пристроїв СЦБ у місцях розташування сигнальних і трансляцій точок;

• • • • • лінія наближення конструктивних елементів тунелів, перил на мостах, естакадах і інших інженерних спорудах.

Примітка. У даному стандарті: для роздільних пунктів з колійним розвитком (станцій, роз'їздів і об'їзних пунктів) застосовується загальний термін "станції", під інженерними спорудами необхідно розуміти мости (у тому числі пішохідні), віадуки, акведуки, естакади, шляхопроводи, тунелі, підпірні стінки, а також галереї та інші протиобвальні і протилавинні споруди, за винятком місць, де за характером вимог необхідно вказувати точно, про які саме роздільні пункти або інженерні споруди йде мова.

Рисунок 1 – Габарит С

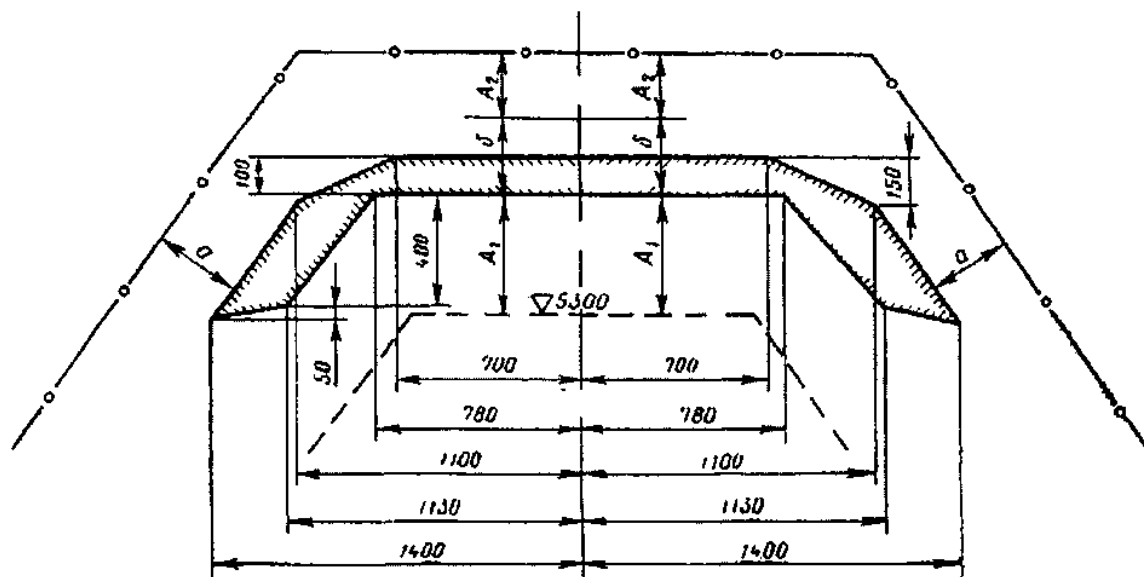


Позначки:

- лінія наближення прогонових будівель мостів, конструктивних елементів тунелів, галерей, платформ, настилів переїздів, індукторів локомотивної сигналізації, механізмів стрілочних переводів і розташованих в їх межах пристроїв СЦБ, а також споруд і пристроїв, що розташовуються на території промислових і транспортних підприємств (крім споруд і пристроїв, габарити наближення яких обмежені несучими лініями — • —, — • — та ін.), а також споруд і пристроїв, що розташовуються відповідно до 2.10 на міжколіїях станцій;
- • — лінія наближення будівель, споруд і пристроїв (крім прогонових будівель мостів, конструктивних елементів тунелів, галерей і платформ), розташованих із зовнішнього боку крайніх колій перегонів і станцій між територіями суміжних промислових і транспортних підприємств, а також із зовнішнього боку крайніх колій, що сполучають станції на території промислових і транспортних підприємств;
- • • — лінія, вище за яку на перегонах і в межах корисної довжини колій на станціях не повинен підніматися жоден пристрій, крім інженерних споруд, настилів переїздів, індукторів локомотивної сигналізації, а також механізмів стрілочних переводів і розташованих в їх межах пристроїв СЦБ;
- • — лінія наближення підкранових балок, ригелів, стояків отворів воріт і подібних споруд і пристроїв на коліях, що призначаються для експлуатації лише спеціального рухомого складу промислового транспорту висотою не більше 4700 мм і попадання на яких рухомого складу загального користування висотою більше 4700 мм (до 5300 мм) виключається;
- • • — лінія наближення колон, що окремо стоять, стояків отворів воріт виробничих будівель, а також виступних частин будівель (пілястрів, контрфорсів, сходів тощо) при їх довжині уздовж колії не більше 1000 мм;
- • • • — лінія наближення вантажно-розвантажувальних і зливно-наливних пристроїв, звисів дахів прирейкових складів, пристроїв з технічного обслуговування, екіпіровці і ремонту рухомого складу та інших технологічних пристроїв у неробочому їх положенні, розташованих на станційних (крім головних і приймально-відправних) і портових коліях;
- • • • • лінія наближення конструктивних елементів тунелів, перил на мостах, естакадах і інших інженерних спорудах

Рисунок 2 – Габарит Ск

Верхній обрис габаритів наближення будівель С і Ск для всього нового будівництва і переустрою споруд і пристроїв на електрифікованих або намічених у перспективі до електрифікації з верхнім контактним дротом ділянках колії, що знаходяться на території промислових і транспортних підприємств і між ними, необхідно встановлювати за нормами, наведеними на рисунку 3.



Позначки:

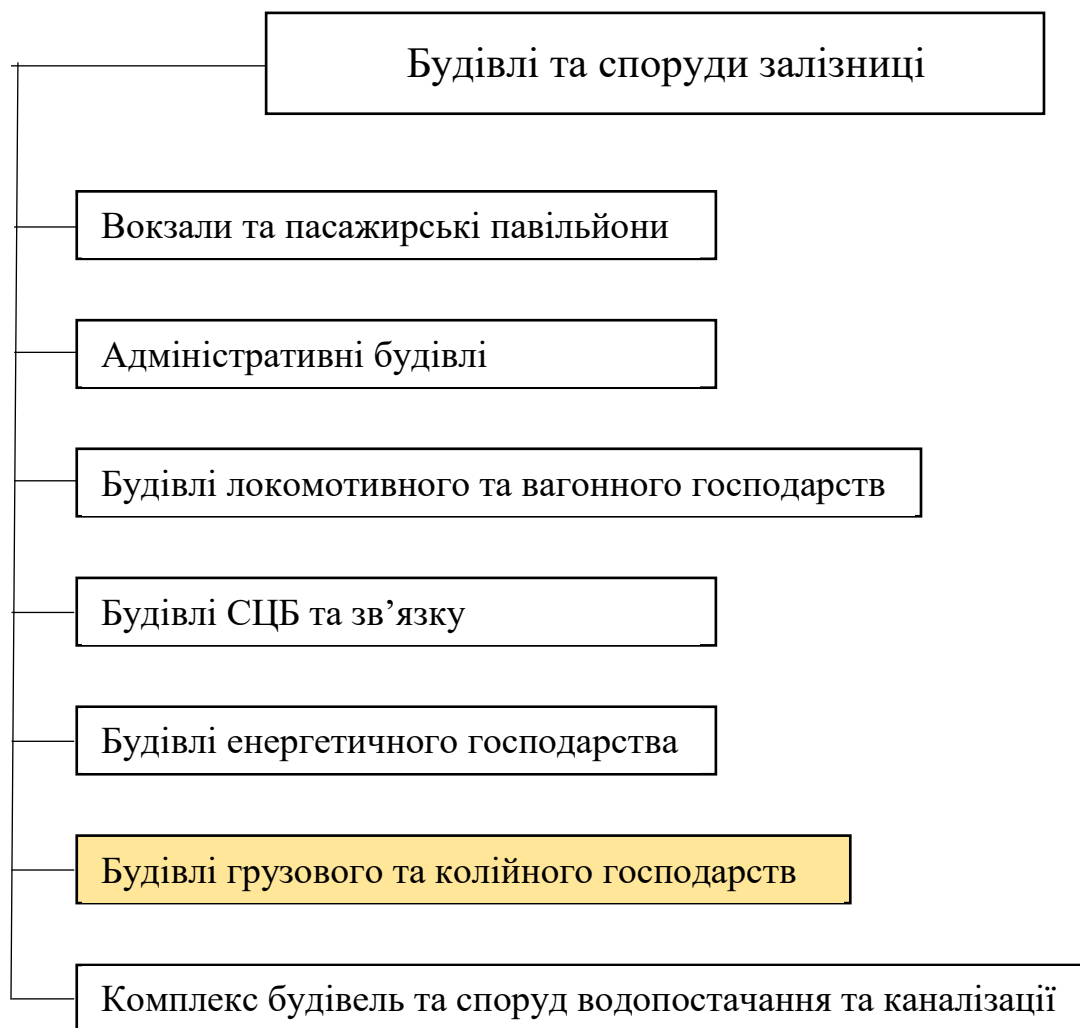
— o — верхній обрис габариту наближення будівель;

--- верхній обрис габариту рухомого складу;

///// обрис, який відповідає положенню струмоприймача при його зміщеннях по висоті і в сторони

Рисунок 3 – Верхній обрис габаритів С і Ск

Будівлі та споруди залізниці



Згідно з [7] будівлі залізниці – група будівель на залізничному транспорті, які призначені для технічної експлуатації залізниці та обслуговування об'єктів транспортного будівництва.

Конструктивним рішенням залізничні будівлі мають певну специфіку. Вони відрізняються різноманітністю типів, наявністю будов невеликого розміру. Для будівництва залізниці характерно лінійно-розосереджене розташування будівельних площадок вздовж дороги, віддаленість їх від баз будівельної індустрії, а також малі об'єми будівництва на кожній площадці.

На вітчизняній залізниці усі будівлі у відповідності до загальноприйнятої класифікації поділяються на 3 основні групи: громадські та житлові (які часто об'єднують в одну групу – цивільні будівлі) та промислові. Громадські будівлі призначенні для обслуговування населення та для розміщення

адміністративних установ та громадських організацій. До залізничних будівель відносять будівлі вокзалів, пасажирські павільйони, адміністративні та промислові будівлі, будівлі локомотивного та вагонного господарств, СЦБ та зв'язку, стаціонарної енергетики, вантажного та колійного господарства, водопостачання та каналізації. На залізничному транспорті будівлі розміщують в границях діяльності адміністративних підрозділів доріг – служб, відділень, ділянок дистанцій, околотів, роздільних пунктів. Промислові будівлі розташовують на станціях у відповідності з експлуатаційними вимогами.

Будівництво залізничних будівель ведеться як на нових залізничних лініях, так і при реконструкції ліній та спорудженні других колій. Часто на залізничному транспорті об'єднують будівлі, які обслуговують різноманітні господарства дороги (ті що мають схоже призначення), що дозволяє скоротити будівельний об'єм, площу забудови, протяжність інженерних комунікацій та знизити витрати на благоустрій території та експлуатацію будівель [7].

Пасажирські будівлі розміщують на всіх станціях та пасажирських зупинних пунктах, а також на роз'їздах та обгінних пунктах, де передбачена посадка та висадка пасажирів. Будівлі сучасних вокзалів зводяться переважно за каркасною схемою, при якій забезпечується висока ступень збірності при їх будівництві, можливість створення різноманітних об'ємно-планувальних та архітектурно-художніх рішень на базі мінімального набору конструкцій. Будівництво будівель крупних вокзалів зазвичай здійснюється за індивідуальним проектом.



Рисунок 4 – Вокзал у м. Дніпро

Адміністративні будівлі призначені для розміщення управління доріг, контор відділень, дистанцій та ін. Дорожні адміністративні установи, зазвичай, об'єднуються територіально з управлінням залізничними дорогами. Контори на дистанціях та відділеннях залізничних служб та господарств також кооперуються в одній будівлі. В адміністративних будівлях розміщуються робочі кімнати, кабінети, приміщення для бібліотек, архівів, конструкторських бюро, зали нарад та ін. Такі будівлі будуються зазвичай цегляними або каркасно-панельними.



Рисунок 5 – Адміністративна будівля на станції Харків-Пасажирський

До будівель локомотивного господарства відносять локомотивні депо та екіпіровачні пристрої. Сучасні локомотивні депо – прості та компактні повнозбірні будівлі каркасного типу, споруджувані з типових індустріальних залізобетонних конструкцій заводського виготовлення. Екіпіровачні пристрої призначені для постачання локомотивам та моторвагонним секціям палива, води, піску, мастильних та обтиральних матеріалів, а також для проведення технічного огляду. До них відносяться будівлі водопідготовки, пристрої для роздачі палива, мастил та піска зі складами та піскосушилкою, обмивальні установки відкритого або закритого типу.

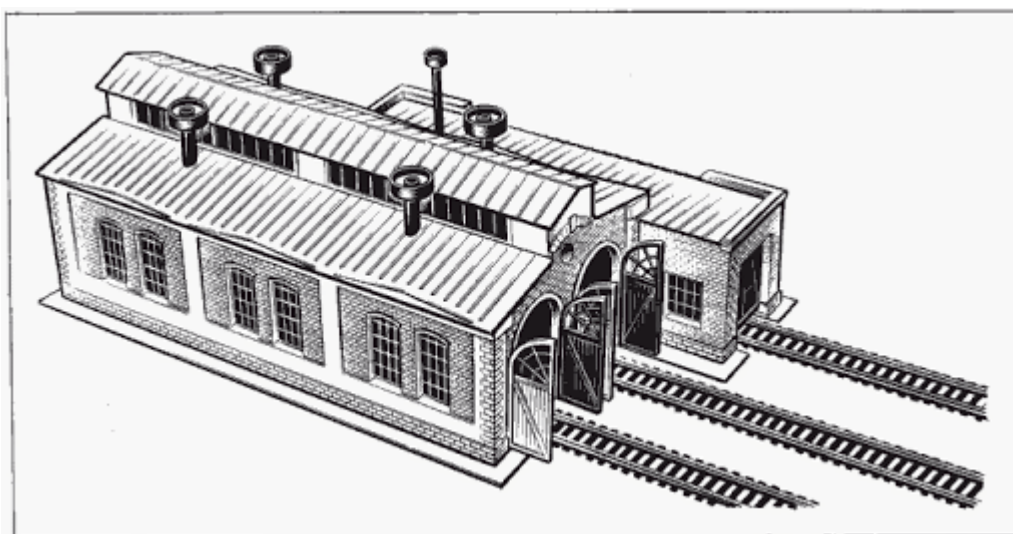


Рисунок 6 – Прямокутне локомотивне депо

До будівель вагонного господарства відносять вагонні депо, пункти технічного огляду та укрупненого поточного ремонту вагонів, контрольні пункти автогальм, ремонтноєкіпіровачні депо, промивно-пропарні станції, компресорні станції. В вагонних депо здійснюється деповський та поточний ремонт пасажирських та вантажних вагонів, ремонт та комплектація вузлів та деталей. У склад вагонних депо входять основні (промислові), ремонтно-заготівельні та допоміжні цеха та відділення. При будівництві вагонних депо також застосовують типові будівельні деталі та конструкції. Залізничні будівлі, в яких виконують промивально-пропарні роботи, призначені для підготовки цистерн до наливання нафтопродуктів (промивки, пропарки, очистки). Їх

будують з врахуванням агресивного впливу середовища, тобто використовують відповідні матеріали.



Рисунок 7 – Вагонне депо Полтава-Південна

До будівель енергетичного господарства відносять тягові підстанції, чергові пункти обслуговування контактної мережі та приміщення енергоучастків, ремонтні майстерні, теплові електростанції (паротурбинні, газотурбинні, дизельні, локомотивні), котельні. Наприклад, будівлі підстанцій можуть суміщати з черговим пунктом району контактної мережі. Будівлі дизельної електростанції зазвичай виконують одноповерховими, які складаються з машинного залу, в якому розміщують двигуни внутрішнього згорання та генератори, приміщення для встановлення розподільних пристроїв, трансформаторів, зберігання палива, а також майстерні та службово-побутові приміщення. Для монтажу та ремонту агрегатів машинний зал обладнують мостовим краном або кран-балкою [7].

Будівлі СЦБ та зв'язку будують для постів електричної централізації, гірних та стрілових постів, релейних та маневрових будок, контрольних пунктів та випробувальних станцій автостопів для розміщення пристроїв зв'язку, підсилювальної апаратури та ін. цілей. Пости електричної централізації розміщують в окремих приміщеннях інших господарств або в спеціально побудованих будівлях. Зазвичай ці будівлі зводять зі збірних залізобетонних конструкцій або з використанням цегляної кладки. Будівлі домів зв'язку будують, як правило, двоповерховими. На першому поверсі розміщують телеграфну апаратуру; на другому – лінійно-апаратний зал с апаратурою дальнього зв'язку, міжміськими комутаторами та адміністративно-побутові приміщення; у підвалі – котельню, вентиляційну, акумуляторну та т.і.



Рисунок 8 – Житомирська дистанція сигналізації та зв'язку

Будівлі вантажного господарства зводять на станціях, які виконують вантажні операції. До таких будівель відносять вантажні прирейкові склади, вантажні платформи та площадки, об'єднані механізовані цеха ангарного типу, зарядні станції для акумуляторних візків та навантажувачів, дезінфіковачно-промивочні пункти або станції, пункти льодопостачання, зливу нафтопродуктів, підготовки вагонів під навантаження, а також адміністративно-побутові будівлі для персоналу.



Рисунок 9 – Цех з залізничними вагами

Комплекс будівель та споруд водопостачання та каналізації призначені для забезпечення промислових та господарських потреб залізничного транспорту, а також постачання водою пасажирів. В цей комплекс входять водозабірні та гідротехнічні споруди, насосні станції, водонапірні башти, будівлі для очищення та обеззаражування води, каналізаційні насосні станції.

Використовуванні для будівництва більшої частини залізничних будівель збірні залізобетонні конструкції та металеві каркаси відповідають сучасним умовам індустріального будівництва та мають високі техніко-економічні показники. Типізація виробів, конструктивних рішень та вузлів з'єднань слугує основою для складання спеціального каталогу, що дає можливість застосовувати ці вироби в різних сполученнях та в результаті збірки отримати завершені будівлі відповідного призначення.

1.3. Залізничні ваги та їх різновиди

1.3.1. Типи ваг та їх робота

Вагове обладнання - це пристрій для визначення маси тіл згідно з діючою на них вагою (зважування), наближено вважаючи її рівною силі тяжкості. Вага тіла може бути визначений як через порівняння з вагою встановленої маси (як в важільних терезах), так і через вимір цієї сили через інші фізичні величини [9].

Відповідно до [8] вагонні ваги призначені для зважування рухомого складу в статичному режимі та в динамічному при русі без розчеплення вагонів, в режимі дозування, загрузення або вигруження матеріалів.

Залізничні вагонні ваги призначені для статичного зважування залізничних вагонів при облікових та технологічних операціях на підприємствах промисловості та транспорту з відображенням результату зважування на ваговимірювальному приборі.

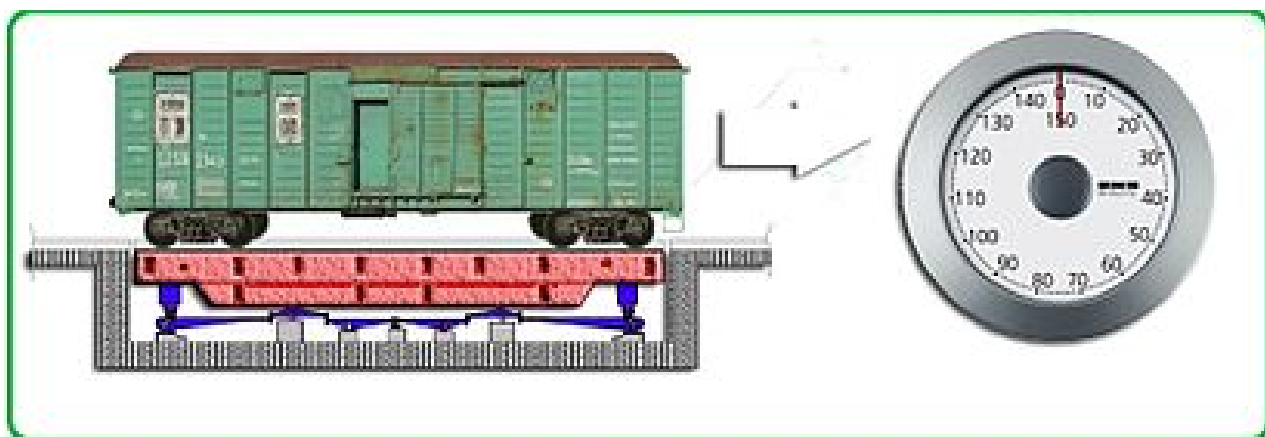
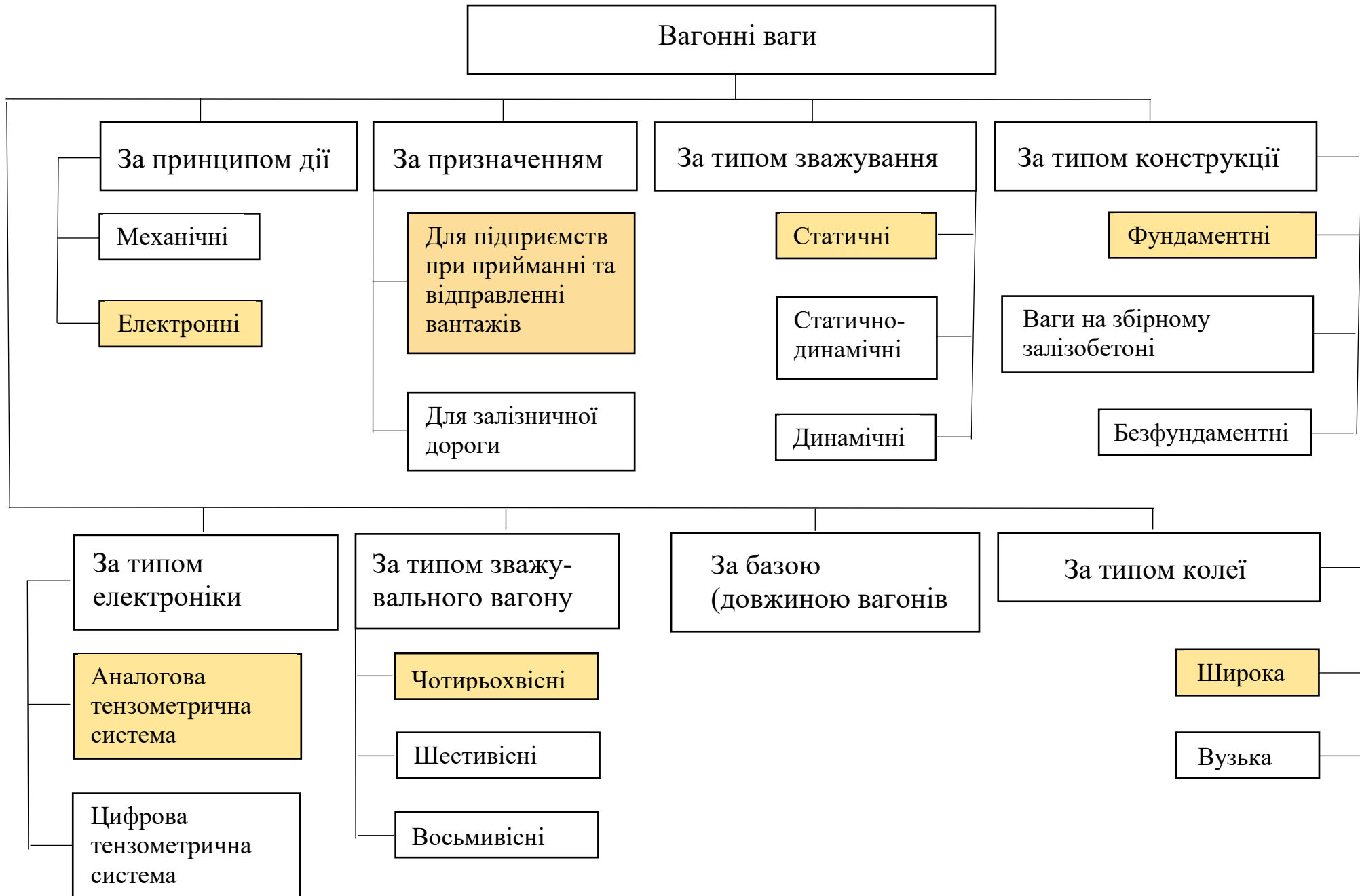


Рисунок 10 – Загальна схема залізничних ваг



Вагонні ваги класифікують за такими ознаками:

- За принципом дії ваги поділяються на механічні (насьогодні не виготовляються) та електронні (в основі яких в більшості випадків використовують тензометричні датчики);
- За призначенням ваги можна поділити для підприємств при прийманні та відправленні вантажів (до цього типу відносять всі ваги для комерційного зважування. У випадку якщо вантажопотік на підприємстві невеликий то використовують статичні ваги. Якщо вантажопотік більше 15 вагонів на добу, доцільно використовувати стато-динамічні вагонні ваги, які дозволяють зважувати як в статиці так і в русі) та для залізничної дороги (ваги встановлюються на головних коліях, станційних коліях для контролю перегрузу вагонів. Головна особливість даних вагонних вагів – нерозрізна рейка, що дозволяє не знижувати транзитну швидкість з-за вагів до 15 км/год. Швидкість зважування на даних вагах не перевищує 40 км/год, а в більшості випадків складає 10-15 км/год).
- За типом зважування існують статичні (зважування виконується з зупинкою вагону на вагах, з розчепленням вагонів або без розчеплення. Найбільш точне зважування, яке забезпечує комерційний облік продуктів), Статично-динамічні (Зважування виконується як в статиці з зупинкою вагону на вагах так і в русі. Перевага даних вагів – економія часу та витрат на маневрових роботах) та динамічні (зважування вагонів виконується тільки в русі. Призначено для технологічного обліку на великих підприємствах).
- За типом конструкції розрізняють фундаментні вагонні ваги (класичні вагонні ваги, які потребують заливки залізобетонного фундаменту, можуть бути виконані з котлованом та без. Монтаж вагів займає близько 2 місяців), ваги на збірному залізобетоні (вагонні ваги встановлюють на зазделегідь виготовлених залізобетонних конструкціях, що дозволяє зменшити терміни монтажу вагонних вагів до 3-5 тижнів) та безфундаментні вагонні ваги (це нове покоління вагонних вагів, може бути виконано в різноманітних конструкціях: на шпалах або металевому фундаменті. Так як ваги даного типу

встановлюються на щебеневу основу, необхідною умовою до данного типу вагонних вагів є нечутливість до просадок ґрунту, що гарантує стабільні метрологічні характеристики. Основна перевага – короткі терміни монтажу, встановлення вагонних вагів може бути виконано за 2-3 робочі зміни).

- За типом електроніки використовують аналогову тензометричну систему (найбільш розповсюджена система, яка побудована на аналогових тензометричних датчиках та збалансованій коробці. Основний недолік – один канал на всі датчики) та цифрова тензометрична система (може бути побудована на цифрових тензодатчиках або аналогових датчиках з цифровою розподільною коробкою. Основна перевага – кожен датчик має окремий канал, що дозволяє виконувати легке діагностування та налаштування).

Також необхідно розділити вагонні ваги в залежності від типу зважуваного вагону: чотирьох-, шести-, восьмивісні вагонни, а також бази (довжини) вагонів та типу колії [8].

Різноманітні варіанти конструкцій дозволяють повагонне або потележкове зважування всіх типів вагонів з розчепленням або без; економічний та швидкозводимий фундамент; невибагливість та зручність обслуговування вагонних вагів; простота транспортування та ін.

1.3.2. Будівлі для ваг

Залізничні ваги встановлюють на прямолінійній горизонтальній нівельованій ділянці залізничного шляху.

Фундаментні роботи проводяться на базі будівельного завдання, яке є частиною документації на вагонні ваги. Конструкція фундаменту визначається характеристиками ґрунту на місці встановлення залізничних ваг. На нестійких ґрунтах та при високому рівні ґрунтових вод вагонні ваги встановлюють на монолітний залізобетонний фундамент. Кабелі від тензодатчиків та центральний кабель захищені від механічних пошкоджень прокладанням в металевих трубах та металевих рукавах [8].

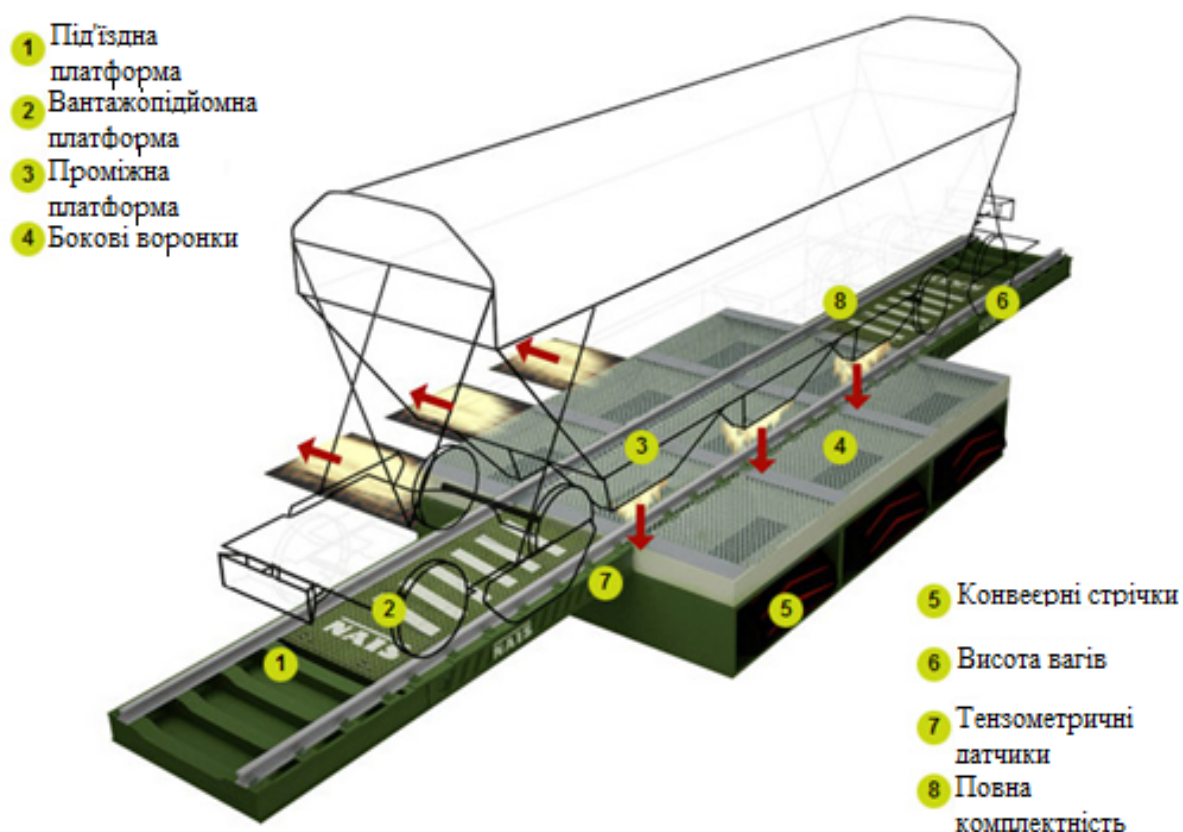


Рисунок 11 – Конструкція залізничних ваг

Тензометричні ваги можуть розташовуватись як на відкритій місцевості так і під захисною будівлею.

Захисні будівлі можуть бути тимчасовими, які являють собою будівлі некапітального характеру без фундаменту, в конструктивних характеристиках яких передбачена можливість демонтажу та переміщення без невідповідного збитку їх призначення та права на які підлеглі державній реєстрації, та капітальні, які можуть бути промисловими.

Згідно з [10] промислові будівлі з використанням низки громадських класифікаційних ознак можуть бути об'єднані в основні класифікаційні групи.

По ролі у виробничому процесі, або за основним функціональними ознаками, промислові будівлі поділяються на такі типи:

- виробничі будівлі, тобто будівлі з виробництва продукції;
- енергетичні будівлі (ТЕЦ, котельні, компресорні, електропідстанції і т.д.);
- транспортно-складські будівлі (гаражі, склади, депо і т.д.);
- допоміжні будівлі (адміністративні та побутові будинки, заводські їдальні та поліклініки і т.д.).

По поверховості промислові будівлі поділяються наступним чином:

- одноповерхові промислові будівлі;
- двоповерхові промислові будівлі;
- багатоповерхові промислові будівлі;
- промислові будівлі змішаної поверховості.

Одноповерхові промислові будівлі в даний час складають до 70% від усього числа відповідних промислових будівель.

За кількістю прольотів промислові будівлі поділяються на такі типи:

- однопрогонові промислові будівлі;
- багатопрогонові промислові будівлі.

За наявністю підйомно-транспортного устаткування промислові будівлі діляться наступним чином:

- безкранові промислові будівлі, тобто будівлі взагалі без кранів або без мостових кранів;
- кранові будівлі, або будівлі з мостовими кранами.

За наявністю опалення промислові будівлі поділяються на три типи:

- опалювані промислові будівлі з наявністю зовнішньої теплозахисту;
- неопалювані промислові будівлі з наявністю зовнішньої теплозахисту;
- неопалювані будівлі без зовнішньої теплозахисту ("холодильні" будівлі).

За пожежною небезпекою виробництва промислові будівлі поділяються на п'ять категорій: А, Б, В, Г, Д.

Промислові будівлі мають свій індивідуальний стиль і образ, відповідний певному виробництву. Це пояснюється значним впливом технологічних процесів на об'ємно-планувальне рішення промислових будівель.

Особливості технологічного процесу впливають на вибір технологічного обладнання, схеми технологічного процесу і внутрішньоцехового транспорту. Від цього, у свою чергу, залежить об'ємно-планувальне і конструктивне рішення проєктованих і промислових будівель.

Внутрішньоцеховий транспорт може бути рейковим і безрейковим, підлоговим і надпідлоговим.

Найбільш часто транспортування вантажів у промислових будівлях здійснюється крановим обладнанням, але досить широко використовуються також залізничний транспорт, електрокари, конвеєрні лінії і т.д [10].

Типізація та уніфікація об'ємно-планувальних параметрів промислової будівлі проводяться на основі укрупнених модулів 6М, 12М, 30М і 60М. Отримані розміри об'ємно-планувальних елементів найбільш повно відповідають вимогам різних технологічних процесів, що протікають у промислових будинках.

Прольоти з використанням модулів 30М і 60М призначаються розмірами 3; 6; 9; 12; 18; 24; 30; 36 і 42 м.

Кроки колон з використанням модулів 60М призначаються розміром 6 і 12 м.

Висоти промислових будівель вважаються до низу несучих конструкцій покриття і з використанням модулів 6М і 12М призначаються рівними 3,0; 3,6; 4,2; 4,8; 5,4; 6,0; 7,2; 8,4; 9,6; 10,8; 12,0; 13,2; 14,4; 15,6; 16,8 і 18,0 м (рис. 18.3).

1.4. Відновлення обслуговуючої будівлі

Відповідно до [11] при сучасних темпах розвитку промисловості зміна видів продукції, що випускається на підприємстві, відбувається у відносно короткі проміжки часу, при цьому будівлі й споруди залишаються незмінними. Відносна зміна технології і заміна устаткування виробництва в машинобудуванні відбувається через 10-15 років, у хімічній промисловості – через 6-8 років, а в електронній через – 5 років. Фізична довговічність промислових будинків і споруд знаходиться в межах 50-100 років. Розглядаючи довговічність будинків необхідно відзначити, що за час їхньої експлуатації зміна основних технологій відбувається 3-5 разів і більше. При кожній зміні технології й заміні машин і установок виникає необхідність у відновленні й реконструкції існуючих промислових будинків і споруджень.

Перехід виробництва на виготовлення нових видів продукції, збільшення об'ємів виготовлення продукції, застосування нових сучасних технологій. Усе це потребує розширення промислових підприємств.

Реконструкція діючого підприємства – це перебудова існуючих цехів і об'єктів основного обслуговуючого й підсобного призначення без зміни наявних будинків і споруджень основного призначення.

Доцільність подальшого використання промислових будівель зі збереженням або зміною функцій, як і в житлових будинків визначається ступенем зношування.

При реконструкції виробничих будинків вирішуються наступні завдання:

1. Доведення об'ємно планувальної структури будинку у відповідність із потребами розташованого виробництва.

2. Підвищення експлуатаційних якостей існуючих несучих огорожуючих конструкцій відповідно до нових вимог виробництва.

3. Зміна основних будівельних параметрів будинку (конфігурації плану, висоти приміщень, сітки колон), пов'язана з розвитком виробництва, а також з умовами проведення реконструктивних будівельних робіт, у тому числі без зупинки технологічного процесу.

4. Модернізація інженерних систем для забезпечення потреб нового виробництва й створення необхідних нормами умов праці.

5. Удосконалювання архітектурно-художніх якостей будинку і його інтер'єрів з урахуванням сучасних вимог і загальної композиції [11].

При реконструкції проявляється необхідність виконання комплексу робіт не властивому новому будівництву, а саме демонтаж конструкцій, їхнє підсилення, заміна окремих конструктивних елементів, розбирання споруд.

В даній роботі передбачено демонтаж залізобетонного каркасу через невідповідність технологічним та експлуатаційним вимогам над вагонними тензометричними вагами, які встановлюються. Та заміну на капітальну будівлю, запроектовану як промислову, що відноситься до транспортно-складської будівлі з металевих профілів.

Сталеві каркаси порівняно із залізобетонними каркасами відзначаються значно меншою масою та менш трудомістким монтажем. Як правило, сталеві каркаси застосовують при великих прогінах будівлі та значних кранових навантаженнях. Основними елементами несучого сталевих каркасу, які сприймають практично всі навантаження, що діють на будівлю, є плоскі поперечні рами, які утворюються колонами та кроквяними фермами (ригелями). На поперечні рами, розставлені відповідно прийнятому кроку колон, обпирають повздовжні елементи каркасу - підкранові балки, ригелі стінового каркасу (фахверка), прогини покриття та в деяких випадках ліхтарі. Просторову жорсткість каркасу здобувають влаштуванням зв'язків в повздовжньому та поперечному напрямках, а також (при необхідності) жорстким кріпленням ригеля рами в колонах. При сталевому каркасі конструктивні схеми в основному аналогічні тим, що використовуються залізобетонних каркасів, та визначаються сполученням основних елементів - балок, ферм, колон, зв'язаних в єдине ціле [12].

РОЗДІЛ 2. РОБОТА КОНСТРУКЦІЙ ДЛЯ ЗАЛІЗНИЧНИХ ВАГ

2.1. Загальна послідовність проведення досліджень

2.1.1. Вибір методу досліджень (опис існуючих методів та МСЕ)

Згідно з [13] для розвитку наукового пізнання характерно не тільки розширення кола розв'язуваних теоретичних і практичних завдань, але й посилення уваги до способів і методів науково-технічної діяльності. У науково-технічному дослідженні розрізняють дві основні стадії пізнання: теоретичну й емпіричну. Для теоретичного характерно широке використання абстрагування, ідеалізації, утворення понять, побудова гіпотез, моделей, теорій. Емпіричне дослідження засноване на спостереженнях, експериментах й опирається на дані досвіду. Іноді теорію протиставляють емпірії. Але таке протиставлення не є правомірним, тому що теоретичні передбачення мають такий же імовірнісний, а не достовірний характер, як і передбачення, що опираються на емпіричні узагальнення. При цьому, кінцевою метою пізнання є утворення не окремих понять, гіпотез, або навіть не відкриття відособлених законів, а побудова єдиної, концептуальної системи, за допомогою якої досягається більш адекватне й цілісне відображення певної області дійсності.

Насьогодні не існує чітко встановленої класифікації видів і методів наукового дослідження. Тому пропонується загальне уявлення щодо їх класифікації.

За масштабом розв'язуваних проблем і цілей дослідження розрізняють:

- фундаментальні дослідження;
- прикладні дослідження.

Під фундаментальними дослідженнями розуміються такі, що ставлять за мету розкрити й описати нові, невідомі явища й процеси в природі і суспільстві, дослідити їхній механізм і закони, що керують ними, розкрити глибинні зв'язки між ними. Фундаментальні дослідження виявляють закони й закономірності процесів, явищ, вибудовують загальнотеоретичні концепції, методологію вони створюють теоретичну базу для прикладних досліджень. Опираючись на [13] деякі автори виділяють два види фундаментальних досліджень: пошукові й

тематичні. Пошукові або вільні – це ті фундаментальні дослідження великої, але ще мало дослідженої проблеми. До тематичних фундаментальних (або цільових) відносяться такі дослідження, у яких метою є рішення конкретної, більш вузької проблеми. Прикладні дослідження – це такі дослідження, призначення яких – реалізувати результати фундаментальних досліджень у практичній діяльності. Прикладні дослідження вирішують вузькоспеціальні теоретичні й практичні завдання. Предмет прикладних досліджень окреслений вужчими рамками і спрямований на практичний результат. Прикладні дослідницькі роботи також підрозділяються на два види: телонічні (відгр. *telos* - кінець, ціль), тобто, цільові й тематичні, або суб'єктивні. Зрівнем наукового пізнання розрізняють:

- емпіричне (відгр. *empeiria* - досвід);
- експериментальне (або емпірично- експериментальне);
- теоретичне; комплексне (дослідження, що включає всі види досліджень).

Методи дослідження класифікуються деякими методологами за різними ознаками:

- за рівнем пізнання – емпіричні й теоретичні;
- за точністю припущень – детерміністичні й стохастичні, або ймовірісно-статистичні;
- за функціями, які вони здійснюють у пізнанні – методи систематизації, пояснення й прогнозування;
- від конкретної області дослідження - фізичні, біологічні, соціальні, технічні й т.п.

З ширшого погляду методи дослідження поділяють на загальнонаукові (тобто вони можуть бути методами й емпіричного, і теоретичного дослідження) і спеціальні, що застосовуються в конкретній галузі науки. У будь-якому дослідженні звичайно ж суміщаються і загальнонаукові, і спеціальні методи дослідження. Загальнонаукові методи дослідження поділяють на три великі групи:

- методи емпіричного дослідження (спостереження, порівняння, вимір, експеримент, моніторинг);
- методи теоретичного дослідження (сходження від абстрактного до конкретного, ідеалізація, уявний експеримент, формалізація, аксіоматичний метод або дедуктивно-аксіоматичний);
- загальні методи, використовувані як на емпіричному, так і на теоретичному рівні дослідження (абстрагування й конкретизація, аналіз, синтез, індукція, дедукція, абдукція, моделювання, аналогія, історичний і логічний методи, метод графів).

Аналіз, синтез, моделювання й ін. Методи раніше вважалися методами тільки теоретичного дослідження. Але в останні роки ці методи обслуговують й емпіричні, і теоретичні дослідження, але з різним ступенем глибини. Характерним є використання в технічних дослідженнях кваліметричних методів (або кількісних). У цей час активно розвивається цілийнауковий напрямок, орієнтований на кількісний опис якості предметів, який має назву "кваліметрія". Це область наукового знання, що вивчає методологію й проблематику розробки системних кількісних оцінок якості предметів, явищ, процесів. Розрізняють дві групи кількісних методів, щодо їх використання:

- перша – для обробки результатів спостережень і експериментів (особливо відомий серед них – статистичний метод);
- друга – для моделювання, діагностики, прогнозування, комп'ютеризації досліджуваного процесу.

До другої групи відносять метод скінченних елементів (МСЕ).

Згідно з [14] метод скінченних елементів (МСЕ) — числова техніка знаходження розв'язків інтегральних та диференціальних рівнянь у частинних похідних (ДРЧП). Процес розв'язання побудований або на повному усуненні диференціального рівняння для стаціонарних задач, або на розкладі ДРЧП в апроксимуючу систему звичайних диференціальних рівнянь, які потім

розв'язуються використанням якої-небудь стандартної техніки, такої як метод Ейлера, Рунге-Кутти тощо.

При розв'язанні часткових диференціальних рівнянь головною метою є створення рівності, що апроксимує досліджувану рівність, і є числово стабільною, тобто помилки у вхідних даних і проміжних обчисленнях не акумулюються і не спричиняють беззмистовних результатів. Для реалізації цього є багато способів, кожен зі своїми плюсами і мінусами. Метод скінчених елементів є добрим вибором при розв'язуванні ДРЧП, які описують складні середовища; при змінності цих середовищ; коли бажана точність змінюється у різних ділянках середовища; чи коли розв'язку не вистачає гладкості.

Метод скінчених елементів, зазвичай на стадії дизайну та розробки продуктів, використовує багато дисциплін. Декілька сучасних МСЕ-пакетів включають спеціальні елементи, такі як термальні, електромагнітні, рідинні та структурні робочі середовища. В структурному моделюванні МСЕ дуже допомагає у генерації жорсткісних і силових візуалізацій у місцях зсувів та згинів, та відображення розповсюдження сил та зміщень.

МСЕ-програми забезпечують широкий спектр моделювальних можливостей контролю складності і модельовальної і аналітичної систем. За потреби в більшості інженерних програм можна змінювати бажаний рівень точності, час, потрібний для необхідних та асоційованих обчислень.

МСЕ дозволяє проектувати, відлагоджувати та оптимізовувати продукцію перед її випуском. Використання МСЕ зменшило час, за який продукт проходив від концепції до конвеєра.

Найважливішими перевагами методу скінчених елементів є:

- Властивості матеріалів суміжних елементів можуть бути різними. Це дозволяє застосовувати метод до тіл, складених з декількох матеріалів.
- Скінченими елементами є прості області (прямі лінії, трикутники, прямокутники, піраміди, призми). Таким чином, даним методом можна апроксимувати тіла із складною формою країв.

- Розміри елементів можуть бути змінними. Це дозволяє збільшувати чи зменшувати елементи сітки.
- За допомогою МСЕ легко розглянути граничні умови з розривним поверхневим навантаженням, а також змішані граничні умови.
- Алгоритм методу скінченних елементів дозволяє створити загальні програми для розв'язку завдань різного класу.
- Завдання зводиться до розв'язку системи рівнянь алгебри великої розмірності. Проте хороша обумовленість системи розв'язних рівнянь алгебри дозволяє отримувати досить точні розв'язки для систем рівнянь розмірністю 5-10 мільйонів і більше.

Головний недолік цього методу полягає у потребах великого обсягу пам'яті ЕОМ і високої швидкості розрахунку. Але в наш час розвиток ЕОМ практично усунив цей недолік.

2.1.2. Вибір програмного комплексу

На основі [15] в даний час при аналізі НДС різних конструкцій домінує метод скінчених елементів, тому більшість сучасних програмних комплексів, що застосовуються для вирішення таких завдань, засновані саме на ньому. Сучасні скінчено-елементні комплекси загального призначення до числа найбільш поширених належать ANSYS, COSMOS, NASTRAN з пре/постпроцесорі PATRAN і ін. призначені для розрахунків на міцність, жорсткість і стійкість будь-яких стрижневих і тонкостінних просторових систем, а також об'ємних тіл в першу чергу на персональних комп'ютерах. Програмні комплекси ABAQUS, MARC і ряд інших націлені в основному на рішення нелінійних задач для названих вище об'єктів. Комплекси ANSYS з доповненням CIVILFEM, LIRA, MICROFE, SCAD, STADIO і ін. Призначені в першу чергу для використання в будівельній галузі.

Будь-який сучасний комплекс має наочну і зручну графічну систему завдання вихідних даних (препроцесор) та виведення і аналізу результатів розрахунку (постпроцесор), що дає можливість використовувати комплекс як важливу складову частину процесу автоматизованого проектування. Крім того, більшість розрахункових комплексів дозволяють обмінюватися даними з іншими скінечно-елементними комплексами, а також з відомими потужними системами автоматизованого проектування (САПР або CAD), наприклад AUTOCAD, SOLIDWORKS, UNIGRAPHICS і ін.

Розрахунок конструкції із застосуванням скінчено-елементного комплексу складається з ряду етапів.

1. Розробка конструктивної схеми - точної копії об'єкта проектування, що містить основні несучі елементи.

2. Створення розрахункової схеми. Під розрахунковою схемою (розрахункової моделлю) розуміють деяку фізичну модель об'єкта, утворену зі стрижнів, пластин, оболонок і масивних тіл, що містить зв'язки між ними і землею, а також зовнішні впливи на них. Розрахункова схема призначена для визначення НДС. Розробка розрахункової схеми здійснюється при

безпосередній участі інженерів-проектувальників. Для реалізації цього етапу виконання завдання в препроцесорів комплексу (або в окремих CAD-системах) будують геометричну модель об'єкта.

3. Створення скінчено-елементної моделі (дискретної схеми). Використання будь-якого чисельного методу зводить задачу з нескінченним числом ступенів свободи до задачі з кінцевим кількістю ступенів свободи. Під ступенями свободи розуміють незалежні параметри, що повністю визначають НДС системи. Застосовуючи чисельний метод, складається дискретна схема завдання, тобто модель об'єкта, утворену з розрахункової схеми, яка має кінцеве число ступенів свободи.

МСЕ передбачає, що задана система умовно ділиться на дрібні частини (скінчені елементи), кожна з яких зберігає суттєві властивості вихідної середовища. Ці властивості (фізичні характеристики матеріалу, геометричні параметри, наприклад товщина пластини або оболонки і т.д.) вводять в базу даних комплексу. Крім того, в базу даних вводять ще задані зовнішні впливи і умови закріплення конструкції (в'язі).

До складу розрахункової схеми можуть входити стрижні, пластини, оболонки, масиви. Дискретизація розрахункової схеми виконується за допомогою СЕ відповідних типів: СЕ стрижня, СЕ пластини, СЕ оболонки, СЕ суцільний тривимірної середовища. Чим більше в комплексі міститься СЕ різних типів, тим більше число класів завдань можна вирішувати на його основі. Сукупність наявних у комплексі типових СЕ називається бібліотекою кінцевих елементів. Створення скінчено-елементної моделі в сучасних комплексах здійснюється в так званому препроцесорів, який має можливості візуалізації елементів дискретної схеми.

4. Рішення системи рівнянь. У результаті виконання цього етапу виходять значення основних невідомих. Рішення здійснюється різними способами в залежності від порядку і властивостей роздільною системи рівнянь.

5. Обчислення факторів НДС в довільних точках скінчено-елементної моделі. Цей етап виконується на підставі відомих з теорії пружності і теорії

пластин, оболонок і стрижнів залежностей факторів НДС (внутрішніх зусиль, напружень, переміщень довільних точок) від переміщень вузлів скінчено-елементної моделі. В сучасних програмних комплексах цей етап реалізується в так званому постпроцесорі, в якому також передбачена графічна візуалізація параметрів НДС [16].

Основні програмні комплекси для розрахунку будівельних конструкцій наведені в табл. 1 [17]

Таблиця 1

Порівняння програмних комплексів

Назва ПК	Офіційний сайт	Повнота бібліотеки СЕ	Супер-елементи	Фізична нелінійність	Геометрична нелінійність	Системи конструювання		Монтаж
						Залізо-бетон	Метал	
ANSYS	ansys.com	+	+	+	+	-	-	+
NASTRAN	nenastran.com	+	+	+	+	-	-	-
ABAQUS	similia.com	+	+	+	+	-	-	-
STAAD	staadpro.co.uk	+	-	+	+	+	+	-
COSAR	femcos.com	+	-	+	-	-	-	-
STRAP	atir.com	+	-	-	-	+	+	-
STRUDL	gtstrudl.gatech.edu	+	+	+	+	+	+	-
CADFEM	cadfem.com	+	-	+	+	-	-	-
ADINA	adina.com	+	-	+	-	-	-	-
DIANA	diana.tno.nl	+	-	+	+	+	+	-
COSMOS	cosmosm.com	+	+	+	+	+	+	-
STARK	eurosoft.ru	+	+	-	+	+	+	-
SCAD	scadgroup.com	+	+	+	+	+	+	-
ЛІРА-САПР	liraland.ua	+	+	+	+	+	+	+

В даній роботі для дослідження були обрані ручний розрахунок та програмним комплексом ПК SCAD.

За офіційними даними на сайті розробника [18] перевагами програмного комплексу SCAD є:

- Обчислювальний комплекс SCAD реалізований як інтегрована система напружено-деформованого аналізу і проектування конструкцій на основі методу скінчених елементів.
- Єдина графічне середовище синтезу розрахункової схеми і аналізу результатів забезпечує необмежені можливості моделювання розрахункових схем від найпростіших до найскладніших конструкцій, задовольняючи потребам досвідчених професіоналів і залишаючись при цьому доступною для початківців.

- Високопродуктивний процесор дозволяє вирішувати завдання великої розмірності (сотні тисяч ступенів свободи при статичних і динамічних впливах).
- SCAD включає розвинену бібліотеку скінченних елементів для моделювання стрижневих, пластинчастих, твердотільних і комбінованих конструкцій, модулі аналізу стійкості, формування розрахункових сполучень зусиль, перевірки напруженого стану елементів конструкцій з різних теорій міцності, визначення зусиль взаємодії фрагмента з рештою конструкцією, обчислення зусиль і переміщень від комбінацій завантажень. До складу комплексу включені програми перевірку перетинів елементів металоконструкцій.
- Система постійно розвивається, удосконалюються інтерфейс користувача та обчислювальні можливості, включаються нові проєктують компоненти.

Обчислювальні можливості:

- висока швидкість розрахунку;
- розвинена бібліотека скінчених елементів;
- ефективні методи оптимізації матриці жорсткості.

Моделювання конструкцій:

- розвинені графічні засоби формування і коригування геометрії розрахункових схем, опису фізико-механічних властивостей матеріалів, завдання умов обпирання і примикання, а також навантажень;
- великий набір параметричних прототипів конструкцій, що включає рами, ферми, балкові ростверки, оболонки, поверхні обертання, аналітично задані поверхні;
- автоматична генерація довільної сітки кінцевих елементів на площині;
- можливість формування складних розрахункових моделей шляхом складання з різних схем;
- широкий вибір засобів графічного контролю всіх характеристик розрахункової схеми;
- можливість роботи на сітці розбивочних (координатних) осей;

- розвинений механізм роботи з групами вузлів і елементів;
- формування розрахункової моделі шляхом копіювання всієї схеми або її фрагментів;
- імпорт геометрії з систем ArchiCAD, HyperSteel, читання даних в форматах DXF, DWG.

Результати:

- результати розрахунку відображаються як в графічній, так і в табличній формах;
- в графічній формі результати розрахунку переміщень виводяться у вигляді деформованої схеми, колірної і цифрової індикації значень переміщень у вузлах, а також ізополей і ізоліній переміщень для пластинчастих і об'ємних елементів, виконується анімація форм коливань для динамічних і процесу деформування для статичних завантажень;
- для стрижневих елементів можуть бути отримані деформовані схеми з урахуванням прогинів, а також епюри прогинів для окремих елементів;
- зусилля в стрижневих елементах представляються у вигляді епюр для всієї схеми або окремого елемента, а також колірною індикацією максимальних значень обраного силового фактора;
- зусилля і напруги в пластинчастих і об'ємних елементах виводяться у вигляді ізополей або ізоліній в зазначеному діапазоні колірної шкали з можливістю одночасного відображення числових значень в центрах і вузлах елементів;
- можливість локалізації результатів розрахунку в заданому діапазоні значень переміщень і силових факторів;
- результати розрахунку в табличній формі можуть експортуватися в редактор MS Word або електронні таблиці MS Excel;
- табличне представлення результатів може бути доповнено графічними матеріалами, відібраними в процесі створення розрахункової схеми і аналізу результатів;

Проектування:

- перевірка несучої здатності і підбір перерізів елементів сталевих конструкцій з прокатних профілів.
- Обмін даними з іншими програмами:
- SCAD забезпечує обмін даними з іншими програмами використовуючи універсальні формати (IFC, CIS / 2, DXF, DWG);
- формати даних програм Advance Steel, ANSYS, STAAD, Abacus, Femap, GMSH, NetGen;
- плагіни для програм Revit, ArchiCAD, Tekla.

2.2. Опорна система вагонних ваг

2.2.1. Конструктивні варіанти опорної системи

На існуючій ділянці залізниці встановлюється сталева платформа з тензодатчиками (див. рис. 12) під яку потрібно передбачити опорну систему.

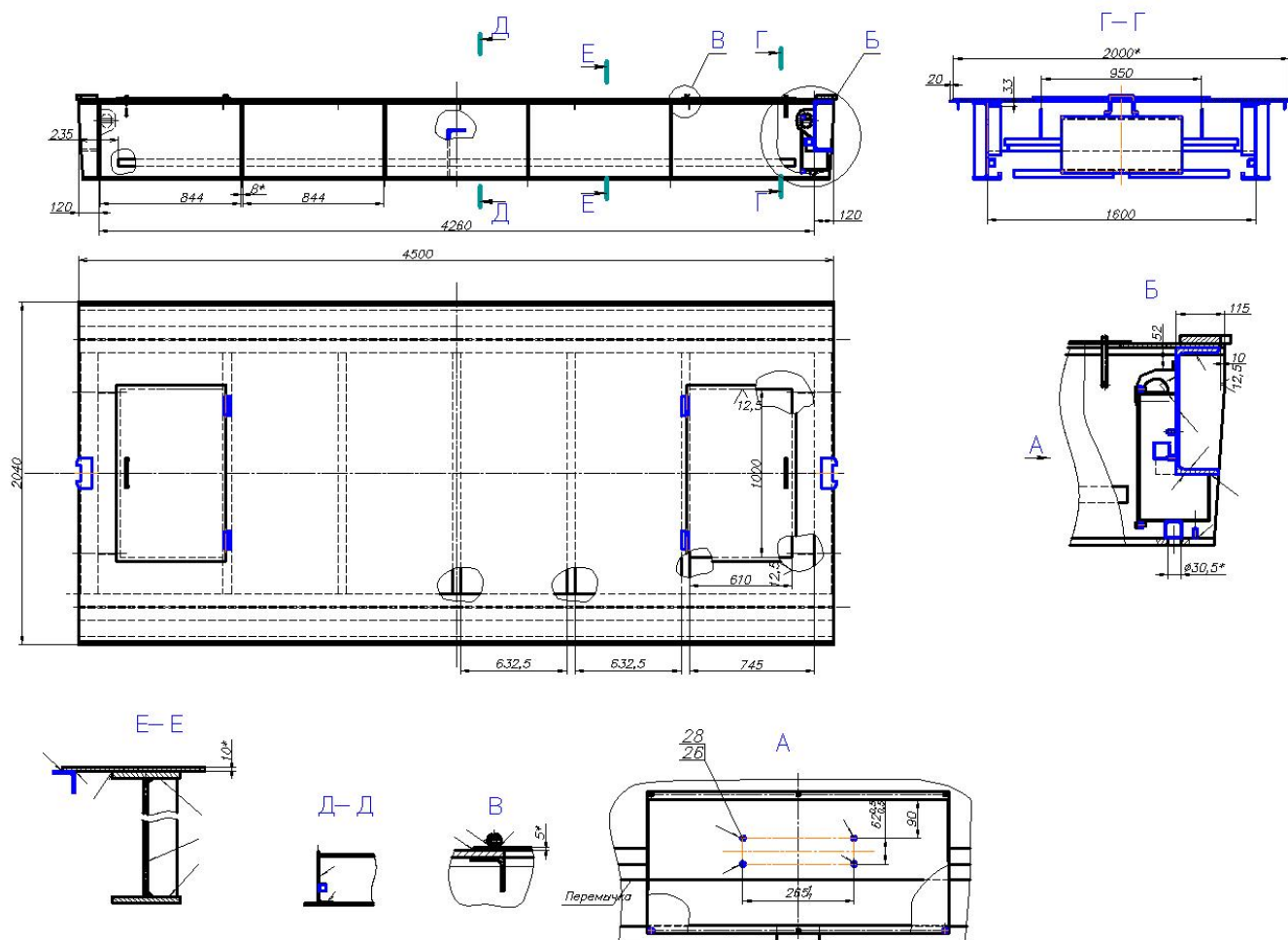


Рисунок 12 – Загальний вигляд платформи ваг

Розглядається два варіанта:

- дві непов'язані між собою рами на окремостоячому залізобетонному фундаменті (див. рис. 13);
- каркас, який являє дві пов'язані між собою рами на суцільній залізобетонній плиті (див. рис. 14).

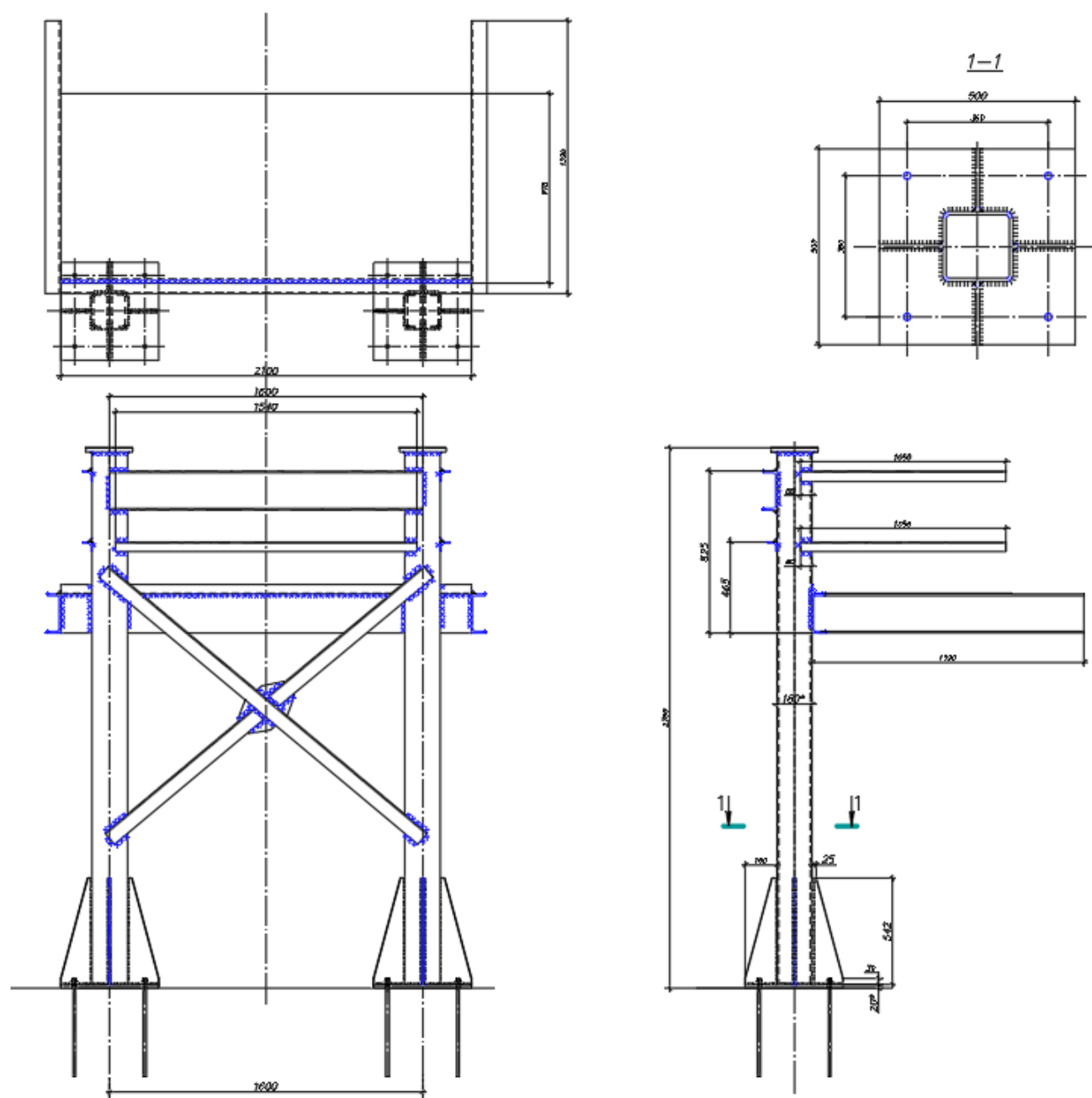


Рисунок 13 – Окрема опора

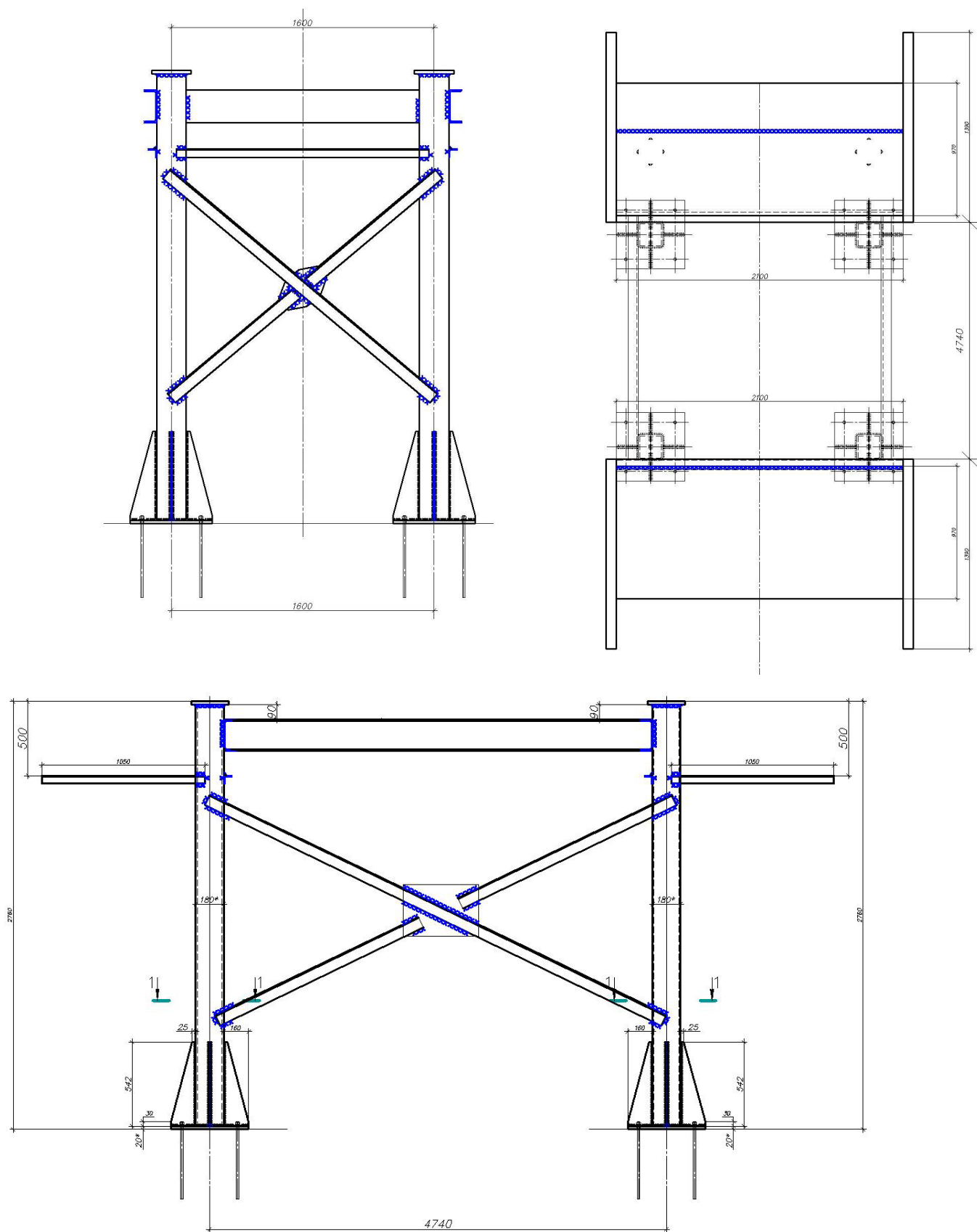


Рисунок 14 – Опора - каркас

2.2.2. Моделі опорної системи

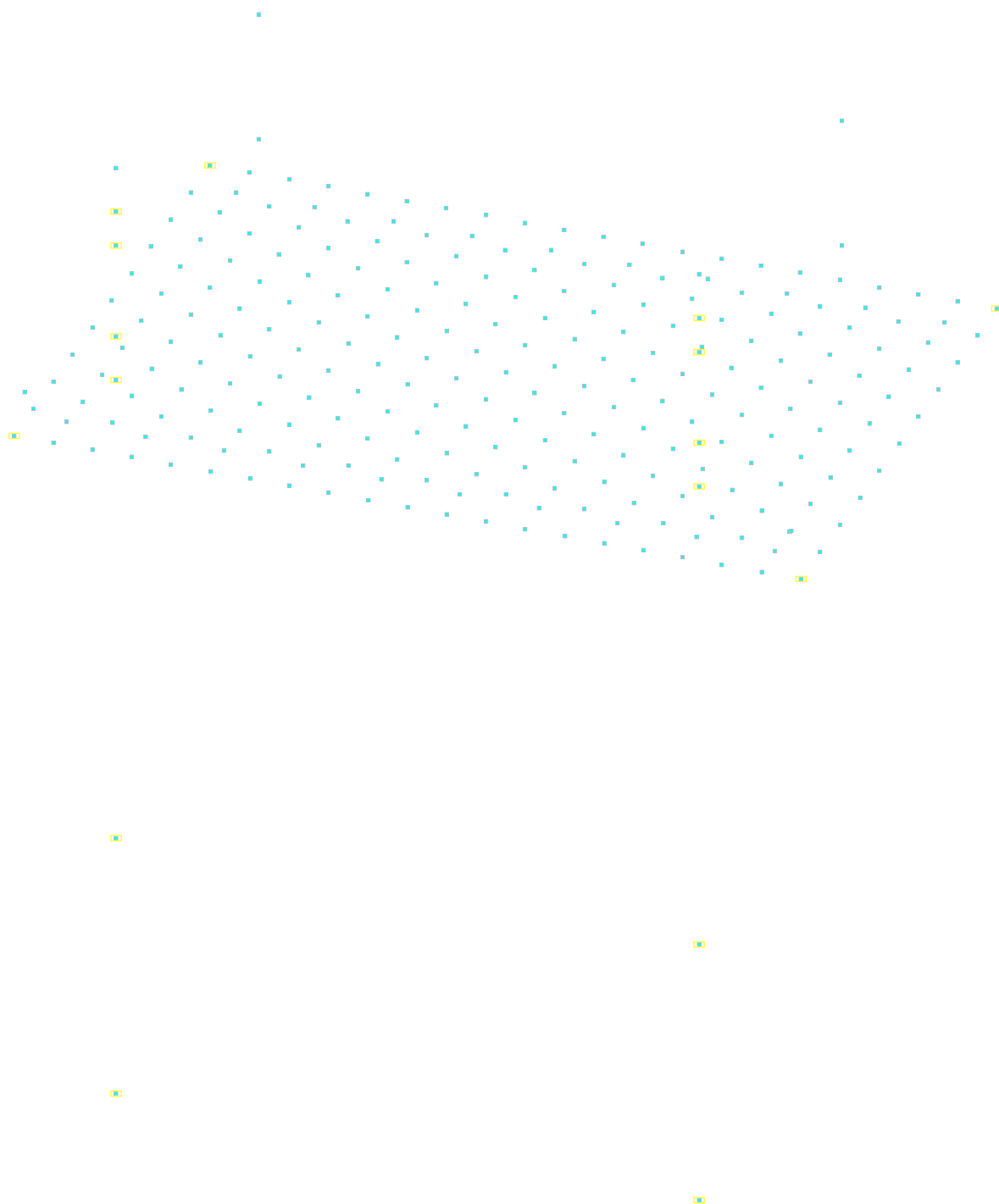


Рисунок 15 – Модель в SCAD – варіант 1



Рисунок 16 – Модель в SCAD – варіант 2

2.2.3. Навантаження на опорну систему

Згідно з [19] при проектуванні потрібно враховувати навантаження, що виникають під час зведення та експлуатації споруд, а також при виготовленні, зберіганні та транспортуванні будівельних конструкцій.

Навантаження та впливи поділяються на механічні та немеханічної природи, які призводять до зниження несучої здатності і експлуатаційної придатності конструкцій. Механічні впливи, що враховуються в розрахунку безпосередньо, розглядаються як сукупність сил, прикладених до конструкції (навантаження) або як вимушені переміщення і деформації елементів конструкції. Впливи немеханічної природи (наприклад, впливи агресивного середовища), як правило, враховуються в розрахунку опосередковано.

Залежно від причин виникнення навантаження і впливи поділяються на основні та епізодичні.

Залежно від змінюваності у часі впливи поділяються на постійні та змінні.

Залежно від тривалості неперервної дії змінні навантаження і впливи поділяються на тривалі, короткочасні та епізодичні. Навантаження, що виникають при виготовленні, зберіганні та перевезенні конструкцій, а також при зведенні споруд, слід враховувати при розрахунках як короткочасні.

До постійних навантажень слід відносити:

- вагу частин споруд, у тому числі вагу несучих та огорожувальних конструкцій;
- вагу та тиск ґрунтів (насипів, засипок), гірничий тиск.

Зусилля від попереднього напруження, що зберігаються у конструкції чи в основі, слід враховувати при розрахунках як зусилля від постійних навантажень.

До змінних тривалих навантажень слід відносити:

- вагу тимчасових перегородок, підливов та підбетонів під обладнання;
- вагу стаціонарного обладнання: верстатів, апаратів, моторів, місткостей, трубопроводів з арматурою, опорними частинами та ізоляцією, стрічкових

конвеєрів, постійних підйомних машин з їхніми канатами та напрямними, а також вагу рідких та твердих речовин, що заповнюють обладнання;

- тиск газів, рідин та сипучих тіл у місткостях та трубопроводах, надлишковий тиск та розрідження повітря, що виникає при вентиляції шахт;
- навантаження на перекриття від складованих матеріалів і стелажного обладнання у складських приміщеннях, холодильниках, зерносховищах, книгосховищах, архівах та подібних приміщеннях та ін.

До змінних короточасних навантажень слід відносити:

- навантаження від устаткування, що виникають у пускозупинному, перехідному та випробувальному режимах, а також під час його перестановки чи заміни з граничними чи експлуатаційними розрахунковими значеннями;
- вагу людей, ремонтних матеріалів у зонах обслуговування та ремонту устаткування з граничними чи експлуатаційними розрахунковими значеннями;
- навантаження від рухомого підйомно-транспортного устаткування (навантажувачів, електрокарів, кранів-штабелерів, тельферів), а також від мостових та підвісних кранів з граничними чи експлуатаційними розрахунковими значеннями;
- снігові навантаження з граничними чи експлуатаційними розрахунковими значеннями;
- температурні кліматичні впливи з граничними чи експлуатаційними розрахунковими значеннями;
- вітрові навантаження з граничними чи експлуатаційними розрахунковими значеннями; 3) ожеледні навантаження з граничними чи експлуатаційними розрахунковими значеннями.

До епізодичних навантажень належать:

- сейсмічні впливи;
- вибухові впливи;

- навантаження, викликані різкими порушеннями технологічного процесу, тимчасовою несправністю чи руйнуванням обладнання;
- впливи, обумовлені деформаціями основи, які супроводжуються докорінною зміною структури ґрунту (при замочуванні просадкових ґрунтів) або його осіданням у районах гірничих виробок і в карстових районах. Характеристичні і розрахункові значення епізодичних навантажень визначаються спеціальними нормативними документами.

В данному випадку для розрахунку опор приймаємо власну вагу платформи з тензодатчиками ($Q_1=16$ кН), яка являє собою статичне постійне навантаження, статичне та динамічне змінне короткочасне навантаження від рухомого складу з вантажем ($Q_2=315$ кН) або без ($Q_3=265$ кН).

Навантаження від рухомого складу прийнято по максимально можливому, що відповідає характеристикам вантажних вагонів [20].

2.2.4. Результати аналізу моделювання

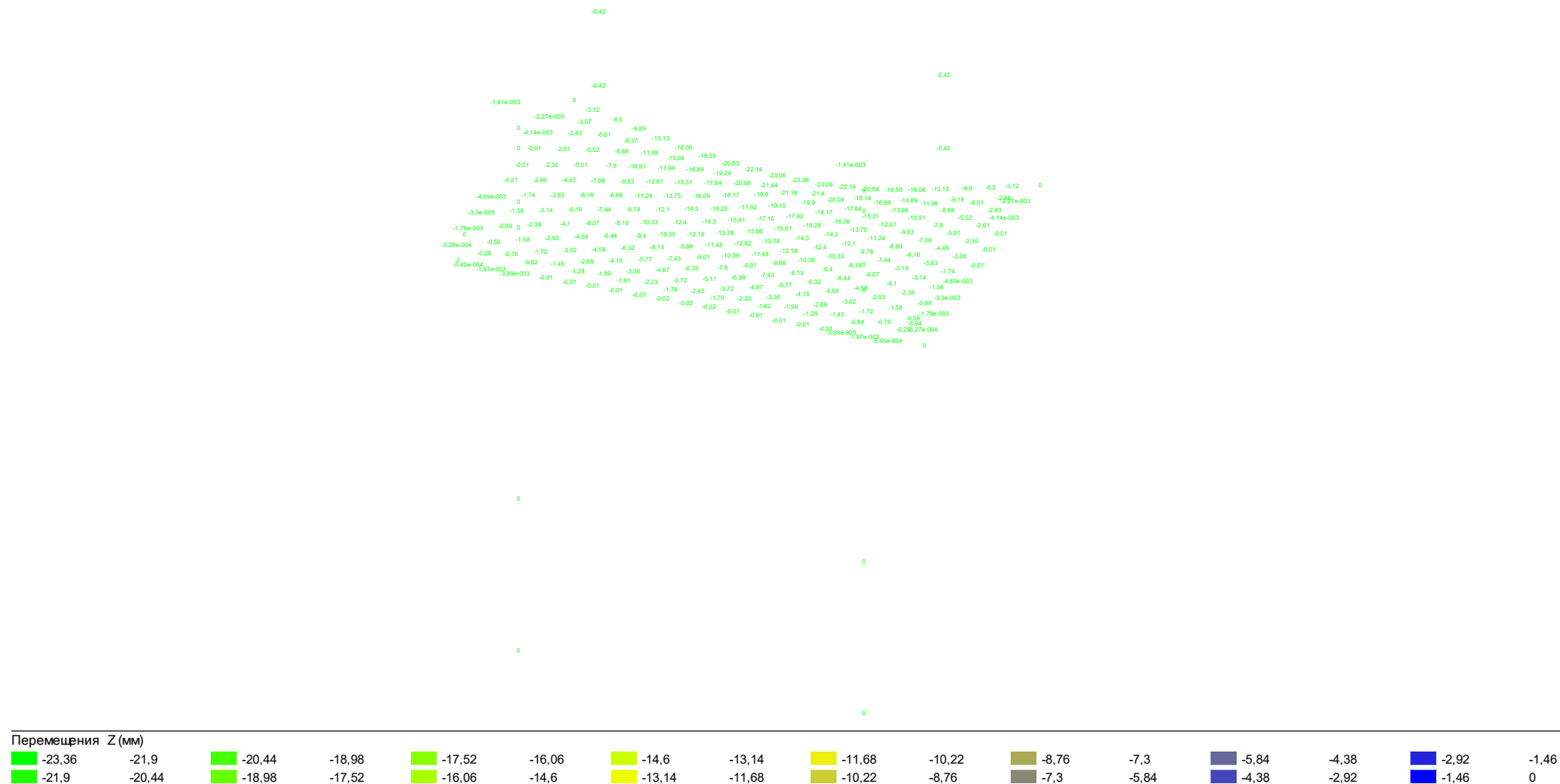


Рисунок 17 – Деформація рами від власної ваги – варіант 1

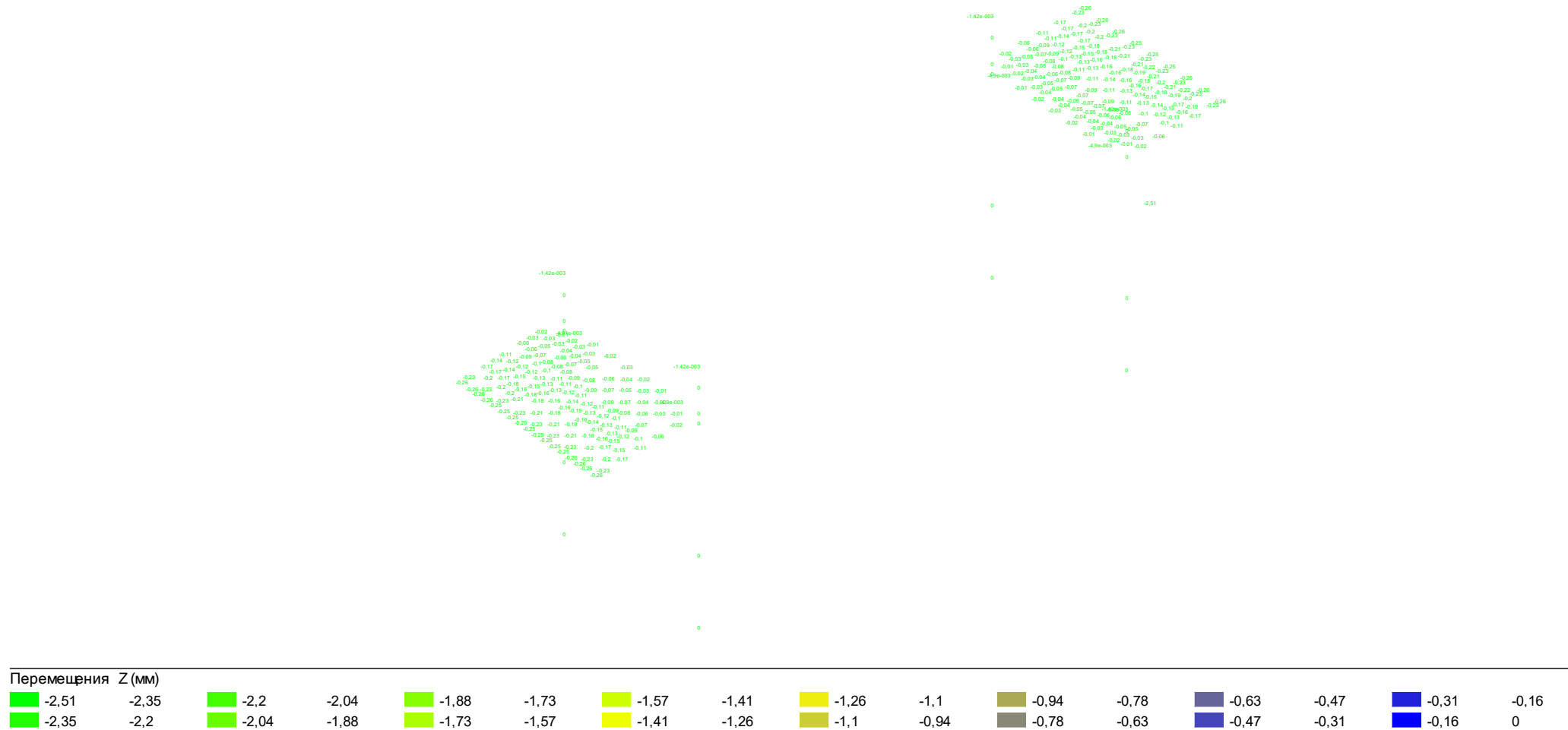


Рисунок 18 – Деформація рами від власної ваги – варіант 2

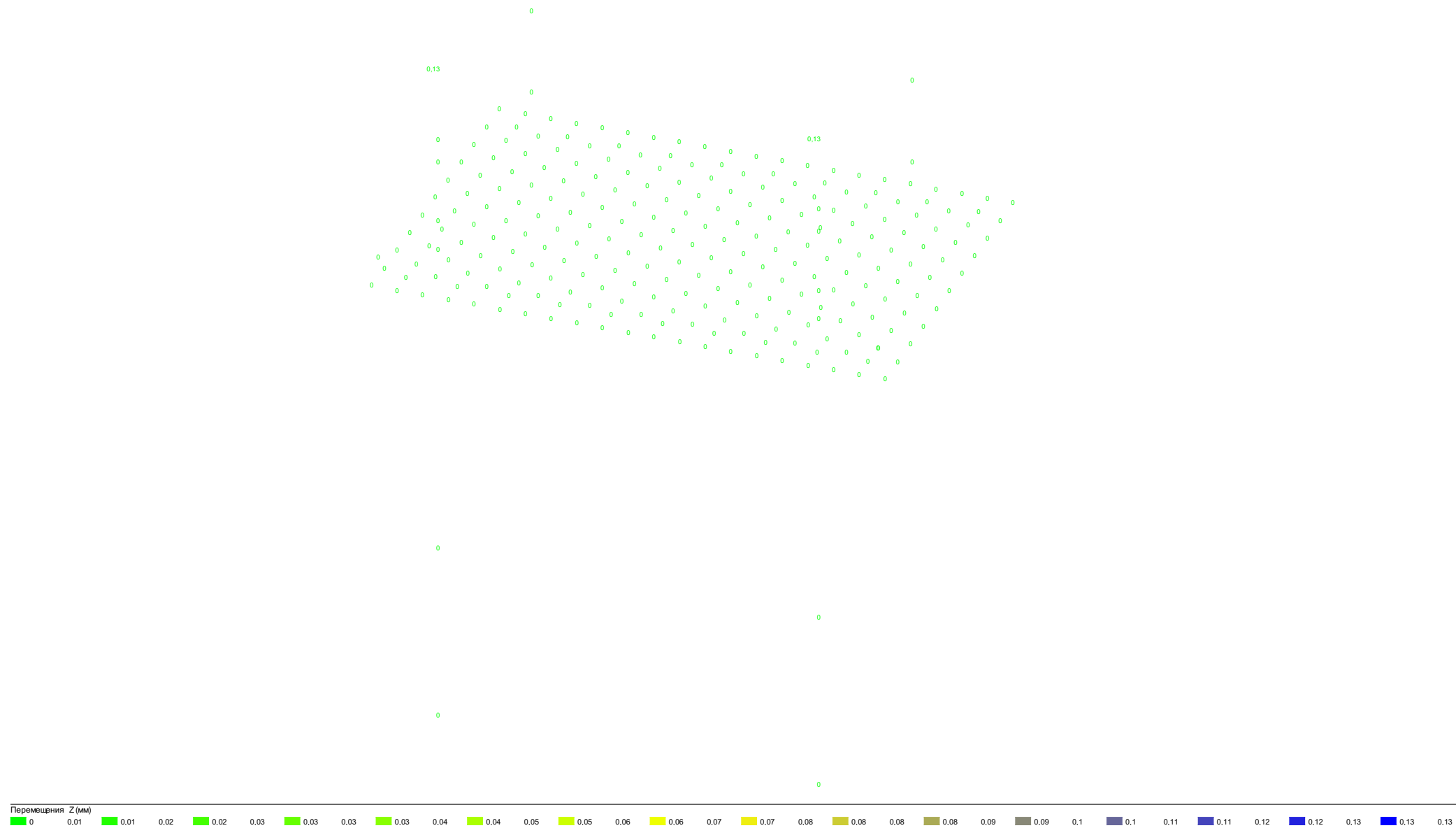


Рисунок 19 – Деформація рами від статичного навантаження – варіант 1



Рисунок 20 – Деформація рами від статичного навантаження – варіант 2

Таблиця 2 (початок)

Результат підбору перерізів

	Елемент	Кіль-сть, шт.	Переріз	Вага кг/м. п.(м²)	Загальна вага конструкції, т
Варіант 1	Стояк	4	□180x12	61,36	1,3
	Вертикальна пов'язь	2	└60x4	3,68	
	Конструкція під настил	2	└60x4	3,68	
	Настил	2	t 6	47,1	
	Розпірка (рівень 1)	2	[5	4,84	
	Консольна частина (рівень 1)	4	[5	4,84	
	Розпірка (рівень 2)	2	└40x3	1,85	
	Розпірка (рівень 3)	2	└25x3	1,12	
	Розпірка (рівень 4)	2	└25x3	1,12	
	Консольна частина (рівень 4)	4	└25x3	1,12	

Таблиця 2 (закінчення)

	Елемент	Кіль-сть, шт.	Переріз	Вага кг/м. п.	Загальна вага конструкції, т
Варіант 2	Стояк	4	□180x12	61,36	2,01
	Вертикальна пов'язь (поперечний напрям)	2	└60x4	2,7	
	Вертикальна пов'язь (поздовжній напрям)	2	└140x9	19,41	
	Конструкція під настил	2	└60x4	2,7	
	Настил	2	t 6	47,1	
	Розпірка (поперечний напрям)	2	[5	4,84	
	Розпірка (поздовжній напрям)	2	[14	12,3	

2.3. Обслуговуюча будівля

2.3.1. Загальне конструктивне рішення

Відповідно до [12] одноповерхова виробнича будівля завжди була та продовжує залишатись основним об'єктом виробничих підприємств. В значному ступені цьому сприяє простота планування такої будівлі, що дозволяє використовувати її для багатьох технологічних процесів. Останнім часом економічно доцільним виявляється виготовлення несучих каркасів одноповерхових виробничих будівель зі сталі. Це обумовлено більш високою як статичною, так і динамічною міцністю сталі, однорідністю та високою прогнозованістю її роботи під навантаженням, значною довговічністю при належній експлуатації та досить високою ремонтпридатністю виробів порівняно з іншими будівельними матеріалами.

Через це в останні десятиріччя обсяг будівництва сталевих одноповерхових виробничих будівель залишається досить значним. Такі будівлі здебільшого обладнують мостовими кранами різної вантажопідйомності. При цьому в більшості випадків використовують традиційні класичні компоновочні схеми та конструктивні рішення.

2.3.2. Збір навантажень

Вихідні дані

1. Сталь конструкцій – С245.
2. Проліт будівлі - $L = 18$ м.
3. Крок ферм – $B = 6$ м.
4. Крок колон - $C = 6 \times 18$ мхшт.
5. Тип покрівлі –прогонова холодна.
6. Переріз елементів ферми – кругла та квадратна труба.
7. Місце будівництва – станція Роя, м. Курахів, обл. Донецька
8. Тип місцевості - III.
9. Відмітка кранової рейки – $h_0 = 9,4$ м.
10. Вантажопідйомність крана – $Q = 50/12,5$ т .
11. Режим роботи крана – 6К.

Розрахункові згинальні моменти

для верхньої частини колони 300 кН·м;

для нижньої частини колони 1550 кН·м.

Постійні навантаження

В даному випадку для холодної прогонової покрівлі приймаємо наступний склад покрівлі:

- сталевий профільований настил – несучий шар;
- прогони – несучий шар.

Значення навантаження від власної ваги покрівлі визначаються в табл.3.

Таблиця 3

Постійні навантаження від власної ваги

№ пор.	Шар покрівлі	Характеристичне значення q_0 , кПа	Коефіцієнт надійності γ_{fm}	Граничне розрахункове значення q_{0m} , кПа
1	Сталевий профільований настил	0,05	1,10	0,055
2	Прогон	$0,015 \times 6 = 0,09$	1,10	0,099
3	Ферма, в'язі	$0,015 \times 18 = 0,27$	1,10	0,297
Сума		0,41		0,451

Таким чином, характеристичне значення навантаження від власної ваги покрівлі та ферми із в'язями дорівнює $q_0 = 0,41$.

Розрахункове граничне значення цього навантаження з урахуванням коефіцієнту відповідальності дорівнюватиме $q_m = q_{0m} \cdot \gamma_n = 0,415 \cdot 1,1 = 0,5$ кПа.

Змінне навантаження

Розрахункове граничне значення снігового навантаження:

$$S_m = \gamma_{fm} \cdot S_0 \cdot \mu \cdot C_e \cdot C_{alt} = \gamma_{fm} \cdot S_0 \cdot \mu \cdot C_e \cdot C_{alt} \cdot \cos \alpha^\circ \cdot \gamma_n = 1,04 \cdot 1,6 \cdot 1,0 \cdot 0,8 \cdot 1,0 \cdot \cos 5,7^\circ \cdot 1,1 = 1,22$$

В даному випадку:

- коефіцієнт $\gamma_{fm} = 1,04$ (для виробничої будівлі Т = 60 років);
 - характеристичне значення $S_0 = 1600$ Па = 1,6 кПа (обл. Донецька, 5 зона);
 - коефіцієнт $C_e = 0,8$ ($q_0 = 0,5 < 2,0$);
 - коефіцієнт $C_{alt} = 1$ (дані про висоту місцевості над рівнем моря відсутні);
 - коефіцієнт $\mu = 1$ (схема 1, б, варіант 1 з [19] на рисунку 2;
- $$\alpha = \arctg \frac{i}{100} = \arctg \frac{10}{100} \approx 5,7).$$

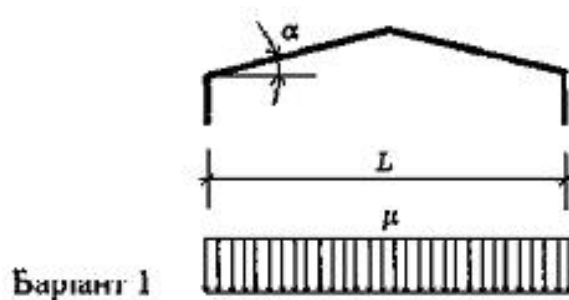


Рисунок 21 – Схема снігового навантаження для заданої будівлі

Визначення зусиль

В даному випадку:

для крайніх вузлів $F_1 = Q \cdot B \cdot d_1 = 1 \cdot 6 \cdot 1,5 = 9 \text{ кН}$;

для проміжних вузлів $F_2 = Q \cdot B \cdot d_2 = 1 \cdot 6 \cdot 3 = 18 \text{ кН}$

2.3.3. Розрахунок ферми

Визначення розрахункових параметрів

Коефіцієнт відповідальності

Клас наслідків – СС2;

Категорія відповідальності – А;

$$\gamma_n = 1,1.$$

Розрахунковий опір сталі:

$$R_y = 230 \text{ МПа} = 23,0 \text{ кН/см}^2.$$

Компонування ферми

1. Проліт ферми $L = 18 \text{ м} = 18000 \text{ мм}$.

2. Висота ферми в прольоті $H_{\text{пр}} = \left(\frac{1}{8} \div \frac{1}{10}\right) \cdot L = \left(\frac{1}{8} \div \frac{1}{10}\right) \cdot 18 = 2,25 \div 1,8$

м. Приймаємо $H_{\text{пр}} = 2 \text{ м}$.

3. Ухил верхнього поясу ферми $i = 10 - 5 \%$. Приймаємо $i = 10 \%$.

4. Висота ферми на опорі $H_{\text{оп}} = H_{\text{пр}} - \frac{L}{2} \cdot \frac{i}{100} = 2 - \frac{18}{2} \cdot \frac{10}{100} \text{ м} = 1100 \text{ мм}$.

5. Система решітки приймається трикутною з додатковими стійками.

Стойки розміщуються з кроком 6 м. Довжина панелі верхнього поясу становить $d = 3 \text{ м}$.

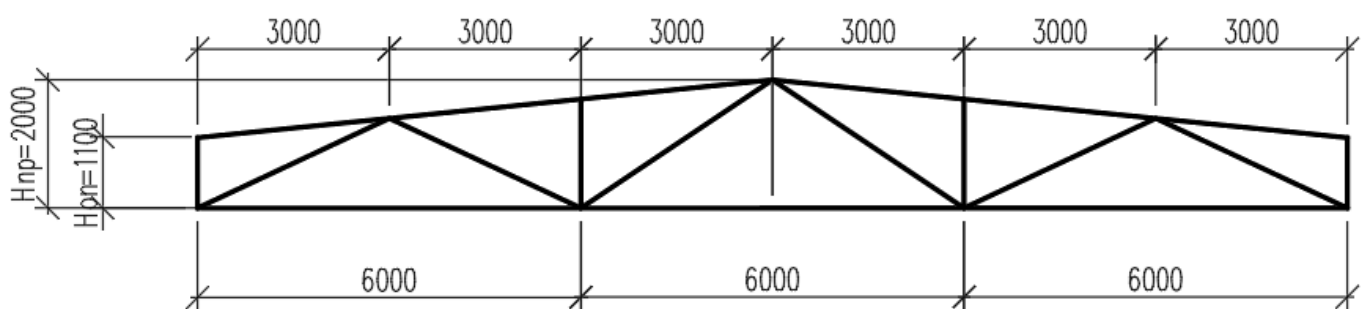


Рисунок 22 – Геометрична схема кроквяної ферми

Збір навантажень

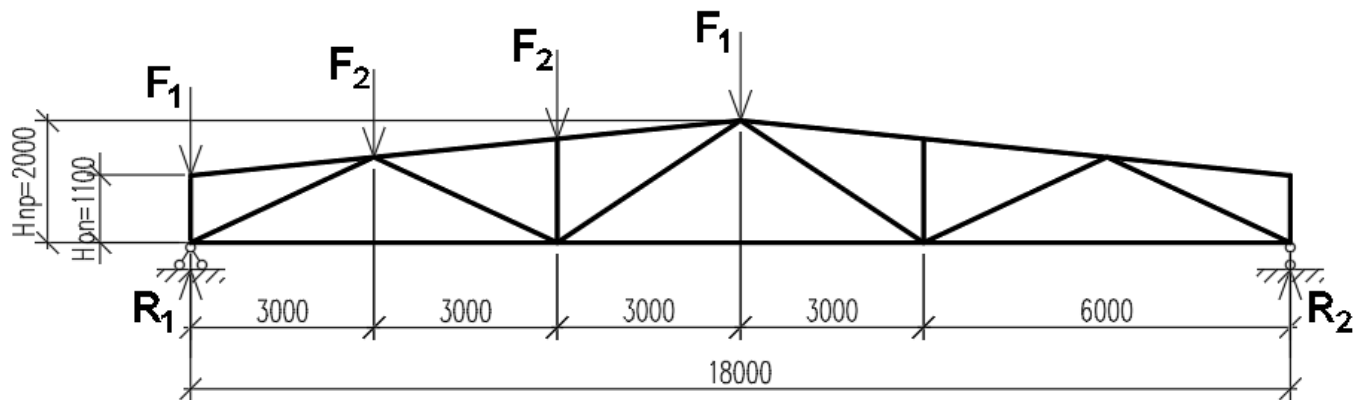


Рисунок 23 – Розрахункова схема кроквяної ферми

Визначення опорних реакцій.

$$\sum M_1 = F_2 \cdot 3 + F_2 \cdot 6 + F_1 \cdot 9 - R_2 \cdot 18 = 0.$$

$$\text{Звідси } R_2 = \frac{F_2 \cdot 3 + F_2 \cdot 6 + F_1 \cdot 9}{18} = \frac{18 \cdot 3 + 18 \cdot 6 + 9 \cdot 9}{18} = 13,5 \text{ кН.}$$

$$\sum M_2 = F_1 \cdot 9 + F_2 \cdot 12 + F_2 \cdot 15 + F_1 \cdot 18 - R_1 \cdot 18 = 0.$$

$$\text{Звідси } R_1 = \frac{F_1 \cdot 9 + F_2 \cdot 12 + F_2 \cdot 15 + F_1 \cdot 18}{18} = \frac{9 \cdot 9 + 18 \cdot 12 + 18 \cdot 15 + 9 \cdot 18}{18} = 40,5 \text{ кН.}$$

Перевірка

$$\sum Y = F_1 + F_2 + F_2 + F_1 - R_2 - R_1 = 9 + 18 + 18 + 9 - 13,5 - 40,5 = 0.$$

Викреслюється геометрична схема кроквяної ферми рис. 15 (масштаб 1:100).

Будується діаграма Максвелла-Кремони рис. 25. (1 см = 4 кН).

За діаграмою Максвелла-Кремони визначаються величини зусиль в елементах ферми. Стиснуті елементи показані товстішими лініями.

Остаточні визначені за діаграмою зусилля від одиничного навантаження заносяться в табл. 4.

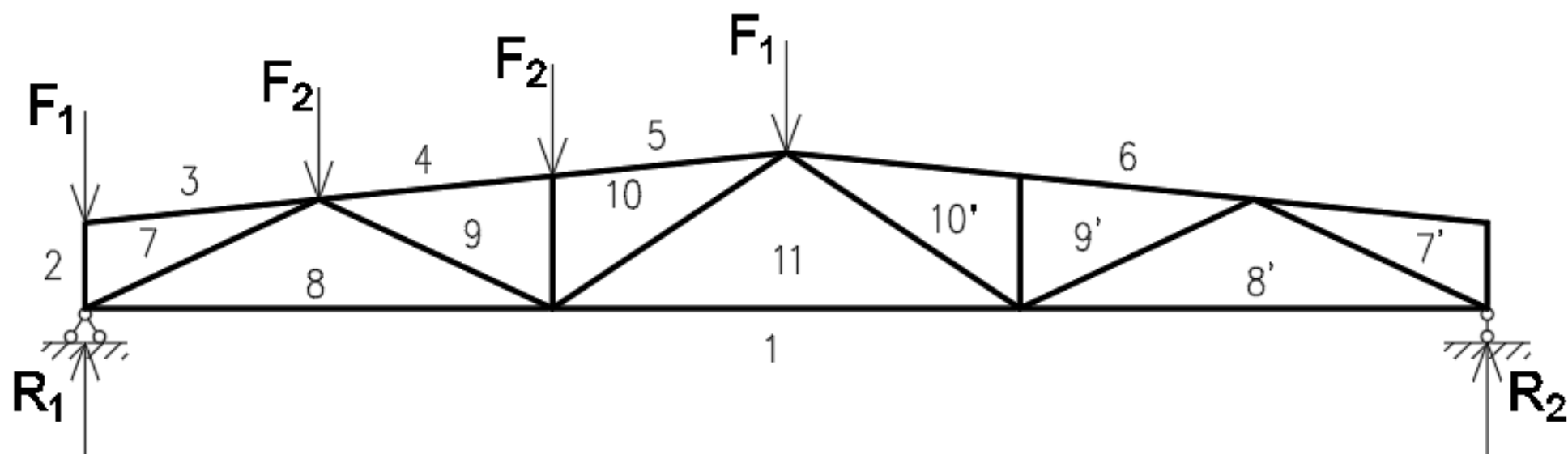


Рисунок 24 – Маркувальна схема кроквяної ферм

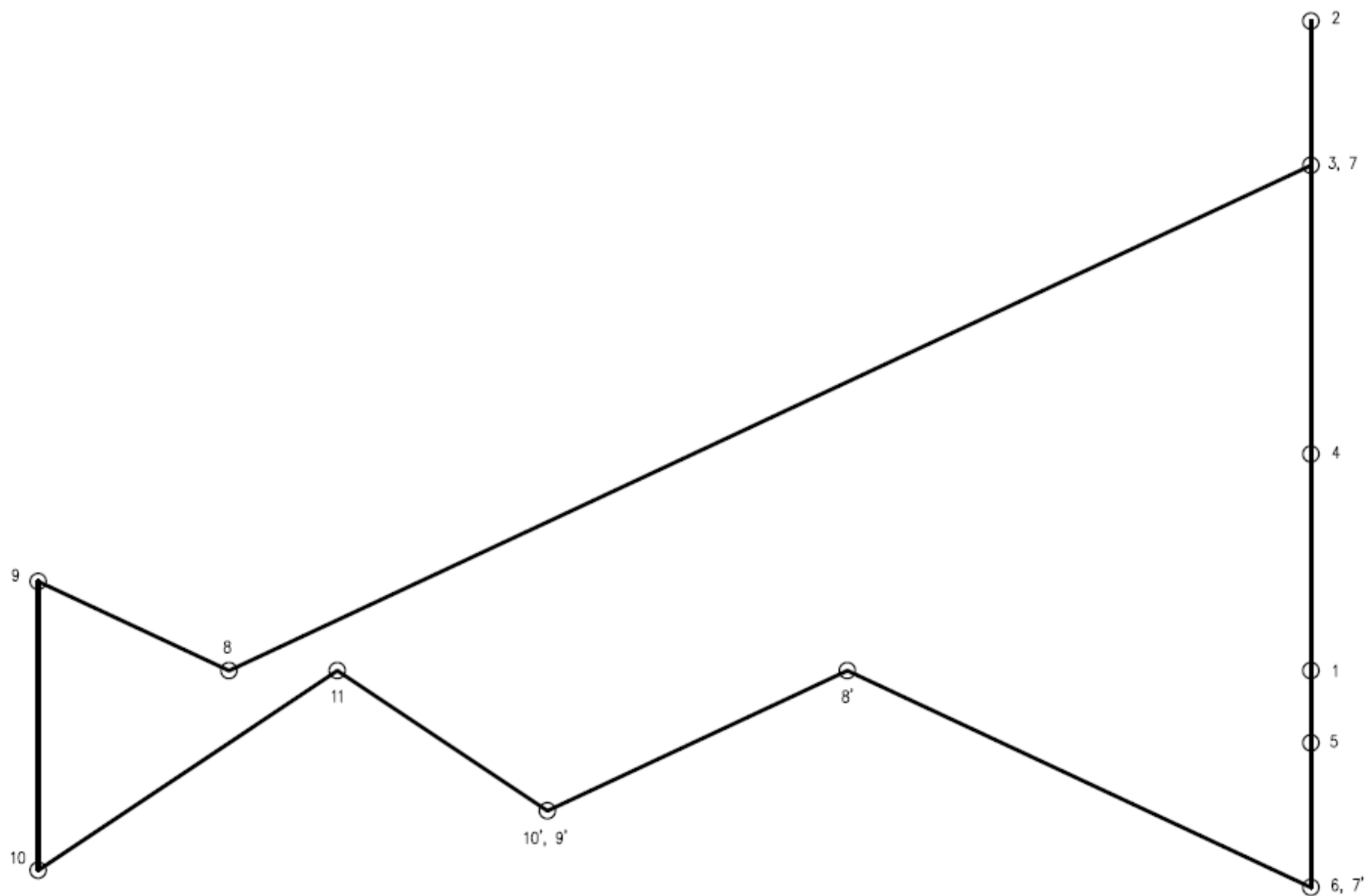


Рисунок 25 – Діаграма Максвела-Кремони

Таблиця 4

Зусилля в елементах кроквяної ферми

Елементи ферми		Зусилля від одиничного навантаження $Q = 1,0$ кПа для завантаженої ферми, кН			Зусилля від розрахункового граничного значення навантажень, кН				Розрахункове зусилля N , кН
					Постійного $q_m = 0,5$ кПа	Змінного снігового $S_m = 1,22$ кПа для завантаженої ферми			
		ліворуч	праворуч	повністю			ліворуч	праворуч	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Верхній пояс	3-7	0	0	0	0	0	0	0	0
	4-9	-79,8	-47,9	-127,7	-63,85	-97,36	-58,44	-155,8	-219,64
	5-10	-79,8	-47,4	-127,2	-63,6	-97,36	-57,83	-155,2	-218,78
Нижній пояс	1-8	67,5	28,9	96,4	48,2	82,35	35,258	117,61	165,808
	1-11	60,8	60,8	121,6	60,8	74,176	74,176	148,35	209,152
Розкоси	7-8	-74,5	-31,9	-106,4	-53,2	-90,89	-38,92	-129,8	-183,01
	8-9	13,1	20,7	33,8	16,9	15,982	25,254	41,236	58,136
	10-11	22,4	-15,7	6,7	3,35	27,328	-19,15	8,174	11,524
Стійки	2-7	-9	0	-9	-4,5	-10,98	0	-10,98	-15,48
	9-10	-18	0	-18	-9	-21,96	0	-21,96	-30,96

Підбір перерізів

За визначеними зусиллями підбираються перерізи в елементах кроквяної ферми заданого за вихідними даними типу.

Підбір наведено в табл. 5 та 6.

Так як ферма довжиною 18 м, що є максимально допустимим габаритом вантажу для залізничної платформи, то конструкцію немає сенсу розділяти на відправні марки.

1) Підбір розтягнутих елементів:

з умови міцності визначається потрібна площа перерізу елемента:

$$A_{cal} = \frac{N}{R_y \gamma_c},$$

$$1 - 8: A_{cal} = \frac{165,808}{23 \cdot 1,0} = 7,21 \text{ см}^2 \quad (\circ 70 \times 2,5; \quad A = 7,31 \text{ см}^2. \quad \square 50 \times 50 \times 4,5;$$

$$A = 7,67 \text{ см}^2);$$

$$1 - 11: A_{cal} = \frac{209,152}{23 \cdot 1,0} = 9,09 \text{ см}^2 \quad (\circ 108 \times 2,8; \quad A = 9,25 \text{ см}^2.$$

$$\square 60 \times 60 \times 4,5; \quad A = 9,47 \text{ см}^2);$$

$$8 - 9: A_{cal} = \frac{58,136}{23 \cdot 1,0} = 2,53 \text{ см}^2 \quad (\circ 53 \times 1,6; \quad A = 2,58 \text{ см}^2.$$

$$\square 40 \times 40 \times 2; \quad A = 2,94 \text{ см}^2);$$

$$10 - 11: A_{cal} = \frac{11,524}{23 \cdot 1,0} = 0,5 \text{ см}^2 \quad (\circ 25 \times 1,5; \quad A = 1,1 \text{ см}^2.$$

$$\square 40 \times 40 \times 2; \quad A = 2,94 \text{ см}^2).$$

$$\text{Висота перерізів менша за } \frac{l}{10} = \frac{600}{10} = 60 \text{ см} = 600 \text{ мм}.$$

Гнучкість у вертикальній і горизонтальній площинах:

$$\lambda_{ef} = \frac{l_{ef}}{i_{ef}};$$

$$\lambda_{ef,1} = \frac{l_{ef,1}}{i_{ef,1}}.$$

Перевірка гнучкості:

$$\lambda_{max} \leq [\lambda].$$

Коефіцієнт ефективності перерізу:

$$\alpha = \frac{N}{A \cdot R_y \gamma_c}.$$

2) Підбір стиснутих елементів:

з умови загальної стійкості визначається потрібна площа перерізу елемента:

$$A_{cal} = \frac{N}{\varphi \cdot R_y \cdot \gamma_c},$$

$$4 - 9 \quad A_{cal} = \frac{219,64}{0,7 \cdot 23 \cdot 1,0} = 13,64 \text{ см}^2 (\circ 102 \times 4,5; A = 13,78 \text{ см}^2).$$

$$\square 100 \times 100 \times 4; A = 14,95 \text{ см}^2);$$

$$5 - 10 \quad A_{cal} = \frac{218,78}{0,7 \cdot 23 \cdot 1,0} = 13,59 \text{ см}^2 (\circ 102 \times 4,5; A = 13,78 \text{ см}^2).$$

$$\square 100 \times 100 \times 4; A = 14,95 \text{ см}^2);$$

$$7 - 8 \quad A_{cal} = \frac{183,01}{0,7 \cdot 23 \cdot 1,0} = 11,37 \text{ см}^2 (\circ 83 \times 5; A = 12,25 \text{ см}^2. \square 80 \times 80 \times 4;$$

$$A = 11,75 \text{ см}^2);$$

$$9 - 10 \quad A_{cal} = \frac{30,96}{0,7 \cdot 23 \cdot 1,0} = 1,92 \text{ см}^2 (\circ 27 \times 2,5; A = 1,92 \text{ см}^2).$$

$$\square 40 \times 40 \times 2; A = 2,94 \text{ см}^2).$$

Гнучкість у вертикальній і горизонтальній площинах:

$$\lambda_{ef} = \frac{l_{ef}}{i_{ef}};$$

$$\lambda_{ef,1} = \frac{l_{ef,1}}{i_{ef,1}}.$$

Перевірка гнучкості:

$$\lambda_{max} \leq \lambda_u.$$

Умовна гнучкість:

$$\lambda = \lambda_{max} \cdot \sqrt{\frac{R_y}{E}}.$$

Коефіцієнт ефективності перерізу:

$$\alpha = \frac{N}{\varphi_{min} \cdot A \cdot R_y \cdot \gamma_c}.$$

Усі розрахунки виконано за допомогою програми Excel.

Для елементів 4-9 ($\alpha = 1,37$); 5-10 ($\alpha = 1,37$); 7-8 ($\alpha = 2,02$); 10-11 ($\alpha = 6,98$); 9-10 ($\alpha = 1,78$) переріз виявився занадто малий, тому обираємо більші кутики $0,95 \leq \alpha \leq 1,02$.

Таблиця 5

Підбір перерізів елементів кроквяної ферми з труби круглої (ГОСТ 10704-91)

Елементи ферми		Розрахункове зусилля N, кН	Переріз	A, см ³	l, см	У площині ферми			З площини ферми			[λ]	λ	φ _{min}	γ _c	Коефіцієнт ефективності α
						l _{ef} , см	і _{ef} , см	λ _{ef} , см	l _{ef} 1, см	і _{ef} , см	λ _{ef} , см					
Верхній пояс	3-7	0	○	-	301,5	301,5	-	-	301,5	-	-	120	-	-	1	-
	4-9	-219,64	○102x4,5	13,78	301,5	301,5	3,45	87,39	301,5	3,45	87,39	120	2,9201	0,721	1	0,96
	5-10	-218,78	○102x4,5	13,78	301,5	301,5	3,45	87,39	301,5	3,45	87,39	120	2,9201	0,721	1	0,96
Нижній пояс	1-8	165,808	○70x2,5	7,31	600	600	2,35	255,3	600	2,35	255,3	400	-	-	1	0,99
	1-11	209,152	○108x2,8	9,25	600	600	3,72	161,3	600	3,72	161,3	400	-	-	1	0,98
Розкоси	7-8	-183,01	○83x5	12,25	331	331	2,76	119,9	331	2,76	119,9	120	4,01	0,473	1	1,37
	8-9	58,136	○53x1,6	2,58	331	264,8	1,82	145,5	297,9	1,82	163,7	400	-	-	1	0,98
	10-11	11,524	○25x1,5	0,51	360,6	288,48	0,83	347,6	324,54	0,83	391,0	400	13,07	0,045	1	10,12
Стійки	9-10	-15,48	○27x2,5	1,92	170	160	0,87	183,9	200	0,87	229,9	120	7,68	0,129	1	2,72

Таблиця 6

Підбір перерізів елементів кроквяної ферми з труби квадратної (ГОСТ 30245-2003)

Елементи ферми		Розрахункове зусилля N, кН	Переріз	A, см ³	l, см	У площині ферми			З площини ферми			[λ]	λ	φ _{min}	γ _c	Коефіцієнт ефективності α
						l _{ef} , см	i _{ef} , см	λ _{ef} , см	l _{ef} 1, см	i _{ef} , см	λ _{ef} , см					
Верхній пояс	3-7	0	○	-	301,5	301,5	-	-	301,5	-	-	120	-	-	1	-
	4-9	-219,64	□100x4	14,95	301,5	301,5	3,89	77,51	301,5	3,89	77,51	120	2,59	0,785	1	0,81
	5-10	-218,78	□100x4	14,95	301,5	301,5	3,89	77,51	301,5	3,89	77,51	120	2,59	0,785	1	0,81
Нижній пояс	1-8	165,808	□50x4,5	7,67	600	600	1,82	329,7	600	1,82	329,7	400	-	-	1	0,94
	1-11	209,152	□60x4,5	9,47	600	600	2,23	269,1	600	2,23	269,1	400	-	-	1	0,96
Розкоси	7-8	-183,01	□80x4	11,75	331	331	3,07	107,8	331	3,07	107,8	120	3,60	0,404	1	1,68
	8-9	58,136	□40x2	2,94	331	264,8	1,54	172,0	297,9	1,54	193,4	400	-	-	1	0,86
	10-11	11,524	□40x2	2,94	360,6	288,48	1,54	187,3	324,54	1,54	210,7	400	7,04	0,155	1	1,10
Стійки	9-10	-15,48	□40x2	2,94	170	160	1,54	103,9	200	1,54	129,9	120	4,34	0,138	1	1,66

Використання профільних труб забезпечує економію металу до 20-25% в порівнянні з використанням двотаврового прокату при аналогічній міцності конструкції.

За результатом розрахунку профіль з круглої виявляється більш ефективним, за виключенням деяких елементів.

Тому обираємо круглий переріз переріз, його матеріаломісткість менша від квадратного майже в 2 рази.

Коефіцієнт ефективності в деяких елементах виходить за допустимі межі ($\alpha=0,95\div1,02$). Але з метою підвищення технологічності виготовлення кроквяної ферми виконується уніфікація елементів. Так як мінімальна товщина стінки профілю має бути 3 мм, що дозволяє уникнути пропалу стінки при зварюванні, а мінімально допустимий розмір для труби 51x3, що дозволяє забезпечити необхідну жорсткість елементу ферми при транспорті і монтажі, деякий профіль замінюється на більший.

Таблиця 7

Остаточні підібрані перерізи елементів кроквяної ферми

Елемент ферми		Переріз елементів ферми вага, кг/м.п.	
		З круглої труби	З квадратної труби
Верхній пояс		$\frac{\circ 102 \times 4,5}{10,82}$	$\frac{\square 100 \times 4}{11,73}$
Нижній пояс		$\frac{\circ 108 \times 3}{7,77}$	$\frac{\square 100 \times 4}{11,73}$
Розкоси	7-8	$\frac{\circ 83 \times 5}{9,62}$	$\frac{\square 80 \times 4}{9,22}$
	Всі інші	$\frac{\circ 53 \times 3}{3,7}$	$\frac{\square 60 \times 3}{5,19}$
Стійки	9-10	$\frac{\circ 89 \times 3}{6,36}$	$\frac{\square 90 \times 3}{8,01}$
Загальна вага ферми, кг		323,25	601,02

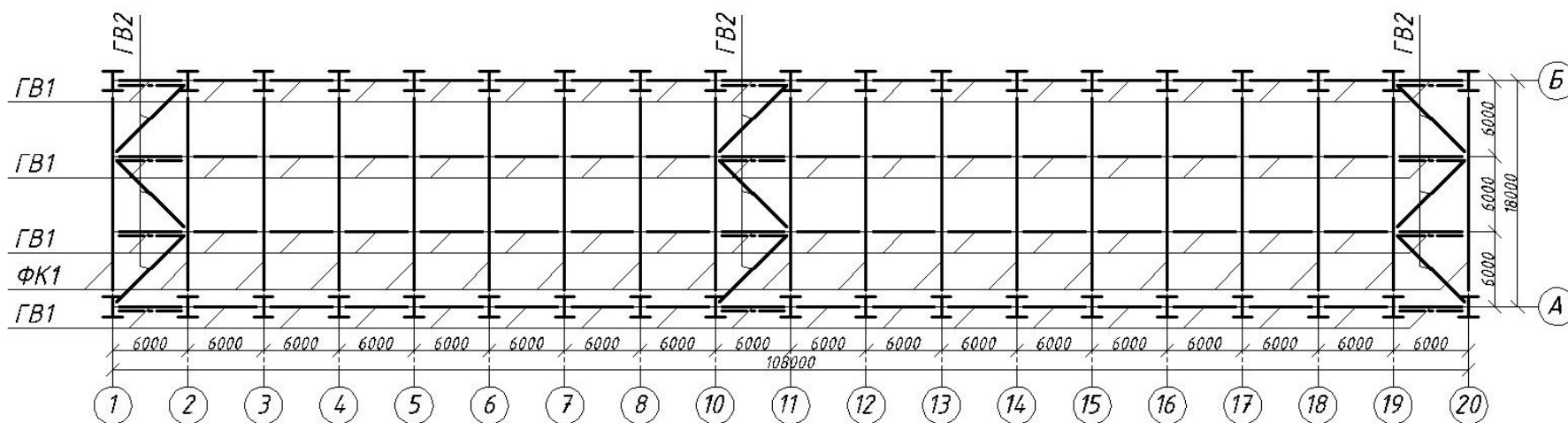


Рисунок 26 – План в'язей по верхніх поясах кроквяних ферм

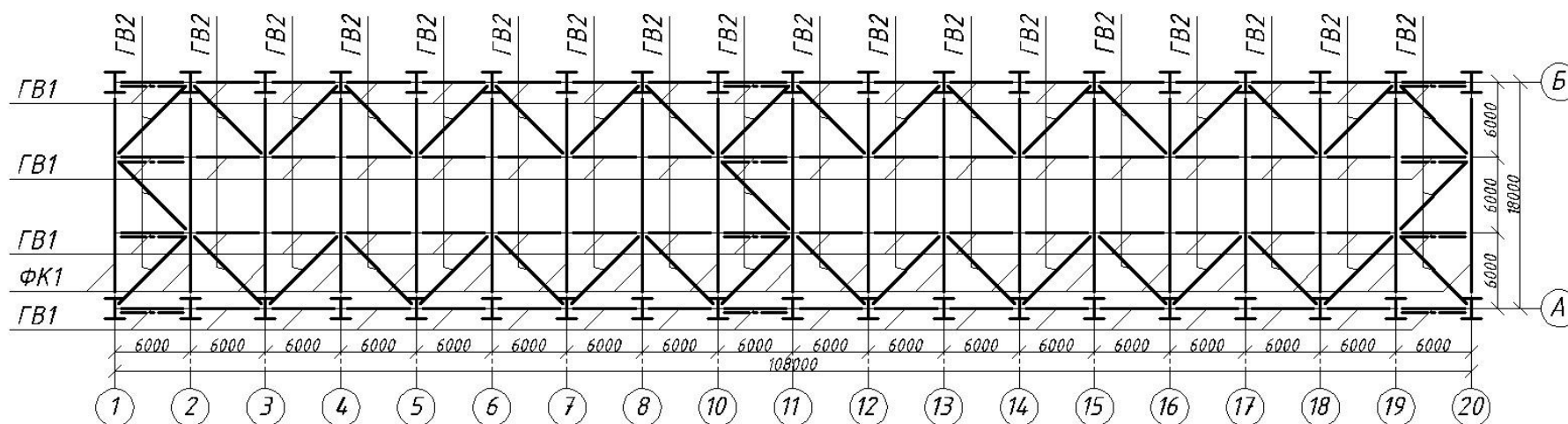


Рисунок 27 – План в'язей по нижніх поясах кроквяних ферм

2.3.4. Розрахунок колони

Характеристики заданого мостового крана:

Проліт крана:

$$L_k = L - 2 \cdot \lambda = 18,0 - 2 \cdot 0,75 = 16,5 \text{ м.}$$

Висота $H_k = 3150$ мм;

ширина $B_k = 6860$ мм;

база $K = 5600$ мм;

звіс $L_1 = 300$ мм;

тиск колеса $F_k = 360$ кН

маса крана $G_k = 41,5$ т.

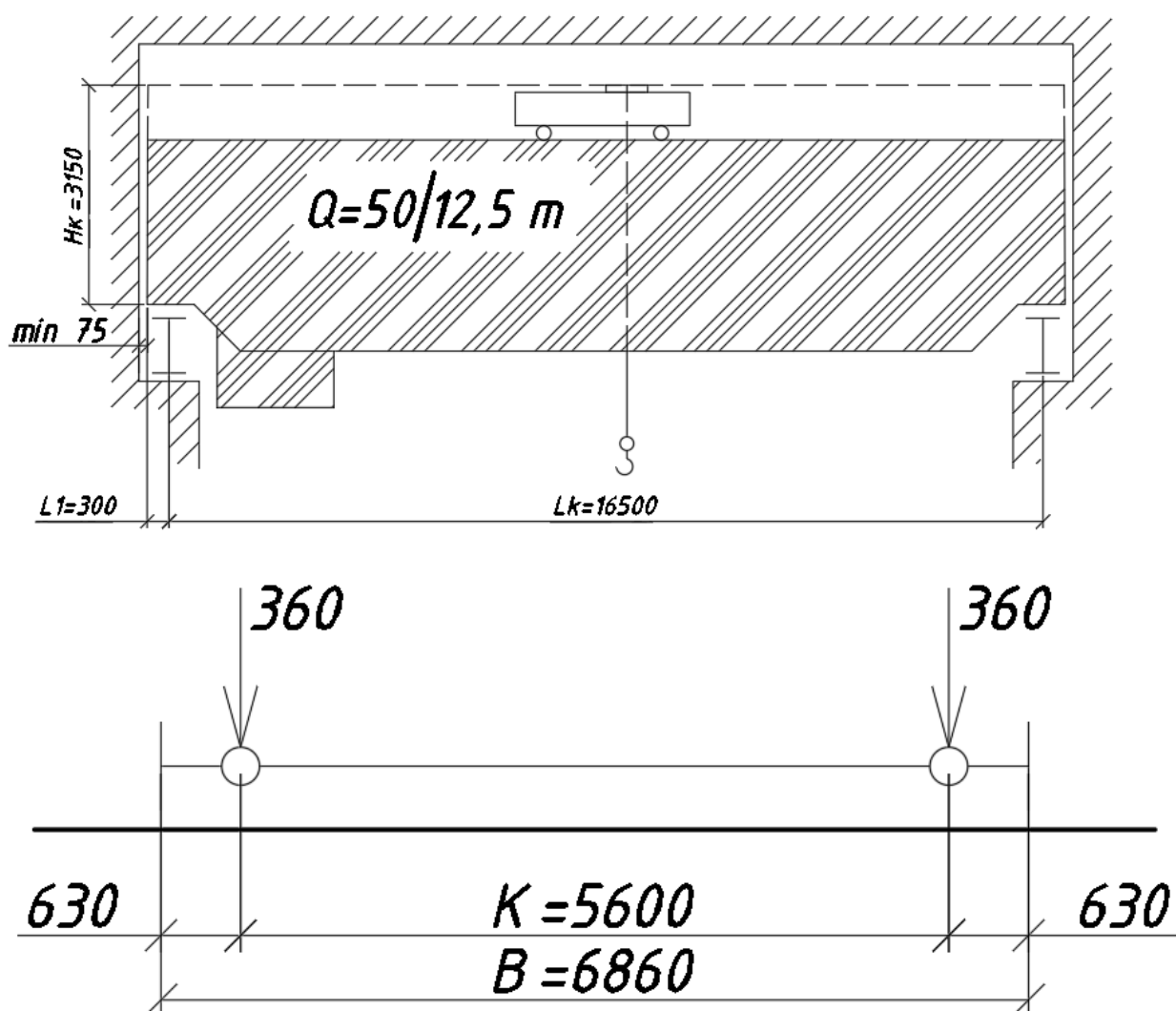


Рисунок 28 – Заданий мостовий кран

Компонування колони

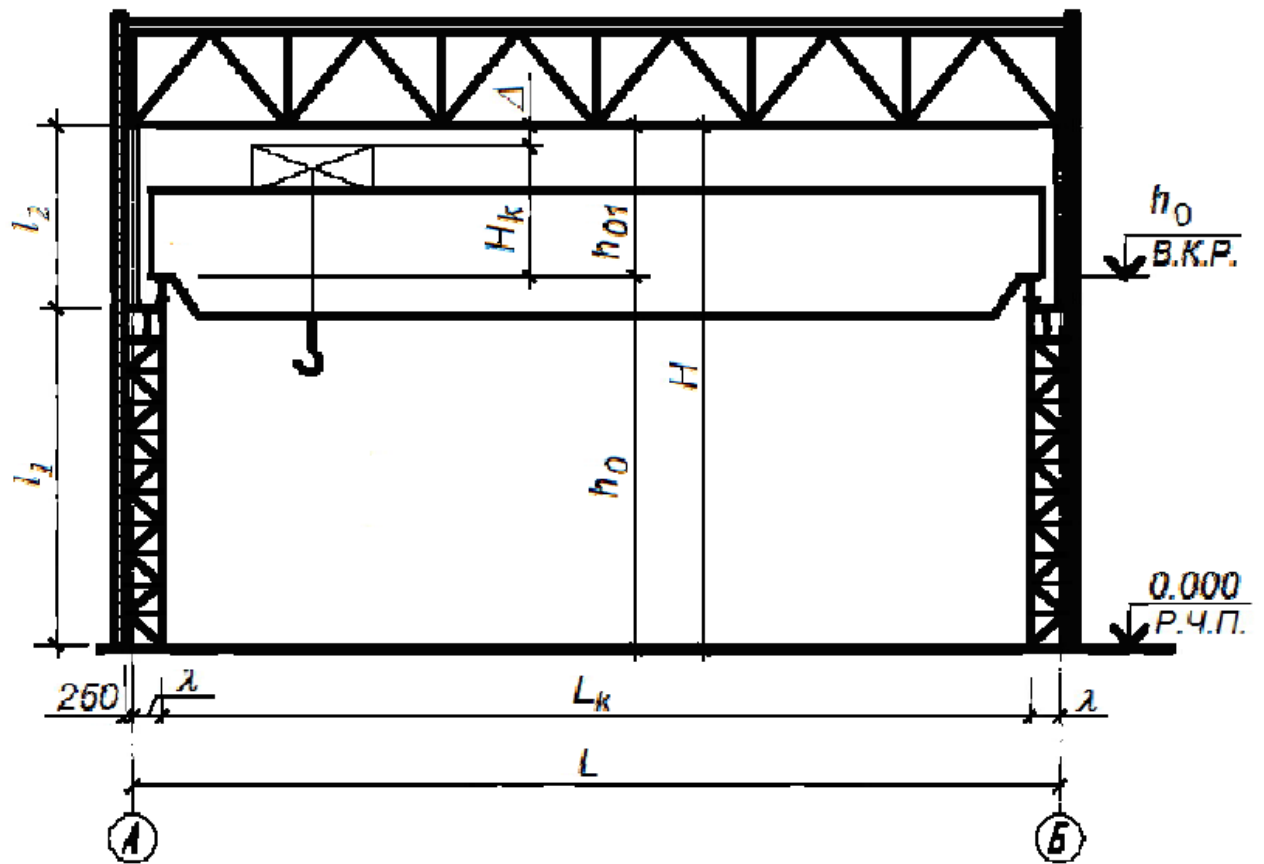


Рисунок 29 – Схема поперечного перерізу виробничої будівлі

Висота до низу ферми від відмітки кранової рейки (В.К.Р.):

$$h_{01} = H_k + \Delta = 3150 + 300 = 3450 \text{ мм.}$$

Корисна висота будівлі від Р.Ч.П. до низу ферми:

$$H = h_0 + h_{01} = 9,4 + 3,45 = 12,85 \text{ м} = 12850 \text{ мм.}$$

Довжина верхньої над кранової частини колони:

$$l_2 = h_{01} + h_6 + h_p = 3450 + 600 + 200 = 4250$$

мм

$$(h_6 = \frac{c}{10} = \frac{6}{10} = 0,6 \text{ м} = 600 \text{ мм}; h_p = 200 \text{ мм}).$$

Довжина нижньої підкранової частини колони:

$$l_1 = H - l_2 = 12850 - 4250 = 8600 \text{ мм.}$$

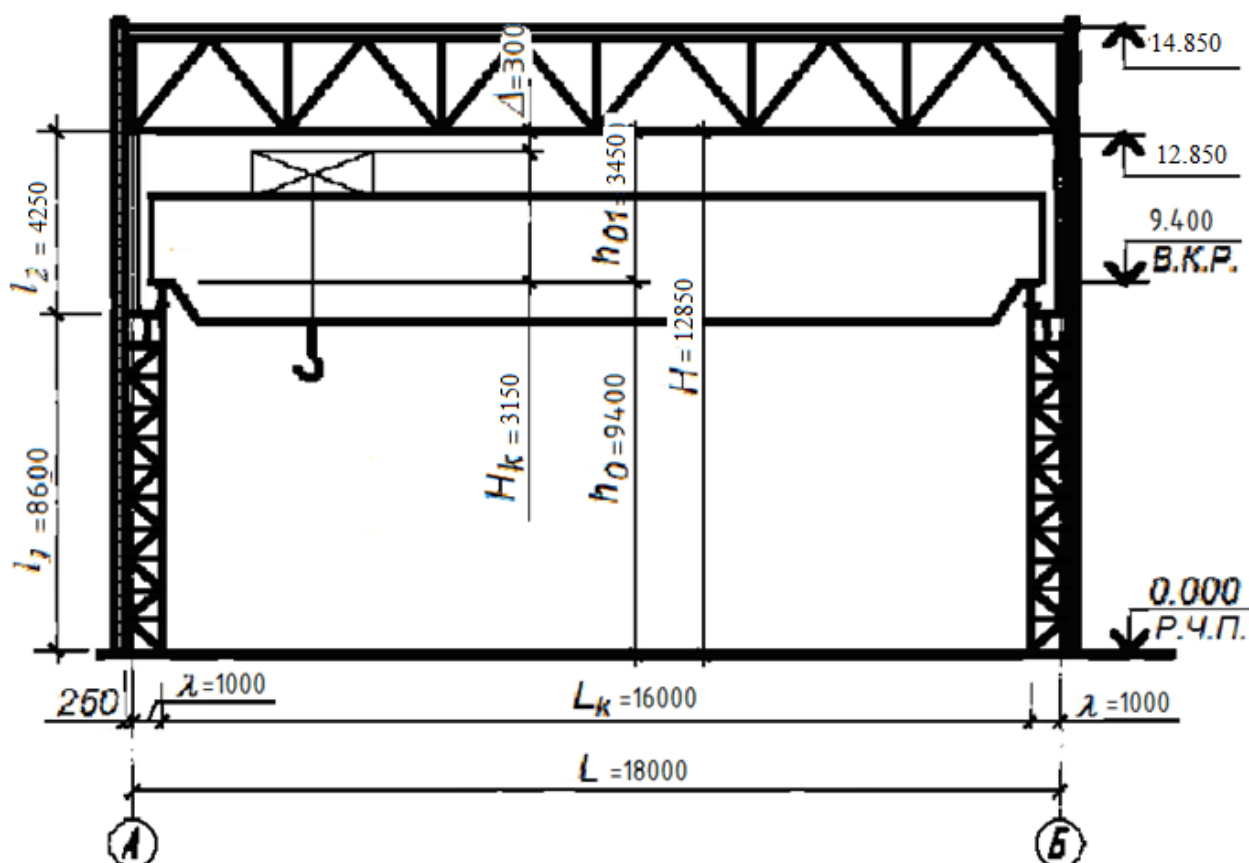


Рисунок 30 – Поперечний переріз виробничої будівлі
Збір навантажень

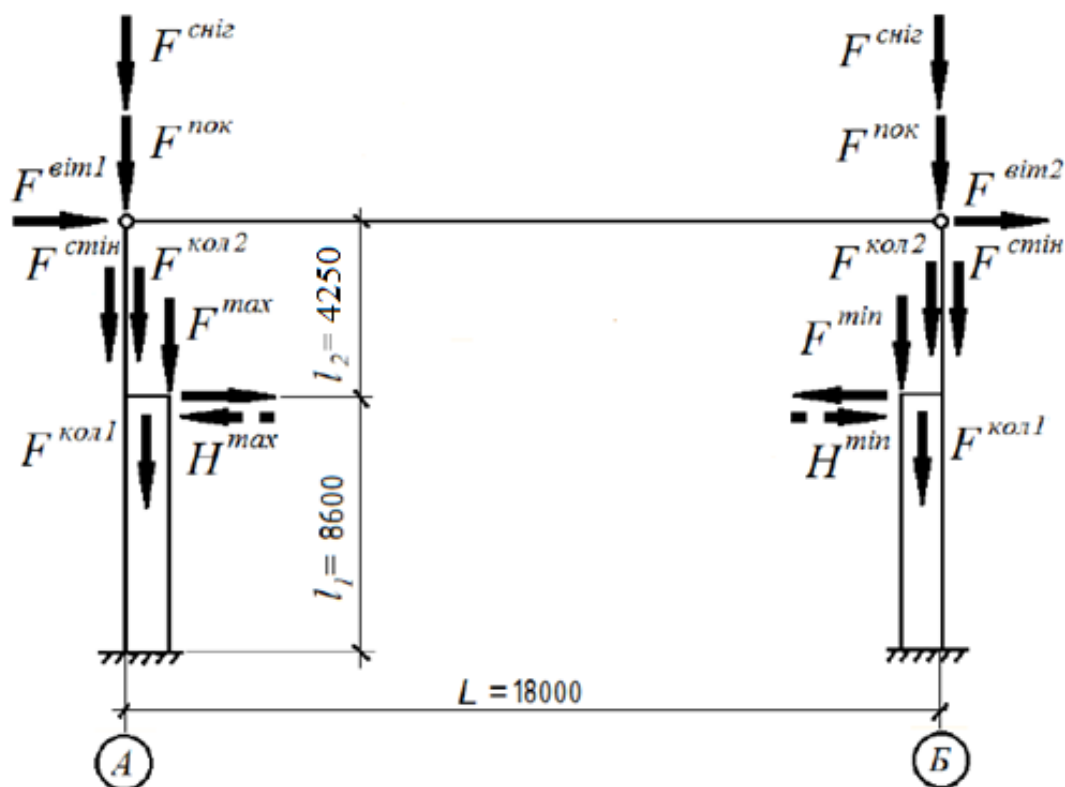


Рисунок 31 – Навантаження на колону ряду А

Власна вага покрівлі, ферми та в'язів

Передається на колону у вигляді зосередженого навантаження:

$$F_m^{\text{пок}} = q_m \cdot C \cdot \frac{L}{2 \cdot \cos \alpha} = 0,5 \cdot 6 \cdot \frac{18}{\cos 5,7^\circ} = 54,3 \text{ кН.}$$

Власна вага стін

Передається на колону у вигляді зосередженого навантаження.

Вважається, що до рівня обпирання підкранової балки стіни самонесучі і їх власна вага передається на фундаментну балку та далі безпосередньо на фундамент. Вище цього власна вага стін збирається з вантажної площі.

$$F_m^{\text{стін}} = \gamma_{fm} \cdot q_0 \cdot (l_2 + H_{on}) \cdot 6 \text{ м} \cdot \gamma_n = 1,1 \cdot 0,41 \cdot (4,25 + 1,1) \cdot 6 \cdot 1,1 = 16 \text{ кН}$$

Власна вага колони

Характеристичне значення навантаження від власної ваги колони наближено:

$$q_0^{\text{кол}} = 0,5 \text{ кН/м}^2 \text{ (} Q = 50 \text{ т)}.$$

Навантаження від власної ваги колони передається на колону у вигляді двох зосереджених навантажень. Їх граничні значення дорівнюють:

$$F_m^{\text{кол1}} = 0,8 \cdot \gamma_{fm} \cdot q_0^{\text{кол}} \cdot C \cdot \frac{L}{2} \cdot \gamma_n = 0,8 \cdot 1,1 \cdot 0,5 \cdot 6 \cdot \frac{18}{2} \cdot 1,1 = 26 \text{ кН;}$$

$$F_m^{\text{кол2}} = 0,2 \cdot \gamma_{fm} \cdot q_0^{\text{кол}} \cdot C \cdot \frac{L}{2} \cdot \gamma_n = 0,2 \cdot 1,1 \cdot 0,5 \cdot 6 \cdot \frac{18}{2} \cdot 1,1 = 6,5 \text{ кН.}$$

Снігове навантаження

Передається на колону у вигляді зосередженого навантаження:

$$F_m^{\text{сніг}} = S_m \cdot C \cdot \frac{L}{2} = 1,22 \cdot 6 \cdot \frac{18}{2} = 66 \text{ кН.}$$

Вітрове навантаження

$$W_m = \gamma_{fm} \cdot W_0 \cdot C_{aer} \cdot C_h \cdot C_{alt} \cdot C_{rel} \cdot C_{dir} \cdot C_d, \text{ де}$$

$$\gamma_{fm} = 1,04 \text{ (виробнича будівля, } T = 60 \text{ років);}$$

$$W_0 = 500 \text{ Па} = 0,5 \text{ кПа (обл. Донецька, 3 вітровий район);}$$

$$C_h:$$

$$\text{при висоті до 5 м } C_h = 1,20;$$

$$\text{при висоті 10 м } C_h = 1,50;$$

$$\text{при висоті 20 м } C_h = 1,85;$$

при висоті 14,85 $C_h = 1,67$;

$C_{alt} = 1$ (дані про висоту над рівнем моря відсутні);

$C_{rel} = 1$ (дані про мікрорельєф навколо міста будівництва відсутні);

$C_{dir} = 1$ (необхідні статистичні дані по напрямках вітру відсутні);

$C_d = 0,93$ ($L = 18$ м; $H = 14,85$ м);

$C_{aer} = 0,8$ (як одно пролітна двоскатна будівля).

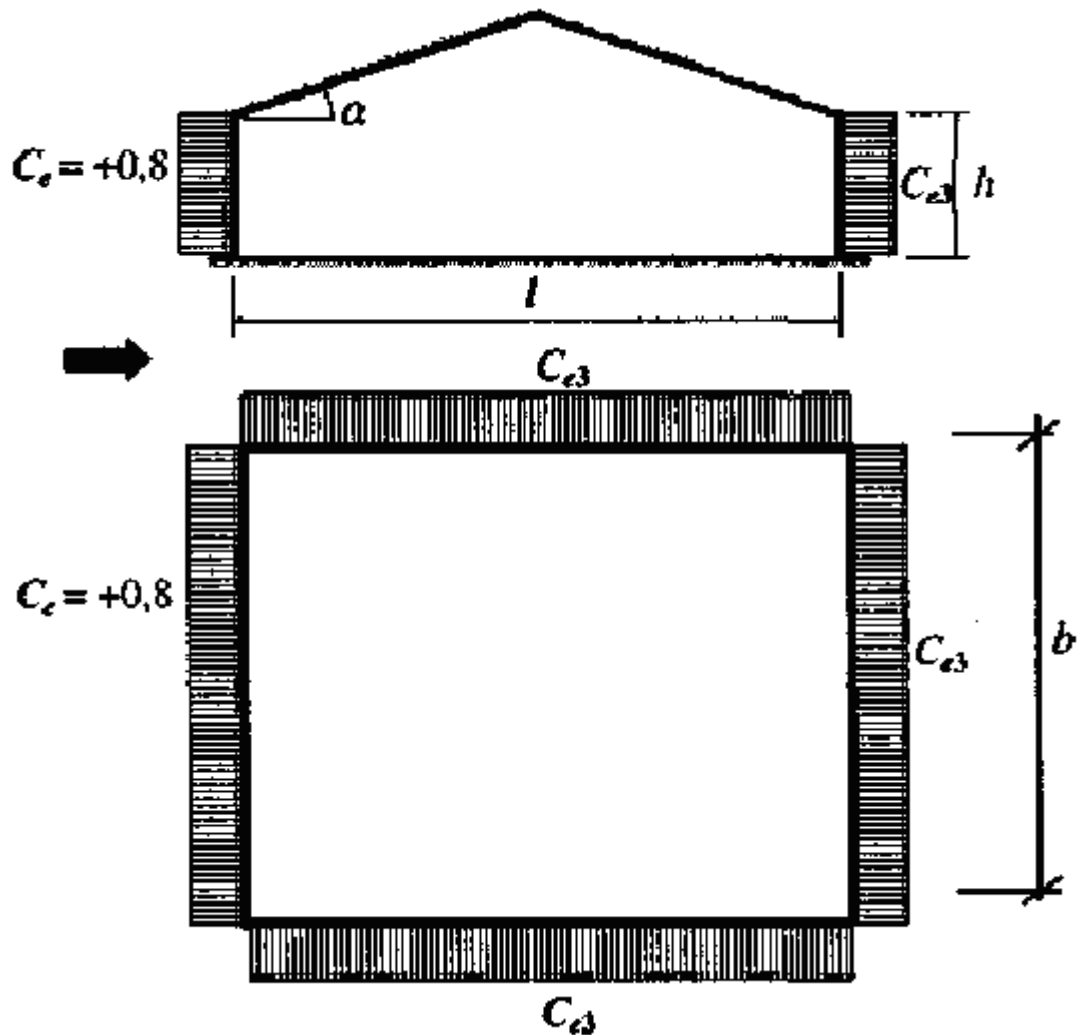


Рисунок 32 – Схема вітрового навантаження для заданої будівлі

$$w_m^{5,000} = \gamma_{fm} \cdot W_0 \cdot C_{aer} \cdot C_h^5 \cdot C_{alt} \cdot C_{rel} \cdot C_{dir} \cdot C_d \cdot 6\text{м} = 1,04 \cdot 0,5 \cdot 1,2 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,93 \cdot 0,8 \cdot 6 = 2,76 \text{ кН/м};$$

$$w_m^{10,000} = \gamma_{fm} \cdot W_0 \cdot C_{aer} \cdot C_h^{10} \cdot C_{alt} \cdot C_{rel} \cdot C_{dir} \cdot C_d \cdot 6\text{м} = 1,04 \cdot 0,5 \cdot 1,5 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,93 \cdot 0,8 \cdot 6 = 3,48 \text{ кН/м};$$

$$w_m^{14,850} = \gamma_{fm} \cdot W_0 \cdot C_{aer} \cdot C_h^{15,7} \cdot C_{alt} \cdot C_{rel} \cdot C_{dir} \cdot C_d \cdot 6\text{м} = 1,04 \cdot 0,5 \cdot 1,67 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,93 \cdot 0,8 \cdot 6 = 3,88 \text{ кН/м}.$$

Граничне значення умовного зосередженого горизонтального вітрового навантаження для навітряної стіни:

$$F_m^{\text{віт1}} = \frac{5}{8} \cdot \left(w_m^{5,000} \cdot 5 + \frac{w_m^{5,000} + w_m^{10,000}}{2} \cdot 5 + \frac{w_m^{10,000} + w_m^{14,850}}{2} \cdot 5,7 \right) = \frac{5}{8} \cdot \left(2,76 \cdot 5 + \right. \\ \left. + \frac{2,76 + 3,48}{2} \cdot 5 + \frac{3,88 + 3,95}{2} \cdot 5,7 \right) = 32,3$$

кН.

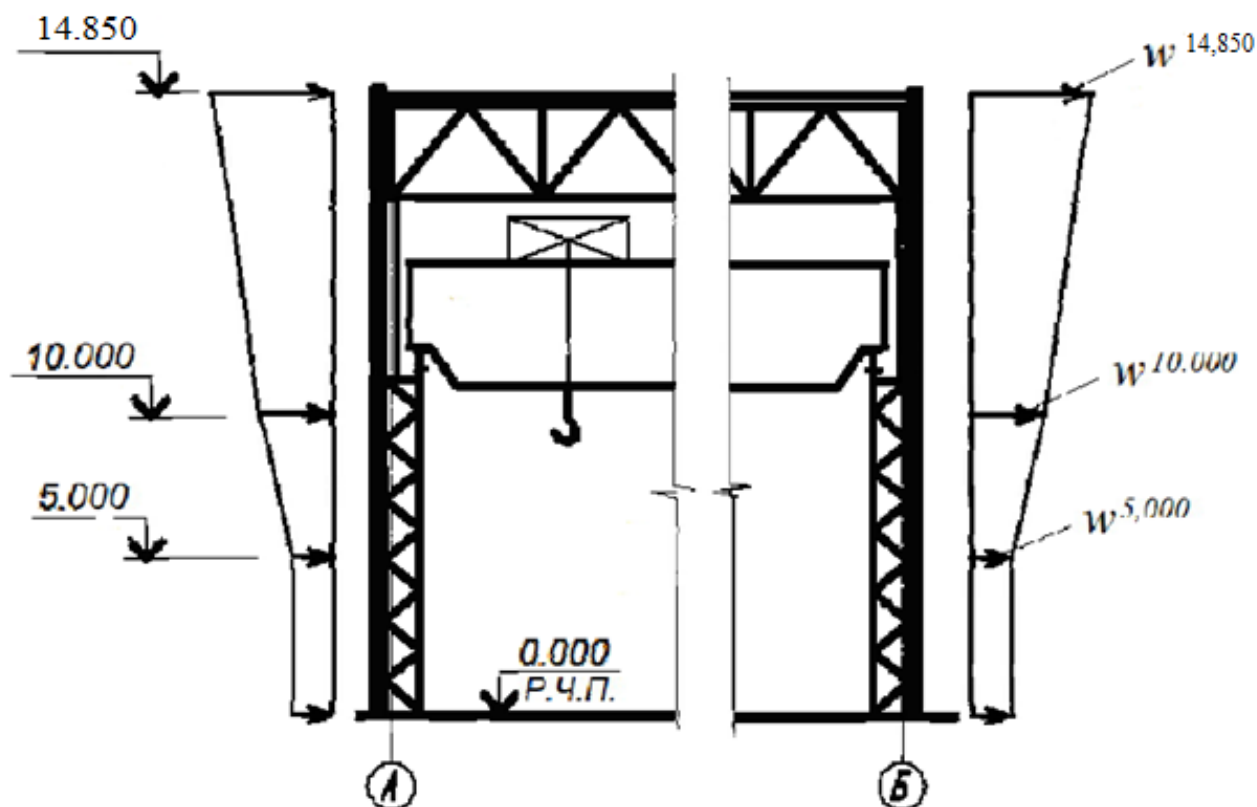


Рисунок 33 – Епюра вітрового навантаження для стін будівлі

Кранове навантаження

Від мостових кранів на колону поперечної рами передаються вертикальні та горизонтальні кранові навантаження. Розглядають дві суміжні підкранові балки, що передають реакцію на одну колону.

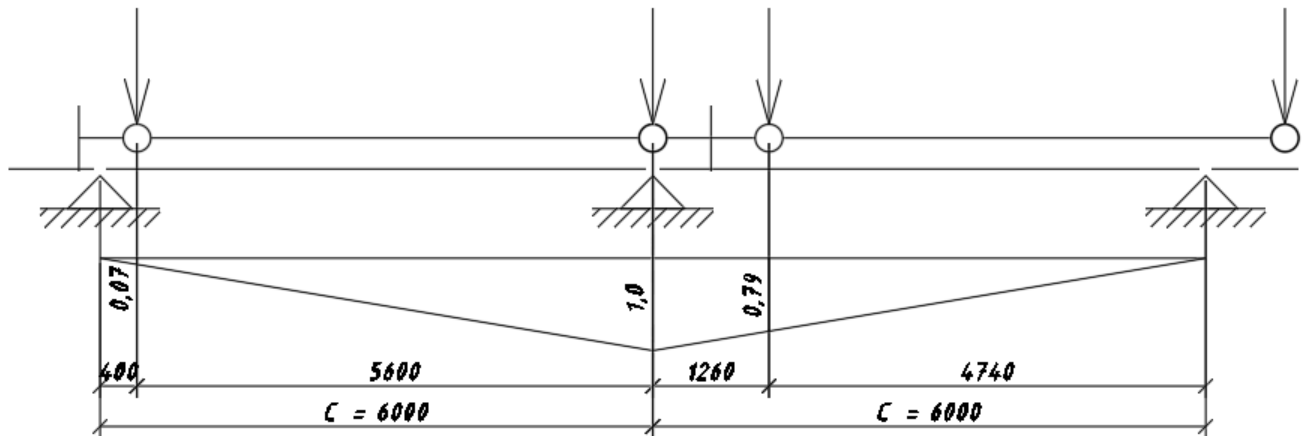


Рисунок 34 – Схема розташування мостових кранів на підкранових балках
Вертикальне кранове навантаження

На колону ряду А діє максимальне вертикальне навантаження:

$$F_0^{max} = \frac{\sum F_k}{n_k} = \frac{\sum (F_k)}{2} = \frac{360 \cdot 2}{2} = 360 \text{ кН.}$$

$$F_m^{max} = \gamma_{fm} \cdot \psi \cdot \gamma_n \cdot F_0^{max} \cdot \sum y_i = 1,1 \cdot 0,85 \cdot 1,1 \cdot 360 \cdot (0,07 + 1 + 0,79) = 689 \text{ кН}$$

На колону ряду Б діє мінімальне вертикальне навантаження:

$$F_0^{min} = \frac{Q + G_k}{n_k} - F_0^{max} = \frac{50 + 415}{2} - 689 = -457 \text{ кН.}$$

$$F_m^{min} = \gamma_{fm} \cdot \psi \cdot \gamma_n \cdot F_0^{min} \cdot \sum y_i = 1,1 \cdot 0,85 \cdot 1,1 \cdot (-457) \cdot (0,07 + 1 + 0,79) = -874 \text{ кН.}$$

Горизонтальне кранове навантаження

$$H_m^{max} = \frac{F_m^{max} + F_m^{min}}{20 \cdot \psi} = \frac{689 - 874}{20 \cdot 0,85} = -11 \text{ кН.}$$

Підбір перерізів

Верхня частина колони

Переріз верхньої частини підбирається за двома умовами:

Умова загальної стійкості

$$A_{cal}^B = \frac{N_m^B}{\varphi_e \cdot R_y \cdot \gamma_c} = \frac{143}{0,2 \cdot 23 \cdot 1,0} = 31,1 \text{ см}^2,$$

$$N_m^B = F_m^{пок} + F_m^{стіл} + F_m^{кол2} + F_m^{сніг} = 54,3 + 16 + 6,5 + 66 = 143 \text{ кН.}$$

За сортаментом обираємо І 20Ш1.

Умова жорсткості

$$h_{min} = \frac{l_2}{12} = \frac{4250}{12} = 354 \text{ мм.}$$

За сортаментом обираємо І 40Ш1.

Остаточно з цих двох умов приймаємо профіль І 40Ш1:

площа $A^B = 122,4 \text{ см}^2$;

момент інерції $I_x = 34360 \text{ см}^4$;

висота $h = 388 \text{ мм}$;

радіус інерції $i_x = 16,76 \text{ см}$;

радіус інерції $i_y = 7,18 \text{ см}$.

$$h = 388 \text{ мм} < h_{max} = \lambda - L_1 - 75 + 250 = 1000 - 300 - 75 + 250 = 875$$

мм

Нижня частина колони

$$A_{cal}^H = \frac{N_m^H}{\varphi_e \cdot R_y \cdot \gamma_c} = \frac{858}{0,25 \cdot 23 \cdot 1,0} = 149 \text{ см}^2,$$

$$N_m^H = N_m^B + F_m^{\text{кол1}} + F_m^{\text{max}} = 143 + 26 + 689 = 858 \text{ кН.}$$

Потрібні площі внутрішньої і зовнішньої гілок, відповідно:

$$A_{cal}^{HB} = 0,55 \cdot 149 = 82 \text{ см}^2;$$

$$A_{cal}^{H3} = 0,45 \cdot 149 = 67,1 \text{ см}^2.$$

За сортаментом обираємо:

а) внутрішня гілка І 30Ш3:

площа $A^{HB} = 87 \text{ см}^2$;

момент інерції $I_x^{HB} = 14040 \text{ см}^4$;

момент інерції $I_y^{HB} = 2004 \text{ см}^4$;

б) зовнішня гілка І 30Ш1:

площа $A^{H3} = 68,31 \text{ см}^2$;

момент інерції $I_x^{H3} = 10400 \text{ см}^4$;

момент інерції $I_y^{H3} = 1470 \text{ см}^4$;

$b = 200 \text{ мм}$.

Відстань між осями внутрішньої і зовнішньої гілки:

$$x_0 = 250 + \lambda - \frac{b}{2} = 250 + 750 - \frac{200}{2} = 900 \text{ мм} = 90,0 \text{ см.}$$

Статичний момент відносно власної осі у-у внутрішньої гілки:

$$S^{\text{HB}} = A^{\text{HЗ}} \cdot x_0 = 68,31 \cdot 90,0 = 6147,9 \text{ см}^3.$$

Відстань між віссю внутрішньої гілки і центром ваги перерізу:

$$x^{\text{HB}} = \frac{S^{\text{HB}}}{A^{\text{HЗ}} + A^{\text{HB}}} = \frac{6147,9}{68,31 + 87} = 39,6 \text{ см.}$$

Відстань між віссю зовнішньої гілки і центром ваги перерізу:

$$x^{\text{HЗ}} = x_0 - x^{\text{HB}} = 90 - 39,6 = 50,4 \text{ см.}$$

Тоді момент інерції перерізу нижньої частини колони:

$$I_{yc} = I_y^{\text{HЗ}} + A^{\text{HЗ}} \cdot (x^{\text{HЗ}})^2 + I_y^{\text{HB}} + A^{\text{HB}} \cdot (x^{\text{HB}})^2 = 1470 + 68,31 \cdot (50,4)^2 + 2004 + 87 \cdot (39,6)^2 = 313422,2 \text{ см}^4$$

Перевірка співвідношення жорсткостей:

$$n_0 = \frac{I_{yc}}{I_x} = \frac{313422,2}{34360} = 9,12$$

Умова виконується $4 \leq n_0 = 9,12 < 16$.

Елементи решітки нижньої частини колони.

Систему решітки для нижньої наскрізної частини колони приймають трикутною з розпірками, розташованими під кутом 45° .

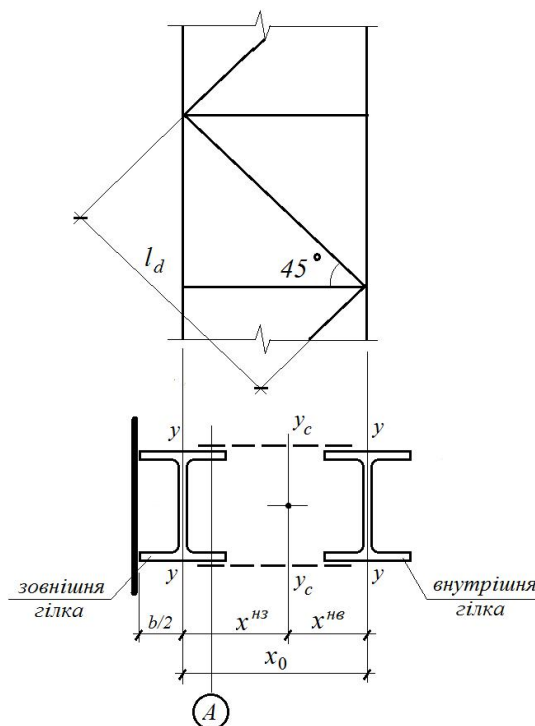


Рисунок 35 – Геометрична схема нижньої частини ступінчастої колони

Розрахункова довжина розкосу:

$$l_{d,ef} = l_d = \frac{x_0}{\cos 45^\circ} = \frac{90}{0,707} = 127,3 \text{ см.}$$

Розрахункове зусилля в розкосі:

$$Q_d = \frac{(F_m^{bit1} + H_m^{max}) \cdot \psi}{2 \cdot \cos 45^\circ} = \frac{(32,3 - 11) \cdot 0,9}{2 \cdot 0,707} = 13,6 \text{ кН.}$$

Підбір перерізу розкосу виконується як для стиснутого елемента кроквяної ферми, виконаного з поодинокого кутика:

а) потрібна площа перерізу розкосу з умови загальної стійкості:

$$A_{d,cal} = \frac{Q_d}{\varphi \cdot R_y \cdot \gamma_c} = \frac{13,6}{0,4 \cdot 23 \cdot 0,75} = 1,97 \text{ см}^2;$$

б) за сортаментом обираємо переріз з рівнополічного кутика - L 50x50x3 з характеристиками:

площа $A_d = 2,96 \text{ см}^2$;

$i_{yo} = 1,55 \text{ см.}$

в) перевіряємо гнучкість:

$$\lambda_d = \frac{l_{d,ef}}{i_{yo}} = \frac{127,3}{1,55} = 82,1 < [\lambda] = 120.$$

г) умовна гнучкість:

$$\lambda = \lambda_d \cdot \sqrt{\frac{R_y}{E}} = 82,1 \cdot \sqrt{\frac{23}{20600}} = 2,74.$$

$$\alpha = \frac{Q_d}{\varphi \cdot A_d \cdot R_y \cdot \gamma_c} = \frac{13,6}{0,400 \cdot 2,96 \cdot 23 \cdot 0,75} = 0,67.$$

Таким чином, коефіцієнт ефективності не знаходиться в допустимих межах (0,95-1,02), а являє собою перевитрату металу, але з технологічної точки зору не доцільно обирати кутики меншого перерізу.

Перевірка перерізів

Розрахункові згинальні моменти:

Для верхньої частини колони $M_m^B = 300 \text{ кН} \cdot \text{м} = 30000 \text{ кН} \cdot \text{см};$

Для нижньої частини колони $M_m^H = 1550 \text{ кН} \cdot \text{м} = 155000 \text{ кН} \cdot \text{см.}$

Гнучкість ділянок колони

Відношення максимальних поздовжніх сил в нижній частині колони та в верхній:

$$\beta = \frac{N_m^H}{N_m^B} = \frac{858}{143} = 6.$$

Допоміжні коефіцієнти:

$$\alpha_1 = \frac{l_2}{l_1} \cdot \sqrt{\frac{n_0}{\beta}} = \frac{4,25}{8,6} \cdot \sqrt{\frac{9,12}{4,05}} = 0,74,$$

$$n = \frac{l_1}{n_0 \cdot l_2} = \frac{8,6}{9,12 \cdot 4,25} = 0,22.$$

Коефіцієнт розрахункової довжини для нижньої ділянки ступінчастої колони для випадку шарнірного з'єднання колони з ригелем рами:

$$\mu_1 = 2,75.$$

Коефіцієнт розрахункової довжини для верхньої ділянки ступінчастої колони:

$$\mu_2 = \frac{\mu_1}{\alpha_1} = \frac{2,75}{0,74} = 3,72.$$

Розрахункова довжина верхньої та нижньої ділянок ступінчастої колони в площині поперечної рами становить, відповідно:

$$l_{ef2} = \mu_2 \cdot l_2 = 3,72 \cdot 4,25 = 15,81 \text{ м} = 1581 \text{ см};$$

$$l_{ef1} = \mu_1 \cdot l_1 = 2,75 \cdot 8,6 = 23,65 = 2365 \text{ см}.$$

Розрахункові довжини верхньої та нижньої ділянок ступінчастої колони з площині поперечної рами приймають між точками закріплення (фундаментом, підкрановою балкою та кроквяною фермою), тому вони дорівнювати-муть своїм геометричним довжинам l_2 і l_1 , відповідно.

Верхня частина колони

Гнучкості в площині та з площини суцільного перерізу, відповідно:

$$\lambda_x = \frac{l_{ef2}}{i_x} = \frac{1581}{16,76} = 94,33 < 120,$$

$$\lambda_y = \frac{l_2}{i_y} = \frac{425}{7,18} = 59,19 < 120.$$

Обидві умови виконані.

Нижня частина колони

Приведена гнучкість в площині для наскрізного перерізу:

$$\begin{aligned} \lambda_{x,ef} &= \sqrt{l_{ef1}^2 \cdot \frac{A^{H3} + A^{HB}}{I_{yc}} + 20 \cdot \sqrt{2} \cdot \frac{A^{H3} + A^{HB}}{A_d}} = \\ &= \sqrt{2365^2 \cdot \frac{68,31+87}{313422,2} + 20 \cdot \sqrt{2} \cdot \frac{68,31+87}{2,96}} = 65,24 < 120, \end{aligned}$$

Гнучкість з площини для наскрізного перерізу:

$$\lambda_y = l_1 \cdot \sqrt{\frac{A^{H3} + A^{HB}}{I_x^{H3} + I_x^{HB}}} = 860 \cdot \sqrt{\frac{68,31 + 87}{10400 + 14040}} = 68,6 < 120.$$

Обидві умови виконані.

Стрижень верхньої частини колони.

Додаткові параметри для виконання перевірки перерізу верхньої суцільної частини колони:

Ексцентриситет

$$e = \frac{M_m^B}{N_m^B} = \frac{30000}{143} = 209,8 \text{ см.}$$

Відносний ексцентриситет в площині перерізу

$$m_x = e \cdot \frac{A^B}{W_x} = 209,8 \cdot \frac{122,4}{1771} = 14,5.$$

Умовна гнучкість в площині перерізу

$$\lambda_x = \lambda_x \cdot \sqrt{\frac{R_y}{E}} = 94,33 \cdot \sqrt{\frac{23}{20600}} = 3,15.$$

Коефіцієнт впливу форми перерізу для двотаврового перерізу:

$$\frac{A_f}{A_w} = \frac{b_f \cdot t_f}{h_w \cdot t_w} = \frac{b \cdot t}{(h - 2 \cdot t) \cdot s} = \frac{300 \cdot 14}{(388 - 2 \cdot 14) \cdot 9,5} = 1,23,$$

$$\eta = (1,90 - 0,1 \cdot m_x) - 0,02 \cdot (6 - m_x) \cdot \lambda_x = (1,90 - 0,1 \cdot 14,5) - 0,02 \cdot (6 - 14,5) \cdot 3,15 = 0,99$$

Приведений відносний ексцентриситет в площині перерізу:

$$m_{ef} = \eta \cdot m_x = 0,99 \cdot 14,5 = 14,36.$$

Позацентрово-стиснутий елемент має відповідати трьом основним вимогам:

загальної стійкості в площині перерізу;

загальної стійкості з площини перерізу;

місцевої стійкості елементів перерізу.

Перевірка загальної стійкості в площині перерізу:

$$\varphi_e = 0,215.$$

$$\frac{N_m^B}{\varphi_e \cdot A^B \cdot R_y \cdot \gamma_c} = \frac{143}{0,215 \cdot 122,4 \cdot 23,0 \cdot 1,0} = 0,24 < 1.$$

Дана умова виконана.

Перевірка стійкості з площини перерізу:

$$\lambda_y = \lambda_y \cdot \sqrt{\frac{R_y}{E}} = 59,19 \cdot \sqrt{\frac{23}{20600}} = 1,98.$$

$$\varphi_y = 0,826.$$

$$a_c = 0,65 + 0,05 \cdot m_x = 0,65 + 0,05 \cdot 14,5 = 1,38;$$

$$\beta_c = \sqrt{\frac{\varphi_c}{\varphi_y}} = \sqrt{\frac{0,614}{0,826}} = 0,86 \text{ (де } \varphi_c = 0,614 \text{ для } \lambda_c = 3,14);$$

$$\nu = 1 - \frac{\lambda_y}{14} \cdot \left(2,12 - \frac{b}{h}\right) = 1 - \frac{1,98}{14} \cdot \left(2,12 - \frac{300}{388}\right) = 0,81;$$

$$c = \frac{\beta_c}{1 + \alpha_c \cdot \nu \cdot m_x} = \frac{0,86}{1 + 0,86 \cdot 0,81 \cdot 14,5} = 0,08.$$

$$\frac{N_m^B}{c \cdot \varphi_y \cdot A^B \cdot R_y \cdot \gamma_c} = \frac{143}{0,08 \cdot 0,826 \cdot 122,4 \cdot 23,0 \cdot 1,0} = 0,77 < 1.$$

Дана умова виконана.

Місцева стійкість поясу та стінки елементів прокатних профілів за вітчизняними сортаментами зазвичай не перевіряється, оскільки сортament металопрокату вже передбачає їх виконання.

Таким чином, всі перевірені умови для підбраного перерізу верхньої частини ступінчастої колони з двотавру І 40Ш1 за ГОСТ 26020-83 виконані.

Стрижень нижньої частини колони.

Додаткові параметри для перевірки перерізу нижньої наскрізної частини колони з двох двотаврів:

Ексцентриситет

$$e = \frac{M_m^H}{N_m^H} = \frac{155000}{858} = 180,65 \text{ см.}$$

Відносний ексцентриситет в площині перерізу

$$m_x = e \cdot \frac{(A^{H3} + A^{H5}) \cdot x^{H3}}{I_{yc}} = 180,65 \cdot \frac{(68,31 + 87) \cdot 50,4}{313422,2} = 4,51.$$

Умовна гнучкість в площині перерізу

$$\lambda_{x,ef} = \lambda_{x,ef} \cdot \sqrt{\frac{R_y}{E}} = 65,24 \cdot \sqrt{\frac{23}{20600}} = 2,18.$$

Коефіцієнт впливу форми перерізу для наскрізного двотаврового перерізу:

$$\frac{A_f}{A_w} = \frac{b_f \cdot t_f}{h_w \cdot t_w} = \frac{b \cdot t}{(h - 2 \cdot t) \cdot s} = \frac{200 \cdot 15}{(299 - 2 \cdot 15) \cdot 9} = 1,24,$$

$$\eta = (1,90 - 0,1 \cdot m_x) - 0,02 \cdot (6 - m_x) \cdot \lambda_{x,ef} = (1,90 - 0,1 \cdot 4,51) - 0,02 \cdot (6 - 4,51) \cdot 2,18 = 1,38$$

Приведений відносний ексцентриситет в площині перерізу:

$$m_{ef} = \eta \cdot m_x = 1,38 \cdot 4,51 = 6,22.$$

Позацентрово-стиснутий елемент має відповідати трьом основним вимогам:

загальної стійкості в площині перерізу;

загальної стійкості з площини перерізу;

загальної стійкості гілок;

місцевої стійкості елементів перерізу.

Перевірка загальної стійкості в площині перерізу:

$$\varphi_e = 0,255.$$

$$\frac{N_m^H}{\varphi_e \cdot (A^{H3} + A^{H5}) \cdot R_y \cdot \gamma_c} = \frac{858}{0,255 \cdot (67,1 + 82) \cdot 23,0 \cdot 1,0} = 0,98 < 1.$$

Дана умова виконана.

Перевірка стійкості з площини перерізу:

$$\lambda_y = \lambda_y \cdot \sqrt{\frac{R_y}{E}} = 68,6 \cdot \sqrt{\frac{23}{20600}} = 2,29.$$

$$\varphi_y = 0,777.$$

$$a_c = 0,65 + 0,05 \cdot m_x = 0,65 + 0,05 \cdot 4,51 = 0,88;$$

$$\beta_c = 1,0;$$

$$\nu = 1 - \frac{\lambda_y}{14} \cdot \left(2,12 - \frac{h}{b + x_0} \right) = 1 - \frac{2,29}{14} \cdot \left(2,12 - \frac{299}{200 + 90} \right) = 0,82;$$

$$c = \frac{\beta_c}{1 + a_c \cdot \nu \cdot m_x} = \frac{1,0}{1 + 0,88 \cdot 0,82 \cdot 4,51} = 0,23.$$

$$\frac{N_m^B}{c \cdot \varphi_y \cdot (A^{H3} + A^{H5}) \cdot R_y \cdot \gamma_c} = \frac{1430}{0,23 \cdot 0,777 \cdot (68,31 + 87) \cdot 23,0 \cdot 1,0} = 0,99 < 1.$$

Дана умова виконана.

Загальна стійкість зовнішньої гілки з двотавру І 50Ш2 перевіряється на умовне стискаюче зусилля:

$$N_d^{H3} = \frac{N_m^H \cdot x^{H3} + M_m^H}{x_0} = \frac{858 \cdot 39,6 + 155000}{90} = 2099,7 \text{ кН.}$$

Перевіряємо гнучкості гілки відносно головних осей:

$$\lambda_x^{H3} = \frac{l_1}{i_x} = \frac{860}{16,76} = 51,31 < 120,$$

$$\lambda_y^{H3} = \frac{x_0}{i_y} = \frac{90}{7,18} = 12,53 < 120.$$

З отриманих величин обираємо більше значення гнучкості $\lambda_{max}^{H3} = \lambda_x^{H3} = 51,31$ і за цією величиною розраховується умовна гнучкість гілки:

$$\lambda^{H3} = \lambda_{max}^{H3} \cdot \sqrt{\frac{R_y}{E}} = 51,31 \cdot \sqrt{\frac{23}{20600}} = 1,71.$$

Коефіцієнт стійкості:

$$\varphi^{H3} = 0,868.$$

Перевіряємо умову загальної стійкості зовнішньої гілки:

$$\frac{N_d^{H3}}{\varphi^{H3} \cdot A^{H3} \cdot R_y \cdot \gamma_c} = \frac{2203}{0,868 \cdot 68,31 \cdot 23,0 \cdot 1,0} = 0,97 < 1.$$

Загальна стійкість внутрішньої гілки з двотавру І 30Ш3 перевіряється на умовне стискаюче зусилля:

$$N_d^{HB} = \frac{N_m^H \cdot x^{H3} + M_m^H}{x_0} = \frac{858 \cdot 50,40 + 155000}{90} = 2203 \text{ кН.}$$

Перевіряємо гнучкості гілки відносно головних осей:

$$\lambda_x^{HB} = \frac{l_1}{i_x} = \frac{860}{12,34} = 69,69 < 120,$$

$$\lambda_y^{HB} = \frac{x_0}{i_y} = \frac{90}{4,31} = 20,88 < 120.$$

З отриманих величин обираємо більше значення гнучкості $\lambda_{max}^{H3} = \lambda_x^{HB} = 69,69$ і за цією величиною розраховується умовна гнучкість гілки:

$$\lambda^{HB} = \lambda_{max}^{HB} \cdot \sqrt{\frac{R_y}{E}} = 69,69 \cdot \sqrt{\frac{23}{20600}} = 2,33.$$

Коефіцієнт стійкості:

$$\varphi^{\text{HB}} = 0,775.$$

Перевіряємо умову загальної стійкості зовнішньої гілки:

$$\frac{N_d^{\text{HB}}}{\varphi^{\text{HB}} \cdot A^{\text{HB}} \cdot R_y \cdot \gamma_c} = \frac{2203}{0,775 \cdot 87 \cdot 23,0 \cdot 1,0} = 0,99 < 1.$$

Місцева стійкість поясу та стінки елементів прокатних профілів за вітчизняними сортаментами зазвичай не перевіряється, оскільки сортament металопрокату вже передбачає їх виконання.

Таким чином, всі перевірені умови для підбраного перерізу верхньої частини ступінчастої колони з двотавру I 30Ш1 + I 30Ш43 за ГОСТ 26020-83 виконані.

РОЗДІЛ 3. ОХОРОНА ПРАЦІ В ГАЛУЗІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

3.1. Загальні вимоги при монтажі будівельних конструкцій

Під час монтажу будівельних конструкцій, виробів, трубопроводів і обладнання необхідно передбачати заходи із запобігання негативному впливу на працівників таких небезпечних і шкідливих виробничих факторів:

- розташування робочих місць поблизу перепаду по висоті 1,3 м і більше;
- машини, що рухаються, їх робочі органи; переміщення конструкцій, матеріалів;
- обвалення елементів конструкцій будівель і споруд;
- падіння матеріалів, інструменту;
- виконання робіт у зоні поблизу повітряних ліній електропередачі;
- піднімання вантажів, вага яких перевищує вантажопідйомність механізмів;
- недостатня жорсткість конструкції, яка може призвести до її руйнування під час монтажу;
- перекидання машин, падіння їх частин;
- недостатня освітленість робочого місця;
- підвищена напруга в електричному колі, замикання якого може відбутися через тіло людини.

У робочій зоні монтажних робіт не допускається виконання інших робіт і перебування сторонніх осіб відповідно до положень НПАОП 45.2-7.02-12 «Система стандартів безпеки праці. Охорона праці і промислова безпека в будівництві. Основні положення» [29].

Під час зведення споруди забороняється виконувати роботи, пов'язані з перебуванням людей на одній ділянці на поверххах (ярусах), над якими переміщують, встановлюють і тимчасово закріплюють елементи конструкцій та обладнання відповідно до положень НПАОП 45.2-7.02-12 [29].

Виконання монтажних та інших будівельних робіт на різних поверхах дозволяється тільки за наявності між ними надійних (обґрунтованих відповідними розрахунками на дію ударних навантажень) міжповерхових перекриттів, що передбачені у ПВР відповідно до положень НПАОП 45.2-7.02-12 [29].

Фарбування й антикорозійний захист конструкцій і устаткування у випадках, коли це виконується на будівельному майданчику, необхідно робити до піднімання конструкцій на проектну позначку. Після піднімання зазначених конструкцій фарбування чи здійснення антикорозійного захисту допускається виконувати тільки в місцях стиків і з'єднань конструкцій відповідно до положень НПАОП 45.2-7.02-12 [29].

3.2. Вимоги безпеки праці під час монтажу металевого каркасу промислової будівлі

Опираючись на ВДОП 6.1.36-5.11-96 «Інструкція з охорони праці під час виконання робіт з монтажу металевих і залізобетонних конструкцій. загальні вимоги безпеки» [21] при монтажі металевого каркасу промислової будівлі передбачається наступні роботи:

- стропування;
- монтаж у проектне положення;
- тимчасове кріплення;
- зварювання;
- виконання болтового з'єднання;
- перевірка зварних швів;
- розстропування;
- фарбування;

Також передбачається використання наступних механічних засобів:

- кран;
- автомобіль-вишка;
- зварювальний апарат;

- шуруповерт;

Перед виконанням робіт необхідно підготувати усе необхідне обладнання, огородити зону монтажу, перевірити надійність кріплень.

Під час монтажу будівельних конструкцій основними шкідливими виробничими факторами слід вважати:

- машини і механізми, що рухаються і працюють, включаючи вантажопідіймальні;
- переміщення при підйомі і установці в проектне положення конструктивних елементів будівельних конструкцій, а також укрупнених блоків будинків і споруд;
- втрату стійкості площадок, на яких виконується монтаж;
- розташування робочого місця на висоті від поверхні землі, підлоги, міжповерхових перекриттів і робочих чи монтажних площадок;
- недостатню освітленість робочої зони;
- дію вітру на вантажопідіймальні крани, а також на окремо змонтовані будівельні конструкції чи частини будинків і споруд;
- фізичні перевантаження при перенесенні вантажів вручну;
- підвищену чи знижену температуру повітря робочої зони;
- небезпечну і шкідливу дію на людей електричного струму, електричної дуги, електромагнітного випромінювання і статичної електрики;
- вплив підвищеного рівня ультрафіолетового і інфрачервоного випромінювань при виконанні електрозварювальних робіт, а також іонізуючих випромінювань при контролі якості зварених швів;
- токсичний і дратівний вплив на дихальні шляхи газів і аерозолів, що утворюються при зварювальних роботах;
- токсичний і дратівний вплив лакофарбових матеріалів, а також пари від них на дихальні шляхи людини при виконанні антикорозійних робіт;
- використання порохового монтажного інструмента.

Попередження чи зниження впливу на працюючих небезпечних і шкідливих виробничих факторів повинно забезпечуватися при:

- пересуванні і роботі машин, механізмів - шляхом позначення знаками безпеки небезпечних зон, інженерної підготовки шляхів їх переміщення, а також дотримання правил безпечної їх експлуатації;
- переміщенні конструктивних елементів будівельних конструкцій, а також при втраті стійкості монтуємих чи змонтованих будівельних конструкцій - шляхом дотримання технології виконання робіт, а також прийняття в необхідних випадках інженерно-технічних рішень, що забезпечують несучу здатність цих конструктивних елементів;
- розташуванні робочого місця на висоті від поверхні землі, підлоги, міжповерхових перекриттів і робочих чи монтажних площадок - шляхом прийняття відповідних інженерно-технічних рішень, використання прогресивних засобів підмашування: автомобільних гідравлічних підйомників (АГП), телескопічних підйомників, колисок, навішених на гак вантажопідіймальних кранів, і т.д., а також застосуванням страхувальних пристроїв і пристосувань;
- недостатній освітленості робочої зони - забезпеченням освітленості площадок складування, будмайданчиків, монтажних площадок і робочих місць за спеціально розробленим проектом відповідно до ДСТУ Б А.3.2-15:2011 "Норми освітлення будівельних майданчиків" [22];
- дії вітру на вантажопідіймальні механізми, а також на окремо змонтовані будівельні конструкції (ферми, колони і ін.), частини будинків і споруд - шляхом прийняття відповідних інженерно-технічних рішень на підставі перевірочних розрахунків на вітрові навантаження: для вантажів, що піднімаються кранами, відповідно до вимог ДНАОП 0.00-1.03-02. «Правила будови і безпечної експлуатації вантажопідіймальних кранів» [23]. Навантаження "вітрове" і для окремо змонтованих конструкцій, частин будинків і споруд відповідно до розділу 6 ДБН В.1.2-2:2006 «Навантаження і впливи, з урахуванням вітрової пульсаційної складової» [19];
- фізичних перевантаженнях - шляхом максимальної механізації ручної праці і дотримання допустимих норм навантажень при підйомі і

переміщенні одиночних вантажів вручну, які не повинні перевищувати для жінок 10 кг при сумісництві з іншою роботою і 7 кг постійно на протязі робочої зміни; для чоловіків - максимум 50 кг;

- підвищеній чи зниженій температурі повітря робочої зони - використанням спецодягу, а також дотриманням тривалості робочого дня і перерв у роботі відповідно до діючих нормативних документів;

- дії електричного струму (у всіх його проявах) на організм людини - дотриманням вимог ДСТУ Б А.3.2-13:2011 "Електробезпека. Загальні вимоги" [24], ПУЕ, ПТЕ і ПТБ;

- впливі підвищеного рівня ультрафіолетового і інфрачервоного випромінювань, а також газів і аерозолів, що утворюються при виконанні зварювальних роботах і роботах, що їх супроводжують, - дотриманням вимог ДСТУ-Н Б А.3.1-16:2013 «Настанова щодо виконання зварювальних робіт при монтажі будівельних конструкцій» [25];

- токсичному і дратівному впливі лакофарбових матеріалів і пари від них - з урахуванням ДСТУ Б А.3.2-10:2009 "Роботи антикорозійні. Вимоги безпеки" [26] і ГОСТ 12.1.005-88 "Загальні санітарно-гігієнічні вимоги до повітря робочої зони" [27];

- використанні порохового інструмента - дотриманням вимог ДНАОП 6.1.00-5.02-80 "Інструкція з охорони праці під час виконання робіт з монтажу металевих і залізобетонних конструкцій. загальні вимоги безпеки" [28].

3.3. Організація робочих місць на будівельному майданчику

Під час монтажу конструкцій будинків чи споруд монтажники повинні перебувати на раніше встановлених і надійно закріплених конструкціях чи засобах підмоцнування. Забороняється перебування людей на елементах конструкцій і обладнання під час їх піднімання і переміщення відповідно до положень НПАОП 45.2-7.02-12 «Система стандартів безпеки праці. Охорона праці і промислова безпека в будівництві. Основні положення» [29].

Забороняється перехід монтажників по встановлених конструкціях та їх елементах (фермах, ригелях тощо), на яких неможливо забезпечити необхідну ширину проходу при встановлених огорожах, без застосування спеціальних запобіжних пристроїв (натягнутого уздовж ферми чи ригеля каната для закріплення карабіна запобіжного пояса). Місця і способи кріплення каната повинні бути зазначені в ПВР відповідно до положень НПАОП 45.2-7.02-12 [29].

Спосіб стропування елементів конструкцій та обладнання повинен забезпечувати їх подавання до місця розміщення в положенні, близькому до проектного відповідно до положень НПАОП 45.2-7.02-12 [29].

Під час монтажу огорожувальних панелей необхідно застосовувати запобіжний пояс разом із запобіжними пристроями, про що слід зазначити у ПВР відповідно до положень НПАОП 45.2-7.02-12 [29].

Не дозволяється перебування людей під елементами конструкцій і обладнання, що монтуються відповідно до положень НПАОП 45.2-7.02-12 [29].

3.4. Порядок виконання робіт

При спорудженні каркаса будівель дотримуються наступних вимог щодо монтажу металевих конструкцій відповідно до положень НПАОП 45.2-7.02-12 [29]:

- першими в кожному ряду на ділянці між температурними швами встановлюються колони, між якими розміщені вертикальні в'язи, закріплюються до фундаментів болтами, а також розкріплюються розчалками, якщо вони передбачені в ПВР;

- розкріплюється перша пара колон в'язами і підкрановими балками (в будівлях без підкранових балок - в'язами і розпірками). У випадках, коли такий порядок неможливий, перша пара колон, яка монтується, розкріплюється згідно з ПВР;

- встановлюється після кожної наступної колони підкранова балка або розпірка, а у в'язевій панелі - попередні в'язи. Розрізні підкранові балки прогоном 12 м встановлюються блоками, нерозрізні – укрупненими елементами згідно з ПВР. Підкранові балки прогоном 12 м по колонам встановлюються укрупненими блоками разом з гальмівними конструкціями і крановими рейками, якщо вони не постачаються заводом-виробником;

- встановлення металевих конструкцій покриття починають з панелі, в якій розміщені горизонтальні в'язи між кроквяними фермами, а за їх відсутності - у відповідності з послідовністю, вказаній в робочих кресленнях КМ, КМД, ПВР. При поелементному способі монтажу тимчасово розкріплюється перша пара кроквяних ферм розчалками, а на далі кожна наступна ферма розчалками або монтажними розпірками згідно з ПВР, за наявності. Знімати розчалки і монтажні розпірки дозволяється тільки після закріплення і вивірення положення кроквяних ферм, встановлення і закріплення у в'язевих панелях вертикальних і горизонтальних в'язей, в рядових панелях - розпірок по верхніх і нижніх поясах кроквяних ферм, а за відсутності в'язей - після кріплення сталевих настилу.

Перед підйомом кожного монтажного елемента, укрупненого монтажного блока перевіряється і виконується:

- відповідність його проектній та заводській марці;
- стан закладних виробів і установочних рисок, відсутність бруду, снігу, льоду, ушкоджень опорядження, ґрунтовки і фарбування;
- наявність на робочому місці необхідних з'єднувальних деталей та допоміжних матеріалів;
- правильність та надійність закріплення вантажозахватних пристроїв;
- оснащення у відповідності з ПВР засобами підмоцвання, драбинами і огороженням.

До початку виконання монтажних робіт необхідно визначити порядок обміну умовними сигналами між особою, яка керує монтажем, та машиністом (мотористом) крана. Усі сигнали подаються лише однією особою (бригадиром монтажно́ї бригади, ланковим, такелажником- стропальником). Лише сигнал «Стоп» може подати будь-який робітник, який помітив небезпеку.

Якщо конструкція, що монтується, знаходиться за межами поля зору машиніста крана, між ним та монтажниками повинен бути забезпечений надійний зв'язок. Якщо такої можливості немає, призначаються проміжні сигнальники з числа стропальників (такелажників).

В особливо відповідальних випадках (у разі піднімання конструкцій із застосуванням складного такелажу, методу повороту, під час насування великогабаритних і важких конструкцій; під час піднімання їх двома механізмами чи більше тощо) сигнали повинен подавати тільки керівник робіт.

Стропування елементів, що монтуються, необхідно виконувати у місцях, зазначених у робочих кресленнях, і забезпечувати їх піднімання і подавання до місця встановлення у положенні, близькому до проектного.

Забороняється піднімання елементів будівельних конструкцій, що не мають монтажних петель чи отворів, маркування і позначок, які забезпечують

їх правильне стропування і монтаж. Під час монтажу з транспортних засобів елементи конструкцій забороняється проносити над кабіною водія.

Конструкції піднімаються в два прийоми: спочатку на висоту від 20 см до 30 см, а потім, після перевірки надійності стропування, виконується подальше піднімання.

Під час переміщення конструкцій чи обладнання відстань від них і до частин змонтованого обладнання, конструкцій, що виступають, повинна бути по горизонталі не менше ніж 1,0 м, а по вертикалі - не менше ніж 0,5 м.

Під час перерви у роботі залишати підняті елементи конструкцій і обладнання у піднятому стані заборонено.

Установлені в проектне положення елементи конструкцій чи обладнання повинні бути закріплені так, щоб забезпечувалася їх стійкість і геометрична незмінність.

Розстропування елементів конструкцій і обладнання, які установлені у проектне положення, необхідно робити після постійного або тимчасового їх закріплення відповідно до проекту. Переміщувати встановлені елементи конструкцій чи обладнання після їх розстропування без використання монтажного оснащення, передбаченого ПВР, не допускається.

Забороняється виконання монтажних робіт на висоті у відкритих місцях за швидкості вітру 15 м/с і більше, під час ожеледі, грози, туману, що унеможливорює видимість у межах фронту робіт.

Роботи з переміщення і установлення конструкцій, що мають велику парусність, необхідно зупиняти за швидкості вітру 10 м/с і більше.

3.5. Загальні мінімальні вимоги безпеки до вантажопідйомного обладнання

Вимоги безпеки праці виконується за Нормативно-правовими актами з охорони праці НПАОП 0.00-1.80-18 «Правила охорони праці під час експлуатації вантажопідіймальних кранів, підіймальних пристроїв і відповідного обладнання» [30].

Якщо обладнання встановлюється на постійних місцях експлуатації, необхідно забезпечити його міцність і стійкість з урахуванням, зокрема, вантажів, що підіймаються, та зусилля, що виникає в опорних точках і точках кріплення конструкцій.

Обладнання повинно мати чіткі позначення їх номінальної вантажопідіймальності, за потреби має бути споряджене табличкою (діаграмою чи таблом) розподілу навантаження із зазначенням номінальної вантажопідіймальності для будь-якої конфігурації обладнання. Матеріал, з якого виготовлена табличка і написи на ній, мають забезпечувати їх схоронність упродовж експлуатації обладнання. Знімні вантажозахоплювальні пристрої повинні мати позначення із зазначенням основних характеристик, необхідних для їх безпечного використання. Обладнання, яке не призначене для підймання людей, але яке може бути використане з цією метою, має бути позначене.

Обладнання для підймання та переміщення працівників, у тому числі обладнання, в кабіні чи на робочій платформі якого працівники перебувають під час їх навантаження та розвантаження, повинно бути таким, щоб: запобігати можливому ризику падіння кабіни (робочої платформи, приводної коліски) шляхом установлення відповідних пристроїв (уловлювачів, упорів тощо); запобігати можливому ризику випадіння працівника з кабіни (робочої платформи, коліски тощо); запобігати ризику затиснення, захоплення працівника або нанесення удару по ньому, зокрема через ненавмисний контакт з об'єктами; у разі аварії убезпечити працівників, які замкнені в кабіні, від небезпеки та мати можливість їх звільнити.

3.6. Для працівників в аварійних ситуаціях

При втраті стійкості крана (перевантаження) кранівник повинен припинити підйом, подати попереджувальний сигнал, опустити вантаж на землю і встановити причину аварійної ситуації.

Якщо під час роботи стропальник доторкнувся до струмоведучих частин електроустаткування, кранівник насамперед повинен вжити заходів до звільнення його від струму, дотримуючись заходів особистої предосторожності.

Якщо під час роботи крана виникне аварія або нещасний випадок, то машиніст зобов'язаний негайно довести до відома про це особу, відповідальну за безпечне проведення робіт з переміщення вантажів кранами, а також особа, відповідальна за справний стан крана; надати потерпілому першу (долікарську) допомогу, вжити заходів до збереження обстановки події (аварії) якщо це не створює небезпеки для оточуючих.

При виникненні на крані пожежі машиніст зобов'язаний негайно зупинити роботу крана і приступити до її гасіння первинними засобами пожежогасіння НПАОП 0.00-1.80-18 [30].

ВИСНОВКИ

1. В роботі розглядаються основні конструктивні особливості захисних будівель для встановлення залізничних ваг. До таких особливостей відноситься взаємоув'язка з залізничними габаритами, відсутність опалення, а також наявність кранового обладнання вантажопідйомністю до 50 т.
2. З типів існуючих вагонних вагонних ваг для розгляду в роботі обрано електронні статичні ваги з аналоговою тензометричною системою для підприємств при прийманні та відправленні вантажів на фундаментній конструкції для чотирьохвісного вагону на широкій колії.
3. Співставлено два конструктивних варіанта опорних систем під вагонні ваги. На основі розрахунку методом скінченних елементів обрано варіант 1, який має меншу матеріаломісткість на 45%.
4. Розроблено принципове конструктивне рішення обслуговуючої будівлі зі сталевим каркасом замість існуючої будівлі із залізобетонним каркасом, технічний стан якого за даними обстеження оцінено як аварійний.

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Роль залізничного транспорту в соціально економічному житті України [Текст], [Електронний ресурс], – Режим доступу - <https://cyberleninka.ru/article/n/rol-zaliznichnogo-transportu-v-sotsialno-ekonomichnomu-zhitti-ukrayini/viewer>
2. Оцінка перспективи розвитку залізничної галузі в Україні [Текст], [Електронний ресурс], – Режим доступу - <http://www.dy.nayka.com.ua/?op=1&z=994>
3. Транспортна система України: загальна характеристика та особливості розвитку [Текст], [Електронний ресурс] / Транспортний комплекс України / Особливості розвитку транспорту / економічна теорія // Освіта. Режим доступу: http://osvita.ua/vnz/reports/econom_theory/22230/
4. Для інвесторів [Текст], [Електронний ресурс] / Про нас // Укрзалізниця. Режим доступу: <http://www.uz.gov.ua/about/investors/>
5. Пояснювальна записка до проекту зведеного фінансового плану залізниць України на 9 місяців 2015 року [Текст], [Електронний ресурс] / Статистична інформація // Державна служба статистики України.
6. ГОСТ 9238 Габарити наближення будівель і рухомого складу залізниць колії 1520 (1524) мм [Текст]. – введено вперше (зі скасуванням в Україні ГОСТ 9238-83); введ 01 – 12 – 2012. – К. – Науково-технічний центр Академії будівництва України, 2012 – 50 с.
7. Железнодорожные здания [Текст], [Електронний ресурс], – Режим доступу - <https://lokomotiv.ru/info/zheleznodorozhnye-zdaniya.html>
8. Вікіпедія. Железнодорожные весы [Текст], [Електронний ресурс], – Режим доступу - https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%96%D0%B5%D0%BB%D0%B5%D0%B7%D0%BD%D0%BE%D0%B4%D0%BE%D1%80%D0%BE%D0%B6%D0%BD%D1%8B%D0%B5_%D0%B2%D0%B5%D1%81%D1%8B
9. Вагове обладнання. Загальні відомості [Текст], [Електронний ресурс], – Режим доступу - <https://asvik.kiev.ua/ua/articles/4>

10. Особливості проектування та будівництва промислових будинків [Текст], [Електронний ресурс], – Режим доступу -

https://stud.com.ua/27026/tovaroznnavstvo/osoblivosti_proektuvannya_budivnitstva_promislovih_budinkiv

11. Реконструкція промислових будівель [Текст], [Електронний ресурс], – Режим доступу -

https://kmm.at.ua/blog/rekonstrukcija_promislovikh_budivel/2016-03-15-173

12. Металеві конструкції: метод. вказівки до виконання курсового проекту №2 «Сталевий каркас одноповерхової виробничої будівлі». Частина 1. Кроквяна ферма [Текст]/ уклад.: Д. О. Банніков; Дніпропетр. Нац. Ун-т залізн. Трансп. Ім. акад. В. Лазаряна. – Д., 2019-49 с.

13. Грабченко А.І., Федорович В.О., Гаращенко Я.М. Методинаукових досліджень: Навч. посібник. – Х.: НТУ "ХПІ", 2009. – 142 с.

14. Вікіпедія. Метод скінчених елементів [Текст], [Електронний ресурс], – Режим доступу -

https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%B5%D1%82%D0%BE%D0%B4_%D1%81%D0%BA%D1%96%D0%BD%D1%87%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D0%B8%D1%85_%D0%B5%D0%BB%D0%B5%D0%BC%D0%B5%D0%BD%D1%82%D1%96%D0%B2

15. Метод скінчених елементів: конспект лекцій для студентів спеціальності 7.092101 «Промислове і цивільне будівництво» / А. Д. Легостаєв, 2004 – 112 с.

16. Метод граничних елементів [Текст], [Електронний ресурс] / Режим доступу:

https://stud.com.ua/54926/tovaroznnavstvo/metod_granichnih_elementiv

17. ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ІНЖЕНЕРНИХ РОЗРАХУНКІВ Конспект лекцій для студентів спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія» / А. П. Сорочак. 2018 – 128 с.

18. SCAD, SCAD Office [Текст], [Електронний ресурс], – Режим доступу - <https://scadsoft.com/products/scad>

19. ДБН В.1.2-2:2006 Навантаження і впливи. Норми проектування [Текст] МІНБУД УКРАЇНИ – 2006 – 75с.
20. Типы и размеры жд вагонов [Текст], [Електронний ресурс], – Режим доступу - https://tnspb.ru/uslugi/zheleznodorozhnye-perevozki/tipy-zh_d-vagonov.html
21. ВДОП 6.1.36-5.11-96. Інструкція з охорони праці під час виконання робіт з монтажу металевих і залізобетонних конструкцій. загальні вимоги безпеки [Текст] Укрмонтажспецбуд – 1996 – 75с.
22. ДСТУ Б А.3.2-15:2011 "Норми освітлення будівельних майданчиків"[Текст] МІНБУД УКРАЇНИ – 2012 – 31с.
23. ДНАОП 0.00-1.03-02. «Правила будови і безпечної експлуатації вантажопідіймальних кранів» [Текст] Технічний комітет по стандартизації ТК 289 – 1996 – 52с.
24. ДСТУ Б А.3.2-13:2011"Електробезпека. Загальні вимоги" [Текст] ТОВ НТК «Будстандарт» – 2012 – 14с.
25. ДСТУ-Н Б А.3.1-16:2013 «Настанова щодо виконання зварювальних робіт при монтажі будівельних конструкцій» [Текст] Мінрегіон України – 2014 – 38с.
26. ДСТУ Б А.3.2-10:2009 "Роботи антикорозійні. Вимоги безпеки" [Текст] ТОВ НТК «Будстандарт» – 2009 – 18с.
27. ГОСТ 12.1.005-88 "Загальні санітарно-гігієнічні вимоги до повітря робочої зони" [Текст] Министерство здравоохранения СССР – 1988 – 50с.
28. ДНАОП 6.1.00-5.02-80 "Інструкція з охорони праці під час виконання робіт з монтажу металевих і залізобетонних конструкцій. загальні вимоги безпеки" . [Текст] МІНБУД УКРАЇНИ – 2006 – 75с.
29. НПАОП 45.2-7.02-12 «Система стандартів безпеки праці. Охорона праці і промислова безпека в будівництві. Основні положення». [Текст] МІНБУД УКРАЇНИ – 2006 – 75с.
30. НПАОП 0.00-1.80-18 Правила охорони праці під час експлуатації вантажопідіймальних кранів, підіймальних пристроїв і відповідного

обладнання. – введ. 10-04-2018. – К.: Міністерство соціальної політики України, 2018. – 247 с.

31. НПАОП 0.00-1.80-18 Правила охорони праці під час експлуатації вантажопідіймальних кранів, підіймальних пристроїв і відповідного обладнання. – введ. 10-04-2018. – К.: Міністерство соціальної політики України, 2018. – 247 с.

32. ГОСТ 10704-91. Трубы стальные электросварные прямошовные. Сортамент [Текст]. – М. : Стандартиформ, 2007. – 7 с.

33. ГОСТ 30245-2003. Профили стальные гнутые замкнутые сварные квадратные и прямоугольные для строительных конструкций. Технические условия [Текст]. – М. : Изд-во стандартов, 2003. – 16 с.

34. ГОСТ 26020-83. Двутавры стальные горячекатаные с параллельными гранями полок. Сортамент [Текст]. – М. : Изд-во стандартов, 1984. – 6 с.