Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет інженерії машин, споруд і технологій
(повна назва факультету)
Кафедра будівельної механіки
(повна назва кафедри)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

Бакалавр
(назва освітнього ступеня)

на тему: Проєкт складу для зберігання будівельних матеріалів

Виконав: студент IV курсу, групи МБ-41
спеціальності
192 “Будівництво та цивільна інженерія”
(шифр і назва спеціальності)

Студент	(підпис)	Шпак А. С. (прізвище та ініціали)
Керівник	(підпис)	Мещерякова О. М. (прізвище та ініціали)
Нормоконтроль	(підпис)	Мещерякова О. М. (прізвище та ініціали)
Завідувач кафедри	(підпис)	Ясній В.П. (прізвище та ініціали)
Рецензент	(підпис)	Качка О. І. (прізвище та ініціали)

Тернопіль
2026

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет Факультет інженерії машин, споруд і технологій
(повна назва факультету)

Кафедра Будівельної механіки
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри

_____ Ясній В.П.
(підпис) (прізвище та ініціали)
« » 20___ р.

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня Бакалавр
(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 192 Будівництво та цивільна інженерія
(шифр і назва спеціальності)

студенту Шпаку Антону Сергійовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Проєкт складу для зберігання будівельних матеріалів

Керівник роботи Мещерякова Ольга Михайлівна, старший викладач кафедри БМ
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від «22» січня 2026 року № 4/9-53.

2. Термін подання студентом завершеної роботи

3. Вихідні дані до роботи

Об'єкт проєктування - одноповерхова складська будівля для зберігання будівельних матеріалів та виробів у м. Дудинка з приміщенням зберігання, кабінетом комірника та санвузлом.

Вихідні умови - нове будівництво в умовах VI снігового та IV вітрового районів; дерев'яний каркас, клеєнодерев'яні колони, металодерев'яні ферми, клеєфанерні плити стін і покриття, профнастил С44 та пальовий фундамент.

4. Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити)

Розробити генеральний план, архітектурно-будівельні та об'ємно-планувальні рішення складської будівлі.

Обґрунтувати функціональну організацію складу, дерев'яну каркасну конструктивну схему, рішення огороджувальних конструкцій, покриття та системи просторової жорсткості.

Виконати теплотехнічний розрахунок огороджувальних конструкцій для опалюваних приміщень комірника та санвузла.

Запроєктувати клеєфанерну плиту покриття, металодерев'яну ферму та клеєнодерев'яну колону з урахуванням постійних і снігових навантажень.

Розробити пальове фундаментне рішення, заходи довговічності, гідроізоляції та вогнезахисту дерев'яних конструкцій.

Розробити розділ «Безпека життєдіяльності, Основи охорони праці».

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів)

Креслення графічної частини - не менше 6 аркушів формату А1 (594 х 841 мм).

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Безпека життєдіяльності, Основи охорони праці	Окіпний І.Б., к.т.н., зав. кафедри МТ		
Нормоконтроль	Мещерякова О.М., старший викладач кафедри БМ		

7. Дата видачі завдання 22.01.2026

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Отримання завдання та уточнення вихідних даних		
2	Опрацювання методичних вказівок, нормативної та довідкової літератури		
3	Аналіз містобудівних, кліматичних і функціональних умов проєктування складу		
4	Розроблення генерального плану й архітектурно-планувальних рішень		
5	Обґрунтування дерев'яної каркасної конструктивної схеми та системи зв'язків		
6	Розрахунок навантажень і проєктування клеєфанерної плити покриття		
7	Розрахунок і конструювання металодерев'яної ферми та клеєнодерев'яної колони		
8	Розроблення пальового фундаменту та заходів захисту дерев'яних конструкцій		
9	Розроблення розділу БЖД та підготовка графічної частини		
10	Оформлення пояснювальної записки, нормоконтроль та подання роботи		

Студент _____ Шпак А.С.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____ Мещерякова О.М.
(підпис) (прізвище та ініціали)

ЗМІСТ

ВСТУП..... 7

РОЗДІЛ 1 АРХІТЕКТУРНО-БУДІВЕЛЬНИЙ РОЗДІЛ 11

1.1 Вихідні дані для проєктування 11

1.1.1 Характеристика об’єкта будівництва 11

1.2 Вихідні дані та умови для підготовки проєктної документації на об’єкт капітального будівництва 11

1.3 Відомості про функціональне призначення об’єкта капітального будівництва, склад та характеристика виробництва, номенклатура продукції (робіт, послуг), що випускається 11

1.4 Техніко-економічні показники об’єктів капітального будівництва, що проєктуються 12

1.5 Схема планування земельної ділянки 12

1.5.1 Характеристика земельної ділянки, що надається для розміщення об’єкта капітального будівництва 12

1.6 Архітектурні рішення 13

1.6.1 Опис та обґрунтування зовнішнього та внутрішнього вигляду об’єкта капітального будівництва, його просторової, планувальної та функціональної організації..... 13

1.7 Обґрунтування прийнятих об’ємно-просторових та архітектурно-художніх рішень. Зокрема, щодо дотримання граничних параметрів дозволеного об’єкта капітального будівництва 14

1.8 Опис та обґрунтування використаних композиційних прийомів при оформленні фасадів та інтер’єрів об’єкта капітального будівництва..... 14

1.9 Обґрунтування прийнятих архітектурних рішень щодо забезпечення відповідності будівлі, споруд та об’єктів встановленим вимогам

енергоефективності (за винятком будівель, споруд та об’єктів, на які вимоги енергоефективності не поширюються) 15

1.10 Опис архітектурно-будівельних заходів, що забезпечують захист від шуму, вібрації та інших впливів 15

1.11 Опис архітектурних рішень, що забезпечують природне освітлення приміщень, у яких постійно перебувають люди 15

1.12 Опис рішень щодо оздоблення приміщень основного, допоміжного, обслуговуючого та технічного призначення 16

1.13 Конструктивні рішення 16

1.13.1 Опис та обґрунтування конструктивних рішень будівлі та споруд, включаючи їхні просторові схеми, прийняті під час виконання розрахунків будівельних конструкцій 16

1.13.2 Відомості про топографічні, інженерно-геологічні, гідрологічні, метеорологічні та кліматичні умови земельної ділянки, наданої для розміщення об’єкта капітального будівництва 17

1.13.3 Відомості про особливі природні кліматичні умови території, на якій розташована земельна ділянка, представлена для розміщення об’єкта капітального будівництва 17

1.13.4 Опис та обґрунтування технічних рішень, що забезпечують необхідну міцність, стійкість, просторову незмінність будівель і споруд об’єкта капітального будівництва 18

1.13.5 Опис конструктивних і технічних рішень підземної частини об’єкта капітального будівництва 18

1.13.6 Обґрунтування проєктних рішень та заходів, що забезпечують: дотримання необхідних теплозахисних характеристик огороджувальних конструкцій 18

1.14 Обґрунтування проєктних рішень та заходів, що забезпечують дотримання необхідних характеристик конструкцій 19

1.14.1 Забезпечення необхідних теплозахисних характеристик огороджувальних конструкцій 19

1.14.2 Забезпечення зниження шуму та вібрацій 19

1.14.3 Забезпечення гідроізоляції та пароізоляції приміщень 19

1.14.4 Забезпечення зниження загазованості приміщень 19

1.14.5 Забезпечення відведення надлишків тепла 19

1.14.6. Забезпечення дотримання безпечного рівня електромагнітного та інших видів випромінювання, дотримання санітарно-гігієнічних умов 20

1.14.7 Забезпечення пожежної безпеки 20

1.15 Теплотехнічні розрахунки 21

1.15.1 Теплотехнічний розрахунок стіни 21

РОЗДІЛ 2 РОЗРАХУНКОВО-КОНСТРУКТИВНИЙ РОЗДІЛ 23

2.1 Основні параметри каркаса 23

2.1.1 Розташування основних несучих конструкцій 23

2.2 Розрахунок навантаження від власної маси конструкції 23

2.3 Визначення витрати металу та деревини на несучі конструкції 24

2.4 Техніко-економічні параметри 26

2.5 Компонування будівлі та забезпечення геометричної незмінності будівлі 26

2.6 Проєктування плити покриття 30

2.6.1 Компонування плити покриття 30

2.6.2 Розрахунок верхньої обшивки на місцевий вигин 33

2.6.3 Сума навантажень 34

2.6.4 Статичний розрахунок 37

2.6.5 Розрахункові характеристики матеріалів 38

2.6.6 Геометричні характеристики плити покриття 38

2.6.7 Розрахунок міцності розтягнутої нижньої обшивки 44

2.6.8 Перевірка стійкості верхньої обшивки при згині 44

2.6.9 Перевірка на відколювання фанерної обшивки, що знаходиться найдалі від нейтральної осі, по клейовому шву, у місці її приєднання до поздовжніх ребер .. 45

2.6.10 Перевірка напружень відколювання в поздовжніх ребрах 46

2.6.11 Перевірка прогину плити 47

2.6.12 Повні характеристики клеєної фанерної плити покриття 48

2.7 Проєктування металодерев'яної ферми 49

2.7.1 Визначення навантажень, що діють на ферму 50

2.7.2 Статичний розрахунок 52

2.7.3 Підбір перерізів ферми 53

2.7.4 Проєктування вузлів з'єднання ферми 57

2.8 Проєктування колони К1 62

2.8.1 Визначення зусиль у колоні 62

2.8.2 Підбір перерізу 62

2.9 Забезпечення довговічності конструкцій 64

РОЗДІЛ 3 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ 66

3.1 Загальні положення 66

3.2 Вимоги безпеки до облаштування та утримання будівельного майданчика, ділянок робіт та робочих місць 66

3.3 Вимоги безпеки при складуванні матеріалів і конструкцій 68

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ 69

БІБЛІОГРАФІЯ 72

ВСТУП

Складські будівлі для зберігання будівельних матеріалів і виробів є важливими об’єктами виробничо-логістичної інфраструктури. Вони забезпечують приймання, розміщення, тимчасове зберігання та видачу матеріалів, необхідних для виконання будівельних робіт. Ефективність експлуатації такого об’єкта визначається раціональною організацією внутрішнього простору, зручністю вантажно-розвантажувальних операцій, надійністю несучих конструкцій, захистом матеріалів від атмосферних впливів і дотриманням вимог пожежної безпеки.

Актуальність роботи зумовлена доцільністю застосування дерев’яних і металодерев’яних конструкцій у складських будівлях. Такі конструкції дають змогу зменшити масу покриття, забезпечити технологічність монтажу, використати клеєну деревину для несучих елементів і сформувати ефективну каркасну систему з необхідною просторовою жорсткістю. Для складської будівлі особливе значення мають здатність конструкцій сприймати снігові, вітрові та постійні навантаження, стійкість кроквяних ферм, довговічність огороджувальних конструкцій і захист деревини від зволоження та вогневого впливу.

Об’єктом проєктування є одноповерхова складська будівля для зберігання будівельних матеріалів та виробів. Будівля має квадратну форму в плані, каркасну конструктивну схему та передбачає приміщення для зберігання матеріалів, кабінет комірника і санітарний вузол. Для забезпечення доступу до складських зон запроєктовано ворота з вбудованими дверима та окремі входи з торцевих сторін будівлі.

Архітектурно-планувальне рішення сформовано відповідно до функціонального призначення складу. Внутрішній простір передбачає розміщення будівельних матеріалів з урахуванням їх виду, способу складування та необхідності переміщення вантажів. На земельній ділянці передбачено проїзди з твердим покриттям, майданчики для транспортного, технічного та протипожежного обслуговування, а також заходи з організації поверхневого водовідведення.

Конструктивна схема будівлі прийнята каркасною. Основними несучими елементами є клеєнодерев’яні колони, металодерев’яні кроквяні ферми з клеєним верхнім поясом, фахверкові стійки, горизонтальні та вертикальні зв’язки. Просторова жорсткість у поздовжньому напрямку забезпечується жорсткими зв’язковими блоками, системою металевих тяжів і розпірок, а в поперечному напрямку — жорстким защемленням колон у фундаментах. Покриття передбачено з профільованого настилу по клеєфанерних плитах.

Особливістю роботи є проєктування клеєфанерної плити покриття коробчастого перерізу та металодерев’яної ферми. У розрахунковому розділі розглянуто визначення навантажень, перевірку верхньої та нижньої фанерних обшивок, роботу ребер каркаса, перевірку прогинів плити, підбір елементів ферми та проєктування її вузлів. Також виконано підбір перерізу колони й передбачено заходи для забезпечення довговічності дерев’яних і металевих конструкцій. Конструктивна схема покриття та зв’язків наведена у розрахунково-конструктивному розділі роботи.

Метою кваліфікаційної роботи є розроблення архітектурно-будівельних і розрахунково-конструктивних рішень складу для зберігання будівельних матеріалів та виробів у дерев’яному виконанні з урахуванням функціонального призначення будівлі, роботи металодерев’яного каркаса, вимог до міцності, стійкості, просторової незмінності, довговічності та пожежної безпеки конструкцій.

Для досягнення поставленої мети у роботі вирішено такі завдання:

1. Проаналізовано функціональне призначення складської будівлі та визначено склад матеріалів і виробів, що підлягають зберіганню.
2. Розроблено архітектурно-планувальні рішення одноповерхового складу, визначено склад основних, допоміжних і санітарно-побутових приміщень.
3. Обґрунтовано рішення щодо планування земельної ділянки, транспортного обслуговування, благоустрою та протипожежного доступу до будівлі.

4. Прийнято каркасну конструктивну схему з клеєнодерев’яними колонами, металодерев’яними фермами, клеєфанерними плитами покриття та системою вертикальних і горизонтальних зв’язків.

5. Розглянуто рішення зовнішніх огороджувальних конструкцій, покриття, внутрішнього оздоблення, підлог, природного освітлення та захисту конструкцій від вологи.

6. Виконано теплотехнічний розрахунок огороджувальних конструкцій приміщень, для яких передбачається створення теплового контуру.

7. Визначено постійні та тимчасові навантаження на елементи покриття й несучого каркаса.

8. Виконано розрахунок клеєфанерної плити покриття на міцність, місцевий вигин, стійкість, відколювання по клейових швах і прогин.

9. Виконано розрахунок металодерев’яної ферми, підібрано перерізи її елементів і розроблено конструктивні рішення вузлів з’єднання.

10. Проведено підбір перерізу несучої колони та визначено заходи для забезпечення довговічності дерев’яних і металевих конструкцій.

11. Розглянуто заходи пожежної безпеки, захисту дерев’яних конструкцій вогнезахисними складами та забезпечення безпечної експлуатації складської будівлі.

Вихідними даними для проєктування є призначення об’єкта як складу будівельних матеріалів та виробів, одноповерхова каркасна схема будівлі, застосування клеєнодерев’яних колон, металодерев’яних кроквяних ферм, клеєфанерних плит покриття, профільованого настилу, зв’язкових елементів і пальового фундаменту з монолітним залізобетонним ростверком.

Методи виконання роботи включають аналіз функціональних і конструктивних вимог до складської будівлі, збір навантажень, статичні розрахунки плит покриття, ферм і колон, перевірку несучих конструкцій за граничними станами, конструювання вузлових з’єднань та обґрунтування заходів із забезпечення довговічності й пожежної безпеки.

Практичне значення роботи полягає у розробленні проєктного рішення складської будівлі з використанням дерев’яних і металодерев’яних конструкцій. Прийняті рішення забезпечують зручне зберігання будівельних матеріалів, раціональну організацію внутрішнього простору, надійну роботу каркаса, достатню просторову жорсткість будівлі та можливість подальшого використання проєктних підходів для аналогічних складських об’єктів.

Ключові слова: СКЛАДСЬКА БУДІВЛЯ, ДЕРЕВ’ЯНИЙ КАРКАС, МЕТАЛОДЕРЕВ’ЯНА ФЕРМА, КЛЕЄФАНЕРНА ПЛИТА, БУДІВЕЛЬНІ МАТЕРІАЛИ.

РОЗДІЛ 1
АРХІТЕКТУРНО-БУДІВЕЛЬНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Вихідні дані для проєктування

1.1.1 Характеристика об’єкта будівництва

Проєктом передбачено будівництво складської будівлі для зберігання будівельних матеріалів та виробів. Будівля одноповерхова, має квадратну форму в плані, розміри 33×36 м, висота до низу несучих конструкцій — 4,8 м. Висота будівлі від нульової відмітки чистої підлоги до коника —$-10{,}8$ м.

1.2 Вихідні дані та умови для підготовки проєктної документації на об’єкт капітального будівництва

Бакалаврська робота розроблена на підставі:

- завдання;
- чинних будівельних норм і правил, відомчих будівельних норм і правил.

Вид будівництва — нове будівництво.

1.3 Відомості про функціональне призначення об’єкта капітального будівництва, склад та характеристика виробництва, номенклатура продукції (робіт, послуг), що випускається

Склад призначений для зберігання будівельних матеріалів та виробів різного виду, наприклад сухих будівельних матеріалів (цемент, гашене вапно, гіпс, гіпсокартон тощо), сталевих виробів (труби, радіатори опалення тощо), мінеральної вати, фарб, лаків тощо. Усі матеріали та вироби будуть розміщені на одній площі та укладені різними способами (штабельно, на стелажах, навалом).

1.4 Техніко-економічні показники об’єктів капітального будівництва, що проєктуються

Техніко-економічні показники наведено в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Техніко-економічні показники об’єкта

Найменування показників	Одиниця виміру	Кількість	Примітка
Площа забудови	$м^2$	1188	
Об'єм будівлі	$м^3$	10692	
Розрахункова площа будівлі	$м^2$	1188	
Корисна площа будівлі	$м^2$	1188	
Загальна площа будівлі	$м^2$	1188	
Кількість поверхів	шт.	1	
Висота поверху	м	4,8	
Потужність	$м^3$	4752	

1.5 Схема планування земельної ділянки

1.5.1 Характеристика земельної ділянки, що надається для розміщення об’єкта капітального будівництва

Ділянка розташована в північній частині м. Куп’янськ та примикає до вул. Робоча.

План організації рельєфу спроєктовано з урахуванням максимального збереження поверхні та виконання мінімально необхідних земляних робіт.

Для забезпечення нормальних санітарно-гігієнічних умов проєктом передбачаються заходи з благоустрою:

– укладання асфальту та облаштування парковки для транспортного сполучення на ділянці, а також для технічного та протипожежного обслуговування.

Відведена ділянка будівництва розташована в зоні існуючої забудови. Земельна ділянка, відведена під будівництво, вільна від забудови.

1.6 Архітектурні рішення

1.6.1 Опис та обґрунтування зовнішнього та внутрішнього вигляду об’єкта капітального будівництва, його просторової, планувальної та функціональної організації

Архітектурно-планувальні рішення щодо забудови ділянки, благоустрою, вертикального планування та інженерних мереж виконано на підставі архітектурно-планувального завдання.

Об’єктом проєктування є складська будівля з дерев’яним каркасом у м. Куп’янськ. Проєктована будівля являє собою одноповерхову споруду висотою 10,8 метрів.

Має квадратну форму в плані, середні розміри в осях 1–12 становлять 33 метри, в осях А–Б — 36 метрів.

Висота поверху становить 4,8 метра. За відмітку 0,000 прийнято відмітку чистої підлоги першого поверху. Максимальна відносна відмітка будівлі становить+10,800 м.

Конструктивна схема будівлі — каркасна.

Є 2 входи з одного торця складу та 1 — з іншого. Це забезпечує безперешкодний доступ до складу. Вхід являє собою розпашні ворота з вбудованими дверима.

Архітектура будівлі відповідає вимогам, що висуваються до складських будівель. Просторова, планувальна та функціональна організація зумовлена специфікою функціонального призначення приміщень і відповідає принципам складу.

На першому поверсі розміщуються приміщення для зберігання, кабінет комірника та санвузол.

1.7 Обґрунтування прийнятих об’ємно-просторових та архітектурно-художніх рішень. Зокрема, щодо дотримання граничних параметрів дозволеного об’єкта капітального будівництва

Об'ємно-просторове рішення прийнято на підставі затвердженого завдання на проєктування та узгодженого ескізного проєкту.

Технічні рішення, прийняті в кресленнях, відповідають вимогам екологічних, санітарно-гігієнічних, протипожежних норм, що забезпечують безпечну для життя і здоров’я людей експлуатацію об’єкта за умови дотримання заходів, передбачених проєктною документацією.

Архітектурно-художнє рішення прийнято з урахуванням планувальної структури будівлі складу та функціонального призначення будівлі.

Проєкт виконано після ретельного обстеження загальної території, виділеної під забудову. Запроєктований об’єм гармонійно вписується в навколишнє середовище.

Розміри будівлі не порушують вимог щодо дотримання граничних параметрів дозволеного будівництва об’єкта капітального будівництва.

Проєктом передбачається розробка об’ємно-планувальних рішень надземної частини будівлі відповідно до нормативів.

1.8 Опис та обґрунтування використаних композиційних прийомів при оформленні фасадів та інтер’єрів об’єкта капітального будівництва

Зовнішнє оздоблення являє собою вентильований фасад із клейофанерних панелей підвищеної вологостійкості. Головна мета навісних конструкцій — не дати конденсату у великому обсязі накопичитися на поверхні споруди. Це забезпечується за рахунок наявності шва між огороджувальними конструкціями, що забезпечує їх вентиляцію.

Оскільки не потрібно створювати температурний контур (за винятком приміщень 2 і 3), фасад залишається в «дихаючому» режимі.

Навколо будівлі передбачається асфальтобетонна відмостка шириною 1000 мм з ухилом від будівлі не менше1,5% ь на щебеневій основі.

1.9 Обґрунтування прийнятих архітектурних рішень щодо забезпечення відповідності будівлі, споруд та об'єктів встановленим вимогам енергоефективності (за винятком будівель, споруд та об'єктів, на які вимоги енергоефективності не поширюються)

Прийняті архітектурні рішення проєкту забезпечують відповідність вимогам енергоефективності. Геометричні характеристики будівлі, такі як показник компактності та коефіцієнт скління, повністю відповідають розрахунковим вимогам.

1.10 Опис архітектурно-будівельних заходів, що забезпечують захист від шуму, вібрації та інших впливів

Проєктом не передбачено жодного обладнання, що спричиняє підвищений шум та вібрацію.

1.11 Опис архітектурних рішень, що забезпечують природне освітлення приміщень, у яких постійно перебувають люди

Планування у всіх службових приміщеннях виконано з урахуванням норм природного освітлення.

Передбачено природне освітлення через віконні блоки у зовнішніх стінах будівлі.

1.12 Опис рішень щодо оздоблення приміщень основного, допоміжного, обслуговуючого та технічного призначення

Внутрішнє оздоблення приміщень у даному проєкті є чорновим: оздоблення стель — клейова фанерна плита підвищеної вологостійкості; оздоблення стін — клейова фанерна панель підвищеної вологостійкості; оздоблення колон — обробка антисептиками та гідроізоляцією у місцях стику залізобетону та дерева; конструкція підлог — цементно-піщана стяжка 20 мм, геотекстиль «Техноніколь», бетон класу В25 — 150 мм, піщано-гравійна підготовка — 100 мм.

1.13 Конструктивні рішення

1.13.1 Опис та обґрунтування конструктивних рішень будівлі та споруд, включаючи їхні просторові схеми, прийняті під час виконання розрахунків будівельних конструкцій

Конструктивна схема будівлі — каркасна. Несучі елементи будівлі — клеєно-дощаті колони та металодерев'яні ферми.

Для забезпечення просторової незмінності будівлі в поздовжньому напрямку передбачені жорсткі зв’язувальні блоки в торцях будівлі. Зв’язки між колонами виконані з гнучких металевих тяжів із розпірками. Розпірки розміщені у верхній частині колон (обв’язувальний брус).

Вертикальні зв’язки в покритті забезпечують вертикальне положення балок. Проміжні рами з’єднуються з жорсткими блоками через розпірки та огороджувальні конструкції.

У поперечному напрямку жорсткість будівлі забезпечується затисканням стійок у фундаментах.

Огороджувальні конструкції виконані у вигляді клеєної фанерної плити товщиною 110 мм. У приміщенні комори та санвузлі огороджувальні конструкції являють собою клеєну фанерну плиту з товщиною утеплювача130мм.

Підлоги у всій будівлі однакові — цементно-піщана стяжка на бетонній основі.

Покрівля двосхила — профлист С44-1000-0,6 на клеєфанерній плиті.

1.13.2 Відомості про топографічні, інженерно-геологічні, гідрологічні, метеорологічні та кліматичні умови земельної ділянки, наданої для розміщення об'єкта капітального будівництва

У гідрометеорологічному відношенні район, що розглядається, достатньо вивчений: є банк даних спостережень за діючими та закритими на даний час гідрологічними постами та метеорологічними станціями.

Кліматичні характеристики ділянки визначаються географічним положенням, впливом загальних та місцевих факторів: сонячною радіацією, циркуляцією атмосфери, підстилаючою поверхнею.

1.13.3 Відомості про особливі природні кліматичні умови території, на якій розташована земельна ділянка, представлена для розміщення об'єкта капітального будівництва

Земельна ділянка розташована в м. Куп'янськ, і має площу $3500\ м^2$.

Основний вид дозволеного користування — земельна ділянка, призначена для розміщення складу.

Температура повітря найхолоднішої доби з імовірністю $0{,}98 - 22^\circ$ С. Тривалість опалювального періоду — 195 діб. Середньомісячна відносна вологість повітря найхолоднішої місяця — 73 %. Переважний напрямок вітру у грудні–лютому — південь. Максимальна середня швидкість вітру за румбами у січні — $-6{,}7\ м/с$. IV район за вітровим тиском, VI район за вагою снігового покриву.

1.13.4 Опис та обґрунтування технічних рішень, що забезпечують необхідну міцність, стійкість, просторову незмінність будівель і споруд об’єкта капітального будівництва

Геометричні параметри конструкцій визначено на підставі таких документів:

- архітектурні рішення;
- об'ємно-планувальні рішення;
- вимоги до забезпечення та обслуговування об’єкта;
- визначальними факторами при визначенні геометричних параметрів конструкцій стали результати попередніх розрахунків.

Основні проїзди виконуються з твердим покриттям з асфальтобетону.

1.13.5 Опис конструктивних і технічних рішень підземної частини об’єкта капітального будівництва

Фундамент являє собою залізобетонний ростверк висотою 900 мм зі свайним кущем із 4 х паль.

1.13.6 Обґрунтування проєктних рішень та заходів, що забезпечують: дотримання необхідних теплозахисних характеристик огороджувальних конструкцій

Оскільки створення теплового контуру не потрібне через призначення будівлі, утеплення зовнішніх огороджувальних конструкцій не потрібне. Однак приміщення комірника та санвузол потрібно утеплити.

1.14 Обґрунтування проєктних рішень та заходів, що забезпечують дотримання необхідних характеристик конструкцій

1.14.1 Забезпечення необхідних теплозахисних характеристик огороджувальних конструкцій

Для забезпечення теплозахисних характеристик у будівлі прийнято такі рішення: зовнішні огороджувальні конструкції (стінові та покрівельні панелі) не утеплені, оскільки не потрібно створювати тепловий контур.

Огороджувальні конструкції приміщення комірника та санвузла — клеєфанерні плити з кам’яною ватою товщиною 130 мм.

1.14.2 Забезпечення зниження шуму та вібрацій

У будівлі не передбачено обладнання, що створює багато шуму та вібрацій. Однак конструкція споруди дозволяє зменшити їхній вплив.

1.14.3 Забезпечення гідроізоляції та пароізоляції приміщень

Гідроізоляція необхідна у місцях стику бетону та дерев’яних конструкцій. Для огороджувальних конструкцій стін та покрівлі гідроізоляція не потрібна, оскільки фанера, що використовується для них, є вологостійкою.

1.14.4 Забезпечення зниження загазованості приміщень

Вентиляційні установки не передбачені, здійснюється природний приплив повітря.

1.14.5 Забезпечення відведення надлишків тепла

Надлишків тепла не передбачається.

1.14.6. Забезпечення дотримання безпечного рівня електромагнітного та інших видів випромінювання, дотримання санітарно-гігієнічних умов

Для забезпечення санітарно-епідеміологічних вимог, включаючи безпеку випромінювань, радіаційну безпеку, хімічну, термічну, біологічну безпеку, виділення озоноруйнівних речовин, усі будівельні матеріали, вироби та конструкції повинні відповідати за цими показниками вимогам національних стандартів, зводів правил, законодавства про санітарно-епідеміологічне благополуччя населення та мати документ про відповідне підтвердження. На розглянутій території рівень електромагнітного випромінювання не перевищує гранично допустимий рівень, необхідності передбачати проведення архітектурно-планувальних та інженерно-технічних заходів — немає.

1.14.7 Забезпечення пожежної безпеки

Рівень відповідальності — нормальний;

Ступінь вогнестійкості — IV;

У будівлі складу передбачаються конструктивні, об’ємно-планувальні та інженерно-технічні рішення, що забезпечують у разі пожежі:

- можливість евакуації людей назовні до настання загрози їхньому життю та здоров’ю внаслідок впливу ОФП;
- можливість доступу особового складу пожежних підрозділів та подачі засобів пожежогасіння в*к* у вогнища пожежі, а також проведення заходів з порятунку людей та матеріальних цінностей;
- непоширення пожежі на сусідні будівлі.

При проєктуванні будівель (споруд) перевагу слід надавати конструкціям суцільного масивного прямокутного перерізу з цільних або клеєних блоків. При цьому брусові елементи повинні мати гладку, обстругану поверхню.

Вузлові з'єднання дерев'яних конструкцій проєктуються з мінімальною кількістю відкритих елементів, передбачається обов'язкове покриття їх вогнезахисними сумішами.

У будівлях IV ступеня вогнестійкості протипожежна стіна повинна виступати за зовнішню поверхню стінової огорожі на 300 мм.

1.15 Теплотехнічні розрахунки

1.15.1 Теплотехнічний розрахунок стіни

Теплотехнічний розрахунок стіни виконано для внутрішніх приміщень з метою створення теплового контуру.

Таблиця 1.2 – Теплотехнічний розрахунок

Номер шару	Назва	Товщина шаруδ, м	Щільність матеріалу γ, кг/м^3	Коефіцієнт теплопровідності λ, Вт/ м°С
1	Клеєна фанера	0,009	550	0,18
2	Пароізоляція	х (130)	100	0,04
3	Клеєна фанера	0,009	550	0,18

Умовний опір теплопередачі $R_0^{\text{ум}}$, (м^2°С/Вт) визначимо за формулою:

$$R_0^{\text{ум}} = 1/\alpha_{\text{int}} + \delta_{\text{n}}/\lambda_{\text{n}} + 1/\alpha_{\text{ext}};$$

де α_{int} — коефіцієнт тепловіддачі внутрішньої поверхні огороджувальних конструкцій, Вт/(м^2°С);

$\alpha_{\text{int}} = 8.7$Вт/(м^2°С);

α_{ext} - коефіцієнт тепловіддачі зовнішньої поверхні огороджувальних конструкцій для умов холодного періоду.

$\alpha_{\text{ext}} = 23$Вт/(м^2°С)-для зовнішніх стін.

$$R_0^{\text{ум}} = 1/8.7 + 0.009/0.18 + 0.13/0.04 + 0.009/0.18 + 1/23 = 3{,}51\text{м}^2\text{°С/ Вт}.$$

Наведений опір теплопередачі $R_0^{\text{пр}}$, (м^2°С/Вт) визначимо за формулою:

$$R_0^{\text{пр}} = R_0^{\text{ум}} \cdot r,$$

r-коефіцієнт теплотехнічної однорідності огороджувальної конструкції, що враховує вплив стиків, укосів прорізів, обрамлюючих ребер, гнучких зв'язків та інших теплопровідних включень

$r = 0.92$;

Тоді

$R_0^{пр} = 3.51 \cdot 0.92 = 3.23$ м$^{2\cdot}{}^{\circ}$С/ Вт.

Висновок: величина приведеного опору теплопередачі $R_0^{пр}$ більша за необхідну $R_0^{норм}$ $(3.23 > 3.07)$ отже, представлена огороджувальна конструкція відповідає вимогам щодо теплопередачі.

РОЗДІЛ 2
РОЗРАХУНКОВО-КОНСТРУКТИВНИЙ РОЗДІЛ

2.1 Основні параметри каркаса

2.1.1 Розташування основних несучих конструкцій

Будівля одноповерхова, несуча конструкція покрівлі — металодерев'яна ферма з клеєним верхнім поясом, шарнірно оперта на стійки, жорстко затиснуті у фундаменті. Крок поперечних рам — 3 м. Огороджувальні конструкції виконані у вигляді клеєно-фанерних плит.

Для забезпечення просторової незмінності будівлі в поздовжньому напрямку передбачені жорсткі зв’язувальні блоки в торцях будівлі. Зв’язки між колонами виконані з гнучких металевих тяжів у поєднанні з розпірками. Розпірки розміщені по верху колон (обв’язувальний брус).

Вертикальні зв’язки в перекритті забезпечують вертикальне положення балок. Проміжні рами з’єднуються з жорсткими блоками через розпірки та огороджувальні конструкції.

У поперечному напрямку жорсткість будівлі забезпечується затисканням стійок у фундаментах. Обрана компоновка будівлі дозволяє сприймати та передавати на фундамент навантаження всіх напрямків.

Геометричні розміри ферми:

- висота по конику $\mathrm{h_{ср}} = 6\text{м}$;
- коефіцієнти $\mathrm{K_M} = 4; \mathrm{k_{mv}} = 30\%$;
- ширина перерізу ферми — 21 см;
- ухил покрівлі —$12°$.

2.2 Розрахунок навантаження від власної маси конструкції

Навантаження від власної ваги плит$-0{,}4\ кН/\text{м}^2$. Навантаження від ваги профнастилу-150 $Н/\text{м}^2$. Навантаження від власної маси несучої конструкції на $1\ \text{м}^2$ горизонтальної проекції покриття визначають за формулою:

$$q_{\text{м}}^{n} = \frac{q^{n} + p^{n}}{\frac{1000}{k_{\text{м}} \cdot l} - 1} \quad (2.1)$$

Де q^{n} — постійне нормативне навантаження на несучу конструкцію від власної маси вищерозташованих конструкцій (настилів, утеплювача покрівлі тощо),Н/м^2;

p^{n} - нормативне тимчасове навантаження від снігу та вітру, якщо останнє збігається за напрямком з першим, приведене до$1\ \text{м}^2$ горизонтальної проекції, Н/м^2;

$k_{\text{м}}$ - коефіцієнт, що враховує власну масу конструкції залежно від її типу та визначається за таблицями, наведеними в навчальній та довідковій літературі;

l- ширина прольоту будівлі, м.

Визначимо навантаження від власної маси конструкції за формулою 2.1:

$$q_{\text{м}}^{n} = \frac{550 + 1651}{\frac{1000}{4 \cdot 36} - 1} = 370\ \text{Н/м}^2$$

2.3 Визначення витрати металу та деревини на несучі конструкції

Витрати металу на несучі конструкції будівлі в цілому обчислюють за формулою:

$$G_m = \frac{q_{\text{м}}^{n} \cdot k_m}{100} \cdot L \cdot l \quad (2.2)$$

де $\frac{k_m}{100}$ — коефіцієнт металоємності конструкції;

Lul - довжина та проліт будівлі;

$q_{\text{м}}^{n}$ - навантаження від власної маси конструкції.

Витрата деревини «у справі» на несучі конструкції будівлі:

$$V_D = \frac{q_{\text{М}}^n \cdot L \cdot l - G_m}{\rho_D} \quad (2.3)$$

де ρ_D — щільність деревини, кг/м³;

G_m - витрата металу на несучу конструкцію;$q_{\text{М}}^n, l$ таL — те саме, що й у формулі 2.4.

Визначимо витрату металу та деревини за формулами 2.3 і 2.4

$$G_m = \frac{370 \cdot 30}{100} \cdot 33 \cdot 36 = 131944{,}1к2$$

$$V_D = \frac{370 \cdot 33 \cdot 36 - 131944{,}1}{500} = 615{,}7\text{м}^3$$

Визначаємо витрату лісоматеріалів для виготовлення несучих конструкцій покриття з урахуванням відходів

$$V_{kD} = k_o \cdot V_D \quad (2.5)$$

де k_o — коефіцієнт, що враховує відходи деревини; V_D - те саме, що й у формулі 2.5:

$V_{kD} = 1{,}4 \cdot 615{,}7 = 862{,}04$ м ^{3};

Загальна витрата деревини, приведена до круглого лісу:

$$V_{K.L.} = 1{,}61 \cdot V_{kD} \quad (2.5)$$

де 1,61 — перехідні коефіцієнти, що вказують витрату круглого лісу на виготовлення 1 м^3 пиломатеріалів.

$V_{K.L.} = 1{,}61 \cdot 862{,}04 = 1387{,}86\text{м}^3$

Трудомісткість виготовлення будівельних конструкцій:

$$T = \frac{22 \cdot V_D}{8} = \frac{22 \cdot 615{,}7}{8} = 1693{,}3 \text{ люд. } - \text{змін.}$$

Трудомісткість монтажу дерев'яних конструкцій:

$$T = \frac{32{,}91 \cdot N}{8} = \frac{32{,}91 \cdot 12}{8} = 50 \text{ люд. } - \text{змін.}$$

де N — кількість ферм.

2.4 Техніко-економічні параметри

Таблиця 2.1 – Техніко-економічні параметри

Назва показника	Одиниця вимірювання	Кількість
Маса несучої конструкції покриття	т	440
Витрата деревини в реальному обсязі на несучі конструкції будівлі	$м^3$	615,7
Загальна витрата деревини, перерахована на круглий ліс	$м^3$	1387,9
Трудомісткість виготовлення	люд.-год.	1694
Трудомісткість зведення	люд.-зм.	50

2.5 Компонування будівлі та забезпечення геометричної незмінності будівлі

У конструктивно-компонувальній схемі будівлі в якості ригеля застосовано металодерев'яну ферму з клеєним верхнім поясом прольотом $l = 36$ м.

Ферми спираються на колони, виконані також із клеєної деревини. По фермах укладається фанера підвищеної вологостійкості. Утеплення не виконуємо, оскільки призначення будівлі не передбачає створення теплового контуру.

Для забезпечення просторової незмінності будівлі в поздовжньому напрямку передбачені жорсткі зв’язувальні блоки в торцях будівлі. Зв’язки між колонами виконані з гнучких металевих тяжів у поєднанні з розпірками. Розпірки виконані з дерева. Розпірки розміщені у верхній частині колон. У поперечному напрямку жорсткість будівлі забезпечується затисканням стійок у фундаментах.

Крім того, в обох напрямках жорсткість забезпечується огороджувальними конструкціями у вигляді клеєфанерних плит. Стійкість ферм у площині забезпечена похилими зв’язковими фермами в торцях.

Покрівля виконується з профнастилу.

Схема розташування несучих конструкцій на відм. 0,000 зображена на рисунку 2.1

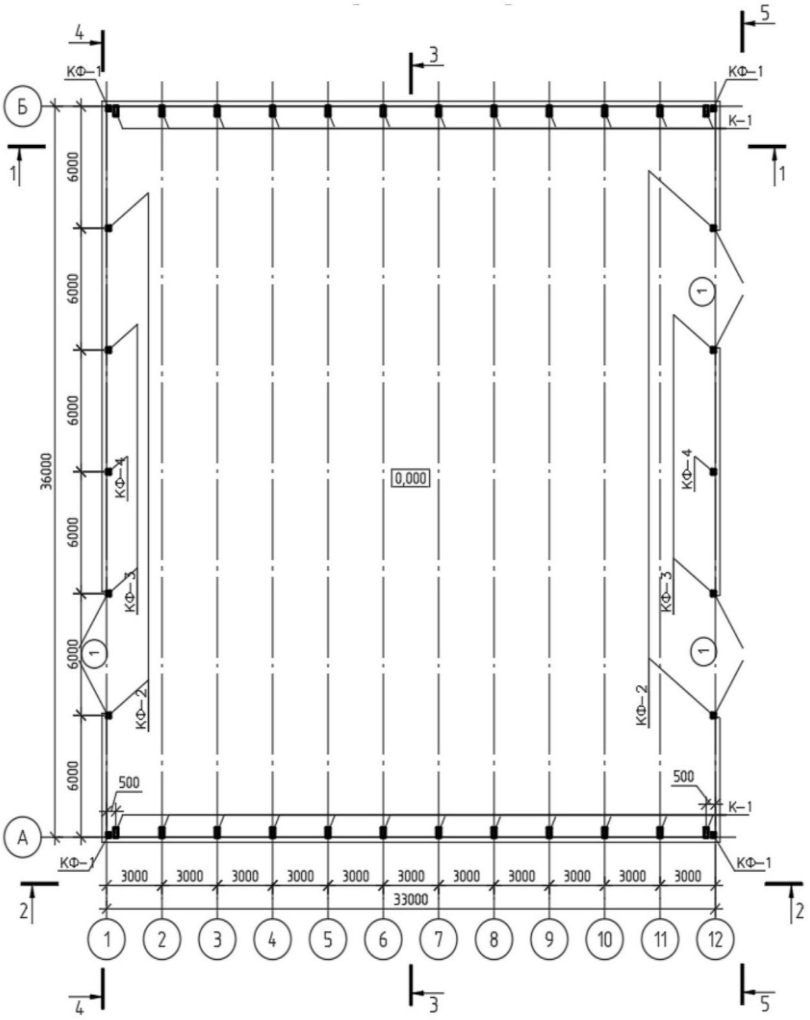

Рисунок 2.1 – Схема несучих конструкцій на відм. 0,000

Компонувальна схема поперечної рами каркаса представлена на рисунку 2.2.

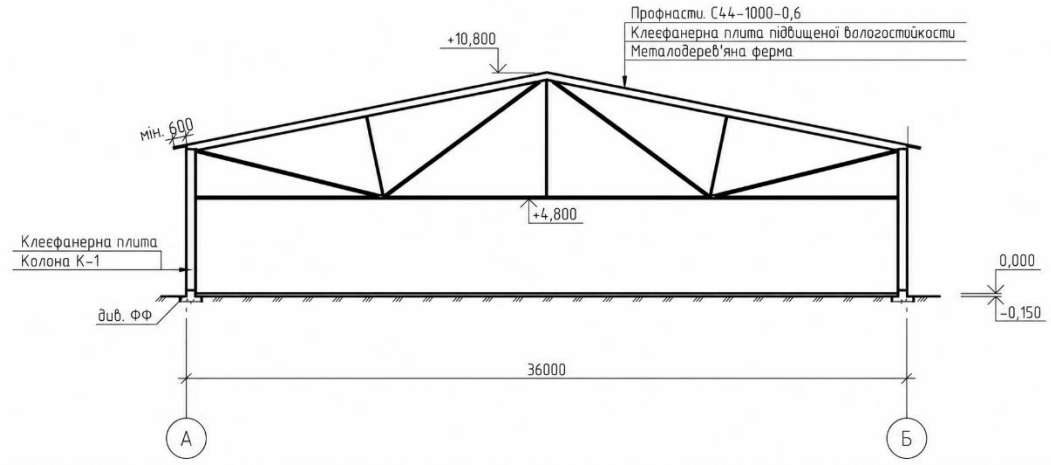

Рисунок 2.2 – Схема поперечної рами каркаса

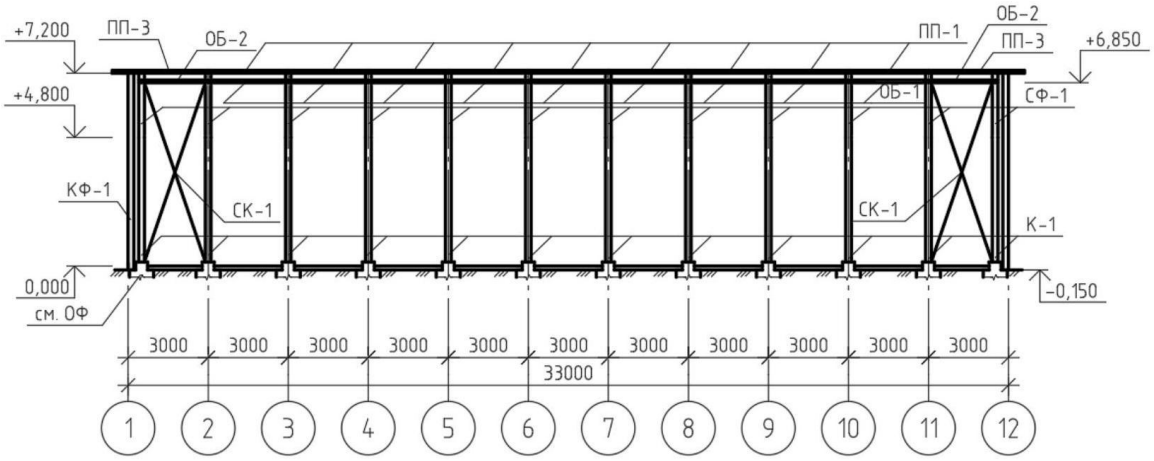

Рисунок 2.3 – Схема розташування вертикальних зв’язків

Схема розташування кроквяних ферм і зв’язків між ними по верхньому та нижньому поясу наведена на рисунку 2.4.

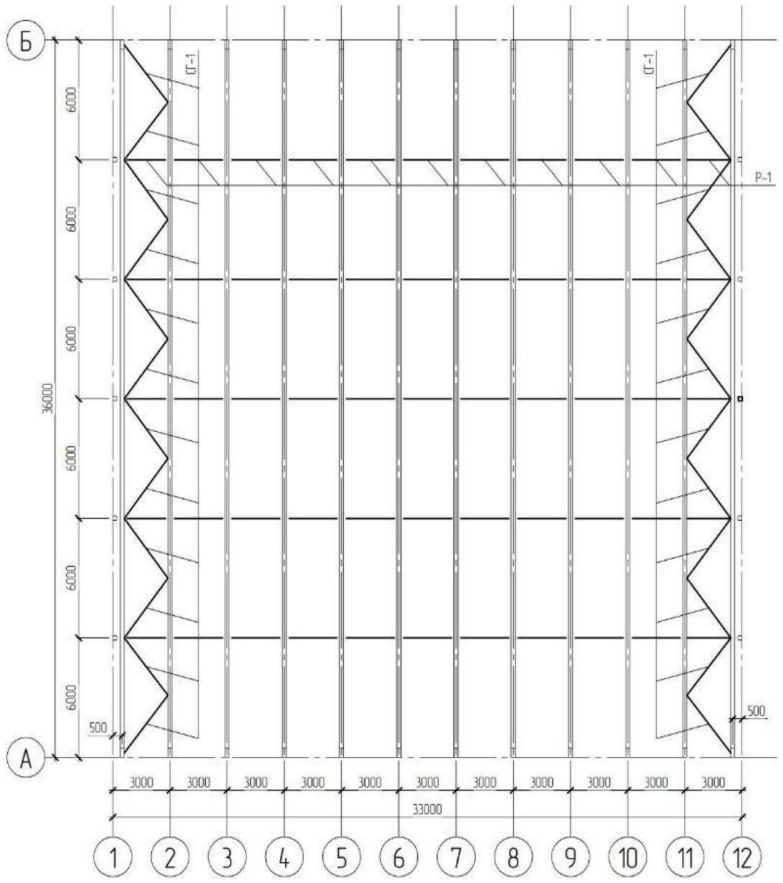

Рисунок 2.4 – Схема розташування зв’язків між кроквяними фермами по верхньому та нижньому поясах

Схема розташування фахверкових стійок та зв’язків між ними наведена на рисунку 2.5.

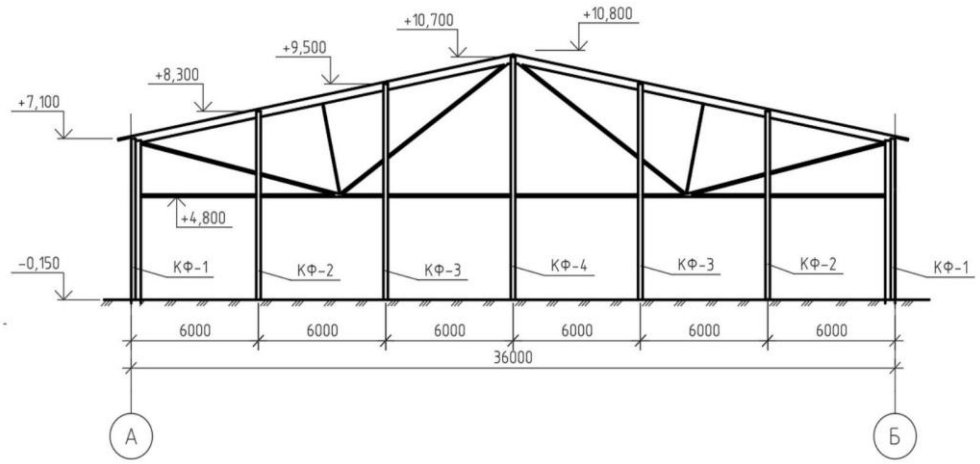

Рисунок 2.5 – Схема розташування фахверкових стійок

В якості несучих конструкцій покрівлі прийнято використовувати металодерев'яні ферми з прямолінійним нижнім поясом. Ферми спираються на колони, виконані з клеєної деревини. По фермах укладаються клеєно-фанерні плити покрівлі. У якості стінових огороджувальних конструкцій також прийнято використовувати клеєфанерні плити. Для клеєних фанерних конструкцій слід застосовувати вологостійку фанеру марки ФСФ.

2.6 Проєктування плити покриття

Місце будівництва — м. Куп’янськ. Функціональне призначення будівлі (склад для зберігання будівельних матеріалів та виробів) не передбачає створення всередині приміщення температурно-вологісного режиму. Отже, необхідність у створенні теплового контуру відсутня. Будівля не опалюється.

З огляду на асортимент ринку м. Куп’янськ, як дощатий настил обираємо фанеру підвищеної вологостійкості. Для клеєних фанерних конструкцій слід застосовувати фанеру марки ФСФ.

Клеєфанерні плити приклеюються до елементів каркаса.

Клеєфанерні плити розраховують як шарнірно оперті балки на одночасну дію рівномірно розподілених навантажень: власної ваги та ваги снігу, віднесених до повної ширини плити.

Технологічний зазор між плитами в місці їх опори приймаємо 20 мм, така величина обумовлена допуском на точність монтажу ферм. Відповідно $\gamma_n = 1$.

Покрівля з металевого профнастилу.

2.6.1 Компонування плити покриття

Ширину плити приймаємо рівною ширині фанерного листа з урахуванням обрізки країв для їх вирівнювання $b_n = 1480$ мм (з листа $b_n = 1500$ мм).

Товщину фанери верхньої обшивки приймаємо за $\delta = 9$ мм. Товщину фанери нижньої обшивки приймаємо за $\delta = 9$ мм.

Розрахунковий проліт плити покриття визначається за формулою:

$$l = l_n - 2 \cdot \frac{a_{on}}{2} \quad (2.6)$$

де 1_n — проліт плити;

a_{on} - ширина опорної частини плит покриття.

Приймаємо, що $l_n = 2980$ мм,$a_{on} = 60$ мм. Підставляємо значення у формулу (2.6.), отримуємо:

$$l = l_n - 2 \cdot \frac{a_{on}}{2} = 2980 - 2 \cdot \frac{60}{2} = 2920\text{мм}$$

Величина усушки становить 2 мм, припуски на фрезерування приймаємо 4 мм.

Для ребер каркаса приймаємо за сортаментом дошки перерізом 50 × 100 мм. З урахуванням припусків на усушку 2 мм і на фрезерування з двох боків по ширині 5,5 мм, висота ребер $h_p = 92{,}5$ мм. Ширину ребра приймаємо аналогічно з урахуванням припусків на усушку 2 мм і припусків на фрезерування по товщині 5,5 мм —$b_p = 42{,}5$ мм. Остаточно для розрахунку приймемо $h_p = 92$мм, $b_p = 42$мм.

Висота перерізу плити $h = 0{,}92 + 0{,}9 + 0{,}9 = 0{,}11$м. Розрахункова висота плити визначається виходячи з умови:

$$h = \left(\frac{1}{40} \div \frac{1}{20}\right) \cdot l = (0{,}025 \div 0{,}05) \cdot l \quad (2.7)$$

$\frac{h}{l} = \frac{110}{2980} = 0{,}036$. Оскільки $1_n = 2980\text{мм} > 6 \cdot a = 6 \cdot 466 = 2814$ мм, розрахункова ширина плити при визначенні приведених моментів інерції та приведених моментів опору розраховується за формулою (2.8):

$$b_{pac} = 0{,}9 \cdot b \quad (2.8)$$

Де b — ширина плити.

Таким чином:

$b_{роз} = 0{,}9 \cdot b = 0{,}9 \cdot 1480 = 1330$мм

Розрахунковий переріз плити уявімо у вигляді двотавра з шириною полиць, що дорівнює $b_{роз} = 1330$ мм, і товщиною стінки, що дорівнює сумарній товщині всіх ребер

$$\sum b_p = 3 \cdot 42 = 126\text{мм}$$

Поперечний переріз, а також вигляд зверху клейофанерної плити покриття наведено на рисунку 2.6.

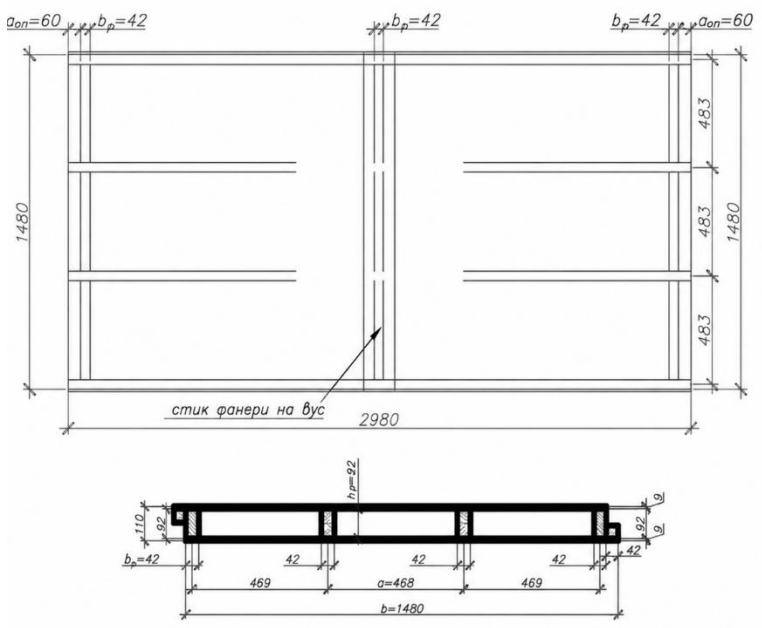

Рисунок 2.6 – Клейофанерна плита покриття

Плита покриття — коробчастого перерізу. Розмір у плані$1{,}48 \times 2{,}98$м; обшивка з водостійкої фанери марки ФСФ сортуВ/ВВ (з деревини листяних порід); деревина ребер — сосна 2-го сорту. Клей марки ФРФ-50.

Для надання каркасу жорсткості поздовжні ребра з'єднані на клеї з поперечними ребрами, розташованими по торцях і в середині плити. Поздовжні кромки плит під час монтажу стикуються за допомогою спеціального шпунта з

трапецієподібних брусків, приклеєних до поздовжніх ребер. Отримане таким чином з'єднання у шпунт запобігає вертикальному зсуву у стику та різниці в прогинах країв суміжних плит навіть під впливом зосередженого навантаження, прикладеного до краю однієї з плит.

2.6.2 Розрахунок верхньої обшивки на місцевий вигин

Верхня обшивка розраховується на місцевий вигин між поздовжніми ребрами за схемою балки з прольотом 1 із жорстким закріпленням на опорах у місцях кріплення обшивки до країв поздовжніх ребер. Розрахунок проводиться від зосередженої сили $P = 1{,}2кН$, робоча смуга приймається 1 м. Розрахункова схема наведена на рисунку 2.7.

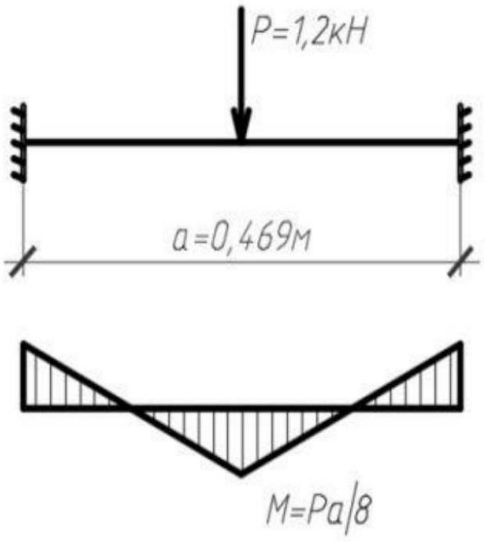

Рисунок 2.7 – Розрахункова схема для розрахунку верхньої обшивки на місцевий вигин

Розрахунковий згинальний момент від монтажного зосередженого навантаження у верхній обшивці панелі, з урахуванням її кріплення до ребер, визначається за формулою (2.9):

$$M = \frac{P \cdot a}{8} \tag{2.9}$$

де Р — розрахункова величина монтажного навантаження;

а — крок поздовжніх ребер.

$$M = \frac{P \cdot a}{8} = \frac{1{,}2 \cdot 0{,}466}{8} = 0{,}071 кН \cdot м$$

Момент опору верхньої фанерної обшивки визначається за формулою (2.10):

$$W_{в.обш} = \frac{100 \cdot \delta^2}{6} \quad (2.10)$$

де 100 — розрахункова ширина фанерної плити;

δ — товщина обшивки;

$$W_{е.\ обш} = \frac{100 \cdot \delta^2}{6} = \frac{100 \cdot 9^2}{6} = 1350\ см^3$$

Умова міцності при згині верхньої обшивки має вигляд (2.11):

$$\frac{M}{W_{в.обш}} \leq R'_{ф..} \quad (2.11)$$

де $W_{в.обш.}{}^{-}$ - момент опору верхньої обшивки;

М — згинальний момент від зосередженої монтажної сили;

$R'_{ф.п.}$ - розрахунковий опір згину фанери поперек шпону, що дорівнює 10 МПа.

Таким чином:

$$\frac{M}{W_{в.обш}} = \frac{0{,}071 \cdot 10^3}{1350 \cdot 10^{-6}} = 0{,}53 МПа \leq 10 МПа = R'_{ф.п.-}$$

2.6.3 Сума навантажень

Навантаження в основному сприймає дерев'яний каркас, плити працюють на місцевий вигин і продавлювання. Розрахункова схема плити покриття представлена на рисунку 2.8.

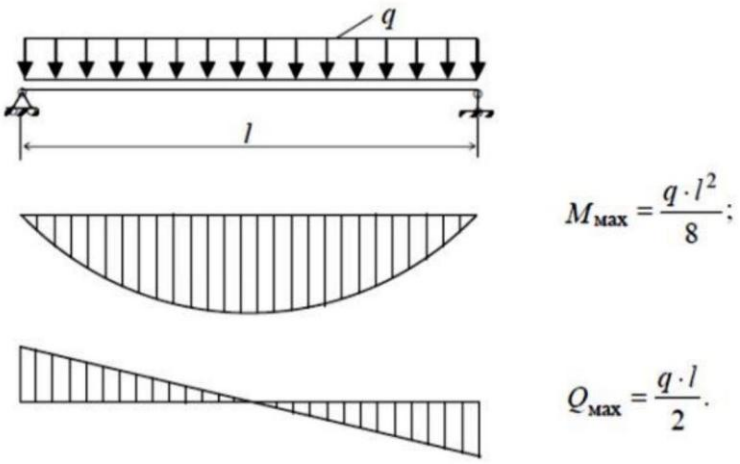

Рисунок 2.8 – Схема навантаження плити

Навантаження від власної ваги поздовжніх брусків з урахуванням поздовжніх стикових брусків визначається як відношення маси брусків до площі плити:

$$q_p = \frac{0{,}042 \cdot 0{,}092 \cdot 2{,}98 \cdot 4}{1{,}48 \cdot 2{,}98} \cdot 5{,}88 = 0{,}07 кН/м^2$$

Навантаження від власної ваги поперечних ребер визначається як відношення маси ребер до площі плити:

$$q_p = \frac{0{,}042 \cdot 0{,}092 \cdot 2{,}98 \cdot 3}{1{,}48 \cdot 2{,}98} \cdot 5{,}88 = 0{,}05 кН/м^2$$

Нормативне значення ваги снігового покриву на $1\ м^2$ горизонтальної поверхні покриття $S_g = 1{,}5 кН/м^2$. Таким чином, навантаження, що діють на плиту покриття, наведено в таблиці 2.2:

Таблиця 2.2 – Навантаження, що діють на плиту покриття

Вид навантаження	Нормативне навантаження, кН/м ^{2}	Коефіцієнт надійності за навантаженням γ_f	Розрахункове навантаження, кН/м ^{2}
Профнастил С44-1000-0,6	0,08	1,1	0,088
Фанера ФСФ ($\delta = 0{,}009$ м,$\rho = 600$ кг/м^3)	0,06	1,1	0,066
Поздовжні ребра з урахуванням брусків ($\rho = 600 кг/м^3$)	0,07	1,1	0,077

Продовження таблиці 2.2

Вид навантаження	Нормативне навантаження, кН/м ^{2}	Коефіцієнт надійності за навантаженням γ_f	Розрахункове навантаження, кН/м ^{2}
Поперечні ребра ($\rho = 600\text{кг/м}^3$)	0,05	1,1	0,055
Пароізоляція	0,02	1,2	0,024
Фанера ФСФ ($\delta = 0{,}009$ м, $\rho = 600\text{кг/м}^3$)	0,06	1,1	0,066
Разом постійні навантаження	0,34		0,376
Тимчасове снігове навантаження,	1,5	1,4	2,1
Повне навантаження	1,84		2,476

Нормативне значення повного навантаження на 1 погонний метр плити q_n,кН/м^2, визначається за формулою:

$$q_n = q^n_{n.H.} \cdot B \tag{2.12}$$

де$q^n_{n.н.}$ — повне нормативне навантаження, що діє на плиту покриття, що діє на 1м^2 плити покриття;

В — крок плит покриття. Приймаємо:$q^n_{n.и.} = 1{,}84$ кН/м^2 ,В $= 1{,}5$ м. Підставляємо у формулу (2.12), отримуємо:

$$q_n = q^n_{n.H.} \cdot B = 1{,}84 \cdot 1{,}5 = 2{,}76кН/\text{м}$$

Розрахункове значення повного навантаження на 1 погонний метр плити $q, кН/\text{м}^2$ визначається за формулою:

$$q = q_{\text{п.н.}} \cdot B \tag{2.13}$$

Де $q_{\text{п.н.}}$ — повне нормативне навантаження, що діє на плиту покриття, що діє на 1м^2 плити покриття;

В — крок плит покриття.

Приймаємо:$q_{\text{п.}.} = 2{,}476 к\text{Н}/\text{м}^2$,$\text{В} = 1{,}5$ м. Підставляємо у формулу (2.13), отримуємо: $q = q_{\text{п.н.}} \cdot B = 2{,}476 \cdot 1{,}5 = 3{,}714 кН/\text{м}$

2.6.4 Статичний розрахунок

Максимальний згинальний момент у середині прольоту плити з урахуванням II рівня відповідальності $M, кН \cdot$ м, визначається за формулою (2.14):

$$M = \frac{q \cdot l \cdot \gamma_n}{8} \tag{2.14}$$

деq — розрахункове значення повного навантаження на 1 погонний метр плити,$\frac{кН}{\text{м}^2}$;

$l -$ — розрахунковий проліт плити покриття;

γ_n - коефіцієнт надійності за відповідальністю.

Приймаємо:$q = 3{,}714 кН/\text{м}^2$,$l = 2920$ мм ,$\gamma_n = 1$. Підставляємо у формулу (2.14), отримуємо: $M = \frac{q \cdot l \cdot \gamma_n}{8} = \frac{3{,}714 \cdot 2{,}92^2 \cdot 1}{8} = 3{,}96 кН \cdot$ м

Максимальне поперечне зусилля з урахуванням II рівня відповідальності Q, кН, визначається за формулою (2.15):

$$Q = \frac{q \cdot l \cdot \gamma_n}{2} \tag{2.15}$$

де q — те саме, що й у формулі (2.10);

l - те саме, що у формулі (2.10);

γ_n - те саме, що у формулі (2.10).

Приймаємо:$q = 3{,}714 кН/\text{м}^2$ (за формулою 2.9), $l = 2920$ мм (за формулою (2.1),$\gamma_n = 1$. Підставляємо у формулу (2.11), отримуємо:

$$Q = \frac{q \cdot l \cdot \gamma_n}{2} = \frac{3{,}714 \cdot 2{,}92 \cdot 1}{2} = 5{,}43кН$$

2.6.5 Розрахункові характеристики матеріалів

Розрахункові характеристики для вологостійкої фанери марки ФСФ сорту «В/ВВ » семишарової товщиною $\delta = 9$ мм і більше з деревини модрини.

Розрахунковий опір стиску вздовж волокон шпону $R_{ф.с.} = 18$М Па.

Розрахункова стійкість до стиснення поперек волокон зовнішніх шарів $R_{ф.с.} = 13$ МПа.

Розрахункова стійкість фанери до розтягування вздовж волокон зовнішніх шпонів $R_{ф.р} = 21$ МПа.

Розрахункова стійкість до відколювання в площині листа$R_{ф.ск.} = 1{,}2$ МПа. Розрахункова стійкість до згину поперек волокон зовнішніх шарів $R_{ф.з.\,(90°)} = 10$ МПа.

Модуль пружності фанери вздовж волокон $E_ф = 9 \cdot 10^3$ МПа. Для деревини ребер маємо модуль пружності $E_d = 10 \cdot 10^3$ МПа.

2.6.6 Геометричні характеристики плити покриття

Наведений (розрахунковий) поперечний переріз клеєфанерної плити представлено на рисунку 2.9.

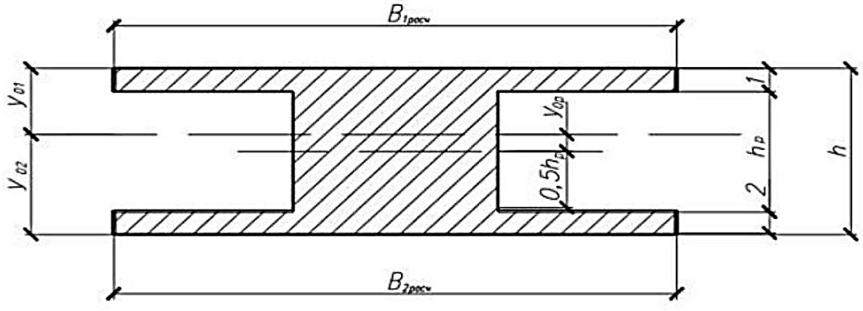

Рисунок 2.9 – Наведений переріз плити

Наведена розрахункова ширина фанерної обшивки $b_{роз}= 1330$ мм. Площа поперечного перерізу обшивки F_{ϕ}, см^2, визначається за формулою (2.16):

$$F_{\phi} = \delta \cdot b_{np} \quad (2.16)$$

де δ — товщина листа обшивки;

$b_{пр}$ - приведена розрахункова ширина фанерної обшивки.

Приймаємо:$\delta = 9$ мм,$b_{пр} = 1330$ мм. Підставляємо у формулу (2.16), отримуємо: $F_{\phi} = \delta \cdot b_{np} = 0{,}9 \cdot 133 = 119{,}7$см^2

Площ а поперечного перерізу поздовжніх ребер F_d, см^2, визначається за формулою (2.17):

$$F_d = n \cdot b_p \cdot h_p \quad (2.17)$$

де n − — кількість поздовжніх ребер, шт;

b_p — товщина поздовжнього ребра, см;

h_p - висота поздовжнього ребра, см.

Приймаємо:$n = 4$ шт;$b_p = 42$мм; $h_p = 92$мм. Підставляємо у формулу (2.17), отримуємо: $F_d = n \cdot b_p \cdot h_p = 4 \cdot 4{,}2 \cdot 9{,}2 = 154{,}56c$м^2

Повна, приведена до матеріалу обшивки (фанери) площа поперечного перерізу плити визначається за формулою (2.18):

$$F_{npus} = F_{\phi} + F_d \cdot \frac{E_d}{E_{\phi}} \quad (2.18)$$

де F_{ϕ} — площа поперечного перерізу обшивки,см^2;

F_d - площа поперечного перерізу поздовжніх ребер, см^2;

E_d - модуль пружності ребер, МПа;

E_{ϕ} - модуль пружності фанери, МПа.

Приймаємо:$F_{\phi} = 120{,}69$ см^2; $F_d = 154{,}56$ см^2; $E_d = 10 \cdot 10^3$ МПа ; $E_{\phi} = 9 \cdot 10^3$ МПа . Підставляємо дані у формулу (2.19), отримуємо:

$$F_{\text{прив}} = F_{\phi} + F_d \cdot \frac{E_d}{E_{\phi}} = 2 \cdot 119{,}7 + 154{,}56 \cdot \frac{10 \cdot 10^3}{9 \cdot 10^3} = 411{,}13\text{см}^2$$

Статичний момент зведеного перерізу відносно осі, що проходить по нижній грані плити$S_{\text{прив}}$,см^3, визначається за формулою (2.20):

$$S_{прив} = F_{\phi(6)} \cdot (h_n - 0{,}5 \cdot \delta_6) + \frac{E_d}{E_{\phi}} \cdot F_d \cdot \left(0{,}5h_p + \delta_H\right) + F_{\phi(6)} \cdot (0{,}5 \cdot \delta_H) \quad (2.20)$$

Приймаємо$F_{\phi(\text{В})} = 119{,}7$ см^2; $F_{\phi(\text{В})} = 119{,}7$ см^2; $F_d = 154{,}56$ см^2; $E_d = 10 \cdot 10^3$ МПа ; $E_{\phi} = 9 \cdot 10^3$ МПа ; $\delta_{\text{Н}} = \delta_{\text{В}} = 9$ мм; $h_{\text{р}} = 92$ мм; $h_{\text{п}} = 110$ мм.

Підставляємо дані у формулу (2.20) і отримуємо:

$$S_{\text{прив}} = F_{\phi(\text{в})} \cdot (h_n - 0{,}5 \cdot \delta_6) + \frac{E_d}{E_{\phi}} \cdot F_d \cdot \left(0{,}5h_p + \delta_H\right) + F_{\phi(\theta)} \cdot (0{,}5 \cdot \delta_H) =$$

$$= 119{,}7 \cdot (11 - 0{,}5 \cdot 0{,}9) + \frac{10 \cdot 10^3}{9 \cdot 10^3} \cdot 154{,}56 \cdot (0{,}5 \cdot 9{,}2 + 0{,}9) + 120{,}69 \cdot (0{,}5 \cdot 0{,}9) =$$

$$= 2261{,}68c\text{м}^3$$

Статичний момент фанерної обшивки відносно нейтральної осі$S_{\phi} = 609{,}48$ см^3.

Відстань від нижньої грані плити до нейтральної осі приведеного перерізу y_{02}, см, визначається за формулою (2.21):

$$y_{02} = \frac{S_{прив}}{F_{прив}} \quad (2.21)$$

де $S_{\text{прив}}$ — те саме, що й у (2.6.15);

$F_{\text{прив}}$ - те саме, що й у формулі (2.14).

Приймаємо $S_{\text{прив}} = 2261{,}68$ см^3; $F_{\text{прив}} = 411{,}13$ см^2.

Підставляємо дані у формулу (2.21) і отримуємо:

$$y_{02} = \frac{S_{\text{прив}}}{F_{\text{прив}}} = \frac{2261{,}68}{411{,}13} = 5{,}5 см^2$$

Відстань від верхньої грані плити до нейтральної осі приведеного перерізуу$_{01}$, см, визначається за формулою (2.22)

$$y_{01} = h_n - y_{02} \tag{2.22}$$

де у $_{02}$ — те саме, що й у формулі (2.22), см;

$h_п$ - те саме, що й у формулі (2.6.15), см.

Приймаємо: $y_{02} = 5{,}5$ см; $h_п = 11$ см.

Підставляємо дані у формулу (2.21), отримуємо: $y_{01} = h_n - y_{02} = 11 - 5{,}5 = 5{,}5\ см$

Відстань від центру ваги поперечного перерізу ребер до нейтральної осі приведеного перерізу y_{0p}, см, визначається за формулою (2.23):

$$y_{0p} = y_{02} - \delta_H - \frac{h_p}{2} \tag{2.23}$$

де у $_{02}$ — те саме, що й у формулі (2.21), см;

$\delta_Н$ − те саме, що й у формулі (2.21), см;

$h_р$ - те саме, що й у формулі (2.21), см.

Приймаємо:$y_{02} = 5{,}5$см; $\delta_Н = 0{,}9$см; $h_р = 9{,}2$см.

Підставляємо дані у формулу (2.23) і отримуємо: $y_{0p} = y_{02} - \delta_H - \frac{h_p}{2} = 5{,}5 - 0{,}9 - \frac{9{,}2}{2} = 0 см$

Момент інерції поперечного перерізу обшивки відносно нейтральної осі для верхньої обшивки $I_В$, $см^4$, визначається за формулою (2.24):

$$I_b = F_\phi \cdot (y_{01} - 0{,}5 \cdot \delta)^2 \tag{2.24}$$

деF_{ϕ} — те саме, що й у (2.21);

У01 — те саме, що й у формулі (2.21), см;

δ - те саме, що й у формулі (2.21).

Приймаємо:$F_{\phi(В)} = 119{,}7$ см^2; $y_{02} = 5{,}5$ см;$\delta_Н = 9$ мм.

Підставляємо дані у формулу (2.6.19), отримуємо:

$$I_b = F_{\phi} \cdot (y_{01} - 0{,}5 \cdot \delta)^2 = 119{,}7 \cdot (5{,}5 - 0{,}5 \cdot 0{,}9)^2 = 3052{,}65 см$$

Момент інерції поперечного перерізу обшивки відносно нейтральної осі для нижньої обшивки визначається аналогічно.$I_Н = 3052{,}65$ см^4.

Момент інерції поперечного перерізу ребер відносно нейтральної осіI_d, см^4, визначається за формулою (2.25):

$$I_б = \frac{n \cdot b_p \cdot h_p^3}{12} + F_d \cdot y_{0p}^2 \qquad (2.25)$$

де n — те саме, що й у формулі (2.14), см;

$b_р$ - те саме, що й у формулі (2.14), см;

$h_р$ - те саме, що й у формулі (2.14), см;

F_d - те саме, що й у формулі (2.15), см;

$y_{0р}$ - те саме, що й у формулі (2.18).

Приймаємо:$n = 4$ шт;$b_р = 42$мм; $h_р = 92$мм; $F_d = 154{,}56$ см^2, $y_{0р} = 0$ см.

Підставляємо дані у формулу (2.26), отримуємо:

$$I_b = \frac{n \cdot b_p \cdot h_p^3}{12} + F_d \cdot y_{0p}^2 = \frac{4 \cdot 4{,}2 \cdot 9{,}2^3}{12} + 154{,}56 \cdot 0 = 1090{,}16 см$$

Повний приведений момент інерції поперечного перерізу плити$I_{прив}$, см^4, визначається за формулою (2.216:

$$I_{прив} = I_б + I_d \cdot \frac{E_d}{E_{\phi}} + I_u \qquad (2.26)$$

де I_B — момент інерції поперечного перерізу обшивки відносно нейтральної осі для верхньої обшивки,$см^4$;

I_H − момент інерції поперечного перерізу обшивки відносно нейтральної осі для нижньої обшивки,$см^4$;

I_d - момент інерції поперечного перерізу ребер відносно нейтральної осі, см ^{4};

E_d - те саме, що й у формулі (2.12);

E_φ - те саме, що й у формулі (2.12).

Приймаємо:$I_B = 3052{,}65$ см^4; $I_H = 3052{,}65$ см^4; $I_d = 1090{,}16$ см^4; $E_d = 10 \cdot 10^3$ МПа ;$E_\phi = 9 \cdot 10^3$ МПа .

Підставляємо дані у формулу (2.26), отримуємо:

$$I_{npus} = I_b + I_d \cdot \frac{E_d}{E_\phi} + I_H = 3052{,}65 + 1090{,}16 \cdot \frac{10 \cdot 10^3}{9 \cdot 10^3} + 3052{,}65 = 7316{,}59 см^4$$

Зведений момент опору поперечного перерізу плити для визначення максимального напруження у верхній фанерній обшивці від загального вигину$W_{прив(в)}$ $см^3$, визначається за формулою (2.6.22):

$$W_{прив(\ 6)} = \frac{I_{прив}}{y_{01}} \qquad (2.27)$$

де $I_{прив}$ — те саме, що й у формулі (2.21), см ^{4}

y_{01} - те саме, що й у формулі (2.17), см.

Приймаємо:$I_{прив} = 7316{,}59$ см^4; $y_{01} = 5{,}5$ см.

Підставляємо значення у формулу (2.27), отримуємо: $W_{npub(b)} = \frac{I_{npub}}{y_{01}} = \frac{7316{,}59}{5{,}5} = 1330{,}29 см^3$

Наведений момент опору поперечного перерізу плити для визначення максимального напруження в нижній фанерній обшивці від загального вигину $W_{прив(н)}$, $см^3$, визначається аналогічно $W_{прив(н)} = 1330{,}29$ $см^3$.

2.6.7 Розрахунок міцності розтягнутої нижньої обшивки

Умова міцності розтягнутої обшивки має вигляд:

$$\sigma_p = \frac{M}{W_{n\text{прив}(H)}} \leq R_{\phi.p.} \cdot m_\Phi \qquad (2.28)$$

де $R_{ф.р.}$ — розрахунковий опір фанери розтягуванню вздовж волокон зовнішніх шпонів, МПа;

$m_Ф$ - коефіцієнт умов роботи, що враховує зниження розрахункового опору фанери на розтягнення в стиках;

М — згинальний момент від розрахункового навантаження, кН•м;

$W_{прив(н)}$ - приведений момент опору поперечного перерізу плити для визначення максимального напруження в нижній фанерній обшивці від загального вигину, $см^3$.

Приймаємо:$R_{\phi.р.} = 21$ МПа (п. 2.6.6);$m_Ф = 0{,}6$; $М = 3{,}96кН \cdot м$(за формулою 2.10);$W_{прив\ (Н)} = 1330{,}29\ см^3$.

Підставляємо значення у формулу (2.28), отримуємо:

$$\sigma_p = \frac{M}{W_{npus(H)}} = \frac{3{,}96 \cdot 10^3}{1330{,}29} = 2{,}98МПа \leq 12{,}6МПа = 21 \cdot 0{,}6 = R_{\phi.p.} \cdot m_\Phi$$

Міцність розтягнутої обшивки забезпечена.

2.6.8 Перевірка стійкості верхньої обшивки при згині

Умова стійкості верхньої обшивки при згині

$$\sigma_{\phi.c.} = \frac{M}{\varphi_{cp} \cdot W_{npus(b)}} \leq R_{\phi.c.} \qquad (2.29)$$

Де М — те саме, що й у формулі (2.12), кН•м;

$R_{ф.с.}$ - розрахунковий опір фанери стискуванню вздовж волокон зовнішніх шпонів, МПа;

$\varphi_{ср}$ - коефіцієнт, що визначається за формулою (2.30):

$$\varphi_{ср} = \frac{1250}{(a/\delta_6)^2} \text{ при а } /\delta > 50 \quad (2.30)$$

Приймаємо $а = 466мм, \delta_В = 9мм$.

Оскільки $а/\delta_В = 466/9 = 52{,}11 > 50$, то підставляємо значення у формулу (2.29) і отримуємо: $\varphi_{ср} = \frac{1250}{(a/\delta_b)^2} = \frac{1250}{(469/9)^2} = 0{,}46$

Приймаємо:$R_{\phi.с.} = 18$ МПа (п. 2.1.6);$\varphi_{ср} = 0{,}46$; $М = 3{,}96 кН \cdot м$ (за формулою 2.13);$W_{прив(н)} = 1330{,}29$ см^3.

Підставляємо значення у формулу (2.28) і отримуємо:

$$\sigma_{ф.с.} = \frac{M}{\varphi_{ср} \cdot W_{прив(\ 6)}} = \frac{3{,}96 \cdot 10^3}{0{,}46 \cdot 1330{,}29} = 6{,}48 МПа \leq 18 МПа = R_{ф.с.}$$

Стійкість верхньої обшивки при згині забезпечена.

2.6.9 Перевірка на відколювання фанерної обшивки, що знаходиться найдалі від нейтральної осі, по клейовому шву, у місці її приєднання до поздовжніх ребер

Умова міцності за дотичними напруженнями у місцях приклеювання фанери до ребер має вигляд (2.31)

$$\tau_{ф.ск} = \frac{Q \cdot S_ф}{b_{рас} \cdot I_{прив}} \leq R_{ф.ск} \quad (2.31)$$

де Q — те саме, що й у формулі (2.10), кН;

S_{ϕ} - статичний момент верхньої обшивки відносно нейтральної осі приведеного перерізу, см ^{4};

$I_{прив}$ - те саме, що й у формулі (2.21);

$b_{рас}$ - те саме, що й у формулі (2.3);

$R_{ф.ск}$ - розрахунковий опір фанери від відколювання в площині листа, МПа.

Приймаємо:$Q = 5{,}43 кН, S_{\phi} = 609{,}48$ см^3, $I_{прив} = 7316{,}59$ см^4, $b_{роз} = 133$ см,$R_{ф.ск} = 1{,}2$ МПа (пункт 2.6.5).

Підставляємо значення у формулу (2.29) і отримуємо:

$$\tau_{\phi.ск} = \frac{Q \cdot S_{\phi}}{b_{рас} \cdot I_{прив}} = \frac{5{,}43 \cdot 609{,}48}{133 \cdot 7316} = 0{,}03\ МПа \leq 1{,}2\ МПа = R_{\phi.ск}$$

Умова міцності за дотичними напруженнями в місцях приклеювання фанери до ребер виконується.

2.6.10 Перевірка напружень відколювання в поздовжніх ребрах

Умова міцності за напруженнями відколювання має вигляд (2.31):

$$\tau_{ск} = \frac{Q \cdot S_d}{b_{рас} \cdot I_{прив}} \cdot \frac{E_d}{E_{\phi}} \leq R_{ск} \qquad (2.31)$$

де Q — те саме, що й у формулі (2.11),$кН$;

$I_{прив}$ - те саме, що й у формулі (2.21);

$b_{рас}$ - те саме, що й у формулі (2.3);

$R_{ск}$ - розрахунковий опір деревини від відколювання, МПа;

E_d - те саме, що й у формулі (2.14);

E_{ϕ} - те саме, що й у формулі (2.14);

S_d - статичний момент зсувної частини зведеного перерізу відносно нейтральної осі, що визначається за формулою (2.27):

$$S_{\text{прив}} = F_{\phi(\theta)} \cdot (y_{01} - 0{,}5 \cdot \delta_6) \cdot \frac{E_d}{E_\phi} + \frac{b_{рас} \cdot h_p \cdot (y_{01} - \delta_6)^2}{2} \quad (2.32)$$

E_ϕ - те саме, що й у формулі (2.14);

$b_{рас}$ - те саме, що й у формулі (2.3);

h_p - те саме, що й у формулі (2.3).

Приймаємо:$F_{\phi(\theta_6)} = 119{,}7 см^2; y_{01} = 5{,}5 см; \delta_6 = 0{,}9 см, E_d = 10 \cdot 10^3 МПа$;$E_\phi = 9 \cdot 10^3$ МПа (пункт 2.6.5),$h_p = 92 мм, b_{роз} = 133 см$.

Підставляємо значення у формулу (2.32), отримуємо:

$$S_{\text{прив}} = F_{\phi(\theta)} \cdot (y_{01} - 0{,}5 \cdot \delta_\theta) \cdot \frac{E_d}{E_\phi} + \frac{b_{роз} \cdot h_p \cdot (y_{01} - \delta_\theta)^2}{2} = 119{,}7 \cdot (5{,}5 - 0{,}5 \cdot 0{,}9) \cdot \frac{10 \cdot 10^3}{9 \cdot 10^3} +$$
$$+ \frac{133 \cdot 9{,}2 \cdot (5{,}5 - 0{,}5 \cdot 0{,}9)^2}{2} = 13617{,}34 \text{ см}^3$$

Приймаємо: $Q = 5{,}43\ кН, S_d = 13617{,}34 см^3, I_{\text{прив}} = 7316{,}59 см^4, E_d = 10 \cdot 10^3$ МПа ;$E_\phi = 9 \cdot 10^3 МПа$,$b_{роз} = 133 см, R_{\phi.ск} = 1{,}05 МПа$.

Підставляємо значення у формулу (2.30) і отримуємо:

$$\tau_{ск} = \frac{Q \cdot S_d}{b_{рас} \cdot I_{прив}} \cdot \frac{E_d}{E_\phi} = \frac{5{,}43 \cdot 13617{,}34}{133 \cdot 7316{,}59} \cdot \frac{10 \cdot 10^3}{9 \cdot 10^3} = 0{,}084 \text{ МПа } \leq 1{,}05 МПа$$
$$= R_{ск}$$

Умова міцності за напруженнями відколювання виконується. Робота поздовжніх ребер на відколювання забезпечена.

2.6.11 Перевірка прогину плити

Прогин панеліf, м, визначається за формулою (2.31):

$$f = \frac{5}{384} \cdot \frac{q^n \cdot l^3}{0{,}7 \cdot E_\phi \cdot I_{прив}} \quad (2.33)$$

де q_n — те саме, що й у формулі (2.6.8);

l - розрахунковий проліт плити покриття, м;

E_ϕ - те саме, що й у формулі (2.14);

$I_{\text{прив}}$ - те саме, що й у формулі (2.21);

0,7 — коефіцієнт, що враховує збільшення прогину плити з дерев'яним каркасом під дією тривалих навантажень.

Приймаємо:$q_n = 2{,}76\ кН/м; l = 2{,}92м; Е\phi = 9 \cdot 10^3\ М$Па;$I_{прив} = 7316{,}59 см^4$.

Підставляємо у формулу (2.31) і отримуємо:

$$f = \frac{5}{384} \cdot \frac{q^H \cdot l^3}{0{,}7 \cdot E_\phi \cdot I_{прив}} = \frac{5}{384} \cdot \frac{2{,}76 \cdot 2{,}92^3}{0{,}7 \cdot 9 \cdot 10^6 \cdot 7316{,}59 \cdot 10^{-8}} = 0{,}002м = 0{,}2см$$

Граничний відносний прогин клеєфанерних плит$f_{пр}$, мм, визначається за формулою (2.34):

$$f_{пр} = \frac{l}{250} \qquad (2.34)$$

де l — те саме, що й у формулі (2.30).

Підставляємо значення у формулу (2.32) і отримуємо:

$$f_{пр} = \frac{l}{250} = \frac{2{,}92}{250} = 0{,}012м = 1{,}2см$$

Оскільки $f = 0{,}2$ см $< 1{,}2$ см $= f_{пр}$, то умова міцності за II групою граничних станів забезпечена. Прогин клеєфанерної плити не перевищує допустимих значень.

2.6.12 Повні характеристики клеєної фанерної плити покриття

У підрозділі 2.6 було проведено розрахунок клеєної фанерної плити покриття, усі характеристики плити зведені в таблицю 2.3.

Таблиця 2.3 – Характеристики клеєної фанерної плити покриття

Назва характеристики	Значення
Розміри плити в плані, м	$1{,}48 \times 2{,}98$
Висота плити, $см$	11
Кількість поздовжніх ребер, мкм.	4
Кількість поперечних ребер, ітт.	3
Висота ребер, мм	92
Ширина ребер, мм	42
Товщина верхньої обшивки, мм	9
Товщина нижньої обшивки, мм	9
Розрахункове навантаження, $кН/м^2$	3,714
Приведений момент інерції, $см^4$	7316,59
Приведений момент опору, $см$	1330,29
Напруження в розтягнутій обшивці, МПа	2,98
Напруження в стиснутій обшивці, МПа	6,48
Прогин плити, м	0,002
Вага плити, кг	95,3

2.7 Проєктування металодерев'яної ферми

Проліт будівлі — 36 м. Елемент перекриття — металодерев'яна ферма з клеєним верхнім поясом, матеріал — соснові дошки другого сорту перерізом33×210мм (після обстругування), клей — марки ФРФ-50, сталь С245. Плити покриття — клеєфанерні коробчатого перерізу (розраховані в п. 2.6). Покрівля з профнастилу С44-1000-0,6. Крок ферм — 3 м. Розрахунок зусиль у стрижнях ферми виконується за допомогою програмного комплексу SCAD++. Верхній пояс ферми та розкоси виготовляються з соснових дощок перерізом після фрезерування 33×210 мм.

Нижній пояс виготовляємо з двох сталевих куточків, з'єднаних пластинами. Сталь С245. Стійки виготовляємо з арматурних стрижнів класу А400 (А-III), на кінцях яких нарізається різьба під гайки для їх закріплення.

Геометричні розміри ферми наведені в пункті 1 цієї записки:

- проліт ферми $l = 36000$мм;
- висота по конику h= 6000мм;

– висота біля опори $h_{on} = 2400$мм;

– ухил покрівлі $12°$ ($i = 20\%$).

Розрахункова схема ферми з розмірами показана на рис. 2.10

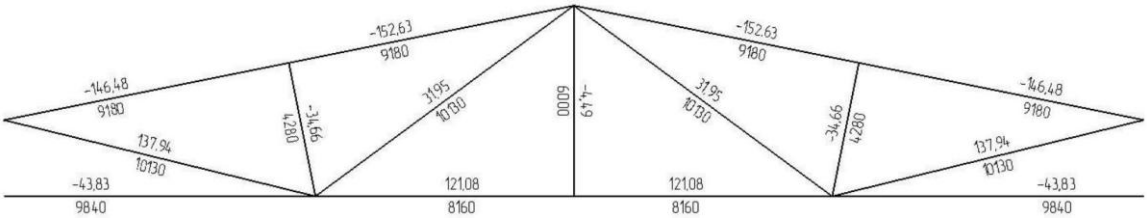

Рисунок 2.10 – Розрахункова схема ферми для складання інформації до програми «SCAD»

Примітка. Верхнє числове значення відображає осьову силу, що діє в даному стрижні, виражену в кілоньютонах. Нижнє числове значення відображає довжину стрижня в міліметрах.

2.7.1 Визначення навантажень, що діють на ферму

Навантаження, що припадають на 1 м верхнього поясу ферми, наведено в таблиці 2.4. Навантаження від ваги плит покриття взято з таблиці 2.1. Навантаження від профнастилу взято згідно з даними заводу-виробника.

Таблиця 2.4 – Розрахунок навантаження на 1 м верхнього поясу ферми

Навантаження	Нормативне навантаження кН/м	Коефіцієнт надійності	Розрахункове навантаження, $к\text{Н}/\text{м}^2$
Профлист С44-1000-0,6	0,08	1,05	0,084
Плита покриття	0,21	1,1	0,231
Власна вага	0,43	1,1	0,473
Разом постійні	0,72	-	0,788
Тимчасові (максимальне снігове навантаження)	5,625	1,4	7,875
Повне навантаження	6,355		8,663

Примітка. У таблицю не включено вітрові навантаження, що діють горизонтально та зображені на рисунках 2.11- 2.16.

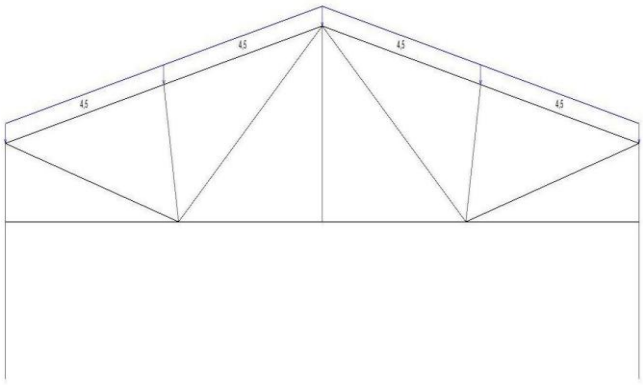

Рисунок 2.11 – Снігове навантаження на ферму, варіант 1

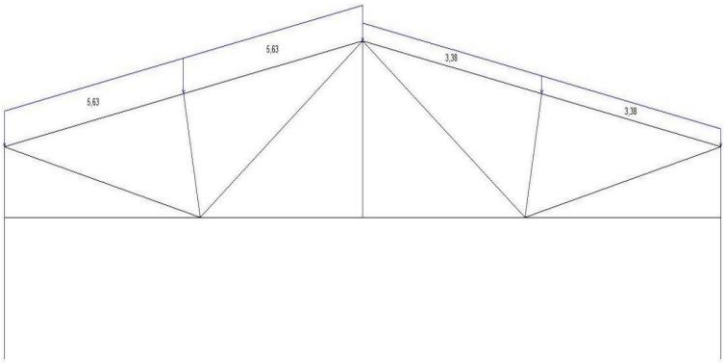

Рисунок 2.12 – Снігове навантаження на ферму, варіант 2

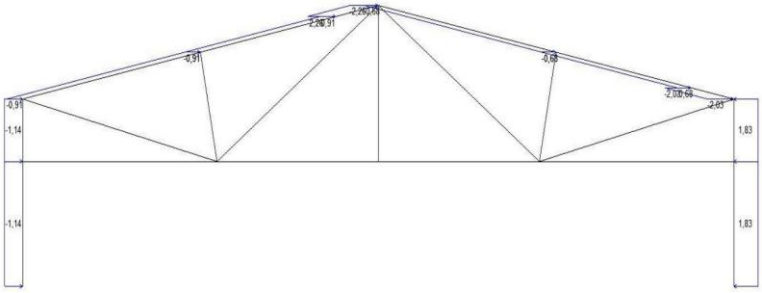

Рисунок 2.13 – Вітрове навантаження на ферму та колону, варіант 1

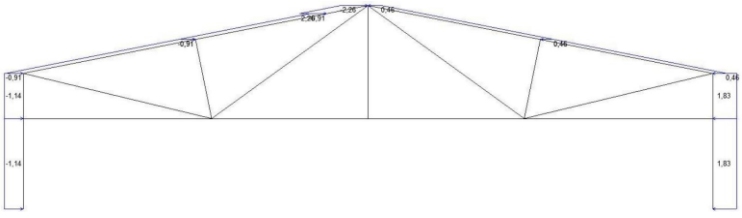

Рисунок 2.14 – Вітрове навантаження на ферму та колону, варіант 2

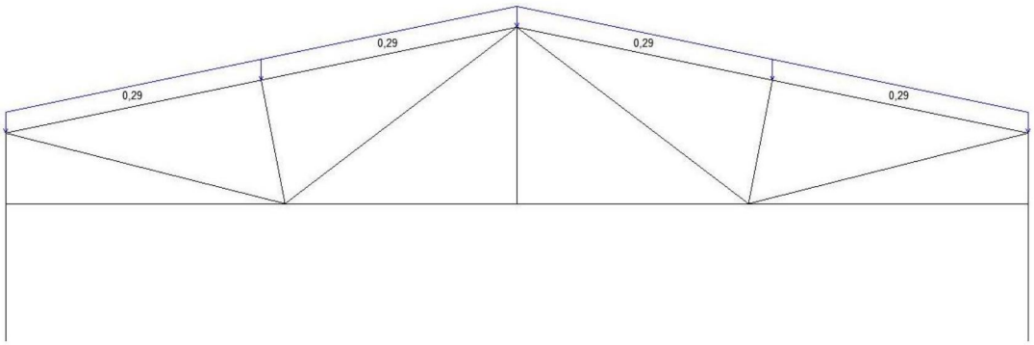

Рисунок 2.15– Навантаження на ферму від ваги покриття та покрівлі

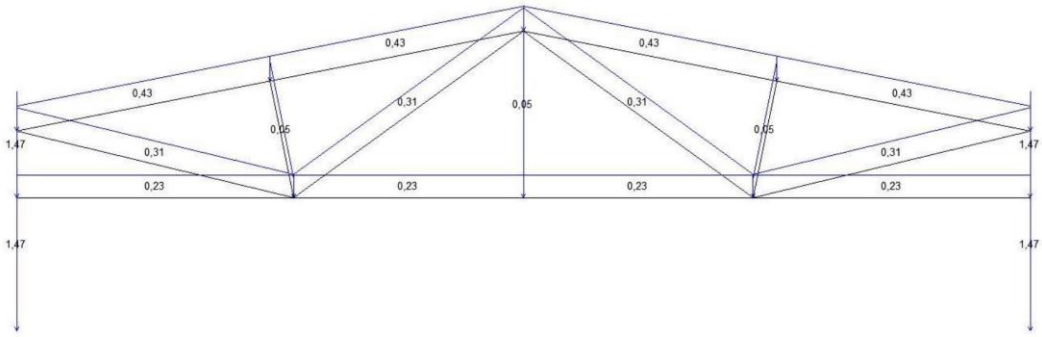

Рисунок 2.16 – Навантаження на ферму та колону від власної ваги конструкцій

2.7.2 Статичний розрахунок

Статичний розрахунок ферми виконуємо в програмі SCAD++.

Епюри зусиль отримано в програмному комплексі. Максимальні зусилля в стрижнях ферми обчислюємо згідно з таблицею розрахункових поєднань зусиль, при цьому складаємо комбінації навантажень за формулою (2.35):

$$N = N_d + \psi_{t1} \cdot N_{t1} + \psi_{t2} \cdot N_{t2} \qquad (2.35)$$

де N — розрахункове зусилля в стрижні,$кН$;

N_d - зусилля в стрижні від постійного навантаження,$кН$;

ψ_{t1} - коефіцієнт впливу основного короткочасного навантаження;

N_{t1} - зусилля в стрижні від основного короткочасного навантаження,$кН$;

ψ_{t2} - коефіцієнт впливу першого другорядного короткочасного навантаження;

N_{t2} - зусилля в стрижні від першого другорядного короткочасного навантаження, кН;

Приймаємо$\psi_{t1} = 1; \psi_{t2} = 0{,}9$.

Таким чином, розрахунок зусиль проводимо за формулою:

$$N = N_d + \psi_{t1} \cdot N_{t1} + \psi_{t2} \cdot N_{t2} = N_d + N_{t1} + 0{,}9 \cdot N_{t2} \qquad (2.36)$$

Для згинальних моментів формула (2.36) має вигляд:

$$M = M_d + \psi_{t1} \cdot M_{t1} + \psi_{t2} \cdot M_{t2} = M_d + M_{t1} + 0{,}9 \cdot M_{t2} \qquad (2.37)$$

де M — розрахункове зусилля в стрижні,$кН \cdot$ м;

M_d - зусилля в стрижні від постійного навантаження,$кН \cdot$ м;

M_{t1} - зусилля в стрижні від основного короткочасного навантаження,$кН \cdot$ м;

M_{t2} - зусилля в стрижні від першого другорядного короткочасного навантаження,$кН \cdot$ м;

Розрахунок виконуємо у табличній формі або за допомогою функції «РСЗ» у програмному комплексі SCAD++.

Крім того, враховуємо комбінації зусиль, при яких діє лише одне з тимчасових навантажень.

Згинальні моменти враховуємо при розрахунку верхнього поясу та розкосів, у решті елементів їх величина вкрай мала і дозволяє ними знехтувати.

2.7.3 Підбір перерізів ферми

Верхній пояс і розкоси проєктуємо клеєними з соснових дощок другого сорту перерізом 33×210мм (після обстругування), клей — марки ФРФ-50.

З огляду на стискально-згинальний стан верхнього поясу та розтяжно-згинальний стан розкосів, розрахунок на міцність проводимо за формулою (2.38):

$$\frac{N}{F_{\text{розр}} \cdot R_{\text{р}}} + \frac{M_{\text{д}}}{W_{\text{розр}} \cdot R_{\text{р}}} \leq 1 \qquad (2.38)$$

де M_{∂} — згинальний момент від дії поперечних і поздовжніх навантажень, що визначаються за розрахунком за деформованою схемою за формулою (2.33),к$H \cdot$ м;

$F_{розр} -$ площа розрахункового перерізу,$см^2$;

$R_{\text{р}}$ - розрахунковий опір стиску та згину за формулою (2.30), МПа;

$N -$ розрахункова поздовжня сила,$кН$;

$W_{рас4}$ - розрахунковий момент опору поперечного перерізу елемента,$см^3$.

Формула згинального моменту від дії поперечних і поздовжніх навантажень, що визначаються за розрахунком за деформованою схемою, має вигляд:

$M_{\partial} = \frac{M}{\xi}$,

де M — згинальний момент у розрахунковому перерізі без урахування додаткового моменту від поздовжньої сили,$кН \cdot$ м;

ξ - коефіцієнт, що змінюється від 1 до 0, який враховує додатковий момент від поздовжньої сили внаслідок прогину елемента, що визначається за формулою (2.34):

$\xi = 1 - \frac{N}{\varphi \cdot R_{\text{р}} \cdot F}$,

деN та$R_{\text{р}}$ — те саме, що й у формулі (2.31);

F - площа поперечного перерізу елемента;

φ - коефіцієнт, що визначається за формулою (2.35) або за формулою (2.36):

$\varphi = \frac{A}{\lambda^2}$, при гнучкості елемента $\lambda > 70$

деA — коефіцієнт$A = 3000$ для деревини;λ — гнучкість.

$\varphi = 1 - a \cdot \left(\frac{\lambda}{100}\right)^2$, при гнучкості елемента $\lambda \leq 70$

деa — коефіцієнт$a = 0{,}8$ для деревини;

λ - гнучкість.

Розрахунковий опір деревиниR_c (сосни) стисненню вздовж волокон за формулою (2.39):

$$R^p = R^A \cdot m_{\partial\Omega} \cdot \Pi m_i \tag{2.39}$$

Де R^A — розрахунковий опір деревини, вологістю12% для режиму навантаження А, у спорудах 2-го класу функціонального призначення, при терміні експлуатації не більше 50 років, МПа;

$m_{\text{тр}}$ - коефіцієнт тривалої міцності, що відповідає режиму тривалості навантаження (таблиця 2.1)

Πm_i - добуток коефіцієнтів умов роботи.

Приймаємо $R^A = 22{,}5$, МПа;$m_{\text{тр}} = 0{,}66$; $\Pi m_i = 0{,}9$. Отримуємо

$R^p = R^A \cdot m_{\partial n} \cdot \Pi m_i = 22{,}5 \cdot 0{,}66 \cdot 0{,}9 = 13{,}365 M\Pi a$

Приймаємо переріз верхнього клеєного поясу 210х363 мм (11 шарів 210х33 мм) та розкосів 210×99 мм (3 шари210×33 мм).

Після цього проводимо перевірку на стійкість верхнього пояса.

Перевірка на стійкість стискально-згинальних елементів проводиться за формулою (2.40):

$$\frac{N}{\varphi \cdot R_c \cdot F} + \left(\frac{M_{\text{тр}}}{\varphi_M \cdot R_{\text{и}} \cdot W}\right)^n \leq 1, \tag{2.40}$$

де $M_{\text{тр}}$ — те саме, що й у формулі (2.31);

$F_{\text{бр}}$ - площа перерізу брутто з максимальними розмірами перерізу елемента на ділянці$l_p, \text{см}^2$;

R_c - те саме, що й у формулі (2.31);

N - те саме, що й у формулі (2.31);

$W_{\text{розр}}$ - те саме, що у формулі (2.31);

φ - коефіцієнт поздовжнього згину, що визначається за формулою (2.35) або (2.36);

$\varphi_M -$ коефіцієнт, що визначається за формулою (2.39);

$R_з$ - розрахунковий опір деревини згину, МПа;

n- коефіцієнт, що залежить від наявності закріплення розтягнутої зони з площини $\mathrm{n} = 1$.

Формула коефіцієнта φ_M має вигляд:

$$\varphi_M = 140 \cdot \frac{b^2}{l_p \cdot h} \cdot k_\phi \qquad (2.41)$$

Де b — ширина поперечного перерізу, м;

h - максимальна висота поперечного перерізу на ділянціl_p, м;

l_p - відстань між опорними перерізами елемента,м; k_ϕ - коефіцієнт, що залежить від форми епюри згинальних моментів на ділянціl_p.

Приймаємо $b = 0{,}21$м; $l_p = 6{,}12$м; $h = 0{,}363$м; $k_\phi = 1{,}13$. Отримуємо:

$$\varphi_M = 140 \cdot \frac{b^2}{l_p \cdot h} \cdot k_\phi = 140 \cdot \frac{0,21^2}{6{,}12 \cdot 0{,}363} \cdot 1{,}13 = 8{,}28$$

Далі проводимо перевірку стійкості за формулою (2.41).

Залишаємо переріз верхнього клеєного поясу 210×363 мм (11 шарів$210 \times$ 33 мм).

Нижній пояс проєктуємо з двох рівнополочних куточків, з'єднаних між собою пластинами. Під час розрахунку прийнято переріз із двох куточків розміром100х100х8мм.Стійки проєктуємо з арматурних стрижнів.

Під час розрахунку прийнято перерізи стійок $d_1 = 25$мм та $d_2 = 36$мм.

2.7.4 Проєктування вузлів з'єднання ферми

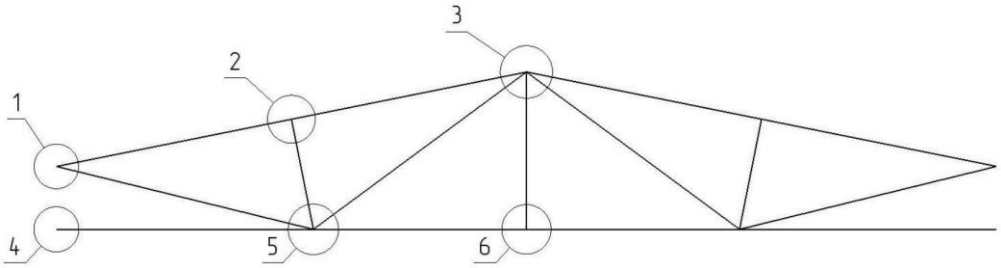

Рисунок 2.17 – Ферма

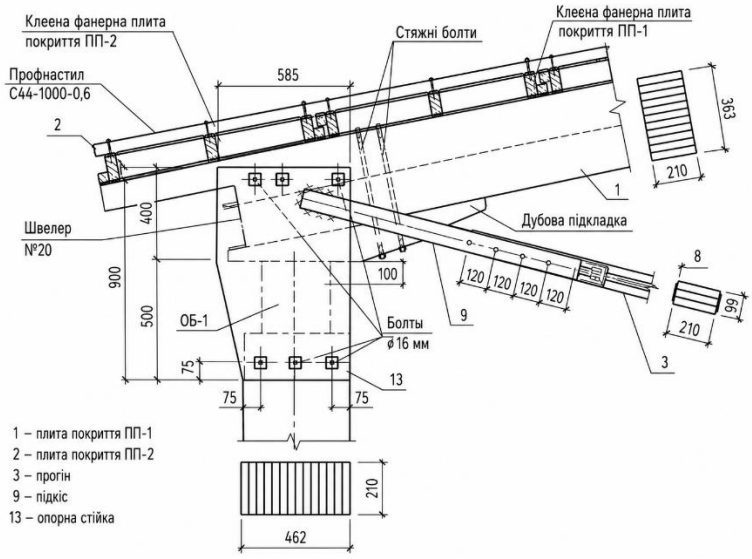

Рисунок 2.18 – Вузол 1

Проєктуємо металеві пластини для з'єднання верхнього поясу ферми з колоною та розкосу з верхнім поясом. В якості нагелів беремо болти ді D = 16.

Виконуємо розрахунок кількості нагелів, необхідних для кріплення розкосу за формулою (2.42):

$$n_u = \frac{N}{T \cdot n_u} \geq 2 \qquad (2.42)$$

Де n_H — необхідна кількість нагелів, шт;

N – розрахункове зусилля, $кН$;

n_H - кількість розрахункових швів одного нагеля, шт;

T - найменша розрахункова несуча здатність, знайдена за формулою$(2.43), кН$:

$$T = 0{,}75 \cdot c \cdot d \tag{2.43}$$

де c — товщина середніх елементів,cм;

d - діаметр нагеля,cм.

Приймаємо $c = 21c$м; $d = 1{,}6$см. Отримуємо:

$T = 0{,}75 \cdot c \cdot d = 0{,}75 \cdot 21 \cdot 1{,}6 = 25кН$

Знаходимо необхідну кількість нагелів у стику:

$$n_H = \frac{N}{T \cdot n_u} = \frac{138}{25 \cdot 2} \approx 3 \geq 2$$

Раскос кріпимо до металевої пластини трьома болтами М16.

З іншого боку, пластину кріпимо до опорної металевої пластини за допомогою зварного з'єднання. Визначаємо необхідну довжину зварних швів за формулою (2.44):

$$l = \frac{N}{n\beta_f k_f R_{wf} \gamma_c} + 1..2 \text{ см} \tag{2.44}$$

Де l — необхідна довжина зварного шва,cм;

N- розрахункове зусилля,$кН$;

n - кількість зварних швів;

β_f - коефіцієнт для розрахунку кутового шва відповідно до металу шва;

k_f - катет шва,cм;

R_{wf} розрахунковий опір стикових зварних з'єднань на розтяг, стиск, вигин за тимчасовим опором, МПа;

γ_c - коефіцієнт умов роботи.

Таким чином:

$$l = \frac{N}{n\beta_f k_f R_{wf} \gamma_c} + 1..2 \text{ см} = \frac{138}{4 \cdot 0{,}9 \cdot 0{,}5 \cdot 16{,}65 \cdot 0{,}8} + 2 = 8 \text{ см}$$

Міцність з'єднання верхнього поясу з колоною забезпечується за допомогою швелера №20, металевої пластини та дубової підкладки, що передає зусилля на обв'язувальний брус.

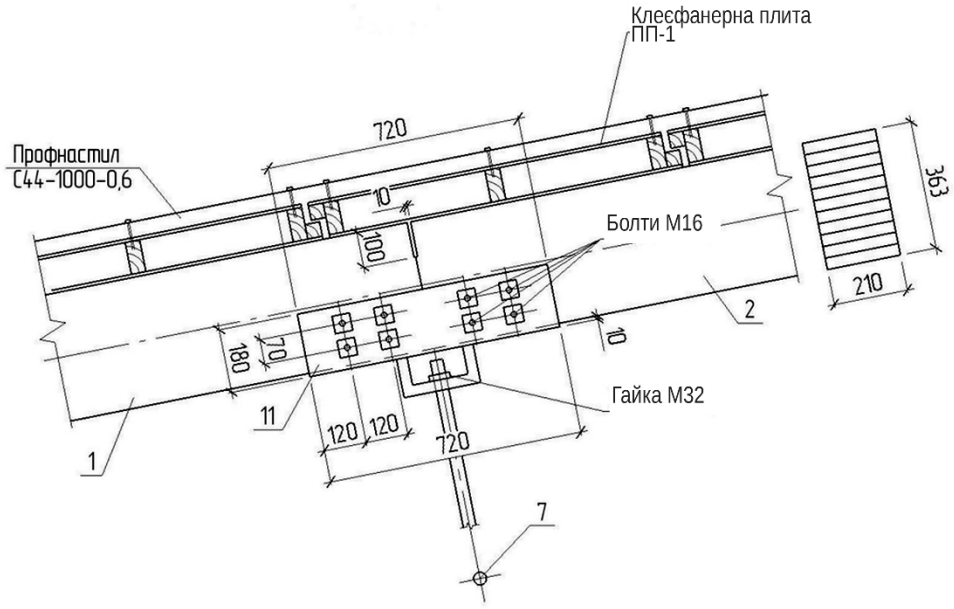

Рисунок 2.19 – Вузол 2

У вузлі 2 відбувається з'єднання частин верхнього пояса, тому проєктуємо металеву пластину на нагельному з'єднанні, розрахунок необхідної кількості нагелів проводимо за формулою:

$$n_n = \frac{N}{T \cdot n_u} = \frac{153}{25 \cdot 2} \approx 4 \geq 2$$

Пояс кріпимо до металевої пластини чотирма болтами М16.

До торця пластин приварюється металевий кріпильний елемент стійки.

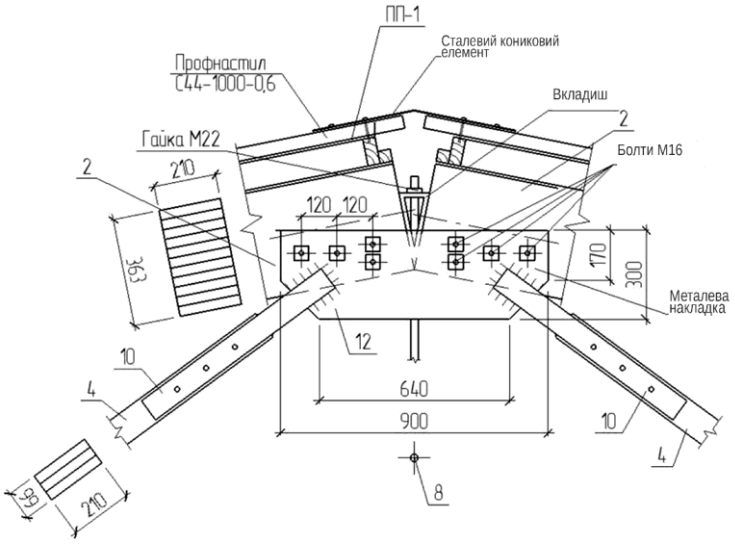

Рисунок 2.20 – Вузол 3

Кількість нагелів кріплення пластини до верхнього поясу відповідає кількості нагелів у вузлі 2.

Кількість нагелів кріплення розкосу відповідає кількості нагелів у вузлі 1. Однак, з огляду на менше зусилля в даному розкосі, кількість нагелів може бути зменшена при відповідному розрахунку за формулою:

$$n_u = \frac{N}{T \cdot n_u} = \frac{32}{25 \cdot 2} \approx 2 \geq 2$$

Довжина зварного шва розраховується за формулою:

$$l = \frac{N}{n\beta_f k_f R_{wf} \gamma_c} + 1..2 \text{ см} = \frac{32}{4 \cdot 0{,}9 \cdot 0{,}5 \cdot 16{,}65 \cdot 0{,}8} + 2 = 3{,}5 \text{ см}$$

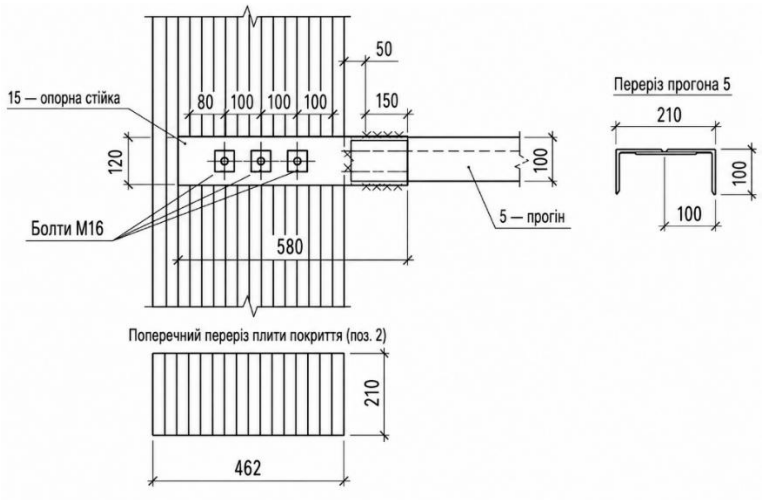

Рисунок 2.21 – Вузол 4

Кількість нагелів кріплення пластини до колони розраховується за формулою (2.40):

$$n_u = \frac{N}{T \cdot n_u} = \frac{122}{25 \cdot 2} \approx 3 \geq 2$$

Довжина зварних швів розраховується за формулою (2.42), при цьому розрахунок проводиться окремо для пера та для обушка. При розрахунку довжини шва по обушку зусилля в стрижні множиться на коефіцієнт$\alpha_{об} = 0{,}7$; а при розрахунку довжини шва по перу зусилля в стрижні множиться на коефіцієнт $\alpha_n = 0{,}3$. Таким чином:

$$l_{\text{об}} = \frac{N \cdot \alpha_{\text{об}}}{n\beta_f k_f R_{wf} \gamma_c} + 1..2 \text{ см} = \frac{122 \cdot 0{,}7}{2 \cdot 0{,}9 \cdot 0{,}5 \cdot 16{,}65 \cdot 0{,}8} + 2 = 9{,}5 \text{ см}$$

$$l_{\text{п}} = \frac{N \cdot \alpha_{\text{п}}}{n\beta_f k_f R_{wf} \gamma_c} + 1..2 \text{ см} = \frac{122 \cdot 0{,}3}{2 \cdot 0{,}9 \cdot 0{,}5 \cdot 16{,}65 \cdot 0{,}8} + 2 = 5{,}5 \text{ см}$$

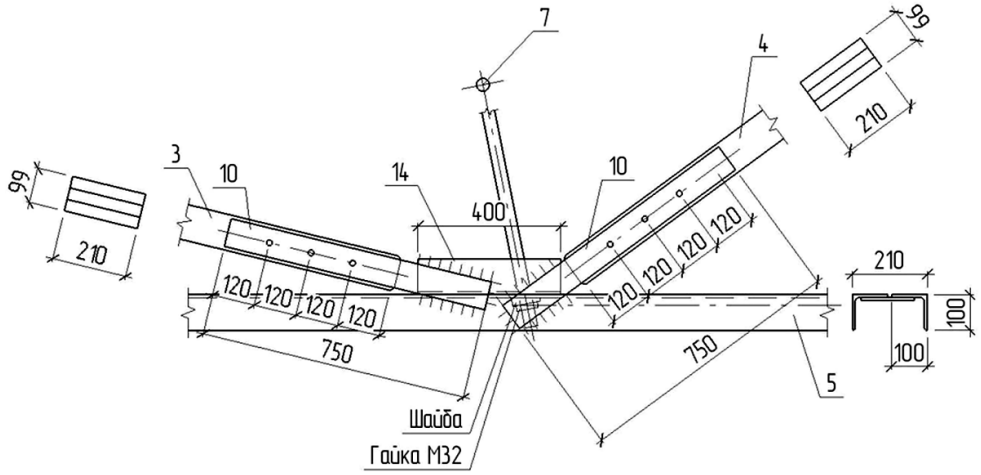

Рисунок 2.21 – Вузол 5

Розрахунок кількості нагелів у вузлі 5 не потрібен, оскільки його було раніше виконано для даних розкосів. Для обох розкосів прийнято по 3 болти М16, однак для правого розкосу їх кількість може бути зменшена до 2. Для забезпечення необхідної довжини зварних швів між пластинами та нижнім поясом у місці з'єднання до нижнього поясу приварюються кутники такого ж перерізу ($100 \times 100 \times 8$ мм) довжиною 100 мм. Кутники обварюються по всьому контуру катетом шва 5 мм. У кутниках передбачається отвір $d = 38$мм для кріплення стійки.

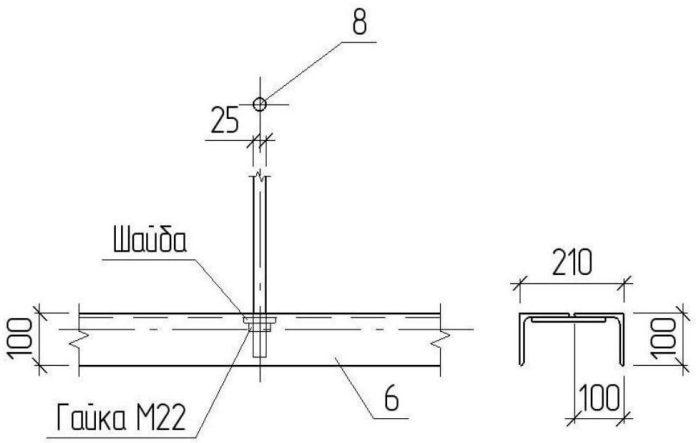

Рисунок 2.22 – Вузол 6

У вузлі 6 передбачено отвір у нижньому поясі $d = 27$мм для кріплення стійки.

2.8 Проєктування колони К1

Висота до низу ферми —4,8м; крок колон —3м.

Конструкції, що розташовані вище, — металодерев'яні ферми, клеєфанерні плити. Стінові панелі — клеєфанерні.

Колону проєктуємо клеєдощатою з деревини сосни другого сорту.

2.8.1 Визначення зусиль у колоні

Зусилля в колоні обчислені в програмі SCAD++.

Розрахункові зусилля в колоні визначаються аналогічно зусиллям у фермі (пункт 2.7.1).

2.8.2 Підбір перерізу

Приймаємо переріз колони-210×462мм (14 -х шарів 210×33мм).

Для даного перерізу визначимо необхідні характеристики за формулами будівельної механіки.

Приймаємо:$F = 970{,}2см^2; I_x = 172569{,}5см^4; I_y = 35654{,}85см^4; W_x = 7470{,}54см^3; i_x = 13{,}34$ см;$i_y = 6{,}06$см.

Знайдемо розрахункову довжину колониl_0 за формулою (2.45):

$$l_0 = l \cdot \mu \tag{2.45}$$

деl — довжина елемента, см; μ — коефіцієнт, що враховує характер затискання.

Приймаємо $l = 480$см; $\mu = 0{,}8$. Отримуємо: $l_0 = l \cdot \mu = 480 \cdot 0{,}8 = 384см$

Гранична гнучкість $\lambda_{макс}$ не повинна перевищувати 120.

Знайдемо розрахункову гнучкість за формулою (2.46)

$$\lambda = \frac{l_0}{i_{\min}} \tag{2.46}$$

Приймаємо $l_0 = 384$см; $i_{\min} = i_y = 6{,}06$ см. Отримуємо: $\lambda = \frac{l_0}{i_{\min}} = \frac{384}{6{,}06} = 63{,}65 < 120$

Проводимо розрахунок міцності перерізу

Приймаємо$N = 91{,}22кН; F_{расч} = 970{,}2см^2; R_p = 13{,}365$ МПа;$W_{розр} = 7470{,}54см^3; M_Д = 89{,}33кН \cdot$ м.

$$\frac{N}{F_{розр} \cdot R_р} + \frac{M_д}{W_{розр} \cdot R_р} = \frac{91{,}22 \cdot 10}{970{,}2 \cdot 13{,}365} + \frac{89{,}33 \cdot 10^3}{7470{,}54 \cdot 13{,}365} = 0{,}97 \leq 1$$

Умова міцності виконується.

Проводимо розрахунок стійкості колони за формулою (2.44)

Приймаємо $N = 91{,}22кН; F_{розр} = 970{,}2см^2; R_p = 13{,}365$ МПа;$W_{розр} = 7470{,}54см^3; M_Д = 89{,}33кН \cdot$ м; $n = 1; \varphi = 0{,}678; \varphi_M = 2{,}784$.

$$\frac{N}{\varphi \cdot R_C \cdot F_{розр}} + \left(\frac{M_Д}{\varphi_M \cdot R_з \cdot W_{розр}}\right)^n = \frac{91{,}22 \cdot 10}{0{,}678 \cdot 13{,}365 \cdot 970{,}2} +$$
$$+ \left(\frac{89{,}33}{2{,}784 \cdot 13{,}365 \cdot 7470{,}54}\right)^1 = 0{,}43 \leq 1$$

Умова стійкості виконується.

Проводимо розрахунок міцності на опір дотичним напруженням за формулою (2.47):

$$\frac{Q \cdot S'_{\sigma p}}{I_{\sigma p} \cdot b_{p\text{розр}} \cdot R_{ск}} \leq 1 \qquad (2.47)$$

де Q — розрахункова поперечна сила,$кН$;

$S_{\text{бр}}$ - статичний момент брутто зсувної частини поперечного перерізу елемента відносно нейтральної осі,$см^3$;

$I_{\text{бр}}$ - момент інерції брутто поперечного перерізу елемента відносно нейтральної осі,$см^4$;

$b_{p\text{розр}}$ - розрахункова ширина елемента, см.

Приймаємо $Q = 34{,}44кН; S_{\text{бр}} = 5602{,}91см^3; I_{\text{бр}} = 172569{,}5см^3; b_{\text{розр}} = 21см; R_{\text{ск}} = 1{,}05$ МПа. Отримуємо:

$$\frac{Q \cdot S'_{\sigma p}}{I_{\sigma p} \cdot b_{рас} \cdot R_{ск}} = \frac{34{,}43 \cdot 5602{,}95 \cdot 10}{172569{,}5 \cdot 21 \cdot 0{,}693} = 0{,}77 \leq 1$$

Умова міцності за дотичними напруженнями виконується.

2.9 Забезпечення довговічності конструкцій

Усі дерев'яні несучі та огороджувальні клеєні та неклеєні конструкції від гниття та зволоження обробити буровугільним розчином. Усі металеві конструкції пофарбувати двома шарами емалі ПФ-115 після нанесення одного шару ґрунтовки ГФ-021. У місцях контакту деревини з металом захист виконати епоксидною шпаклівкою. Матеріали для конопачення обробити водними розчинами антисептиків із розрахунку $1{,}2 - 1{,}8$ кг на 100 кг пакли.

Механічна обробка матеріалів повинна проводитися до їх захисної обробки. У всіх випадках, коли під час складання або монтажу конструкцій відбувається додаткова механічна обробка, порушене захисне покриття має бути відновлене.

Вологість деревини, призначеної для просочення антисептиками, повинна становити не більше25%.

При проєктуванні будівель (споруд) перевагу слід віддавати конструкціям суцільного масивного прямокутного перерізу з цільної деревини або клеєних блоків. При цьому брусові елементи повинні мати гладку, обстругану поверхню.

Вузлові з'єднання дерев'яних конструкцій проєктуються з мінімальною кількістю відкритих елементів, передбачається обов'язкове покриття їх вогнезахисними складами.

Плити покриття спираються безпосередньо на несучі конструкції.

У будівлях IV ступеня вогнестійкості протипожежна стіна повинна виступати за зовнішню поверхню стінової огорожі на 300 мм.

Теплоізоляція в плитах покриття та стінових панелях повинна щільно прилягати до ребер і внутрішньої обшивки. Вентильовані огородження необхідно розділяти на відсіки площею не більше $54м^2$ протипожежними діафрагмами з негорючих або важкогорючих матеріалів.

У поперечному напрямку будівлі діафрагму встановлюють уздовж несучих конструкцій з кроком не більше 6 м, а в поздовжньому — по конику. Діафрагми не повинні перешкоджати осушувальній дії вентиляційних продувів. У плитах між нижньою обшивкою та утеплювачем рекомендується встановлювати сталеві смуги з перерізом 8×25 мм з кроком $500 ... 700$ мм для утримання утеплювача в проєктному положенні та затримки займання деревини каркасів.

Дерев'яні конструкції та вироби, що підлягають транспортуванню та зберіганню, повинні бути захищені від впливу вологи. З цією метою використовуються різноманітні вологостійкі покриття, упаковка вологонепроникним папером, пергаментом, толем та синтетичними плівками.

Під час зберігання конструкції та деталі повинні встановлюватися в проєктне положення або близьке до нього. Складають конструкції та вироби в закритих приміщеннях або під навісом, а також на відкритих майданчиках. Укладання конструкцій безпосередньо на ґрунт не допускається.

РОЗДІЛ 3
БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

3.1 Загальні положення

Працівники організацій виконують обов’язки з охорони праці, що визначаються з урахуванням спеціальності, кваліфікації та (або) займаної посади в обсязі посадових інструкцій, розроблених з урахуванням рекомендацій або інструкцій з охорони праці. Представники роботодавців та працівників організацій відповідно до законодавства вживають заходів щодо поліпшення умов та охорони праці, які повинні визначатися під час укладення колективних договорів та угод з охорони праці відповідно до законодавства та рекомендацій.

Під час будівництва рибопереробного заводу учасники несуть встановлену законодавством відповідальність за порушення вимог нормативних документів

3.2 Вимоги безпеки до облаштування та утримання будівельного майданчика, ділянок робіт та робочих місць

Облаштування виробничих територій, їх технічна експлуатація повинні відповідати вимогам будівельних норм і правил, національних стандартів, санітарних, протипожежних, екологічних та інших чинних нормативних документів. Виробничі території та ділянки робіт у населених пунктах повинні бути огороджені, щоб уникнути доступу сторонніх осіб.

Висота огорожі виробничих територій повинна бути не менше, а ділянок робіт — не менше 1,2 огорожі, що примикають до місць масового проходу людей, повинні мати висоту не менше 2 м і бути обладнані суцільним захисним козирком.

При виконанні робіт у закритих приміщеннях, на висоті, під землею повинні бути передбачені заходи, що дозволяють здійснювати евакуацію людей у разі виникнення пожежі або аварії.Біля в'їзду на територію будівельного майданчика встановлено схему внутрішньобудівельних доріг і проїздів із зазначенням місць розвороту транспортних засобів, об'єктів пожежного водопостачання тощо

Допуск на територію будівництва сторонніх осіб, а також працівників у нетверезому стані або тих, хто не зайнятий роботами на даній території, забороняється. На входах, в'їздах встановлені контрольно-пропускні пункти. Внутрішні автомобільні дороги будівельної території відповідають будівельним нормам і правилам та обладнані відповідними дорожніми знаками, що регламентують порядок руху транспортних засобів і будівельних машин відповідно до Правил дорожнього руху. На виробничих територіях, ділянках робіт і робочих місцях працівники повинні бути забезпечені питною водою, якість якої має відповідати санітарним вимогам. Будівельні майданчики, ділянки робіт і робочі місця, проїзди та підходи до них у темний час доби освітлені відповідно до вимог державних стандартів. Виконання робіт у неосвітлених місцях не допускається.

Зона монтажу позначена знаками безпеки та попереджувальними написами.

Вимикачі, рубильники та інші комутаційні електричні апарати, що застосовуються на відкритому повітрі, влаштовані в захищеному виконанні. Усі електропускові пристрої розміщені так, щоб виключалася можливість пуску машин, механізмів та обладнання сторонніми особами. Розподільні щити та рубильники мають замикаючі пристрої. Струмопровідні частини електроустановок, а також розводка тимчасових електромереж напругою до 1000 В ізольовані, огороджені або розміщені в місцях, недоступних для випадкового дотику до них. Будівельний майданчик забезпечений аптечками з медикаментами та засобами для надання першої медичної допомоги [24]. Робочі місця та проходи до них, розташовані на перекриттях, покриттях на висоті понад та на відстані менше 3 м від межі перепаду висот, повинні бути огороджені захисними огорожами, а за їх відсутності — захищені уловлювальними сітками. При відстані понад 3 м від межі перепаду висот допускається встановлення сигнальних огорож, що відповідають вимогам національних стандартів.

При виконанні робіт на висоті, внизу, під місцем робіт, необхідно виділити небезпечні зони. При поєднанні робіт по одній вертикалі нижчерозташовані місця повинні бути обладнані відповідними захисними пристроями (настилами, сітками,

козирками), встановленими на відстані не більше 6 м по вертикалі від нижчерозташованого робочого місця.

3.3 Вимоги безпеки при складуванні матеріалів і конструкцій

Складування матеріалів, прокладка транспортних шляхів, установка опор повітряних ліній електропередачі та зв'язку повинні здійснюватися за межами призми обвалення ґрунту незакріплених виїмок (котлованів, траншей), а їх розміщення в межах призми обвалення ґрунту біля виїмок із кріпленням допускається за умови попередньої перевірки стійкості закріпленого укосу за паспортом кріплення або розрахунком з урахуванням динамічного навантаження.

Матеріали (конструкції) слід розміщувати відповідно до вимог цих норм і правил та міжгалузевих правил з охорони праці на вирівняних майданчиках, вживаючи заходів проти самовільного зміщення, просідання, осипання та розкочування матеріалів, що складуються.

Складські майданчики повинні бути захищені від поверхневих вод. Забороняється здійснювати складування матеріалів, виробів на насипних неущільнених ґрунтах. Матеріали, вироби, конструкції та обладнання при складуванні на будівельному майданчику та робочих місцях повинні укладатися наступним чином [24]: стінові панелі — у касети або піраміди (панелі перегородок — у касети вертикально); ригелі та колони — у штабель висотою до 2 м на підкладках і з прокладками; дрібносортний метал — у стелаж висотою не більше1,5 м; великогабаритне та важке обладнання та його частини — в один ярус на підкладках; чорні прокатні метали (листова сталь, швелери, двотаврові балки, сортова сталь) - у штабель висотою до1,5 м на підкладках і з прокладками.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У бакалаврській кваліфікаційній роботі розроблено проєкт складу для зберігання будівельних матеріалів. Запроєктована будівля призначена для приймання, розміщення та тимчасового зберігання сухих будівельних сумішей, листових матеріалів, металевих виробів, утеплювачів, лакофарбової продукції та інших матеріальних ресурсів, необхідних у будівельній галузі. Проєктне рішення сформовано з урахуванням особливостей складування різнорідних матеріалів, потреби у вільному внутрішньому просторі, зручності вантажно-розвантажувальних операцій і безпечної роботи персоналу.

Функціональна структура складу передбачає основне приміщення для зберігання матеріалів, кабінет комірника та санітарний вузол. Такий склад приміщень є достатнім для організації обліку, контролю надходження й відпуску матеріалів, а також забезпечення необхідних побутових умов для працівників. Для доступу до складської частини передбачено ворота з вбудованими дверима та окремі входи з торцевих сторін будівлі, що створює умови для безперешкодного переміщення людей і вантажів.

Будівля прийнята одноповерховою, каркасною, із квадратною конфігурацією в плані. Площа забудови, загальна та корисна площі становлять по 1188 м², будівельний об’єм — 10692 м³, а висота поверху — 4,8 м. Такі параметри відповідають призначенню складського об’єкта та дозволяють організувати зберігання матеріалів на одній функціонально пов’язаній площі.

Рішення щодо планування земельної ділянки передбачають влаштування проїздів із твердим покриттям, майданчиків для транспортного, технічного та протипожежного обслуговування, а також організацію поверхневого водовідведення. Прийняте компонування забезпечує можливість під’їзду вантажного транспорту, доставлення матеріалів до складу та належного обслуговування будівлі в процесі експлуатації.

Основою конструктивного вирішення є металодерев’яний каркас. До його складу входять клеєнодерев’яні колони, металодерев’яні кроквяні ферми з клеєним

верхнім поясом, фахверкові стійки, горизонтальні та вертикальні зв’язки. Просторова незмінність будівлі в поздовжньому напрямку забезпечується жорсткими зв’язковими блоками, металевими тяжами та розпірками, а в поперечному напрямку — жорстким защемленням колон у фундаментах. Прийнята схема дозволяє сприймати постійні, снігові та вітрові навантаження й передавати їх на фундаментну основу.

Для покриття передбачено клеєфанерні плити коробчастого перерізу з вологостійкої фанери та дерев’яних ребер жорсткості. Плити працюють у складі покриття разом із металодерев’яними фермами та профільованим настилом. Розрахунок підтвердив достатню міцність верхньої й нижньої обшивок, ребер каркаса та клейових з’єднань, а також відповідність прогинів допустимим значенням.

У межах розрахунково-конструктивного розділу визначено витрати деревини та металу на несучі конструкції, виконано компонування поперечних рам, системи зв’язків і фахверкових елементів. Окремо розраховано металодерев’яну ферму, підібрано перерізи верхнього поясу, розкосів та інших елементів, а також розроблено вузлові з’єднання. Встановлені конструктивні параметри забезпечують стійкість ферми та належну роботу елементів покриття в межах прийнятої схеми.

Для колон прийнято клеєдощаті елементи із деревини сосни. Виконані перевірки за міцністю, стійкістю та дотичними напруженнями підтвердили працездатність прийнятого перерізу. Це дозволяє забезпечити надійне передавання зусиль від покриття та кроквяних ферм на фундаментну частину будівлі.

Огороджувальні конструкції передбачено з клеєфанерних плит, а покрівлю — із профільованого сталевого настилу. Основний складський простір запроєктовано без створення постійного теплового контуру, тоді як приміщення комірника та санітарний вузол утеплюються. Для цих приміщень виконано теплотехнічний розрахунок, який підтверджує відповідність прийнятої огороджувальної конструкції вимогам теплозахисту.

Довговічність дерев’яних і металевих елементів забезпечується конструктивним захистом від зволоження, застосуванням вологостійкої фанери,

улаштуванням гідроізоляції в місцях контакту деревини з бетоном, а також антисептичним і вогнезахисним обробленням дерев’яних конструкцій. Такі заходи спрямовані на зменшення ризику біологічного пошкодження матеріалу, передчасного зношення та зниження несучої здатності конструкцій у процесі експлуатації.

У розділі безпеки життєдіяльності розглянуто вимоги до утримання будівельного майданчика, складування матеріалів, організації робочих місць і виконання вантажно-розвантажувальних робіт. Передбачено необхідність огородження небезпечних зон, застосування засобів індивідуального захисту, дотримання правил пожежної безпеки та контролю за станом монтажних і транспортних засобів.

Таким чином, мету бакалаврської кваліфікаційної роботи досягнуто. У процесі проєктування обґрунтовано архітектурно-планувальне рішення складу, прийнято каркасну систему з клеєнодерев’яними та металодерев’яними елементами, виконано розрахунок плити покриття, ферми й колони, передбачено захист конструкцій від зволоження та вогню, а також опрацьовано вимоги безпечного виконання робіт.

БІБЛІОГРАФІЯ

1. Ясній В.П., Конончук О.П., Мещерякова О.М., Коваль І.В., Сорочак А.П. Методичні вказівки для виконання кваліфікаційної роботи бакалавра за спеціальністю 192 “Будівництво та цивільна інженерія”. Вид. ТНТУ, Тернопіль, 2025. – 59 с.

2. ДБН В.1.2-2:2006 Навантаження і впливи. Норми проектування. – К.: Мінрегіонбуд України, 2006 (зі змінами №1, чинними з 01.06.2020). – 68 с.

3. ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010 Будівельна кліматологія. – К.: Мінрегіонбуд України, 2010 (чинний з 01.11.2011)

4. ДБН В.2.6-198:2014 Сталеві конструкції. Норми проектування.

5. ДБН В.2.6-98:2009 Конструкції будинків і споруд. Бетонні та залізобетонні конструкції.

6. ДСТУ Б В.2.6-156:2010 Конструкції будинків і споруд. Конструкції сталезалізобетонні. Загальні технічні умови. – К.: Мінрегіон України, 2010. – 83 с.

7. ДБН В.1.1-12:2006 Будівництво у сейсмічних районах України. – К.: Мінрегіонбуд України, 2006. – 96 с

8. Биків, Н. З. (2020). Застосування сплавів з пам’яттю форми для підвищення стійкості конструкцій при динамічних навантаженнях. Збірник тез доповідей IX Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів „Актуальні задачі сучасних технологій “, 1, 26-26.

9. Romaniuk, V., Bezniuk, L., Supruniuk, V., Kononchuk, O., Meshcheryakova, O., & Sorochak, A. (2024). Features of the work of continuous perforated beams near intermediate supports. *Procedia Structural Integrity*, *59*, 471-478.

10. ДСТУ Б В.2.6-9:2008 Конструкції будинків і споруд. Профілі сталеві холодногнуті. Технічні умови. – К.: Мінрегіонбуд України, 2008. – 32 с.

11. Hud, M., Chornomaz, N., & Meshcheryakova, O. (2026). Finite element simulation of the dynamic characteristics of a high-rise frame building considering variations in storey materials. *Procedia Structural Integrity*, *81*, 372-376.

12. Мельник, Л. М., Ясній, В. П., & Мещерякова, О. М. (2025).

Компетентності майбутнього: роль BIM у підготовці будівельних кадрів. *Сучасні технології та методи розрахунків у будівництві*, (24), 219-234.

13. Конончук, О. П., Хома, І. Б., & Чайковський, А. С. (3.6). Дослідження деформацій і зусиль в елементах каркасу будівлі від різного роду зовнішніх навантажень. Матеріали XI Міжнародної науково-практичної конференції молодих учених та студентів „Актуальні задачі сучасних технологій “, 9-10.

14. Закон України "Про пожежну безпеку". – Київ: Верховна Рада України, 1993.

15. ДБН А.3.2-2-2009 Система стандартів безпеки праці. Охорона праці і промислова безпека у будівництві. Основні положення.

16. ДБН В.2.2-15:2019 Будинки і споруди. Житлові будинки. Основні положення.

17. ДБН В.1.1-7:2016 Пожежна безпека об’єктів будівництва. Загальні вимоги. – К.: Мінрегіонбуд України, 2016. – 96 с.

18. ДБН В.1.2-7:2021 Основні вимоги до будівель і споруд. Пожежна безпека. – К.: Мінрегіон, 2021.

19. ДСТУ Б В.2.2-29:2011 Будинки і споруди. Будівлі підприємств. Параметри.

20. ДСТУ Б В.2.7-233:2010 Будівельні матеріали. Склопакети клеєні. Технічні умови. – К.: Мінрегіон України, 2010. – 38 с.

21. ДБН В.2.6-31:2021 Теплова ізоляція та енергоефективність будівель. – К.: Мінрегіон України, 2021 (чинний з 01.09.2022). – 23 с.

22. ДСТУ Б EN ISO 10077-1:2016 Теплотехнічні характеристики вікон, дверей та віконниць. Розрахунок коефіцієнта теплопередачі. Частина 1. Загальна методика. – К.: Мінрегіон України, 2016. – 37 с.

23. ДСТУ Б EN 15251:2011 Розрахункові параметри мікроклімату приміщень для проектування та оцінки енергетичних характеристик будівель з урахуванням якості повітря, теплового комфорту, освітлення та акустики (EN 15251:2007, IDT). – К.: Мінрегіон України, 2011. – 72 с.

24. ДБН В.2.6-31:2016. Покриття підлог. — Київ: Мінрегіонбуд

України, 2016.

25. ДБН В.2.1-10:2018. Основи і фундаменти будівель та споруд / Мінрегіонбуд України. — Київ: ДП «ДНДІБК», 2018. — Чинний з 01.01.2019.

26. ДСТУ 9208:2022 Бетони важкі. Технічні умови.

27. ДСТУ Б В.2.6-65:2008. Конструкції будинків і споруд. Палі залізобетонні забивні. Конструкція і розміри. — Київ: Мінрегіонбуд України, 2008.

28. ДБН А.3.1-5:2016. Організація будівельного виробництва. – Київ: Мінрегіонбуд України, 2016. – 64 с.

29. Карпо, Г. (2023). Формування будівель соціального житла. *Матеріали VI Міжнародної студентської науково-технічної конференції „Природничі та гуманітарні науки. Актуальні питання “*, 43-44.

30. Hud, M., Meshcheryakova, O., Kachor, A., & Hud, V. (2023, December). Bases of design and calculation of reinforced concrete structures. In *SWorld-Ger Conference proceedings* (No. gec30-00, pp. 13-19).

31. Romaniuk, V., Bezniuk, L., Supruniuk, V., Kononchuk, O., Meshcheryakova, O., & Sorochak, A. (2024). Experimental studies of a steel rafter arch with a perforated top chord. *Procedia Structural Integrity*, *59*, 479-486.

32. ДБН А.3.2-2:2009. Охорона праці та промислова безпека в будівництві. – Київ: Мінрегіон України, 2009. – 38 с.

33. ДБН В.1.2-5:2007. Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. – Київ: Мінрегіонбуд України, 2007. – 50 с.