

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

Центр перепідготовки та післядипломної освіти
(повна назва факультету)
Кафедра будівельної механіки
(повна назва кафедри)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

Магістра

(назва освітнього ступеня)

на тему: Проектування цеху авіаційного заводу в Харкові із дослідженням напружено-деформівного стану великопрольотних конструкцій

Виконав: студент 2 курсу, групи МБд-2
спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія»
(шифр і назва спеціальності)

Студент _____ Телемко В.В.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник _____ Крамар Г.М.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Нормоконтроль _____ Мещерякова О.М.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри _____ Ясній В.П.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Рецензент _____ Кошалко С.А.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Тернопіль
2022

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

Факультет центр перепідготовки та післядипломної освіти
(повна назва факультету)

Кафедра Будівельної механіки
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Ясній В.П.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

« »

20__ р.

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**

на здобуття освітнього ступеня Магістр
(назва освітнього ступеня)

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

студенту Телемку Василю Володимировичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Проектування цеху авіаційного заводу в Харкові із дослідженням напружено-деформівного стану великопрольотних конструкцій

Керівник роботи Крамар Г.М., к.т.н., доцент
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від « 14 » листопада 2022 року № 4/7-907

2. Термін подання студентом завершеної роботи _____

3. Вихідні дані до роботи _____

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

1. Архітектурний розділ. 2. Розрахунково-конструктивний розділ. 3. Науково-дослідна частина. 4. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів)
8-12 листів формату А1

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці	Каспрук В.Б. доцент		
Безпека в надзвичайних ситуаціях	Стручок В.С. ст. викладач		
Нормоконтроль	Мещерякова О.М. ст. викладач		

7. Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1.	Архітектурний розділ		
2.	Розрахунково-конструктивний розділ		
3.	Науково-дослідна частина		
4.	Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях		
5.	Графічне оформлення креслень		

Студент

(підпис)**Телемко В.В.**_____
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)**Крамар Г.М.**_____
(прізвище та ініціали)

ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
РОЗДІЛ 1 АРХІТЕКТУРНО-БУДІВЕЛЬНИЙ РОЗДІЛ.....	7
1.1. Вихідні дані.....	7
1.2. Опис і обґрунтування зовнішнього і внутрішнього виду спорудження, його просторової, планувальної і функціональної організації.....	7
1.3 Обґрунтування прийнятих об'ємно-просторових і архітектурно-художніх рішень	8
1.4 Опис та обґрунтування композиційних прийомів при оформленні фасадів та інтер'єрів будівлі.....	9
1.5 Опис рішень з оздоблення приміщень	9
1.6 Функціональні рішення, що забезпечують природне освітлення приміщень	12
1.7 Архітектурно-будівельні заходи, що забезпечують захист приміщень від шуму, вібрації і іншого впливу	12
1.8 Функціонально-будівельні заходи, що забезпечують рішення з декоративно-суспільного та кольорового інтер'єру.....	13
РОЗДІЛ 2 РОЗРАХУНКОВО- КОНСТРУКТИВНИЙ.....	14
2.1. Вихідні дані.....	14
2.3 Розбивка сітки колон.....	15
2.4 Встановлення зв'язків.....	15
2.5 Кліматичні умови	17
2.6 Збір навантажень на каркас будівлі.....	17
2.7 Розрахунок поперечної ферми	23
2.7.1 Попередній підбір елементів стрижневої ферми	23
2.7.2 Остаточний підбір елементів стрижневої ферми.....	28
2.8 Розрахунок поздовжньої рами	31
2.8.1 Розрахунок в SCAD.....	31
2.9 Розрахунок колони по осі П (К-2)	41
2.9.1 Розрахунок в ПК SCAD	42
2.10 Розрахунок основ і фундаментів	42
2.10.1 Характеристики умов.....	43

	4
2.10.2 Розрахункові характеристики ґрунтових умов	44
2.10.3 Визначення навантажень, що діють на обріз фундаменту	45
2.10.4 Проектування стовпчастого фундаменту під наскрізну колону	46
2.10.5 Визначення глибини закладання фундаменту	46
2.10.6 Визначення розмірів подошви фундаменту	47
2.10.6 Проектування пальового фундаменту.....	49
РОЗДІЛ 3 НАУКОВО- ДОСЛІДНИЙ	55
3.1 Варіант конструктивної схеми №1 — Балочне покриття із двоскатних ферм	55
3.2 Варіант конструктивної схеми №2 - Рамно-балочне покриття	57
3.3 Варіант конструктивної схеми №3 - Арочне покриття з балочним розміщенням	58
3.4 Остаточний вибір варіанта конструктивної схеми покриття.....	60
3.5 Висновок.....	61
РОЗДІЛ 4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	62
4.1 Охорона праці	62
4.1.2 Захисне заземлення	65
4.2 Безпека в надзвичайних ситуаціях.....	68
4.2.1 Оцінка стійкості об'єкта будівництва до впливу ударної хвилі ядерного вибуху і заходи щодо підвищення стійкості	68
4.2.2 Оцінка масштабу, розмірів втрат та інших наслідків можливої НС на об'єкті будівництва	70
ВИСНОВКИ	74
БІБЛІОГРАФІЯ.....	75

ВСТУП

Кваліфікаційна робота на тему «Проектування цеху авіаційного заводу в Харкові».

Проектована будівля призначена для проведення робіт із фарбування корпусу середньомагістральних літаків. Слід зазначити, що для виробничого процесу фарбування літаків даного типу виникає необхідність забезпечення заданої відстані між опорами. Мінімальний проліт будівлі - 102 м.

Актуальність теми. На підставі аналізу статистичних даних авіаційної промисловості та перспективи її розвитку зроблено висновок, що обрана тема випускної кваліфікаційної роботи є актуальною та доцільною, оскільки збільшення кількості середньомагістральних літаків зумовлює підвищений попит на пункти їхнього обслуговування, зокрема цех для проведення робіт із фарбування корпусу.

Мета роботи: Розробка проекту цеху з авіаційного заводу із дослідженням напружено-деформівного стану великопрольотних конструкцій.

Об'єкт досліджень – великопрольотні рамні конструкції промислових будівель.

Предмет дослідження – великопрольотні рамні конструкції промислових будівель в просторовій постановці.

Доцільність проведення досліджень зумовлена тим, що отримані результати дадуть можливість підвищити економічність та довговічність великопрольотних конструкцій промислових будівель при їх експлуатації.

Завдання роботи:

- розробити основні конструктивні та архітектурні рішення цеху авіаційного заводу;
- виконати розрахунок основних несучих конструкцій цеху;
- виконати статичний розрахунок великопролітної рами промислової будівлі в просторовій постановці;
- визначити прогини у великопролітній конструкції покриття промислової будівлі;
- розробити заходи по охороні праці та цивільному захисту населення.

Методи дослідження – скінченно-елементний з використанням прикладного програмного пакету ЛІРА.

Галузю застосування результатів роботи є проектування нових, реконструкція та експлуатація існуючих великопролітних конструкцій цехів промислових будівель.

Наукова новизна отриманих результатів полягає в тому, що отримала подальший розвиток методика моделювання великопролітних рам промислових будівель в просторовій постановці.

Практичне значення отриманих результатів. Отримані в роботі результати досліджень можуть бути використані для зведення нових та реконструкції існуючих промислових будівель.

Апробація результатів магістерської роботи виконана роботи виконана на міжнародній науково-технічній конференції присвяченій 70 - річчю від дня народження член-кореспондента НАН України, проф. Яснія Петра Володимировича «Міцність і довговічність сучасних матеріалів та конструкцій» (Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 10-11 листопада 2022 року.).

Публікація результатів магістерської роботи здійснена у збірнику тез вищезазначеної конференції.

Робота виконана згідно з тематикою науково-дослідних робіт кафедри будівельної механіки ТНТУ та державними програмами надійності і економічності будівельних виробів, матеріалів і конструкцій.

Ключові слова: великопролітна рама, промислова будівля, скінченні елементи.

РОЗДІЛ 1

АРХІТЕКТУРНО-БУДІВЕЛЬНИЙ РОЗДІЛ

1.1. Вихідні дані

Проектований майданчик, наданий для будівництва промислової будівлі, розташований на території авіаційного заводу-філії в м. Харків.

Необхідні під час виконання розділу дані приймаємо по [7] Район будівництва – м. Харків;

- температура повітря найбільш холодної п'ятиденки із забезпеченістю 0,92 - мінус 23 °С
- вага снігового покриву для II району – 1.0 кПа.
- значення вітрового тиску для III району – 0.38 кПа.
- сейсмічність району будівництва – 5 балів.

1.2. Опис і обґрунтування зовнішнього і внутрішнього виду спорудження, його просторової, планувальної і функціональної організації

Проектованим об'єктом є будівництво промислової будівлі, призначене для проведення робіт із фарбування середньомагістральних літаків без використання вибухонебезпечних матеріалів, речовин та пристроїв.

Планувальне рішення зумовлене вимогою розміщення одного середньомагістрального літака.

Будівля у плані прямокутна одноповерхова, розмірами в крайніх осях – 108.0x72.0м, змінна висота — від 19.5 до 25.5 м, із вбудованим адміністративно-обутовим комплексом.

Вбудований адміністративно-побутовий комплекс у плані прямокутний, з розмірами у крайніх осях – 84.5 x 11.39 м, висотою 4.7 м.

Покрівля – односхила;

Ухил покрівлі - 5⁰. Водостік організований.

Конструктивна схема будівлі — каркасна, з самонесучими стінами. Будівельна система — повнозбірна, з відправними елементами комплектного постачання. Каркас виконаний із сталевих конструкцій.

Зовнішні стіни — панелі навісні типу «сендвіч». Покриття покрівлі — покрівельні панелі типу сендвіч.

Несучі конструкції будівлі:

- сталевий каркас: колони наскрізного перерізу заввишки 21,0 м; колони складеного перерізу заввишки 15,0 м; сталеві рами наскрізного перерізу прольотом 102 м; сталеві кроквяні ферми прольотом 66,0 м; колони фахверка із прокатного двотавра;
- стінові панелі кріпляться до фахверкових колон через стінові прогони прокатного профілю;
- фундаменти окремо стоять на пальовій основі. Палі забивні.
- покриття влаштоване прогонами з прокатного швелера.
- максимальна позначка верху по огорожі покрівлі – плюс 26,700.

У будівлі цеху передбачено приміщення санітарно-побутового призначення та приміщення, необхідні для роботи персоналу з фарбування літака. Також передбачені евакуаційні виходи та виїзди.

Зовнішнє оздоблення фасадів – стінові сендвіч-панелі мають лакофарбове покриття необхідних кольорів.

Заповнення віконних прорізів, виконані з полівінілхлоридних профілів із двокамерними склопакетами. Розробку та монтаж виконують спеціалізовані фірми-постачальники.

1.3 Обґрунтування прийнятих об'ємно-просторових і архітектурно-художніх рішень

Об'ємно-просторові та архітектурно-мистецькі рішення у проекті прийняті на підставі:

- договорів виконання проектних робіт;
- завдань на проектування.
- діючих будівельних норм та правил

Проектом передбачено конструктивні та об'ємно-планувальні рішення, що забезпечують пожежну безпеку будівлі та евакуацію людей у разі пожежі.

Також об'ємно-просторові рішення будівлі забезпечують необхідне природне освітлення та вентиляцію.

Архітектурна виразність будівлі досягається застосуванням у оздобленні фасадів сучасних матеріалів, а також колірним рішенням фасадів.

1.4 Опис та обґрунтування композиційних прийомів при оформленні фасадів та інтер'єрів будівлі

Архітектурна будівля є єдиним об'ємом простої форми, з ділянками світлопрозорого заповнення. Колірна гама, елементи оздоблення та облицювання фасаду, деталі фасаду та вхідних груп відповідають загальному стилю будівель, розташованих на території авіаційного заводу, а також відповідають колірній політиці компанії. Композиційні прийоми при оформленні фасадів та інтер'єрів засновані на рішеннях компонування, що забезпечують раціональне використання будівлі за її призначенням. Елементи фасаду витримані в композиційному та кольоровому виконанні у зв'язку із загальним архітектурним стилем екстер'єру та інтер'єру будівлі. Колірне рішення фасаду будівлі представлено на аркуші 2 графічної частини.

1.5 Опис рішень з оздоблення приміщень

Стіни та перегородки:

- панель зовнішня стінова 6000 x 1000 (метал-метал (0,5-0,5мм) при товщині утеплювача 200 мм)
- вага 1 м² панелі, 25,4 кг
- як утеплювач використовується жорсткий мінераловатний утеплювач.
- коефіцієнт теплопровідності плит 0,042 Вт/(м×°С)

Перегородки самонесучі з цегли товщиною 250 мм. Стіни та перегородки адміністративно-побутового комплексу (АБК) – самонесучі з цегли повнотілої товщиною 120 та 250 мм.

По всій будівлі всі металеві елементи (колони, зв'язки, ферми) покриваються фарбою "Вогнезахисний Т-бар'єр для метало-конструкцій". У приміщеннях складів

та фарбопідготовчих відділеннях стіни та стелі оштукатурюються по сітці. У приміщеннях адміністративно-побутового блоку стіни та стеля оштукатурюються по сітці з наступним забарвленням Акриловою фарбою ВД-АК-121, за винятком приміщень сан. вузлів, душових та переддушових. У приміщеннях сан. вузлів, душових та переддушових додатково на висоту 1,5 м від рівня підлоги влаштовується настінна керамічна плитка. У всіх приміщеннях адміністративно-побутового блоку (АБК) колони обшиваються ГКЛВ (гіпсокартон листовий вогнестійкий та вологостійкий) на висоту поверху.

Відомість обробки стін приміщень подана у таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 - Відомість обробки приміщень

Найменування чи номер приміщення	Вид оздоблення елементів інтер'єрів			Примітка	
	Стеля	S,м ²	Стіни, колони, перегородки		S,м ²
4, 5,6,7,8,11,12,13, 14,15,16,19,21,22, 23,27	Штукатурка, Акрилова фарба ВД-АК-121	115,6	ГКЛВ	35,6	
			Штукатурка, акрилова фарба ВД-АК-121	1525,2	
9,10,17,18,20,24, 25,26	Штукатурка, Акрилова фарба ВД-АК-121	20.7	ГКЛВ	12,8	
			Штукатурка, акрилова фарба ВД-АК-121	565,8	
			Плитккерамічна настінна глазурована	245,8	
2.1, 2.2, 2.3, 3.1, 3.2	Штукатурка	1654,5	Фарба Т-бар'єр вогнезахисна для метало- конструкцій ТУ 2313-001- 30642285- 2011	198,0	За розгорнення МК
			Штукатурка	545,5	
1	-	-	Фарба Т-бар'єр вогнезахисна для метало- конструкцій ТУ 2313-001- 30642285- 2011	642,0	За розгорнення МК

Підлоги:

Переважно у виробничому приміщенні - наливна підлога з підготовленої поверхні.

У всіх приміщеннях та коридорах адміністративно-побутового комплексу керамогранітна плитка, за винятком залу для нарад та кабінетів №1-3.

У залі для нарад та кабінетах №1-3 – ламінат.

Двері, ворота:

Основні ворота цеху:

Ворота, що складаються з подвійної стінки, з ізоляційним заповнювачем з мінеральної вати, індивідуального виготовлення.

Стулки воріт – клас будівельних матеріалів не займистий. Ворота складів та фарбопідготовчих відділень металеві розстібні та підйомні протипожежні по [24], індивідуального виготовлення.

Зовнішні двері сталеві розпашні протипожежні за межею вогнестійкості [25] не менше E30 виконані спеціалізованою організацією.

Зовнішні двері сталеві розстібні по [26]. Двері внутрішні сталеві розстібні по [26]. Двері внутрішні дерев'яні розстібні по [27].

Зовнішні двері обладнані пристроями для замикання, протидії злому, ущільнювачами в притворах та доводчиками.

Вікна:

Вікна в алюмінієвих палітурках з двокамерним заповненням по [28] з наведеним опором теплопередачі не менше $0,63 \text{ м}^2 \text{ }^\circ\text{C/Вт}$.

Товщина утеплювача = 200 мм.

Як утеплювач використовується жорсткий мінераловатний утеплювач.

Коефіцієнт теплопровідності плит – $0,044 \text{ Вт/(м}\times\text{}^\circ\text{C)}$. Ухил покрівлі – 5%

Усі матеріали та вироби, прийняті для обробки приміщень, повинні мати необхідні сертифікати, що підтверджують можливість їх застосування за вимогами пожежної, санітарно-гігієнічної та іншої безпеки. Заміна матеріалів та виробів на їх аналоги допускається лише за наявності у виробника всієї необхідної сертифікаційної документації та за погодженням з проектувальником.

1.6 Функціональні рішення, що забезпечують природне освітлення приміщень

Об'ємно-планувальні рішення проекрованої будівлі забезпечують природне освітлення приміщень із постійним перебуванням людей через конструктивні світлові отвори. Світлові прорізи запроектовані з урахуванням вимог [17].

Висвітлення приміщень відбувається через вікна, що розташовані на фасадах будівлі.

Розміщення та орієнтація довколишніх об'єктів не впливає на природне освітлення приміщень. Затінення будівлі сусідніми об'єктами та елементами рельєфу не спостерігається.

1.7 Архітектурно-будівельні заходи, що забезпечують захист приміщень від шуму, вібрації і іншого впливу

Джерелами шуму в будівлі є:

1. Ударний шум із приміщення цеху під час обслуговування літаків;
2. Повітряний шум, що проникає з коридорів через дверні прорізи, а також через стіни та перегородки із сусідніми приміщеннями;
3. Повітряний шум від роботи інженерно-технологічного обладнання (насоси, вентилятори, компресори, фарбопульти), що проникає через огорожувальні конструкції в приміщення АБК;
4. Структурний шум від інженерно-технологічного обладнання;
5. Високочастотна вібрація електрощитової, що розповсюджується по конструкціях несучих будівель;
6. Низькочастотна вібрація вентиляційного обладнання, а також середньочастотна вібрація вентиляційних коробів і повітроводів, що розповсюджується по конструкціях несучих будівель;

При проектуванні об'єкта, зниження шуму та вібрації досягається комплексом будівельно-акустичних заходів: архітектурно-планувальних та акустичних.

Архітектурно-планувальні - планування приміщень та конструкцій будівель,

при яких джерела шуму максимально віддалені від приміщень з найменшими допустимими рівнями шуму і межують з такими, де менш жорсткі вимоги до допустимих рівнів шуму.

Акустичні заходи - це вібро- та звукоізоляція обладнання, застосування звукопоглинаючих конструкцій у приміщеннях з джерелами шуму, встановлення глушників шуму в системах вентиляції, застосування малошумного обладнання та вибір правильного (розрахункового) режиму його роботи та інші.

1.8 Функціонально-будівельні заходи, що забезпечують рішення з декоративно-супільного та кольорового інтер'єру

Внутрішній інтер'єр приміщень витриманий у конструктивному стилі із застосуванням однотонних кольорів у фарбуванні стін та перегородок, не яскравих "приглушених" відтінків. При цьому всі елементи інтер'єру виконані із застосуванням сучасних матеріалів та конструкцій та відповідають усім вимогам щодо пожежної та іншої безпеки. Деталі та ескізи інтер'єру розробляються за окремим дизайн-проектом і затверджуються замовником.

РОЗДІЛ 2

РОЗРАХУНКОВО- КОНСТРУКТИВНИЙ

2.1. Вихідні дані

Район будівництва – м. Харків.

Спорудження прямокутного обрису у плані;

Довжина споруди у плані – 108,0 м;

Ширина споруди в плані-72,0 м Проліт споруди - 102,0 м;

Висота споруди – змінна від +19,5 м до +25,5 м; Покрівля – односхила;

Ухил покрівлі - 5 град;

Призначення споруди - роботи з демонтажу і нанесення лакофарбового покриття середньомагістральних літаків

2.2 Компонування конструктивної схеми каркасу будівлі

Для будівлі ангару прийнято поздовжньо-поперечне компонування.

Будівля прямокутної форми у плані. Розміри будівлі в плані в осях 1-21 та А-П становлять 108х72м.

У поздовжньому напрямку по осях А і Б застосовано блок 2-х безшарнірних порталних рам прольотом 102 м.

У поперечному напрямку ферми прольотом 66 м з кроком 6 м спираються на порталну раму осі Б, і на колони осі П.

Вузол примикання ферм до порталної рами – шарнірний; до колон - шарнірний.

Стійкість поздовжніх рам та поперечних ферм забезпечується системою горизонтальних зв'язків по нижніх та верхніх поясах; системою вертикальних зв'язків у міжригельному просторі.

По фермах та рамах з кроком 3 м укладаються прогони. По прогонах укладаються покрівельні сендвіч-панелі, що забезпечують загальну стійкість прогонів.

Колони жорстко защемлені у фундаменті.

Розрахунок з урахуванням просторової роботи каркасу було здійснено у програмному комплексі «SCAD 21.1».

На основі розрахунку каркаса проводиться точний розрахунок за міцністю та стійкістю несучих елементів, а також розрахунок вузлів, з урахуванням усіх необхідних факторів за нормами.

Після виконання всіх необхідних розрахунків вносяться коригування в конструкцію каркасу будівлі завдання жорсткості в програмі "SCAD" і перевіряються деформативні властивості каркасу.

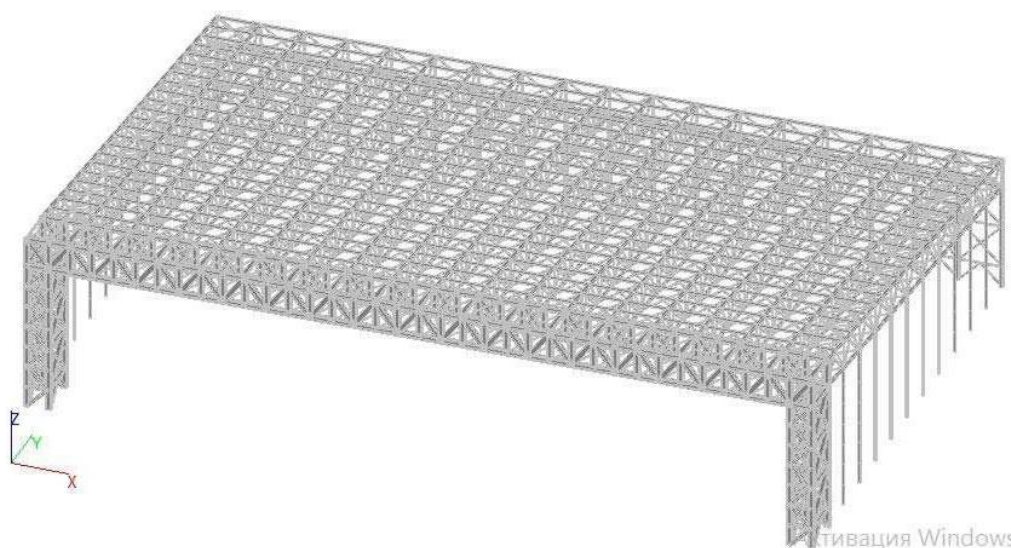


Рисунок 2.1 – Просторова схема каркасу будівлі

2.3 Розбивка сітки колон

Призначаємо крок колон рівний 6 м по осі П і спираємо на них безпосередньо поздовжні кроквяні ферми прольотом 66 м, крок ферм по буквених осях 6м. Прив'язку зовнішньої грані колони до поздовжніх координаційних осей приймаємо центральну.

2.4 Встановлення зв'язків

Зв'язки ферм та рам

Компонування конструктивної схеми каркаса включає постановку зв'язків з покриття будівлі між колонами і між рамами. Вони призначені для створення

геометрично незмінної просторової конструкції каркасу; зменшення розрахункових довжин елементів конструкцій; сприйняття вітрових; забезпечення просторової роботи каркасу та проектного положення елементів каркасу у процесі монтажу та експлуатації.

Розміщуємо горизонтальні поперечні зв'язки ЗГ-1 по обидва пояси поздовжніх рам і ЗГ-2 по поясах кроквяних ферм в осях і 1-3, 19-21. Вони служать закріпленням від зміщень поясів ферм і прогонів.

Зв'язки між колонами.

Головним чином такі зв'язки призначені для:

- створення поздовжньої жорсткості каркаса, необхідної для нормальної експлуатації;
- забезпечення стійкості колон;
- сприйняття вітрового навантаження.

Вертикальні зв'язки по колонах встановлені по осі П та по осях 1-4, 8-9, 10-12, 13-14, 15-16, 18-21

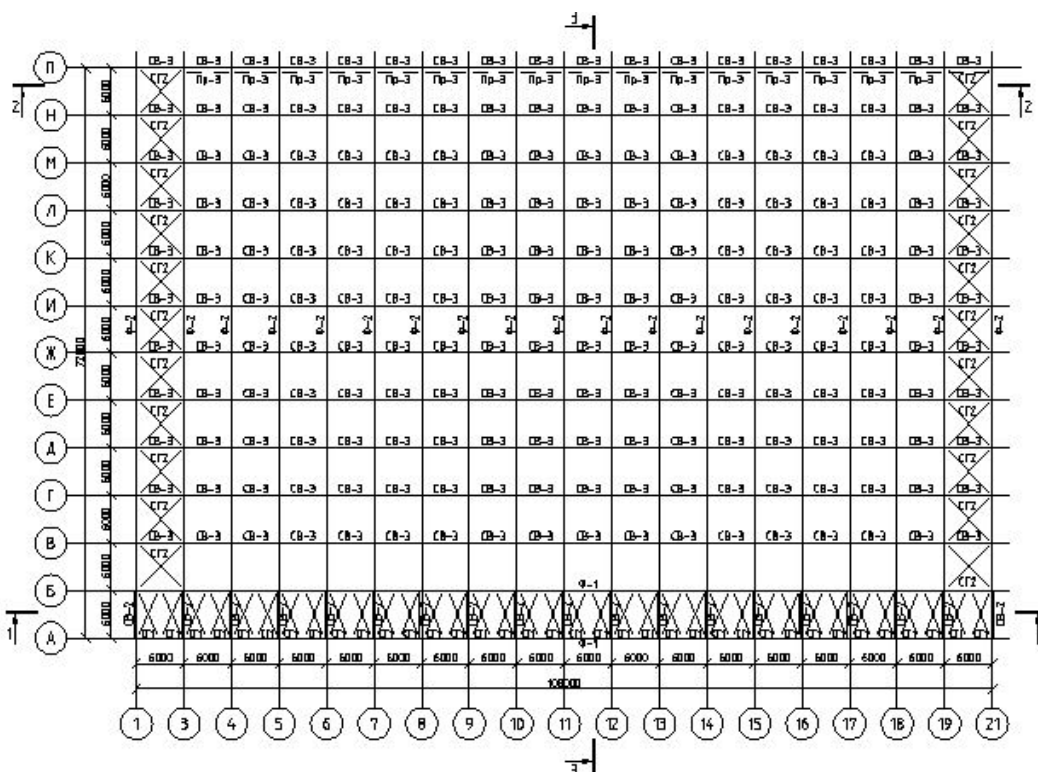


Рисунок 2.2 - Схема розташування зв'язків з покриття

Нормативне значення снігового навантаження на горизонтальну проекцію покриття визначається за формулою

$$S_0 = c_e \cdot c_t \cdot \mu \cdot S_g = 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,0 = 1,0 \text{ кПа (кН / м}^2\text{)},$$

де c_e - коефіцієнт, що враховує знос снігу з покриття будівлі під дією вітру;

c_m - термічний коефіцієнт;

μ - коефіцієнт переходу від ваги снігового покриву землі до снігового навантаження на покриття;

S_g - нормативне значення ваги снігового покриву на 1 м² горизонтальної поверхні (м. Харків відноситься до II снігового району $S_g=1,0 \text{ кПа (кН/м}^2\text{)}$).

Розрахункове значення снігового навантаження визначається за формулою

$$S = S_0 \cdot \gamma_f = 1,0 \cdot 1,4 = 1,4 \text{ кПа (кН / м}^2\text{)},$$

де γ_f - Коефіцієнт надійності з навантаження.

Вітрове навантаження

Місто Харків по [7, карта 3] відноситься до III вітрового району, отже, згідно [6, табл. 11.1] нормативне значення вітрового впливу становить w_n 0,38 кПа.

У всіх випадках нормативне значення основного вітрового навантаження слід визначати як суму середньої w_m та пульсаційної w_g складника:

$$w = w_n + w_g,$$

Нормативне значення середньої складової основного вітрового навантаження w_m залежно від еквівалентної висоти z_e над поверхнею землі слід визначати за такою формулою:

$$w_m = w_0 \cdot k(z_e) \cdot c,$$

де w_0 - нормативне значення вітрового тиску;

$k(z_e)$ - коефіцієнт, що враховує зміну вітрового тиску для висоти z_e ;

c - аеродинамічний коефіцієнт.

Еквівалентна висота $z_e = n$ для будівель при $n \leq d$.

де d - розмір будівлі (без урахування його стилістичної частини) у напрямку, перпендикулярному розрахунковому напрямку вітру (поперечний розмір);

n - висота будівлі.

Коефіцієнт $k(z_e)$ для висот $z \leq 300$ м визначається [6, таблиці 11.2].

Розрахункове значення вітрових навантажень на 1 м^2 поверхні підраховується за такою формулою: $w = \omega_n \cdot \gamma_f$,

де $\omega_n = \omega_m + \omega_p$ - нормативне значення вітрового навантаження;

$\gamma_f = 1,4$ - Коефіцієнт надійності з навантаження для вітрового навантаження.

Значення пульсаційного складника w_p . Основне вітрове навантаження поставимо за допомогою програмного комплексу SCAD.

Розрахунок вітрового навантаження на каркас будівлі

Таблиця 2.2 – Вихідні дані для завдання вітрового навантаження

Вихідні дані	
Вітровий район	III
Нормативне значення вітрового тиску	0,38 кН/м ²
Тип місцевості	B - міські території, лісові масиви та інші місцевості, рівномірно покриті перешкодами висотою понад 10 м
Тип споруди	Однопрогонові будівлі без ліхтарів
Коефіцієнт надійності за навантаженням	1,4
Ширина будівлі	108 м
Довжина будівлі	72 м

Враховуємо статичну складову вітрового навантаження.

Таблиця 2.3 - Коефіцієнт, що враховує зміну вітрового тиску за висотою

Висота (м)	$k(z_e)$
0	0,5
3	0,5
6	0,5
9	0,62
12	0,69
15	0,75
18	0,81
21	0,85
25	0,9

Таблиця 2.4 - Вітрове навантаження на стіну по осі А (навітряна сторона)

Висота (м)	Розрахункове значення (кН/м ²)
0	0,152
3	0,152
6	0,152
9	0,188
12	0,210
15	0,228
18	0,246
21	0,258
25	0,274

Таблиця 2.5 - Вітрове навантаження на стіну по осі А (підвітряна сторона)

Висота (м)	Розрахункове значення (кН/м ²)
0	-0,095
3	-0,095
6	-0,095
9	-0,118
12	-0,131
15	-0,143
18	-0,154
21	-0,162
25	-0,171

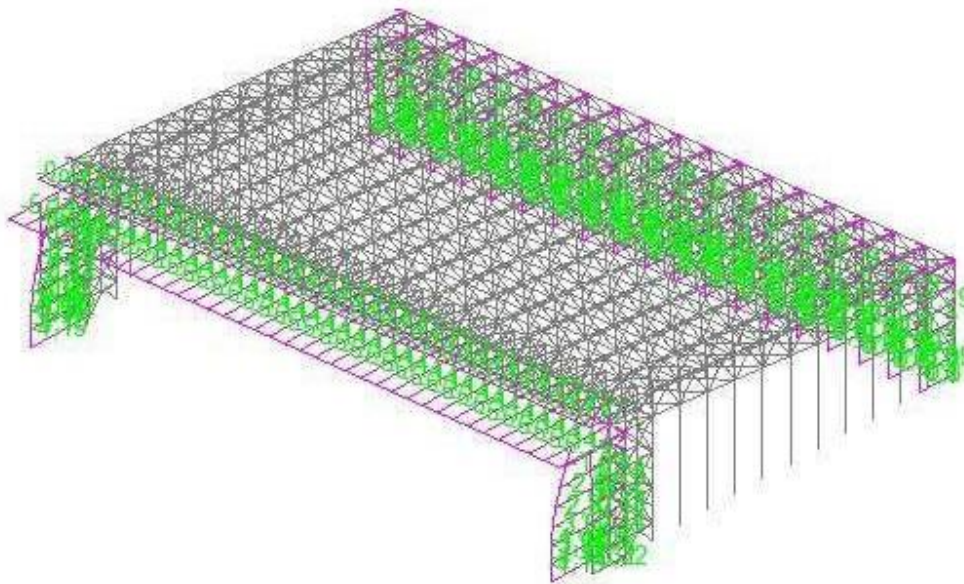


Рисунок 2.3 - Схема застосування навантажень по осі А

У таблиці навантаження наведено в кН/м², в розрахунковому комплексі

прикладаємо навантаження на стрижні в кН/м, зібравши із площі дії вітру.

Таблиця 2.6 - Вітрове навантаження на стіну по осі П (навітряна сторона)

Висота (м)	Розрахункове значення (кН/м ²)
0	0,152
3	0,152
6	0,152
9	0,188
12	0,210
15	0,228
19	0,246

Таблиця 2.7 - Вітрове навантаження на стіну по осі П (підвітряна сторона)

Висота (м)	Розрахункове значення (кН/м ²)
0	-0,095
3	-0,095
6	-0,095
9	-0,118
12	-0,131
15	-0,143
18	-0,154
21	-0,162
25	-0,171

Таблиця 2.8 - Вітрове навантаження на покрівлю по осі П (навітряна сторона)

Відстань від краю покрівлі (м) (від осі 21 до осі 1)	Розрахункове значення (кН/м ²)	
	На відстані 4 м від осі П до осі А	На відстані більше 4 м від осі П до осі А
	Зона А	Зона А
0-9	-0,513	-0,059
18-90	-0,387	
99-108	-0,513	

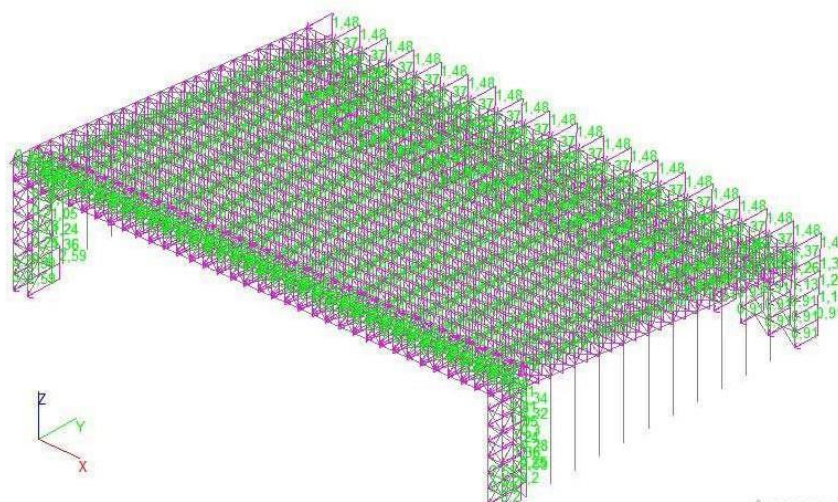


Рисунок 2.4 - Схема застосування навантажень по осі Y

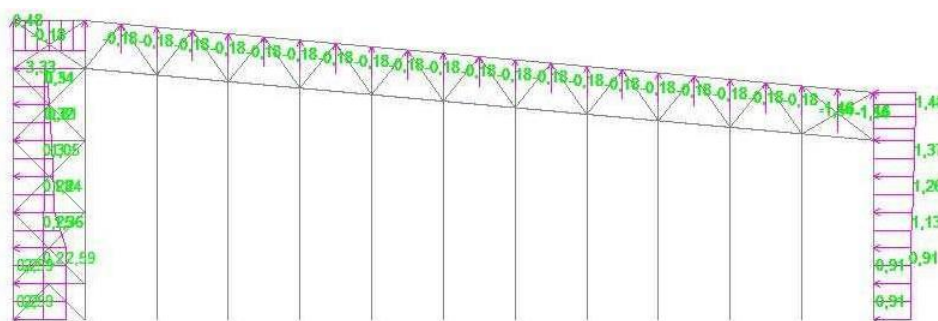


Рисунок 2.5 - Схема застосування навантажень по осі Y

У таблиці навантаження наведено в kN/m^2 , в розрахунковому комплексі прикладаємо навантаження на стрижні в kN/m , зібравши із площі дії вітру.

Вітрове навантаження по осі 1 та осі 21 визначається аналогічно.

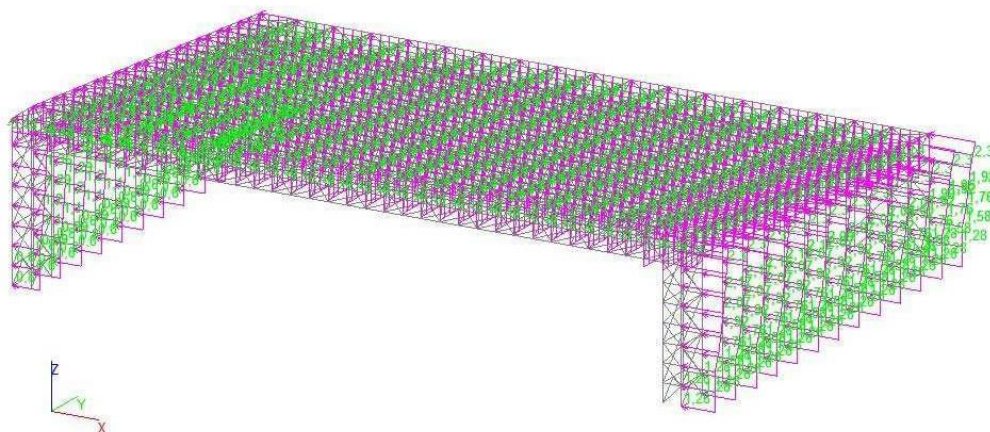


Рисунок 2.6 - Схема застосування навантажень по осі Z

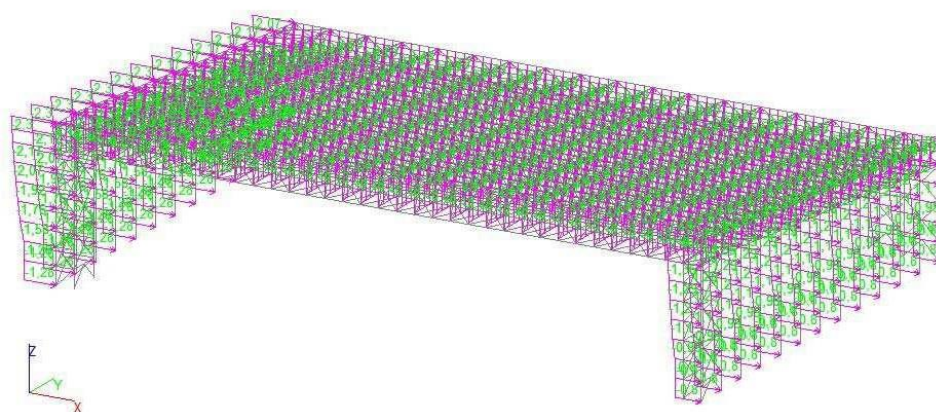


Рисунок 2.7 - Схема застосування навантажень по осі 1

2.7 Розрахунок поперечної ферми

Для уніфікації елементів розрахуємо ферму по осі 10, тому що вона знаходиться в середині прольоту і є найбільш завантажена.

2.7.1 Попередній підбір елементів стрижневої ферми

Приймаємо сталь С345.

Поперечний переріз стрижнів ферми визначимо за допомогою програми «Кристалл», шляхом завантаження прототипу ферми розрахунковим навантаженням.

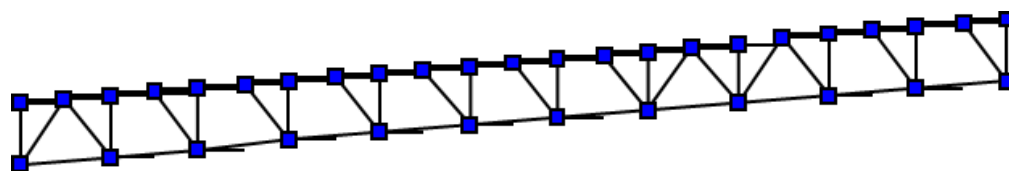


Рисунок 2.8 – Прототип ферми

Таблиця 2.9 - Зусилля в елементах ферми

№ ел.	Комбінації		Завантаження
	N_{min}	N_{max}	$\underline{1}$
	$\underline{кН}$	$\underline{кН}$	$\underline{кН}$
Елементи верхнього пояса			
1	0	0	0
2	-621,523	-621,523	-565,021
3	-621,523	-621,523	-565,021
4	-1118,741	-1118,741	-1017,038
5	-1118,741	-1118,741	-1017,038

Продовження таблиці 2.9

6	-1491,655	-1491,655	-1356,05
7	-1491,655	-1491,655	-1356,05
8	-1740,264	-1740,264	-1582,059
9	-1740,264	-1740,264	-1582,059

Таблиця 2.10 - Зусилля в елементах ферми

№ ел.	Комбінації		Завантаження
	Nmin	Nmax	1
	кН	кН	кН
10	-1864,569	-1864,569	-1695,063
11	-1864,569	-1864,569	-1695,063
12	-1864,569	-1864,569	-1695,063
13	-1864,569	-1864,569	-1695,063
14	-1740,264	-1740,264	-1582,059
15	-1740,264	-1740,264	-1582,059
16	-1491,655	-1491,655	-1356,05
17	-1491,655	-1491,655	-1356,05
18	-1118,741	-1118,741	-1017,038
19	-1118,741	-1118,741	-1017,038
20	-621,523	-621,523	-565,021
21	-621,523	-621,523	-565,021
22	1,921e-013	1,921e-013	1,746e-013
Елементи нижнього пояса			
23	324,869	324,869	295,336
24	884,24	884,24	803,854
25	1319,306	1319,306	1199,369
26	1630,067	1630,067	1481,88
27	1816,524	1816,524	1651,386
28	1878,677	1878,677	1707,888
29	1816,524	1816,524	1651,386
30	1630,067	1630,067	1481,88
31	1319,306	1319,306	1199,369
32	884,24	884,24	803,854
33	324,869	324,869	295,336
Елементи стійок			
54	-35,146	-35,146	-31,95
55	-35,146	-35,146	-31,95
56	-35,146	-35,146	-31,95
57	-35,146	-35,146	-31,95
58	-35,146	-35,146	-31,95
59	-35,146	-35,146	-31,95
60	-35,146	-35,146	-31,95

Продовження таблиці 2.10

61	-35,146	-35,146	-31,95
62	-35,146	-35,146	-31,95
63	-35,146	-35,146	-31,95
Елементи розкосів			
34	471,182	471,182	428,347
35	-455,315	-455,315	-413,923
36	372,464	372,464	338,604
37	-347,599	-347,599	-315,999
38	273,746	273,746	248,86
39	-239,883	-239,883	-218,075
40	175,028	175,028	159,117
41	-132,166	-132,166	-120,151
42	76,31	76,31	69,373
43	-24,45	-24,45	-22,227
44	-22,408	-22,408	-20,37
45	83,266	83,266	75,697
46	-121,125	-121,125	-110,114
47	190,983	190,983	173,621
48	-219,843	-219,843	-199,858
49	298,699	298,699	271,544
50	-318,561	-318,561	-289,601
51	406,415	406,415	369,468
52	-417,279	-417,279	-379,345
53	514,131	514,131	467,392
Елементи опорних розкосів			
66	-563,031	-563,031	-511,847
67	-515,997	-515,997	-469,088
Елементи опорних стійок			
64	-17,781	-17,781	-16,164
65	-17,781	-17,781	-16,164

Аналізуючи результати перевірки за таблицею 3.9, можна дійти втішного висновку, що прийняті перерізи підібрані із запасом міцності.

Далі в ПК SCAD будуємо просторову схему будівлі, призначаємо попередні перерізи для стрижнів ферм і створюємо групи конструкцій з наступними параметрами:

Верхній пояс ферми

- сталь С345
- Коефіцієнт надійності з відповідальності 1
- Коефіцієнт умов роботи 1,05

Тип елемента - Елемент поясу

- довжина панелі 3 м
- відстань між точками розкріплення із площини - 3 м Нижній пояс ферми

Сталь С345

- Коефіцієнт надійності з відповідальності 1
- Коефіцієнт умов роботи 1,05
- Тип елемента - Елемент поясу
- довжина панелі 6 м
- відстань між точками розкріплення з площини - 6 м

Сталь С345

- Коефіцієнт надійності з відповідальності 1
- Коефіцієнт умов роботи 1,05
- тип елемента - Елемент решітки ферми Стійки
- сталь С345
- Коефіцієнт надійності з відповідальності 1
- Коефіцієнт умов роботи 1,05
- тип елемента - Елемент решітки ферми
- Довжина елемента - 4 м.

Розрахунок ведемо за поєднанням комбінації зусиль

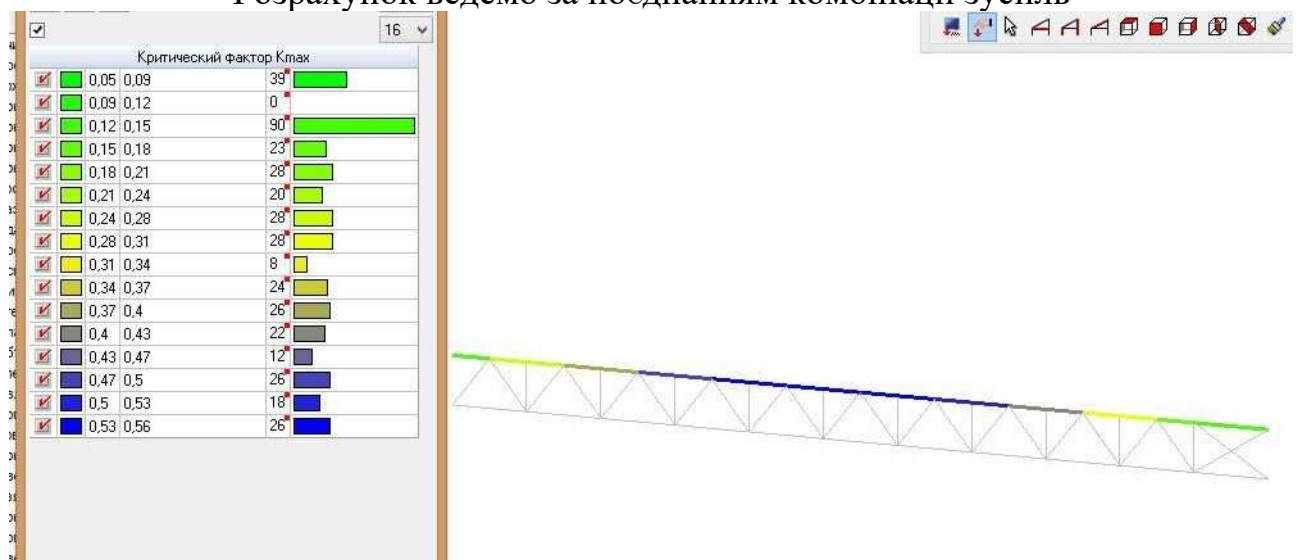


Рисунок 2.9 – Коефіцієнти використання перерізу верхнього поясу ферми

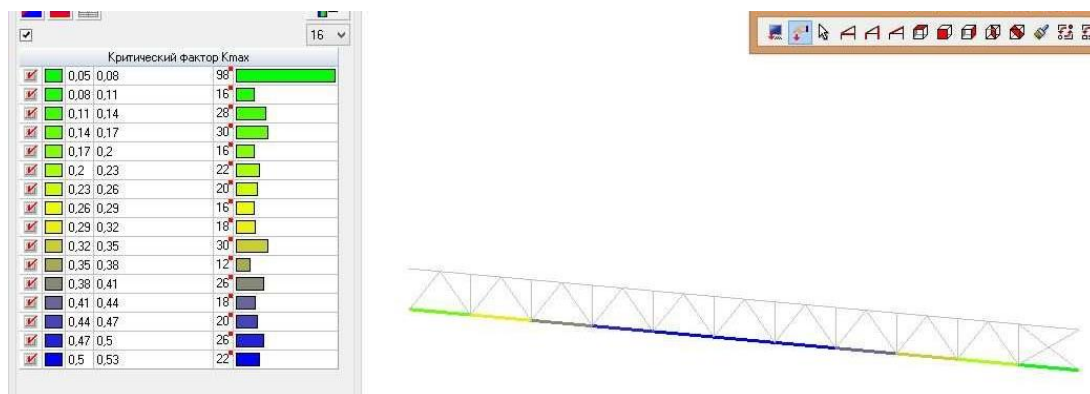


Рисунок 2.10 – Коефіцієнти використання перерізу нижнього поясу ферми

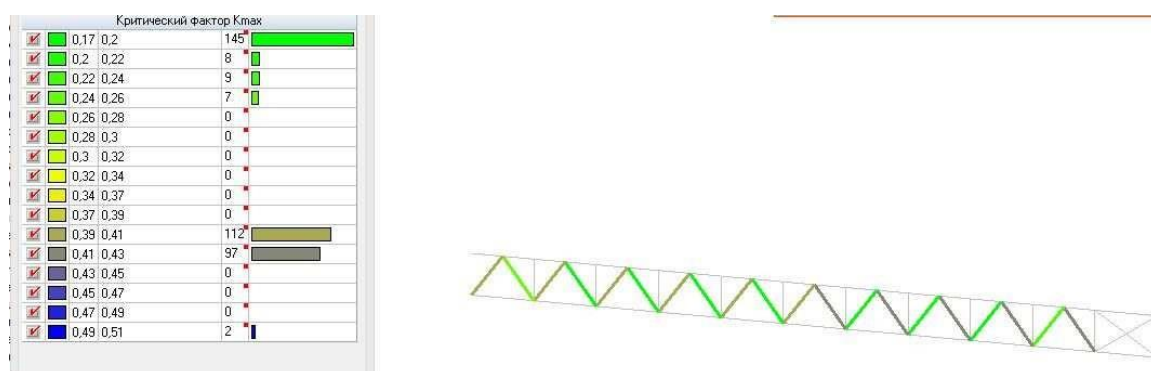


Рисунок 2.11 – Коефіцієнти використання перерізу розкосів ферми

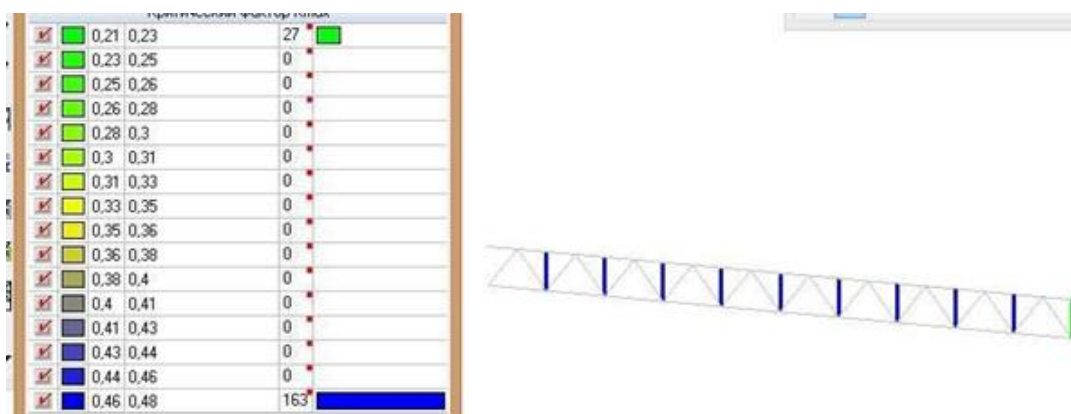


Рисунок 2.12 – Коефіцієнти використання перерізу стійок ферми

Аналізуючи результати підбору перерізу програмними комплексами, можна дійти невтішного висновку у тому, що перетин підбрано із запасом міцності.

Але за такого перерізу нижнього і верхнього поясу прогин поясів ферми перевищує допустимий. У зв'язку з цим зростає необхідність збільшення товщини стінки труби поясів до 20 м і прийняти перетин із запасом міцність близько 40%.

Прийmemo такі перерізи поперечної ферми:

1. Нижній пояс - Труба 350x20

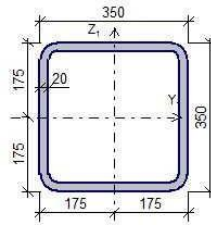


Рисунок 2.13 – Нижній пояс поперечної ферми

2.7.2 Остаточний підбір елементів стрижневої ферми

Для уніфікації ми розрахували ферму по осі 10, тому що вона знаходиться в середині прольоту і є найбільш завантаженою.

Так само для можливості транспортування та монтажу розіб'ємо таку ферму на 3 уніфіковані відправні елементи:

- Крайній елемент ферми 2 номер 1 (ЕФ2-1) – 3 панелі;
- Середній елемент ферми 2 номер 2 (ЕФ2-2) – 2 панелі;
- Крайній елемент ферми 2 номер 3 (ЕФ2-3) – 2 панелі;

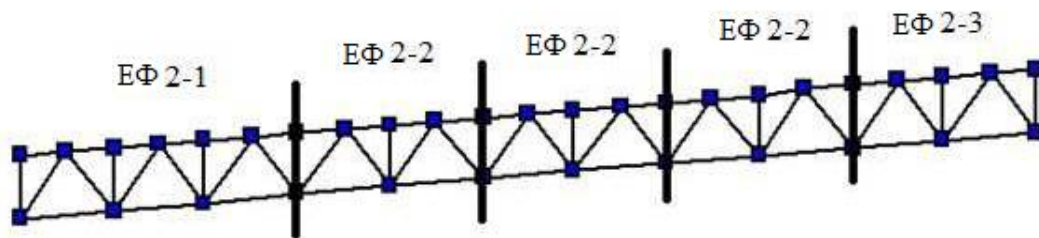


Рисунок 2.14 – Схема відправних елементів кроквяної ферми

На рисунку 2.14 наведено нумерацію стрижнів ферми, а також у таблиці 2.11 представлені зусилля у стрижнях ферми, обчислені у ПК SCAD.

У SCAD зусилля обчислені з урахуванням роботи ферми у схемі всієї будівлі з урахуванням усіх зв'язків, прогонів, а також комбінацій завантажень, тому значення зусиль, отримані у ПК «Кристал» та ПК "SCAD" незначно відрізняються.

Далі для розрахунків візьмемо зусилля у стрижнях, отримані з програми SCAD.

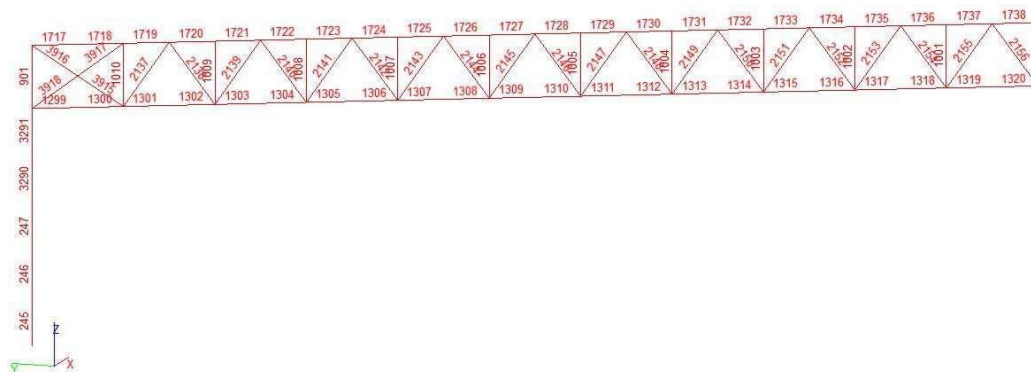


Рисунок 2.15 – Нумерація стрижнів ферми

Таблиця 2.11 – Зусилля в елементах ферми з ПК «SCAD»

№ елемента на схемі	N
	кН
1728	-2411,62
1729	-2408,57
1726	-2363,95
1727	-2361,84
1730	-2313,08
1731	-2309,15
1724	-2169,75
1725	-2168,58
1732	-2068,83
1733	-2064,05
1722	-1828,96
1723	-1828,73
1734	-1679,87
1735	-1674,39
1721	-1343,15
1720	-1341,51
1736	-1146,12
1737	-1141,41
1719	-728,41
245	-679,56
246	-642,4
247	-634,85
3290	-624,17
3291	-616,62
2137	-536,74
2156	-529,28
1738	-497,96
2154	-474,1
2139	-453,18
3917	-431,37

Продовження таблиці 2.11

3918	-430,71
1717	-378,33
1718	-374,74
2152	-360,13
901	-358,1
2141	-332,54
2150	-242,76
2143	-210,63
2148	-124,27
2145	-88,74
1002	-67,3
1003	-66,01
1004	-64,56
1001	-61,51
1005	-61,12
1006	-58,36
1009	-56,38
1007	-54,59
1008	-50,84
2146	-5,08
2147	33,03
1010	96,89
2144	114,59
2149	154,72
2142	234,33
1299	248,06
1300	248,58
2151	275,95
2140	354
2153	400,08
2138	484,14
3916	500,07
3915	519,42
2155	529,62
1319	810,89
1320	811,41
1301	1012,24
1302	1012,76
1317	1419,8
1318	1420,32
1303	1581,15
1304	1581,67
1315	1881,31

Продовження таблиці 2.11

1316	1881,83
1305	1997,19
1306	1997,71
1313	2196,39
1314	2196,91
1307	2266,7
1308	2267,22
1311	2366,07
1312	2366,59
1309	2389,62
1310	2390,14

2.8 Розрахунок поздовжньої рами

Виконаємо розрахунок рами по осі Б, з метою уніфікації приймемо аналогічну раму по осі А. Розрахунок робимо в ПК «SCAD» 21.1 з подальшою перевіркою перерізів у ПК «Кристал» та ручним рахунком.

2.8.1 Розрахунок в SCAD

У ПК «SCAD» будуємо просторову схему будівлі, призначаємо попередні перерізи для стрижнів рами та створюємо групи конструкцій.

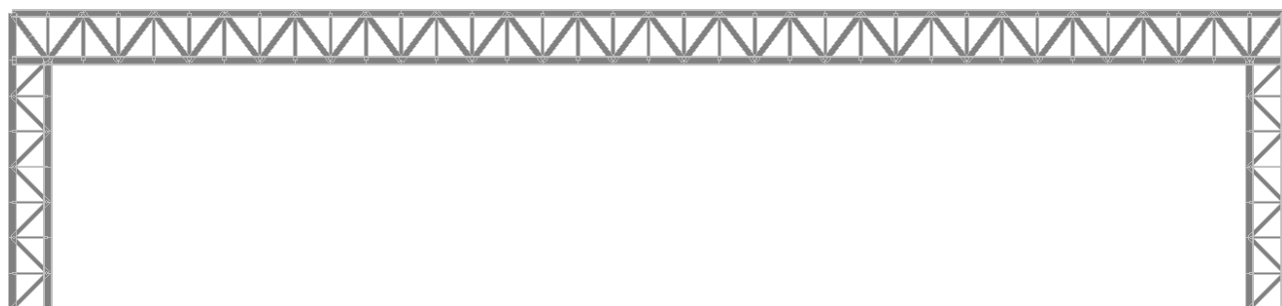


Рисунок 2.16 – Загальний вигляд поздовжньої рами

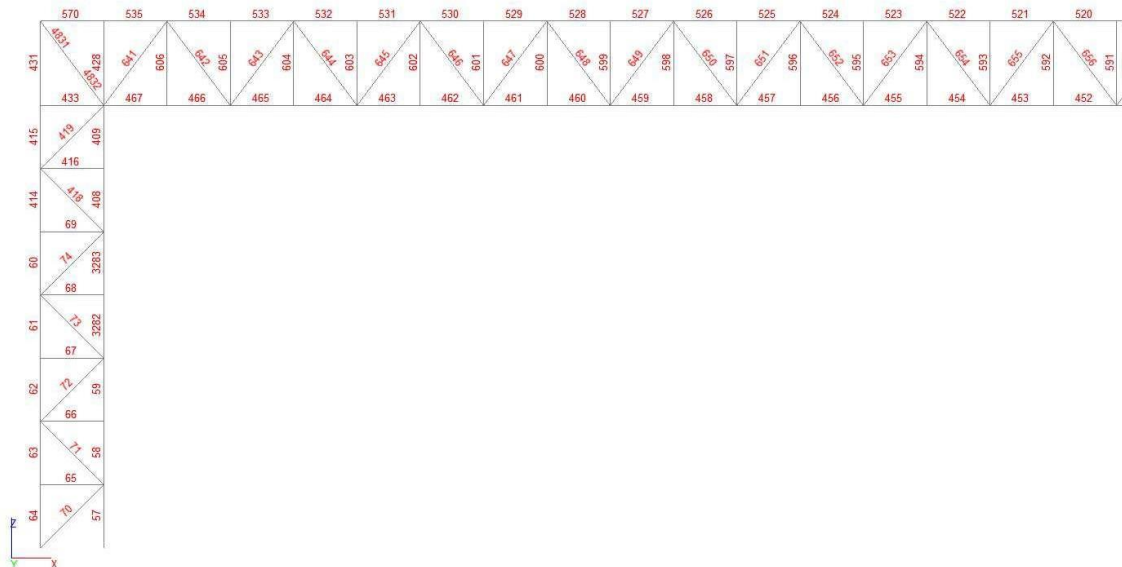


Рисунок 2.17 – Нумерація стрижнів рами (початок)

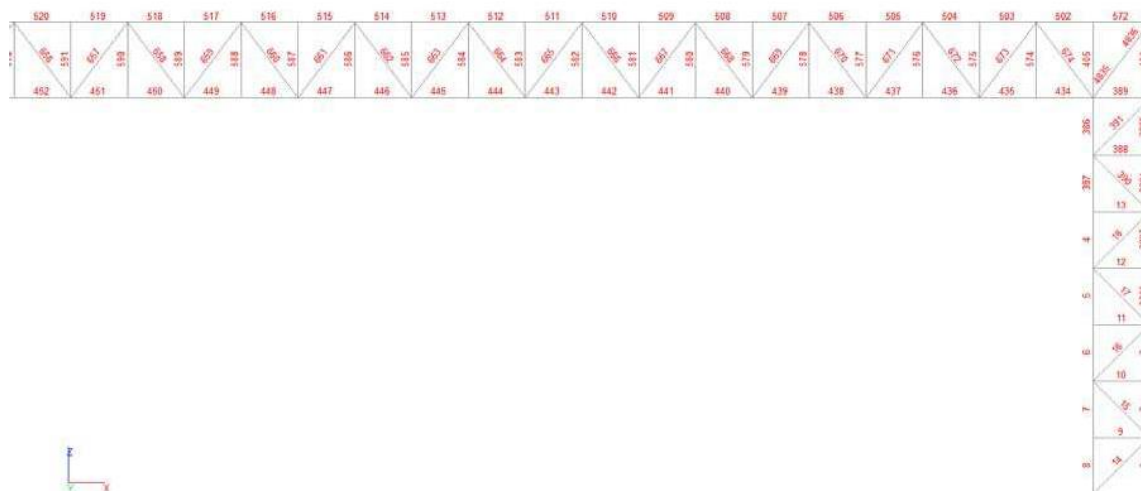


Рисунок 2.17 – Нумерація стрижнів рами (закінчення)

Для основних несучих конструкцій приймаємо сталь С345.

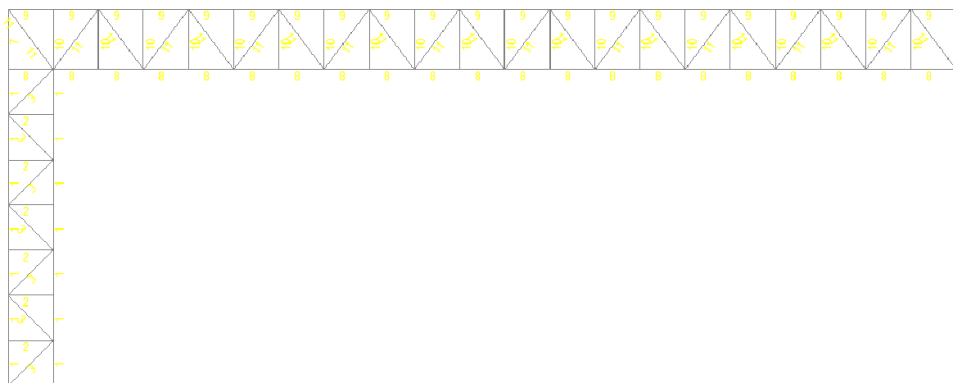


Рисунок 2.19 – Номери типів жорсткостей стрижнів рами (початок)

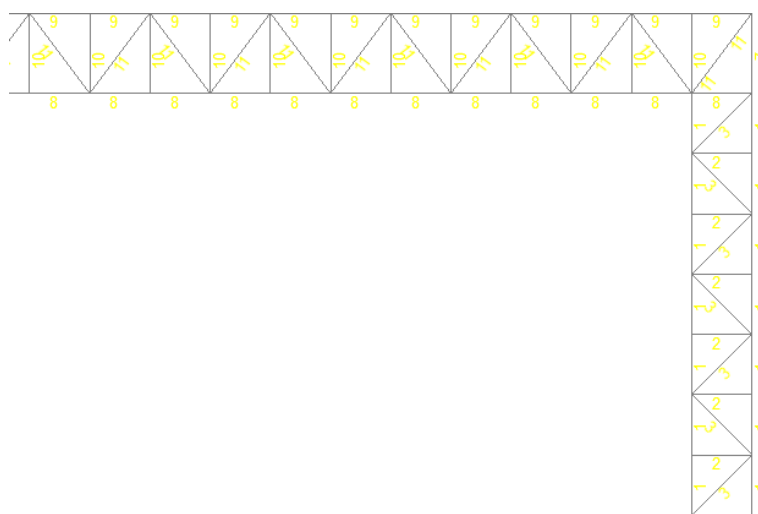


Рисунок 2.20 – Номери типів жорсткостей стрижнів рами

Таблиця 2.12 - Зусилля в елементах рами по ПК «SCAD»

№ елемента на схемі	N	M
	$кН$	$кН*м$
1	-1385,97	-43,65
2	1201,15	-61,16
3	1232,71	-294,12
4	-8935,39	244,17
5	-5395,8	264,08
6	-5334,74	109,6
7	-1945,41	-376,64
8	-1988,42	-1260,9
9	87,84	0,25
10	37,92	0,13
11	11,45	1,87
12	27,28	0,68
13	23,7	4,97
14	1378,72	-1,69
15	-2300,74	-2,66

Продовження таблиці 2.12 – Зусилля в елементах рами по ПК «SCAD»

16	2470,64	3,4
17	-2517,62	-3,23
18	2469,55	23,3
57	-1046,08	-17,95
58	-3586,82	83,5
59	-3564,3	257,41
60	6380	-273,55
61	2904,81	-235,11
62	3096,3	-146,79
63	-280,8	384,34
64	-219,82	1223,54
65	-57,82	-0,33
66	5,88	-0,17
67	25,53	-1,82
68	0,48	-0,69
69	29,8	-3,41
70	-1446,71	1,73
71	2191,64	2,79
72	-2474,24	-5,79
73	2393,15	4,08
74	-2416,07	-24,11
386	-12627,3	348,44
387	-8783,42	420,75
388	-52,85	0,6
389	-3217,79	0
390	-2656,99	18,16
391	2820,41	-5,97
404	9178,28	3068,42
405	-1637,64	38,65
408	-10349,96	614,37
409	-10326,87	0
414	6112,54	565,86
415	8941,07	3301,03
416	225,51	-0,33
418	2439	-11,16
419	-1487,74	4,28
428	-968,59	-26
431	8658,16	0
433	-1750,32	9,31e-013
434	-7225,82	-340,07
435	-7157,4	-15,46
436	-3365,17	-83,43
437	-3345,24	-123,76
438	261,54	100,82
439	269,1	299,65
440	3515,87	265,37
441	3508,38	415,61
442	6298,43	405,73
443	6281,21	504,38
444	8531,3	516,95

Продовження таблиці 2.12 – Зусилля в елементах рами по ПК «SCAD»

445	8511,06	564,3
446	10157,56	596,01
447	10140,32	594,3
448	11140,49	641,79
449	11130,54	593,78
450	11460,74	654,2
451	11460,22	562,76
452	11113,27	633,32
453	11122,14	502,05
454	10106,43	579,23
455	10122,46	413,38
456	8463,23	492,21
457	8482,08	299,38
458	6224,46	373,66
459	6240,17	163,44
460	3451,38	226,87
461	3457,56	8,88
462	225,67	57,54
463	217,82	-154,89
464	-3347,34	-131,18
465	-3365,99	-386,84
466	-7191,94	-372,27
467	-7249,97	9,31e-013
502	7057,71	-287,05
503	3456,95	-65,49
504	3353,49	78,72
505	-446,62	54,35
506	-529,52	150,87
507	-4017,63	160,33
508	-4073,22	224,78
509	-7142,55	252,39
510	-7173,22	280,76
511	-9732,34	327,82
512	-9745,45	318,13
513	-11721,65	384,63
514	-11724,89	336,12
515	-13066,08	421,61
516	-13065,52	334,82
517	-13739,53	438,14
518	-13738,9	314,68
519	-13730,95	434,03
520	-13731,53	276,38
521	-13042,21	409,39
522	-13042,62	220,76
523	-11688,05	364,66
524	-11684,48	149,09
525	-9698,76	300,72
526	-9685,13	63,24
527	-7123,26	219,14
528	-7091,95	-34,13

Продовження таблиці 2.12 – Зусилля в елементах рами по ПК «SCAD»

529	-4030,8	122,31
530	-3974,44	-139,21
531	-509,26	12,46
532	-425,3	-257,4
533	3313,71	-99,88
534	3414,43	-231,92
535	6914,65	-1517,87
570	6971,28	9,31e-013
572	7100,6	1953,93
574	13,34	-31,65
575	50,46	-43,6
576	36,25	-37,55
577	6,76	-38
578	53,59	-34,31
579	18,84	-34,43
580	71,39	-30,39
581	26,63	-29,73
582	78,17	-27,41
583	33,14	-24,07
584	90	-21,27
585	46,34	-18,65
586	98,33	-14,48
587	41,49	-10,75
588	103,21	-7,29
589	43,2	-3,55
590	113,02	0,08
591	43,2	3,72
592	111,35	6,93
593	49,72	11,51
594	106,37	13,59
595	46,35	18,78
596	97,89	19,85
597	33,17	24,14
598	85,88	25,5
599	34,95	31,36
600	70,49	30,3
601	26,97	36,17
602	53,64	34,09
603	19,66	39,87
604	19,91	36,5
605	-27,26	40,56
606	196,15	41,38
641	-2719,47	210,13
642	3129,2	-171,28
643	-3041,74	-154,26
644	2892,21	-135,38
645	-2883,81	-139,71
646	2638,5	-103,72
647	-2616,9	-114,49
648	2290,05	-70,02

Продовження таблиці 2.12 – Зусилля в елементах рами по ПК «SCAD»

649	-2262,98	-87,48
650	1864,9	-35,39
651	-1832,61	-58,99
652	1378,76	-1,03
653	-1343,31	-30,15
654	850,77	31,86
655	-814,01	-1,98
656	299,1	62,26
657	-261,98	24,68
658	-260,38	89,35
659	297,68	49,12
660	-813,26	112,46
661	850,61	70,71
662	-1344,69	130,96
663	1381,32	88,8
664	-1837,91	144,15
665	1872,26	102,72
666	-2274,78	151,38
667	2305,27	111,85
668	-2638,87	152,18
669	2664,79	115,68
670	-2919,45	146,33
671	2945,55	116,98
672	-3103,82	136,17
673	3042,35	67,36
674	-2729,18	62,57
3282	-7088,12	385,21
3283	-7065,57	634,06
3284	8059,4	-311,9
3285	8091,31	0
3286	4630,52	-319,57
3287	4662,09	-554,68
4831	-10214,14	155,22
4832	-10219,79	299,85
4835	-9878,52	-86,27
4836	-9872,87	-86,27

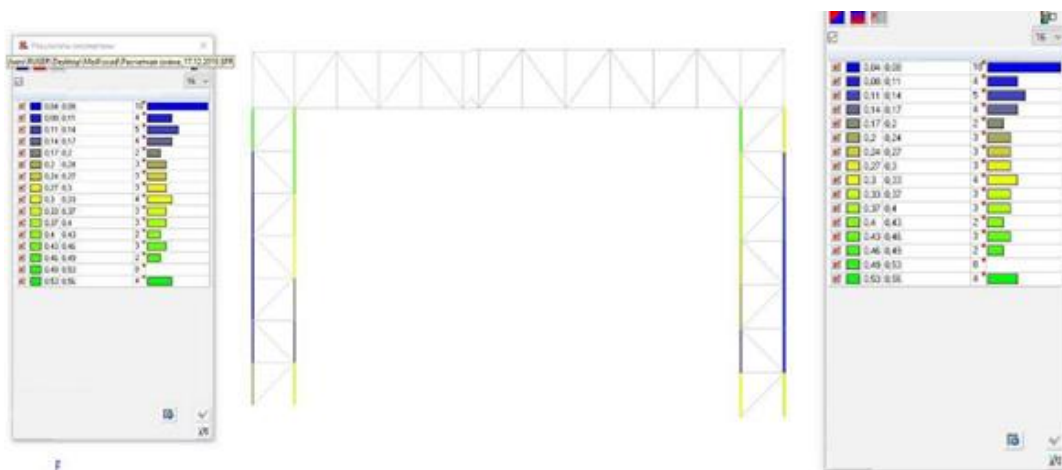


Рисунок 2.21 – Коефіцієнти використання перерізу №1 (стійки колон рами)

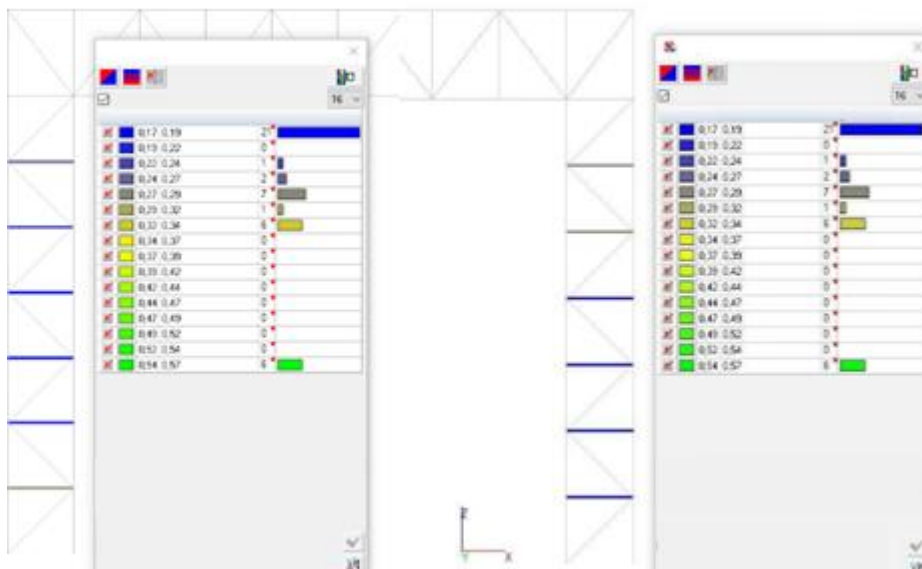


Рисунок 2.22 – Коефіцієнти використання перерізу №2 (затягування колони рами)



Рисунок 2.23 – Коефіцієнти використання перерізу №3 (розкоси колони рами)

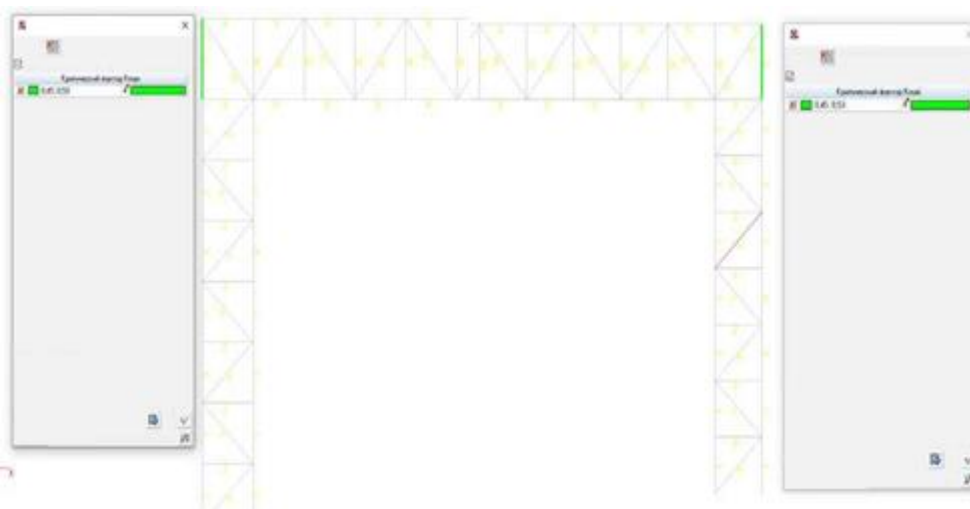


Рисунок 2.24 – Коефіцієнти використання перерізу №7 (надколонник рами)

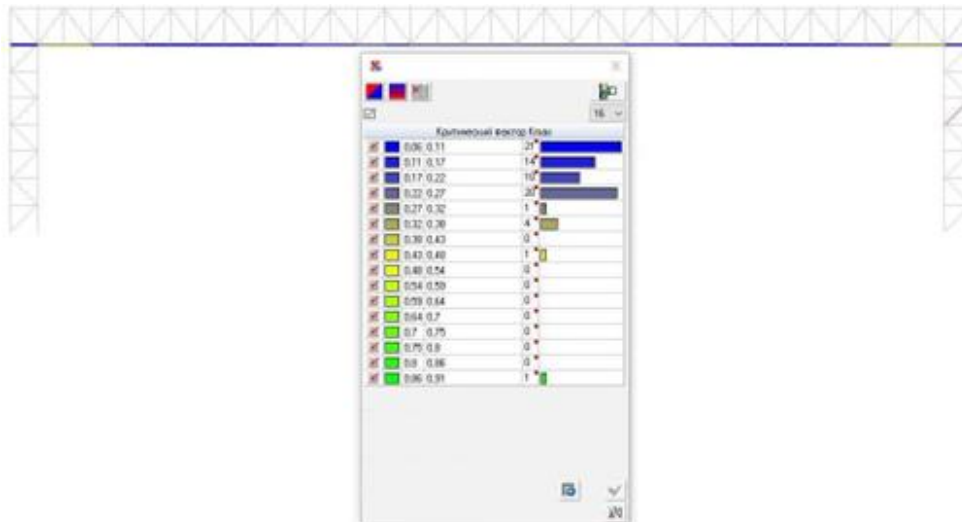


Рисунок 2.25 – Коефіцієнти використання перерізу №8 (нижній пояс рами)



Рисунок 2.26 – Коефіцієнти використання перерізу №9 (верхній пояс рами)

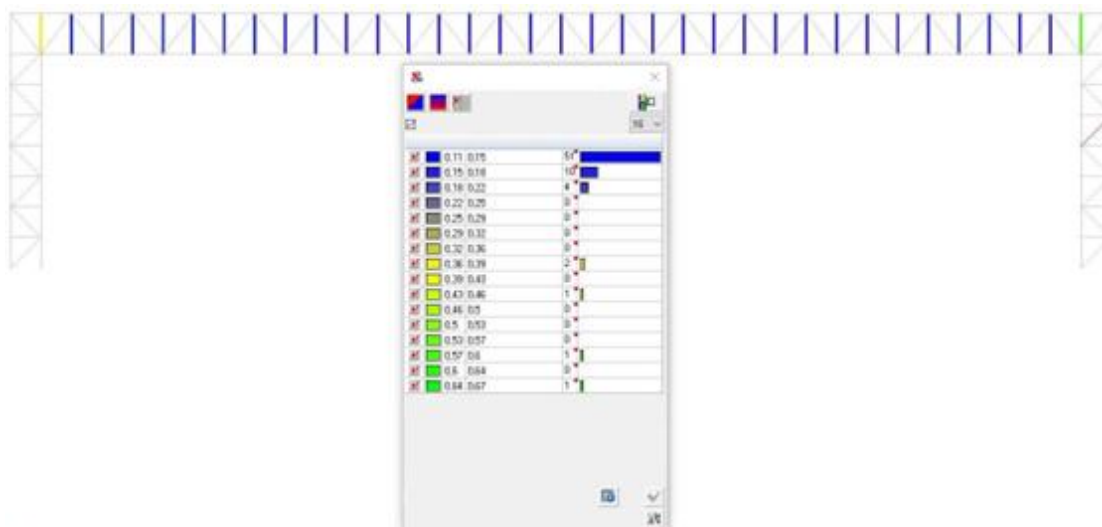


Рисунок 2.27 – Коефіцієнти використання перерізу №10 (стійки рами)

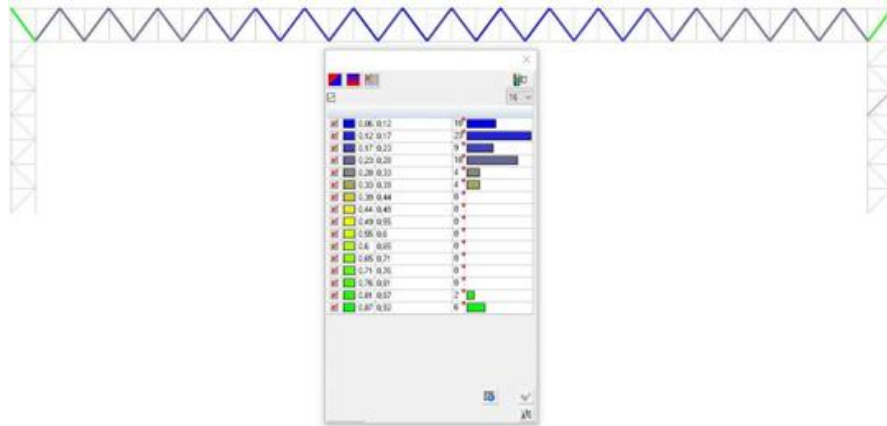


Рисунок 2.28 – Коефіцієнти використання перерізу №11 (розкоси рами)

Аналізуючи результати розрахунку, бачимо, що перерізи підбрані правильно і раціонально, із запасом міцності. Усі елементи перерізу використовуються від 56 до 93%. Такий інтервал запасу міцності обумовлений конструктивними рисами кріплення елементів рами.

Перерізи для рами по осі Б підбрані. Для уніфікації приймемо аналогічну раму осі А. Для забезпечення жорсткості і стійкості рам виконаємо налаштування горизонтальних зв'язків по верхніх і нижніх поясах, а також вертикальних зв'язків між рамами.

Бачимо, що результати розрахунків рами по осі Б трьома способами приблизно однакові. Це означає, що перерізи підбрані правильно. Більше інших відрізняється розрахунок у ПК "SCAD", але ці відхилення пов'язані з тим, що програма "SCAD" враховує просторову роботу рами з урахуванням аналогічної рами по осі А та зв'язків між ними. Саме тому результати за коефіцієнтом використання представлені з урахуванням роботи двох рам по обидвох осях А і Б, а також зв'язків між ними.

Для можливості транспортування та монтажу розділимо раму на декілька уніфікованих відправних елементів:

1. Стійки рами (колони)

- Нижня частина стійки рами (EP 1-1) – 2 панелі на складальний елемент рами;
- Верхня частина стійки рами (EP 1-2) – 2 панелі на складальний елемент рами;

2. Ферма рами

- Крайня частина ферми рами (ЕФ1-1) - 2 панелі на складальний елемент рами;
- Середня (типова) частина ферми рами (ЕФ1-2) – 7 панелей на складальний елемент рами;

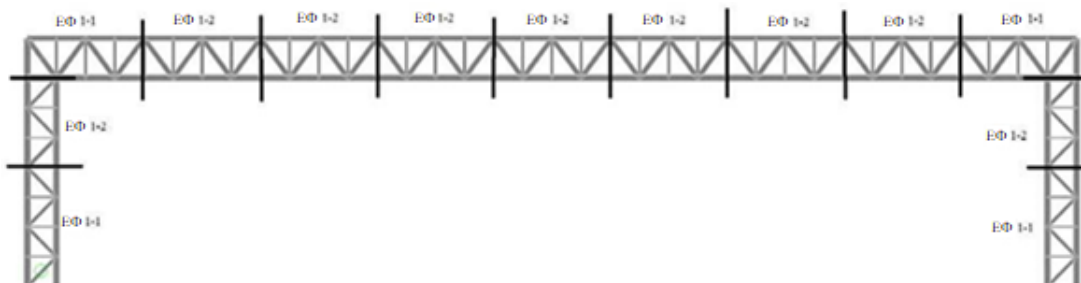


Рисунок 2.29 – Схема відправних елементів рами

2.9 Розрахунок колони по осі II (К-2)

Колони по ряду II розташовані цифровими осями з кроком 6 м. На колони шарнірно спираються поперечні ферми.

Виявимо найбільш завантажену колону шляхом аналізу роботи колон у просторовій схемі за програмою SCAD.

Поперечний переріз колон К2 – зварний симетричний двотавр.

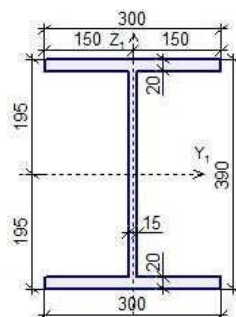


Рисунок 2.30 – Поперечний переріз колони К2

Призначаємо поперечний переріз колон з наступними параметрами:

- сталь С345
- коефіцієнт надійності щодо відповідальності 1,0

- коефіцієнт умов роботи 1,05
- довжина колони 15 м
- відстань між точками розкріплення із площини - 3м
- коефіцієнт розрахункової довжини у площині вигину 0,7
- коефіцієнт розрахункової довжини з площини вигину 1
- гранична гнучкість для стиснених елементів: 180 – 60а

2.9.1 Розрахунок в ПК SCAD

Розрахунок ведемо у програмному комплексі SCAD з комбінації завантажень.

Як видно з рисунку 2.31, найбільш завантаженою є верхня частина колони в центрі будівлі.

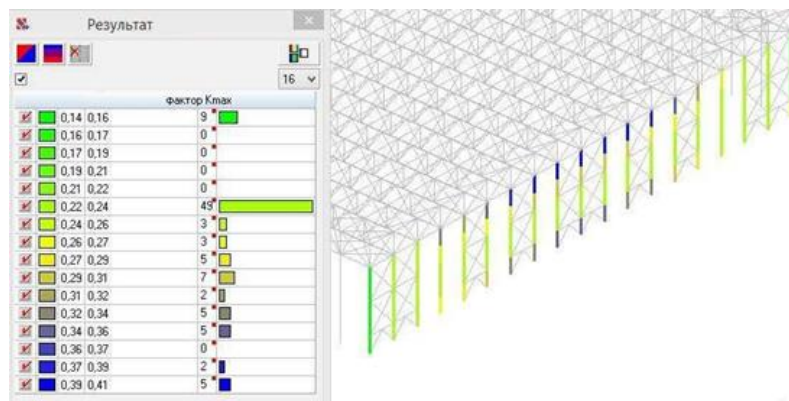


Рисунок 2.31 – Аналіз просторової роботи колон К2

2.10 Розрахунок основ і фундаментів

Проектування основ та фундаментів полягає у виборі основи, типу конструкції та основних розмірів фундаменту та в їх спільному розрахунку як однієї з частин споруди.

Основа, фундамент та наземна конструкція нерозривно пов'язані, впливають одна на одну і повинні розглядатися як єдина система.

При визначенні основних розмірів фундаменту та конструктивної схеми необхідно враховувати:

- геологічну будову ґрунтів;

- особливості будівельного майданчика;
- умови виконання робіт

Чинники, що впливають на деформації та стійкість ґрунтів:

- особливість застосування навантаження;
- розміри та конструкція фундаменту
- розміри та конструкція всієї будівлі;

У проекті мають бути передбачені відповідні заходи, що не допускають або виключають зниження несучої здатності ґрунтів основи, а за необхідності заходи, спрямовані на перетворення будівельних властивостей ґрунтів.

Проект передбачає конструювання та розрахунок фундаментів будівлі у двох варіантах:

- дрібного закладення;
- пальовий під колони та раму будівлі.

З техніко-економічного порівняння проведено остаточний вибір фундаменту.

2.10.1 Характеристики умов

Природні умови місця будівництва:

Район будівництва – м. Харків;

- тип місцевості - В
- будівельний кліматичний район - ІВ;
- сніговий район -ІІ.
- вітровий район - ІІІ район.
- сейсмічність району будівництва – 6 балів.

Гідрогеологічні умови

Геологічна будова вивчена до глибини 15,0.

У межах майданчика на період досліджень до глибини 15 м водоносний горизонт підземних вод не розкрито.

Специфічні ґрунти та інженерно-геологічні процеси

Негативних інженерно-геологічних процесів на період досліджень у межах аналізованого майданчика, не виявлено.

У межах досліджуваного майданчика ґрунти, що мають специфічні (особливі) властивості, не виявлені.

Потужність ґрунтово-рослинного шару – 0,3 м.

Нижче ґрунтово-рослинного шару, в межах усього майданчика досліджень, залягає твердий суглинок до глибини 3,3 м.

Нижче за відмітку - 3,3 м. в межах всього майданчика залягає напівтвердий суглинок, до глибини 8,3 м.

Після суглинків, у межах всієї площі досліджень, до глибини 15 м залягають дрібні піски.

За результатами виконаних польових та лабораторних досліджень, у розрізі ґрунтової основи майданчика проектованого будівництва виділено 3 типи ґрунтів.

Тип 1- Суглинок твердий, середнього ступеня водонасичення. Ґрунт залягає нижче ґрунтово-рослинного шару та до глибини 3,3 м. Потужність шару 3,0 м.

Тип 2- Суглинок напівтвердий, середнього ступеня водонасичення. Ґрунт залягає з глибини 3,3 му і до глибини 8,3 м. Потужність шару 5,0 м.

Тип 3 - Пісок дрібний середньої щільності, насичений водою. Ґрунт залягає з глибини 8,3 і на повну потужність не пройдено, розкрита потужність шару 6,7 м.

2.10.2 Розрахункові характеристики ґрунтових умов

Розрахуємо характеристики ґрунту :

1. Щільність ґрунту (ρ):

$$\rho_d = \frac{\rho_s}{(1 + e)};$$

$$\rho = \rho_d \cdot (1 + w);$$

де ρ_d – щільність сухого ґрунту;

ρ_s - густина частинок ґрунту; e – коефіцієнт пористості; w - вологість ґрунту;

2. Коефіцієнт водонасичення ґрунту (S_r)

$$S_r = \frac{w \cdot \rho_s}{e \cdot \rho_w}$$

де ρ_w - щільність води;

3. Коефіцієнт пористості ґрунту:

$$e = \frac{(\rho_s - \rho_d)}{\rho_d};$$

4. Питома вага водонепроникного ґрунту та вище рівня підземних вод (γ):

$$\gamma = \rho \cdot g;$$

де g -прискорення вільного падіння;

4. Питома вага водопроникного ґрунту нижче рівня підземних вод (γ_{sb}):

$$\gamma_{sb} = \frac{g \cdot (\rho_s - 1)}{(1 + e)};$$

5. Показник плинності (J_L) (для глинистих ґрунтів):

$$J_L = \frac{(w - w_p)}{(w_L - w_p)};$$

де w_L - вологість на межі плинності;

w_p - вологість на межі пластичності;

6. Нормативні значення питомого зчеплення ґрунту (C_{II}), кута внутрішнього тертя (ϕ_{II}), модуля деформації (E) та розрахункового опору ґрунту визначаємо за таблицею А та Б [18].

2.10.3 Визначення навантажень, що діють на обріз фундаменту

Стискаюче зусилля і згинальний момент на обрізі фундаменту визначаємо із просторової схеми в ПК «SCAD» від розрахункових поєднань зусиль.

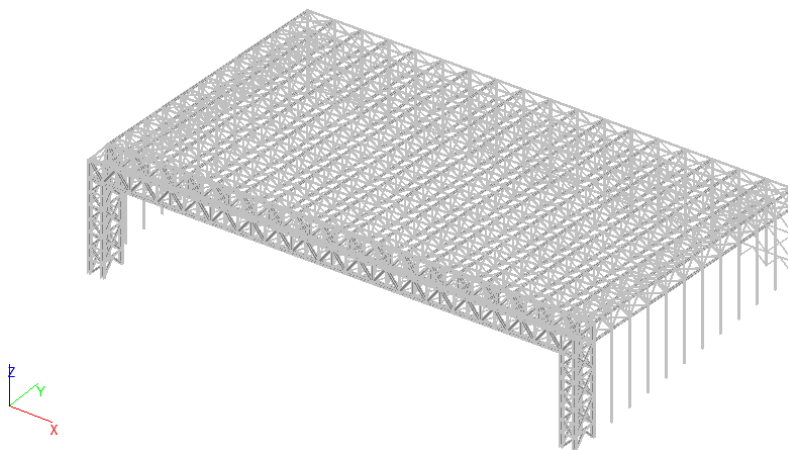


Рисунок 2.32 - Загальний вигляд каркасу будівлі у ПК «SCAD»

Фундаменти необхідно проектувати для двох варіантів несучих конструкцій:

1) під гілки наскрізної колони поздовжньої рами; наскрізна колона складається з чотирьох складових колон.

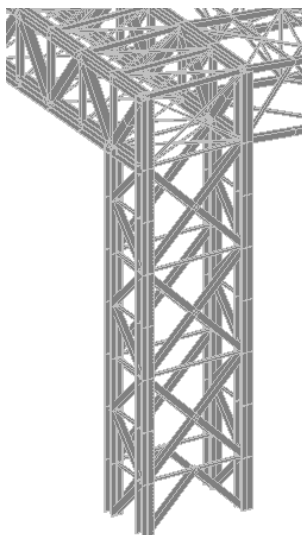


Рисунок 2.33 - Фрагмент загального виду наскрізної колони на ПК «SCAD»

2.10.4 Проектування стовпчастого фундаменту під наскрізну колону

Для розрахунку вибираємо гілку з максимальними значеннями та обчислимо необхідні параметри фундаменту.

Після чого проведемо попереднє конструювання фундаменту для визначення можливості розміщення цих параметрів в межах колони .

2.10.5 Визначення глибини закладання фундаменту

Глибина закладення фундаменту приймається як найбільша з наступних

трьох умов:

- конструктивного;
- промерзання в пучинистих ґрунтах;
- заглиблення основи фундаменту в шар ґрунту з кращими будівельними властивостями (міцніший і менш деформаційний).

Так як проектувана будівля без підвального приміщення, а до глибини 8,3 м, в межах всієї площі, зустрічаються пучинисті ґрунти - суглинок, то глибина закладення фундаменту повинна бути не меншою за розрахункову глибину промерзання, щоб виключити вплив нормальних сил пучення ґрунту на підшву фундаменту .

Розрахункова глибина промерзання:

$$d_f = k_n \cdot d_{fn};$$

$$d_f = 0,7 \cdot 1,85 = 1,295 \approx 1,3 \text{ м};$$

де d_{fn} - нормативна глибина промерзання;

k_n - коефіцієнт впливу теплового режиму споруди, що становить для зовнішніх стін опалювальних промислових будівель з підлогами по ґрунту 0,7, для неопалюваних будівель - 1,1.

Рекомендується глибину закладення приймати кратною модулю 150 мм. При цьому висота фундаменту має бути кратною модулю 300 мм.

З врахуванням умов місцевості і кратності приймаємо глибину закладення фундаменту 1,5 м.

2.10.6 Визначення розмірів підшви фундаменту

$$A = \frac{N_{\max}}{R_0 - \gamma_m \cdot d};$$

$$A = \frac{1988,42}{229,63 - 20 \cdot 1,5} = 9,96 \text{ м}^2;$$

де N_{\max} - максимальне стискаюче зусилля на обрізі фундаменту, кН;

R_0 - розрахунковий опір ґрунту, кПа;

γ_m - середнє значення питомої ваги ґрунту та бетону, що дорівнює 20 кН/м³;

d - Глибина закладення фундаменту.

Знайдемо розміри сторін підшви, приймаючи співвідношення сторін, що рекомендується ($\eta \leq 1,65$).

Прийmemo $\eta = 1,5$.

Тоді знайдемо сторони прямокутної підшви (b):

$$b = \sqrt{\frac{A}{\eta}} = \sqrt{\frac{9,96}{1,5}} = 2,58 \text{ м};$$

$$l = \eta \cdot b = 1,5 \cdot 2,58 \text{ м} = 3,87 \text{ м};$$

Приймаємо $b = 2,7 \text{ м}$; $l = 3,9 \text{ м}$ (кратно модулю 300 мм).

Визначення розрахункового опору ґрунту

Розрахунковий опір ґрунту для безпідвальних будівель, при $< 10 \text{ м}$, знайдемо за формулою:

$$R = \frac{\gamma_{c1} \cdot \gamma_{c2}}{K} \cdot [M_y \cdot b \cdot \gamma_{II} + M_g \cdot d \cdot \gamma_{II}'' + M_c \cdot C_{II}];$$

$$R = \frac{1,25 \cdot 1}{1,1} \cdot [0,61 \cdot 2,58 \cdot 18,35 + 3,44 \cdot 1,5 \cdot 17,5 + 6,04 \cdot 22] = 286,39 \text{ кПа};$$

де γ_{c1} та γ_{c2} - коефіцієнти умов роботи [18];

K - Коефіцієнт, що приймається рівним одиниці, якщо міцність ґрунту визначено безпосередніми випробуваннями, і $K = 1,1$, якщо вони прийняті за таблицями додатка А [18];

M_y, M_g, M_c - коефіцієнти, що приймаються за таблицею 5.5 [18];

K_z - Коефіцієнт, що приймається рівним одиниці при < 10 [18];

γ_{II} - розрахункове значення питомої ваги ґрунту нижче основи фундаменту (середньозважене - при шаруватому напластуванні до глибини $z = b$);

γ_{II}'' - те ж для ґрунту вище підшви фундаменту;

C_{II} - розрахункове значення питомого зчеплення ґрунту під нею для товщини $z = b/2$, кПа;

d - глибина закладення фундаменту безпідвальної будівлі або наведена глибина закладення;

Так як знайдене розрахункове значення опору ґрунту ($R = 286,39$ кПа) не значно перевищує розрахунковий опір ґрунту ($R_0 = 229,63$ кПа), яке було прийнято для попереднього визначення розмірів фундаменту за таблицею Б.1-Б.10 додатку Б [18], то перерахунок розмірів фундаментів не вимагається.

Остаточні приймаємо наступні параметри фундаменту:

$b=2,7$ м; $l = 3,9$ м при глибині закладення $d = 1,5$ м.

2.10.6 Проектування пальового фундаменту

Проектування основного фундаменту під несучі колони будівлі

При проектуванні на пальових фундаментах розрахунковий опір під нижнім кінцем палі та на бічній поверхні визначається відповідно до вказівок п.7.2 [23].

Розрахунок ведемо для колони по осі 11.

Стиснуте зусилля і згинальний момент у колоні дізнаємося з просторової схеми в ПК «SCAD» від розрахункових поєднань зусиль.

$N_{2\max} = 879,56$ кН, $M_{2\max} = 251,05$ кН·м;

Визначення параметрів фундаменту

Довжина палі залежить від інженерно-геологічних умов та глибини закладення підшви ростверку.

У нашому випадку проектуються висячі палі, що спираються на ґрунти, що стискаються і передають навантаження вістрям і бічною поверхнею. Мінімальне заглиблення нижнього кінця палі в малостисливі ґрунти, а також у піски великі, середньої крупності і становить не менше 0,5 м, а в інші види нескельних ґрунтів - щонайменше 1,0 м.

Позначку голови палі приймають на 0,3-0,5м вище за відмітку підшви ростверку з подальшою зрубкою.

Глибина закладення підшви ростверку залежить від конструктивного рішення підземної частини будівлі та висоти ростверку.

При будівництві на пучинистих ґрунтах передбачають заходи, що запобігають впливу нормальних зусиль пучення на підшву ростверку. Це досягається пристроєм під ним повітряного зазору. Який має бути огорожений.

З урахуванням рекомендацій довжину палі прирівнюємо до найближчого розміру сортаменту та коригуємо відмітку вістря палі.

Ростверк:

До бетонування ростверку виконується повітряний прошарок завтовшки 100мм.

- відмітка ростверку під колону -0,6 м;
- висота ростверку 0,9 м;
- глибина закладання -1,5 м-коду.

Паля:

- позначка голови -1,200 м;
- відмітка голови після зрубування -1,450 м;
- відмітка нижнього кінця -10,2 м;
- довжина палі $L=9,00$ м.

Приймаємо цільну палю С90.30 по [23].

Несуча здатність палі за ґрунтом

Розрахунковий опір ґрунту під нижнім кінцем палі (R) = 2612 кПа. Сумарний опір палі по бічній поверхні = 373,9 кН/м

$$F_d = \gamma_c \cdot (\gamma_{CR} \cdot R \cdot A + u \sum \gamma_{Cf} f_i \cdot h_i), \text{ кН}$$

де γ_c - коефіцієнт умов роботи палі в ґрунті;

γ_{CR} - коефіцієнт умов роботи ґрунту під нижнім кінцем палі;

γ_{Cf} - коефіцієнт умов роботи ґрунту по бічній поверхні палі;

R - розрахунковий опір ґрунту під нижнім кінцем палі;

A - площа поперечного перерізу палі;

u - периметр поперечного перерізу палі

Приймаємо:

$$\gamma_{CR} = 1,0; \gamma_{Cf} = 0,8; R = 2612 \text{ кПа}; A = 0,3 \cdot 0,3 = 0,09 \text{ м}^2; u = 4 \cdot 0,3 = 1,2 \text{ м.}$$

Обчислимо несучу здатність по ґрунту основи забивної палі:

$$F_d = 1 (1 \cdot 2612 \cdot 0,09 + 1,2 \cdot 0,8 \cdot 373,9) = 594,02 \text{ кН.}$$

При призначенні навантаження, що допускається на палю, враховуються обмеження. Для забивних палей перетином 30x30 см, заглиблених у піски пилюваті,

дрібні, середньої крупності та глинисті ґрунти – 400-600 кН;

Ці значення встановлюються за досвідом проектування та виходячи із забезпечення надійності фундаменту; при цьому беруть до уваги можливість пошкодження паль при забиванні, допуски та відхилення їх від проектного положення.

Тобто допустиме навантаження на одну палю з урахуванням коефіцієнта надійності:

$$F_d/\gamma_k = 594,02/1,4 = 424,3 \text{ кН}$$

З урахуванням рекомендацій приймаємо $F_d = 400 \text{ кН}$.

Визначення число паль в фундаменті і конструювання ростверку

Число паль в фундаменті встановлюється виходячи з умови максимального використання їхньої несучої здатності.

Кількість паль визначаємо за формулою:

$$n = \frac{N_{2\max}}{\left(\frac{F_d}{\gamma_k}\right) - \bar{A} \cdot d_p \cdot \gamma_{mf}};$$

$$n = \frac{879,56}{400 - 0,9 \cdot 1,5 \cdot 25} = 2,41 \text{ шт} \approx 3 \text{ шт};$$

де $N_{2\max}$ - навантаження на фундамент;

γ_k - коефіцієнт надійності при визначенні несучою здатності приймається рівним 1,4;

F_d - максимально допустиме навантаження на палю;

γ_{cp} – усереднена питома вага ростверку та ґрунту на його обрізах;

d_p - глибина закладення ростверку;

A - площа ростверку, що припадає на одну палю

Для того щоб забезпечити максимально можливий збіг центру тяжіння ростверку з точкою докладання зусилля та виключити всі несприятливі фактори пов'язані з цим, необхідно збільшити кількість паль у куці до 4. Це забезпечить симетричне розташування паль у куці.

Приймаємо 4 палі.

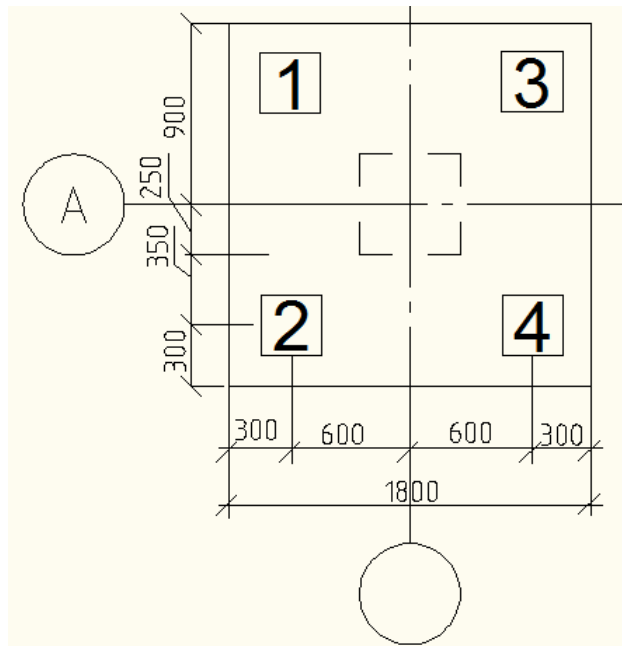


Рисунок 2.34- Схема конструювання пальового куща

Вага ростверку:

$$G_p = b_p \cdot l_p \cdot d_p \cdot \gamma_{mt} = 1,8 \cdot 1,8 \cdot 1,5 \cdot 25 = 121,5 \text{ кН};$$

Розрахунок власного фундаменту по несучій здатності

Розрахунок пального фундаменту виконують по 1-ій групі граничних станів.

При цьому має виконуватися умова:

$$N_{cv} \leq \frac{F_d}{\gamma_k};$$

де N_{cv} - найбільше розрахункове навантаження, що передається на палю, кН;

Розрахункове навантаження на палю при дії моментів визначається за формулою:

$$N_{cv} = \frac{N'}{n} + \frac{M_x \cdot y}{\sum(y_i^2)} + 1,1 \cdot 10 \cdot g_{cv};$$

$$N' = N_{2max} + G_p \cdot 1,1 = 879,56 + 121,5 \cdot 1,1 = 1013,21 \text{ кН};$$

$$M_x = M_{2max} = 251,05 \text{ кН}\cdot\text{м};$$

$$g_{cv} = 2,05 \text{ м};$$

n - число паль у фундаменті;

y - відстань у площині дії моменту від головної осі куца до палі, зусилля якої визначається;

y_i - відстань від головної осі до кожної з паль.

Несуча здатність паль забезпечена.

Визначення усадки фундаменту.

Такий розрахунок не потрібен, тому що нижній кінець палі заглиблений більш ніж на 1 м у дрібні піски з модулем деформації $E > 15$ МПа.

Конструювання фундаменту

Розміри ростверку мають бути кратні 300, відстань від його грані до найближчої палі – не менше 150 мм. Проектований ростверк 1800x1800 мм.

Сполучення ростверка з палями - жорстке. На голови паль укладаються арматурні сітки плити. Стрижні сіток, що потрапляють на палі, вирізуються, а сітки укладаються із захисним шаром 50 мм. Клас бетону для ростверків за міцністю на стиск - не нижче В12,5.

Армування підшови здійснювати сітками з стрижнів арматури класу А400с.

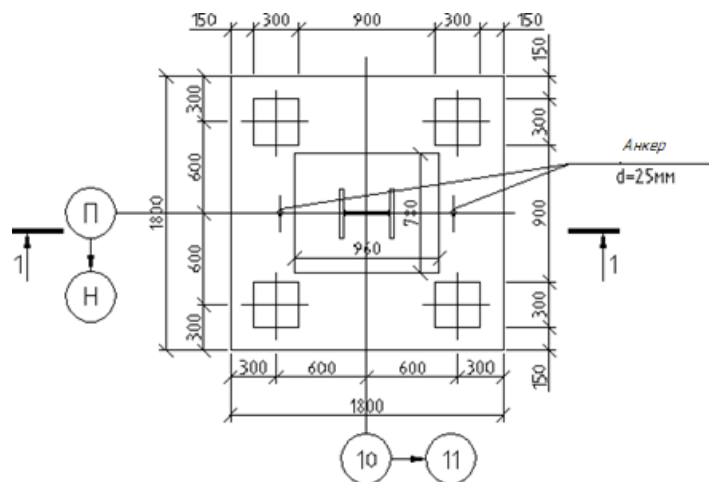


Рисунок 2.35 - Конструювання пального куца під колону

Розрахунок дії на продавлювання колон

При даному розрахунку відбувається продавлення, а піраміда продавлення починається від дна склянки з гранями, що становлять кут 45° з вертикаллю або внутрішніх граней паль.

Перевірка на продавлення проводиться за умови:

$$F \leq \frac{2R_{bt} h_{op}}{\alpha} \left[\frac{h_{op}}{c_1} (b_c + c_2) + \frac{h_{op}}{c_2} (l_c + c_1) \right],$$

де F - сила тиснення в палях. Визначається від навантаження, прикладеного до обрізу ростверку, кН.

R_{bt} – розрахунковий опір бетону розтягуванню, для бетону класу В12,5 приймається рівним 600 кПа;

c_1, c_2 – відстань від граней колони до граней основи піраміди продавлювання.

h_{op} - робоча висота перерізу ростверку;

α - коефіцієнт, що враховує часткову передачу поздовжньої сили N через стінки склянки (не менше 0,85);

$$\alpha = 1 - \left(\frac{0,4R_{bt} \cdot A_c}{N_{max}} \right) = 1 - 0 = 1;$$

A_c - площа бічної поверхні колони, зробленої в стакані фундаменту;

Так як сполучення колони - фундамент шарнірний, то $A_c = 0$. Виконаємо перевірку:

$$F \leq \frac{2 \cdot 600 \cdot 0,85 \cdot 1,1 \cdot 0,85}{1} \left[\frac{0,85}{0,37} (0,5 + 0,34) + \frac{0,85}{0,34} (0,55 + 0,37) \right]$$

$$= 4033,89 \text{ кН},$$

$1013,21 \text{ кН} \leq 4033,89 \text{ кН} \Rightarrow$ умова виконується.

РОЗДІЛ 3

НАУКОВО- ДОСЛІДНИЙ

У рамках виконання науково-дослідного розділу випускної кваліфікаційної роботи розглянемо варіанти конструктивної схеми покриття центру фарбування прольотом 102 метри для літаків. На підставі аналізу прогинів конструкції покриття, металоємності та складності монтажу приймемо найбільш оптимальний варіант для подальшого розроблення

Будівля є одноповерховою, за формою прямокутною, з розмірами 108x72 метрів.

3.1 Варіант конструктивної схеми №1 — Балочне покриття із двоскатних ферм

Конструктивне рішення у вигляді системи поздовжніх трикутних однопрогонових ферм з шарнірно закріпленою балочною фермою прольотом 102м.

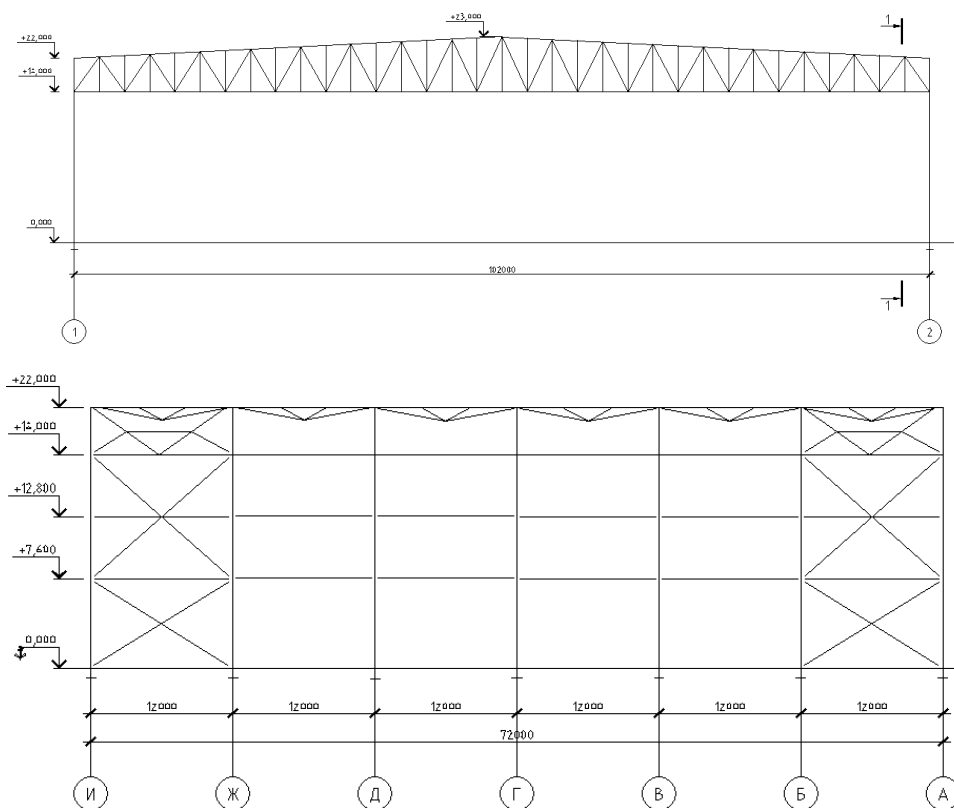


Рисунок 3.1 – Варіант з балочним покриттям із двоскатних ферм

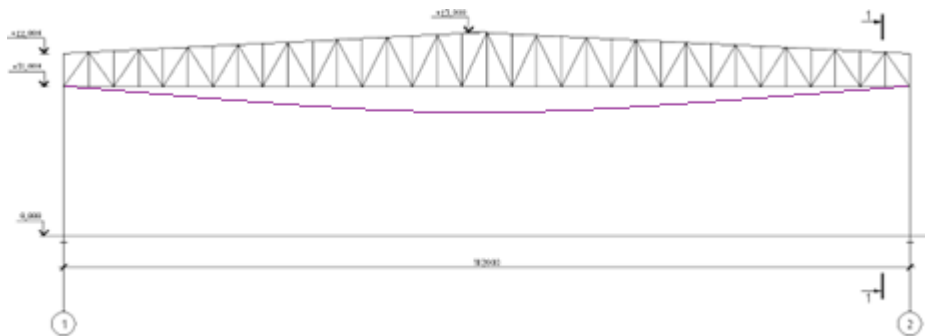


Рисунок 3.2 – Схема деформування покриття із двоскатних ферми

При такому варіанті конструкція покриття складається з поздовжніх двосхилих балкових ферм та трикутних ферм у поперечному напрямку. Стійкість ферм із площини вигину забезпечується системою зв'язків:

- вертикальних у поздовжньому напрямку;
- горизонтальних у площині нижніх поясів у поздовжньому напрямку у крайніх панелях ферми;
- горизонтальних у площині нижніх поясів у поперечному напрямку у крайніх кроках ферми.

Висота до низу конструкцій покриття від рівня підлоги –18 м.

Висота до верху конструкцій покриття від рівня підлоги від 22,0 до 23,0 м.

Трапецієподібні балкові ферми-ригелі заввишки 5 м і довжиною 102 м складаються з 4-х відправних елементів довжиною від 12 до 15 м. Балкові ферми укладаються по кроці колон поперечного ряду (крок 12 м). У поперечному напрямку з опорою на балочні ферми укладаються трикутні ферми довжиною 12 м. Проліт перекривається 210 трикутними фермами (крок 3 м) і 7 трапецієподібними балочними фермами (крок 12 м).

Пояси ферм, розкоси та стійки виконані з квадратних труб. З'єднання стрижнів реалізується у вигляді зварювання. Основні переваги балкових покриттів:

- відсутність розпору від вертикальних навантажень, через що й досягаються менші розміри колон і фундаментів;
- простота статичної схеми, отже спрощуються процеси монтажу та виготовлення основних несучих елементів;

- нечутливість при розрізних схемах до усадки опор.
- конструктивний ухил достатній для нормального стоку води. Недоліками є порівняно велика витрата сталі;
- значна висота головних балок, що призначається з умов оптимальної ваги та допустимих прогинів.

Прогини ферми становлять 28,3см. Вага однієї ферми покриття становить 9500 кг.

3.2 Варіант конструктивної схеми №2 - Рамно-балочне покриття

Безшарнірні рами жорсткіші, економічніші за витратами металу і зручніші в монтажі; однак вони вимагають більш масивні фундаменти з щільними основами для них і більш чутливі до температурних впливів та нерівномірних усадок опор.

Рамні конструкції в порівнянні з балочними економічніші за витратою металу і жорсткіші, завдяки чому висота ригеля рами має меншу висоту, ніж висота балкових ферм.

Даний варіант будівлі має поздовжньо-поперечне компонування.

У поздовжньому напрямку це дві рами прольотом 102 м, пов'язані в жорсткий блок системою зв'язків. У поперечному — це ферми прольотом 66 м. Ферми спираються на колону з одного боку і на нижній пояс рами з іншого. Жорсткість прогонових конструкцій забезпечується зв'язками по верхніх та нижніх поясах ферм та рам.

Висота до низу конструкцій покриття змінна – від 15,0 м до 21,0 м.

Поєднання ферм з рамою – шарнірне, ферм з колонами – шарнірне, сполучення колон з фундаментами – шарнірне.

Похила ферма, прольотом 66 метрів, виконана з труб квадратного перерізу, складається з 5 елементів відправки 2-ох типорозмірів довжиною 12 і 18м. Пояси та стійки поздовжньої рами, прольотом 102 метри, виконані зі зварних двотаврів. Розкоси, затяжки і зв'язки рами виконані з труб квадратного перерізу. Рама складається з 13 відправних елементів 4-ох типорозмірів.

Поздовжня рама – безшарнірна. Прогини покриття становлять 25,1см. Вага

однієї горизонтальної рами покриття становить 8900 кг.

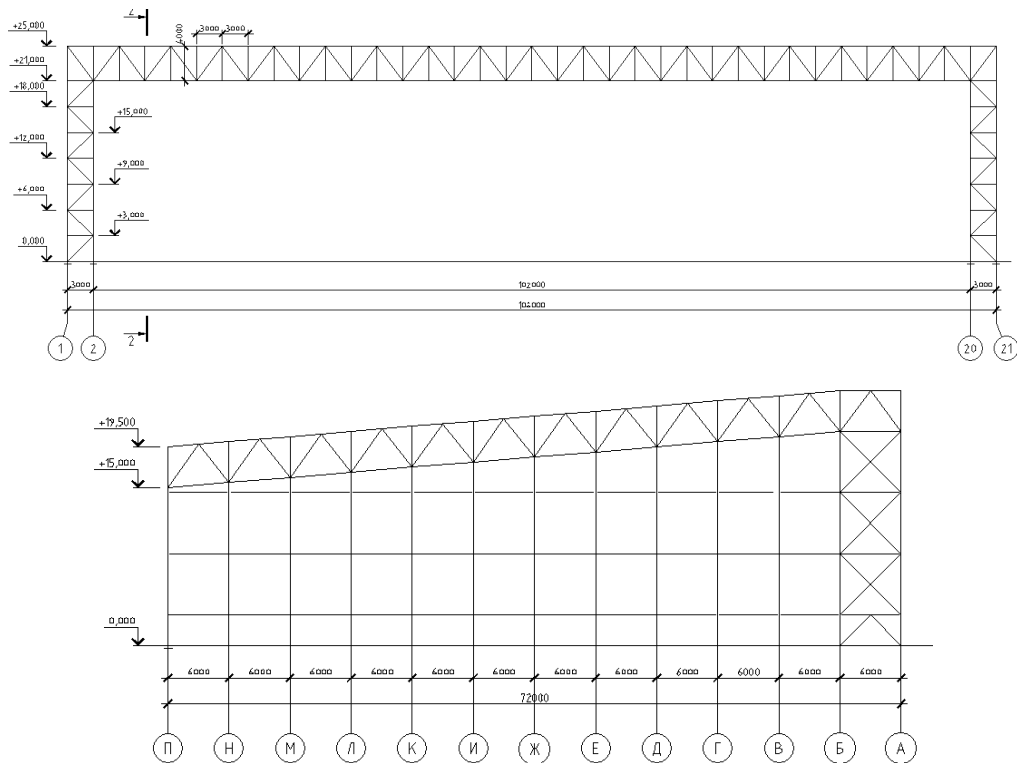


Рисунок 3.3 – Варіант із рамно-балковим покриттям

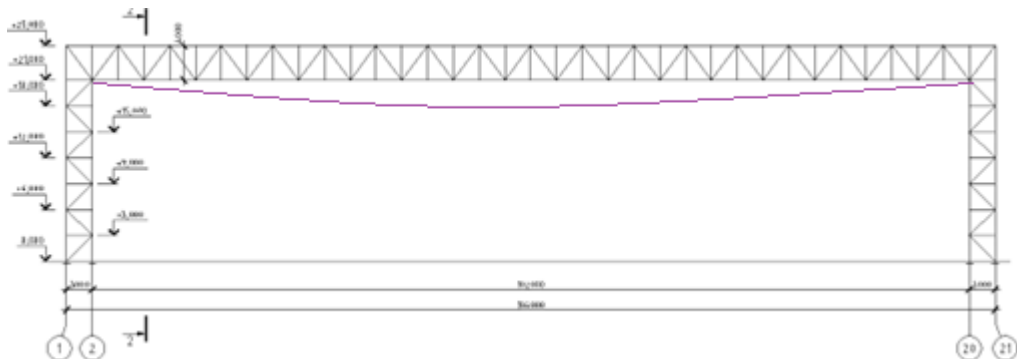


Рисунок 3.4 Схема утворення прогинів рамно-балкового покриття

3.3 Варіант конструктивної схеми №3 - Арочне покриття з балочним розміщенням

За характером роботи арочні конструкції поділяють на тришарнірні, двошарнірні та безшарнірні. Найбільш поширеними є двошарнірні арки: вони досить прості у виготовленні та монтажі, нечутливі до нерівномірних вертикальних зсувів опор, а напруги від зміни температури в них несуттєві.

Як основну конструкцію покриття цеху прийнято двошарнірну арку кругового обрису. Так як в арочному покритті виникають значні зусилля розпору, для їх сприйняття потрібні надзвичайно матеріаломісткі опорні конструкції, тому для економії матеріалу доцільно прийняти металеву затяжку арки.

Даний варіант покриття арки прольотом 102 м об'єднаний попарно, вертикальними зв'язками і зв'язками по поясах, в жорсткий просторовий блок шириною 3м. Відстань між блоками 21 м перекрито прогонами-фермами, жорстко з'єднаними з арочними блоками.

Перетин решітчастої арки. Висота перерізу арки збільшується від 1100 біля опор до 2600 мм у центрі прольоту. Шарніри в п'ятах робляться плитковими з центруючою прокладкою. Для сприйняття поперечних сил є обмежувачі, розташовані з двох сторін основної плити шарніра.

Геометрична незмінність будівлі забезпечується вертикальними зв'язками між колонами, жорстким поєднанням прогонів-ферм з арками та зв'язками по поясах арок. Максимальні прогини становлять 24,3см. Вага однієї горизонтальної арки покриття становить 8650 кг.

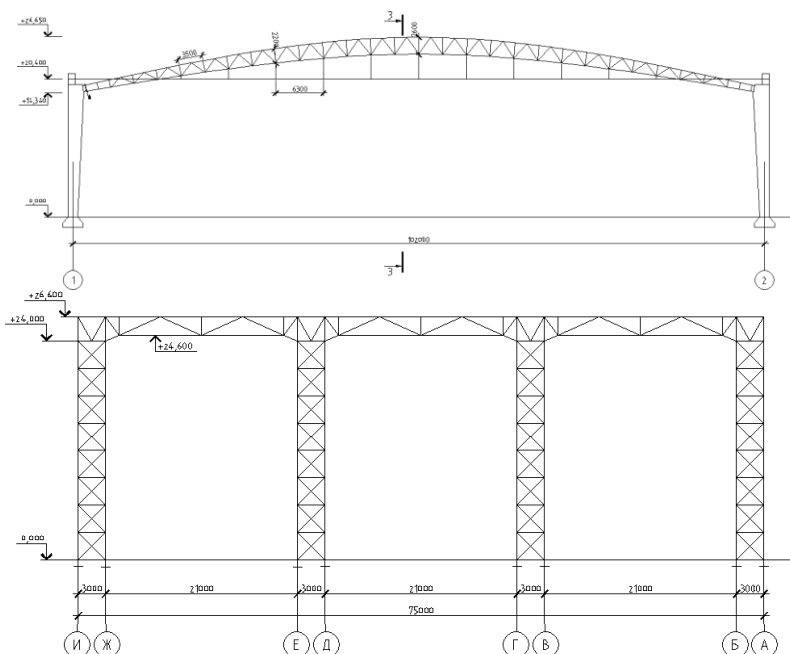


Рисунок 3.5 – Варіант аркового покриття

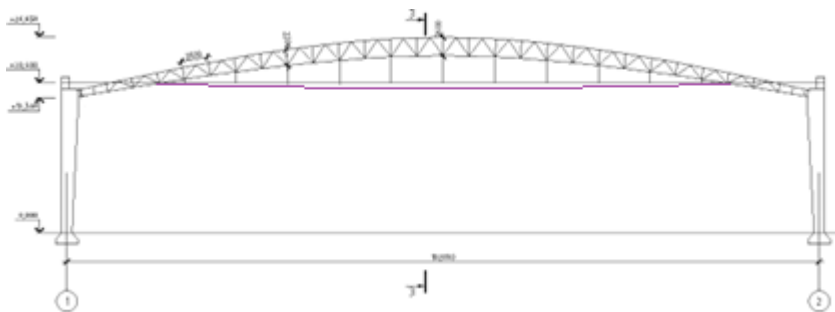


Рисунок 3.6 – Деформації аркового покриття

3.4 Остаточний вибір варіанта конструктивної схеми покриття

Для того, щоб зробити остаточний вибір, проведемо оцінку варіантів, виходячи з наступних вимог:

1. Експлуатаційні та архітектурні вимоги. Найбільш раціональне використання внутрішнього простору може бути досягнуто в рамно-балочному варіанті, адже висота до верху кроквяних конструкцій розрахована на те, щоб під ними вільно проходило хвостове оперення літаків, а простір над кабіною літака буде не задіяно. Найкращим варіантом у плані стоку дощової води є балкове та арочне покриття, в яких ухил покрівлі обумовлений конструкцією ферми. У рамному варіанті, зважаючи на утворення плоскої поверхні над поздовжніми рамами потрібне штучне задавання ухилу.

2. Усадка опор. Це добре переноситься балочним покриттям, але в арочному і рамному покритті усадка опор завдає вкрай негативний вплив, особливо якщо ця усадка нерівномірна.

3. Витрата металу. Найбільш металоємним є балкове покриття, зважаючи на значну висоту балочної ферми. Найменша витрата металу у аркового покриття, рамно-балковий варіант займає проміжне значення.

4. Виготовлення та монтаж. Приблизно однакові показники в даному питанні мають балкове та рамно-балкове покриття. У першому випадку, як і в другому, ферми виготовляються на заводі і на місці укрупнюються і монтуються. Найбільш трудомістким у плані монтажу є третій варіант.

5. Вимога до ґрунтових умов. Порівнюючи за цією характеристикою, краще вибрати балкове покриття, для якого характерна відсутність вертикального розпору

і низька чутливість до нерівномірних усадок опор.

3.5 Висновок

В результаті проведеного аналізу та на підставі вищевикладених факторів, можна зробити такі висновки:

- найневигіднішим і нераціональним буде використання балкового покриття з трапецієподібних ферм;
- арочне та рамне покриття практично рівні за показниками, але виготовлення та монтаж аркового покриття значно утруднені в умовах міста Харкова.
- аркова конструкція покриття найбільш економічна при прольоті конструкції близько 70-80 м і втрачає в економічності зі збільшенням прольоту, що не характерно для рамних конструкцій;

Остаточного приймаємо для подальшого проектування варіант конструктивної схеми покриття №2 – рамно-балкове покриття цеху.

За всіма показниками даний варіант займає проміжне або лідируюче положення. Незважаючи на його основний недолік - схильність до усадки опор, - такий варіант покриття найбільш перспективний при проектуванні споруд даного призначення.

РОЗДІЛ 4

ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

4.1 Охорона праці

4.1.1 Техніка безпеки та пожежна безпека на будівельному майданчику

Організація будівельного майданчика, ділянок робіт та робочих місць повинна забезпечувати безпеку праці працюючих на всіх етапах виконання робіт.

Майданчик будівництва знаходиться в центрі міста, тому, щоб запобігти доступу сторонніх осіб, повинен бути огорожений. Огородження, які примикаються до місць масового проходу людей, необхідно облаштувати суцільним захисним козирком. Конструкція огороження повинна задовільняти вимоги [27]: конструкція огороження повинна бути збірно-розбірною з уніфікованими елементами, з'єднаннями і деталями кріплення, висота захисних панелей з козирком становить 2,0 м, в розріжених панелях огороження відстань в просвіті (розрідженість) між деталями заповнення полотна панелей повинна бути в межах 80-100 мм, захисний козирок встановлюється по верху огороження з підйомом до горизонту під кутом 20° в сторону тротуару, панелі козирка повинні забезпечити перекриття тротуару і виходити за його край (зі сторони руху транспорту) на 50-100 мм.

Зони потенційно діючих небезпечних виробничих факторів повинні мати сигнальні огороження, які задовільняють вимоги [27]: висота стійок сигнального огороження повинна бути 0,8 м, відстань між стійками не повинна перевищувати 6,0 м.

На будівельний майданчик влаштовані 1 в'їзд та 1 виїзд, тимчасові дороги шириною 6,0 м дозволяють рухатись автомобільному транспорту з під'їздом до всіх складів та вузлів.

При в'їздах на будівельний майданчик повинна бути встановлена схема руху транспортних засобів, а на обочинах доріг і проїздів – добре видимі дорожні знаки, що регламентують порядок руху транспортного засобу в відповідності з правилами дорожнього руху.

Швидкість руху автотранспорту поблизу місць виробництва робіт не повинна

перевищувати 10 км/год на прямих ділянках і 5 км/год на поворотах.

На будівельному майданчику огороженні всі небезпечні зони (монтажна зона, зона дії крана).

Відкритий котлован, траншеї огородити захисним огороженням.

До монтажних робіт допускаються чергові люди, які пройшли медичний огляд та мають допуск до роботи на висоті.

Стропування вантажів проводять згідно технологічної карти, розструповку вантажів та залізобетонних елементів проводять після їх закріплення.

Засоби риштування повинні мати рівні робочі настили з зазором між дошками не більше 5 мм, а при розміщенні настилу на висоті 1,3 м і більше – огороження і бортові елементи. З'єднання щитів настилів внахлест допускається тільки по їх довжині, при чому кінці елементів, що стикуються, повинні бути розміщені на опорі і перекривати її не менше ніж на 0,2 м в кожную сторону. Риштування повинні бути прикріплені до стіни будинку, що будується. При відсутності особливих вказівок в інструкції заводу-виготовлювача кріплення риштувань до стін будівлі повинно виконуватись не менше ніж через один ярус для крайніх точок, через два прольоти для верхнього яруса і одного кріплення на кожні 50 м² проекції поверхні риштувань на фасад будівлі.

Приміщення, в яких проводяться роботи з пилевидними матеріалами, а також робочі місця біля машин дроблення, розмолу і просіювання цих матеріалів повинні бути забезпечені вентиляційними системами (провітрюванням).

На робочих місцях, де застосовуються або готуються клеї, мастики, фарби і інші матеріали, що виділяють вибухонебезпечні або шкідливі речовини, не допускаються дії з використанням відкритого вогню або іскри.

На території будівництва в місцях розташування тимчасових будівель, складів, майстерень встановлюються пожежні щити, стенди та бочки з водою. Для запобігання розповсюдження пожежі необхідно забезпечити будівництво достатньою кількістю засобів пожежогасіння, дотримуватись правил зберігання, розміщення і обмеження кількості палих речовин і матеріалів, а також дотримуватися інших вимог [28].

Основні причини виникнення пожеж при будівельних роботах:

- недоліки в будівельних конструкціях, спорудах, плануванні приміщень, влаштуванні комунікацій;
- дефекти обладнання, порушення режиму технологічних процесів та неправильне проведення робіт;
- несправність систем живлення і випуску відпрацьованих газів у двигунах внутрішнього згорання, відсутність іскрогасників на вихлопних трубах двигунів;
- порушення правил користування відкритим вогнем, особливо поблизу місць застосування або зберігання горючих або легкозаймистих речовин;
- відсутність або несправність заземлення цистерн з рідкими нафтопродуктами;
- несправність або відсутність на деяких об'єктах системи блискавкозахисту.

На будівельному майданчику повинні бути організовані пости з протипожежними засобами, а також визначені особливо небезпечні зони у пожежному відношенні. В межах цих зон не допускається зберігання масляних фарб, оліфи, смоли, масел, паливно-мастильних матеріалів, вказані матеріали повинні зберігатись в окремих складських приміщеннях або під навісом. Зберігання в одному приміщенні кисневих балонів та балонів з іншими горючими газами забороняється. Всі роботи пов'язані з використанням відкритого вогню, допускається вести лише з дозволу відповідального за пожежну безпеку на будівельному майданчику.

Пожежна безпека - це стан об'єкту, при якому виключається можливість пожежі, а у випадку її виникнення виключається дія на людей небезпечних факторів пожежі і забезпечується захист матеріальних цінностей.

Пожежна безпека забезпечується завдяки створенню системи заходів пожежної профілактики і активного пожежного захисту.

Пожежна профілактика - комплекс організаційних заходів і технічних засобів, що спрямовані на запобігання можливого виникнення пожежі чи

зменшення її наслідків,

Система активного пожежного захисту - це комплекс організаційних заходів і технічних засобів по боротьбі з пожежами і запобіганню дії на людей небезпечних чинників пожежі, а також обмеження матеріальних збитків від неї.

Для запобігання пожеж у будівельних організаціях розробляють організаційні, технічні, режимного характеру, пожежно-евакуаційні, тактико-профілактичні, будівельно-конструктивні та інші заходи режимів експлуатації машин і обладнання, за яких повністю виключається можливість виникнення іскор і полум'я при роботі, контакт нагрітих деталей обладнання з горючими матеріалами.

До організаційних заходів належать правильний вибір технології; недопущення захаращення приміщень і будівельних майданчиків; навчання працівників правилам пожежної безпеки; спеціальне розміщення матеріалів на складах та техніки в гаражах і ремонтних майстернях.

До технічних належать заходи, що стосуються правильного добору і монтажу електрообладнання, систем блискавкозахисту об'єктів і влаштування заземлення, іскрогасників тощо.

Заходи режимного характеру - це заборона куріння, запалювання вогню, правильне зберігання промаслених ганчірок, постійний контроль за зберіганням матеріалів, що можуть самозагорятись і т. ін.

Тактико-профілактичні заходи передбачають швидку дію пожежних команд, забезпечення об'єктів первинними засобами вогнегасіння, а також підтримування постійно в справному стані водопровідної системи тощо.

Заходів будівельно-конструктивного характеру вживають в процесі проектування і будівництва споруд, створення протипожежних конструкцій будівель, а також при конструюванні машин і обладнання.

4.1.2 Захисне заземлення

Виконуємо розрахунок захисного заземлення для заземлення бетонозмішувача з напругою $U=380\text{В}$ у трьохфазній сітці з ізольованою нейтраллю

$$n = \frac{R_b}{r_3 \cdot \eta_b} = \frac{192}{4 \cdot 0,66} \approx 73 \text{ шт.}$$

Визначаємо загальний розрахунковий опір заземлюючого пристрою R з врахуванням з'єднувальної полоси:

$$R = \frac{R_b \cdot R_r}{R_b \cdot \eta_r + R_r \cdot \eta_b \cdot n} = \frac{192 \cdot 84}{192 \cdot 0,39 + 84 \cdot 0,66 \cdot 73} \approx 3,91 \text{ Ом.}$$

Розрахунок виконаний вірно так як $R \leq [r_3]$ $3,91 < 4$.

4.2 Безпека в надзвичайних ситуаціях

4.2.1 Оцінка стійкості об'єкта будівництва до впливу ударної хвилі ядерного вибуху і заходи щодо підвищення стійкості

Нові об'єкти будівництва повинні будуватися з урахуванням вимог, виконання яких сприяє підвищенню стійкості інженерно-технічного комплексу об'єкта. Основні з цих такі [30]:

1. Будинки і споруди необхідно розміщати розосереджено. Відстань між будинками і спорудами повинні забезпечувати протипожежні розриви. При наявності таких розривів виключається можливість переносу вогню з одного будинку на інші, навіть якщо гасіння пожежі не відбувається. Будинки адміністративно-господарського й обслуговуючого призначення повинні розташовуватися окремо від основних цехів.

2. Найбільш важливі виробничі спорудження варто будувати заглибленими чи зниженої висотності, прямокутної форми в плані. Це зменшує парусність будинків і збільшує опірність їх ударній хвилі ядерного вибуху. Хорошою стійкістю до впливу ударної хвилі володіють залізобетонні будинки з металевими каркасами в бетонній опалубці. Для підвищення стійкості до світлового випромінювання в споруджуваних будинках і спорудженнях повинні застосовуватися вогнестійкі конструкції, а також вогнезахистна обробка спалених елементів будинку. У кам'яних будинках перекриття повинні бути виготовлені з армованого бетону або виконані з бетонних плит. Великі за розмірами будинки повинні розділятися на секції неспаленими стінами. У ряді випадків при проектуванні й будівництві промислових будинків і споруджень повинна бути передбачена можливість герметизації приміщень від проникнення радіоактивного пилу.

Це особливо важливо для підприємств харчової промисловості й продовольчих складів.

3. Душові приміщення необхідно проектувати з урахуванням використання їх для санітарної обробки людей.

4. Дороги на території об'єкта повинні бути з твердим покриттям,

забезпечувати зручне і найкоротше сполучення між виробничими будинками, спорудженнями і складами; в'їздів на територію об'єкта повинне бути не менш двох із різних напрямків.

5. Системи побутової і виробничої каналізації повинні мати не менш двох випусків у міські каналізаційні мережі й пристрої для аварійних скидань у підготовлені місця (котловани, яри, траншеї тощо).

Оцінка стійкості основних елементів інженерно-технічного комплексу, від яких залежить робота господарського об'єкта, полягає у визначенні виду можливого руйнування кожного з основних елементів інженерно-технічного комплексу та у виявленні нестійких елементів. При оцінці ефективності захисту робітників і службовців у разі сильного вибуху визначають можливу кількість уражених і вид травм людей на території господарського об'єкта. Оцінка стійкості систем управління і постачання (електроенергією, газом, водою, сировиною, комплектуючими виробами тощо) полягає у визначенні ступеня їх порушення в разі вибуху. Крім того, оцінюють ступінь підготовленості господарського об'єкта до відновних робіт. Висновок про стійкість господарського об'єкта в цілому складають після аналізу отриманих результатів. Якщо всі основні елементи інженерно-технічного комплексу і систем господарського об'єкта виявляться стійкими і за прогнозом не буде великої кількості уражених робітників і службовців, то робота господарського об'єкта вважається стійкою в разі вибуху. Якщо хоча б один основний елемент інженерно-технічного комплексу або система господарського об'єкта виявляться за прогнозом нестійкими, робота об'єкта в цілому визнається нестійкою. Аналогічний висновок робиться, якщо в разі вибуху можливі загибель або великі втрати робочих і службовців.

Якщо всі основні елементи інженерно-технічного комплексу і систем будівельного об'єкта виявляться стійкими і за прогнозом не буде великої кількості уражених робітників і службовців, то робота господарського об'єкта вважається стійкою в разі вибуху. Якщо хоча б один основний елемент інженерно-технічного комплексу або система будівельного об'єкта виявляться за прогнозом нестійкими, робота об'єкта в цілому визнається нестійкою. Аналогічний висновок робиться,

якщо в разі вибуху можливі загибель або великі втрати робочих і службовців.

4.2.2 Оцінка масштабу, розмірів втрат та інших наслідків можливої НС на об'єкті будівництва

Оцінка обстановки – порядок визначення ступеню ураженості об'єкта чи території, можливих об'ємів завданих збитків та вплив вторинних факторів на проведення рятувальних та інших невідкладних робіт (РiНР) в осередку ураження від надзвичайних ситуацій (НС).

Вони залежать від конкретних умов виникнення або загрози виникнення надзвичайних ситуацій мирного чи воєнного часу [14].

По часу оцінка обстановки може бути - завчасна, планова, термінова.

В мирний час відповідно до Закону України «Про страховий фонд документації» на всій території України проведений моніторинг наявності потенційно небезпечних об'єктів чи явищ, що можуть призвести до виникнення надзвичайних ситуацій. Оцінку обстановки можна попередньо проводити по карті місцевості району, де існує загроза або виникла надзвичайна ситуація.

На підставі цих досліджень розроблені плани дій під час загрози або виникнення НС. В яких ґрунтовно описані можливі наслідки тої чи іншої надзвичайної ситуації та шляхи її подолання - зменшення жертв, пошкоджень, руйнувань та інше.

Оцінка обстановки визначає:

- характер і об'єм руйнувань і пошкоджень, нанесені збитки і втрати;
- види аварійно-рятувальних робіт та можливий їх об'єм;
- радіаційну, хімічну, інженерну, пожежну та інші обстановки та їх вплив на виконання завдань;
- найбільш доцільні напрямки висування в введення сил ЦО в вогнище чи на територію ураження;
- місце розташування, стан і забезпеченість сил ЦО та їх можливості по виконанню завдань;

- вплив вторинних факторів ураження, погоди, пори року і доби, характер місцевості.

За результатами аналізу оцінки обстановки приймається рішення про ведення РіНР в осередках ураження чи на територія, яка потерпіла від НС.

Рішення на виконання завдань по локалізації та ліквідації наслідків НС включає:

- на що направляти основні зусилля сил та засобів;
- порядок ведення рятувальних та інших невідкладних робіт в осередку ураження чи події;
- організація зв'язку та управління під час ведення РіНР;
- порядок взаємодії сил і засобів залучених на проведення робіт;
- час проведення РіНР.

Форми і методи оцінки обстановки при загрозі або виникненні надзвичайних ситуацій залежать в першу чергу від виду надзвичайної ситуації.

На місце загрози або виникнення НС терміново виїжджає мобільно-оперативна група у складі: спеціалістів з різних галузей.

Метою роботи цієї групи на місці НС є:

- обстеження місця виникнення НС, характеру, об'ємів та пошкоджень НС;
- надання при необхідності першої медичної допомоги потерпілим;
- визначення попередніх обсягів втрат (площі території, яка постраждала);
- готує пропозиції щодо першочергових заходів та обсягів робіт по локалізації та ліквідації (мінімізації) наслідків НС.
- координує дії служб на місці НС.

Під обстановкою розуміють сукупність наслідків НС, що впливають на нормальну життєдіяльність, виробництво продукції та дії сил при локалізації та ліквідації наслідків НС.

Аналіз пожежної небезпеки і захисту технологічних процесів виробництв здійснюється поетапно. Він містить у собі вивчення технологій виробництв, оцінку

пожежонебезпечних властивостей речовин, виявлення можливих причин виникнення і запобіганню пожеж.

Під пожежною обстановкою розуміють сукупність наслідків впливу вражаючих факторів НС, у результаті яких виникають пожежі, які впливають на життєдіяльність людей.

Для оцінки пожежної обстановки необхідно провести такі заходи:

- визначити вид, масштаб і характер пожежі;
- провести аналіз впливу пожежі на стійкість окремих елементів і об'єкту в цілому, а також на життєдіяльність населення;
- вибрати найбільш доцільні дії пожежних підрозділів та формувань ЦЗ з локалізації і гасіння пожежі, евакуації при необхідності людей і матеріальних цінностей із зони пожежі.

Основна причина виникнення пожеж – необережне поводження з вогнем, порушення правил пожежної безпеки. Крім того, вони можуть виникнути в наслідок природних явищ (грозові розряди, землетруси, виверження вулканів, самозаймання торфу, підпал, вибух).

Межа вогнестійкості, вимірювана в годинах, визначається здатністю несучих конструкцій протистояти вогню без обвалювань, прогинів, тріщин, і отворів, через які проникають продукти горіння.

Вона становить для будинків:

- I ступеня вогнестійкості – понад 2 годин;
- II ступеня до 2 годин;
- III ступеня - 1,5 години;
- IV ступеня - 1 година.

За категоріями вибухонебезпечності будинки поділяють на п'ять категорій:

Категорії А і Б – вибухопожежонебезпечні, В, Г, Д – пожежонебезпечні.

Пожежа характеризується видом, масштабом або щільністю, розвитком і швидкістю поширення, тепловою радіацією, тривалістю горіння, температурою горіння, зоною задимлення.

Види пожеж: окремі, масові, суцільні, вогневий шторм, лісові, степові,

торф'яні, тління, горіння в завалах.

Розвиток і швидкість поширення пожеж визначається ступенем вогнестійкості будинку, відстанню між ними, щільністю забудови, метеоумовами і порою року.

Розвиток пожеж незалежно від їх розмірів і місця виникнення відбувається за однією загальною закономірністю і поділяється на три фази:

- I фаза – поширення полум'я від початкового горіння до охоплення великої частини горючих матеріалів. Ця фаза характеризується спочатку порівняно невеликою температурою і швидкістю поширення вогню, тому пожежа може бути ліквідована у перші 15-20 хвилин за короткий час обмеженими засобами. Тривалість фази до 2 годин в залежності від вогнестійкості будинків.;

- II фаза – стале горіння до моменту обвалення конструкцій, тривалість від 1 до 4 годин;

- III фаза – вигоряння матеріалів завалених конструкцій при невеликих швидкостях горіння і теплової радіації, тривалість від 2 до 5 годин.

Залежно від масштабів пожеж застосовують то чи іншу тактику ведення боротьби з ним, та залучають відповідні сили і засоби. Це може бути окрема тема для вивчення.

Отже, оцінка обстановки при виникненні надзвичайних ситуацій потребує значних об'ємів знань умінь і навичок, досвіду проведення рятувальних та інших невідкладних робіт в осередках ураження.

ВИСНОВКИ

В результаті виконання кваліфікаційної роботи на тему «Проектування цеху авіаційного заводу в Харкові з дослідженням напружено-деформівного стану великопрольотних конструкцій». Розроблено основні архітектурні, конструктивні рішення.

Виконано розрахунок та конструювання каркасу будівлі, зокрема:

- розрахунок прогонів;
- розрахунок поперечних кроквяних ферм з підбором і перевіркою перерізів стрижнів, а також розробкою основних вузлів ферми;
- розрахунок та конструювання колон з перевіркою перерізу;
- розрахунок та конструювання поздовжніх рам по осях 1 і 2 з перевіркою перерізів стрижнів, а також розробкою основних вузлів рами;
- розрахунок стійок фахверку з перевіркою перерізу;
- розрахунок зв'язків.

Виконано розрахунок фундаменту.

Досліджено три конструктивні схеми покриття промислової будівлі з метою їх порівняння та вибору найбільш оптимального варіанту.

Випускна кваліфікаційна робота розроблена на підставі чинних нормативних документів, довідкової та навчальної літератури.

БІБЛІОГРАФІЯ

1. Ковальчук Я. О. Методичний посібник для виконання кваліфікаційної роботи магістра за спеціальністю 192 “Будівництво та цивільна інженерія” / Я. О. Ковальчук, Г. М. Крамар, О. М. Мещерякова. - Тернопіль : ТНТУ, 2020. – 56 с.
2. ДБН В.1.2-2:2006 Навантаження і впливи К.: Мінбуд України, 2006.
3. ДБН В.1.17-2019 Пожежна безпека об’єктів будівництва. – К.: Держбуд України, 2018.
4. ДБН В.2.1-10-2009 Основи та фундаменти споруд. К.: Мінрегіонбуд України, 2009.
5. ДБН В.2.6-31:2021 Теплова ізоляція будівель К.: Міністерство будівництва, архітектури та житлово-комунального господарства України, 2022.
6. ДБН В.2.6-98:2009 Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення К.: Міністерство регіонального розвитку та будівництва України, 2011.
7. ДСТУ Б В.2.1-2-96. Ґрунти. Класифікація. – К.: Державний комітет України у справах містобудування і архітектури, 1995.
8. ДБН А.2.1–1-2008 Інженерні вишукування для будівництва. Основні положення. – К.: Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2008.
9. Malezhyk, M.P., Pidhurs’kyi, M.I., Rudyak, Y.A., Pidhurs’kyi, I.M. & Voitovych, L.V. (2019) Investigation of the Fracture of an Orthotropic Plate with Circular Hole and Two Edge Cracks Under Pulsed Loading by the Method of Dynamic Photoelasticity. *Materials Science*, 55(2). P. 254-258. (SCOPUS)
10. Pidgurskyi, Mykola & Rudyak, Yuri & Pidgurskyi, Ivan. (2019). Research and Modeling of Stress-Strain State and Fracture Strength of Triplexes at Temperatures 293–213K. // *Lecture Notes in Mechanical Engineering SerProceedings of the 7th International Conference on Fracture Fatigue and Wear.*, Belgium, Ghent University, 2018. – P.135-150.
11. Pidgurskyi I. Analysis of stress intensity factors obtained with the fem for surface semielliptical cracks in the zones of structural stress concentrators // *Scientific*

Journal of TNTU. - Ternopil: TNTU, 2018. - Vol. 90. - No 2. - P. 92-104. (Index Copernicus, Google Scholar)

12. Вплив температури на мікроефекти статичного деформування та руйнування теплостійких сталей / П.В. Ясній, В.Б. Гладько, П.О. Марущак, Д.Я. Баран // Вісник Тернопільського державного технічного університету. - 2007. - Т. 14. - № 3. – С. 7-16.

13. Maruschak P., Degradation and cyclic crack resistance of continuous casting machine roll material under operating temperatures / P. Maruschak, D. Baran // Iranian Journal of Science and Technology Transaction B: Engineering. - 2011. - Vol. 35. - M2. - P. 159-165.

14. Ігнат'єва В.Б. Аналіз способів поліпшення теплотехнічних характеристик при будівництві будівель / В.Б. Ігнат'єва, Е.О. Текін // ЛОГОС. Мистецтво наукової думки, 2019. - Vol. 3. – С. 97-100. Режим доступу: <https://ojs.ukrlogos.in.ua/index.php/2617-7064/article/view/306/29344>. Ignatyeva, V. B. (2018).

15. Yasniy, P.V., Mykhailyshyn, M.S., Pyndus, Y.I. et al. Numerical Analysis of Natural Vibrations of Cylindrical Shells Made of Aluminum Alloy. Mater Sci 55, 502–508 (2020). <https://doi.org/10.1007/s11003-020-00331-2>

16. Yasniy P., Pyndus Y., Hud M. Methodology for the experimental research of reinforced cylindrical shell forced oscillations. Scientific journal of the Ternopil national technical university. 2017. Vol. 86. №. 2. P. 7–13

17. Макара, Т.Я. Оцінка вогнестійкості елементів металевого каркасу торгівельно-офісного центру / Т.Я. Макара, Т.О. Криницький, А.П. Сорочак // Актуальні задачі сучасних технологій: збірник тез доповідей ІХ Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів (Тернопіль, 25-26 листопада 2020). – Т. 1. – Т. : TNTU, 2020. – С. 93.

18. Ковальчук Я. Теплоізоляційні будівельні матеріали з місцевих технологічних відходів / Я. Ковальчук, Г. Крамар, Л. Бодрова, І. Коваль, С. Мариненко // Наукові нотатки. - 2019. - Вип. 66. - С. 165-171.

19. Веселов В.А. Проектирование оснований и фундаментов. – М.: Стройиздат, 1990. – 240с.
20. Нойферт Э. Строительное проектирование. М. : Стройиздат, 1991.
21. Пищаленко М. Ю. Технология возведения зданий и сооружений – Киев. : Высшая школа, 1982. - 298с.
22. Байков В. Н., Сигалов Э. Е. Ж/бетонные конструкции. Общий курс. М. : Стройиздат, 1991. – 412с.
23. Залізобетонні конструкції. Навчальний посібник / Вахненко П.Ф., Павліков А.М., Горик О.В., Вахненко В.П.// К: Вища школа, 1999.
24. Зоценко М.Л.,Коваленко В.І.,Хілобок В.Г. Яковлев А.В. Інженерна геологія. Механіка ґрунтів, основи і фундаменти. -К.:Вища шк.,1992.- 408 с.
25. Мельник І.В. Деформації зовнішньої композитної арматури при підсиленні залізобетонних балок / І.В. Мельник, А.Я. Мурин // Зб. наук. праць: механіка і фізика руйнування будівельних матеріалів та конструкцій. – 2009. - №8. – С. 235-241.
26. Mykhailo Hud, Simulation of the stress-strain state of a cylindrical tank under the action of forced oscillations, Procedia Structural Integrity, Volume 36, 2022, Pages 79-86, ISSN 2452-3216, <https://doi.org/10.1016/j.prostr.2022.01.006>. (<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2452321622000063>)
27. Analysis of the effect of horizontal ties on the deformability of the bottom of the floating pool / Mykhailo Hud, Nataliya Chornomaz, Viktoriia Ihnatieva, Ihor Koval // Scientific Journal of TNTU. — Tern.: TNTU, 2022. — Vol 106. — No 2. — P. 133–137.
28. Hud, M., Chornomaz, N., Grytseliak, R., & Baran, D. (2022). Study of the joint work of the foundations and the spatial tower under the action of dynamic loads. *Procedia Structural Integrity*, 36, 87-91.