

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет будівництва та транспорту
Кафедра будівельних конструкцій

До захисту
Допускається
Завідувач кафедри
Будівельних конструкцій
_____ /Л.А.Циганенко/
підпис
« ___ » _____ 2023 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

за другим рівнем вищої освіти

На тему: « ЗАТ «Крафт Фудз Україна» м. Тростянець. Корпус виробництва
печива »

Виконав (ла)

(підпис)

Рошко В.І.

(Прізвище, ініціали)

Група

ПЦБ 2203м

Керівник

(підпис)

д.т.н., проф. Роговий С.І.

(Прізвище, ініціали)

Суми – 2023 р.

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Кафедра: Будівельних конструкцій
Спеціальність: 192 "Будівництво та цивільна інженерія"
ОПП Будівництво та цивільна інженерія

ЗАВДАННЯ

НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Рошко Володимира Івановича

1. Тема роботи ЗАТ «Крафт Фудз Україна» м. Тростянець. Корпус
виробництва печива

Затверджено наказом по університету №175-н від "26" січня 2023 р.

Строк здачі студентом закінченої роботи: "23" листопада 2023 р

2. Вихідні дані до роботи:

Архітектурна частина робочого проекту будівлі

3. Зміст розрахунково - пояснювальної записки (перелік питань, що підлягають розробці)

Розділ 1. Загальна характеристика роботи

Розділ 2. Дослідження напружено-деформованого стану та конструктивні
розрахунки

4. Перелік графічного матеріалу (з точною вказівкою обов'язкових креслень)

Лист 1. Схема будівлі корпусу виробництва печива. Фрагмент фасаду в осях 1-28. Фрагмент фасаду в осях 28-54.

Лист 2. Фрагмент першого поверху в осях 38-54/А-Е. Фрагмент другого поверху в осях 38-54/А-Е.

Лист 3. Розріз 1-1. Розріз 2-2.

Лист 4. Схема зв'язків по нижнім поясах ферм в осях 38-54/А-Е. Схема зв'язків по верхнім поясах ферм в осях 38-54/А-Е. Розрізи а-а, б-б.

Лист 5. Схема розташування ферм в осях 38-54/А-Е. Ферма Ф-1. Вузли 1, 2. Розрізи 1-1...8-8. Специфікація Ф1.

Керівник:

_____ (підпис)

д.т.н., проф. Роговий С.І.

_____ (Прізвище, ініціали)

Консультант

_____ (підпис)

_____ (Прізвище, ініціали)

Завдання прийняв до виконання:

Здобувач:

_____ (підпис)

Рошко В.І.

_____ (Прізвище, ініціали)

АНОТАЦІЯ

Рошко Володимир Іванович. ЗАТ «Крафт Фудз Україна» м. Тростянець. Корпус виробництва печива – Кваліфікаційна робота магістра на правах рукопису.

Кваліфікаційна робота магістра за спеціальністю 192 «Будівництво та цивільна інженерія». – Сумський національний аграрний університет, Суми, 2023.

В основній частині наведено докладний опис архітектурно-конструктивних рішень будівлі, включаючи використані матеріали та конструкції. Предметом дослідження стали ферми покриття, які зазнали механічних деформацій після надзвичайної ситуації. У методиці дослідження використовувалися техніки аналізу напружень та деформацій у фермах покриття, включаючи розрахунки та моделювання.

Результати досліджень підкреслюють важливість ретельного аналізу та відновлення міцності ферм покриття після надзвичайних ситуацій. Розроблені рекомендації можуть бути корисними для забезпечення надійності та стабільності будівельної конструкції у подібних ситуаціях.

Аналіз публікацій та досліджень встановив, що у вказаних фермах поздовжні зусилля майже не змінюються, але виникають значні згинальні моменти. Ці елементи можна розглядати як позацентрово-стиснуті/розтягнені. Цей фактор призводить до втрати міцності поясів, і ферми не можуть витримувати додаткові навантаження, які виникають через згинальні моменти.

У висновках підкреслено важливість ретельного аналізу та відновлення міцності ферм покриття після надзвичайних ситуацій. Розроблені рекомендації можуть бути корисними для забезпечення надійності та стабільності будівельної конструкції у подібних ситуаціях.

Ключові слова: конструкції покриття, надзвичайна ситуація, аналіз, дослідження.

Список публікацій

Результати дослідження опубліковано в матеріалах науково-практичної студентської конференції. // Рошко В.І., Резніченко Є.А., Роговий С.І. ДОСЛІДЖЕННЯ НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ ТА ВИЗНАЧЕННЯ СПОСОБІВ ПІДСИЛЕННЯ ФЕРМ ПОКРИТТЯ, ЩО ДЕФОРМОВАНІ (ВИГІН НИЖНЬОГО ПОЯСУ З ПЛОЩИНИ) // Матеріали Всеукраїнської наукової конференції студентів та аспірантів, присвяченої Міжнародному дню студента (13-17 листопада 2023 р.) – Суми, 2023.

В додатках наведено: розрахунок снігового навантаження.

Структура роботи

Робота складається з основного тексту на 66 сторінках, у тому числі 47 таблиць, 59 рисунків. Текст роботи містить загальну характеристику роботи, 2 розділи, висновки і рекомендації за результатами роботи, список з 12 використаних джерел, 1 додатку на 5 сторінках. Графічна частина складається з 5 аркушів креслень та 2 плакатів.

ЗМІСТ

1. Загальна характеристика роботи.....	7
1.1. Актуальність теми	7
1.2. Мета і завдання дослідження.....	7
1.3. Об'єкт дослідження.....	7
1.4. Предмет дослідження	7
1.5. Методи дослідження.....	8
1.6. Практичне значення одержаних результатів	8
1.7. Апробація та публікація роботи.....	8
2. Дослідження напружено деформованого стану та конструктивні розрахунки	9
2.1. Коротка характеристика будівлі та предмету дослідження	9
2.1.1. Генеральний план	9
2.1.2. Об'ємно-планувальне рішення	10
2.1.3. Архітектурно-конструктивні рішення	10
2.1.3.1. Фундаменти.....	11
2.1.3.2. Колони	12
2.1.3.3. Фахверкові стійки.....	12
2.1.3.4. Кроквяні конструкції.....	13
2.1.3.5. Перекриття	13
2.1.3.6. Зовнішні огорожуючі конструкції	13
2.1.3.7. Сходи	14
2.1.3.8. Ворота, двері, вікна	15
2.1.3.9. Покрівля.....	16
2.1.3.10. Підлоги	17
2.1.4. Опорядження приміщень	17
2.2. Опис предмету дослідження.....	18
2.3. Методика дослідження.....	20
2.4. Результати дослідження.....	56
2.5. Висновки.....	60
Додаток А. Розрахунок снігового навантаження	61

Список використаної літератури

1. Загальна характеристика роботи

1.1. Актуальність теми

В наслідок надзвичайної ситуації виникли механічні пошкодження конструкцій покриття, що призвели до видимого вигинання конструкцій з площини. Такі події потребують негайних заходів для відновлення та ремонту пошкоджених конструкцій, а також для забезпечення стабільності та безпеки споруди.

1.2. Мета і завдання дослідження

Метою та завданням є перевірка конструкцій покриття через наслідки надзвичайної ситуації. Отримання результатів розрахунку конструкцій покриття, виконання заходів щодо нормальної експлуатації конструкцій. В результаті виконання цього завдання очікується забезпечення надійності та безпеки конструкцій покриття, а також планування подальших заходів для забезпечення їхньої нормальної експлуатації.

1.3. Об'єкт дослідження

Об'єктом дослідження в даній магістерській роботі є напружено-деформований стан конструкцій покриття внаслідок несподіваної надзвичайної ситуації.

1.4. Предмет дослідження

Головним об'єктом нашого дослідження є ферми, що отримали механічні деформації в результаті надзвичайної ситуації. Мета - вивчити та оцінити руйнівний вплив цієї надзвичайної ситуації на структуру та функціональність ферм покриття, та виконати ряд заходів для забезпечення нормальної експлуатації з існуючими деформаціями в подальшому.

1.5. Методи дослідження

Було використано такий метод дослідження як теоретичний, на основі якого проведено аналіз НДС, виконання порівняння отриманих результатів напружено-деформованого стану ферм після надзвичайної ситуації

Було використано, для дослідження, програмний комплекс SKAD Office 23.

1.6. Практичне значення одержаних результатів

Отримання результатів дослідження, виконання заходів для забезпечення нормальної експлуатації. Дії, які будуть вжиті на основі цих результатів, спрямовані на забезпечення нормальної експлуатації конструкцій в теперішній ситуації.

1.7. Апробація та публікація роботи

Результати дослідження опубліковано в матеріалах науково- практичної студентської конференції. // Рошко В.І., Резніченко Є.А., Роговий С.І. ДОСЛІДЖЕННЯ НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ ТА ВИЗНАЧЕННЯ СПОСОБІВ ПІДСИЛЕННЯ ФЕРМ ПОКРИТТЯ, ЩО ДЕФОРМОВАНІ (ВИГІН НИЖНЬОГО ПОЯСУ З ПЛОЩИНИ) // Матеріали Всеукраїнської наукової конференції студентів та аспірантів, присвяченої Міжнародному дню студента (13-17 листопада 2023 р.) – Суми, 2023.

2. Дослідження напружено деформованого стану та конструктивні розрахунки

2.1. Коротка характеристика будівлі та предмету дослідження

2.1.1. Генеральний план

Генеральний план розроблений відповідно до [1].



Місце розташування об'єкту:
м. Тростянець, Сумської області

Відомості про об'єкт відповідно до [2]:

Клас відповідальності – СС2.

Ступінь вогнестійкості – Ша

Характеристика району розміщення об'єкту розроблені відповідно до [3,4]:

1. Характеристичне значення ваги снігового покриття - ~ 1800 Па;
2. Характеристичне значення вітрового напору - ~ 450 Па;
3. Температура зовнішнього повітря найбільш холодної п'ятиднівки – мінус 27°C ;
4. Нормативна глибина промерзання - 1,2 м.
5. Сейсмічність – відсутня

2.1.2. Об'ємно-планувальне рішення

Будівля корпусу з прибудовами в плані має складну форму, загальні розміри по вісях 318x30 м. До прибудов відноситься адміністративна частина, розміри по осях становлять 90x15 м, та склад готової продукції з розмірами по осях 36x30 м.

Для дослідження ми обрали частину будівлі корпусу, а саме частину в осях 38-54/А-Е, оскільки саме там відбулась надзвичайна ситуація. За специфікацією приміщень – це ділянка пакування готової продукції.

Загальна висота обраної частини – 11,11 м. Приміщення ділянки пакування має два поверхи. Висота до перекриття – 3,7 м. Висота поверху дорівнює 4,5 м. Висота до низу кроквяних конструкцій – 8,0 м., до верху конструкцій – 10,81 м.

Сполучення між поверхами здійснюється за допомогою збірних залізобетонних маршів з майданчиками. Ззовні для доступу до ділянки пакування на другий поверх встановлено металеві сходи. В осях 53-54 / Г/1-Д встановлено вантажну гідравлічну підймальну площадку, вантажопідйомність якої становить 2,0 т.

По осі Е обраної частини корпусу встановлено протипожежні сендвіч-панелі товщиною 120 мм. Для розмежування ділянок корпусу по осі 38 встановлено фахверкові стійки, на які закріплені сендвіч-панелі. В сендвіч-панелях на другому поверсі ділянки пакування встановлені віконні блоки.

2.1.3. Архітектурно-конструктивні рішення

Конструктивна схема будівлі – рамно-каркасна. Просторова жорсткість будівлі забезпечується роботою самого каркаса, рами якого сприймають як горизонтальні, так і вертикальні навантаження.

Фундаменти – пальові, квадратного перерізу, з монолітними ростверками.

Колони – залізобетонні, прямокутного перерізу. Між колонами влаштовано вертикальні просторові зв'язки.

Фахверкові стійки – прокатний металевий профіль.

Зовнішні огорожуючі конструкції виконані із сендвіч-панелей синього кольору, товщиною 120 мм, внутрішні огорожуючі конструкції – сендвіч-панелі сірого кольору, товщиною 120 мм.

Стіни сходових клітин [12] – цегляні, товщиною 250 мм, 380 мм.

Сходи – збірні залізобетонні марші, шириною 1,15 м.

Перекрыття, адміністративної частини, монолітне залізобетонне, товщиною 200 мм, перекрыття ділянки пакування готової продукції – монолітно-балкове. Товщина плити – 200 мм, балки монолітні залізобетонні прямокутного перерізу, мають розміри 400x600(h) мм.

Кроквяні конструкції – металеві ферми індивідуального виготовлення.

Покрівля – рулонна, з утеплювачем, по профільованому листу.

Вікна – полівінілхлоридні, із двокамерним склінням, та з полікарбонатним заповненням. Глухі, одно-, двостулкові.

Двері зовнішні – металеві, протипожежні.

Двері внутрішні – металеві протипожежні, полівінілхлоридні, глухі та із склінням.

Ворота – металеві підйомні, металеві протипожежні відкотні.

Перегородки [12] (в адміністративній частині) – цегляні товщиною 120 мм., гіпсокартоні по металевому профілю, товщиною 100 мм.

Підлоги – епоксидна наливна підлога з кольоровим пігментом, в санвузлах, душових – керамічна плитка, в кабінетах адміністративної частини – лінолеум.

По периметру покрівлі встановлено огороження. Влаштовано організований відвід опадів з покрівлі. Влаштовано металеві пожежні драбини.

По периметру, для розвантаження сировини, завантаження готової продукції влаштовано перевантажувальні платформи "Normann".

2.1.3.1. Фундаменти

Фундаменти [5] частини корпусу, а саме ділянки пакування готової продукції виконані у вигляді так званих пальових кущів. Переріз паль – 300x300 мм. Кількість паль у кущі – 3÷5шт. Оголовки паль об'єднані ростверком. Ростверки під колони середніх рядів мають розміри в плані

1,5x2,4 м. Ростверки під колони крайніх рядів мають розміри 1,5x1,5 м. загальна висота ростверку дорівнює 1,0 м.

Глибина залягання ростверку – 1,2 м.

По осі 54 розташовані фундаменти під фахверкові стійки. В осях 53-54/В-Г влаштовано палі під сходову клітину.

По осі А, осі 54, осі Е в осях 43-48 корпусу між ростверками влаштовані підпірні стінки з монолітного залізобетону.

2.1.3.2. Колони

Колони [6] виконано залізобетонними, переріз колон становить 400x600 мм. Оголовок колон крайнього ряду знаходиться на відм. +8,4 м. В колонах передбачені закладні деталі, котрі використовуються для закріплення ферм покриття. Також передбачені закладні деталі для кріплення стінових панелей. Армування колон крайнього ряду: 6 стержнів Ø25 кл. арматури А400С, 2 стержня Ø16 , кл. А400С, поперечне армування Ø8 , кл. А240С. Використовується бетон кл. С20/25.

Оголовок колон середнього ряду знаходиться на відм. +4,3 м. Армування колон наступне: 4 стержня Ø18 , кл. А400С, 2 стержня Ø16 , кл. А400С, поперечне армування Ø8 , кл. А240С, клас бетону С20/25.

По осі 48 крайні колони розташовані попарно.

2.1.3.3. Фахверкові стійки

Фахверкові стійки встановлені в місцях влаштування воріт, для навішування стінових панелей з торця корпусу, а також для розділення функціональних зон всередині корпусу.

Фахверкові стійки виконані із профільованої труби квадратного перерізу 140x140 мм.

Стойки захищені від корозією лакофарбовим покриттям.

2.1.3.4. Кроквяні конструкції

В якості кроквяних конструкцій використовуються металеві трапецевидні ферми покриття. Довжина ферми – 30,0 м, висота – 2,6 м. Верхній пояс виконаний із спарених швелерів №22 та №24, нижній пояс – спарені швелери №20 та №22, опорні розкоси – із квадратної труби 100х5, елементи решітки виконані із квадратної труби перерізами 100х4 та 100х3.

Кожна ферма розділена на три частини, які скріплені між собою болтовим з'єднанням. Використані високоміцні болти М24.

Відмітка низу конструкцій дорівнює +8,1 м.

По верхнім та нижнім поясам ферм влаштовані в'язі та розпорки.

2.1.3.5. Переkritтя

Переkritтя [6] другого поверху ділянки пакування виконано із монолітних балок та монолітної плити, які влаштовані разом. В армування балок передбачено випуски у колони каркасу. Армування плити зв'язане з армуванням балок. Це дає нам жорсткість конструкції та її роботу як одного цілого.

Товщина плити – 200 мм, переріз балок – прямокутний, розмірами 400х600(h). Використано бетон кл. С20/25.

2.1.3.6. Зовнішні огорожуючі конструкції

В якості зовнішніх огорожувальних конструкцій використовуються сендвіч-панелі товщиною 120 мм. Висота панелей становить 1,1 м, довжина 5,98 м. Стінові панелі закріплені самонарізуючими гвинтами.

Зовні сендвіч-панелі покриті полімерним покриттям, в середині влаштований утеплювач з мінераловатних плит.

По осі Е встановлені протипожежні сендвіч-панелі товщиною 120 мм.

Внутрішні сендвіч-панелі товщиною 80 мм.

Для встановлення віконних та дверних блоків в панелях виконані обрамлені прорізи.

Специфікація сендвіч-панелей

Табл. 2.1.3.6.1.

Марка, поз.	Позначення	Найменування	Кіл.	Маса, т	Примітки
1	2	3	4	5	6
1	Сендвіч-панелі SPB120W 120мм ДСТУ Б В.2.672:2008; ДБН.2.6-31:2006	LxH, 6410x1100	10	1579,4	
2	Сендвіч-панелі SPB120W 120мм ДСТУ Б В.2.672:2008; ДБН.2.6-31:2006	LxH, 5980x1100	195	228732,70	
4	Сендвіч-панелі SPB120W 120мм ДСТУ Б В.2.672:2008; ДБН.2.6-31:2006	LxH, 6490x1100	6	959,48	
21	Сендвіч-панелі SPB120W 120мм ДСТУ Б В.2.672:2008; ДБН.2.6-31:2006	LxH, 5530x1100	2	272,52	
23	Сендвіч-панелі SPB120W 120мм ДСТУ Б В.2.672:2008; ДБН.2.6-31:2006	LxH, 1140x1100	1	28,09	
28	Сендвіч-панелі SPB120W 120мм ДСТУ Б В.2.672:2008; ДБН.2.6-31:2006	LxH, 1400x1100	2	68,99	
30	Сендвіч-панелі SPB120W 120мм ДСТУ Б В.2.672:2008; ДБН.2.6-31:2006	LxH, 400x1100	26	256,26	
31	Сендвіч-панелі SPB120W 120мм ДСТУ Б В.2.672:2008; ДБН.2.6-31:2006	LxH, 200x1100	2	9,86	
34	Сендвіч-панелі SPB120W 120мм ДСТУ Б В.2.672:2008; ДБН.2.6-31:2006	LxH, 6630x1100	10	1633,63	

2.1.3.7. Сходи

Для забезпечення сполучення між поверхами будівлі запроектовано збірні залізобетонні марші [7], з майданчиками марки ЛМП57.11.15-5. Вони розташовані в середині будівлі по вісі 54 в осях Д-Е. Для безпечного пересування передбачено огороження, котре виконано по індивідуальному замовленню.

По осі А в осях 46-47 по зовнішній стороні розташовані металеві сходи, виконані по серії 1.450.3-6.0-1 для доступу до другого ярусу ділянки пакування готової продукції. По осі 54, вісі А розташовані ганки для входу до будівлі. Ганки виконані із сталевого металопрокату.

2.1.3.8. Ворота, двері, вікна

У корпусі встановлено зовнішні [8] та внутрішні двері. Для доступу автотранспортних засобів по осі 54 в осях В-Г виконано металеві підйомні ворота. Всі двері та ворота виконані по індивідуальному замовленню.

Місця прилягання коробок до конструкцій зовнішніх стін заповнені синтетичними матеріалами, що спінуються. Усі стулки укомплектовані ущільнювальними прокладками, котрі виконані з морозостійких матеріалів. Глухі частини утеплені теплоізоляційними матеріалами.

Специфікація дверей

Табл. 2.1.3.8.1.

Марка, поз.	Позначення	Найменування	Кіл.	Примітка
1	2	3	4	6
Двері				
1	1180x2090h (отвір 1200x2100h)	Зовнішні, металеві	5	ліві
11	1150x2100h (отвір 1190x2110h)	Внутрішні, металеві, зі склінням	2	праві
15	1780x2090h (отвір 1800x2100h)	Внутрішні, металеві, протипожежні	1	праві
16	1180x2090h (отвір 1200x2100h)	Внутрішні, металеві, протипожежні	1	праві
21	1180x2090h (отвір 1200x2100h)	Внутрішні, металеві, протипожежні, зі склінням	1	праві
25	880x2090h (отвір 900x2100h)	Зовнішні, металеві	1	ліві
Ворота				
5	(отвір 5000x3300h)	Зовнішні, металеві	1	підйомні
17	(отвір 3000x3000h)	Внутрішні, металеві, протипожежні	1	відкотні швидкісні

Вікна [8] виконано із ПВХ та встановлено в два рівні. Окремі вікна мають заповнення із полікарбонату. Вікна виконано як глухими так і з створками. Для вентиляції використовуються створки вікон, що повністю відкриваються.

Специфікація вікон

Табл. 2.1.3.8.2.

Марка, поз.	Позначення	Найменування	Кіл.	Примітки
1	2	3	4	6
ОК-1	56-11h	Полівінілхлоридні, "Lexan" (полікарбонат)	18	
ОК-1.1.	56-11,8h	Полівінілхлоридні, "Lexan" (полікарбонат)	2	
ОК-1.2.	56-11,8h	Полівінілхлоридні, "Lexan" (полікарбонат)	4	
ОК-2	42-11h	Полівінілхлоридні, "Lexan" (полікарбонат)	1	
ОК-2.1.	42-11,8h	Полівінілхлоридні, "Lexan" (полікарбонат)	4	
ОК-3	56-11h	Полівінілхлоридні, "Lexan" (полікарбонат)	5	
ОК-8	15-15h	Полівінілхлоридні, подвійний склопакет з тонуванням	3	
ОК-9	14-11h	Полівінілхлоридні, подвійний склопакет з тонуванням	2	
ОК-13	51-11h	Полівінілхлоридні, "Lexan" (полікарбонат)	4	
ОК-14	49,5-11h	Полівінілхлоридні, "Lexan" (полікарбонат)	1	

2.1.3.9. Покрівля

Покрівля [9] має такий склад:

- ПВХ мембрана – 1,2...1,5мм;
- мінеральна вата – 20мм, $\rho=180\text{кг/м}^3$;
- мінеральна вата – 130мм, $\rho=110\text{кг/м}^3$;
- паробар'єр – 1 шар;
- профільований лист RAN-153 PE $t=1,0\text{мм}$;
- металеві конструкції покриття.

Для відведення атмосферних опадів з даху передбачена водостічна система. Ухил покрівлі становить 10,5%. На покрівлі передбачено металеве огородження.

На покрівлі ділянки пакування продукції, передбачено встановлення ліхтарів для димовиведення та системи вентиляції. Ці обладнані забезпечують оптимальні умови для забезпечення безпеки та комфорту працівників, а також

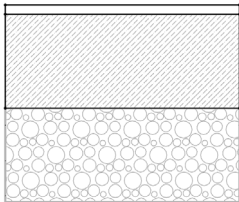
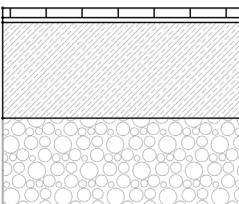
для забезпечення нормального функціонування обладнання та зберігання продукції. Ліхтарі для димовиведення призначені для відведення диму та шкідливих викидів з приміщення.

2.1.3.10. Підлоги

Покриття підлоги [10] у приміщенні ділянки пакування готової продукції, на першому та другому рівнях – епоксидна наливна підлога з додавання кольорового пігменту. Покриття підлоги сходової клітки виконано із керамічної плитки.

Специфікація підлог

Табл. 2.1.3.10.1.

№ приміщення	Тип підлоги	Схема підлоги	Конструкція підлоги	Площа, м ²
1	2	3	4	5
120	1		Покриття – епоксидна наливна підлога (колір по кольоровій гамі від Укрянбуд WCP 94) 2-2,5мм; Підстилаючий шар – бетонна плита, арматурна сітка Ø14 А300С чарунка 200х200мм; Плівка поліетиленова 200мкр – 1 шар; Основа – ущільнений щебінь.	6768,36
123, 169, 170, 172	2		Покриття – керамічна плитка на клею чому складі (Ceresit C11) 15мм; Підстилаючий шар – бетонна плита, арматурна сітка Ø14 А300С чарунка 200х200мм; Плівка поліетиленова 200мкр – 1 шар; Основа – ущільнений щебінь.	42,94

2.1.4. Опорядження приміщень

Опорядження внутрішніх поверхонь стін, стелі, колон, 1-го поверху ділянки пакування готової продукції виконане із фарби водоемульсійної, теплого тону.

Сходова клітка, що знаходиться в ділянці пакування має опорядження стелі, стін з водоемульсійної фарби теплих тонів. Опорядження підлоги з керамічної плитки теплого тону.

Опорядження внутрішніх поверхонь колон 2-го поверху ділянки пакування готової продукції виконане із 2-х шарів фарби Ceresit, теплого тону.

2.2. Опис предмету дослідження

Для дослідження було обрано дві ферми, із викривленням нижнього поясу 10 та 15 см. Ферма із зміщенням 10 см розташована по осі 51. Ферма із зміщенням 15 см розташована по осі 43.

Ферма - це решітчаста наскрізна конструкція, яка складається з окремих прямолінійних стержнів, з'єднаних між собою у вузлах, які утворюють геометрично незмінну систему. Навантаження на ферму прикладається здебільшого у вузлах, тому в окремих стержнях виникають тільки поздовжні зусилля стиску або розтягу при роботі ферми на згин. Завдяки цьому метал у фермах використовується раціональніше, ніж у балках, тобто вони легші за масою, економніші, проте більш трудомісткі у виготовленні.

Зазвичай розрахунок розпочинають з виконання розрахункової схеми ферми та вибору варіантів спирання. Розрахункова схема ферми має вигляд осьових ліній стержнів, вузлові з'єднання яких умовно шарнірні.

Кроквяні ферми розраховують на такі види навантажень, які передаються у вигляді зосереджених сил у вузлах ферми: постійне навантаження від маси покрівлі та власної маси конструкцій; тимчасове навантаження від снігу, вітру, навантаження від підвісного підйомно-транспортного обладнання.

Більшість цих навантажень рівномірно розподілені. Їх підраховують спочатку на один квадратний метр, потім визначають площу навантаження, яка припадає на один вузол, і вже після цього знаходять зосереджену силу, прикладену у кожному вузлі.

Раціональний кут нахилу решітки до нижнього поясу становить $35...50^\circ$.

Після складання розрахункової схеми, та збору навантаження у вузли ферми, можна приступати до розрахунку. Розрахунок розпочинається з визначення опорних реакцій. Потім, методом вирізання вузлів, знаходять внутрішні зусилля у вузлах, складаючи рівняння рівноваги. В разі наявності шпренгельної решітки, розрахунок починають без її врахування. Після знаходження зусиль в основних елементах ферми, вирізають окремо вузол зі шпренгельною решіткою, та знаходять окремо зусилля в ній.

Під час проектування стержні ферм центруються у вузлах на осях, які проходять через центри їх маси з округленням до 5 мм. Осьові лінії стержнів ферм у вузлах повинні сходитися в одній точці, інакше у вузлі виникне додатковий момент $M = N \cdot e$, який буде згинати стержні, що сходяться у вузлі.

Для зменшення зварних напружень у вузлах ферм з листовими фасонками стержні решітки не доводяться до поясів на відстань $a = 6t - 20$ мм, але не більше 80 мм; t — товщина фасонки. Між торцями з'єднаних елементів поясів ферм залишається відстань не менше 50 мм.

Кроквяні ферми прольотом 18...36 м проектують у вигляді двох відправкових елементів з монтажними стиками в середніх вузлах. Стики доцільно проектувати так, щоб ліва і права півферма були взаємозамінними.

У стержнях з двох кутників, сумісна робота елементів забезпечується постановкою між ними з'єднувальних листових планок. За довжиною стиснених стержнів планки розміщуються з кроком $\leq 40i_x$, де i_x — радіус інерції кутника відносно осі $x-x$, а для розтягнутих елементів — з кроком $\leq 80i_x$. Товщина планок дорівнює товщині основних вузлових фасонок ферми.

2.3. Методика дослідження

Збір навантажень від покрівлі на 1м^2

Табл. 2.3.1.

Навантаження	Характеристичне значення	Експлуатаційне значення кгс/м^2	γ_f	Граничне розрахункове значення кгс/м^2	Примітка
<i>Постійне</i>					
ПВХ мембрана	2,15	2,15	1,2	2,58	
Мінеральна вата $\delta=0,02\text{м.}$, $\gamma=180\text{кгс/м}^3$	3,6	3,6	1,2	4,32	
Мінеральна вата $\delta=0,13\text{м.}$, $\gamma=110\text{кгс/м}^3$	14,3	14,3	1,2	17,16	
Паробар'єр	0,10	0,10	1,2	0,12	
Профільований лист RAN-153 PE	14,51	14,51	1,2	17,41	
Корисне навантаження (п.9в табл.6.2. ДБН В.1.2-2:2006)	50	50	1,3	65	
Всього		84,66		106,59	

Згідно [4] гранично-розрахункове значення ваги конструкцій визначається множенням характеристичного значення на коефіцієнт надійності за граничним навантаженням γ_{fm} , наведений у табл. 5.1.

У дослідженні використано дві ферми типу ФМ-1, по осі 43 та 51 оскільки вони зазнали механічного впливу внаслідок непередбачуваної надзвичайної ситуації.

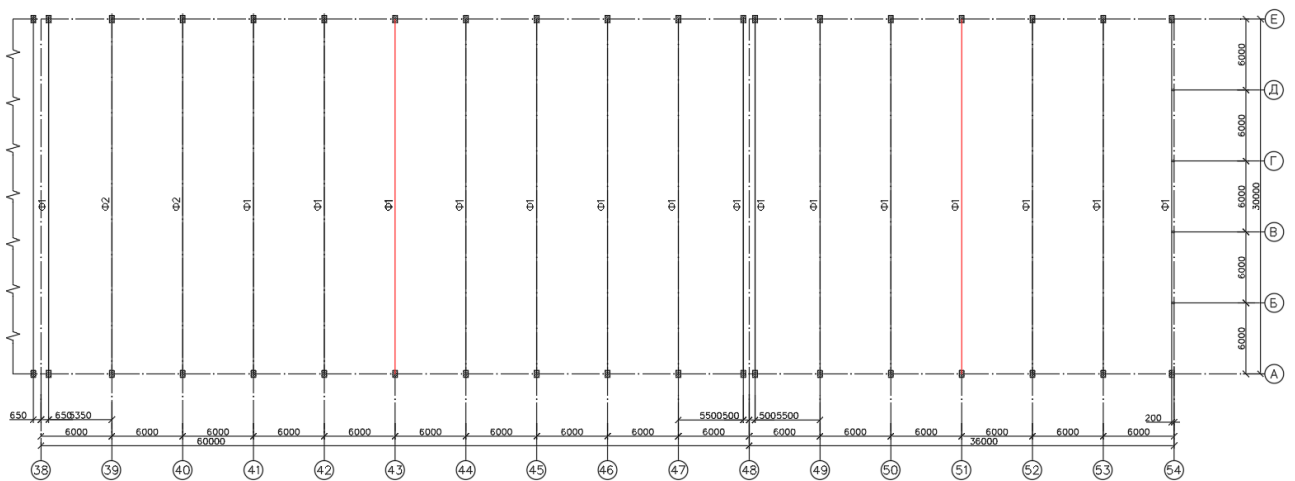


Рисунок 2.3.1. Схема ферм що підлягали дослідженню.

Для дослідження ферм покриття необхідно навантаження на 1 м^2 перевести у вузлове навантаження.

Кожна ферма має 11 вузлів прикладання навантаження.

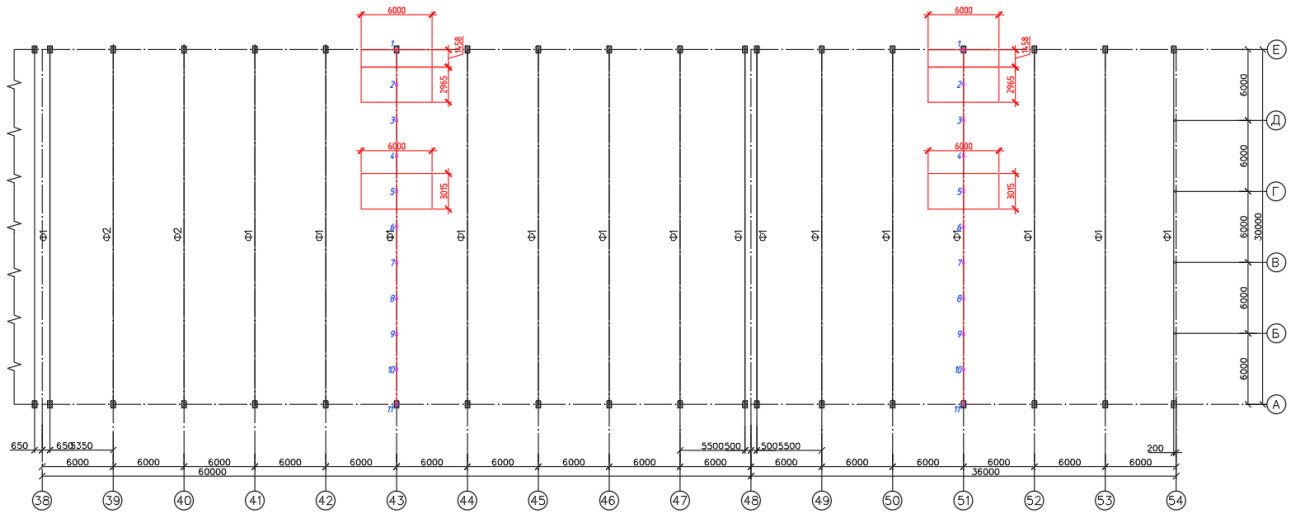


Рисунок 2.3.2. Схема ферм з розташуванням вузлів прикладання навантаження.

Для вузлів 1 та 11 ферм вантажна площа буде однакою, оскільки їх вантажні площі також однакові. Вантажна площа – $8,75 \text{ м}^2$.

Для вузлів 2 та 10 ферм вантажна площа буде однакою, оскільки їх вантажні площі також однакові. Вантажна площа – $17,79 \text{ м}^2$.

Для вузлів 3-9 ферм вантажна площа буде однакою, оскільки їх вантажні площі також однакові. Вантажна площа – $18,09 \text{ м}^2$.

Вузлове навантаження визначаємо за формулою:

$$N_{\text{вузл}} = S_{\text{вант}} \times N,$$

де $S_{\text{вант}}$ – вантажна площа вузла;

N – навантаження.

Знаходимо вузлове навантаження від ваги покрівлі.

Граничне навантаження від ваги покрівлі:

Вузлове навантаження для вузлів 1, 11 ферм:

$$N_{\text{вузл}} = 8,75 \times 106,59 = 932,66 \text{ кгс};$$

Вузлове навантаження для вузлів 2, 10 ферм:

$$N_{\text{вузл}} = 17,79 \times 106,59 = 1896,24 \text{ кгс};$$

Вузлове навантаження для вузлів 3-9 ферм:

$$N_{\text{вузл}} = 18,09 \times 106,59 = 1928,21 \text{ кгс};$$

Експлуатаційне навантаження від ваги покрівлі:

Вузлове навантаження для вузлів 1, 11 ферм:

$$N_{\text{вузл}} = 8,75 \times 84,66 = 740,78 \text{ кгс};$$

Вузлове навантаження для вузлів 2, 10 ферм:

$$N_{\text{вузл}} = 17,79 \times 84,66 = 1506,10 \text{ кгс};$$

Вузлове навантаження для вузлів 3-9 ферм:

$$N_{\text{вузл}} = 18,09 \times 84,66 = 1531,50 \text{ кгс};$$

Розраховуємо гранично розрахункове навантаження від ваги снігового покриву:

Вузлове навантаження для вузлів 1, 11 ферм:

$$N_{\text{вузл}} = 8,75 \times 205,2 = 1795,5 \text{ кгс};$$

Вузлове навантаження для вузлів 2, 10 ферм:

$$N_{\text{вузл}} = 17,79 \times 205,2 = 3650,51 \text{ кгс};$$

Вузлове навантаження для вузлів 3-9 ферм:

$$N_{\text{вузл}} = 18,09 \times 205,2 = 3712,07 \text{ кгс};$$

Розраховуємо експлуатаційне навантаження від ваги снігового покриву:

Вузлове навантаження для вузлів 1, 11 ферм:

$$N_{\text{вузл}} = 8,75 \times 88,2 = 771,75 \text{ кгс};$$

Вузлове навантаження для вузлів 2, 10 ферм:

$$N_{\text{вузл}} = 17,79 \times 88,2 = 1569,08 \text{ кгс};$$

Вузлове навантаження для вузлів 3-9 ферм:

$$N_{\text{вузл}} = 18,09 \times 88,2 = 1595,54 \text{ кгс};$$

Після, за допомогою програмного забезпечення «SCAD Office» отримали такі результати:

- для недеформованої ферми:

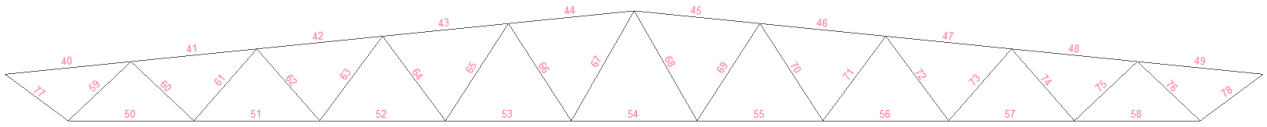


Рисунок 2.3.3. Схема недеформованої ферми із зазначенням номерів елементів.

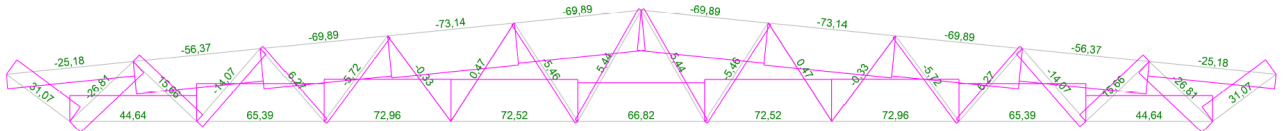


Рисунок 2.3.4. Схема недеформованої ферми із зазначенням величин зусиль.

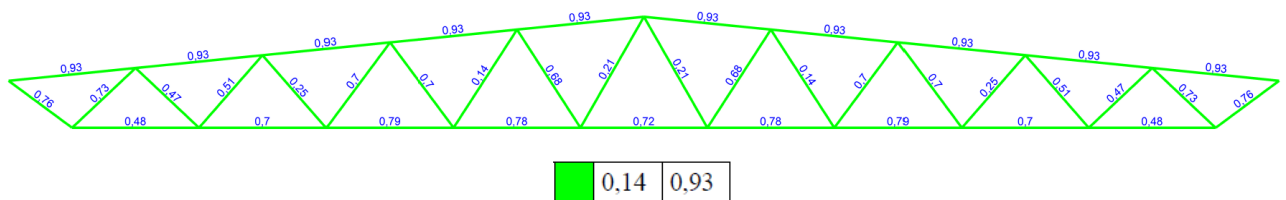
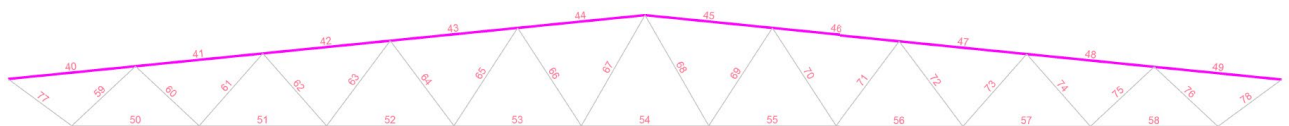


Рисунок 2.3.5. Схема недеформованої ферми із зазначенням величини критичного фактору K_{\max}



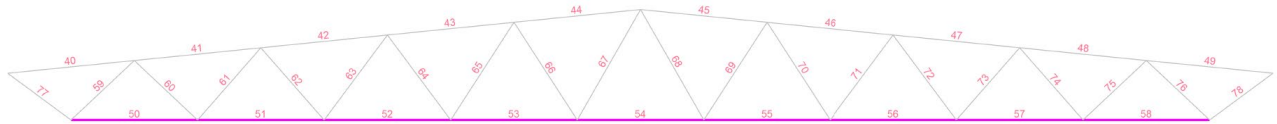
Екстремальні значення факторів. Група ВП

Табл. 2.3.2.

Перевірка	Фактор	Мінімум			Максимум		
		Елемент	Значення	Комбінація	Елемент	Значення	Комбінація
пп. 8.1.3, 8.1.5, 8.2.2, 8.2.5	Загальна стійкість наскрізного стержня при центральному стискові у площині XOY	40	0,26	L1+L2+L3~ Переріз 1	43	0,75	L1+L2+L3~ Переріз 1
пп. 8.1.3, 8.1.5, 8.2.2, 8.2.5	Загальна стійкість наскрізного стержня при центральному стискові у площині XOZ	40	0,24	L1+L2+L3~ Переріз 1	43	0,68	L1+L2+L3~ Переріз 1

Продовження табл. 2.3.2.

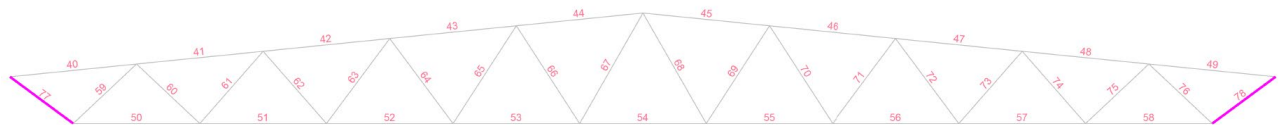
п. 9.2.1	Міцність вітки при дії згинального моменту M_y	40	0,01	L1+L2~ Переріз 2	40	0,01	L1+L2~ Переріз 2
п. 9.2.1	Міцність вітки при дії згинального моменту M_z	40	0,03	L1+L2+L3~ Переріз 1	43	0,08	L1+L2+L3~ Переріз 1
пп. 9.2.1, 9.2.3	Міцність вітки при дії поперечної сили V_z	40	2,6e-003	L1+L2~ Переріз 1	40	2,6e-003	L1+L2~ Переріз 1
п. 10.1.1, 10.3.3	Міцність вітки при сумісній дії поздовжньої сили та згинальних моментів без врахування пластики	40	0,27	L1+L2+L3~ Переріз 2	43	0,77	L1+L2+L3~ Переріз 2
пп. 8.1.3, 8.2.3-8.2.5	Стійкість вітки при стисковій у площині XOY	40	0,24	L1+L2+L3~ Переріз 1	43	0,68	L1+L2+L3~ Переріз 1
пп. 8.1.3, 8.2.3-8.2.5	Стійкість вітки при стисковій у площині XOZ	40	0,27	L1+L2+L3~ Переріз 1	43	0,78	L1+L2+L3~ Переріз 1
п. 10.1.1	Згин вітки у двох головних площинах	40	0,25	L1+L2+L3~ Переріз 2	43	0,72	L1+L2+L3~ Переріз 2
пп. 10.2.4, 10.2.5, 10.2.8, 10.3.3- 10.3.5	Стійкість вітки з площини дії моменту M_y при позацентровому стисковій	40	0,06	L1+L2~ Переріз 2	40	0,06	L1+L2~ Переріз 2
пп. 10.2.4, 10.2.5, 10.2.8, 10.3.3- 10.3.5	Стійкість вітки з площини дії моменту M_z при позацентровому стисковій	40	0,27	L1+L2+L3~ Переріз 1	43	0,78	L1+L2+L3~ Переріз 1
п. 13.4.1	Гранична гнучкість у площині XOY	40	0,26	L1+L2~ Переріз 1	40	0,26	L1+L2~ Переріз 1
п. 13.4.1	Гранична гнучкість у площині XOZ	40	0,23	L1+L2~ Переріз 1	40	0,23	L1+L2~ Переріз 1
пп. 8.3.2, 9.5.1-9.5.8, 10.4.2, 10.4.5	Гранична гнучкість стінки вітки з умови місцевої стійкості	40	0,93	L1+L2~ Переріз 1	40	0,93	L1+L2~ Переріз 1
пп. 8.3.7, 9.5.14, 10.4.6, 10.4.7	Гранична гнучкість звису полиці вітки з умови місцевої стійкості	2	0,46	L1+L2~ Переріз 1	40	0,54	L1+L2~ Переріз 2



Екстремальні значення факторів. Група НП

Табл. 2.3.3.

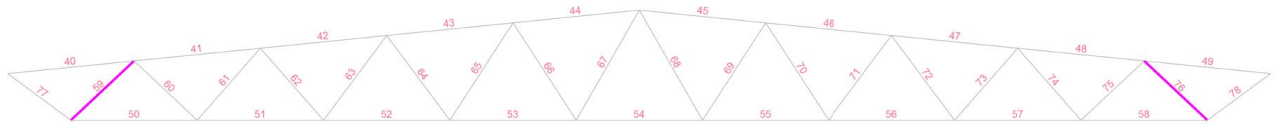
Перевірка	Фактор	Мінімум			Максимум		
		Елемент	Значення	Комбінація	Елемент	Значення	Комбінація
п. 9.2.1	Міцність вітки при дії згинального моменту M_y	50	0,01	L1+L2+L3~ Переріз 2	50	0,01	L1+L2+L3~ Переріз 2
пп. 9.2.1, 9.2.3	Міцність вітки при дії поперечної сили V_z	50	2,61e-003	L1+L2+L3~ Переріз 1	50	2,61e-003	L1+L2+L3~ Переріз 1
п. 10.1.1, 10.3.3	Міцність вітки при сумісній дії поздовжньої сили та згинальних моментів без врахування пластики	50	0,48	L1+L2+L3~ Переріз 2	52	0,79	L1+L2+L3~ Переріз 2
пп. 8.1.1, 8.2.1	Міцність вітки при розтягу	50	0,48	L1+L2+L3~ Переріз 1	52	0,78	L1+L2+L3~ Переріз 1
п. 13.4.1	Гранична гнучкість у площині XOY	50	0,1	L1+L2+L3~ Переріз 1	50	0,1	L1+L2+L3~ Переріз 1
п. 13.4.1	Гранична гнучкість у площині XOZ	50	0,09	L1+L2+L3~ Переріз 1	50	0,09	L1+L2+L3~ Переріз 1



Екстремальні значення факторів. Група ОР

Табл. 2.3.4.

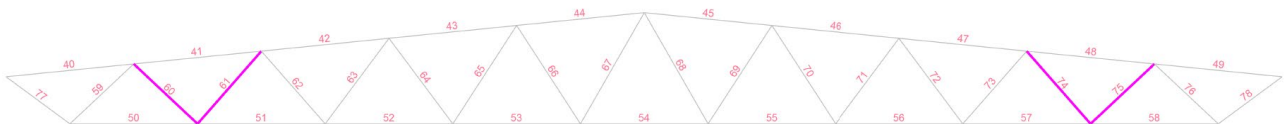
Перевірка	Фактор	Мінімум			Максимум		
		Елемент	Значення	Комбінація	Елемент	Значення	Комбінація
п. 8.1.1	Міцність елемента	77	0,76	L1+L2+L3~ Переріз 1	77	0,76	L1+L2+L3~ Переріз 1
п. 13.4.1	Гранична гнучкість з площини ферми	77	0,12	L1+L2+L3~ Переріз 1	77	0,12	L1+L2+L3~ Переріз 1
п. 13.4.1	Гранична гнучкість у площині ферми	77	0,12	L1+L2+L3~ Переріз 1	77	0,12	L1+L2+L3~ Переріз 1



Екстремальні значення факторів. Група Р1

Табл. 2.3.5.

Перевірка	Фактор	Мінімум			Максимум		
		Елемент	Значення	Комбінація	Елемент	Значення	Комбінація
п. 8.1.1	Міцність елемента	59	0,66	L1+L2+L3~ Переріз 1	59	0,66	L1+L2+L3~ Переріз 1
п. 8.1.3	Стійкість елемента у площині ферми	59	0,7	L1+L2+L3~ Переріз 1	59	0,7	L1+L2+L3~ Переріз 1
п. 8.1.3	Стійкість елемента з площини ферми	59	0,73	L1+L2+L3~ Переріз 1	59	0,73	L1+L2+L3~ Переріз 1
пп. 8.3.2, 9.5.1-9.5.8, 10.4.2, 10.4.5	Гранична гнучкість стінки з умови місцевої стійкості	59	0,4	L1+L2~Переріз 1	59	0,4	L1+L2~Переріз 1
пп. 8.3.7, 9.5.14, 10.4.6, 10.4.7	Гранична гнучкість звису полиці (поясного листа) з умови місцевої стійкості	59	0,4	L1+L2~Переріз 1	59	0,4	L1+L2~Переріз 1
п. 13.4.1	Гранична гнучкість з площини ферми	59	0,32	L1+L2+L3~ Переріз 1	59	0,32	L1+L2+L3~ Переріз 1
п. 13.4.1	Гранична гнучкість у площині ферми	59	0,25	L1+L2+L3~ Переріз 1	59	0,25	L1+L2+L3~ Переріз 1



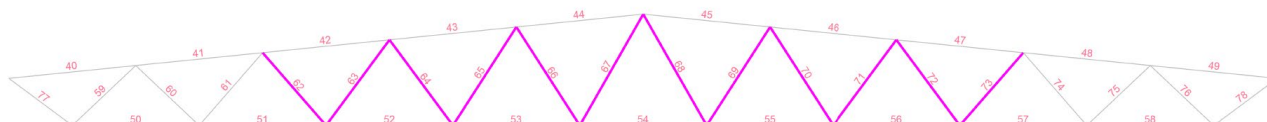
Екстремальні значення факторів. Група Р2

Табл. 2.3.6.

Перевірка	Фактор	Мінімум			Максимум		
		Елемент	Значення	Комбінація	Елемент	Значення	Комбінація
п. 8.1.1	Міцність елемента	61	0,42	L1+L2+L3~ Переріз 1	60	0,47	L1+L2+L3~ Переріз 1
п. 8.1.3	Стійкість елемента у площині ферми	61	0,46	L1+L2+L3~ Переріз 1	61	0,46	L1+L2+L3~ Переріз 1
п. 8.1.3	Стійкість елемента з площини ферми	61	0,48	L1+L2+L3~ Переріз 1	61	0,48	L1+L2+L3~ Переріз 1
пп. 8.3.2, 9.5.1-9.5.8, 10.4.2, 10.4.5	Гранична гнучкість стінки з умови місцевої стійкості	61	0,51	L1+L2~Переріз 1	61	0,51	L1+L2~Переріз 1

Продовження табл. 2.3.6.

пп. 8.3.7, 9.5.14, 10.4.6, 10.4.7	Гранична гнучкість звису полиці (поясного листа) з умови місцевої стійкості	61	0,51	L1+L2~Пер еріз 1	61	0,51	L1+L2~Пер еріз 1
п. 13.4.1	Гранична гнучкість з площини ферми	61	0,32	L1+L2~Пер еріз 1	61	0,32	L1+L2~Пер еріз 1
п. 13.4.1	Гранична гнучкість у площині ферми	60	0,11	L1+L2+L3~ Переріз 1	61	0,26	L1+L2~Пер еріз 1



Екстремальні значення факторів. Група РЗ

Табл. 2.3.7.

Перевірка	Фактор	Мінімум			Максимум		
		Елемент	Значення	Комбінація	Елемент	Значення	Комбінація
п. 8.1.1	Міцність елемента	64	0,01	L1+L2+L3~ Переріз 3	62	0,25	L1+L2+L3~ Переріз 1
п. 8.1.3	Стійкість елемента у площині ферми	64	0,01	L1+L2+L3~ Переріз 3	63	0,25	L1+L2+L3~ Переріз 1
п. 8.1.3	Стійкість елемента з площини ферми	64	0,02	L1+L2+L3~ Переріз 3	63	0,26	L1+L2+L3~ Переріз 1
пп. 8.3.2, 9.5.1-9.5.8, 10.4.2, 10.4.5	Гранична гнучкість стінки з умови місцевої стійкості	66	0,68	L1+L2~ Переріз 1	63	0,7	L1+L2~ Переріз 1
пп. 8.3.7, 9.5.14, 10.4.6, 10.4.7	Гранична гнучкість звису полиці (поясного листа) з умови місцевої стійкості	66	0,68	L1+L2~ Переріз 1	63	0,7	L1+L2~ Переріз 1
п. 13.4.1	Гранична гнучкість з площини ферми	63	0,35	L1+L2~ Переріз 1	69	0,39	L1+L2~ Переріз 1
п. 13.4.1	Гранична гнучкість у площині ферми	62	0,12	L1+L2+L3~ Переріз 1	69	0,31	L1+L2~ Переріз 1

- для ферми із зміщенням поясу 10 см:

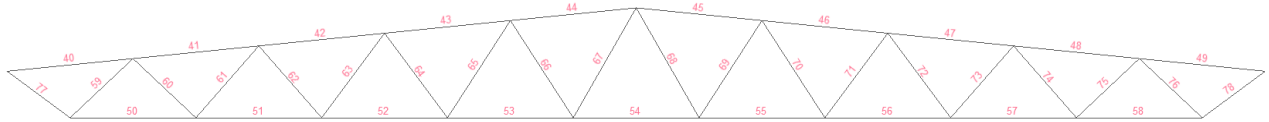


Рисунок 2.3.6. Схема ферми із зміщенням поясу 10см з зазначенням номерів елементів.

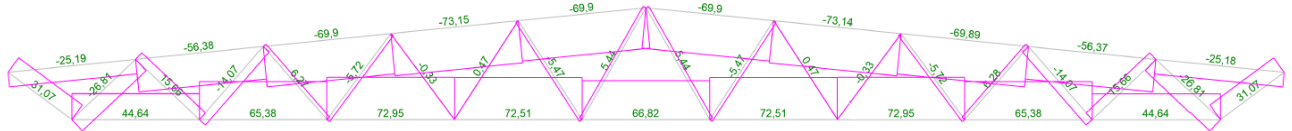


Рисунок 2.3.7. Схема ферми із зміщенням поясу 10см з зазначенням величин зусиль.

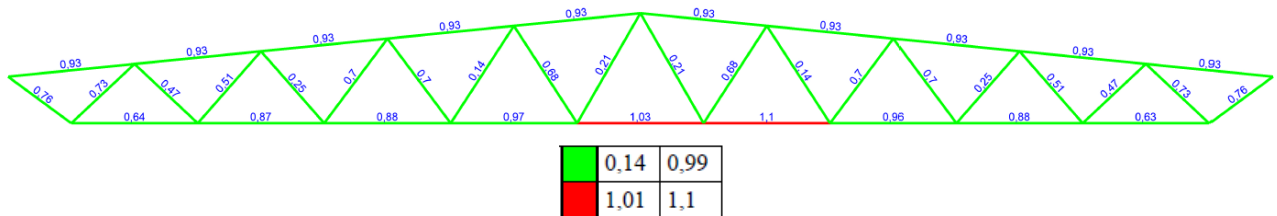


Рисунок 2.3.8. Схема ферми із зміщенням поясу 10см з зазначенням величини критичного фактору K_{max}



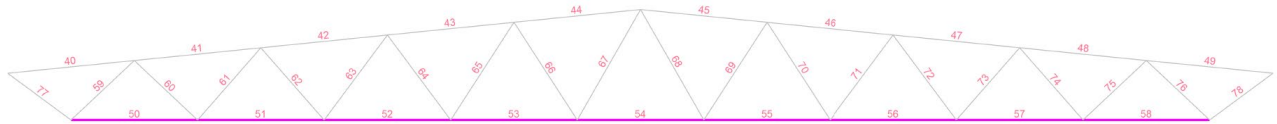
Екстремальні значення факторів. Група ВП

Табл. 2.3.8.

Перевірка	Фактор	Мінімум			Максимум		
		Елемент	Значення	Комбінація	Елемент	Значення	Комбінація
пп. 10.2.8, 10.2.10, 10.3.2, 10.3.1, 10.3.2	Стійкість у площині дії моменту M_z при позacentровому стискові	49	0,28	L1+L2+L3~ Переріз 3	43	0,81	L1+L2+L3~ Переріз 1
п. 9.2.1	Міцність вітки при дії згинального моменту M_y	40	0,01	L1+L2~ Переріз 2	40	0,01	L1+L2~ Переріз 2
п. 9.2.1	Міцність вітки при дії згинального моменту M_z	49	0,03	L1+L2+L3~ Переріз 3	43	0,08	L1+L2+L3~ Переріз 1
пп. 9.2.1, 9.2.3	Міцність вітки при дії поперечної сили V_z	40	2,6e-003	L1+L2~ Переріз 1	40	2,6e-003	L1+L2~ Переріз 1

Продовження табл. 2.3.8.

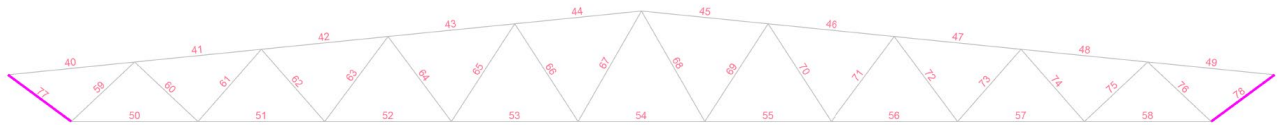
п. 10.1.1, 10.3.3	Міцність вітки при сумісній дії поздовжньої сили та згинальних моментів без врахування пластики	49	0,28	L1+L2+L3~ Переріз 3	43	0,84	L1+L2+L3~ Переріз 2
пп. 8.1.3, 8.2.3-8.2.5	Стійкість вітки при стискові у площині XOY	49	0,26	L1+L2+L3~ Переріз 3	46	0,75	L1+L2+L3~ Переріз 1
пп. 8.1.3, 8.2.3-8.2.5	Стійкість вітки при стискові у площині XOZ	49	0,29	L1+L2+L3~ Переріз 3	46	0,86	L1+L2+L3~ Переріз 1
п. 10.1.1	Згин вітки у двох головних площинах	49	0,25	L1+L2+L3~ Переріз 2	43	0,79	L1+L2+L3~ Переріз 2
пп. 10.2.4, 10.2.5, 10.2.8, 10.3.3- 10.3.5	Стійкість вітки з площини дії моменту M_y при позацентровому стискові	49	0,06	L1+L2~ Переріз 2	40	0,06	L1+L2~ Переріз 2
пп. 10.2.4, 10.2.5, 10.2.8, 10.3.3- 10.3.5	Стійкість вітки з площини дії моменту M_z при позацентровому стискові	49	0,29	L1+L2+L3~ Переріз 3	46	0,86	L1+L2+L3~ Переріз 1
п. 13.4.1	Гранична гнучкість у площині XOY	40	0,26	L1+L2~ Переріз 1	43	0,29	L1+L2+L3~ Переріз 1
п. 13.4.1	Гранична гнучкість у площині XOZ	40	0,23	L1+L2~ Переріз 1	40	0,23	L1+L2~ Переріз 1
пп. 8.3.2, 9.5.1- 9.5.8, 10.4.2, 10.4.5	Гранична гнучкість стінки вітки з умови місцевої стійкості	40	0,93	L1+L2~ Переріз 1	40	0,93	L1+L2~ Переріз 1
пп. 8.3.7, 9.5.14, 10.4.6, 10.4.7	Гранична гнучкість звису полиці вітки з умови місцевої стійкості	41	0,46	L1+L2~ Переріз 1	40	0,54	L1+L2~ Переріз 2



Екстремальні значення факторів. Група НП

Табл. 2.3.9.

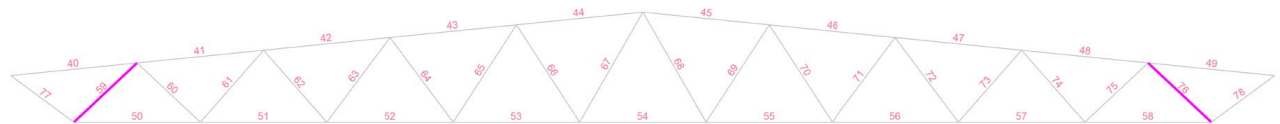
Перевірка	Фактор	Мінімум			Максимум		
		Елемент	Значення	Комбінація	Елемент	Значення	Комбінація
п. 9.2.1	Міцність вітки при дії згинального моменту M_y	54	0,01	L1+L2+L3~ Переріз 2	51	0,01	L1+L2+L3~ Переріз 2
п. 9.2.1	Міцність вітки при дії згинального моменту M_z	58	0,02	L1+L2+L3~ Переріз 1	56	0,04	L1+L2+L3~ Переріз 1
пп. 9.2.1, 9.2.3	Міцність вітки при дії поперечної сили V_z	54	2,61e-003	L1+L2+L3~ Переріз 1	51	2,61e-003	L1+L2+L3~ Переріз 1
п. 10.1.1, 10.3.3	Міцність вітки при сумісній дії поздовжньої сили та згинальних моментів без врахування пластики	58	0,63	L1+L2+L3~ Переріз 1	55	1,1	L1+L2+L3~ Переріз 1
п. 13.4.1	Гранична гнучкість у площині XOY	54	0,1	L1+L2+L3~ Переріз 1	51	0,1	L1+L2+L3~ Переріз 1
п. 13.4.1	Гранична гнучкість у площині XOZ	54	0,09	L1+L2+L3~ Переріз 1	51	0,09	L1+L2+L3~ Переріз 1
пп. 8.3.2, 9.5.1- 9.5.8, 10.4.2, 10.4.5	Гранична гнучкість стінки вітки з умови місцевої стійкості	50	0,31	L1+L2+L3~ Переріз 1	50	0,31	L1+L2+L3~ Переріз 1
пп. 8.3.7, 9.5.14, 10.4.6, 10.4.7	Гранична гнучкість звису полиці вітки з умови місцевої стійкості	50	0,46	L1+L2+L3~ Переріз 1	50	0,46	L1+L2+L3~ Переріз 1



Екстремальні значення факторів. Група ОР

Табл. 2.3.10.

Перевірка	Фактор	Мінімум			Максимум		
		Елемент	Значення	Комбінація	Елемент	Значення	Комбінація
п. 8.1.1	Міцність елемента	77	0,76	L1+L2+L3~ Переріз 1	78	0,76	L1+L2+L3~ Переріз 3
п. 13.4.1	Гранична гнучкість з площини ферми	77	0,12	L1+L2+L3~ Переріз 1	77	0,12	L1+L2+L3~ Переріз 1
п. 13.4.1	Гранична гнучкість у площині ферми	77	0,12	L1+L2+L3~ Переріз 1	77	0,12	L1+L2+L3~ Переріз 1



Екстремальні значення факторів. Група Р1

Табл. 2.3.11.

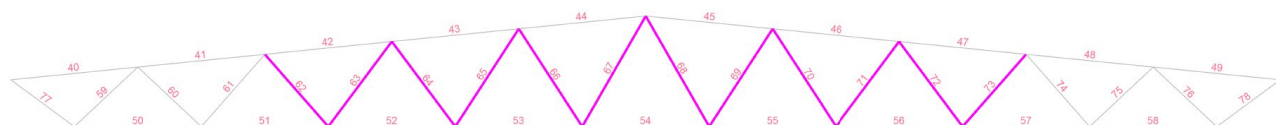
Перевірка	Фактор	Мінімум			Максимум		
		Елемент	Значення	Комбінація	Елемент	Значення	Комбінація
п. 8.1.1	Міцність елемента	59	0,66	L1+L2+L3~ Переріз 1	76	0,66	L1+L2+L3~ Переріз 3
п. 8.1.3	Стійкість елемента у площині ферми	59	0,7	L1+L2+L3~ Переріз 1	76	0,7	L1+L2+L3~ Переріз 3
п. 8.1.3	Стійкість елемента з площини ферми	59	0,73	L1+L2+L3~ Переріз 1	76	0,73	L1+L2+L3~ Переріз 3
пп. 8.3.2, 9.5.1-9.5.8, 10.4.2, 10.4.5	Гранична гнучкість стінки з умови місцевої стійкості	59	0,4	L1+L2~ Переріз 1	59	0,4	L1+L2~ Переріз 1
пп. 8.3.7, 9.5.14, 10.4.6, 10.4.7	Гранична гнучкість звису полиці (поясного листа) з умови місцевої стійкості	59	0,4	L1+L2~ Переріз 1	59	0,4	L1+L2~ Переріз 1
п. 13.4.1	Гранична гнучкість з площини ферми	59	0,32	L1+L2+L3~ Переріз 1	76	0,32	L1+L2+L3~ Переріз 3
п. 13.4.1	Гранична гнучкість у площині ферми	59	0,25	L1+L2+L3~ Переріз 1	76	0,25	L1+L2+L3~ Переріз 3



Екстремальні значення факторів. Група Р2

Табл. 2.3.12.

Перевірка	Фактор	Мінімум			Максимум		
		Елемент	Значення	Комбінація	Елемент	Значення	Комбінація
п. 8.1.1	Міцність елемента	61	0,42	L1+L2+L3~ Переріз 1	75	0,47	L1+L2+L3~ Переріз 3
п. 8.1.3	Стійкість елемента у площині ферми	61	0,46	L1+L2+L3~ Переріз 1	74	0,46	L1+L2+L3~ Переріз 3
п. 8.1.3	Стійкість елемента з площини ферми	61	0,48	L1+L2+L3~ Переріз 1	74	0,48	L1+L2+L3~ Переріз 3
пп. 8.3.2, 9.5.1- 9.5.8, 10.4.2, 10.4.5	Гранична гнучкість стінки з умови місцевої стійкості	61	0,51	L1+L2~ Переріз 1	61	0,51	L1+L2~ Переріз 1
пп. 8.3.7, 9.5.14, 10.4.6, 10.4.7	Гранична гнучкість звису полиці (поясного листа) з умови місцевої стійкості	61	0,51	L1+L2~ Переріз 1	61	0,51	L1+L2~ Переріз 1
п. 13.4.1	Гранична гнучкість з площини ферми	61	0,32	L1+L2~ Переріз 1	61	0,32	L1+L2~ Переріз 1
п. 13.4.1	Гранична гнучкість у площині ферми	60	0,11	L1+L2+L3~ Переріз 1	61	0,26	L1+L2~ Переріз 1



Екстремальні значення факторів. Група Р3

Табл. 2.3.13.

Перевірка	Фактор	Мінімум			Максимум		
		Елемент	Значення	Комбінація	Елемент	Значення	Комбінація
п. 8.1.1	Міцність елемента	71	0,01	L1+L2+L3~ Переріз 1	73	0,25	L1+L2+L3~ Переріз 3
п. 8.1.3	Стійкість елемента у площині ферми	71	0,01	L1+L2+L3~ Переріз 1	72	0,25	L1+L2+L3~ Переріз 3
п. 8.1.3	Стійкість елемента з площини ферми	71	0,02	L1+L2+L3~ Переріз 1	72	0,26	L1+L2+L3~ Переріз 3

Продовження табл. 2.3.13.

пп. 8.3.2, 9.5.1- 9.5.8, 10.4.2, 10.4.5	Гранична гнучкість стінки з умови місцевої стійкості	69	0,68	L1+L2~ Переріз 1	63	0,7	L1+L2~ Переріз 1
пп. 8.3.7, 9.5.14, 10.4.6, 10.4.7	Гранична гнучкість звису полиці (поясного листа) з умови місцевої стійкості	69	0,68	L1+L2~ Переріз 1	63	0,7	L1+L2~ Переріз 1
п. 13.4.1	Гранична гнучкість з площини ферми	63	0,35	L1+L2~ Переріз 1	69	0,39	L1+L2~ Переріз 1
п. 13.4.1	Гранична гнучкість у площині ферми	62	0,12	L1+L2+L3~ Переріз 1	69	0,31	L1+L2~ Переріз 1

- для ферми із зміщенням поясу 15 см:

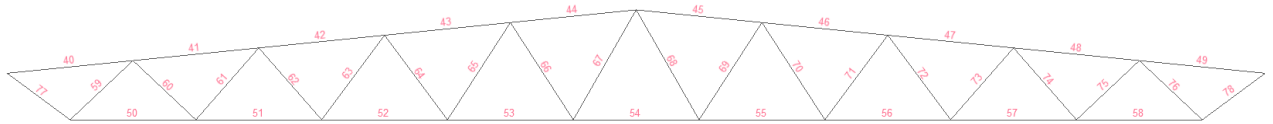


Рисунок 2.3.9. Схема ферми із зміщенням поясу 15 см з зазначенням номерів елементів.

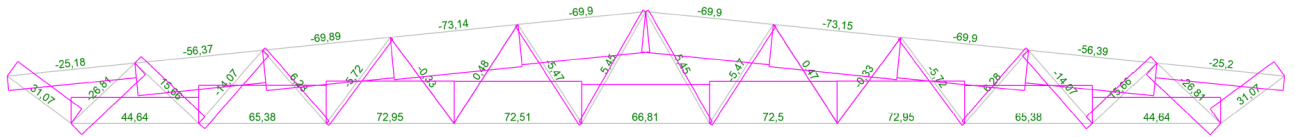
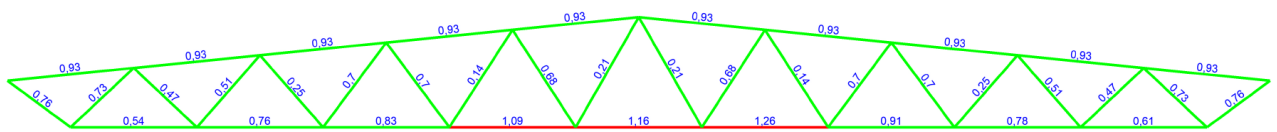
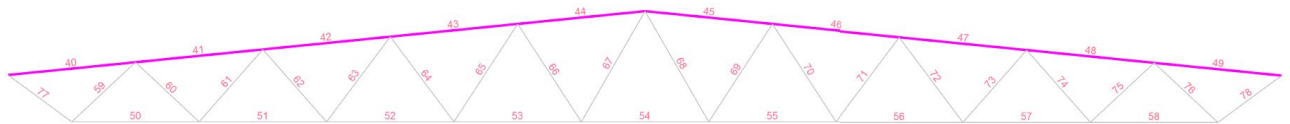


Рисунок 2.3.10. Схема ферми із зміщенням поясу 15 см з зазначенням величин зусиль.



0,14	0,99
1,01	1,26

Рисунок 2.3.11. Схема ферми із зміщенням поясу 15 см з зазначенням величини критичного фактору K_{\max}



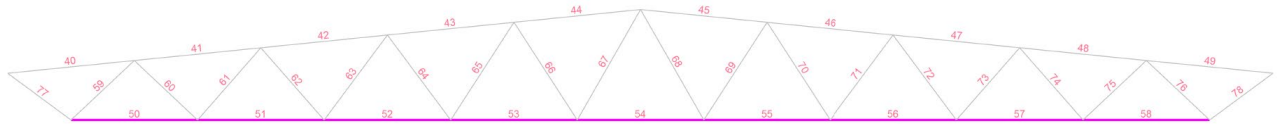
Екстремальні значення факторів. Група ВП

Табл. 2.3.14.

Перевірка	Фактор	Мінімум			Максимум		
		Елемент	Значення	Комбінація	Елемент	Значення	Комбінація
пп. 10.2.8, 10.2.10, 10.3.2, 10.3.1, 10.3.2	Стійкість у площині дії моменту M_z при позacentровому стиску	49	0,29	L1+L2+L3~ Переріз 3	46	0,84	L1+L2+L3~ Переріз 1
п. 9.2.1	Міцність вітки при дії згинального моменту M_y	40	0,01	L1+L2~ Переріз 2	40	0,01	L1+L2~ Переріз 2
п. 9.2.1	Міцність вітки при дії згинального моменту M_z	40	0,03	L1+L2+L3~ Переріз 1	46	0,08	L1+L2+L3~ Переріз 3
пп. 9.2.1, 9.2.3	Міцність вітки при дії поперечної сили V_z	40	2,6e-003	L1+L2~ Переріз 1	40	2,6e-003	L1+L2~ Переріз 1

Продовження табл. 2.3.14.

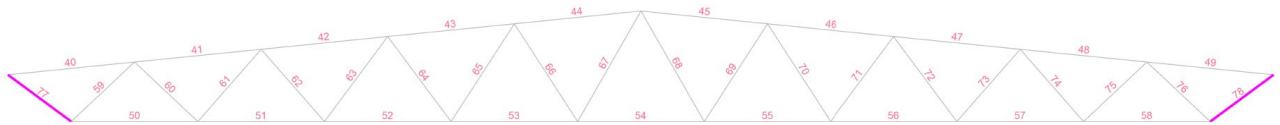
п. 10.1.1, 10.3.3	Міцність вітки при сумісній дії поздовжньої сили та згинальних моментів без врахування пластики	49	0,3	L1+L2+L3~ Переріз 3	46	0,87	L1+L2+L3~ Переріз 1
пп. 8.1.3, 8.2.3-8.2.5	Стійкість вітки при стисковій у площині XOY	49	0,27	L1+L2+L3~ Переріз 3	46	0,79	L1+L2+L3~ Переріз 1
пп. 8.1.3, 8.2.3-8.2.5	Стійкість вітки при стисковій у площині XOZ	49	0,3	L1+L2+L3~ Переріз 3	46	0,9	L1+L2+L3~ Переріз 1
п. 10.1.1	Згин вітки у двох головних площинах	49	0,26	L1+L2+L3~ Переріз 2	46	0,82	L1+L2+L3~ Переріз 2
пп. 10.2.4, 10.2.5, 10.2.8, 10.3.3- 10.3.5	Стійкість вітки з площини дії моменту M_y при позацентровому стисковій	49	0,06	L1+L2~ Переріз 2	40	0,06	L1+L2~ Переріз 2
пп. 10.2.4, 10.2.5, 10.2.8, 10.3.3- 10.3.5	Стійкість вітки з площини дії моменту M_z при позацентровому стисковій	49	0,3	L1+L2+L3~ Переріз 3	46	0,9	L1+L2+L3~ Переріз 1
п. 13.4.1	Гранична гнучкість у площині XOY	40	0,26	L1+L2~ Переріз 1	46	0,3	L1+L2+L3~ Переріз 1
п. 13.4.1	Гранична гнучкість у площині XOZ	40	0,23	L1+L2~ Переріз 1	40	0,23	L1+L2~ Переріз 1
пп. 8.3.2, 9.5.1-9.5.8, 10.4.2, 10.4.5	Гранична гнучкість стінки вітки з умови місцевої стійкості	40	0,93	L1+L2~ Переріз 1	40	0,93	L1+L2~ Переріз 1
пп. 8.3.7, 9.5.14, 10.4.6, 10.4.7	Гранична гнучкість звису полиці вітки з умови місцевої стійкості	41	0,46	L1+L2~ Переріз 1	40	0,54	L1+L2~ Переріз 2



Екстремальні значення факторів. Група НП

Табл. 2.3.15.

Перевірка	Фактор	Мінімум			Максимум		
		Елемент	Значення	Комбінація	Елемент	Значення	Комбінація
п. 9.2.1	Міцність вітки при дії згинального моменту M_y	54	0,01	L1+L2+L3~ Переріз 2	53	0,01	L1+L2+L3~ Переріз 2
п. 9.2.1	Міцність вітки при дії згинального моменту M_z	50	0,01	L1+L2+L3~ Переріз 1	55	0,09	L1+L2+L3~ Переріз 1
пп. 9.2.1, 9.2.3	Міцність вітки при дії поперечної сили V_z	54	2,61e-003	L1+L2+L3~ Переріз 1	53	2,61e-003	L1+L2+L3~ Переріз 1
п. 10.1.1, 10.3.3	Міцність вітки при сумісній дії поздовжньої сили та згинальних моментів без врахування пластики	50	0,54	L1+L2+L3~ Переріз 1	55	1,26	L1+L2+L3~ Переріз 1
п. 13.4.1	Гранична гнучкість у площині XOY	54	0,1	L1+L2+L3~ Переріз 1	53	0,1	L1+L2+L3~ Переріз 1
п. 13.4.1	Гранична гнучкість у площині XOZ	54	0,09	L1+L2+L3~ Переріз 1	53	0,09	L1+L2+L3~ Переріз 1
пп. 8.3.2, 9.5.1-9.5.8, 10.4.2, 10.4.5	Гранична гнучкість стінки вітки з умови місцевої стійкості	50	0,31	L1+L2+L3~ Переріз 1	50	0,31	L1+L2+L3~ Переріз 1
пп. 8.3.7, 9.5.14, 10.4.6, 10.4.7	Гранична гнучкість звису полиці вітки з умови місцевої стійкості	50	0,46	L1+L2+L3~ Переріз 1	50	0,46	L1+L2+L3~ Переріз 1



Екстремальні значення факторів. Група ОР

Табл. 2.3.16.

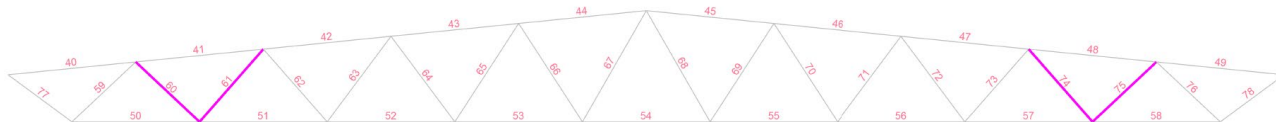
Перевірка	Фактор	Мінімум			Максимум		
		Елемент	Значення	Комбінація	Елемент	Значення	Комбінація
п. 8.1.1	Міцність елемента	78	0,76	L1+L2+L3~ Переріз 3	77	0,76	L1+L2+L3~ Переріз 1
п. 13.4.1	Гранична гнучкість з площини ферми	77	0,12	L1+L2+L3~ Переріз 1	77	0,12	L1+L2+L3~ Переріз 1
п. 13.4.1	Гранична гнучкість у площині ферми	77	0,12	L1+L2+L3~ Переріз 1	77	0,12	L1+L2+L3~ Переріз 1



Екстремальні значення факторів. Група Р1

Табл. 2.3.17.

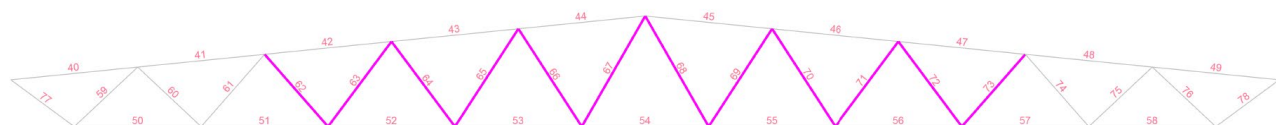
Перевірка	Фактор	Мінімум			Максимум		
		Елемент	Значення	Комбінація	Елемент	Значення	Комбінація
п. 8.1.1	Міцність елемента	76	0,66	L1+L2+L3~ Переріз 3	59	0,66	L1+L2+L3~ Переріз 1
п. 8.1.3	Стійкість елемента у площині ферми	76	0,7	L1+L2+L3~ Переріз 3	59	0,7	L1+L2+L3~ Переріз 1
п. 8.1.3	Стійкість елемента з площини ферми	76	0,73	L1+L2+L3~ Переріз 3	59	0,73	L1+L2+L3~ Переріз 1
пп. 8.3.2, 9.5.1-9.5.8, 10.4.2, 10.4.5	Гранична гнучкість стінки з умови місцевої стійкості	59	0,4	L1+L2~ Переріз 1	59	0,4	L1+L2~ Переріз 1
пп. 8.3.7, 9.5.14, 10.4.6, 10.4.7	Гранична гнучкість звису полиці (поясного листа) з умови місцевої стійкості	59	0,4	L1+L2~ Переріз 1	59	0,4	L1+L2~ Переріз 1
п. 13.4.1	Гранична гнучкість з площини ферми	76	0,32	L1+L2+L3~ Переріз 3	59	0,32	L1+L2+L3~ Переріз 1
п. 13.4.1	Гранична гнучкість у площині ферми	76	0,25	L1+L2+L3~ Переріз 3	59	0,25	L1+L2+L3~ Переріз 1



Екстремальні значення факторів. Група Р2

Табл. 2.3.18.

Перевірка	Фактор	Мінімум			Максимум		
		Елемент	Значення	Комбінація	Елемент	Значення	Комбінація
п. 8.1.1	Міцність елемента	74	0,42	L1+L2+L3~ Переріз 3	60	0,47	L1+L2+L3~ Переріз 1
п. 8.1.3	Стійкість елемента у площині ферми	74	0,46	L1+L2+L3~ Переріз 3	61	0,46	L1+L2+L3~ Переріз 1
п. 8.1.3	Стійкість елемента з площини ферми	74	0,48	L1+L2+L3~ Переріз 3	61	0,48	L1+L2+L3~ Переріз 1
пп. 8.3.2, 9.5.1- 9.5.8, 10.4.2, 10.4.5	Гранична гнучкість стінки з умови місцевої стійкості	61	0,51	L1+L2~ Переріз 1	61	0,51	L1+L2~ Переріз 1
пп. 8.3.7, 9.5.14, 10.4.6, 10.4.7	Гранична гнучкість звису полиці (поясного листа) з умови місцевої стійкості	61	0,51	L1+L2~ Переріз 1	61	0,51	L1+L2~ Переріз 1
п. 13.4.1	Гранична гнучкість з площини ферми	61	0,32	L1+L2~ Переріз 1	61	0,32	L1+L2~ Переріз 1
п. 13.4.1	Гранична гнучкість у площині ферми	60	0,11	L1+L2+L3~ Переріз 1	61	0,26	L1+L2~ Переріз 1



Екстремальні значення факторів. Група Р3

Табл. 2.3.19.

Перевірка	Фактор	Мінімум			Максимум		
		Елемент	Значення	Комбінація	Елемент	Значення	Комбінація
п. 8.1.1	Міцність елемента	71	0,01	L1+L2+L3~ Переріз 1	73	0,25	L1+L2+L3~ Переріз 3
п. 8.1.3	Стійкість елемента у площині ферми	71	0,01	L1+L2+L3~ Переріз 1	72	0,25	L1+L2+L3~ Переріз 3
п. 8.1.3	Стійкість елемента з площини ферми	71	0,02	L1+L2+L3~ Переріз 1	72	0,26	L1+L2+L3~ Переріз 3

Продовження табл. 2.3.19.

пп. 8.3.2, 9.5.1- 9.5.8, 10.4.2, 10.4.5	Гранична гнучкість стінки з умови місцевої стійкості	66	0,68	L1+L2~ Переріз 1	63	0,7	L1+L2~ Переріз 1
пп. 8.3.7, 9.5.14, 10.4.6, 10.4.7	Гранична гнучкість звису полиці (поясного листа) з умови місцевої стійкості	66	0,68	L1+L2~ Переріз 1	63	0,7	L1+L2~ Переріз 1
п. 13.4.1	Гранична гнучкість з площини ферми	63	0,35	L1+L2~ Переріз 1	66	0,39	L1+L2~ Переріз 1
п. 13.4.1	Гранична гнучкість у площині ферми	62	0,12	L1+L2+L3~ Переріз 1	66	0,31	L1+L2~ Переріз 1

Як бачимо, окремі елементи нижнього поясу ферм, що має зміщення 10 см та 15 см незадовільняють вимоги міцності.

Для того щоб забезпечити несучу здатність елементам можна спробувати розкріпити елементи, шляхом введення додаткових розпірок між вузлами нижнього поясу.

Після розрахунку отримуємо такі результати:

- для ферми із зміщенням поясу 10 см:

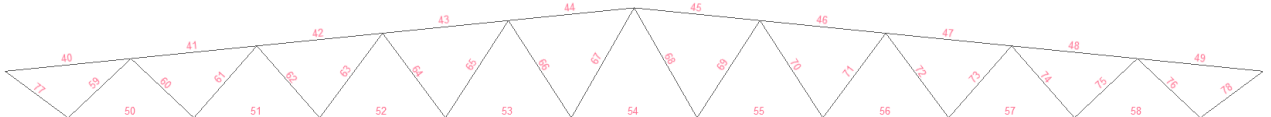


Рисунок 2.3.12. Схема ферми із зміщенням поясу 10см та розкріпленням з зазначенням номерів елементів.

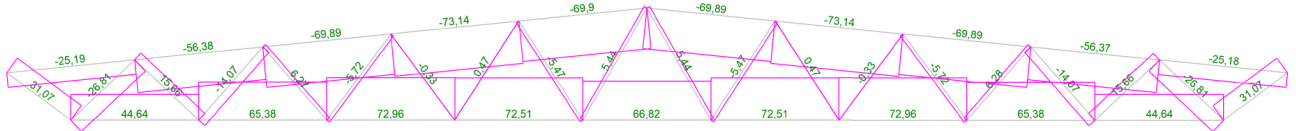


Рисунок 2.3.13. Схема ферми із зміщенням поясу 10см та розкріпленням з зазначенням величин зусиль.

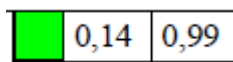
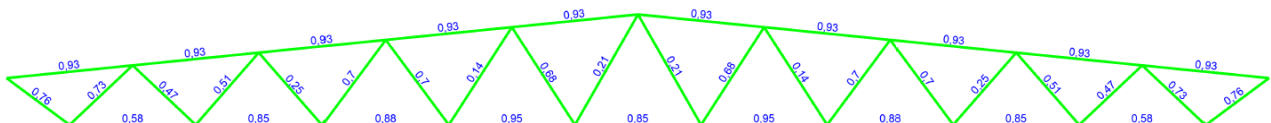
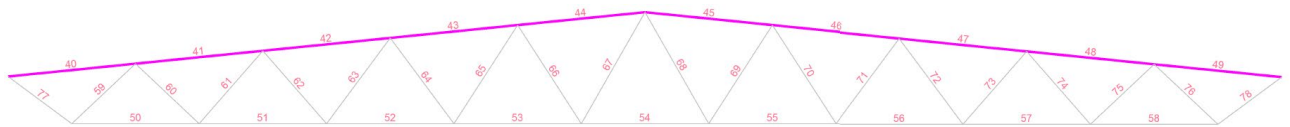


Рисунок 2.3.14. Схема ферми із зміщенням поясу 10см та розкріпленням з зазначенням величини критичного фактору K_{max}



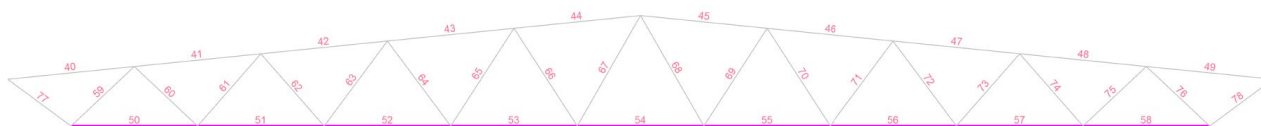
Екстремальні значення факторів. Група ВП

Табл. 2.3.20.

Перевірка	Фактор	Мінімум			Максимум		
		Елемент	Значення	Комбінація	Елемент	Значення	Комбінація
пп. 10.2.8, 10.2.10, 10.3.2, 10.3.1, 10.3.2	Стійкість у площині дії моменту M_z при позацентровому стискові	49	0,28	L1+L2+L3~ Переріз 3	43	0,81	L1+L2+L3~ Переріз 1
п. 9.2.1	Міцність вітки при дії згинального моменту M_y	40	0,01	L1+L2~Переріз 2	40	0,01	L1+L2~Переріз 2
п. 9.2.1	Міцність вітки при дії згинального моменту M_z	49	0,03	L1+L2+L3~ Переріз 3	43	0,08	L1+L2+L3~ Переріз 1
пп. 9.2.1, 9.2.3	Міцність вітки при дії поперечної сили V_z	40	2,6e-003	L1+L2~ Переріз 1	40	2,6e-003	L1+L2~ Переріз 1
п. 10.1.1, 10.3.3	Міцність вітки при сумісній дії поздовжньої сили та згинальних моментів без врахування пластики	49	0,28	L1+L2+L3~ Переріз 3	46	0,83	L1+L2+L3~ Переріз 1
пп. 8.1.3, 8.2.3-8.2.5	Стійкість вітки при стискові у площині XOY	49	0,25	L1+L2+L3~ Переріз 3	46	0,75	L1+L2+L3~ Переріз 1
пп. 8.1.3, 8.2.3-8.2.5	Стійкість вітки при стискові у площині XOZ	49	0,29	L1+L2+L3~ Переріз 3	46	0,85	L1+L2+L3~ Переріз 1
п. 10.1.1	Згин вітки у двох головних площинах	49	0,25	L1+L2+L3~ Переріз 2	46	0,78	L1+L2+L3~ Переріз 2
пп. 10.2.4, 10.2.5, 10.2.8, 10.3.3-10.3.5	Стійкість вітки з площини дії моменту M_y при позацентровому стискові	49	0,06	L1+L2~ Переріз 2	40	0,06	L1+L2~ Переріз 2
пп. 10.2.4, 10.2.5, 10.2.8, 10.3.3-10.3.5	Стійкість вітки з площини дії моменту M_z при позацентровому стискові	49	0,29	L1+L2+L3~ Переріз 3	46	0,85	L1+L2+L3~ Переріз 1
п. 13.4.1	Гранична гнучкість у площині XOY	40	0,26	L1+L2~Переріз 1	43	0,29	L1+L2+L3~ Переріз 1

Продовження табл. 2.3.20.

п. 13.4.1	Гранична гнучкість у площині XOZ	40	0,23	L1+L2~ Переріз 1	40	0,23	L1+L2~ Переріз 1
пп. 8.3.2, 9.5.1-9.5.8, 10.4.2, 10.4.5	Гранична гнучкість стінки вітки з умови місцевої стійкості	40	0,93	L1+L2~ Переріз 1	40	0,93	L1+L2~ Переріз 1
пп. 8.3.7, 9.5.14, 10.4.6, 10.4.7	Гранична гнучкість звису полиці вітки з умови місцевої стійкості	41	0,46	L1+L2~ Переріз 1	40	0,54	L1+L2~ Переріз 2



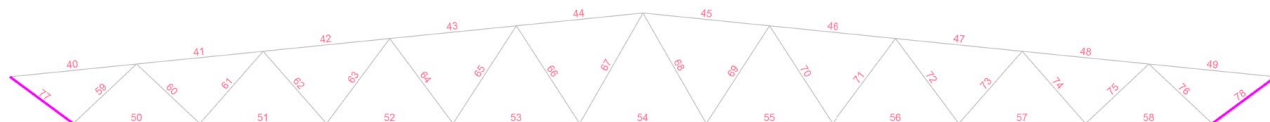
Екстремальні значення факторів. Група НП

Табл. 2.3.21.

Перевірка	Фактор	Мінімум			Максимум		
		Елемент	Значення	Комбінація	Елемент	Значення	Комбінація
п. 9.2.1	Міцність вітки при дії згинального моменту M_y	54	0,01	L1+L2+L3~ Переріз 2	51	0,01	L1+L2+L3~ Переріз 2
п. 9.2.1	Міцність вітки при дії згинального моменту M_z	54	5,21e-004	L1+L2~Переріз 1	51	0,05	L1+L2+L3~ Переріз 1
пп. 9.2.1, 9.2.3	Міцність вітки при дії поперечної сили V_z	54	2,61e-003	L1+L2+L3~ Переріз 1	51	2,61e-003	L1+L2+L3~ Переріз 1
п. 10.1.1, 10.3.3	Міцність вітки при сумісній дії поздовжньої сили та згинальних моментів без врахування пластики	50	0,58	L1+L2+L3~ Переріз 3	53	0,95	L1+L2+L3~ Переріз 3
п. 13.4.1	Гранична гнучкість у площині XOY	54	0,1	L1+L2+L3~ Переріз 1	51	0,1	L1+L2+L3~ Переріз 1
п. 13.4.1	Гранична гнучкість у площині XOZ	54	0,09	L1+L2+L3~ Переріз 1	51	0,09	L1+L2+L3~ Переріз 1
пп. 8.3.2, 9.5.1- 9.5.8, 10.4.2, 10.4.5	Гранична гнучкість стінки вітки з умови місцевої стійкості	50	0,31	L1+L2+L3~ Переріз 1	50	0,31	L1+L2+L3~ Переріз 1

Продовження табл. 2.3.21.

пп. 8.3.7, 9.5.14, 10.4.6, 10.4.7	Гранична гнучкість звису полиці вітки з умови місцевої стійкості	50	0,46	L1+L2+L3~ Переріз 1	50	0,46	L1+L2+L3~ Переріз 1
--	--	----	------	------------------------	----	------	------------------------



Екстремальні значення факторів. Група ОР

Табл. 2.3.22.

Перевірка	Фактор	Мінімум			Максимум		
		Елемент	Значення	Комбінація	Елемент	Значення	Комбінація
п. 8.1.1	Міцність елемента	77	0,76	L1+L2+L3~ Переріз 1	78	0,76	L1+L2+L3~ Переріз 3
п. 13.4.1	Гранична гнучкість з площини ферми	77	0,12	L1+L2+L3~ Переріз 1	77	0,12	L1+L2+L3~ Переріз 1
п. 13.4.1	Гранична гнучкість у площині ферми	77	0,12	L1+L2+L3~ Переріз 1	77	0,12	L1+L2+L3~ Переріз 1



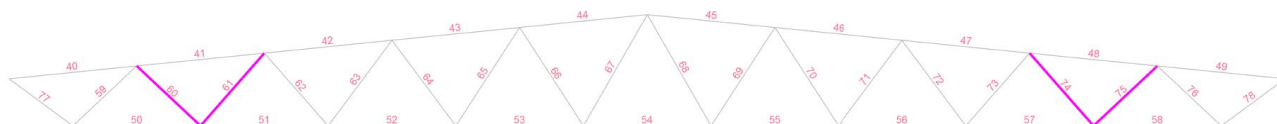
Екстремальні значення факторів. Група Р1

Табл. 2.3.23.

Перевірка	Фактор	Мінімум			Максимум		
		Елемент	Значення	Комбінація	Елемент	Значення	Комбінація
п. 8.1.1	Міцність елемента	59	0,66	L1+L2+L3~ Переріз 1	76	0,66	L1+L2+L3~ Переріз 3
п. 8.1.3	Стійкість елемента у площині ферми	59	0,7	L1+L2+L3~ Переріз 1	76	0,7	L1+L2+L3~ Переріз 3
п. 8.1.3	Стійкість елемента з площини ферми	59	0,73	L1+L2+L3~ Переріз 1	76	0,73	L1+L2+L3~ Переріз 3
пп. 8.3.2, 9.5.1- 9.5.8, 10.4.2, 10.4.5	Гранична гнучкість стінки з умови місцевої стійкості	59	0,4	L1+L2~ Переріз 1	59	0,4	L1+L2~ Переріз 1
пп. 8.3.7, 9.5.14, 10.4.6, 10.4.7	Гранична гнучкість звису полиці (поясного листа) з умови місцевої стійкості	59	0,4	L1+L2~ Переріз 1	59	0,4	L1+L2~ Переріз 1

Продовження табл. 2.3.23.

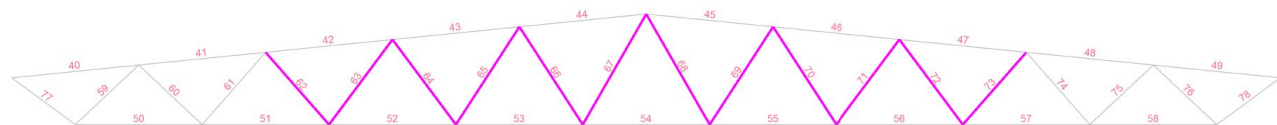
п. 13.4.1	Гранична гнучкість з площини ферми	59	0,32	L1+L2+L3~ Переріз 1	76	0,32	L1+L2+L3~ Переріз 3
п. 13.4.1	Гранична гнучкість у площині ферми	59	0,25	L1+L2+L3~ Переріз 1	76	0,25	L1+L2+L3~ Переріз 3



Екстремальні значення факторів. Група P2

Табл. 2.3.24.

Перевірка	Фактор	Мінімум			Максимум		
		Елемент	Значення	Комбінація	Елемент	Значення	Комбінація
п. 8.1.1	Міцність елемента	61	0,42	L1+L2+L3~ Переріз 1	75	0,47	L1+L2+L3~ Переріз 3
п. 8.1.3	Стійкість елемента у площині ферми	61	0,46	L1+L2+L3~ Переріз 1	74	0,46	L1+L2+L3~ Переріз 3
п. 8.1.3	Стійкість елемента з площини ферми	61	0,48	L1+L2+L3~ Переріз 1	74	0,48	L1+L2+L3~ Переріз 3
пп. 8.3.2, 9.5.1- 9.5.8, 10.4.2, 10.4.5	Гранична гнучкість стінки з умови місцевої стійкості	61	0,51	L1+L2~ Переріз 1	61	0,51	L1+L2~ Переріз 1
пп. 8.3.7, 9.5.14, 10.4.6, 10.4.7	Гранична гнучкість звису полиці (поясного листа) з умови місцевої стійкості	61	0,51	L1+L2~ Переріз 1	61	0,51	L1+L2~ Переріз 1
п. 13.4.1	Гранична гнучкість з площини ферми	61	0,32	L1+L2~ Переріз 1	61	0,32	L1+L2~ Переріз 1
п. 13.4.1	Гранична гнучкість у площині ферми	60	0,11	L1+L2+L3~ Переріз 1	61	0,26	L1+L2~ Переріз 1



Екстремальні значення факторів. Група P3

Табл. 2.3.25.

Перевірка	Фактор	Мінімум			Максимум		
		Елемент	Значення	Комбінація	Елемент	Значення	Комбінація
п. 8.1.1	Міцність елемента	71	0,01	L1+L2+L3~ Переріз 1	73	0,25	L1+L2+L3~ Переріз 3

Продовження табл. 2.3.25.

п. 8.1.3	Стійкість елемента у площині ферми	71	0,01	L1+L2+L3~ Переріз 1	72	0,25	L1+L2+L3~ Переріз 3
п. 8.1.3	Стійкість елемента з площини ферми	71	0,02	L1+L2+L3~ Переріз 1	72	0,26	L1+L2+L3~ Переріз 3
пп. 8.3.2, 9.5.1- 9.5.8, 10.4.2, 10.4.5	Гранична гнучкість стінки з умови місцевої стійкості	69	0,68	L1+L2~ Переріз 1	63	0,7	L1+L2~ Переріз 1
пп. 8.3.7, 9.5.14, 10.4.6, 10.4.7	Гранична гнучкість звису полиці (поясного листа) з умови місцевої стійкості	69	0,68	L1+L2~ Переріз 1	63	0,7	L1+L2~ Переріз 1
п. 13.4.1	Гранична гнучкість з площини ферми	63	0,35	L1+L2~ Переріз 1	69	0,39	L1+L2~ Переріз 1
п. 13.4.1	Гранична гнучкість у площині ферми	62	0,12	L1+L2+L3~ Переріз 1	69	0,31	L1+L2~ Переріз 1

- для ферми із зміщенням поясу 15 см:

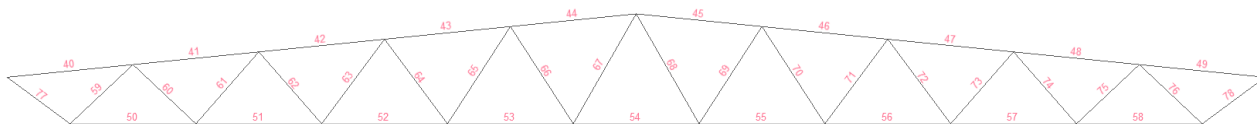


Рисунок 2.3.15. Схема ферми із зміщенням поясу 15см та розкріпленням з зазначенням номерів елементів.

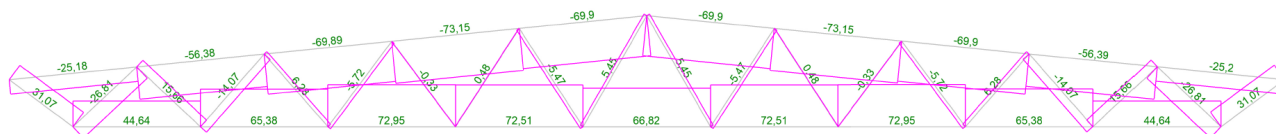


Рисунок 2.3.16. Схема ферми із зміщенням поясу 15см та розкріпленням з зазначенням величин зусиль.

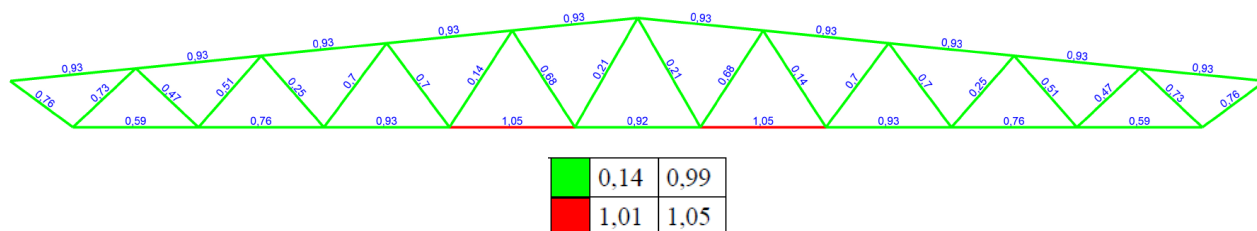
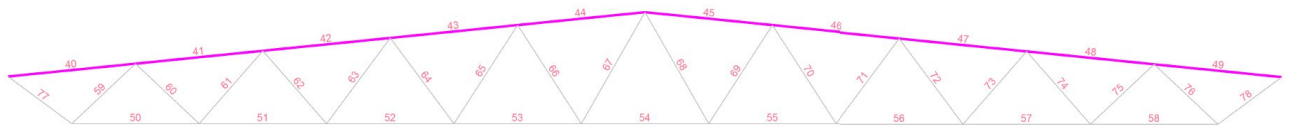


Рисунок 2.3.17. Схема ферми із зміщенням поясу 15см та розкріпленням з зазначенням величини критичного фактору K_{max}



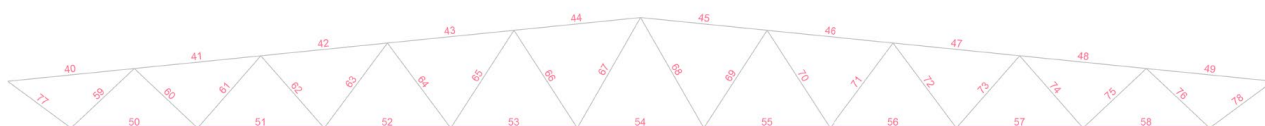
Екстремальні значення факторів. Група ВП

Табл. 2.3.26.

Перевірка	Фактор	Мінімум			Максимум		
		Елемент	Значення	Комбінація	Елемент	Значення	Комбінація
пп. 10.2.8, 10.2.10, 10.3.2, 10.3.1, 10.3.2	Стійкість у площині дії моменту M_z при позацентровому стискові	40	0,29	L1+L2+L3~ Переріз 1	46	0,84	L1+L2+L3~ Переріз 1
п. 9.2.1	Міцність вітки при дії згинального моменту M_y	40	0,01	L1+L2~ Переріз 2	40	0,01	L1+L2~ Переріз 2
п. 9.2.1	Міцність вітки при дії згинального моменту M_z	40	0,03	L1+L2+L3~ Переріз 1	46	0,08	L1+L2+L3~ Переріз 3
пп. 9.2.1, 9.2.3	Міцність вітки при дії поперечної сили V_z	40	2,6e-003	L1+L2~Переріз 1	40	2,6e-003	L1+L2~Переріз 1
п. 10.1.1, 10.3.3	Міцність вітки при сумісній дії поздовжньої сили та згинальних моментів без врахування пластики	40	0,3	L1+L2+L3~ Переріз 1	46	0,87	L1+L2+L3~ Переріз 1
пп. 8.1.3, 8.2.3-8.2.5	Стійкість вітки при стискові у площині XOY	40	0,27	L1+L2+L3~ Переріз 1	46	0,79	L1+L2+L3~ Переріз 1
пп. 8.1.3, 8.2.3-8.2.5	Стійкість вітки при стискові у площині XOZ	40	0,3	L1+L2+L3~ Переріз 1	46	0,9	L1+L2+L3~ Переріз 1
п. 10.1.1	Згин вітки у двох головних площинах	40	0,26	L1+L2+L3~ Переріз 2	46	0,82	L1+L2+L3~ Переріз 2
пп. 10.2.4, 10.2.5, 10.2.8, 10.3.3-10.3.5	Стійкість вітки з площини дії моменту M_y при позацентровому стискові	40	0,06	L1+L2~ Переріз 2	49	0,06	L1+L2~ Переріз 2
пп. 10.2.4, 10.2.5, 10.2.8, 10.3.3-10.3.5	Стійкість вітки з площини дії моменту M_z при позацентровому стискові	40	0,3	L1+L2+L3~ Переріз 1	46	0,9	L1+L2+L3~ Переріз 1
п. 13.4.1	Гранична гнучкість у площині XOY	40	0,26	L1+L2~ Переріз 1	46	0,3	L1+L2+L3~ Переріз 1

Продовження табл. 2.3.26.

п. 13.4.1	Гранична гнучкість у площині XOZ	40	0,23	L1+L2~ Переріз 1	40	0,23	L1+L2~ Переріз 1
пп. 8.3.2, 9.5.1-9.5.8, 10.4.2, 10.4.5	Гранична гнучкість стінки вітки з умови місцевої стійкості	40	0,93	L1+L2~ Переріз 1	40	0,93	L1+L2~ Переріз 1
пп. 8.3.7, 9.5.14, 10.4.6, 10.4.7	Гранична гнучкість звису полиці вітки з умови місцевої стійкості	41	0,46	L1+L2~ Переріз 1	40	0,54	L1+L2~ Переріз 2



Екстремальні значення факторів. Група НП

Табл. 2.3.27.

Перевірка	Фактор	Мінімум			Максимум		
		Елемент	Значення	Комбінація	Елемент	Значення	Комбінація
п. 9.2.1	Міцність вітки при дії згинального моменту M_y	54	0,01	L1+L2+L3~ Переріз 2	53	0,01	L1+L2+L3~ Переріз 2
п. 9.2.1	Міцність вітки при дії згинального моменту M_z	50	0,02	L1+L2+L3~ Переріз 1	55	0,05	L1+L2+L3~ Переріз 1
пп. 9.2.1, 9.2.3	Міцність вітки при дії поперечної сили V_z	54	2,61e-003	L1+L2+L3~ Переріз 1	53	2,61e-003	L1+L2+L3~ Переріз 1
п. 10.1.1, 10.3.3	Міцність вітки при сумісній дії поздовжньої сили та згинальних моментів без врахування пластики	50	0,59	L1+L2+L3~ Переріз 1	55	1,05	L1+L2+L3~ Переріз 1
пп. 8.1.1, 8.2.1	Міцність вітки при розтягу	54	0,91	L1+L2+L3~ Переріз 1	54	0,91	L1+L2+L3~ Переріз 1
п. 13.4.1	Гранична гнучкість у площині XOY	54	0,1	L1+L2+L3~ Переріз 1	53	0,1	L1+L2+L3~ Переріз 1
п. 13.4.1	Гранична гнучкість у площині XOZ	54	0,09	L1+L2+L3~ Переріз 1	53	0,09	L1+L2+L3~ Переріз 1

Продовження табл. 2.3.27.

пп. 8.3.2, 9.5.1- 9.5.8, 10.4.2, 10.4.5	Гранична гнучкість стінки вітки з умови місцевої стійкості	50	0,31	L1+L2+L3~ Переріз 1	50	0,31	L1+L2+L3~ Переріз 1
пп. 8.3.7, 9.5.14, 10.4.6, 10.4.7	Гранична гнучкість звису полиці вітки з умови місцевої стійкості	50	0,46	L1+L2+L3~ Переріз 1	50	0,46	L1+L2+L3~ Переріз 1



Екстремальні значення факторів. Група ОР

Табл. 2.3.28.

Перевірка	Фактор	Мінімум			Максимум		
		Елемент	Значення	Комбінація	Елемент	Значення	Комбінація
п. 8.1.1	Міцність елемента	78	0,76	L1+L2+L3~ Переріз 3	77	0,76	L1+L2+L3~ Переріз 1
п. 13.4.1	Гранична гнучкість з площини ферми	77	0,12	L1+L2+L3~ Переріз 1	77	0,12	L1+L2+L3~ Переріз 1
п. 13.4.1	Гранична гнучкість у площині ферми	77	0,12	L1+L2+L3~ Переріз 1	77	0,12	L1+L2+L3~ Переріз 1



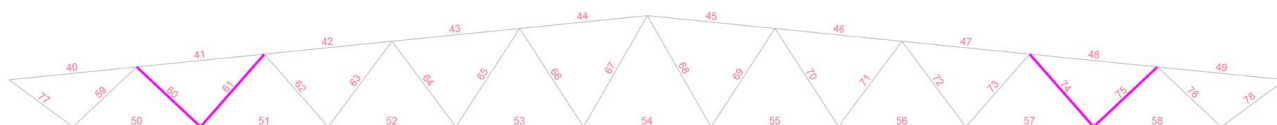
Екстремальні значення факторів. Група Р1

Табл. 2.3.29.

Перевірка	Фактор	Мінімум			Максимум		
		Елемент	Значення	Комбінація	Елемент	Значення	Комбінація
п. 8.1.1	Міцність елемента	76	0,66	L1+L2+L3~ Переріз 3	59	0,66	L1+L2+L3~ Переріз 1
п. 8.1.3	Стійкість елемента у площині ферми	76	0,7	L1+L2+L3~ Переріз 3	59	0,7	L1+L2+L3~ Переріз 1
п. 8.1.3	Стійкість елемента з площини ферми	76	0,73	L1+L2+L3~ Переріз 3	59	0,73	L1+L2+L3~ Переріз 1
пп. 8.3.2, 9.5.1- 9.5.8, 10.4.2, 10.4.5	Гранична гнучкість стінки з умови місцевої стійкості	59	0,4	L1+L2~ Переріз 1	59	0,4	L1+L2~ Переріз 1

Продовження табл. 2.3.29.

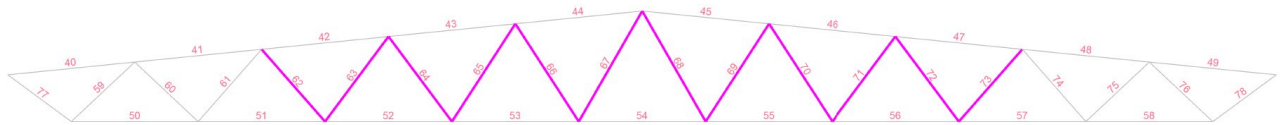
пп. 8.3.7, 9.5.14, 10.4.6, 10.4.7	Гранична гнучкість звису полиці (поясного листа) з умови місцевої стійкості	59	0,4	L1+L2~ Переріз 1	59	0,4	L1+L2~ Переріз 1
п. 13.4.1	Гранична гнучкість з площини ферми	76	0,32	L1+L2+L3~ Переріз 3	59	0,32	L1+L2+L3~ Переріз 1
п. 13.4.1	Гранична гнучкість у площині ферми	76	0,25	L1+L2+L3~ Переріз 3	59	0,25	L1+L2+L3~ Переріз 1



Екстремальні значення факторів. Група Р2

Табл. 2.3.30.

Перевірка	Фактор	Мінімум			Максимум		
		Елемент	Значення	Комбінація	Елемент	Значення	Комбінація
п. 8.1.1	Міцність елемента	74	0,42	L1+L2+L3~ Переріз 3	60	0,47	L1+L2+L3~ Переріз 1
п. 8.1.3	Стійкість елемента у площині ферми	74	0,46	L1+L2+L3~ Переріз 3	61	0,46	L1+L2+L3~ Переріз 1
п. 8.1.3	Стійкість елемента з площини ферми	74	0,48	L1+L2+L3~ Переріз 3	61	0,48	L1+L2+L3~ Переріз 1
пп. 8.3.2, 9.5.1- 9.5.8, 10.4.2, 10.4.5	Гранична гнучкість стінки з умови місцевої стійкості	61	0,51	L1+L2~ Переріз 1	61	0,51	L1+L2~ Переріз 1
пп. 8.3.7, 9.5.14, 10.4.6, 10.4.7	Гранична гнучкість звису полиці (поясного листа) з умови місцевої стійкості	61	0,51	L1+L2~ Переріз 1	61	0,51	L1+L2~ Переріз 1
п. 13.4.1	Гранична гнучкість з площини ферми	61	0,32	L1+L2~ Переріз 1	61	0,32	L1+L2~ Переріз 1
п. 13.4.1	Гранична гнучкість у площині ферми	60	0,11	L1+L2+L3~ Переріз 1	61	0,26	L1+L2~ Переріз 1



Екстремальні значення факторів. Група РЗ

Табл. 2.3.31.

Перевірка	Фактор	Мінімум			Максимум		
		Елемент	Значення	Комбінація	Елемент	Значення	Комбінація
п. 8.1.1	Міцність елемента	64	0,01	L1+L2+L3~ Переріз 3	62	0,25	L1+L2+L3~ Переріз 1
п. 8.1.3	Стійкість елемента у площині ферми	64	0,01	L1+L2+L3~ Переріз 3	63	0,25	L1+L2+L3~ Переріз 1
п. 8.1.3	Стійкість елемента з площини ферми	64	0,02	L1+L2+L3~ Переріз 3	63	0,26	L1+L2+L3~ Переріз 1
пп. 8.3.2, 9.5.1- 9.5.8, 10.4.2, 10.4.5	Гранична гнучкість стінки з умови місцевої стійкості	66	0,68	L1+L2~ Переріз 1	63	0,7	L1+L2~ Переріз 1
пп. 8.3.7, 9.5.14, 10.4.6, 10.4.7	Гранична гнучкість звису полиці (поясного листа) з умови місцевої стійкості	66	0,68	L1+L2~ Переріз 1	63	0,7	L1+L2~ Переріз 1
п. 13.4.1	Гранична гнучкість з площини ферми	63	0,35	L1+L2~ Переріз 1	66	0,39	L1+L2~ Переріз 1
п. 13.4.1	Гранична гнучкість у площині ферми	62	0,12	L1+L2+L3~ Переріз 1	66	0,31	L1+L2~ Переріз 1

Бачимо, що введення розпірок між вузлами нижнього поясу забезпечило несучу здатність елементів ферми із зміщенням поясу 10 см.

Для ферми із зміщенням поясу 15 см введення розпірок не забезпечило несучої здатності елементів нижнього поясу. Приймаємо рішення щодо підсилення нижнього поясу ферми із зміщенням поясу 15 см збільшення площі поперечного перерізу шляхом введенням рівнополочних кутиків 50x50 з товщиною пера 5 мм. (рис. 2.3.18.).

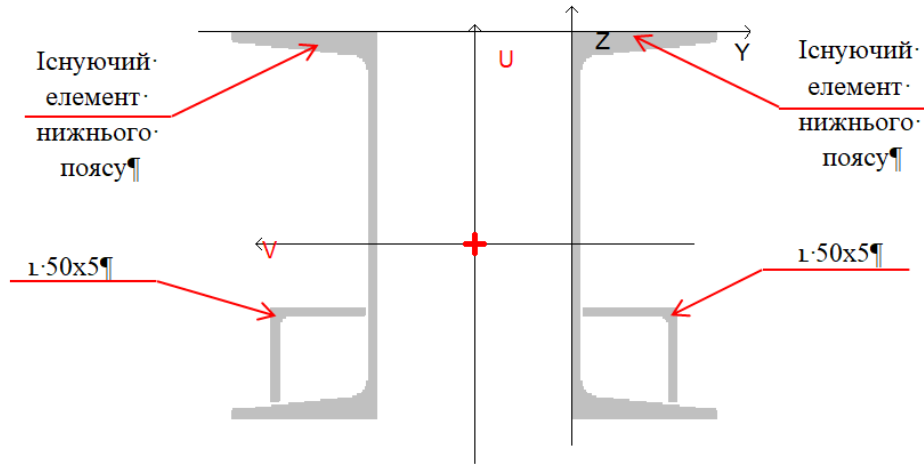


Рис. 2.3.18. Схема перерізу підсилення елементів нижнього поясу ферми із зміщенням 15 см

Вводимо дане підсилення до розрахункової схеми в розрахунковому комплексі SCAD Office та виконуємо розрахунок. Після розрахунку отримали такі результати:

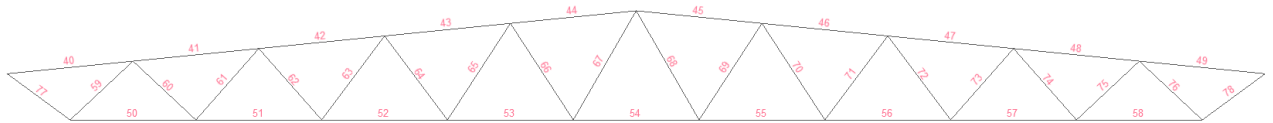


Рисунок 2.3.19. Схема ферми із зміщенням поясу 15 см із розкріпленням та підсиленням з зазначенням номерів елементів.

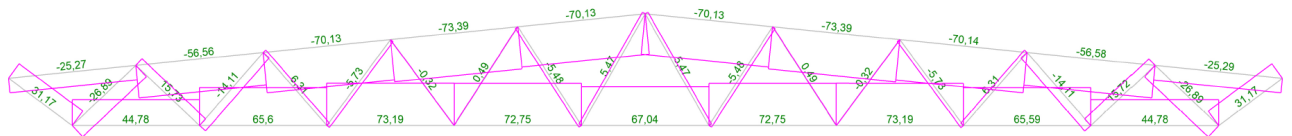


Рисунок 2.3.20. Схема ферми із зміщенням поясу 15 см із розкріпленням та підсиленням з зазначенням величин зусиль.

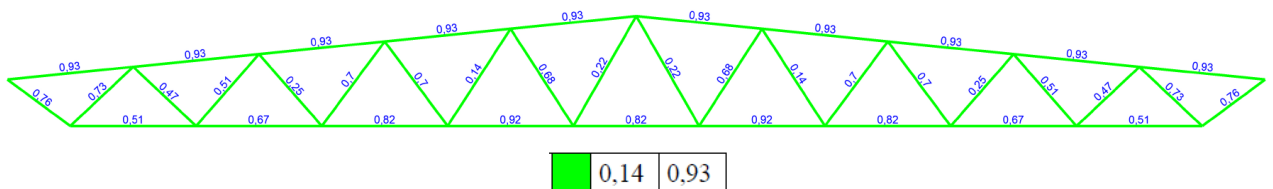
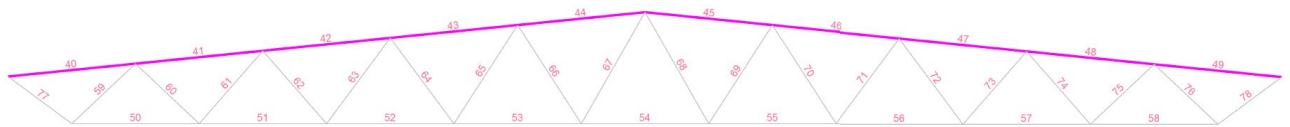


Рисунок 2.3.21. Схема ферми із зміщенням поясу 15 см із розкріпленням та підсиленням з зазначенням величини критичного фактору K_{\max}



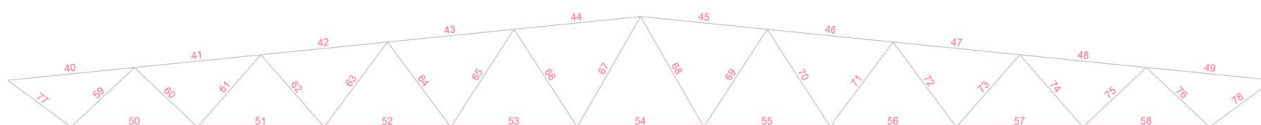
Екстремальні значення факторів. Група ВП

Табл. 2.3.32.

Перевірка	Фактор	Мінімум			Максимум		
		Елемент	Значення	Комбінація	Елемент	Значення	Комбінація
пп. 10.2.8, 10.2.10, 10.3.2, 10.3.1, 10.3.2	Стійкість у площині дії моменту M_z при позацентровому стискові	40	0,28	L1+L2+L3~ Переріз 1	46	0,83	L1+L2+L3~ Переріз 1
п. 9.2.1	Міцність вітки при дії згинального моменту M_y	40	0,01	L1+L2~ Переріз 2	40	0,01	L1+L2~ Переріз 2
п. 9.2.1	Міцність вітки при дії згинального моменту M_z	40	0,03	L1+L2+L3~ Переріз 1	46	0,08	L1+L2+L3~ Переріз 3
пп. 9.2.1, 9.2.3	Міцність вітки при дії поперечної сили V_z	40	2,6e-003	L1+L2~ Переріз 1	40	2,6e-003	L1+L2~ Переріз 1
п. 10.1.1, 10.3.3	Міцність вітки при сумісній дії поздовжньої сили та згинальних моментів без врахування пластики	40	0,3	L1+L2+L3~ Переріз 1	46	0,87	L1+L2+L3~ Переріз 1
пп. 8.1.3, 8.2.3-8.2.5	Стійкість вітки при стискові у площині XOY	40	0,27	L1+L2+L3~ Переріз 1	46	0,78	L1+L2+L3~ Переріз 1
пп. 8.1.3, 8.2.3-8.2.5	Стійкість вітки при стискові у площині XOZ	40	0,3	L1+L2+L3~ Переріз 1	46	0,89	L1+L2+L3~ Переріз 1
п. 10.1.1	Згин вітки у двох головних площинах	40	0,26	L1+L2+L3~ Переріз 2	46	0,81	L1+L2+L3~ Переріз 2
пп. 10.2.4, 10.2.5, 10.2.8, 10.3.3-10.3.5	Стійкість вітки з площини дії моменту M_y при позацентровому стискові	40	0,06	L1+L2~ Переріз 2	49	0,06	L1+L2~ Переріз 2
пп. 10.2.4, 10.2.5, 10.2.8, 10.3.3-10.3.5	Стійкість вітки з площини дії моменту M_z при позацентровому стискові	40	0,3	L1+L2+L3~ Переріз 1	46	0,89	L1+L2+L3~ Переріз 1
п. 13.4.1	Гранична гнучкість у площині XOY	40	0,26	L1+L2~ Переріз 1	46	0,3	L1+L2+L3~ Переріз 1

Продовження табл. 2.3.32.

п. 13.4.1	Гранична гнучкість у площині XOZ	40	0,23	L1+L2~ Переріз 1	40	0,23	L1+L2~ Переріз 1
пп. 8.3.2, 9.5.1- 9.5.8, 10.4.2, 10.4.5	Гранична гнучкість стінки вітки з умови місцевої стійкості	40	0,93	L1+L2~ Переріз 1	40	0,93	L1+L2~ Переріз 1
пп. 8.3.7, 9.5.14, 10.4.6, 10.4.7	Гранична гнучкість звису полиці вітки з умови місцевої стійкості	41	0,46	L1+L2~ Переріз 1	40	0,54	L1+L2~ Переріз 2



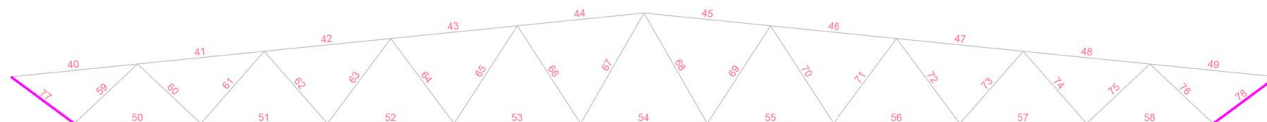
Екстремальні значення факторів. Група НП

Табл. 2.3.33.

Перевірка	Фактор	Мінімум			Максимум		
		Елемент	Значення	Комбінація	Елемент	Значення	Комбінація
п. 9.2.1	Міцність вітки при дії згинального моменту M_y	54	0,01	L1+L2+L3~ Переріз 2	53	0,01	L1+L2+L3~ Переріз 2
п. 9.2.1	Міцність вітки при дії згинального моменту M_z	50	0,01	L1+L2+L3~ Переріз 1	55	0,03	L1+L2+L3~ Переріз 1
пп. 9.2.1, 9.2.3	Міцність вітки при дії поперечної сили V_z	54	2,58e- 003	L1+L2+L3~ Переріз 1	53	2,58e- 003	L1+L2+L3~ Переріз 1
п. 10.1.1, 10.3.3	Міцність вітки при сумісній дії поздовжньої сили та згинальних моментів без врахування пластики	50	0,51	L1+L2+L3~ Переріз 1	55	0,92	L1+L2+L3~ Переріз 1
пп. 8.1.1, 8.2.1	Міцність вітки при розтягу	54	0,81	L1+L2+L3~ Переріз 1	54	0,81	L1+L2+L3~ Переріз 1
п. 13.4.1	Гранична гнучкість у площині XOY	54	0,09	L1+L2+L3~ Переріз 1	53	0,09	L1+L2+L3~ Переріз 1
п. 13.4.1	Гранична гнучкість у площині XOZ	54	0,08	L1+L2+L3~ Переріз 1	53	0,08	L1+L2+L3~ Переріз 1

Продовження табл. 2.3.33.

пп. 8.3.2, 9.5.1- 9.5.8, 10.4.2, 10.4.5	Гранична гнучкість стінки вітки з умови місцевої стійкості	50	0,33	L1+L2+L3~ Переріз 1	50	0,33	L1+L2+L3~ Переріз 1
пп. 8.3.7, 9.5.14, 10.4.6, 10.4.7	Гранична гнучкість звису полиці вітки з умови місцевої стійкості	50	0,48	L1+L2+L3~ Переріз 1	50	0,48	L1+L2+L3~ Переріз 1



Екстремальні значення факторів. Група ОР

Табл. 2.3.34.

Перевірка	Фактор	Мінімум			Максимум		
		Елемент	Значення	Комбінація	Елемент	Значення	Комбінація
п. 8.1.1	Міцність елемента	78	0,76	L1+L2+L3~ Переріз 3	77	0,76	L1+L2+L3~ Переріз 1
п. 13.4.1	Гранична гнучкість з площини ферми	77	0,12	L1+L2+L3~ Переріз 1	77	0,12	L1+L2+L3~ Переріз 1
п. 13.4.1	Гранична гнучкість у площині ферми	77	0,12	L1+L2+L3~ Переріз 1	77	0,12	L1+L2+L3~ Переріз 1



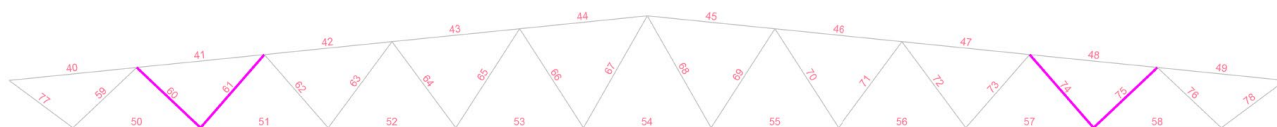
Екстремальні значення факторів. Група Р1

Табл. 2.3.34.

Перевірка	Фактор	Мінімум			Максимум		
		Елемент	Значення	Комбінація	Елемент	Значення	Комбінація
п. 8.1.1	Міцність елемента	76	0,66	L1+L2+L3~ Переріз 3	59	0,66	L1+L2+L3~ Переріз 1
п. 8.1.3	Стійкість елемента у площині ферми	76	0,71	L1+L2+L3~ Переріз 3	59	0,71	L1+L2+L3~ Переріз 1
п. 8.1.3	Стійкість елемента з площини ферми	76	0,73	L1+L2+L3~ Переріз 3	59	0,73	L1+L2+L3~ Переріз 1
пп. 8.3.2, 9.5.1- 9.5.8, 10.4.2, 10.4.5	Гранична гнучкість стінки з умови місцевої стійкості	59	0,4	L1+L2~ Переріз 1	59	0,4	L1+L2~ Переріз 1

Продовження табл. 2.3.34.

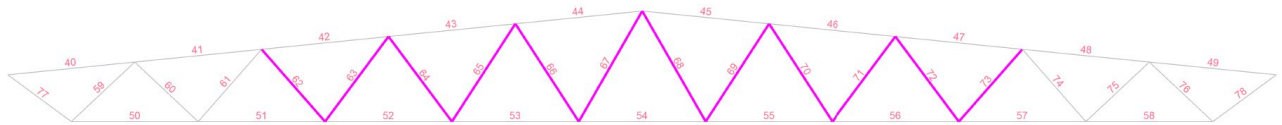
пп. 8.3.7, 9.5.14, 10.4.6, 10.4.7	Гранична гнучкість звису полиці (поясного листа) з умови місцевої стійкості	59	0,4	L1+L2~ Переріз 1	59	0,4	L1+L2~ Переріз 1
п. 13.4.1	Гранична гнучкість з площини ферми	76	0,32	L1+L2+L3~ Переріз 3	59	0,32	L1+L2+L3~ Переріз 1
п. 13.4.1	Гранична гнучкість у площині ферми	76	0,25	L1+L2+L3~ Переріз 3	59	0,25	L1+L2+L3~ Переріз 1



Екстремальні значення факторів. Група Р2

Табл. 2.3.35.

Перевірка	Фактор	Мінімум			Максимум		
		Елемент	Значення	Комбінація	Елемент	Значення	Комбінація
п. 8.1.1	Міцність елемента	74	0,42	L1+L2+L3~ Переріз 3	60	0,47	L1+L2+L3~ Переріз 1
п. 8.1.3	Стойкість елемента у площині ферми	74	0,46	L1+L2+L3~ Переріз 3	61	0,46	L1+L2+L3~ Переріз 1
п. 8.1.3	Стойкість елемента з площини ферми	74	0,48	L1+L2+L3~ Переріз 3	61	0,48	L1+L2+L3~ Переріз 1
пп. 8.3.2, 9.5.1- 9.5.8, 10.4.2, 10.4.5	Гранична гнучкість стінки з умови місцевої стійкості	61	0,51	L1+L2~ Переріз 1	61	0,51	L1+L2~ Переріз 1
пп. 8.3.7, 9.5.14, 10.4.6, 10.4.7	Гранична гнучкість звису полиці (поясного листа) з умови місцевої стійкості	61	0,51	L1+L2~ Переріз 1	61	0,51	L1+L2~ Переріз 1
п. 13.4.1	Гранична гнучкість з площини ферми	61	0,32	L1+L2~ Переріз 1	61	0,32	L1+L2~ Переріз 1
п. 13.4.1	Гранична гнучкість у площині ферми	60	0,11	L1+L2+L3~ Переріз 1	61	0,26	L1+L2~ Переріз 1



Екстремальні значення факторів. Група РЗ

Табл. 2.3.36.

Перевірка	Фактор	Мінімум			Максимум		
		Елемент	Значення	Комбінація	Елемент	Значення	Комбінація
п. 8.1.1	Міцність елемента	64	0,01	L1+L2+L3~ Переріз 3	62	0,25	L1+L2+L3~ Переріз 1
п. 8.1.3	Стійкість елемента у площині ферми	64	0,01	L1+L2+L3~ Переріз 3	63	0,25	L1+L2+L3~ Переріз 1
п. 8.1.3	Стійкість елемента з площини ферми	64	0,01	L1+L2+L3~ Переріз 3	63	0,26	L1+L2+L3~ Переріз 1
пп. 8.3.2, 9.5.1- 9.5.8, 10.4.2, 10.4.5	Гранична гнучкість стінки з умови місцевої стійкості	66	0,68	L1+L2~ Переріз 1	63	0,7	L1+L2~ Переріз 1
пп. 8.3.7, 9.5.14, 10.4.6, 10.4.7	Гранична гнучкість звису полиці (поясного листа) з умови місцевої стійкості	66	0,68	L1+L2~ Переріз 1	63	0,7	L1+L2~ Переріз 1
п. 13.4.1	Гранична гнучкість з площини ферми	63	0,35	L1+L2~ Переріз 1	66	0,39	L1+L2~ Переріз 1
п. 13.4.1	Гранична гнучкість у площині ферми	62	0,12	L1+L2+L3~ Переріз 1	66	0,31	L1+L2~ Переріз 1

2.4. Результати дослідження

Зведена таблиця величини зусиль від комбінацій завантажень

Табл.2.4.1.

Елемент	Переріз	Значення																	
		Недеформована ферма			Ферма із зміщенням 10см (вісь 51)			Ферма із зміщенням 10см (вісь 51) та розкріпленням			Ферма із зміщенням 15см (вісь 43)			Ферма із зміщенням 15см (вісь 43) та розкріпленням			Ферма із зміщенням 15см (вісь 43) із розкріпленням та підсиленням		
		N	M _y	M _z	N	M _y	M _z	N	M _y	M _z	N	M _y	M _z	N	M _y	M _z	N	M _y	M _z
40	1	-25,181	0	0	-25,194	0	0,176	-25,192	0	0,135	-25,184	0	0,276	-25,171	0	-0,151	-25,255	0	-0,148
	2	-25,174	0	0	-25,188	0,047	0,022	-25,185	0,047	0,019	-25,177	0,047	0,051	-56,375	0	0,089	-56,564	0	0,087
	3	-25,168	0	0	-25,182	0	-0,132	-25,179	0	-0,098	-25,171	0	-0,174	-56,369	0,047	-0,2	-56,557	0,047	-0,19
41	1	-56,37	0	0	-56,381	0	0,055	-56,379	0	0,014	-56,375	0	0,133	-56,362	0	-0,489	-56,551	0	-0,466
	2	-56,364	0	0	-56,375	0,047	-0,124	-56,373	0,047	-0,108	-56,369	0,047	-0,205	-69,893	0	-0,297	-70,127	0	-0,276
	3	-56,358	0	0	-56,369	0	-0,304	-56,367	0	-0,231	-56,362	0	-0,543	-69,887	0,047	-0,515	-70,121	0,047	-0,483
42	1	-69,887	0	0	-69,896	0	-0,203	-69,894	0	-0,155	-69,893	0	-0,314	-69,881	0	-0,733	-70,115	0	-0,69
	2	-69,881	0	0	-69,89	0,047	-0,343	-69,888	0,047	-0,284	-69,887	0,047	-0,547	-73,145	0	-0,588	-73,39	0	-0,549
	3	-69,875	0	0	-69,884	0	-0,484	-69,882	0	-0,413	-69,88	0	-0,78	-73,139	0,047	-0,701	-73,384	0,047	-0,65
43	1	-73,138	0	0	-73,145	0	-0,452	-73,144	0	-0,346	-73,145	0	-0,667	-73,133	0	-0,813	-73,377	0	-0,752
	2	-73,132	0	0	-73,139	0,047	-0,494	-73,138	0,047	-0,421	-73,138	0,047	-0,74	-69,899	0	-0,744	-70,132	0	-0,686
	3	-73,126	0	0	-73,133	0	-0,536	-73,131	0	-0,496	-73,132	0	-0,812	-69,892	0,047	-0,675	-70,126	0,047	-0,614
44	1	-69,891	0	0	-69,896	0	-0,547	-69,895	0	-0,463	-69,898	0	-0,807	-69,886	0	-0,606	-70,12	0	-0,541
	2	-69,885	0	0	-69,89	0,047	-0,523	-69,889	0,047	-0,399	-69,892	0,047	-0,766	-69,888	0	-0,606	-70,121	0	-0,541
	3	-69,878	0	0	-69,884	0	-0,499	-69,883	0	-0,336	-69,885	0	-0,726	-69,894	0,047	-0,675	-70,127	0,047	-0,614
45	1	-69,878	0	0	-69,883	0	-0,528	-69,882	0	-0,334	-69,887	0	-0,763	-69,9	0	-0,744	-70,134	0	-0,686
	2	-69,885	0	0	-69,889	0,047	-0,517	-69,888	0,047	-0,404	-69,893	0,047	-0,759	-73,138	0	-0,813	-73,382	0	-0,752
	3	-69,891	0	0	-69,896	0	-0,506	-69,894	0	-0,474	-69,899	0	-0,755	-73,144	0,047	-0,701	-73,388	0,047	-0,65
46	1	-73,126	0	0	-73,13	0	-0,542	-73,129	0	-0,504	-73,136	0	-0,82	-73,15	0	-0,588	-73,394	0	-0,549
	2	-73,132	0	0	-73,136	0,047	-0,493	-73,135	0,047	-0,427	-73,142	0,047	-0,741	-69,89	0	-0,733	-70,123	0	-0,69
	3	-73,138	0	0	-73,142	0	-0,443	-73,142	0	-0,35	-73,149	0	-0,662	-69,896	0,047	-0,515	-70,129	0,047	-0,483
47	1	-69,875	0	0	-69,878	0	-0,471	-69,878	0	-0,416	-69,887	0	-0,766	-69,902	0	-0,296	-70,135	0	-0,276
	2	-69,881	0	0	-69,885	0,047	-0,35	-69,884	0,047	-0,287	-69,894	0,047	-0,56	-56,376	0	-0,489	-56,563	0	-0,466
	3	-69,887	0	0	-69,891	0	-0,229	-69,89	0	-0,157	-69,9	0	-0,354	-56,382	0,047	-0,2	-56,57	0,047	-0,19
48	1	-56,358	0	0	-56,36	0	-0,276	-56,36	0	-0,232	-56,373	0	-0,51	-56,389	0	0,089	-56,576	0	0,087
	2	-56,364	0	0	-56,367	0,047	-0,138	-56,366	0,047	-0,11	-56,379	0,047	-0,228	-25,191	0	-0,151	-25,273	0	-0,148
	3	-56,37	0	0	-56,373	0	-0,001	-56,373	0	0,013	-56,385	0	0,053	-25,197	0,047	0,048	-25,279	0,047	0,044

Продовження табл.2.4.1.

49	1	-25,168	0	0	-25,17	0	-0,122	-25,169	0	-0,098	-25,186	0	-0,16	-25,203	0	0,248	-25,286	0	0,235
	2	-25,174	0	0	-25,176	0,047	0,016	-25,176	0,047	0,018	-25,192	0,047	0,043	44,639	0	0,617	44,781	0	0,603
	3	-25,181	0	0	-25,182	0	0,154	-25,182	0	0,135	-25,198	0	0,246	44,639	0,041	0,368	44,781	0,047	0,344
50	1	44,642	0	0	44,639	0	0,049	44,639	0	0,278	44,639	0	0,397	44,639	0	0,119	44,781	0	0,085
	2	44,642	0	0	44,639	0,041	0,464	44,639	0,041	0,427	44,639	0,041	0,326	65,383	0	0,26	65,597	0	0,209
	3	44,642	0	0	44,639	0	0,879	44,639	0	0,576	44,639	0	0,256	65,383	0,041	-0,001	65,597	0,047	-0,061
51	1	65,388	0	0	65,383	0	0,933	65,382	0	0,682	65,383	0	0,337	65,383	0	-0,261	65,597	0	-0,331
	2	65,388	0	0	65,383	0,041	0,608	65,382	0,041	0,092	65,383	0,041	0,253	72,955	0	-0,151	73,194	0	-0,238
	3	65,388	0	0	65,383	0	0,283	65,382	0	-0,498	65,383	0	0,169	72,955	0,041	-0,488	73,194	0,047	-0,583
52	1	72,96	0	0	72,954	0	0,405	72,957	0	-0,11	72,954	0	0,276	72,955	0	-0,824	73,194	0	-0,928
	2	72,96	0	0	72,954	0,041	-0,007	72,957	0,041	-0,322	72,954	0,041	0,117	72,514	0	-0,381	72,752	0	-0,537
	3	72,96	0	0	72,954	0	-0,419	72,957	0	-0,534	72,954	0	-0,041	72,514	0,041	-0,938	72,752	0,047	-1,097
53	1	72,516	0	0	72,509	0	-0,292	72,513	0	-0,236	72,506	0	0,107	72,514	0	-1,495	72,752	0	-1,656
	2	72,516	0	0	72,509	0,041	-0,694	72,513	0,041	-0,613	72,506	0,041	-0,767	66,817	0	-1,302	67,037	0	-1,488
	3	72,516	0	0	72,509	0	-1,097	72,513	0	-0,99	72,506	0	-1,641	66,817	0,041	-1,302	67,037	0,047	-1,488
54	1	66,825	0	0	66,817	0	-0,85	66,822	0	-0,864	66,811	0	-1,293	66,817	0	-1,302	67,037	0	-1,488
	2	66,825	0	0	66,817	0,041	-1,338	66,822	0,041	-0,858	66,811	0,041	-1,956	72,511	0	-1,495	72,75	0	-1,656
	3	66,825	0	0	66,817	0	-1,826	66,822	0	-0,852	66,811	0	-2,62	72,511	0,041	-0,938	72,75	0,047	-1,097
55	1	72,516	0	0	72,51	0	-1,847	72,514	0	-0,981	72,503	0	-2,655	72,511	0	-0,381	72,75	0	-0,537
	2	72,516	0	0	72,51	0,041	-1,306	72,514	0,041	-0,606	72,503	0,041	-1,593	72,949	0	-0,825	73,189	0	-0,929
	3	72,516	0	0	72,51	0	-0,766	72,514	0	-0,231	72,503	0	-0,531	72,949	0,041	-0,488	73,189	0,047	-0,584
56	1	72,96	0	0	72,955	0	-0,884	72,959	0	-0,531	72,952	0	-0,67	72,949	0	-0,151	73,189	0	-0,238
	2	72,96	0	0	72,955	0,041	-0,337	72,959	0,041	-0,319	72,952	0,041	-0,328	65,379	0	-0,262	65,593	0	-0,331
	3	72,96	0	0	72,955	0	0,21	72,959	0	-0,108	72,952	0	0,015	65,379	0,041	-0,001	65,593	0,047	-0,061
57	1	65,388	0	0	65,384	0	0,055	65,385	0	-0,497	65,381	0	-0,139	65,379	0	0,26	65,593	0	0,208
	2	65,388	0	0	65,384	0,041	0,515	65,385	0,041	0,093	65,381	0,041	0,131	44,637	0	0,119	44,779	0	0,085
	3	65,388	0	0	65,384	0	0,975	65,385	0	0,683	65,381	0	0,4	44,637	0,041	0,368	44,779	0,047	0,344
58	1	44,642	0	0	44,639	0	0,845	44,64	0	0,577	44,637	0	0,214	44,637	0	0,617	44,779	0	0,603
	2	44,642	0	0	44,639	0,006	0,57	44,64	0,006	0,428	44,637	0,006	0,475	-26,81	0	-0,131	-26,889	0	-0,133
	3	44,642	0	0	44,639	0	0,295	44,64	0	0,279	44,637	0	0,736	-26,8	0,006	-0,057	-26,879	0,006	-0,058
59	1	-26,81	0	0	-26,809	0	0,085	-26,809	0	-0,044	-26,81	0	-0,015	-26,79	0	0,017	-26,869	0	0,017
	2	-26,8	0	0	-26,798	0,006	0,053	-26,799	0,006	-0,018	-26,8	0,006	0,008	15,663	0	0,053	15,726	0	0,045
	3	-26,79	0	0	-26,788	0	0,021	-26,789	0	0,008	-26,789	0	0,03	15,654	0,005	0,054	15,718	0,005	0,047

Продовження табл.2.4.1.

60	1	15,66	0	0	15,659	0	0,017	15,659	0	0,039	15,662	0	0,027	15,646	0	0,055	15,71	0	0,048
	2	15,652	0	0	15,651	0,005	0,018	15,651	0,005	0,041	15,654	0,005	0,027	-14,073	0	-0,044	-14,111	0	-0,039
	3	15,644	0	0	15,643	0	0,02	15,643	0	0,043	15,646	0	0,028	-14,063	0,005	-0,036	-14,101	0,005	-0,032
61	1	-14,072	0	0	-14,071	0	-0,02	-14,071	0	-0,033	-14,073	0	-0,029	-14,053	0	-0,029	-14,091	0	-0,024
	2	-14,062	0	0	-14,061	0,005	-0,015	-14,061	0,005	-0,029	-14,063	0,005	-0,02	6,277	0	0,041	6,308	0	0,035
	3	-14,052	0	0	-14,051	0	-0,011	-14,051	0	-0,025	-14,053	0	-0,011	6,269	0,004	0,036	6,3	0,004	0,03
62	1	6,275	0	0	6,275	0	0,042	6,275	0	0,03	6,276	0	0,04	6,262	0	0,031	6,293	0	0,025
	2	6,267	0	0	6,267	0,004	0,041	6,267	0,004	0,029	6,269	0,004	0,035	-5,72	0	-0,038	-5,73	0	-0,033
	3	6,259	0	0	6,259	0	0,041	6,259	0	0,028	6,261	0	0,03	-5,711	0,004	-0,032	-5,721	0,004	-0,027
63	1	-5,718	0	0	-5,718	0	-0,037	-5,718	0	-0,027	-5,72	0	-0,037	-5,702	0	-0,027	-5,712	0	-0,022
	2	-5,71	0	0	-5,709	0,004	-0,036	-5,709	0,004	-0,024	-5,711	0,004	-0,033	-0,31	0	0,026	-0,302	0	0,022
	3	-5,701	0	0	-5,7	0	-0,034	-5,7	0	-0,021	-5,702	0	-0,029	-0,319	0,004	0,022	-0,311	0,004	0,019
64	1	-0,309	0	0	-0,31	0	0,038	-0,31	0	0,018	-0,311	0	0,045	-0,328	0	0,018	-0,32	0	0,015
	2	-0,318	0	0	-0,319	0,004	0,037	-0,319	0,004	0,016	-0,32	0,004	0,042	0,454	0	-0,03	0,465	0	-0,026
	3	-0,327	0	0	-0,328	0	0,036	-0,328	0	0,015	-0,329	0	0,04	0,465	0,005	-0,027	0,475	0,005	-0,023
65	1	0,453	0	0	0,454	0	-0,037	0,454	0	-0,02	0,455	0	-0,045	0,475	0	-0,023	0,486	0	-0,02
	2	0,464	0	0	0,464	0,005	-0,036	0,464	0,005	-0,019	0,465	0,005	-0,044	-5,45	0	0,007	-5,459	0	0,005
	3	0,474	0	0	0,475	0	-0,036	0,475	0	-0,017	0,475	0	-0,043	-5,46	0,005	0,004	-5,47	0,005	0,003
66	1	-5,441	0	0	-5,445	0	0,017	-5,445	0	0,005	-5,45	0	0,024	-5,471	0	0,002	-5,48	0	0,001
	2	-5,451	0	0	-5,456	0,005	0,017	-5,456	0,005	0,003	-5,461	0,005	0,023	5,425	0	-0,021	5,451	0	-0,019
	3	-5,462	0	0	-5,466	0	0,016	-5,466	0	0,002	-5,471	0	0,022	5,436	0,005	0,014	5,463	0,005	0,013
67	1	5,417	0	0	5,42	0	-0,028	5,42	0	-0,013	5,425	0	-0,04	5,448	0	0,05	5,475	0	0,044
	2	5,429	0	0	5,432	0,005	0,002	5,432	0,005	0,006	5,437	0,005	0,004	5,448	0	0,05	5,475	0	0,044
	3	5,44	0	0	5,444	0	0,032	5,444	0	0,026	5,448	0	0,048	5,436	0,005	0,014	5,463	0,005	0,013
68	1	5,44	0	0	5,444	0	0,047	5,444	0	0,026	5,448	0	0,067	5,425	0	-0,021	5,452	0	-0,019
	2	5,429	0	0	5,432	0,005	0,016	5,432	0,005	0,006	5,436	0,005	0,022	-5,471	0	0,002	-5,48	0	0,001
	3	5,417	0	0	5,421	0	-0,014	5,42	0	-0,014	5,424	0	-0,022	-5,461	0,005	0,004	-5,47	0,005	0,003
69	1	-5,462	0	0	-5,466	0	-0,004	-5,466	0	0,002	-5,47	0	-0,004	-5,45	0	0,007	-5,459	0	0,005
	2	-5,451	0	0	-5,456	0,005	-0,002	-5,455	0,005	0,004	-5,46	0,005	-0,001	0,475	0	-0,023	0,486	0	-0,02
	3	-5,441	0	0	-5,445	0	0,001	-5,445	0	0,005	-5,45	0	0,002	0,465	0,005	-0,027	0,476	0,005	-0,023
70	1	0,474	0	0	0,475	0	-0,03	0,474	0	-0,018	0,475	0	-0,036	0,455	0	-0,03	0,465	0	-0,026
	2	0,464	0	0	0,464	0,004	-0,033	0,464	0,004	-0,019	0,465	0,004	-0,04	-0,329	0	0,018	-0,32	0	0,015
	3	0,453	0	0	0,454	0	-0,035	0,454	0	-0,021	0,454	0	-0,043	-0,32	0,004	0,022	-0,311	0,004	0,019

Продовження табл.2.4.1.

71	1	-0,327	0	0	-0,328	0	0,032	-0,328	0	0,015	-0,328	0	0,036	-0,311	0	0,026	-0,302	0	0,022
	2	-0,318	0	0	-0,319	0,004	0,034	-0,319	0,004	0,017	-0,319	0,004	0,039	-5,701	0	-0,027	-5,711	0	-0,022
	3	-0,309	0	0	-0,31	0	0,035	-0,31	0	0,019	-0,31	0	0,042	-5,71	0,004	-0,032	-5,72	0,004	-0,027
72	1	-5,701	0	0	-5,701	0	-0,042	-5,701	0	-0,021	-5,702	0	-0,041	-5,719	0	-0,038	-5,729	0	-0,033
	2	-5,71	0	0	-5,71	0,004	-0,044	-5,71	0,004	-0,025	-5,711	0,004	-0,045	6,261	0	0,031	6,292	0	0,025
	3	-5,718	0	0	-5,719	0	-0,045	-5,719	0	-0,028	-5,72	0	-0,049	6,268	0,004	0,036	6,299	0,004	0,03
73	1	6,259	0	0	6,26	0	0,053	6,26	0	0,028	6,261	0	0,047	6,276	0	0,041	6,307	0	0,035
	2	6,267	0	0	6,267	0,005	0,053	6,268	0,005	0,029	6,269	0,005	0,051	-14,052	0	-0,029	-14,089	0	-0,024
	3	6,275	0	0	6,275	0	0,054	6,275	0	0,03	6,277	0	0,055	-14,062	0,005	-0,036	-14,099	0,005	-0,032
74	1	-14,052	0	0	-14,052	0	-0,036	-14,052	0	-0,025	-14,053	0	-0,044	-14,072	0	-0,044	-14,109	0	-0,039
	2	-14,062	0	0	-14,062	0,005	-0,038	-14,062	0,005	-0,029	-14,063	0,005	-0,05	15,644	0	0,055	15,708	0	0,048
	3	-14,072	0	0	-14,071	0	-0,04	-14,072	0	-0,033	-14,073	0	-0,056	15,653	0,005	0,054	15,716	0,005	0,047
75	1	15,644	0	0	15,643	0	0,054	15,644	0	0,043	15,645	0	0,074	15,661	0	0,053	15,725	0	0,045
	2	15,652	0	0	15,652	0,006	0,051	15,652	0,006	0,041	15,653	0,006	0,072	-26,787	0	0,017	-26,866	0	0,017
	3	15,66	0	0	15,66	0	0,048	15,66	0	0,039	15,662	0	0,071	-26,797	0,006	-0,057	-26,876	0,006	-0,058
76	1	-26,79	0	0	-26,79	0	0,008	-26,79	0	0,008	-26,788	0	0,011	-26,807	0	-0,131	-26,886	0	-0,133
	2	-26,8	0	0	-26,8	0,006	-0,015	-26,8	0,006	-0,018	-26,798	0,006	-0,087	31,071	0	0,045	31,175	0	0,043
	3	-26,81	0	0	-26,81	0	-0,038	-26,81	0	-0,044	-26,809	0	-0,184	31,063	0,005	0,092	31,167	0,005	0,092
77	1	31,071	0	0	31,069	0	0,023	31,069	0	0,023	31,07	0	0,043	31,055	0	0,139	31,159	0	0,141
	2	31,063	0	0	31,061	0,005	-0,044	31,061	0,005	0,033	31,062	0,005	0,022	31,052	0	0,139	31,156	0	0,141
	3	31,055	0	0	31,053	0	-0,111	31,053	0	0,043	31,054	0	-1,799	31,06	0,005	0,092	31,164	0,005	0,092
78	1	31,055	0	0	31,055	0	0,035	31,055	0	0,044	31,053	0	0,201	31,068	0	0,045	31,172	0	0,043
	2	31,063	0	0	31,063	0,005	0,031	31,063	0,005	0,033	31,061	0,005	0,124	-25,171	0	-0,151	-25,255	0	-0,148
	3	31,071	0	0	31,071	0	0,026	31,071	0	0,023	31,069	0	0,047	-56,375	0	0,089	-56,564	0	0,087

2.5. Висновки

Під час дослідження було встановлено, що для ферми зі вигином нижнього поясу до 10 см компенсація напружень можлива за допомогою введення додаткових розпірок у кожному вузлі нижнього поясу. Дане введення розпірок сприяє зменшенню величини згинального моменту, що дозволяє забезпечити надійну роботу конструкції.

Проте, для ферми з вигином нижнього поясу до 15 см виявлено, що введення додаткових розпірок не є достатнім для компенсації величини згинального моменту. У цьому випадку потрібно збільшити міцність нижнього поясу шляхом збільшення площі його перерізу. Такий підхід спрямований на забезпечення необхідної міцності конструкції.

Отже, компенсація напружень у фермах з вигином нижнього поясу важлива для забезпечення стабільності та надійності конструкції, і вона може бути досягнута за допомогою розпірок (ферма із вигином до 10 см) та збільшення перерізу поясу (ферма із вигином до 15 см).

Розрахунок снігового навантаження

Снігове навантаження визначається згідно [4] п.8. Необхідно обчислити граничне та експлуатаційне розрахункові значення.

Граничне розрахункове значення снігового навантаження на плоску покрівлю обчислювали за формулою:

$$S_m = \gamma_{fm} S_0 C,$$

де γ_{fm} – коефіцієнт надійності по граничному значенню снігового навантаження, визначається залежно від заданого середнього періоду повторюваності T за табл. А.1.

Таблиця А.1

T , років	1	5	10	20	40	50	60	80	100	150	200	300	500
γ_{fm}	0,24	0,55	0,69	0,83	0,96	1,00	1,04	1,10	1,14	1,22	1,26	1,34	1,44

В нашому випадку приймаємо $\gamma_{fm}=1,14$

S_0 – характеристичне значення снігового навантаження (в Па), визначається залежно від снігового району по карті (рис. А.1) або за додатком Е [4].

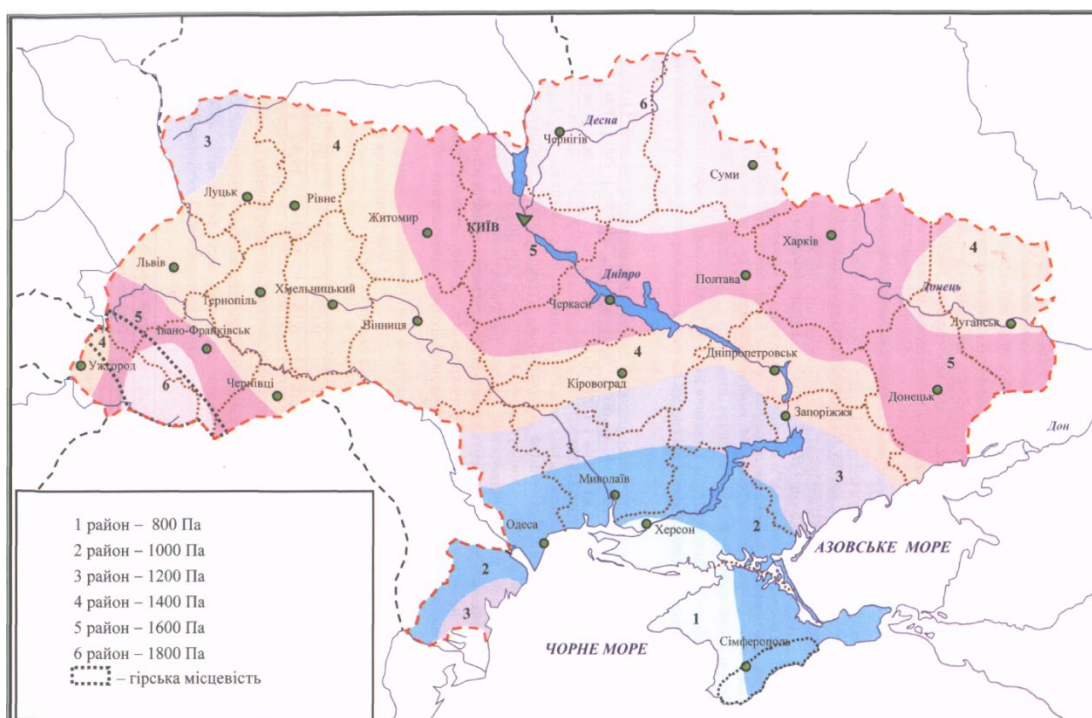


Рисунок А.1. Карта районування території України за характеристичними значеннями ваги снігового покриву

В нашому випадку $S_0 = 1800\text{Па}$ для м. Тростянець, Сумської обл. згідно додатку Е [4], у розрахунку приймаємо 180кгс/м^2 .

Коефіцієнт C визначається за формулою:

$$C = \mu C_e C_{alt},$$

де μ – коефіцієнт переходу від ваги снігового покриву на поверхні ґрунту до снігового навантаження на покрівлю, визначали за додатком Ж [4] залежно від форми покрівлі і схеми розподілу снігового навантаження, при цьому проміжні значення коефіцієнта слід визначати лінійною інтерполяцією;

C_e – коефіцієнт, що враховує режим експлуатації покрівлі, даний коефіцієнт враховує вплив особливостей режиму експлуатації на накопичення снігу на покрівлі (очищення, танення тощо) і встановлюється завданням на проектування, оскільки такі дані відсутні, то згідно [4] коефіцієнт допускається приймати таким, що дорівнює одиниці.

C_{alt} – коефіцієнт, що враховує висоту H (у кілометрах) розміщення будівельного об'єкта над рівнем моря і визначається за формулою:

$$C_{alt} = 1,4H + 0,3 \text{ (при } H \geq 0,5 \text{ км); } C_{alt} = 1 \text{ (при } H < 0,5 \text{ км)}$$

Примітка: формула, що зазначена вище використовується для об'єктів, розташованих у гірській місцевості, і дає орієнтовне значення в запас надійності. При наявності результатів снігомірних зйомок, проведених у зоні будівельного майданчика, характеристичне значення снігового навантаження визначається шляхом статистичного оброблення даних снігомірних зйомок і при цьому приймається $C_{alt} = 1$.

В нашому випадку коефіцієнт C :

$$C = 1 \times 1 \times 1 = 1$$

Приймаємо коефіцієнт $C=1$.

З урахуванням вище вказаного, обчислюємо граничне розрахункове значення снігового навантаження:

$$S_m = 1,14 \times 180 \times 1 = 205,20 \text{ кгс/м}^2$$

Експлуатаційне розрахункове значення обчислюється за формулою:

$$S_e = \gamma_{fe} S_0 C,$$

де γ_{fe} – коефіцієнт надійності за експлуатаційним значенням снігового навантаження, що визначається за табл. А.3 залежно від частки часу η , протягом якої можуть порушуватися умови другого граничного стану.

Таблиця А.3

η	0,002	0,005	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,1
γ_{fe}	0,88	0,74	0,62	0,49	0,40	0,34	0,28	0,10

Проміжні значення коефіцієнта γ_{fe} слід визначати лінійною інтерполяцією.

Значення η приймається за нормами проектування конструкцій або встановлюється завданням на проектування залежно від їхнього призначення, відповідальності та наслідків виходу за граничний стан. Для об'єктів масового будівництва допускається приймати $\eta = 0,02$.

В нашому випадку приймаємо $\gamma_{fe} = 0,49$.

S_0 – характеристичне значення снігового навантаження (в Па), визначається залежно від снігового району по карті (рис. А.1.) або за додатком Е [4].

В нашому випадку $S_0 = 1800$ Па для м. Тростянець, Сумської обл. згідно додатку Е [4], у розрахунку приймаємо 180 кгс/м^2 .

Коефіцієнт C визначається за формулою:

$$C = \mu C_e C_{alt},$$

де μ – коефіцієнт переходу від ваги снігового покриву на поверхні ґрунту до снігового навантаження на покрівлю, визначали за додатком Ж [4] залежно від форми покрівлі і схеми розподілу снігового навантаження, при цьому проміжні значення коефіцієнта слід визначати лінійною інтерполяцією;

C_e – коефіцієнт, що враховує режим експлуатації покрівлі, даний коефіцієнт враховує вплив особливостей режиму експлуатації на накопичення снігу на покрівлі (очищення, танення тощо) і встановлюється завданням на

проектування, оскільки такі дані відсутні, то згідно [4] коефіцієнт допускається приймати таким, що дорівнює одиниці.

C_{alt} – коефіцієнт, що враховує висоту H (у кілометрах) розміщення будівельного об'єкта над рівнем моря і визначається за формулою:

$$C_{alt} = 1,4H + 0,3 \text{ (при } H \geq 0,5 \text{ км); } C_{alt} = 1 \text{ (при } H < 0,5 \text{ км)}$$

Примітка: формула, що зазначена вище використовується для об'єктів, розташованих у гірській місцевості, і дає орієнтовне значення в запас надійності. При наявності результатів снігомірних зйомок, проведених у зоні будівельного майданчика, характеристичне значення снігового навантаження визначається шляхом статистичного оброблення даних снігомірних зйомок і при цьому приймається $C_{alt} = 1$.

В нашому випадку коефіцієнт C :

$$C = 1 \times 1 \times 1 = 1$$

Приймаємо коефіцієнт $C=1$.

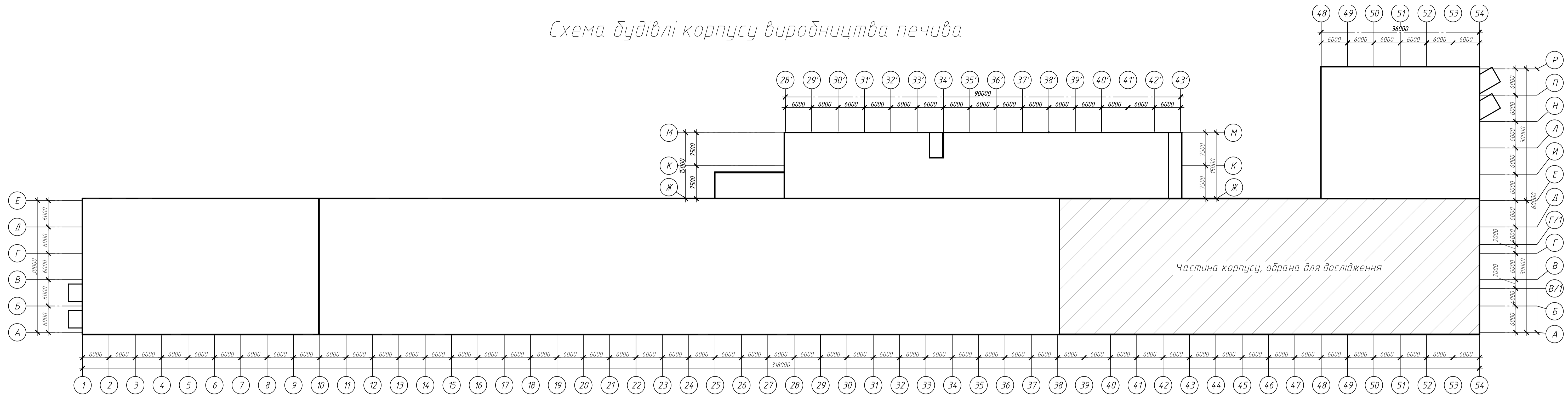
З урахуванням вище вказаного, обчислюємо граничне розрахункове значення снігового навантаження:

$$S_e = 0,49 \times 180 \times 1 = 88,20 \text{ кгс/м}^2$$

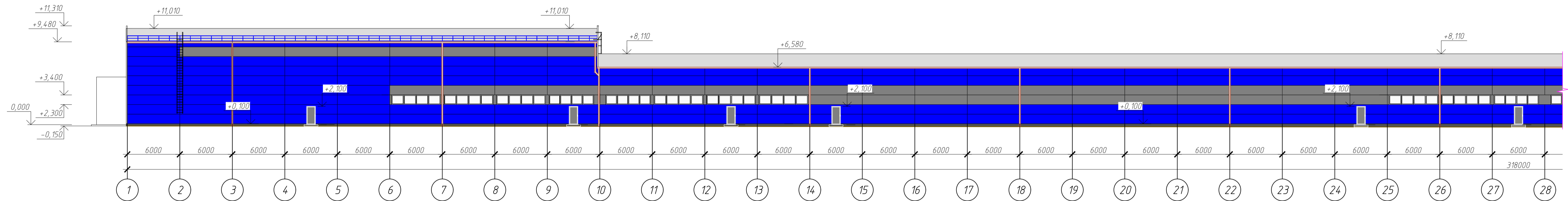
Список використаної літератури

1. ДБН Б.1.1-15:2012 Склад та зміст генерального плану населеного пункту;
2. ДБН В.1.2-12:2008 Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів;
3. ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010 Будівельна кліматологія;
4. ДБН В.1.2-2:2006 Навантаження і впливи. Норми проектування;
5. ДБН В.2.1-10:2018 Основи і фундаменти будівель та споруд;
6. ДСТУ-Н Б В. 2.6-205:2015 Настанова з проектування монолітних бетонних і залізобетонних конструкцій будівель та споруд;
7. ДСТУ Б В.2.6-154:2010 Бетонні та залізобетонні конструкції. Збірно-монолітні конструкції;
8. ДСТУ EN 14351-1:2020 Вікна та двері. Вимоги. Частина 1. Вікна та зовнішні двері;
9. ДБН В.2.6-220:2017 Покриття будівель і споруд;
10. ДСТУ Б В.2.7-57-96 Будівельні матеріали. Підлоги;
11. Методичні вказівки до виконання випускної магістерської кваліфікаційної роботи в галузі знань: 19 «Архітектура і будівництво» спеціальності: 192 «Будівництво та цивільна інженерія»
12. ДБН В.2.6-162:2010 Кам'яні та армокам'яні конструкції. Основні положення;

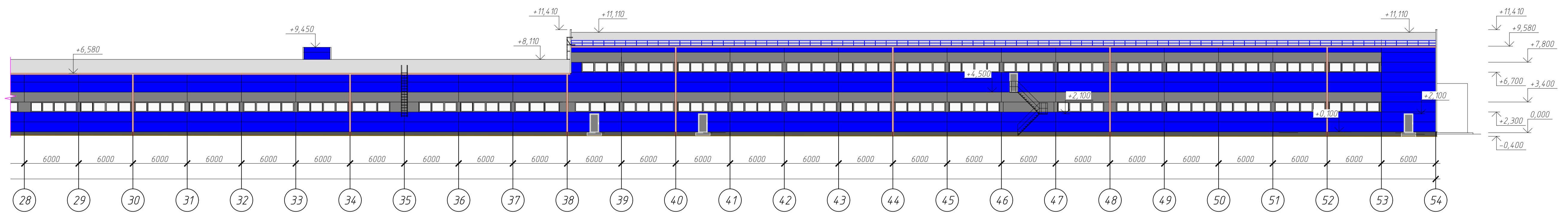
Схема будівлі корпусу виробництва печива



Фрагмент фасаду в осях 1-28



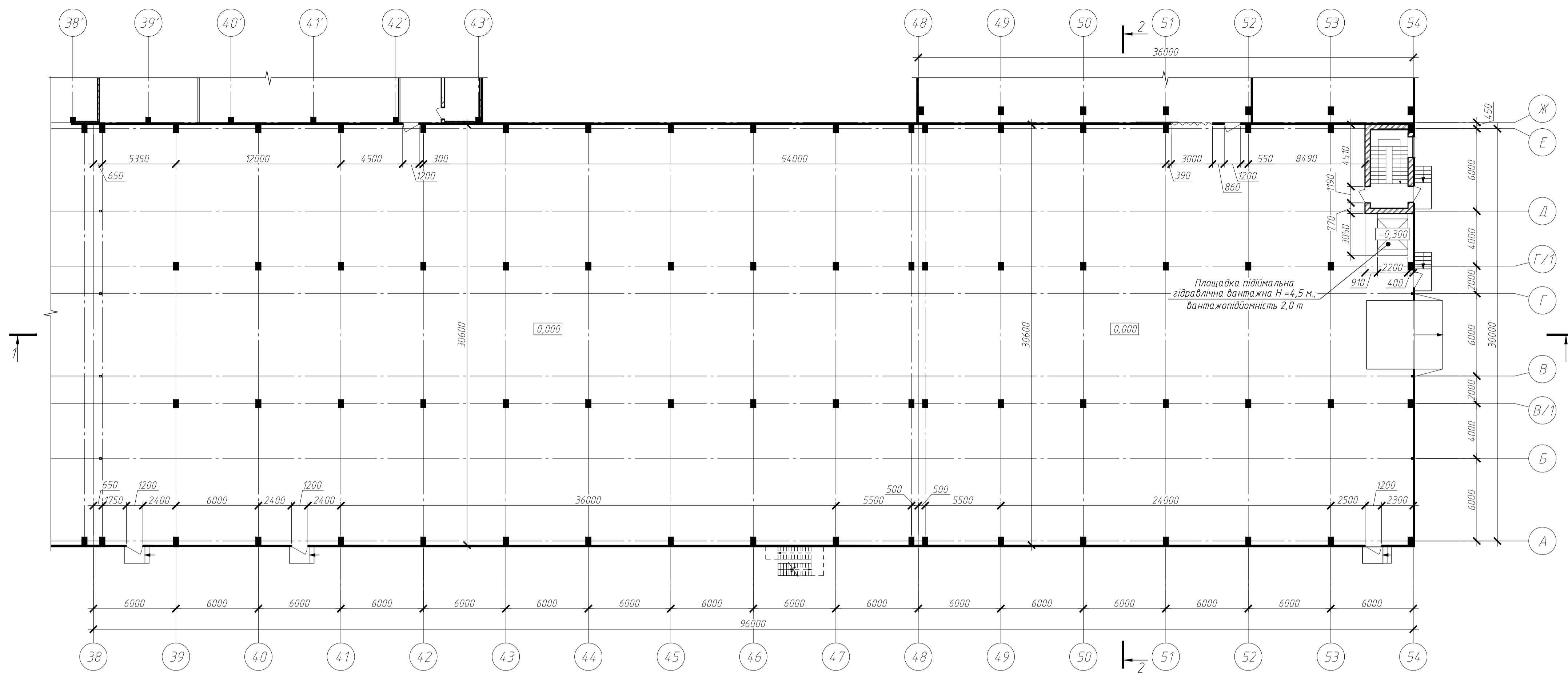
Фрагмент фасаду в осях 28-54



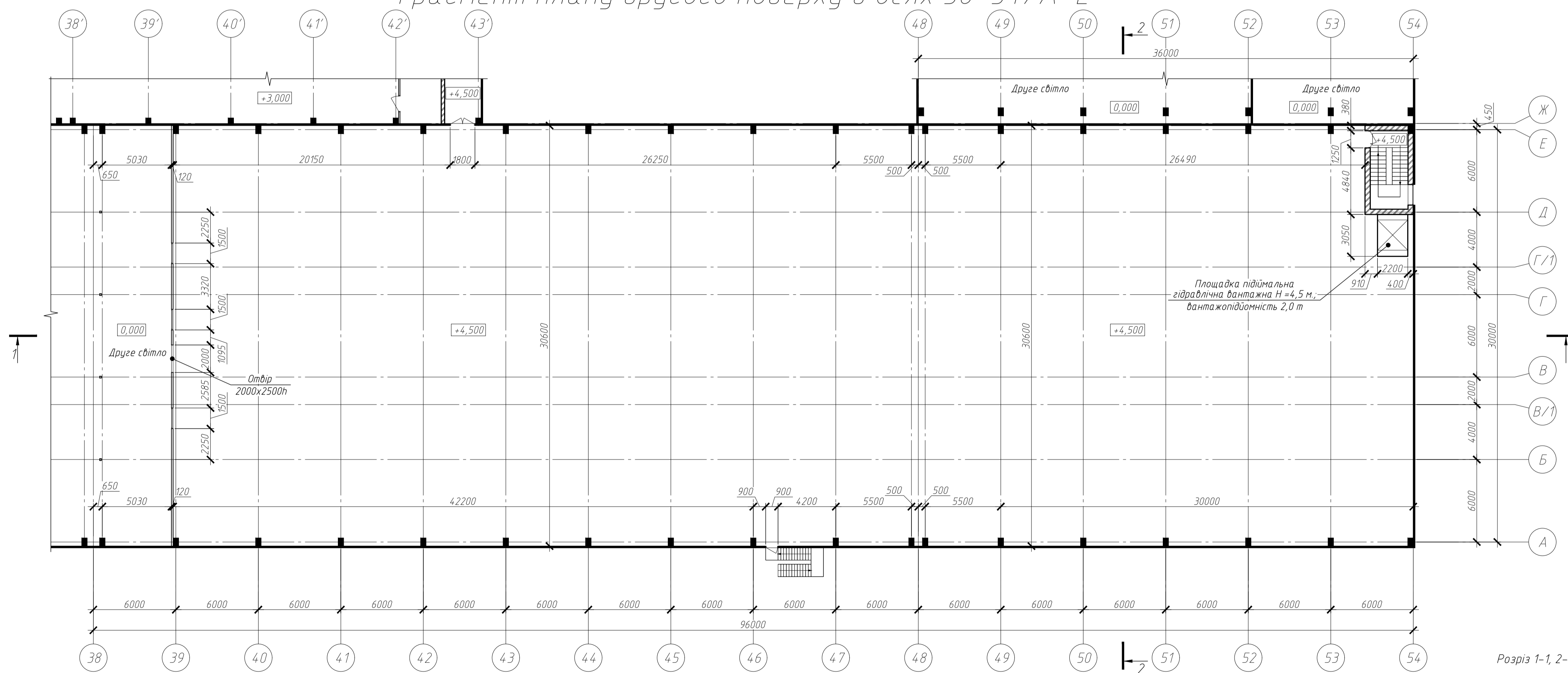
Частина корпусу, обрана для дослідження

				МР 78.23. БК ДР				
Зм.	Арх.	№ документа	Підпис	Дата	ЗАТ «Крафт Фудз Україна» м. Тростянець Корпус виробництва печива	Стаття	Маса	Масштаб
Виконав	Розроб	В.І.				Н		
Керівник	Роговий С.І.					Аркш 1	Аркшів 8	
					Схема будівлі корпусу виробництва печива. Фасад 1-54 (початок). Фасад 1-54 (продовження)	СНАУ гр. ПЦБ 2203м		
Затвердив	Циганенко Л.А.				Формат А1			

Фрагмент плану першого поверху в осях 38-54/А-Е



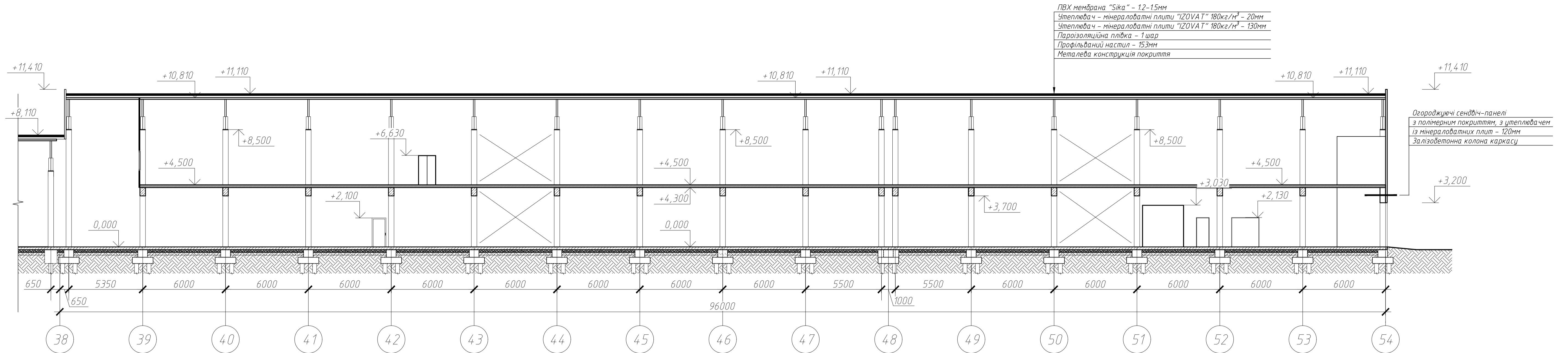
Фрагмент плану другого поверху в осях 38-54/А-Е



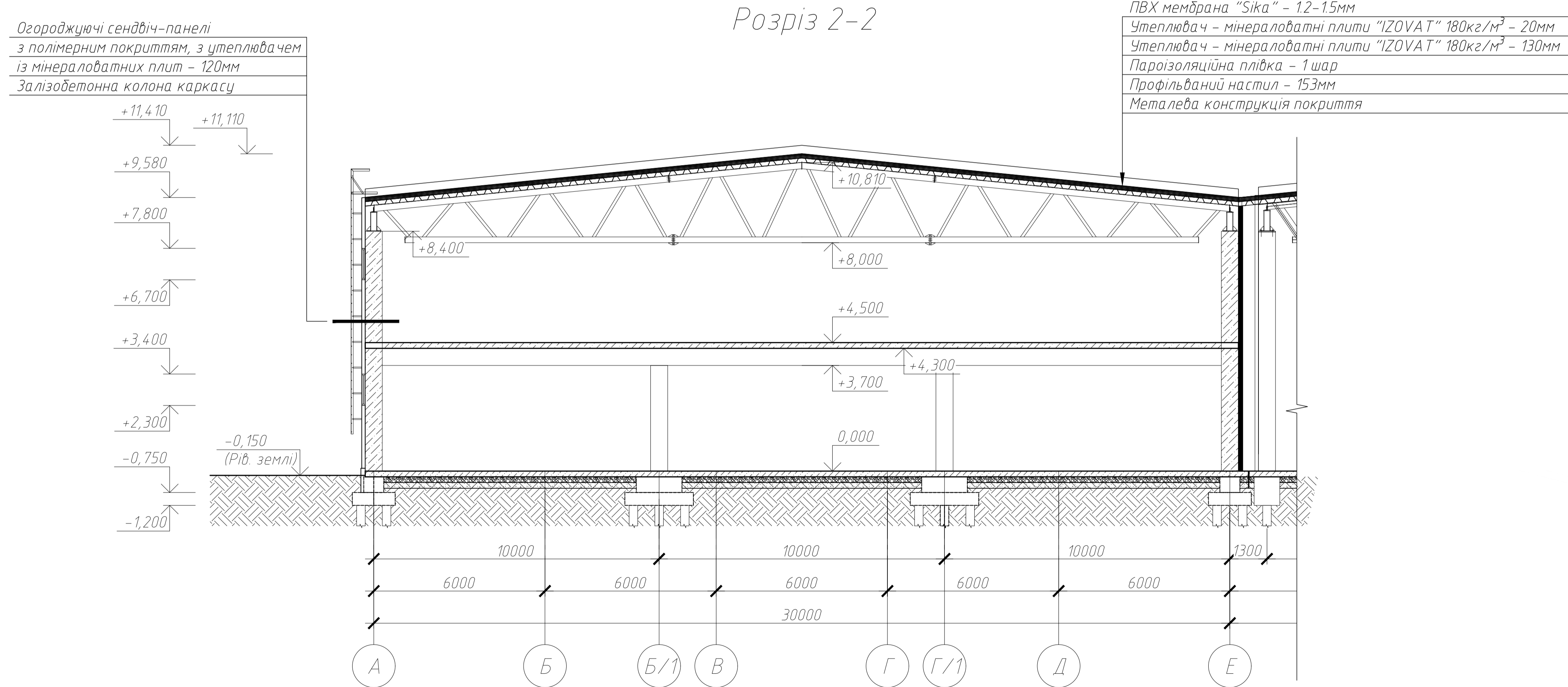
Розріз 1-1, 2-2 дивись аркуш 3

				МР 78.23. БК ДР					
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата	ЗАТ «Крафт Фудз Україна» м. Тростянець Корпус виробництва печива	Статя	Маса	Масштаб	
Виконав	Розроб	Розроб	Розроб	Розроб		Н			
Керівник	Розроб	Розроб	Розроб	Розроб		Аркуш 2	Аркушів 8		
Затвердив					Циганенко Л.А.		СНАУ гр. ПЦБ 2203м		

Розріз 1-1



Розріз 2-2



Вузол 1 дивись аркуш 5

МР 78.23. БК ДР					Стая	Маса	Масштаб
Зм.	Арк.	М. документа	Підпис	Дата	ЗАТ «Крафт Фудз Україна» м. Тростянець Корпус виробництва печива	Н	Аркуш 3
Виконав	Розроб	Розроб	Розроб	Аркушів 8			
Керівник	Розроб	Розроб	Розроб				
Затвердив	Циганенко Л.А.				Розріз 1-1, Розріз 2-2	СНАУ гр. ПЦБ 2203м	

Схема зв'язків по нижнім поясах ферм в осях 38-54/А-Е

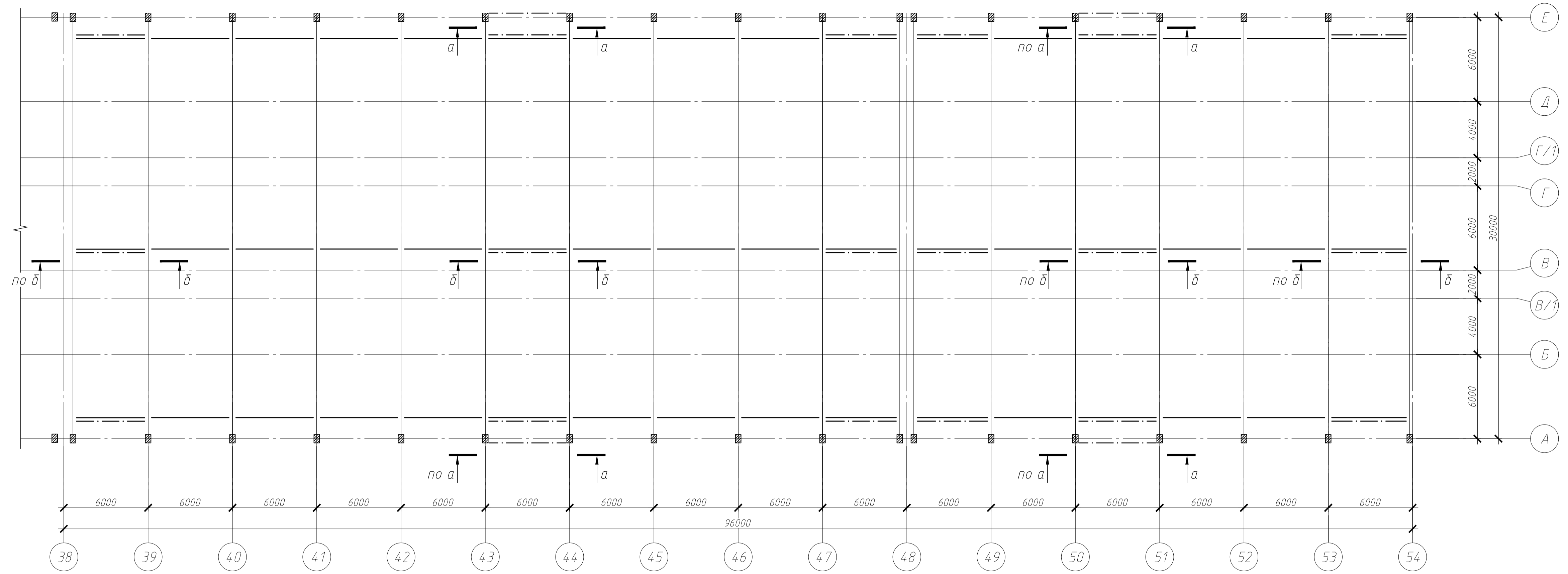
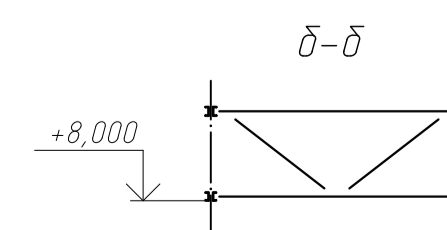
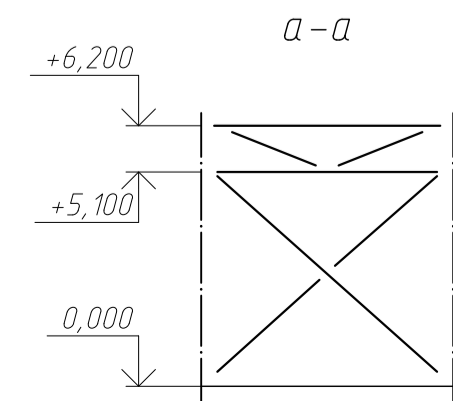
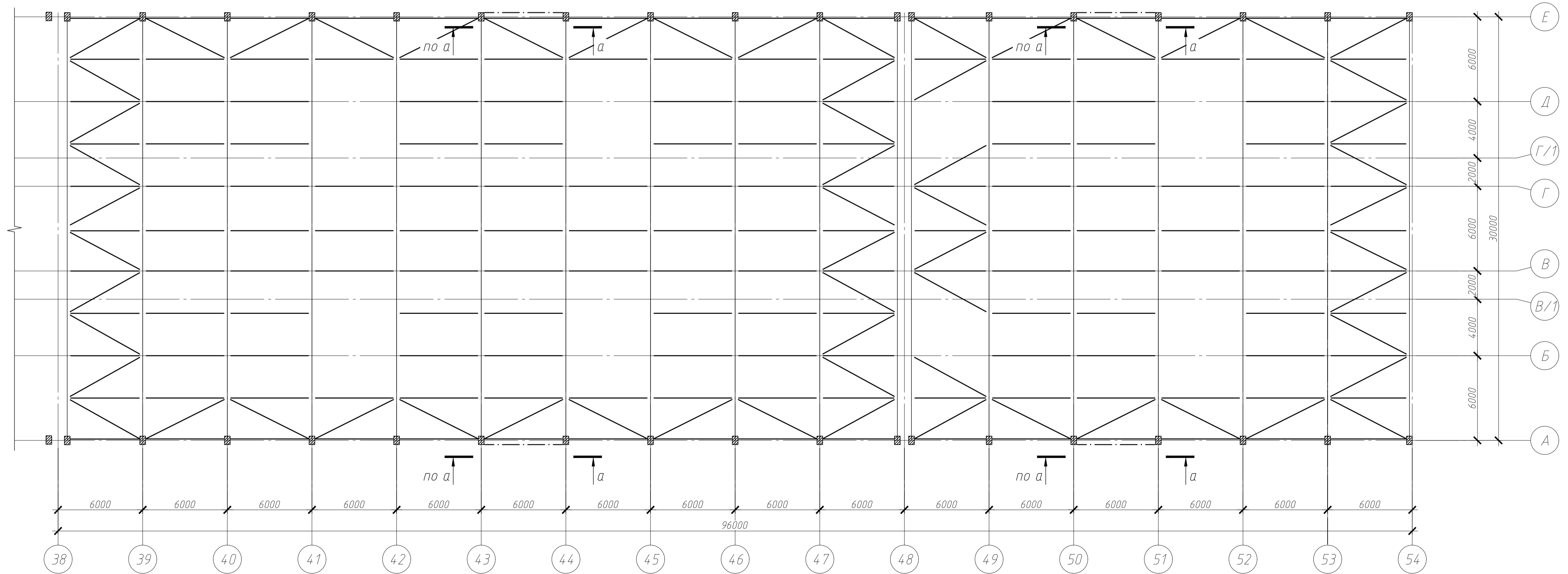
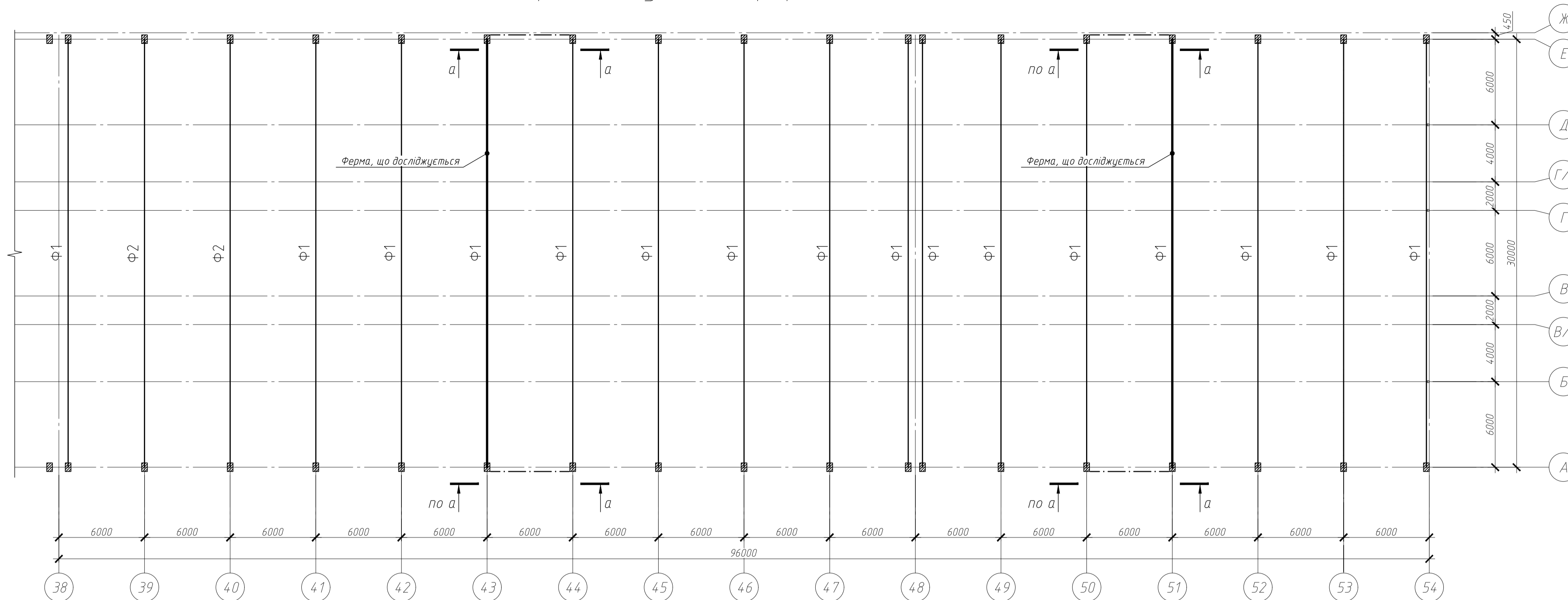


Схема зв'язків по верхнім поясах ферм в осях 38-54/А-Е



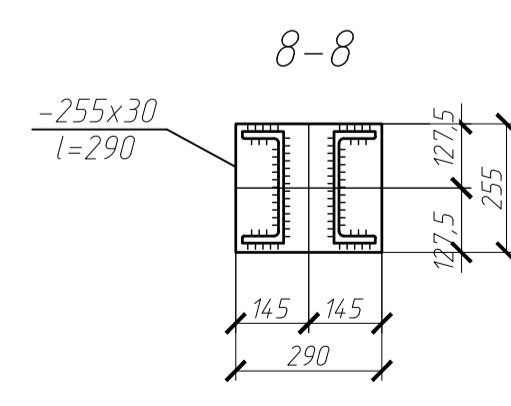
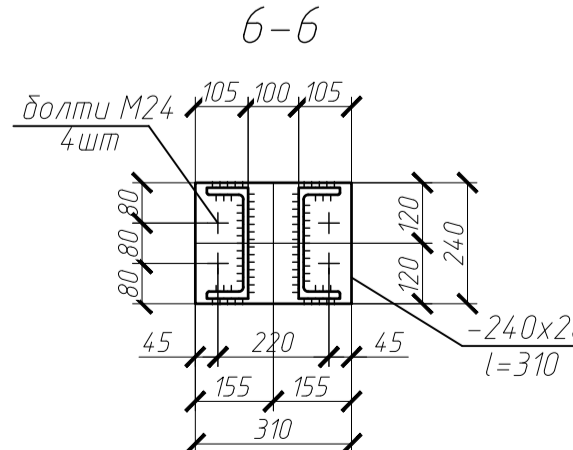
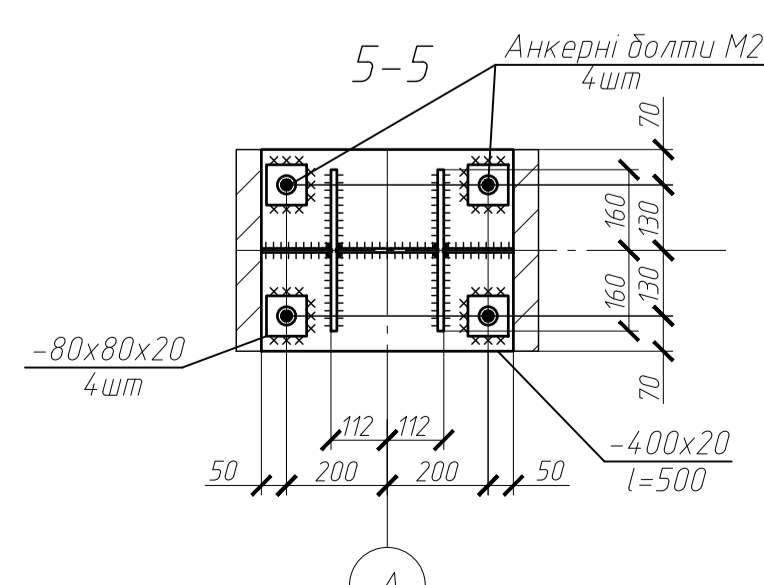
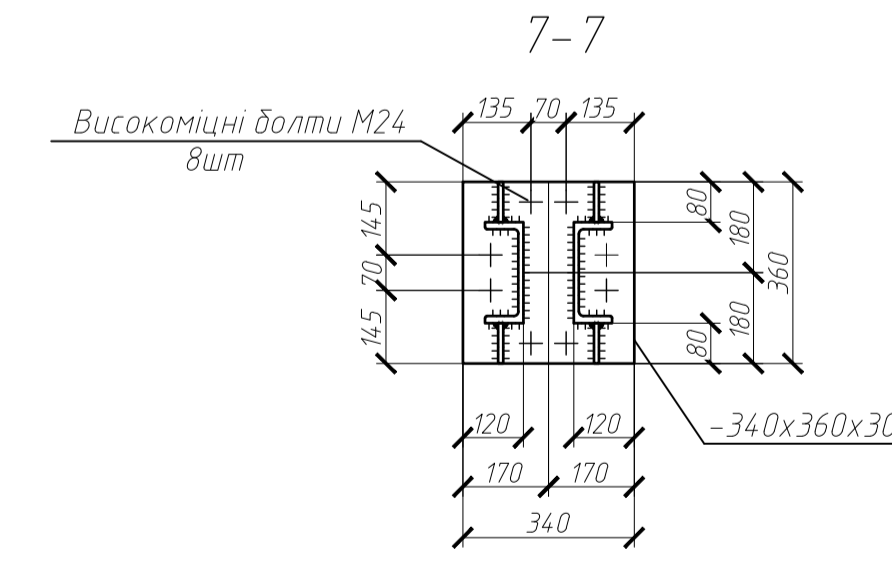
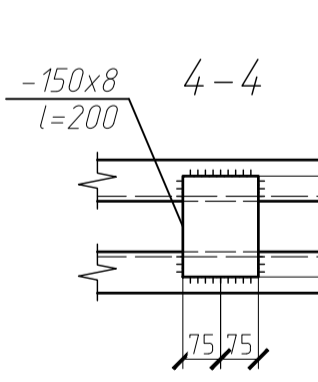
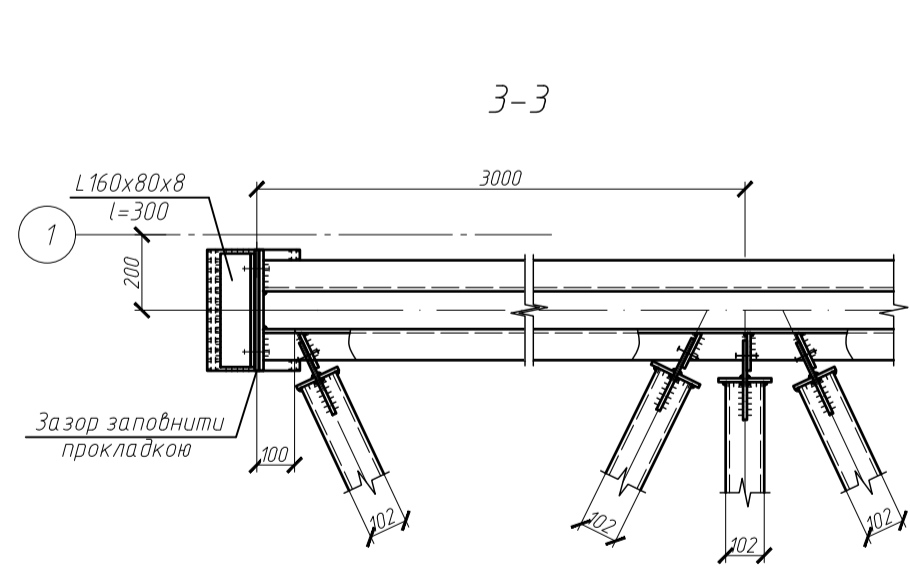
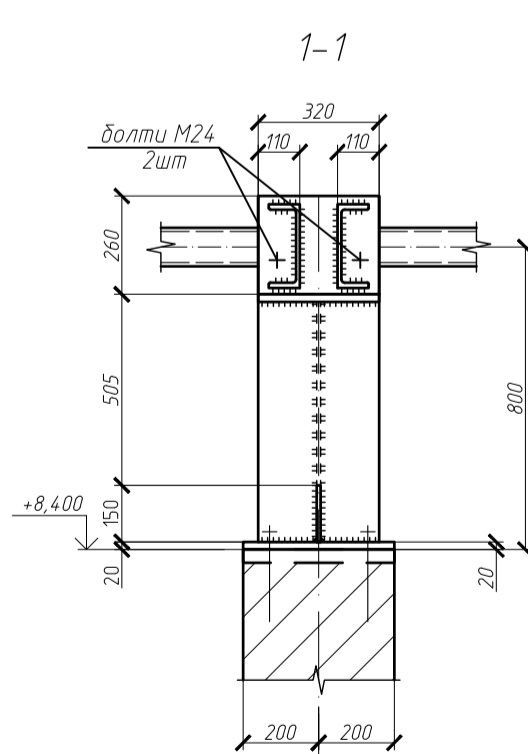
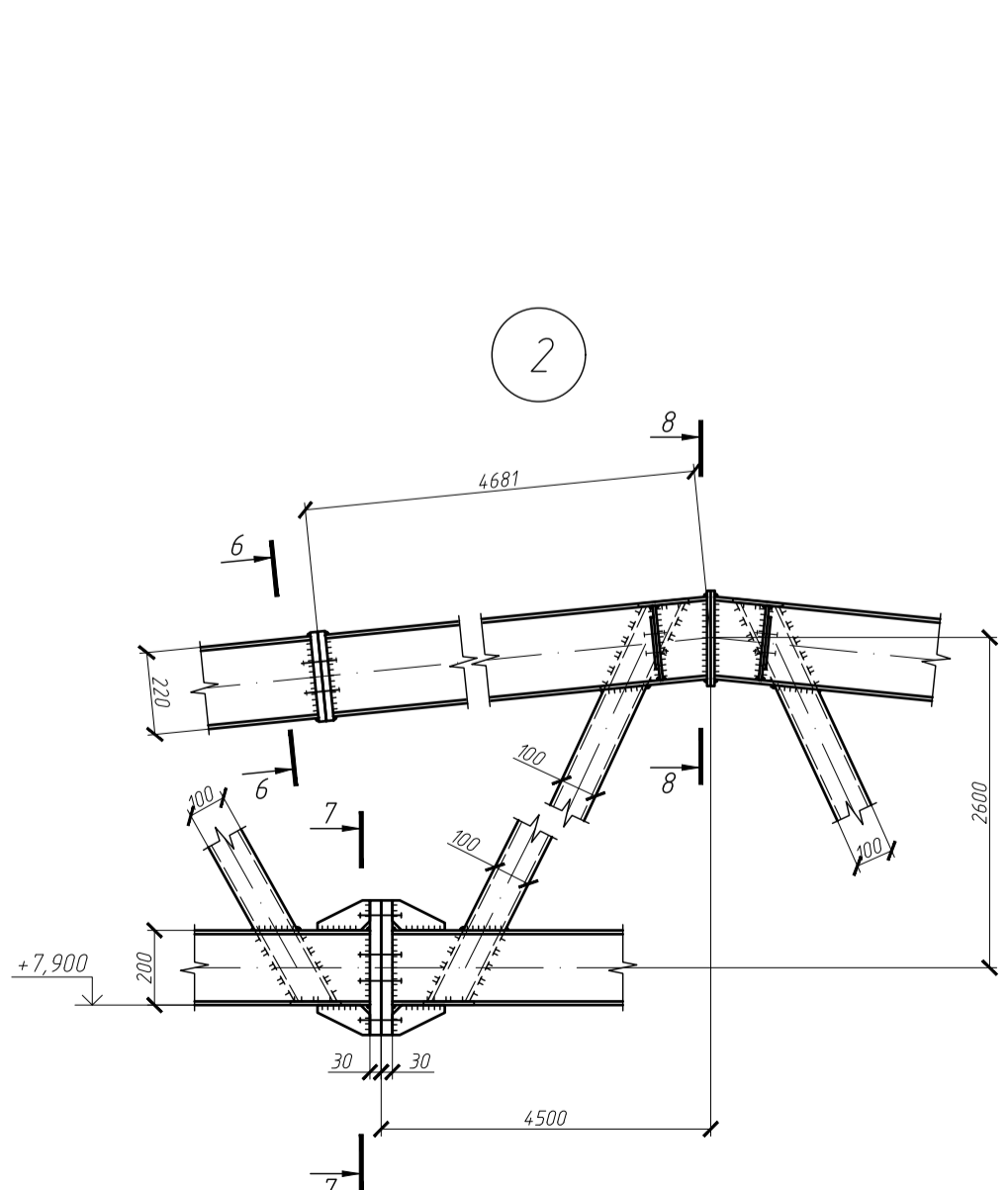
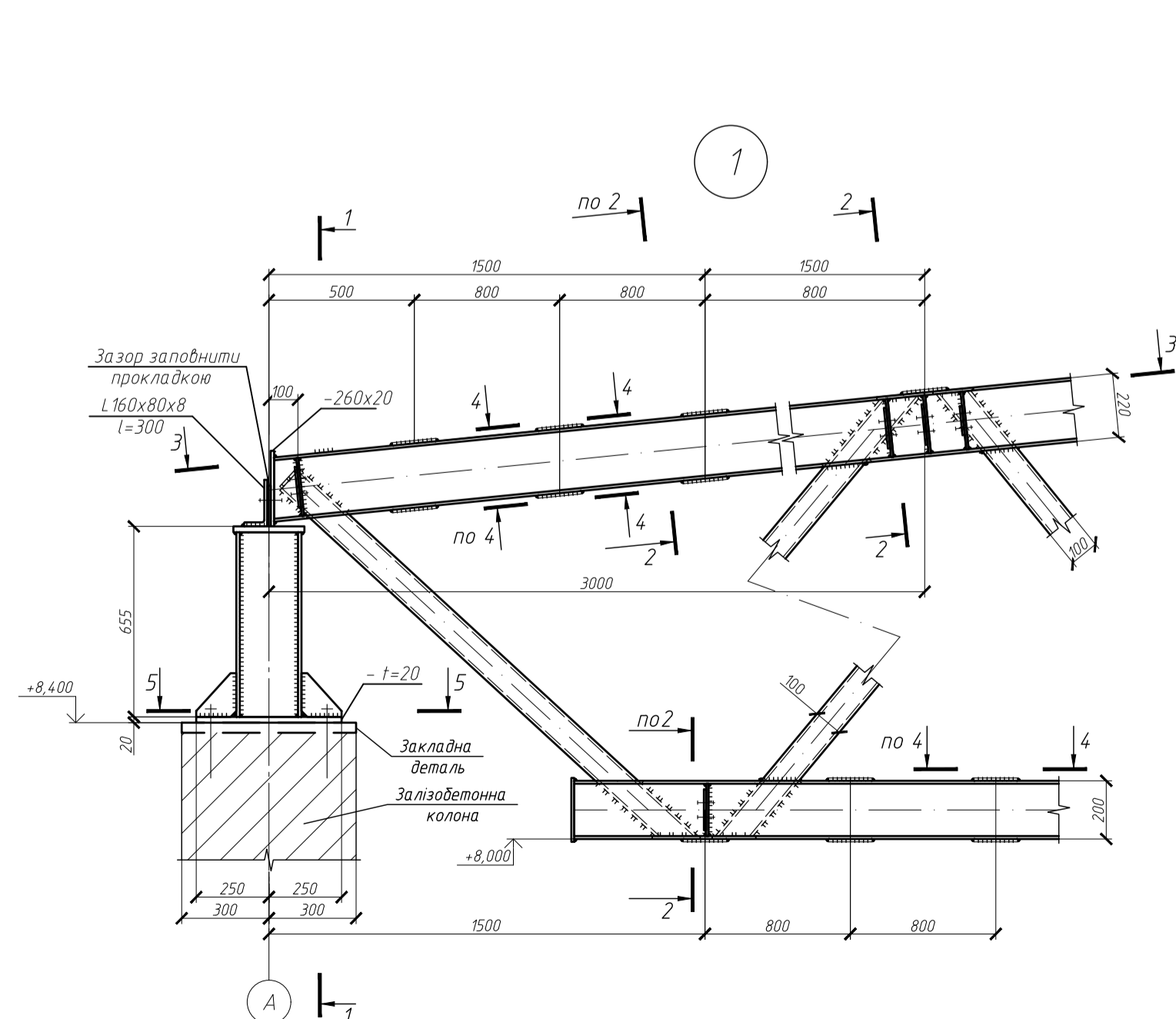
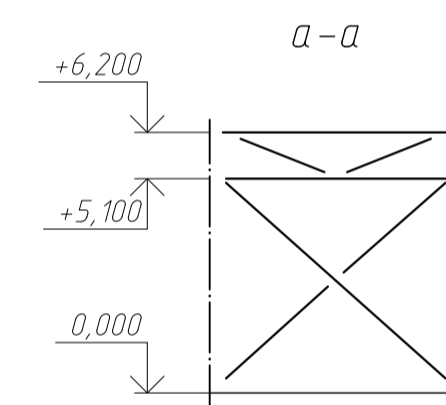
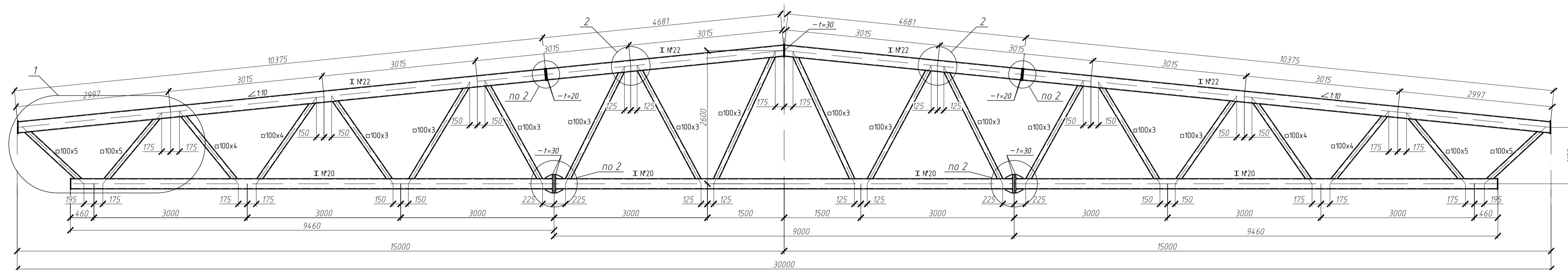
МР 78.23. БК ДР				Стая	Маса	Масштаб
Зм.	Арх.	М. документа	Підпис	Дата		
Виконав	Розроб	Розроб				
Керівник	Розроб					
ЗАТ «Крафт Фудз Україна» м. Тростянець Корпус виробництва печива				Аркш 4	Аркшів 8	
Схема зв'язків по нижнім поясах ферм в осях 38-54/А-Е. Схема зв'язків по верхнім поясах ферм в осях 38-54/А-Е. Розрізи а-а, б-б.				СНАУ гр. ПЦБ 2203м		
Затвердив	Циганенко Л.А.					

Схема розташування ферм в осях 38-54/A-E



Поз.	Позначення	Найменування	Кільк.	Маса од., кг	Примітка
1	ДСТУ 3436-96	Швелер І №20, L=9420мм	2	173,33	346,66
2	ДСТУ 3436-96	Швелер І №20, L=8940мм	1	164,50	164,50
3	ДСТУ 3436-96	Швелер І №22, L=10350мм	2	217,35	434,70
4	ДСТУ 3436-96	Швелер І №22, L=4660мм	2	97,86	195,72
5	ДСТУ 3436-96	Куттик 100x5, L=1350мм	2	10,11	20,22
6	ДСТУ 22512018	Куттик 100x5, L=1500мм	2	11,24	22,48
7	ДСТУ 22512018	Куттик 100x4, L=1570мм	2	9,50	19,00
8	ДСТУ 22512018	Куттик 100x4, L=1800мм	2	10,89	21,78
9	ДСТУ 22512018	Куттик 100x3, L=1860мм	2	8,57	17,14
10	ДСТУ 22512018	Куттик 100x3, L=2060мм	2	9,50	19,00
11	ДСТУ 22512018	Куттик 100x3, L=2080мм	2	9,59	19,18
12	ДСТУ 22512018	Куттик 100x3, L=2310мм	2	10,65	21,30
13	ДСТУ 22512018	Куттик 100x3, L=2400мм	2	11,06	22,12
14	ДСТУ 22512018	Куттик 100x3, L=2600мм	2	11,99	23,98
	ДСТУ 4747.2007	Прокат листовий t=30		47,85	47,85
	ДСТУ 4747.2007	Прокат листовий t=20		135,08	135,08
	ДСТУ 4747.2007	Прокат листовий t=12		110,46	110,46
	ДСТУ 4747.2007	Прокат листовий t=8		232,92	232,92
		Маса Ф-1			1874,09
		Наплавляемий метал 1,5%			26,50
		Загальна маса Ф-1			1900,59

Ферма Ф1



Зм.				Арх.				М. документа				Підпис				Дата			
Виконав				Розроб				Проєкт				Дата							
Керівник				Арх.				М. документа				Підпис							
Затвердив				Арх.				М. документа				Підпис							

МР 78.23. БК ДР

ЗАТ «Крафт Фудз Україна»
м. Тростянець
Корпус виробництва печива

СНАУ гр. ПЦБ 2203м

Тема : ЗАТ «Крафт Фудз Україна» м. Тростянець. Корпус виробництва печива

Актуальність теми:

В наслідок надзвичайної ситуації виникли механічні пошкодження конструкції покриття, що призвели до видимого вигинання конструкції з площини. Такі події потребують негайних заходів для відновлення та ремонту пошкоджених конструкцій, а також для забезпечення стабільності та безпеки споруду.

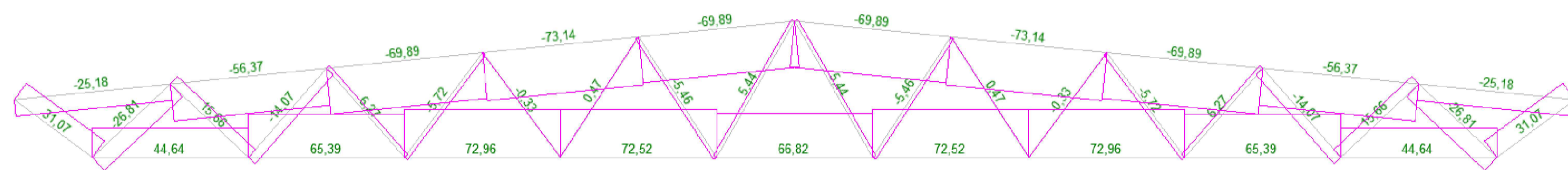
Мета дослідження і завдання дослідження:

Метою та завданням є перевірка конструкції покриття через наслідки надзвичайної ситуації. Отримання результатів розрахунку конструкції покриття, виконання заходів щодо нормальної експлуатації конструкції. В результаті виконання цього завдання очікується забезпечення надійності та безпеки конструкції покриття, а також планування подальших заходів для забезпечення їхньої нормальної експлуатації.

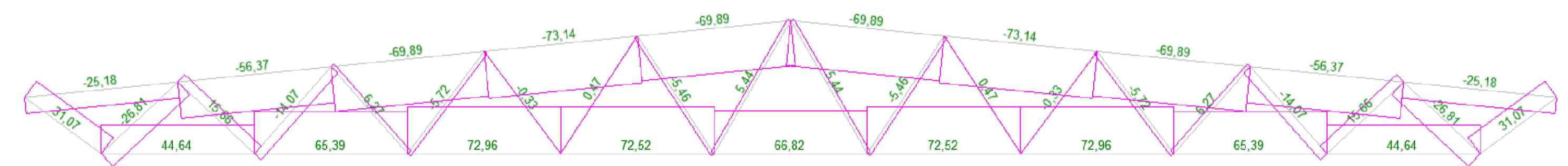
Методи дослідження:

Використано такий метод дослідження як теоретичний, на основі якого проведено аналіз НДС, виконання порівняння отриманих результатів напружено-деформованого стану ферм після надзвичайної ситуації.

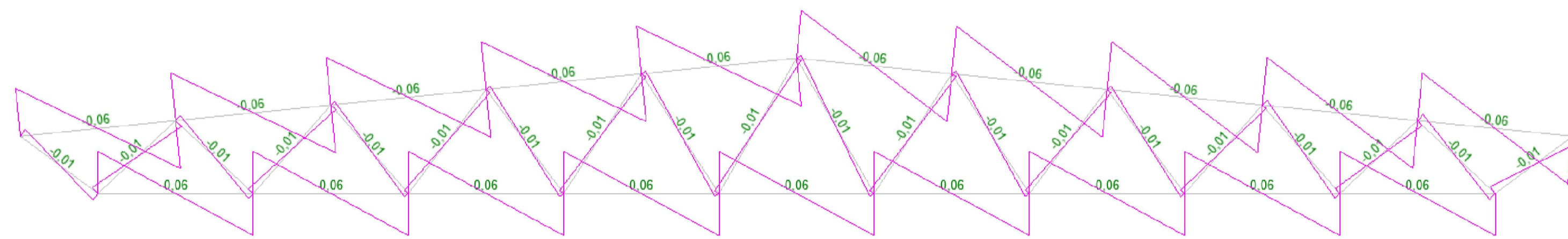
Недеформована ферма, зусилля N, т



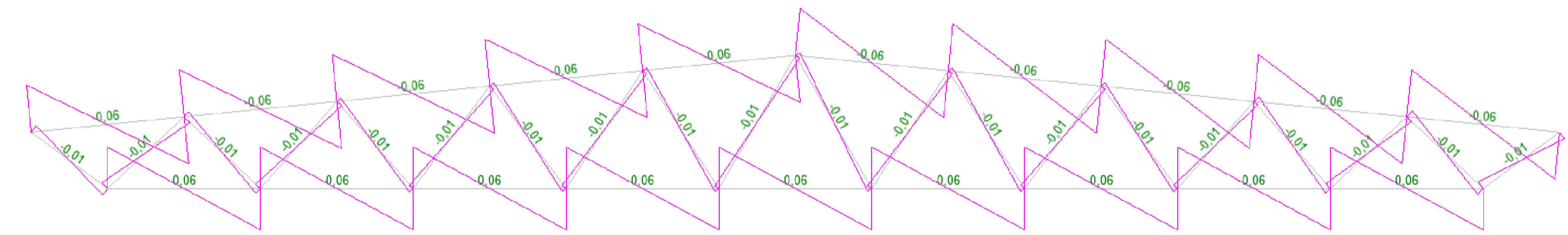
Ферма із зміщенням 10 см, зусилля N, т



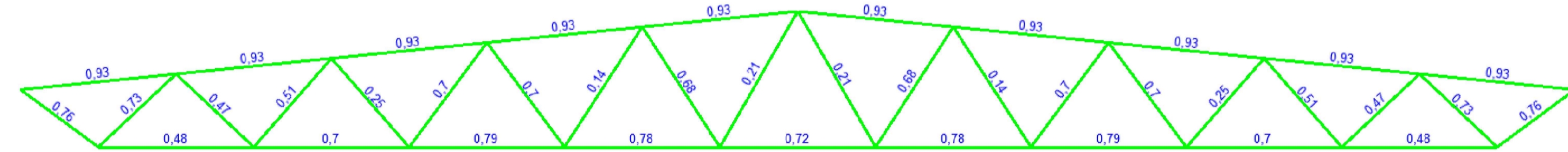
Недеформована ферма, зусилля Qz, т



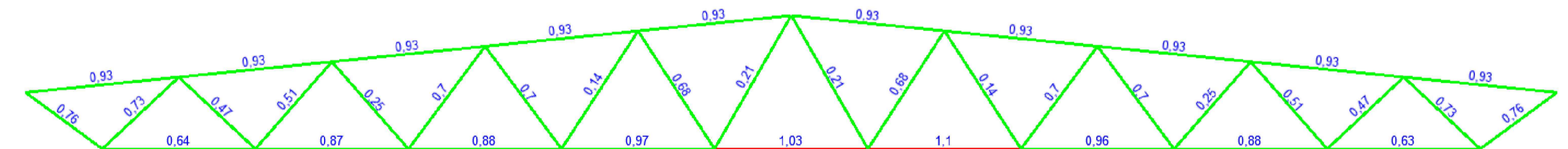
Ферма із зміщенням 10 см, зусилля Qz, т



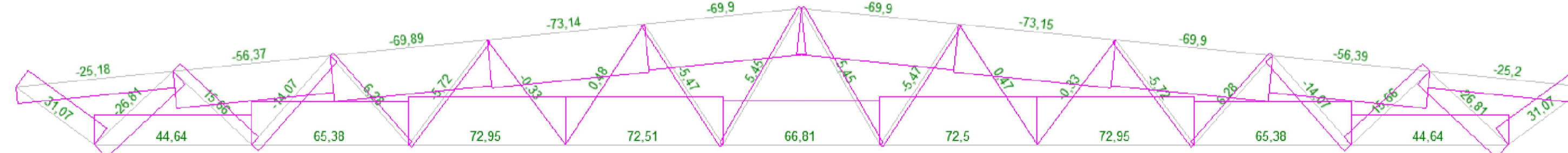
Недеформована ферма критичний фактор Kmax



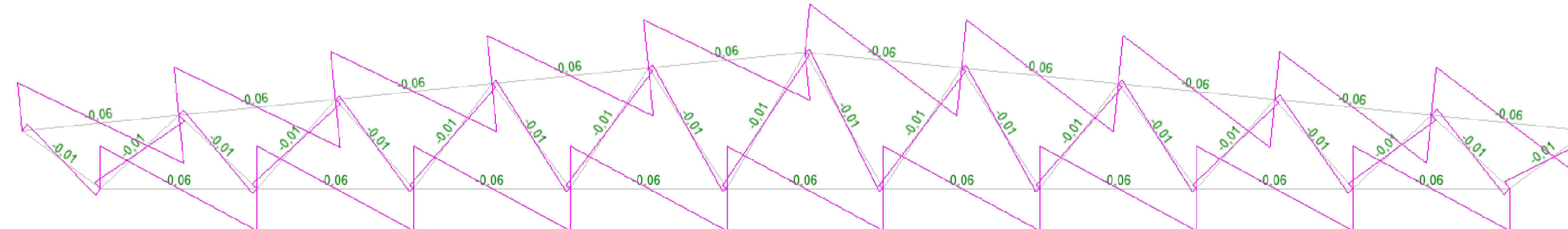
Ферма із зміщенням 10 см, критичний фактор Kmax



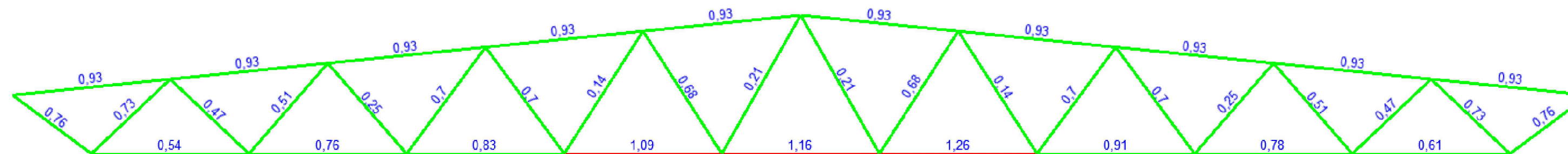
Ферма із зміщенням 15 см, зусилля N, т



Ферма із зміщенням 15 см, зусилля Qz, т



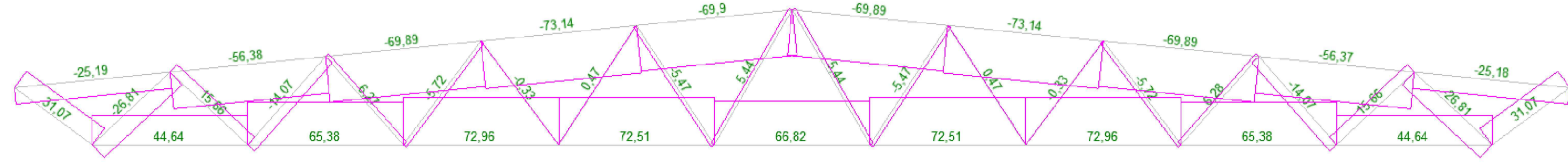
Ферма із зміщенням 15 см, критичний фактор Kmax



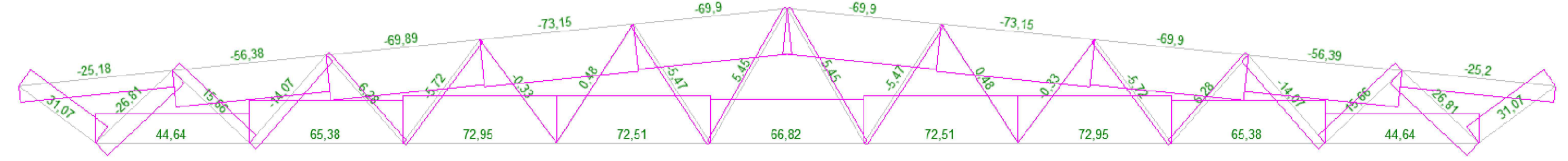
Як бачимо, окремі елементи нижнього поясу ферм, що має зміщення 10 см та 15 см незадовільняють вимоги нормальної експлуатації. Для того щоб забезпечити несучу здатність елементам можна спробувати розкріпити елементи, шляхом введення розпірок між вузлами нижнього поясу.

				МР 78.23. БК ДР			
Зм.	Арх.	М документа	Підпис	Дата	Стая	Маса	Масштаб
Виконав	Розко В.І.				Н		
Кервник	Роговий С.І.				Аркшів 6	Аркшів 8	
ЗАТ «Крафт Фудз Україна» м. Тростянець Корпус виробництва печива					СНАУ гр. ПЦБ 2203м		
Початкова ферма, Ферма із зміщенням 10 см, Ферма із зміщенням 15 см.					Затвердив Циганенко Л.А.		

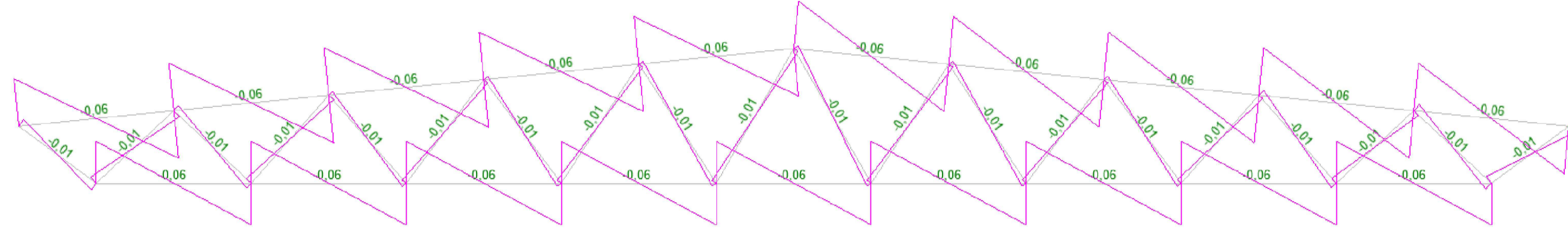
Ферма із зміщенням 10 см та розкріпленням, зусилля N, т



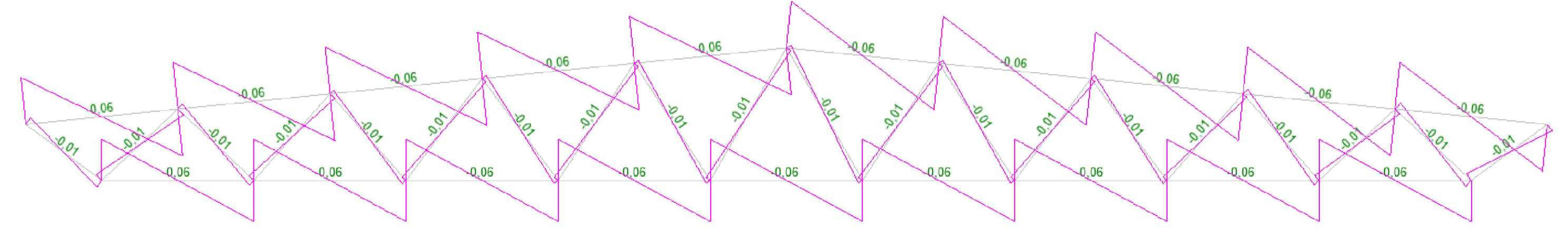
Ферма із зміщенням 15 см та розкріпленням, зусилля N, т



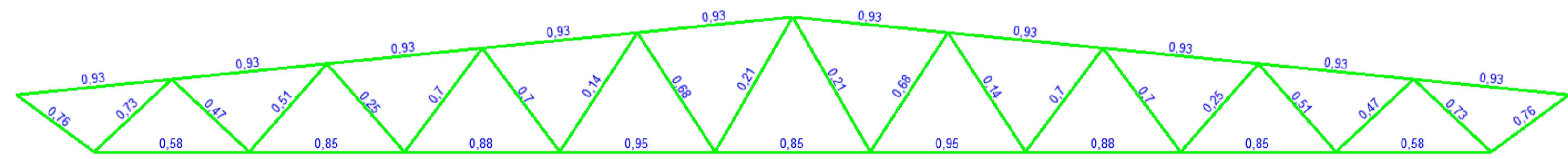
Ферма із зміщенням 10 см та розкріпленням, зусилля Qz, т



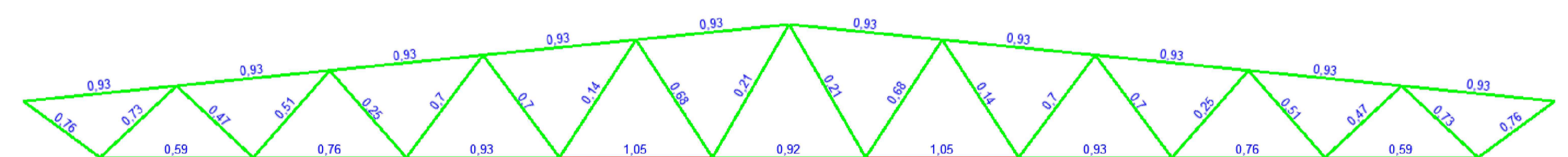
Ферма із зміщенням 15 см та розкріпленням, зусилля Qz, т



Ферма із зміщенням 10 см та розкріпленням, критичний фактор K_{max}



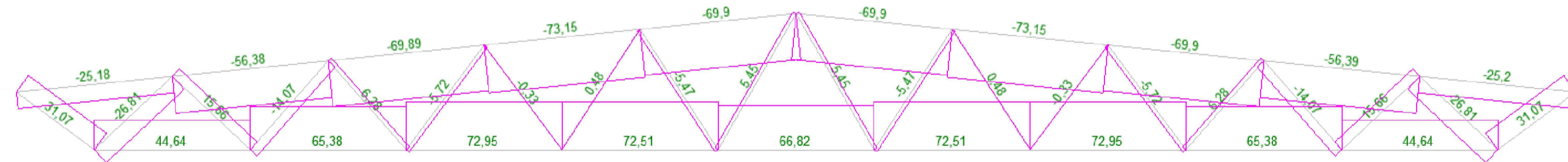
Ферма із зміщенням 15 см та розкріпленням, критичний фактор K_{max}



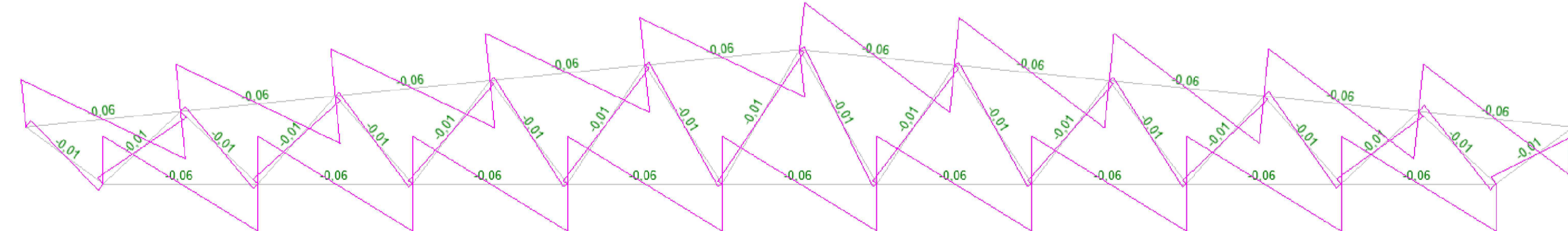
Бачимо, що введення розпірок між вузлами нижнього поясу забезпечило несучу здатність елементів ферми із зміщенням 10 см.

Для ферми із зміщенням 15 см введення розпірок не забезпечило несучої здатності елементів нижнього поясу. Приймаємо рішення щодо підсилення нижнього поясу ферми із зміщенням 15 см шляхом введення рівнополочних кутиків 50x50 з товщиною пера 5 мм.

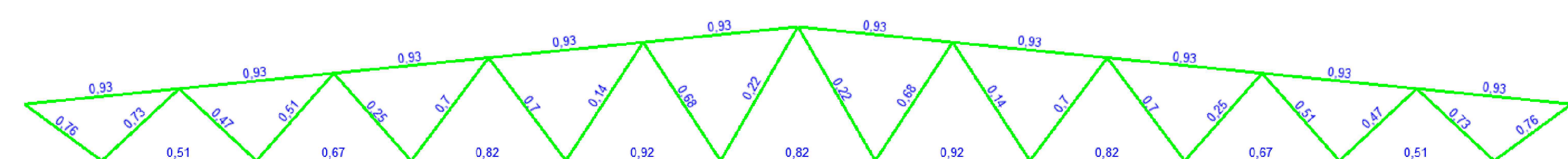
Ферма із зміщенням 15 см із розкріпленням та підсиленням, зусилля N, т



Ферма із зміщенням 15 см із розкріпленням та підсиленням, зусилля Qz, т



Ферма із зміщенням 15 см із розкріпленням та підсиленням, критичний фактор K_{max}



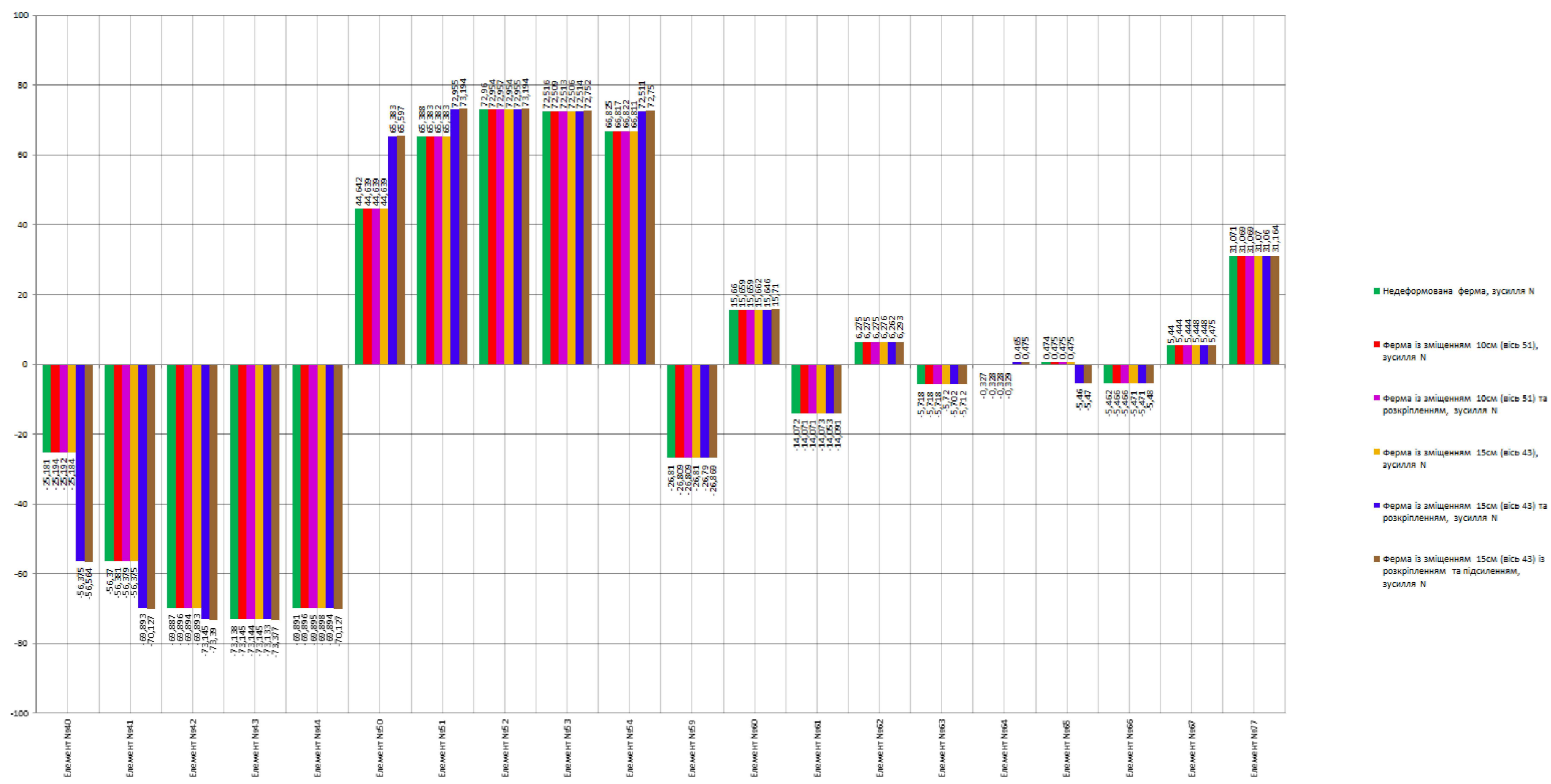
Висновок

Під час дослідження було встановлено, що для ферми зі вигином нижнього поясу до 10 см компенсація напружень можлива за допомогою введення додаткових розпірок у кожному вузлі нижнього поясу. Дане введення розпірок сприяє зменшенню величини згинального моменту, що дозволяє забезпечити надійну роботу конструкції.

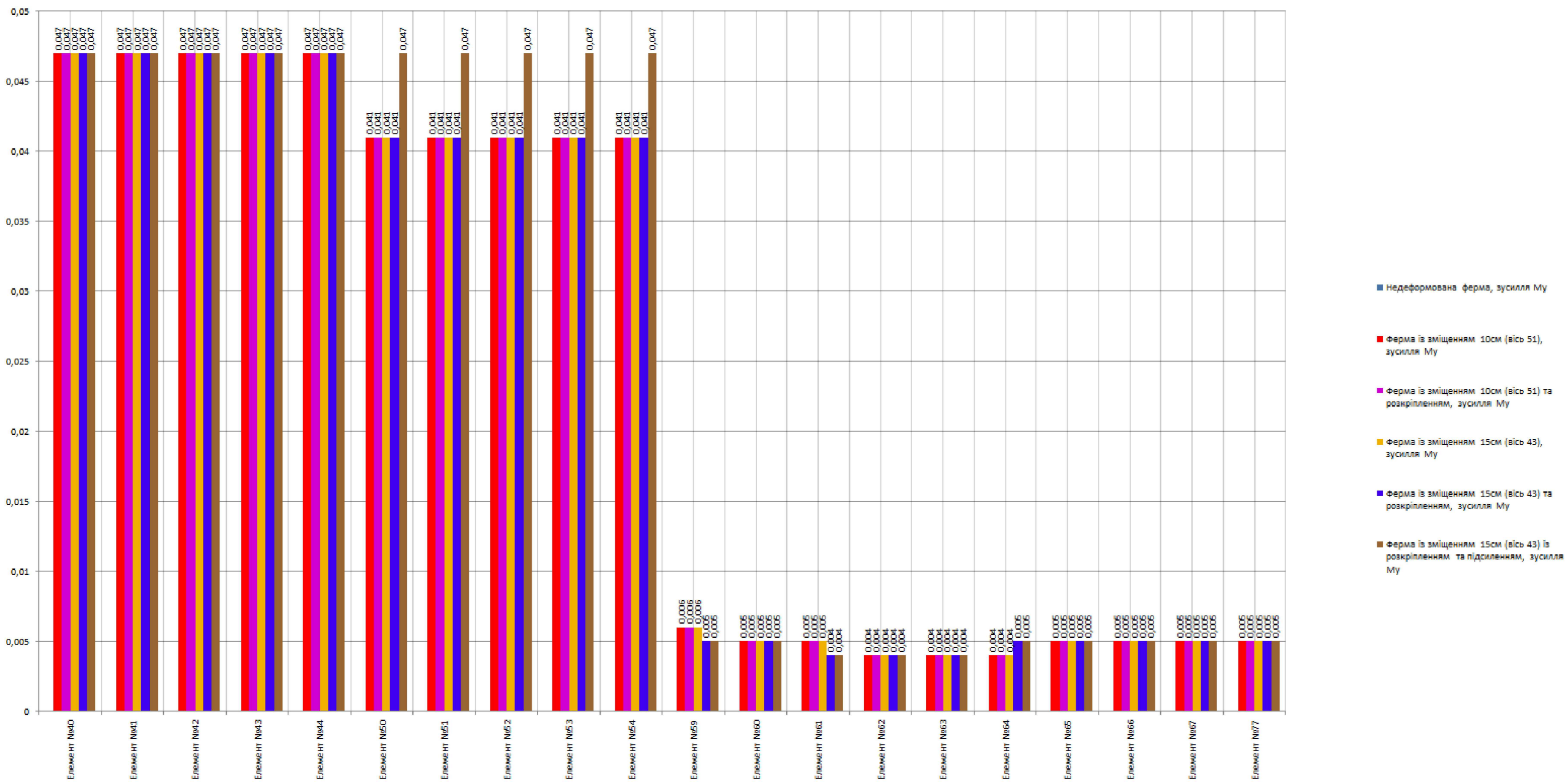
Проте, для ферми з вигином нижнього поясу до 15 см виявлено, що введення додаткових розпірок не є достатнім для компенсації величини згинального моменту. У цьому випадку потрібно збільшити міцність нижнього поясу шляхом збільшення площі його перерізу.

				МР 78.23. БК ДР			
Зм.	Арх.	№ документа	Підпис	Дата	Стаття	Маса	Масштаб
Виконав	Розроб	Розроб	Розроб	Розроб	Н		
Керівник	Розроб	Розроб	Розроб	Розроб	Аркш 7	Аркшів 8	
Затвердив	Циганенко Л.А.				СНАУ гр. ПЦБ 2203м		
Ферма із зміщенням 10 см та розкріпленням, Ферма із зміщенням 15 см та розкріпленням, Ферма із зміщенням 15 см із розкріпленням та підсиленням.							

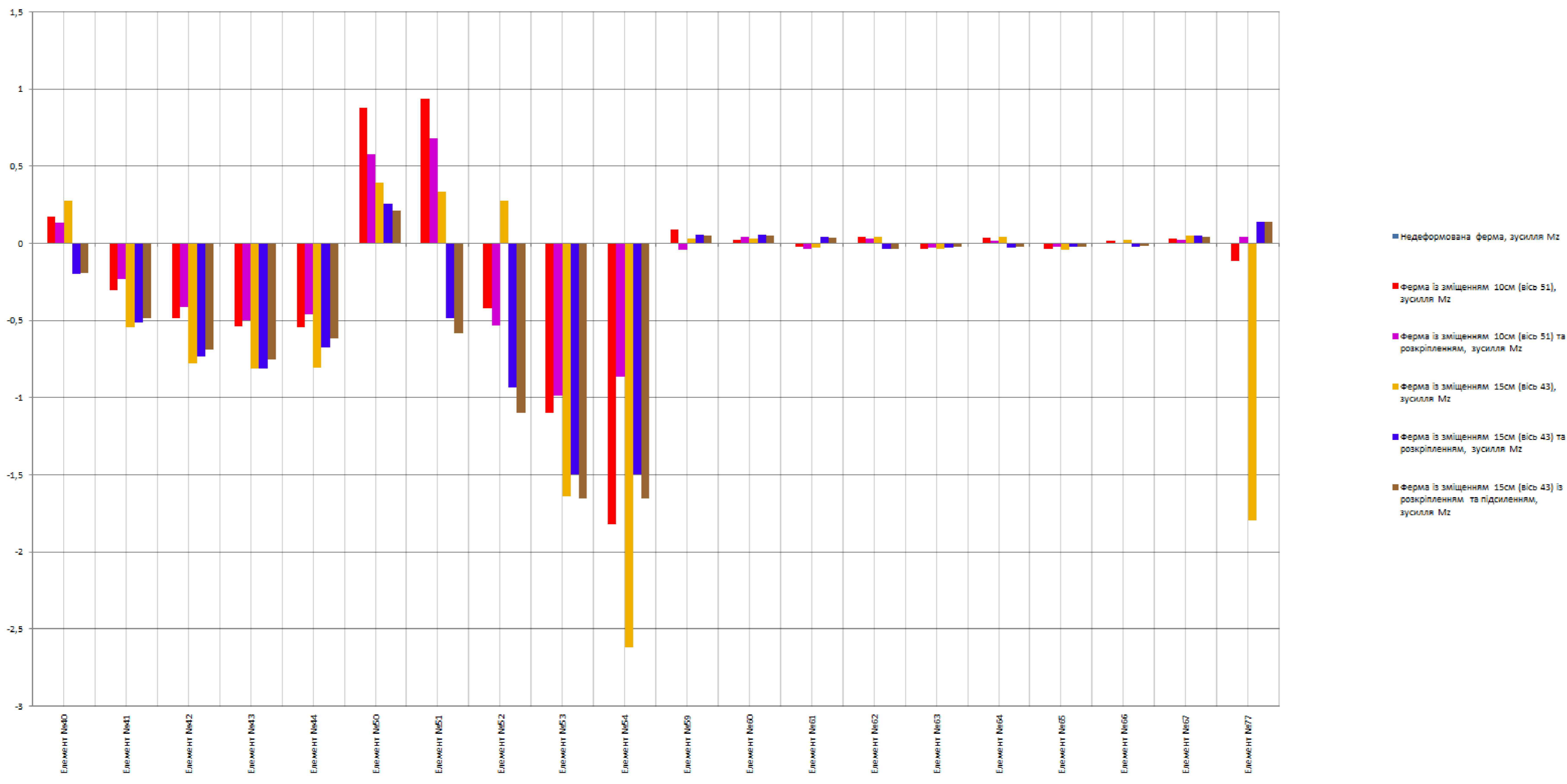
Гістограма зусиль N, що виникають у фермах



Гістограма зусиль My, що виникають у фермах



Гістограма зусиль Mz, що виникають у фермах



Примітка: Для побудови гістограм використані дані з половини ферм. Оскільки ферма є симетричною конструкцією, то і зусилля виникають симетрично.

				МР 78.23. БК ДР				
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата	ЗАТ «Крафт Фудз Україна» м. Тростянець Корпус виробництва печива	Стаття	Маса	Масштаб
Виконав	Розроб	В.І.				Н		
Керівник	Роговий С.І.					Аркш 8	Аркшів 8	
				Гістограма зусиль N, що виникають у фермах. Гістограма зусиль My, що виникають у фермах. Гістограма зусиль Mz, що виникають у фермах.		СНАУ гр. ПЦБ 2203М		
Затвердив	Циганенко Л.А.					Формат А1		