

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя
(повне найменування вищого навчального закладу)

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

Кафедра будівельної механіки
(повна назва кафедри)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

магістра

(назва освітнього ступеня)

на тему: **Проект елеватора в Підволочиську з дослідженням зварної ферми**

Виконала : студентка 6 курсу, групи МБ_{МЗ}-61
спеціальності 192

Будівництво та цивільна інженерія
(шифр і назва спеціальності)

_____ Трачук Д.В.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник _____ Ковальчук Я.О.
(підпис) (прізвище та ініціали)

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

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

Рецензент _____ Бобик М.П.
(підпис) (прізвище та ініціали)

м. Тернопіль 2023

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

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

Кафедра Будівельної механіки
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Ясній В.П.
(прізвище та ініціали)

(підпис)
« »

2023 р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня Магістр
(назва освітнього ступеня)

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

студентці Трачук Діані Володимирівні
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Проект елеватора в Підволочиську з дослідженням зварної ферми

Керівник роботи Ковальчук Ярослав Олексійович, к.т.н., доцент.
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від «22» листопада 2023 року № 4/7-1075

2. Термін подання студентом завершеної роботи 15 грудня 2023 року

3. Вихідні дані до роботи Технічне завдання для проєктування,
стандартні методики дослідження будівельних конструкцій, нормативна документація в сфері
будівництва

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

постановка задач для власних досліджень, методика проведення експериментальних
досліджень зварної ферми; виконання комп'ютерного моделюючого експерименту;
аналіз отриманих результатів власних експериментальних
досліджень; охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях; загальні висновки.

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

Аркуш 1 Топографічний план Аркуш 2 Схема навантаження на фундаментну
конструкцію

Аркуш 3 Епюри від поперечних сил Аркуш 4 Розрахункова схема норійної ями

Аркуш 5 Схема розташування балок у Аркуш 6 Епюра моментів у головні балці
завальні ямі

Аркуш 7 Конігурація зварної ферми Аркуш 8 Схема базування і навантаження зварної
ферми

ЗМІСТ

ВСТУП	7
РОЗДІЛ 1 АРХІТЕКТУРНО-БУДІВЕЛЬНИЙ РОЗДІЛ	9
1.1 Дані про район і ділянку будівництва.....	9
1.1.1 Коротка характеристика району та майданчику будівництва.....	9
1.1.2 Кліматичні умови	11
1.1.3 Інженерно-геологічні та гідрологічні умови ділянки	13
1.2 Генеральний план.....	14
1.2.1 Обґрунтування прийнятого рішення.....	14
1.2.2 Розрахунок кількості майданчиків та автостоянок для постійного та тимчасового зберігання автомобілів	15
1.2.3 Розпланування, забудова та організація рельєфу ділянки	15
1.2.4 Техніко-економічні показники по генплану	16
1.3 Архітектурно-с рішення	18
1.3.1 Забезпечення доступності маломобільних груп населення.....	19
1.4 Енергоефективність	19
1.5 Конструктивні рішення (Несучі конструкції. Опис й обґрунтування їх вибору) ..	19
1.5.1 Завальна яма (поз. ГП 1).....	19
1.5.2 Фундаменти під буферні силоси (2 шт. поз. ГП 2.1-2.2)	20
1.5.3 Фундаменти під силос-хопери (місткість 200 т. 8 шт. поз. ГП 10.1-10.8)	20
1.5.4 Фундаменти під силос-хопера (місткість 150 т. 11 шт. поз. ГП 11.1-11.11).....	21
1.5.5 Зерносушарки (2 шт. поз. ГП 3.1-3.2)	21
1.5.6 Фундаменти під теплогенератор (поз. ГП 4.1-4.2)	22
1.5.7 Очистка (поз. ГП 5).....	22
1.5.8 Станція автомобільного відвантаження (поз. ГП 7).....	23
1.5.9 Норійний приямок (поз. ГП 9).....	23
1.5.10 Норійна вежа №1 (поз. ГП 9)	23
1.5.11 Надземна галерея з опорами (поз. ГП 12.1-12.4 та 13)	24
1.5.12 Фундаменти під плоскодонні силоси (2 шт. поз. ГП 8)	25

1.6Інженерні мережі і обладнання.....	26
1.7Висновки за розділом 1	26
РОЗДІЛ 2 РОЗРАХУНКОВО-КОНСТРУКТИВНИЙ РОЗДІЛ	27
2.1Розрахунок конструкції фундаменту ФМ8Б	27
2.1.1Розрахункова схема фундаментної конструкції	27
2.1.2Розрахунок робочої арматури залізобетонного кільця фундаменту	28
2.1.3Розрахунок робочої арматури підшви фундаменту ФМ8Б	32
2.2Розрахунок норійної ями	33
2.2.1Підготовка даних до розрахунку на ПЕОМ	33
2.2.2Побудова розрахункових моделей в ПК «Мономах».....	34
2.2.3Результати розрахунку норійної ями	36
2.3 Розрахунок завальної ями	39
2.3.1Призначення і умови роботи завальної ями.....	39
2.3.2Розрахунок допоміжних балок	40
2.3.3Розрахунок головних балок	41
2.4Розрахунок підпірної стінки	42
2.4.1Вихідні дані для розрахунку підпірної стінки	42
2.4.2Визначення розмірів підпірної стіни	43
2.4.3Визначення зусиль що діють на підпірну стінку.....	44
2.4.4Розрахунок передньої частини фундаментної плити підпірної стіни	48
2.5Висновки за розділом 2	51
РОЗДІЛ 3 НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ РОЗДІЛ.....	52
3.1Постановка задач дослідження	52
3.2Методика дослідження	53
3.3Результати дослідження	55
3.4Висновки і узагальнення за результатами дослідження	57
РОЗДІЛ 4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ ...	58
4.1 Охорона праці.....	58
4.1.1Техніка безпеки при роботі із механізмами	58
4.1.2Заходи щодо забезпечення безпеки процесів та виробів.....	59

4.1.3 Охорона праці під час виконання робіт у силосах і бункерах	60
4.1.4 Техніка безпеки при роботі із механізмами	62
4.1.5 Електробезпека на будмайданчику	63
4.1.6 Виробнича санітарія на буд майданчику та забезпечення працівників індивідуальними засобами захисту	64
4.2 Безпека в надзвичайних ситуаціях	65
4.2.1 Підвищення стійкості роботи будівельних підприємств у воєнний час	65
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	69
БІБЛІОГРАФІЯ	70
ДОДАТКИ.....	78

ВСТУП

За оцінками аграрних експертів в Україні бракує потужностей для зберігання зерна. Врожай зернових культур у 2021 році оцінюється на рівні 36,7 млн. тон, перевищивши показники 2020 року майже на 2 млн. тон. У цілому Україна виробляє зернових у 2,5 рази більше, ніж споживає, оскільки річне внутрішнє споживання зернових становить майже 24 млн. тон. Таким чином, потенціал для рекордного експорту зернових становить понад 36 млн. тон на рік. Це показує, що Україна піклується про свою продовольчу безпеку та прагне щороку збільшувати свій експортний потенціал. [1]

Актуальність теми. Експерти прогнозують, що цього року в Україні буде брак потужностей для зберігання зерна в межах 20–25 млн. т. Тому, вважаю, що будівництво елеватора для зберігання зерна загальним об'ємом 12 000 тон в Підволочиську є дуже доречним і обґрунтованим з точки зору потреб аграрного сектору економіки нашої держави.

Мета роботи. Розробити комплект проєктної документації для будівництва елеватора і дослідити поведінку зварної ферми, як несучого конструктивного елемента системи транспортування зерна, при дії на неї експлуатаційних навантажень.

Завдання роботи: Згідно з індивідуальним завданням для кваліфікаційної роботи необхідно:

- розробити архітектурно-будівельну частину проєкту;
- виконати проєктно-конструкторські розрахунки для найважливіших елементів елеватора;
- виконати комп'ютерний моделюючий експеримент для виявлення параметрів напружено-деформівного стану в елементах зварної ферми при дії на неї граничних експлуатаційних навантажень;
- сформулювати основні положення охорони праці при будівництві робіт елеватора;

- розробити заходи, які стосуються підвищення стійкості роботи будівельних підприємств у воєнний час.

Об'єкт дослідження. Зварна ферма при дії на неї статичних навантажень.

Предмет дослідження. Пошкодження і руйнування конструктивних елементів ферми і зварних швів при дії на конструкцію максимальних експлуатаційних статичних навантажень

Методи дослідження. Комп'ютерний моделюючий експеримент з використанням прикладного програмного комплексу ANSYS.

Наукова новизна досліджень:

Отримала подальший розвиток методика комп'ютерного моделювання параметрів напружено-деформованого стану зварної ферми при дії на неї зовнішніх навантажень.

Практичне значення одержаних результатів. Дослідження виконані на замовлення ТОВ «Смарттехбуд» (м. Тернопіль) і отримали практичну реалізацію при виготовленні цих ферм. Акт впровадження результатів досліджень додається.

Апробація результатів магістерської роботи. Результати роботи доповідалися на XII Міжнародна науково-технічна конференція молодих учених та студентів «Актуальні задачі сучасних технологій» 6 – 7 грудня 2023 року в ТНТУ ім. Івана Пулюя.

Обсяг та структура роботи. Кваліфікаційна робота складається зі вступу, 4 розділів, загальних висновків та списку використаних літературних джерел із 56 найменувань.

Робота викладена на 78 сторінках, із них 71 сторінки основного тексту, 7 сторінки списку використаних джерел, 1 таблиці та 25 рисунків.

Публікації. Результати роботи опубліковані у збірнику тез XII Міжнародна науково-технічна конференція молодих учених та студентів «Актуальні задачі сучасних технологій (Тернопіль, 6 – 7 грудня 2023)/М-во освіти і науки України, Терн. націон. Техн. Ун-т ім. І. Пулюя [та ін.] – Тернопіль: ТНТУ, 2023 – с. 24.

Ключові слова: ЕЛЕВАТОР, ЗВАРНА ФЕРМА, ТРАНСПОРТНА СИСТЕМА, ЗБЕРІГАННЯ ЗЕРНА.

РОЗДІЛ 1

АРХІТЕКТУРНО-БУДІВЕЛЬНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Дані про район і ділянку будівництва

Будівництво комплексу для приймання, очистки, сушіння, зберігання та транспортування зернових культур на земельній ділянці з кадастровим номером 6124683000:01:001:1416. Земельна ділянка, призначена для забудови, розташована у Підволочиській територіальній громаді Тернопільського району Тернопільської області.

Підволочиська територіальна громада знаходиться у східній частині Тернопільської області, на межі з Хмельницькою областю. Підволочиськ – селище міського типу (адміністративний центр громади) та 23 населені пункти (16 колишніх сільських рад) входять до її складу. В місті є хороше транспортне розташування, оскільки воно розташоване поблизу двох обласних центрів: Тернопіль (39 км) і Хмельницький (72 км), а також на європейській дорозі E50 (Махачкала-Брест, Франція).

На території громади розташована залізнична станція міста Підволочиськ, яка є частиною залізничного сполучення Львівської залізниці. Основним транспортним засобом є дорога Хмельницький-Тернопіль. [2]

1.1.1 Коротка характеристика району та майданчику будівництва

Завдання на проектування, затверджене Замовником, містобудівні умови та обмеження, а також інші вихідні дані призначені для розробки проєкту «Будівництво комплексу прийняття, очищення, осушення, зберігання та транспортування зернових культур на земельній ділянці з кадастровим номером

6124683000:01:001:1416 на території Підволочиської територіальної громади Тернопільського району Тернопільської області».

Робочий проєкт розробляється відповідно до чинної нормативної документації [3]:

- ДБН В.2.2-8--2016 «Підприємства, будівлі і споруди по зберіганню та переробці зерна», Київ, 2016;
- ДБН Б.2.2-12:2018 «Планування та забудова територій»;
- ДБН В.1.1-7-2016 «Пожежна безпека об'єктів будівництва»;
- НАПБ А.01.001-2014 «Правила пожежної безпеки в Україні»;
- Правила улаштування електроустановок (ПУЕ 2017);
- ДБН В.2.5-74:2013 «Водопостачання. Зовнішні мережі та споруди»;
- ДБН Б.2.2-12:2019 «Планування і забудова територій»;
- ДБН Б.1.1-14:2012 «Склад та зміст детального плану території»;
- ДСТУ-Н Б А 3.2-1:2007 «Настанова щодо визначення небезпечних і шкідливих факторів»;
- ДБН В.2.6-98:2009 «Конструкції будинків і споруд. Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення»;

Коротка характеристика об'єкта:

Клас наслідків (відповідальності) споруд	- СС1 (незначні наслідки);
Граничний термін експлуатації	- 100 років;
Ступінь вогнестійкості споруд	- III а
Стадійність проектування -	Одно стадійне проектування

(Робочий проєкт)

Черговість проектування	Одна черга проектування
-------------------------	-------------------------

Конструкції будівель та споруд за класом вогнестійкості відповідають вимогам ДБН В.1.1-7-2016.

Будівельний комплекс для приймання, очищення, сушіння, зберігання та транспортування зернових культур передбачається на площі 1607,08 м².

Ділянка для запланованого будівництва знаходиться на території Качанівської сільської ради Підволочиської територіальної громади Тернопільського району Тернопільської області, з кадастровим номером 6124683000:01:001:1416 підписаним договором оренди землі 18 червня 2021 року.

План регіону розроблений на основі топографічної карти масштабу 1:500.

1.1.2 Кліматичні умови

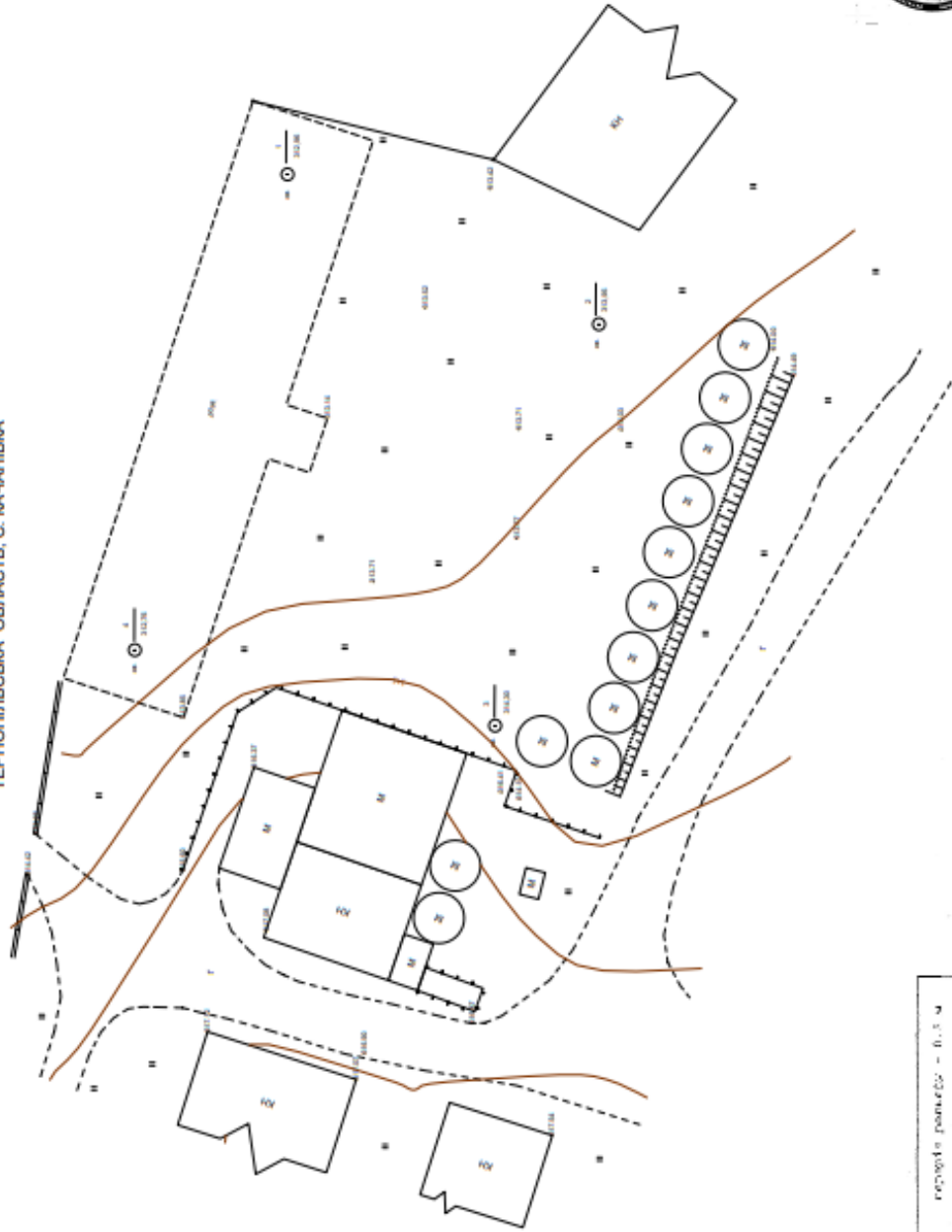
Кліматичні дані:

Будівельно-кліматична зона	- I
Розрахункова зимова температура найбільш холодної:	
- п'ятиденки	- 26 ⁰ С
- доби	- 22 ⁰ С
Зона вологості	- нормальна
Зона сейсмічності	- 6 балів
Глибина промерзання ґрунту	- 0.8 м
Швидкісний напір вітру	- 460 Па
Вага снігового покриву	- 1490 Па.

Підволочиська територіальна громада Тернопільського району розташована в північно-східній частині Тернопільської області. У цьому районі агроклімат помірно теплий та вологий.

ТОПОГРАФІЧНИЙ ПЛАН

ТЕРНОПІЛЬСЬКА ОБЛАСТЬ, С. КАЧАНІВКА



господ. границя - 0,5 м
система координат СК 63
система висот: Ієрліська



М 1:500 Склад: сертифікований інженер - геодезист Омельченко Р.М.

Формат А3

Рисунок 1.1 – Топографічний план

1.1.3 Інженерно-геологічні та гідрологічні умови ділянки

Проектна ділянка розташована на території Качанівської сільської ради.

Детальний план території ділянки виконаний на топографічній основі в проектному масштабі 1:500.

Генеральний план розроблений на основі діючих нормативних документів з урахуванням технологічного процесу та забезпеченням протипожежних і санітарних норм.

Район Підволочиська межує з Волочиським районом Хмельницької області зі сходу, Гусятинським і Терехівським районами з півдня та південного сходу, Лановецьким Збаразьким районом з півночі та північного заходу, а Тернопільським районом з заходу.

Поверхня, розташована в межах Подільської височини, переважно платоподібна, полого-хвиляста лісова. Поверхня південно-західної частини є горбисто-пасмовою. Абсолютні висоти можуть коливатися в межах від 250 до 400 метрів, з найвищою висотою 417 метрів. Присутні вапняки, глина та пісок.

Переважає більшість ґрунтів — чорноземи, типові малогумусні (79,3 %) і чорноземи, опідзолені та темно-сірі (14,8 %). Решта ґрунтів — лучні, болотні та ясно-сірі. [2]

Дані інженерних вишукувань:

Інженерно-геодезичні вишукування виконані ФОП Омельченко Р.М. від 2022 р.

Інженерно-геологічні вишукування виконані: Державно-кооперативним проектно-вишукувальним інститутом «ТернопільагроА» від 2022 р., ділянка є сприятливою для будівництва.

1.2 Генеральний план

Генеральний план розроблений на основі діючих нормативних документів, урахуванням технологічного процесу та забезпеченням протипожежних і санітарних норм.

Генетичний план був розроблений відповідно до завдань на проєктування, стандартів протипожежних і санітарних норм, а також для забезпечення нормального функціонування підприємства.

При розробці проєкту було використано інженерно-геодезичну зйомку масштабу 1:500 виконану в 2022р.

Кадастровий номер земельної ділянки 6124683000:01:001:1416 відноситься до Качанівської сільської ради Тернопільського району Тернопільської області.

Проєкт передбачає комплексне благоустрій території та використання існуючих заїздів і проїздів.

1.2.1 Обґрунтування прийнятого рішення

Для будівництва комплексу приймання, очистки, сушіння, зберігання та транспортування зернових культур на території СГ ТОВ «ТЕРРА» Підволочиської територіальної громади Тернопільського району Тернопільської області відповідно до завдання на проєктування.

Прийнято рішення про переміщення власного зерно різних сільськогосподарських культур для зважування, приймання його для подальшої очистки, сушіння та зберігання зернових, також відвантаження для реалізації. Для цього проєктуємо автовагу, завальну яму, норії, зерноочистку, зерносушарку, транспортні галереї, плоскодонні силоси з транспортними галереями та блок відвантаження зерна для відвантаження та реалізації.

Згідно з завданням на проєктування, всі механізми: транспортери, норії, сухотруби, очистка, зерноочистка, зерносушарка, розраховані на переробку зернових культур з потужністю 100 тон за годину. [4]

1.2.2 Розрахунок кількості майданчиків та автостоянок для постійного та тимчасового зберігання автомобілів

Перед заїздом на територію СГ ТОВ «ТЕРРА» розташована площадка відстою двадцяти вантажних автомобілів (зерновозів) та двадцяти легкових автомобілів. На даній території зернового комплексу розташовані підїзні дороги та проїзди для розташування 10-12-ти вантажних автомобілів та проїзди для пожежного транспорту. [5]

1.2.3 Розпланування, забудова та організація рельєфу ділянки

«Будівництво комплексу приймання, очистки, сушіння, зберігання і транспортування зернових культур на земельній ділянці з кадастровим номером 6124683000:01:001:1416 на території Підволочиської територіальної громади Тернопільського району Тернопільської області»

Будівництво повинно проводитись в одну чергу:

- Завальна яма;
- Фундамент під зерносушарку(2шт.);
- Фундамент під силос Ø 18.3(2шт.);
- Фундамент під буферний силос (2 шт.) ;
- Фундамент під силос-хопер (місткість 200 т. 8 шт.)
- Фундамент під силос-хопер (місткість 150 т. 11 шт.)
- Фундамент під теплогенератор;
- Фундамент під очистку;
- Станція автомобільного відвантаження;
- Надземна галерея з опорами;
- Норійна вежа.

1.2.4 Техніко-економічні показники по генплану

Таблиця 1.1 містить основні техніко-економічні показники будівництва комплексу приймання, очистки, сушіння, зберігання та транспортування зернових культур на землі з кадастровим номером 6124683000:01:001:1416 на території Підволочиської територіальної громади Тернопільського району Тернопільської області.[6]

Таблиця 1.1 - Основні техніко-економічні показники будівельного процесу

№ п/п.	Показник	Одиниця виміру	Кількість
1	2	3	4
1	Потужність об'єкта (річний випуск основної номенклатури продукції, місткість, пропускна спроможність)		
	– у натуральних показниках	тони	10672
	– у вартісних показниках	тис. грн.	85376
4	Кількість новостворених робочих місць:	місць	5
5	Загальна кількість працюючих (осіб)	місць	10
6	Загальна кошторисна вартість будівництва, в т.ч. будівельних робіт, устаткування, інших витрат	Тис. грн	-
7	Витрати на природоохоронні заходи, відновлювальні та компенсаційні заходи	Тис. грн	-
8	Вартість основних фондів об'єкту будівництва	Тис. грн	
9	Тривалість будівництва	місяців	3-4

Продовження таблиці 1.1

1	2	3	4
9	Тривалість будівництва	місяців	3-4
10	Трудомісткість будівництва	люд.-дні	
11	Площа ділянки	га	11,26
12	Площа забудови	м ²	1558,11
	у тому числі:		
	– площа фундаменту під силос Ø18,5 (2 шт)	м ²	589,40
	– станція автомобільної вивантажки	м ²	39,10
	– зерносушарка (2 шт.)	м ²	68,38
	– буферний силос (2 шт)	м ²	107,89
	– зерноочистка	м ²	13,56
	– теплогенераторна (2 шт.)	м ²	85,00
	– завальна яма	м ²	20,79
	– норійна вежа	м ²	18,30
	– надземна галерея	м ²	109,06
	– силос-хопер (місткість 200 т. 8 шт.)	м ²	226,08
	– силос-хопер (місткість 150 т. 11 шт.)	м ²	280,55
14	Категорія виробництва за вибухо-пожежною безпекою	–	Бз
15	Ступінь вогнестійкості		Ша
16	Річна потреба в ресурсах:		
	у воді	тис. м ³ /рік	-
	в електроенергії	Тис кВт*рік	-
17	Кошторисна вартість	Тис. грн	-

1.3 Архітектурно- планувальні рішення

Згідно мінімальних значень класів вогнестійкості будівельних конструкцій і максимальні значення груп поширення вогню по них згідно ДБН В.1.1-7:2016,- ступінь вогнестійкості споруди - Ша;

На майданчику для засобів первинного пожежогасіння повинні бути розміщені ящик з піском і пожежний щит.

Обладнання для гасіння пожеж і пожежний щит повинні бути пофарбовані відповідно до ДСТУ 180 6309:2007.[3]

На пожежному щиті потрібно вказати його порядковий номер ГПЦ-1, ПЦ-2 та номер виклику пожежної охорони.

Пожежний щит повинен захищати вогнегасники від прямого сонячного світла, а також захищати комплект від використання третіми особами. Комплектуючі, які прикріплюються до щиту, повинні бути простими та швидкими у використанні.

У районі будівництва є природне водовідведення.

Створення ухилів твердого покриття передбачено для зменшення поверхневої дощової води на прилеглій території.

Благоустроєм території передбачено улаштування проїздів з твердим покриттям. Після закінчення загальнобудівельних робіт прилегла до проїздів та споруд і вільна від забудови територія підлягає озелененню - влаштовується газон з багаторічних трав.[6]

Рекомендована суміш трав для газонів:

- вівсяниця лугова - 35%;
- вівсяниця червона - 15%.
- мятлик боровий - 15%;
- вівсяниця біла - 35%;

1.3.1 Забезпечення доступності маломобільних груп населення

У зв'язку з великою ймовірністю небезпечних методів роботи зерно обробного виробництва працевлаштування представників маломобільних груп населення не передбачається.

1.4 Енергоефективність

Передбачається використання економії енергоресурсів за рахунок впровадження новітніх технологій, використання сертифікованого технологічного обладнання, дотримання вимог з енергозбереження при будівництві та експлуатації споруд.[7]

1.5 Конструктивні рішення

1.5.1 Завальна яма (поз. ГП 1)

Залізобетонний бункер має форму прямокутного січення та розміри 4,6 на 4,62 метра. Він розташований на глибині 4,3 метра від рівня землі.

Стінки бункера виготовлені із залізобетону С20/25 товщиною 300 мм і армовані двома арматурними сітками Ø12 А400С кроком 200х200.

Залізобетонна фундаментна плита товщиною 300 мм виготовлена з бетону С20/25.

У верхній частині вона армована арматурною сіткою діаметром 12 А400С з кроком 200х200, а в нижній частині арматурною сіткою діаметром 10 А400С з кроком 200х200, які поєднані між собою одиночними вертикальними стержнями діаметром 8 А240С з кроком 400х400.

1.5.2 Фундаменти під буферні силоси (2 шт. поз. ГП 2.1-2.2)

Для фундаментів буферних силосів була розроблена залізобетонна плита діаметром Ø 6,6 м товщиною 150 мм, виготовлена з бетону С 20/25. Плита була зміцнена арматурною сіткою Ø 12 А400С, яка мала крок 200х200 і була прикріплена до паливних фундаментів. Бетонна підготовка товщиною 50 мм під паливними фундаментами виготовлена з бетону С 8/10. Щебенева підготовка товщиною 100 мм і наявний ґрунт служить основою. [8]

Фундаменти є паливними. Буро набивні палі є типом пал.

У проєкті передбачено вісім палів із бетону С20/25 діаметром 0,6 м і глибиною 4,0 м. На всю висоту паливний армований каркас, який складається з чотирьох вертикальних стержнів діаметром 12 А400С і хомутів з арматури діаметром 8 А240С довжиною 200 мм.

Палі з'єднуються між собою ростверком з бетону С20/25, розміром 600х450мм.

1.5.3 Фундаменти під силос-хопери (місткість 200 т. 8 шт. поз. ГП 10.1-10.8)

Для кожного фундаменту була розроблена залізобетонна плита діаметром Ø 6,7 м товщиною 200 мм, виготовлена з бетону С20/25 і зміцнена арматурною сіткою діаметром 12 А400С кроком 200х200.

Під плитою встановлено підготовку з бетону С 8/10 товщиною 50 мм. [9]

Фундаменти є паливними. Бурунабивні палі типом 8 палів із бетону С20/25 діаметром 0,6 м і глибиною 2,5 м для кожного фундаменту.

Палі з'єднані ростверком з бетону С20/25 із січенням 700х500 мм.

На всю висоту пальмові армовані каркаси, які складаються з напіввертикальних стержнів діаметром 12 А400С і хомутів з арматури діаметром 8 А240С довжиною 200 мм .

1.5.4 Фундаменти під силос-хопера (місткість 150 т. 11 шт. поз. ГП 11.1-11.11)

Фундаменти мають палі. Бурунабивні палі є типом.

Для кожного фундаменту розроблено вісім паль із бетону С20/25 діаметром 0,6 м і глибиною 1 м (2,5 м).

Палі армований каркас, який складається з пів вертикальних стержнів діаметром 12 сантиметрів при температурі А400С і хомутів з арматури діаметром 8 сантиметрів при температурі А240С з кроком 200 міліметрів на всю висоту пальця. [10]

Кожен фундамент має ростверку з бетону С20/25 розміром 700 на 700 мм і висотою 700 мм, а також залізобетонну плиту товщиною 150 мм .

Залізобетонна плита, розташована на палях, має діаметр 4,92 м і товщину 200 мм.

Плита буде зміцнена арматурною сіткою Ø 12 А400С з кроком 200 на 200 мм.

Під плитою є бетонна підготовка товщиною 50 мм з бетону С 8/10, яка служить основою для щебню товщиною 100 мм.

1.5.5 Зерносушарки (2 шт. поз. ГП 3.1-3.2)

Залізобетонні фундаменти рамного типу будуть побудовані з чотирьох колон розміром 0,35 на 0,35 м, які будуть попарно з'єднані балками знизу та зверху з бетону С20/25.

На всю довжину нижня плита-балка виготовлена з бетону С20/25 із січенням 800х400х4000 мм і зміцнена шістьма горизонтальними стержнями діаметром 12 А400С і хомутами з арматури діаметром 8 А240С з кроком 200 мм.

Балка для верхньої плити складається з бетону С20/25 і має розміри 400х200х5000 мм. Вона зміцнена чотирьома горизонтальними стержнями діаметром 12 А400С і хомутами з арматури діаметром 8 А240С з кроком 200 мм на всю довжину.

Верхні балки з'єднані суцільною плитою з бетону С20/25.

Плита розміром 4х5 м товщиною 200 мм.

Плита підтримується двома арматурними сітками діаметром 10 А400С і 12 А400С з кроком 200х200, які з'єднані одиничними вертикальними стержнями діаметром 6 А240С.

Для зменшення вологи під фундаментом на місці плити була розроблена обрамлююча армована забірка. [11]

Внутрішня частина фундаменту засипана щебенево-піщаною сумішшю пошарово, а потім залізобетонна плита поверх неї.

1.5.6 Фундаменти під теплогенератор (поз. ГП 4.1-4.2)

Запропонована залізобетонна плита розміром 8,5х5 м товщиною 150 мм зміцнена арматурною стінкою Ø 12 А400С з кроком 200х200.

Бетонна підготовка товщиною 50 мм на щебеневій основі товщиною 150 мм під плитою виготовлена з бетону С 8/10.

1.5.7 Очистка (поз. ГП 5)

Планується побудувати залізобетонний фундамент під рамними конструкціями очистки. Будуть використовуватися 4 колони глибиною 2 м

розміром 0,7x0,7 м з бетону С20/25, а також подушка у вигляді хреста висотою 0,4 м розміром 2,1x0,7+2,1x0,7 м з бетону С20/25.

Бетонна підготовка товщиною 50 мм під подушкою виготовлена з бетону С8/10, а щебенева підготовка товщиною 150 мм служить основою.

1.5.8 Станція автомобільного відвантаження (поз. ГП 7)

Залізобетонні фундаменти станції автомобільного відвантаження були розроблені з бетону С20/25. Чотири колони висотою 1,4 м розміром 0,6x0,5 були виготовлені з бетону С20/25, а дві балки довжиною 8 м розміром 0,4x0,6 були виготовлені з бетону С20/25.

1.5.9 Норійний приямок (поз. ГП 9)

Планується трапецеїдальний приямок розміром 3,2 на 2,8 м. Верхня та нижня плити товщиною 200 мм зроблені з бетону С20/25 з додаванням пенетрону. Вони зміцнені двома арматурними сітками діаметром 12 А400С з кроком 200x200 та зв'язані одиничними вертикальними стержнями діаметром 8 А240С з кроком 200 мм. У верхній плиті запроектований отвір, у який можна встановити нори. Стінки приямка, які складаються з бетону С20/25, мають товщину 400 мм. Стіни зміцнені двома арматурними сітками діаметром 12 А400С з кроком 200x200 та одиничними горизонтальними стержнями діаметром 8 А240С з кроком 200x200.

1.5.10 Норійна вежа №1 (поз. ГП 9)

Вежа має просторовий жорсткий каркас розміром 2,85x2,3 м і висотою 22,2 м. Каркас складається з квадратних труб 60x4.

Балки та стійки з'єднані вертикальними зв'язками з труб розміром 60x40x3.

Листи ПВЛ 406 зашиті на перехідні та обслуговуючі площадки.

Для того, щоб матеріал перекриття не прогинався, на площах встановлено поперечні рамки розміром 60x40x3 з кроком 600 мм.

Сталеві квадратні труби розміром 40x3 для всіх перехідних і робочих зон.

Норійна вежа була розроблена для використання зварних з'єднань.

Для отримання додаткової інформації див. графічну частину та технічні вказівки проєкту Том-5, розділ КМ.[12]

1.5.11 Надземна галерея з опорами (поз. ГП 12.1-12.4 та 13)

Робочі балки галереї довжиною 63,4 м складаються з 4-х № 18 швелерів, ребрами вниз, з'єднаних по низу швелерами № 18.

По всій довжині балки зміцнені просторовими фермами з металевих труб 25x3.

Просторова конструкція галереї складається з двох колон із металу, які мають крок 6,7 м.

Прохідна площадка вздовж галереї зашита листом ПВЛ-406. Для того, щоб матеріал перекриття не прогинався, по всій довжині площадки розташовані балки зі сталевих прямокутних труб розміром 60x40x4 з кроком балок 600 мм.

Планується зробити огорожу галереї з квадратних труб розміром 60x4 і 80x4. Крім того, планується зашити боки проходу пластиною розміром 150x3.

Просторові опорні рами виготовлені зі сталевих труб розміром 60x4 з розмірами 1,595x0,395 м і висотою 14,615 м. вертикальні зв'язки 50x4 з'єднують балки та колони.

Опори були розроблені для зварювання.[13]

1.5.12 Фундаменти під плоскодонні силоси (2 шт. поз. ГП 8)

Плоскодонні силоса мають круглі комбіновані фундаменти з підземною галереєю. Фундаменти стрічкові по контуру з розширеною подушкою опираючись на цілець.

У верхній частині фундаменту передбачено дві плити: робоча, товщина 300 мм, і вентиляційна, товщина 500 мм. Крім того, верхня зона вентиляційної плити товщиною 100 мм міцнена бетоном марки С20/25.

Зовнішні фундаменти розташовані на глибині 1,1 метра від рівня землі. З внутрішньої та зовнішньої сторони стрічкового фундаменту стіна по колу шириною 600 мм і зовнішнім діаметром 18,2 м зміцнена подвійною сіткою. Опорна плита стіни шириною 1,5 метра і висотою 400 міліметрів армується арматурними сітками верхнього та нижнього рівня. Елементи несучих залізобетонних конструкцій виготовлені з бетону С 20/25. Робоча плита силоса, яка має відмітку -0,800, має товщину 300 мм і має дві сітки зміцнення. Він складається з арматури: нижній крок \varnothing 14 А400С 200х200, а верхній крок \varnothing 12 А400С. Зовнішні фундаменти та стіни підземної галереї армуються та бетонуються одночасно з плитою.[14]

Вентиляційна плита розроблена з бетону С8/10, має систему вентиляційних каналів. Вентиляційні канали розміром 500х314 мм у верхній частині обрамлені двома кутниками, щоб забезпечити можливість подальшого встановлення решіток або іншого обладнання, а також збільшити термін служби конструкції.

Обладнання силоса включає підвісну систему термометрів для відстеження температури зерна та чотири вентилятори для провітрювання зерна. Під вентилятори запроектовано чотири консольні площадки, кожна з яких має два ребра. Дві арматурні сітки армують місця під вентилятори.

Запроектовано галерею висотою 1,9 м і шириною 2 м посередині фундаменту під робочою плитою силоса. Стіни галереї мають товщину 300 мм, а

верхня та нижня армовані плити. У цій підземній галереї планується встановити транспортер для транспортування зерна з силоса в норійний приямок. [15]

Для монтажу металевого силоса та ізоляційних робіт верхня частина круглого фундаменту була понижена на десять сантиметрів четверть.

1.6 Інженерні мережі і обладнання

Об'єкт не належить до об'єктів комунікацій транспорту, зв'язку та енергетики і внаслідок надзвичайної ситуації не впливає на функціонування інженерних мереж. Згідно ДСТУ 8855:2019 Таблиці.1 клас наслідків – СС1 (незначні наслідки).

1.7 Висновки за розділом 1

Виконано роботи, що відносяться до архітектурно-будівельної групи і необхідні для розроблення проектно-конструкторської і технологічної документації. При цьому використано інженерні підходи, які базуються на чинній нормативній документації державного і регіонального рівня. За результатами інженерних вишукувань на території, де передбачено виконання будівельних робіт, виявлені параметри ґрунтів, необхідні для проектування відповідних фундаментів для силосів.

Вивчено питання з інженерним забезпеченням будівельного майданчика, а саме транспортну інфраструктуру, електро- та водопостачання до об'єкта будівництва. Визначено техніко-економічні показники будівельного об'єкта. [8]

Отримана інформація свідчить про можливість спорудження елеватора на відведеній земельній ділянці і може бути покладена в основу подальшого проектування.

РОЗДІЛ 2

РОЗРАХУНКОВО-КОНСТРУКТИВНИЙ РОЗДІЛ

2.1 Розрахунок конструкції фундаменту ФМ8Б

2.1.1 Розрахункова схема фундаментної конструкції

Фундамент ФМ8Б – це залізобетонне кільце, яке окрім того, що сприймає основні навантаження від ваги самого силосу і передає його на основу, також, працює як підпірна стінка, оскільки верх фундаменту, за технологічними вимогами, має знаходитися 1,01 м над рівнем землі. Схема роботи поперечних зусиль на фундамент такої конструкції зображена на рис. 2.1.

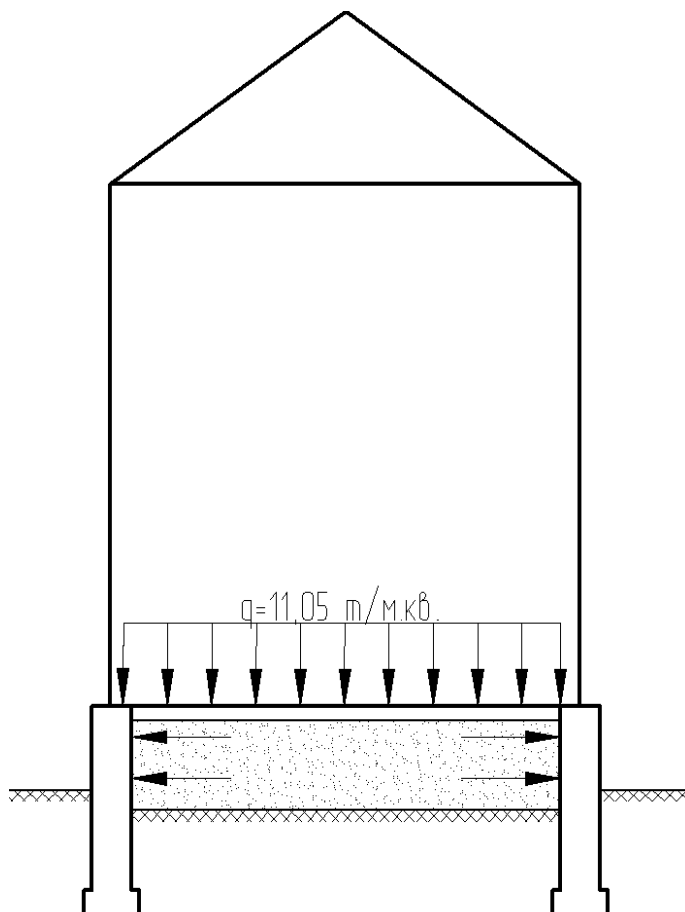


Рисунок 2.1 - Схема навантаження на фундаментну конструкцію

Вся маса зерна, разом із засипним ґрунтом здійснює гідростатичний тиск на кільце ФМ8Б. Гідростатичний тиск викликає в стінці фундаменту розтягуючі зусилля N_{\max} .

2.1.2 Розрахунок робочої арматури залізобетонного кільця фундаменту

Для розрахунку поздовжньої арматури такої конструкції нам потрібно порахувати розтягуюче зусилля N_{\max} , побудувавши епюру розтягуючих напружень в стінці фундаменту, за принципом як у підпірній стінці.[16]

Розрахунок будемо здійснювати на 1м.п. фундаменту.

Ґрунт засипки, який ми використовуємо має наступні характеристики:

- пісок середньої крупності, питома вага $\gamma_{\text{зас}} = 18 \text{ кН/м}^3$;
- кут внутрішнього тертя $\varphi = 28^\circ$;
- кут тертя ґрунту до стінки фундаменту $\delta = 1^\circ$.

Розраховуємо вагу зерна на 1м^2 :

$$q = \gamma h = 0,85 \cdot 13 = 11,05 \text{ т/м}^2.$$

Замінімо рівномірно розподілене навантаження шаром ґрунту засипки

$$q = 11,05 \text{ т/м}^2 = 110,5 \text{ кПа привведеної висоти:}$$

$$\frac{110,5}{18} h_{\text{пр}} = \frac{q}{\gamma_{\text{зас}}} = 6,14 \text{ м.}$$

Розраховуємо коефіцієнт активного тиску:

$$\xi_a = \frac{1}{(1 + \sqrt{z_a})^2} \cdot \frac{\cos^2(\varphi - \varepsilon)}{\cos^2 \varepsilon \cdot \cos(\varepsilon + \delta)};$$

$$z_a = \frac{\sin(\varphi + \delta) \cdot \sin(\varphi - \alpha)}{\cos(\varepsilon + \delta) \cdot \cos(\varepsilon - \alpha)} = \frac{\sin(28 + 1)^\circ \cdot \sin(28 - 0)^\circ}{\cos(10 + 1)^\circ \cdot \cos(10 - 0)^\circ} = 0,169;$$

$$\xi_a = \frac{1}{(1 + \sqrt{0,169})^2} \cdot \frac{\cos(28 - 10)^\circ}{\cos^2 10^\circ \cdot \cos(10 + 1)^\circ} = 0,477.$$

Знайдемо ординати епюри інтенсивності активного тиску:

- на рівні верху фундаменту

$$e_{a1} = \gamma_{\text{зас}} \cdot h_{\text{пр}} \cdot \xi_a = 18 \cdot 6,14 \cdot 0,477 = 52,72 \frac{\text{кН}}{\text{м}};$$

- на рівні землі

$$e_{a2} = \gamma_{\text{зас}} \cdot (h_{\text{пр}} + H) \cdot \xi_a = 18 \cdot (6,14 + 1,01) \cdot 0,477 = 61,38 \frac{\text{кН}}{\text{м}}.$$

- на рівні подошви фундаменту

$$e_{a2} = \gamma_{\text{зас}} \cdot (h_{\text{пр}} + H) \cdot \xi_a = 18 \cdot (6,14 + 2,51) \cdot 0,477 = 74,26 \frac{\text{кН}}{\text{м}}.$$

Горизонтальна і вертикальна складові інтенсивності активного тиску наступні:

$$e_{ar1} = e_{a1} \cdot \cos(\varepsilon + \delta) = 52,72 \cdot \cos(0+1)^0 = 52,77 \frac{\text{кН}}{\text{м}};$$

$$e_{ar2} = e_{a2} \cdot \cos(\varepsilon + \delta) = 61,38 \cdot \cos(0+1)^0 = 61,36 \frac{\text{кН}}{\text{м}};$$

$$e_{av1} = e_{a1} \cdot \sin(\varepsilon + \delta) = 52,72 \cdot \sin(0+1)^0 = 0,92 \frac{\text{кН}}{\text{м}};$$

$$e_{av2} = e_{a2} \cdot \sin(\varepsilon + \delta) = 61,38 \cdot \sin(0+1)^0 = 1,09 \frac{\text{кН}}{\text{м}}.$$

Відповідно, вертикальна і горизонтальна складові активного тиску:

$$E_{ar} = \frac{e_{ar1} + e_{ar2}}{2} \cdot H = \frac{52,77 + 61,36}{2} \cdot 6 = 57,06 \text{ кН};$$

$$E_{av} = \frac{e_{av1} + e_{av2}}{2} \cdot H = \frac{0,92 + 1,09}{2} \cdot 6 = 1 \text{ кН}.$$

Ґрунт засипки, який ми використовуємо має наступні характеристики:

- пісок середньої крупності, питома вага $\gamma_{\text{зас}} = 17 \text{ кН/м}^3$;
- кут внутрішнього тертя $\varphi = 29^0$.

Розраховуємо коефіцієнт активного тиску:

$$\xi_a = \frac{1}{(1 + \sqrt{z_a})^2} \cdot \frac{\cos^2(\varphi - \varepsilon)}{\cos^2 \varepsilon \cdot \cos(\varepsilon + \delta)};$$

$$z_a = \frac{\sin(\varphi + \delta) \cdot \sin(\varphi - \alpha)}{\cos(\varepsilon + \delta) \cdot \cos(\varepsilon - \alpha)} = \frac{\sin(29+1)^0 \cdot \sin(29-0)^0}{\cos(0+1) \cdot \cos(0-0)^0} = 0,242;$$

$$\xi_a = \frac{1}{(1 + \sqrt{0,242})^2} \cdot \frac{\cos(29-0)^0}{\cos^2 0^0 \cdot \cos(0+1)^0} = 0,394.$$

- на рівні верху землі

$$e_{a4} = \gamma_{\text{зас}} \cdot h_{\text{пр}} \cdot \xi_a = 17 \cdot 0 \cdot 0,3947 = 0 \frac{\text{кН}}{\text{м}};$$

- на рівні підшви

$$e_{a5} = \gamma_{\text{зас}} \cdot (h_{\text{пр}} + H) \cdot \xi_a = 17 \cdot (1,5 + 0) \cdot 0,394 = 10,04 \frac{\text{кН}}{\text{м}}.$$

Для побудови загальної епюри напружень в стінці фундаменту від тиску ґрунту та зерна, з врахування пасивного тиску фундаменту з іншого боку, потрібно додати 2 епюри (рис. 2.2).

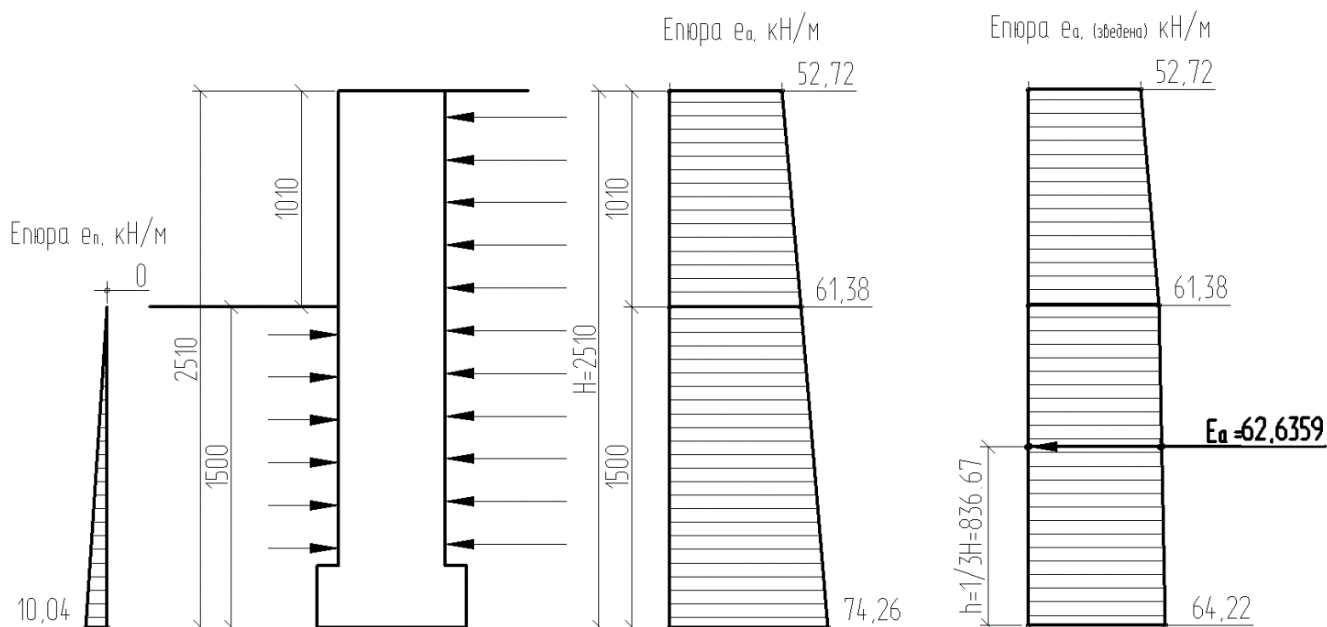


Рисунок 2.2 - Епюри від поперечних сил

Додаючи епюри, враховуємо протилежність векторів діючих сил, звідси:

$$e_{a6} = e_{a3} - e_{a5} = 74,26 - 10,04 = 64,22 \text{ кН/м}$$

Кінцева епюра напруження у фундаменті ФМ8Б зображена у вигляді зведеної епюри (рис. 2.2).

Максимальне напруження, яке виникає у фундаменті розташоване на 1/3 висоти фундаменту. Знаходимо його, інтерполюючи даними з епюри на прямолінійних ділянках.[32]

$$h = 1/3 \cdot H = 1/3 \cdot 2.51 = 0,837 \text{ м}$$

$$E_a = e_{a6} - \left((e_{a6} - e_{a3}) \cdot \frac{h}{H-1,01} \right) = 64,22 - \left((64,22 - 61,38) \cdot \frac{0,837}{1,5} \right) = 62,636 \text{ кН/м}$$

Отже, найбільше навантаження, яке діє на 1 м.п. ФМ8Б становить, 62,636 кН/м.

Схему роботи конструкції фундаменту подано на рис. 2.3.

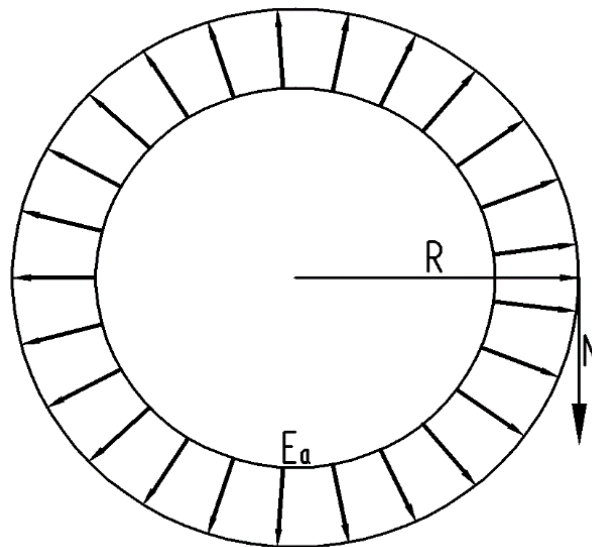


Рисунок 2.3 - Схема роботи конструкції фундаменту

Згідно правил розрахунку кільцевих залізобетонних конструкцій максимальне розтягуюче зусилля в кільці знаходять за формулою:

$$N_{\max} = E_a \cdot R, \quad (2.1)$$

де R – радіус кільця

Знаходимо цю величину:

$$N_{\max} = 62,636 \cdot 6 = 375,82 \text{ кН.}$$

Розраховуємо необхідну площу перерізу поздовжньої арматури класу А400С,

$$R_s = 375 \text{ МПа}$$

$$A_s = \frac{N_{\max}}{\gamma_f \cdot R_s} = \frac{375,82}{0,8 \cdot 375 \cdot 10^3} = 0,00125 \text{ м}^2 = 12,5 \text{ см}^2.$$

Отже, поздовжню арматуру підбираємо 10 стержнів – 14 мм класу А400С для 1м.п. висоти, крок 150мм.

Максимальна довжина арматури, яка виготовляється в Україні становить 12 м.

Проектоване залізобетонне кільце фундаменту по меншій осі розташування арматури становить:

$$l = 2\pi R = 2 \cdot 3,14 \cdot 5,85 = 36,74 \text{ м.}$$

Тому слід виконувати з'єднання арматурних 12-метрових стержнів. [17]

З'єднання виконати без зварювання методом внапусток, з величиною перепуску арматури не менше шістдесяти діаметрів:

$$60 \cdot 14 = 840 \text{ мм.}$$

Отже, величина перепуску має бути не менше 840 мм.

Вертикальну арматуру розраховуємо з умови жорсткості вертикальної арматури, щоб $14d < 150$ кроку поздовжньої арматури.

$$d = \frac{150}{14} = 10,72 \text{ мм.}$$

Найближче значення до знайденої величини має арматура — 12 мм класу А400С, яку приймаємо для сприйняття вертикальних навантажень. Крок приймаємо не менше $14d$ поздовжньої арматури:

$$14 \cdot 14 = 196 \text{ мм.}$$

Отже, приймаємо крок вертикальної арматури 200мм.

Каркас арматури виготовити за допомогою з'єднувальних стержнів арматури — 8мм класу А400С. З'єднання каркасу виконати зварюванням, електродами типу Є-42А по ДСТУ ISO 18275:2008 .[18]

2.1.3 Розрахунок робочої арматури підшви фундаменту ФМ8Б

Робочою арматурою у фундаментів підшви ФМ8Б буде арматура, розташована в короткому напрямку фундаменту.

Маємо зібрані навантаження на фундаменті згідно з проектною документацією:

$$N = 15,57 \text{ т/м}^2 = 155,7 \text{ кПа.}$$

Робочу арматуру підшви доцільно розмістити згідно рис. 2.4.

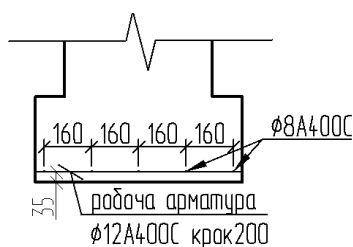


Рисунок 2.4 - Робоча арматура підосви

Розраховуємо необхідну площу перерізу поздовжньої арматури класу А400С,

$$R_s = 375 \text{ МПа.}$$

$$A_s = \frac{N_{max}}{\gamma_f \cdot R_s} = \frac{154,9}{0,8 \cdot 375 \cdot 10^3} = 0,000516 \text{ м}^2 = 5,16 \text{ см}^2.$$

Підбираємо по сортаменту 5 стержнів \rightarrow 12 мм класу А400С, з крок 200.

Поздовжню арматуру, оскільки вона не робоча, підбрано конструктивно 5 стержнів \rightarrow 8 мм класу А400С, розташованих симетрично відносно центру підосви фундаменту.

2.2 Розрахунок норійної ями

2.2.1 Підготовка даних до розрахунку на ПЕОМ

Норійна яма – це монолітна залізобетонна конструкція, яка повністю знаходиться в землі.

Глибина закладання норійної ями, згідно технології, становить - 3,3 м (з врахування товщини плити). Її мета - з'єднати транспортуючі стрічкові конвеєри з норією, та вміщати у собі нижню частину норії.

На дні норійної ями є закладні деталі, до яких норія буде приєднуватися. Вага норії – 575 кг, разом із завантаженим зерном – 850 кг.

$$\text{Отже, } N_{max} = 8,5 \text{ кПа.}$$

Також нам потрібно розрахувати вертикальну робочу арматуру в стінці норійної ями, адже вона повинна сприймати активний тиск ґрунту.[19]

Товщину стінок норійної ями, а також, плити, попередньо приймаємо 300мм.

Схема навантажень, які діють на норійну яму, подана на рис. 2.5.

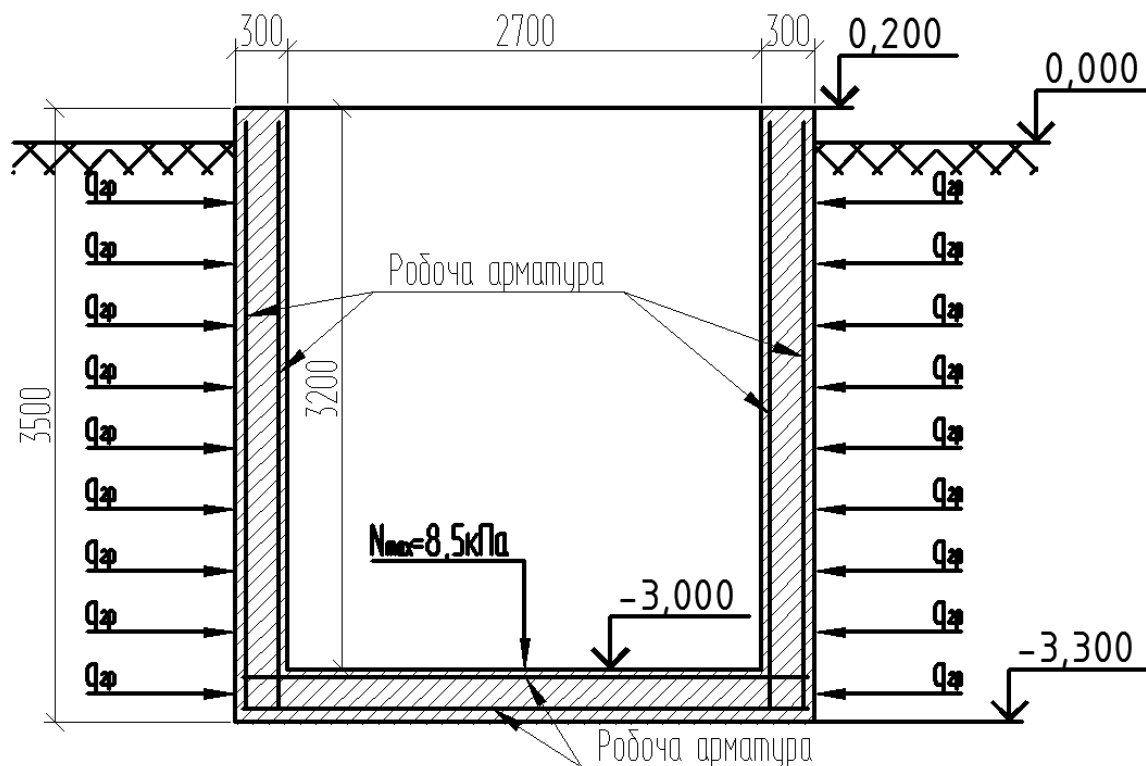


Рисунок 2.5 – Розрахункова схема норійної ями

Для розрахунку використовуємо ПК «Мономах».

2.2.2 Побудова розрахункових моделей в ПК «Мономах»

У програмі «Компоновка» ПК «Мономах», створено модель норійної ями (рис. 2.6). Конструктивними елементами моделі є:

- 8 колон розмірами 1,5 x 3 x 0,3 м, які зшиті між собою;
- фундаментна плита, розмірами 3 x 3 x 0,3м.

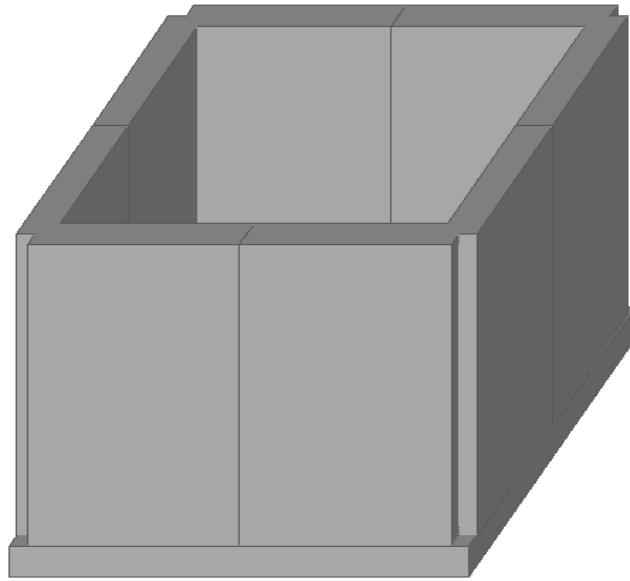


Рисунок 2.6 – Геометрична розрахункова модель норійної ями

Наступним кроком побудовано модель існуючого ґрунту, з абсолютними відмітками в системі «Ґрунт» ПК «Мономах» (рис. 2.7).

Характеристики ґрунтів

№	А	В	С	Д	Е	Ф	Г	Н
1	Номер	Усл. обозн.	Наименование грунта	Цвет	Модуль деформации, тс/м ²	Коэффициент Пуассона	Удельный вес грунта, тс/м ³	Коэффиц. переко к 2 мод. деформ.
2	1		Насыпной		1000	0.3	1.8	
3	2		Песок пылеватый		1800	0.3	1.75	
4	3		Супесь		2000	0.3	1.82	
5	4		Суглинок тугоп.		1800	0.35	1.87	
6	5		Глина полутвер.		2200	0.42	1.92	

Срез (м) ?
Абс. отметка
343.50

Рисунок 2.7 – Побудована модель ґрунту

Після побудови моделі ґрунту виконано поєднання скомп'юрованої моделі норійної ями зі створеною моделлю ґрунту (рис. 2.8), враховуючи глибину закладання ями -3,3м, що в абсолютній величині дорівнює 340,700 по генпланові.

Поєднання моделі норійної ями з моделлю ґрунту подано на рис. 2.8.

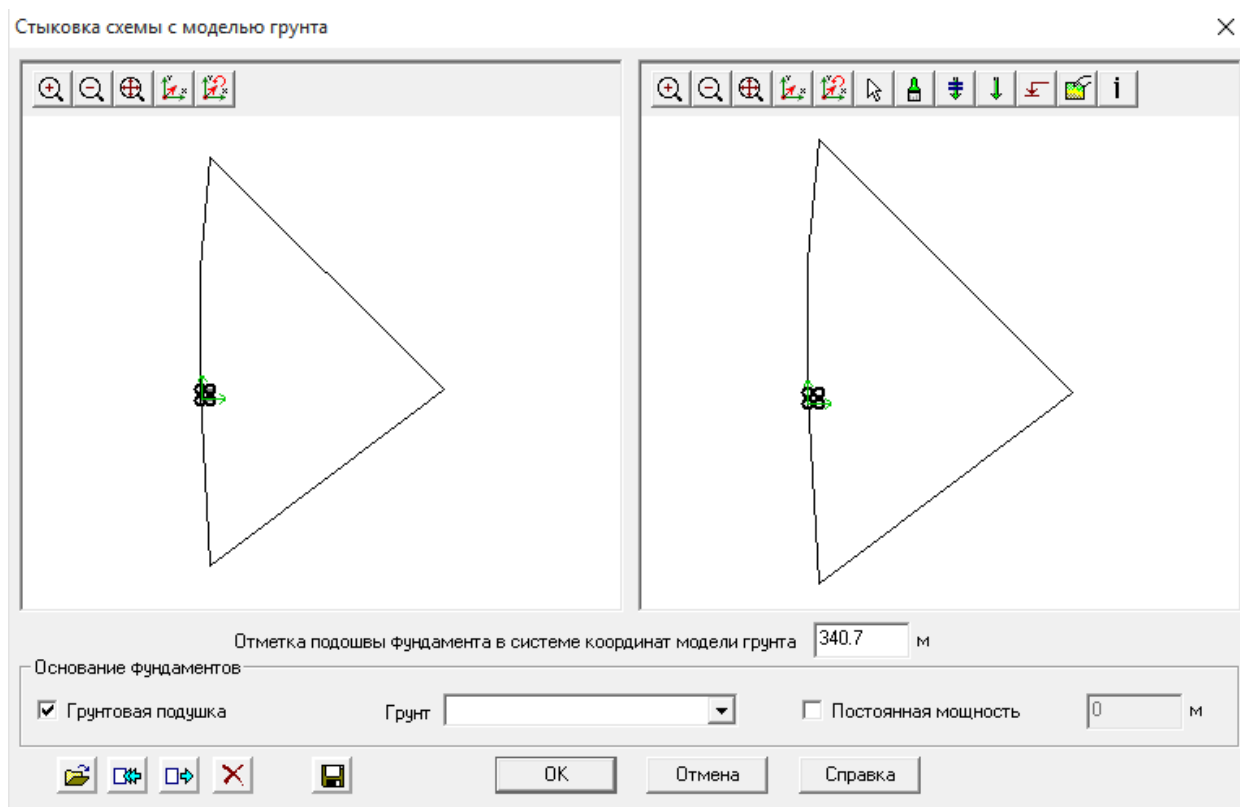


Рисунок 2.8 – Поєднання моделі норійної ями з моделлю ґрунту

Згідно з рис. 2.8 очевидно, що розрахункова модель виконана правильно, отже, можемо здійснювати розрахунок, поклавши таку модель за основу.

2.2.3 Результати розрахунку норійної ями

За результатами розрахунку можемо зробити висновки, що найбільшими будуть переміщення по осі Z ізополя (див. рис. 3.9). Максимальне переміщення сягає 3 мм.

$$2 \text{ мм} < 1/200 l = 1/200 \cdot 3500 = 17,5 \text{ мм.}$$

Ізополя переміщень по осі Z подано на рис. 2.9

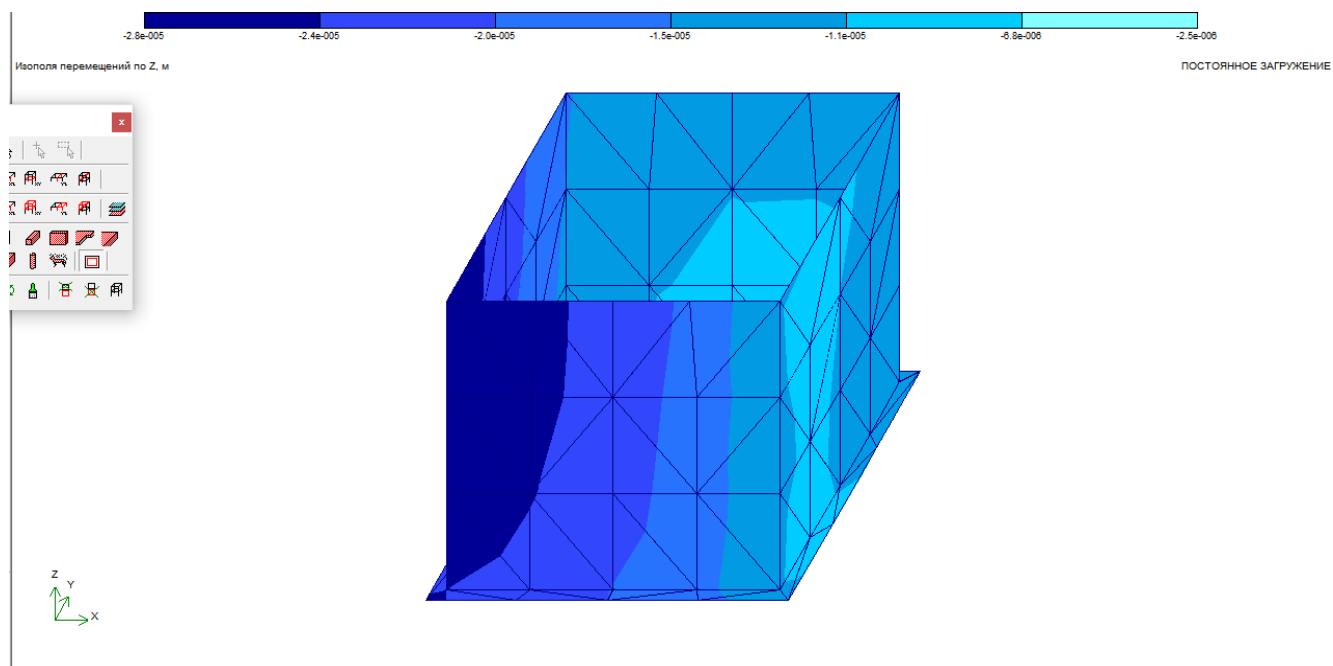


Рисунок 2.9 - Ізополя переміщень по осі Z

Також, отримано дані по максимальних напруження (рис. 2.10). Згідно розрахунку воно становить $0,031$ (тс·м)/м, яке розташоване, як і передбачалося, в найнижчому перерізі стінки ями, що свідчить про правильність розрахунку.[20]

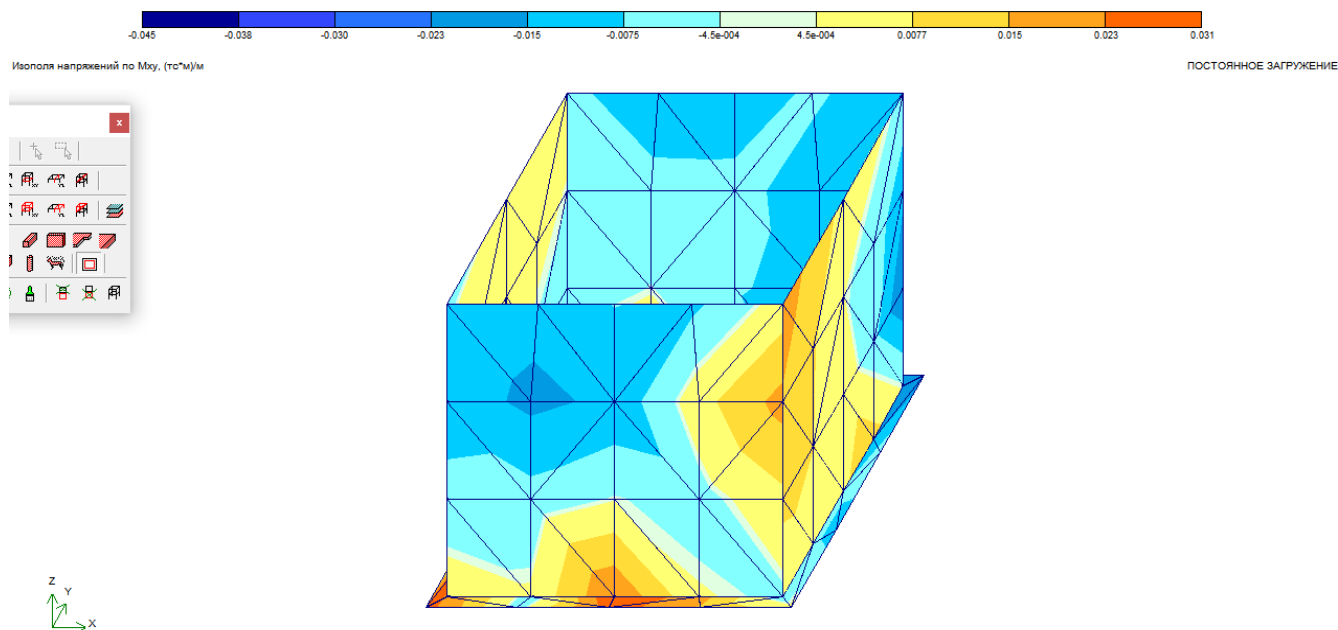


Рисунок 2.10 – Ізополя напружень по Mxу

Також, після розрахунку конструктивних елементів моделі, отримано дані, за якими будуть сконструйовані стіни норійної ями (рис. 2.11) .

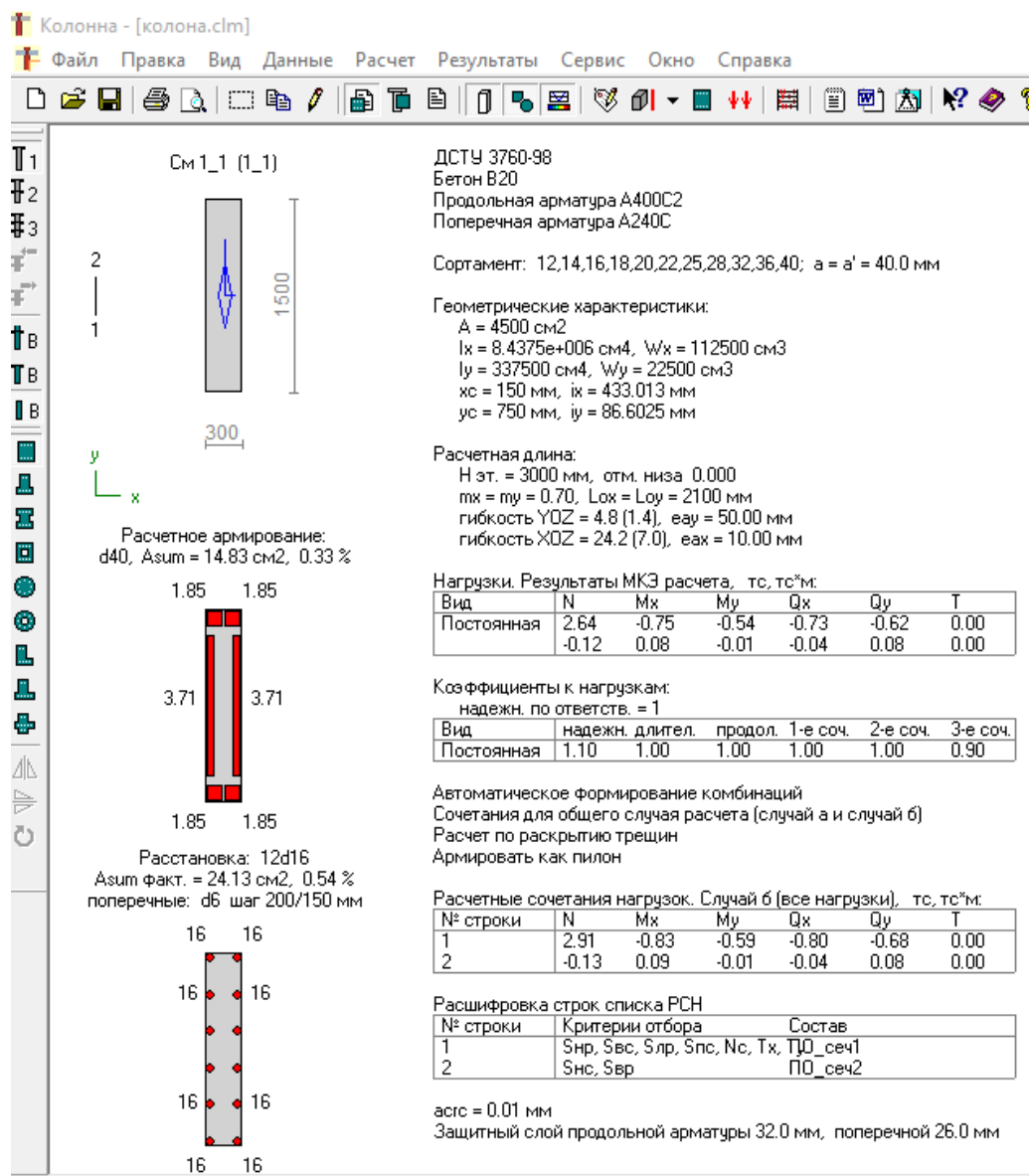


Рисунок 2.11 – Підбір поперечного січення робочої арматури норійної ями

Отже, згідно отриманих даних розрахунку по периметру стінки прийнято вертикальне армування \rightarrow 16 мм класу А400С, з кроком 200мм вздовж периметру норійної ями симетрично відносно її осі.

Горизонтальну арматуру прийнято конструктивно \rightarrow 8 мм класу А400С, з кроком 200.

Товщина захисного шару $a = 35\text{мм}$, оскільки конструкція знаходиться в землі. [21]

2.3 Розрахунок завальної ями

2.3.1 Призначення і умови роботи завальної ями

Через завальну яму будуть проходити автомобілі, вагою до 60 т, включно. Потрібно розробити таку конструкцію ями, щоб навантаження від проїжджаючих автомобілів передавалися на стіни завальної ями. Для цього спроектовано головні (Б2) та допоміжні балки (Б1), які сприйматимуть та передаватимуть навантаження на стіни завальної ями (рис.3.12). По допоміжних балках, також, паралельно до головних балок влаштована арматура гладкого профілю А 240С, $\text{—} 25\text{ мм}$ з кроком 60мм. Її призначення – передача навантажень на допоміжні балки завальної ями, та мати достатню пропускну здатність зерна, яке буде вивантажуватись. [22]

Схему розташування балок у завальній ямі подано на рис. 2.12.

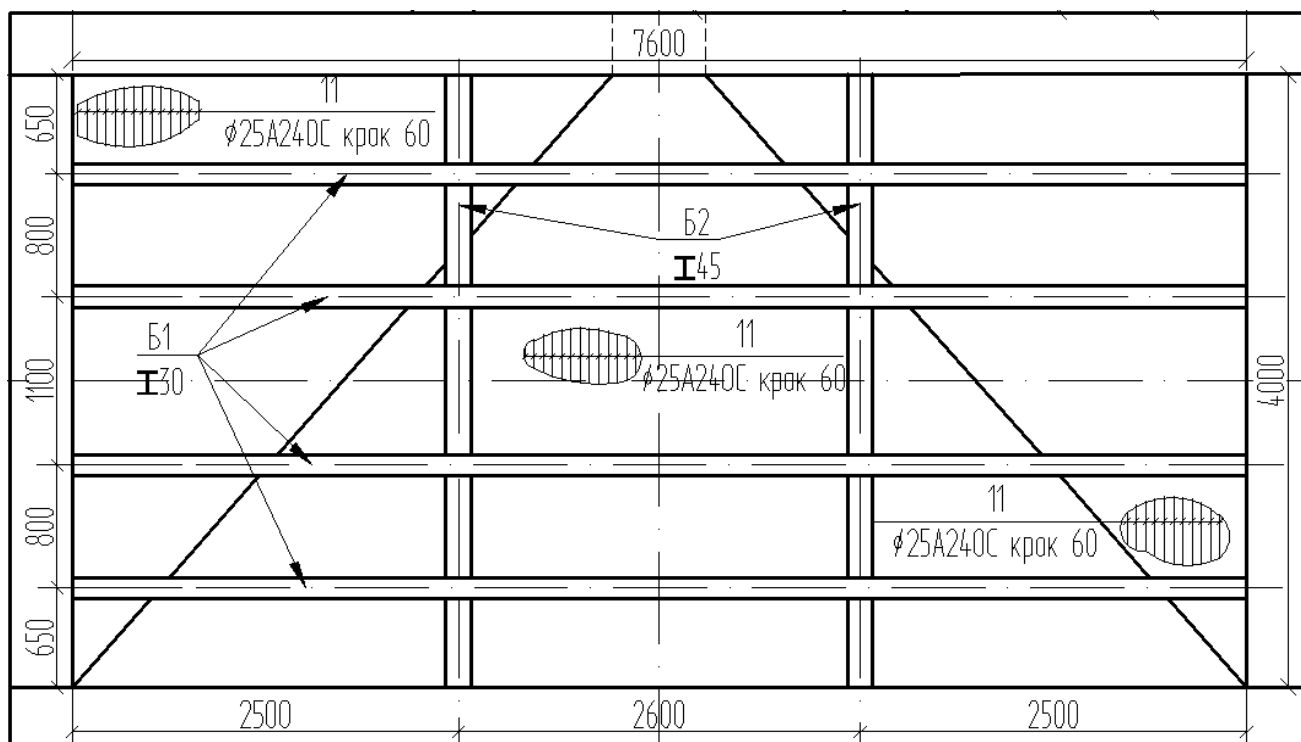


Рисунок 2.12 - Схема розташування балок у завальній ямі

Саме така схема і буде головним компонентом при формуванні розрахункової методики для цієї конструкції.

2.3.2 Розрахунок допоміжних балок

Поперечний переріз прогону балки прийнято з прокатного двотавра.

Проліт балки $l_b=2,7$ м. Розрахунковий опір фасонного прокату зі сталі С245, $R_y=24$ кН/см².

Розраховуємо навантаження від коліс автомобіля:

$$P = G_{\text{авто}} / n_{\text{осей}} / n_{\text{коліс}} \quad (2.2)$$

$$P=60 \text{ (т)} / 2 \text{ (осі)} / 4 \text{ (колеса)} = 7,5 \text{ т} = 75 \text{ кН.}$$

Шукаємо максимальний момент в перерізі балки по розрахунковій схемі (рис. 2.13):

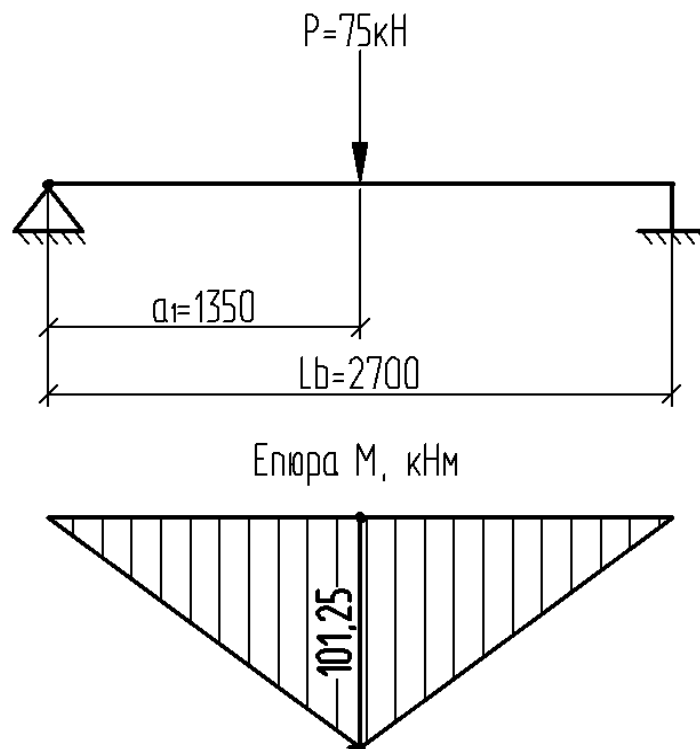


Рисунок 2.13 – Епюра моментів в перерізі допоміжних балок

Для підбору поперечного сечення допоміжної балки знаходимо максимальний момент в перерізі, коли колесо 60-тонного автомобіля буде по середині найдовшого прольоту.

$$M_{max} = a_1 \cdot P = 1,35 \cdot 75 = 101,25 \text{ кНм}; \quad (2.3)$$

$$W_y = \frac{M_{max} \cdot 100}{R_y \cdot \gamma_c} = \frac{101,25 \cdot 100}{24 \cdot 1,1} = 383,52 \text{ см}^3. \quad (2.4)$$

Підбираємо по сортаменту [3], двотавр №27а із такими характеристиками:

$$W_y = 407 \text{ см}^3; W_x = 50 \text{ см}^3;$$

$$I_y = 5500 \text{ см}^4; I_x = 337 \text{ см}^4.$$

Перевірка жорсткості:

$$f_x = \frac{5}{384} \cdot \frac{Pl_x^4}{EI_y} = \frac{5}{384} \cdot \frac{75 \cdot 10^{-3} \cdot 270^4}{2,06 \cdot 10^4 \cdot 5500} = 0,045 \text{ см} < f_1 = \frac{l}{200} = \frac{270}{200} = 1,35 \text{ см}. \quad (2.5)$$

Умова виконана, жорсткість забезпечена.

2.3.3 Розрахунок головних балок

Поперечний переріз прогону балки прийнято з прокатного двотавра.

Проліт балки $l_b=4,0\text{м}$.

Розрахунковий опір фасонного прокату зі сталі С245, $R_y=24 \text{ кН/см}^2$.

$$P = G_{\text{авто}} / n_{\text{осей}} / n_{\text{коліс}} = 60 \text{ (т)} / 2 \text{ (осі)} / 4 \text{ (колеса)} = 7,5 \text{ т} = 75 \text{ кН}.$$

Розрахункову схему конструкції подано на рис. 2.14.

Шукаємо максимальний момент в перерізі балки по розрахунковій схемі (рис. 2.14):

$$M_1 = a_1 \cdot P = 0,65 \cdot 75 = 48,75 \text{ кНм};$$

$$M_2 = a_1 \cdot P + a_2 \cdot P = 0,65 \cdot 75 + 1,45 \cdot 75 = 157,5 \text{ кНм};$$

$$W_y = \frac{M_2 \cdot 100}{R_y \cdot \gamma_c} = \frac{157,5 \cdot 100}{24 \cdot 1,1} = 596,6 \text{ см}^3.$$

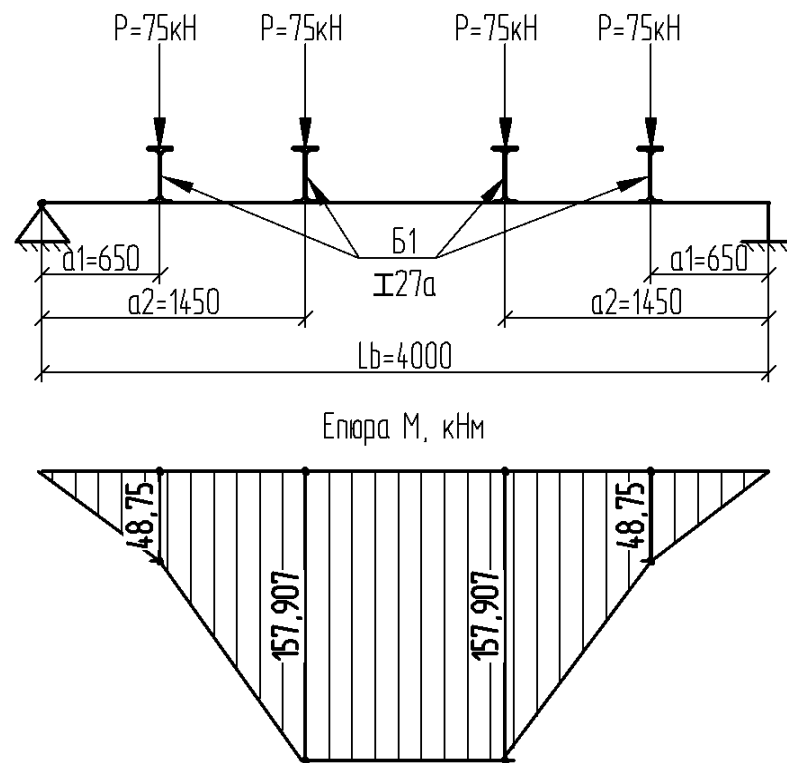


Рисунок 2.14 - Епюра моментів у головній балці

Підбираємо по сортаменту [23] двотавр №33 із такими характеристиками:

$$W_y = 597 \text{ см}^3; W_x = 59,9 \text{ см}^3;$$

$$I_y = 9840 \text{ см}^4; I_x = 419 \text{ см}^4.$$

Перевірка жорсткості:

$$f_x = \frac{5}{384} \cdot \frac{Pl_x^4}{EI_y} = \frac{5}{384} \cdot \frac{150 \cdot 10^{-3} \cdot 400^4}{2,06 \cdot 10^4 \cdot 9840} = 0,24 \text{ см} < f_1 = \frac{l}{200} = \frac{400}{200} = 2 \text{ см}$$

Умова виконана, жорсткість забезпечена.

2.4 Розрахунок підпірної стінки

2.4.1 Вихідні дані для розрахунку підпірної стінки

Для розрахунку підпірної стінки вихідні дані отримано з проєктної документації:

- повна висота стіни $H=3,8$ м; глибина закладання підосви $d=1,0$ м;
- питома вага ґрунту $\rho=1,7$ т/м³; кут внутрішнього тертя ґрунту $\varphi=25^\circ$;
- тимчасовий опір ґрунту $R_0= 300$ кПа;
- коефіцієнт тертя підосви $\mu = 0,7$; тимчасове навантаження на поверхні ґрунту $v= 15$ кПа;
- клас бетону C16/20;
- клас робочої арматури A400 С.

2.4.2 Визначення розмірів підпірної стіни

Ширина фундаментної плити підпірної стінки:

$$B = (0,5 \dots 0,9) H = (0,5 \dots 0,9) 3,8 = 1,9 \dots 3,52 \text{ м.}$$

Приймаємо $B = 2,3$ м.

Величину переднього виступу фундаментної плити призначаємо:

$$b = (0,2 \dots 0,3) B = (0,2 \dots 0,3) 2,3 = 0,46 \dots 0,69 \text{ м.}$$

Приймаємо $b = 0,5$ м.

Товщина вертикальної плити:

$$t = (1/8 \dots 1/5) H = (1/8 \dots 1/5) 3,8 = 0,27 \dots 0,67 \text{ м.}$$

Приймаємо $t = 0,3$ м.

Товщина фундаментної плити:

$$a = (1,1 \dots 1,3) t = (1,1 \dots 1,3) 0,3 = 0,29 \dots 0,7 \text{ м.}$$

Приймаємо $a = 0,3$ м.

Геометричні розміри підпірної стіни наведено на рис. 2.15.

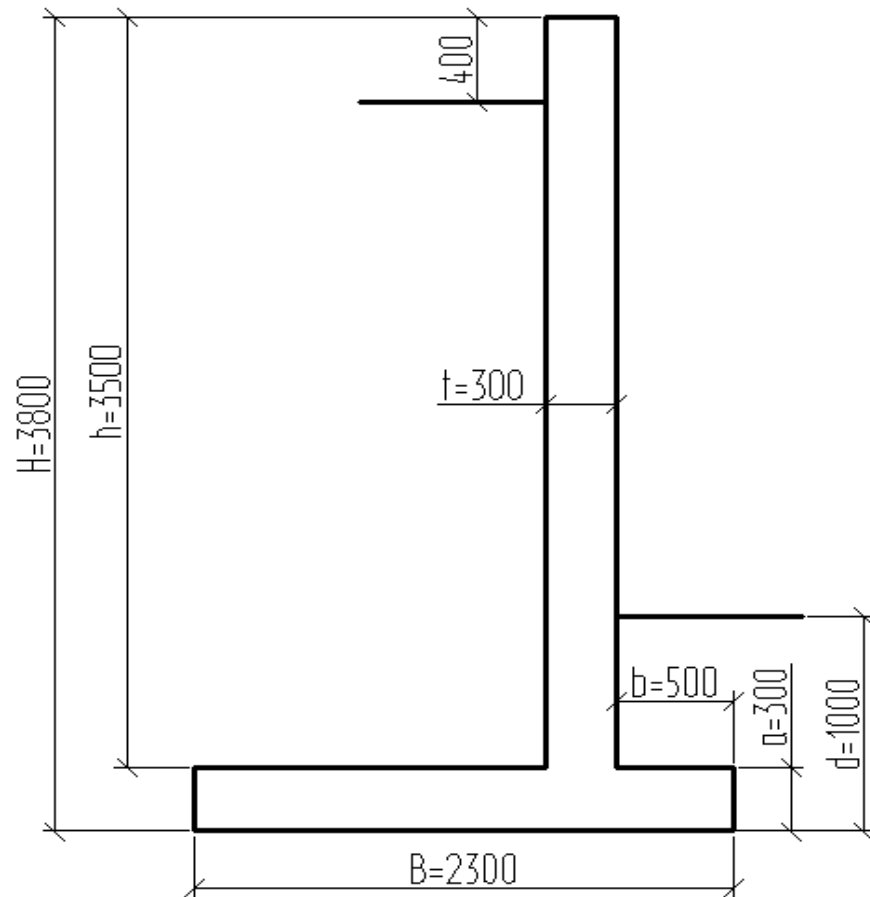


Рисунок 2.15 - Розміри підпiрної стiни

На пiдпiрну стiнку впливають такі фактори, як власна вага стiнки та ґрунту, активний i пасивний ґрунтовий тиск i навантаження на поверхню. Визначаємо геометричну вагу конструкцiй i ґрунту в межах ширини пiдошви. [24]

2.4.3 Визначення зусиль що дiють на пiдпiрну стiнку

Розрахункову схему та епюри навантажень для розрахунку пiдпiрної стiнки, подано на рис. 2.16.

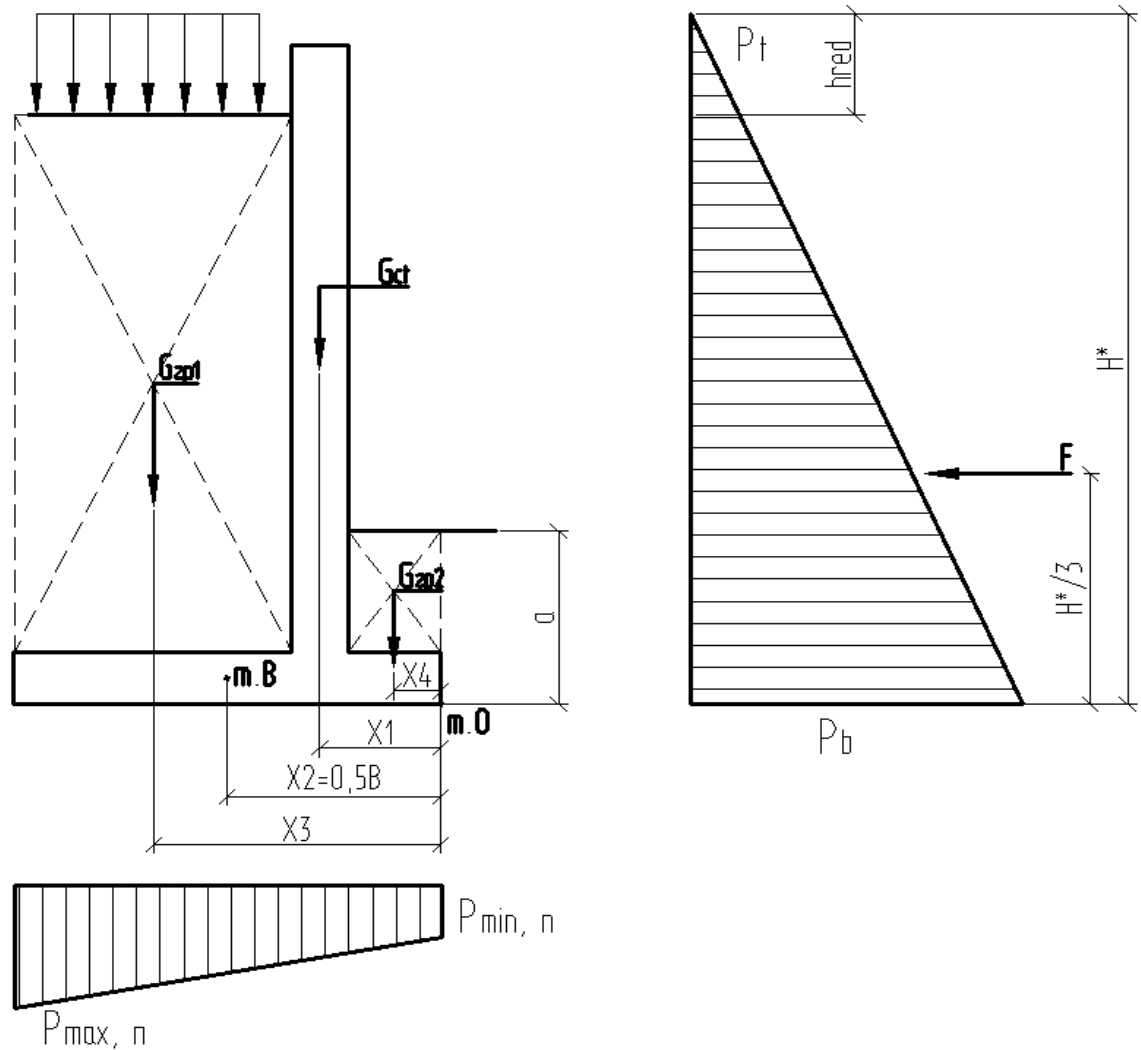


Рисунок 2.16 - Розрахункова схема підпірної стіни та епюри навантажень

За епюрами, поданими на рис. 2.16 отримано значення навантажень.

$$G_{гр1} = p \cdot (B - b - t) \cdot h \cdot 1 = 17 \cdot (2,3 - 0,5 - 0,3) \cdot 3,5 \cdot 1 = 89,25 \text{ кН};$$

$$G_{гр2} = pb \cdot (d - a) \cdot 1 = 17 \cdot 0,5 \cdot (1 - 0,3) \cdot 1 = 5,95 \text{ кН};$$

$$G_{ct} = ph \cdot t \cdot 1 = 25 \cdot 3,5 \cdot 0,3 \cdot 1 = 26,25 \text{ кН};$$

$$G_{пл} = pB \cdot a \cdot 1 = 25 \cdot 2,3 \cdot 0,3 \cdot 1 = 17,25 \text{ кН};$$

$$G_{гр} = G_{гр1} + G_{гр2} = 89,25 + 5,95 = 95,2 \text{ кН}.$$

$$G_k = G_{ct} + G_{пл} = 26,25 + 17,25 = 43,5 \text{ кН}.$$

$$\sum G_H = G_{гр} + G_k = 95,2 + 43,5 = 138,7 \text{ кН}.$$

Розрахункове значення ваги конструкцій та ґрунту:

$$\sum G = \sum G_n \cdot \gamma_f = 137,7 \cdot 0,9 = 124,83 \text{ кН.}$$

де $\gamma_f=0,9$ – коефіцієнт надійності за навантаженням.

Зводимо тимчасове навантаження на поверхню ґрунту до рівного шару ґрунту:

$$h_{red} = \frac{v}{p} = \frac{15}{17} = 0,88 \text{ м.}$$

Визначаємо боковий тиск ґрунту на стінку з інтенсивністю:

- зверху

$$p_t = \rho \cdot h_{red} \cdot k \cdot \gamma_f = 17 \cdot 0,88 \cdot 0,41 \cdot 1,2 = 7,36 \frac{\text{кН}}{\text{м}^2}.$$

- знизу

$$p_b = \rho \cdot (h_{red} + H) \cdot k \cdot \gamma_f = 17 \cdot (0,88 + 3,4) \cdot 0,41 \cdot 1,2 = 35,79 \frac{\text{кН}}{\text{м}^2},$$

де $\gamma_f=1,2$ – коефіцієнт надійності за навантаженням.

$$k = tg^2 \left(45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right) = tg^2 \left(45^\circ - \frac{25^\circ}{2} \right) = tg^2 32,5 = 0,41.$$

Визначаємо рівнодіючу активного тиску ґрунту:

$$F = \left(\frac{p_t + p_b}{2} \right) \cdot 1 \cdot H = \left(\frac{7,36 + 35,79}{2} \right) \cdot 1 \cdot 3,4 = 73,36 \text{ кН}$$

$$F = E$$

$$\frac{\sum G \cdot \mu}{E} = \frac{124,83 \cdot 0,7}{73,36} = 1,19 \approx 1,2$$

Отже, умова стійкості виконана.

Перевіряємо стійкість стінки до перекидання за допомогою відносно нижнього краю підосви з зовнішньої сторони стінки.

$$\frac{M_1}{M_2} \geq 1,5, \tag{2.4}$$

де M_1 – є моментом, який затримує стінку від перекидання відносно т.О;

M_2 – є моментом, який виникає через вплив тиску ґрунту, що призводить до перекидання відносно т.О.

$$\begin{aligned} M_1 &= (G_{ct} \cdot X_1 + G_{пл} \cdot X_2 + G_{гр1} \cdot X_3 + G_{гр2} \cdot X_4) \cdot \gamma_f = \\ &= (26,25 \cdot 0,75 + 17,25 \cdot 1,15 + 89,25 \cdot 1,65 + 5,95 \cdot 0,25) \\ &= 188,34 \text{кНм}; \end{aligned}$$

$$M_2 = E \cdot z = E \cdot \frac{1}{3} \cdot H^* = 73,36 \cdot \frac{1}{3} (3,4 + 0,88) = 104,66.$$

$$\text{Умова: } \frac{M_1}{M_2} = \frac{188,34}{104,66} = 1,79 > 1,5 \text{ виконується.}$$

Визначаємо значення крайового тиску під подошвою фундаменту (на ділянці 1м):

$$p_{min}^{max} = \frac{N^n}{A} \pm \frac{M^n}{W}, \quad (2.5)$$

$$\text{де } W = \frac{1 \cdot B^2}{6} = \frac{2,3^2}{6} = 0,88 \text{м}^3;$$

$$A = 1 \cdot B = 1 \cdot 2,3 = 2,3 \text{м}^2;$$

$$N^n = 3 = 138,7;$$

M^n – нормативне значення моменту всіх сил відносно т. В – центру ваги підпорної стінки (див. рис. 2.16)

$$\begin{aligned} M^n &= \frac{G_{ct} \cdot \left(\frac{B}{2} - X_1\right) - G_{гр1} \cdot \left(X_3 - \frac{B}{2}\right) + E \cdot \left(\frac{1}{3} \cdot H^* - 0,5a\right)}{\gamma_f} + G_{гр2} \cdot \left(\frac{B}{2} - X_4\right) = \\ &= \frac{26,25 \cdot (1,15 - 0,75) - 89,25 \cdot (1,65 - 1,15) + 73,36 \cdot (0,3 \cdot (3,4 + 0,88) - 0,5 \cdot 0,3)}{1,2} \\ &+ 5,95 \cdot (1,15 - 0,25) = 46,235 \text{кНм}. \end{aligned}$$

Перевіряємо умови:

$$p_{max,n} = \frac{138,7}{2,3} + \frac{46,235}{0,88} = 112,84 \text{кПа} < 1,2R = 1,2 \cdot 300 = 360 \text{кПа};$$

$$p_{min,n} = \frac{138,7}{2,3} - \frac{46,235}{0,88} = 7,76 \text{кПа} < 1,2R = 1,2 \cdot 300 = 360 \text{кПа}.$$

Середній тиск на подошву підпорної стінки:

$$p_{m,n} = \frac{N^n}{A} = \frac{138,7}{2,3} = 60,3 \text{кПа} < 1,2R = 1,2 \cdot 300 = 360 \text{кПа}.$$

2.4.4 Розрахунок передньої частини фундаментної плити підпірної стіни

Розрахункову схему передньої частини фундаментної плити підпірної стіни, завантажена тиском ґрунту під подошвою, з епюрою моментів в плиті подано на рис. 2.17.

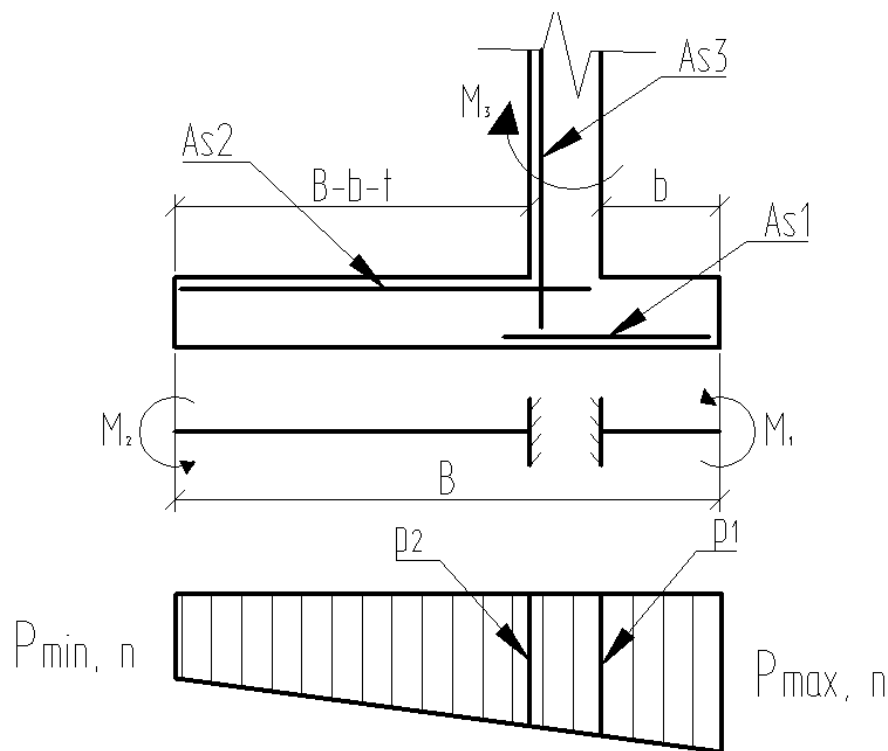


Рисунок 2.17 - Розрахункова схема передньої частини фундаментної плити підпірної стіни та епюра моментів в плиті

Виконано розрахунки поперечних сил в плиті

$$p_1 = \left(p_{max,n} - \frac{p_{max,n} - p_{min,n}}{B} \right) \cdot \gamma_f =$$

$$= \left(112,84 - \frac{112,84 - 7,76}{2,3} \right) \cdot 1,2 = 80,6 \text{кПа}$$

$$p_2 = \left(p_{\min,n} - \frac{p_{\max,n} - p_{\min,n}}{B} (B - b - t) \right) \cdot \gamma_f =$$

$$= \left(7,76 - \frac{112,84 - 7,76}{2,3} \cdot (2,3 - 0,5 - 0,3) \right) \cdot 1,2 = 60,7 \text{ кПа}$$

$$M = \frac{p_{\max,n} \cdot \gamma_f + p_1}{2} \cdot \frac{b^2}{2} = \frac{112,84 \cdot 1,2 + 80,6}{2} \cdot \frac{0,5^2}{2} = 13,48$$

$$\alpha = \frac{M}{\gamma_{b2} \cdot R_b \cdot b \cdot h_0^2} = \frac{13,48 \cdot 10^{-3}}{1,0 \cdot 8,5 \cdot 0,5 \cdot 0,455^2} = 0,019,$$

$$\text{де } h_0 = a - d_{\text{зах.шару}} - \frac{d}{2} = 0,5 - 0,035 - \frac{0,02}{2} = 0,455 \text{ м.}$$

За таблицею по значенню α визначаємо $\eta = 0,99$ та $\xi = 0,02$

Перевіримо умову:

$$\xi \leq \xi_r$$

Значення ξ_r обчислюємо за виразом:

$$\xi_r = \left(\frac{\omega}{1 + \frac{\sigma_{sr}}{\sigma_{sn,m}} \cdot \left(1 - \frac{\omega}{1,1}\right)} \right) = \left(\frac{0,432}{1 + \left(\frac{280}{500}\right) \cdot \left(1 - \left(\frac{0,432}{1,1}\right)\right)} \right) = 0,313$$

$$\omega = a - 0,008 \cdot R_b = 0,5 - 0,008 \cdot 8,5 = 0,432$$

$$\sigma_{sr} = R_s = 280 \text{ МПа;}$$

$$\sigma_{sn,m} = 500 \text{ МПа;}$$

Умова $\xi = 0,02 \leq \xi_r = 0,313$ виконується.

$$A_{s1} = \frac{M}{\gamma_{s2} \cdot R_s \cdot \eta \cdot h_0} = \frac{13,48}{0,9 \cdot 280000 \cdot 0,99 \cdot 0,455} = 0,0001187 \text{ м}^2 = 1,18 \text{ см}^2$$

Приймаємо конструктивно 5 стержнів \neg 8мм класу А400С, з $A_{s1} = 2,51 \text{ см}^2$.

Знаходимо момент, який діє на арматуру A_{s2} , в найнебезпечнішому перерізі.

$$M = \beta \cdot p \cdot c^2 = 0,115 \cdot 60,76 \cdot 3^2 = 62,89 \text{ кНм}$$

$\beta = 0,115$ – коефіцієнт, що залежить від співвідношення сторін ділянки

ПЛИТИ.

$$\alpha = \frac{M}{\gamma_{b2} \cdot R_b \cdot b \cdot h_0^2} = \frac{62,89 \cdot 10^{-3}}{1,0 \cdot 8,5 \cdot 0,5 \cdot 0,455^2} = 0,072,$$

$$\text{де } h_0 = a - d_{\text{зах.шару}} - \frac{d}{2} = 0,5 - 0,035 - \frac{0,02}{2} = 0,455\text{м.}$$

За таблицею по значенню α визначаємо $\eta = 0,963$ та $\xi = 0,075$

Перевіримо умову: $\xi \leq \xi_r$

Значення ξ_r обчислюємо за виразом:

$$\xi_r = \left(\frac{\omega}{1 + \frac{\sigma_{sr}}{\sigma_{sn,m}} \cdot \left(1 - \frac{\omega}{1,1}\right)} \right) = \left(\frac{0,432}{1 + \left(\frac{280}{500}\right) \cdot \left(1 - \left(\frac{0,432}{1,1}\right)\right)} \right) = 0,313$$

$$\omega = a - 0,008 \cdot R_b = 0,5 - 0,008 \cdot 8,5 = 0,432$$

$$\sigma_{sr} = R_s = 280\text{МПа};$$

$$\sigma_{sn,m} = 500\text{МПа};$$

Умова $\xi = 0,075 \leq \xi_r = 0,313$ виконується.

$$A_{s2} = \frac{M}{\gamma_{s2} \cdot R_s \cdot \eta \cdot h_0} = \frac{62,89}{0,9 \cdot 280000 \cdot 0,963 \cdot 0,455} = 0,00057\text{м}^2 = 5,7\text{см}^2.$$

Приймаємо 5 стержнів \rightarrow 14мм класу А400С, з $A_{s2} = 7,69\text{ см}^2$.

Маючи рівнодіючу силу активного тиску ґрунту, можемо знайти січення вертикальної арматури:

$$\alpha = \frac{E}{\gamma_{b2} \cdot R_b \cdot t \cdot h_0^2} = \frac{73,36 \cdot 10^{-3}}{1,0 \cdot 8,5 \cdot 0,3 \cdot 0,269^2} = 0,39,$$

$$\text{де } h_0 = a - d_{\text{зах.шару}} - \frac{d}{2} = 0,3 - 0,03 - \frac{0,02}{2} = 0,455\text{м.}$$

За таблицею по значенню α визначаємо $\eta = 0,735$ та $\xi = 0,53$

$$A_{s3} = \frac{M}{\gamma_{s2} \cdot R_s \cdot \eta \cdot h_0} = \frac{73,36}{0,9 \cdot 280000 \cdot 0,735 \cdot 0,269} = 0,00147\text{м}^2 = 14,7\text{см}^2$$

Приймаємо 5 стержнів \rightarrow 20мм класу А400С,

з $A_{s3} = 12,56\text{ см}^2$, та 5 стержнів \rightarrow 10 мм класу А400С, з $A_{s3} = 3,14\text{ см}^2$.

У загальній сумі: $12,56 + 3,14 = 15,7\text{ см}^2$.

2.5 Висновки за розділом 2

В розділі виконано конструктивні розрахунки несучих елементів проєктованого об'єкта згідно з індивідуальним завданням до кваліфікаційної роботи магістра, а саме: фундаменту, норійної ями, завальної ями, підпірної стінки. Для кожної конструкції розроблено розрахункові схеми, сформовано базу силових параметрів впливу на тримкі елементи. При цьому використано як класичні аналітичні розрахункові методики, так і сучасні проєктні підходи за допомогою прикладних програмних пакетів шляхом комп'ютерного моделюючого експерименту. [26]

За результатами виконаних інженерних розрахунків визначено геометричні параметри конструктивні елементи, які забезпечують міцність конструкції в цілому і забезпечують міцність, надійність і довговічність в продовж експлуатації проєктованого об'єкта.

Виконання таких розрахунків дало можливість закріпити теоретичні знання, отримані впродовж вивчення фахових дисциплін, і отримати навички їх використання для вирішення прикладних інженерних задач.

РОЗДІЛ 3

НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ РОЗДІЛ

3.1 Постановка задач дослідження

Індивідуальним завданням до кваліфікаційної роботи магістра передбачено дослідження міцності і деформівності несучої зварної ферми транспортної системи елеватор за умов роботи при максимальних проєктних навантаженнях $P_{\max} = 350$ кН. Зварна ферма має прямокутну форму довжиною $L=18000$ мм, висотою $H= 3600$ мм і виготовлена з кутника 80x80x10 (рис. 3.1) при різних рівнях навантаження. [27]

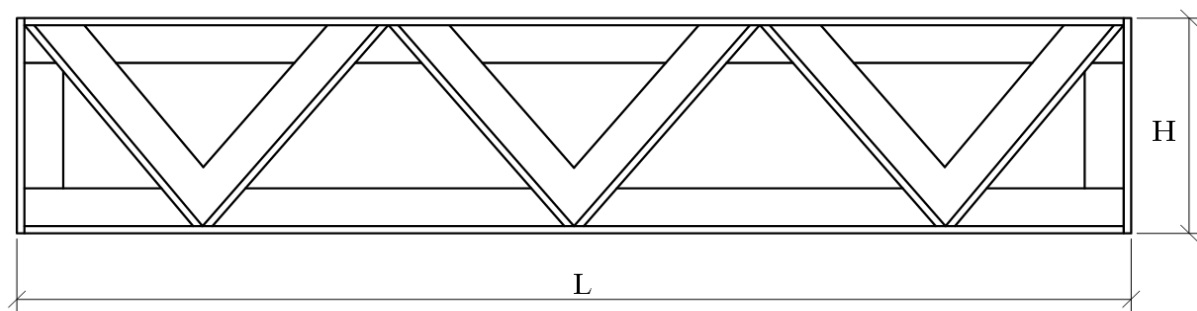


Рисунок 3.1 – Конфігурація зварної ферми

Така ферма є несучим конструктивним елементом транспортної системи елеватора. Схема базування і навантажування досліджуваної конструкції подана на рис. 3.2.

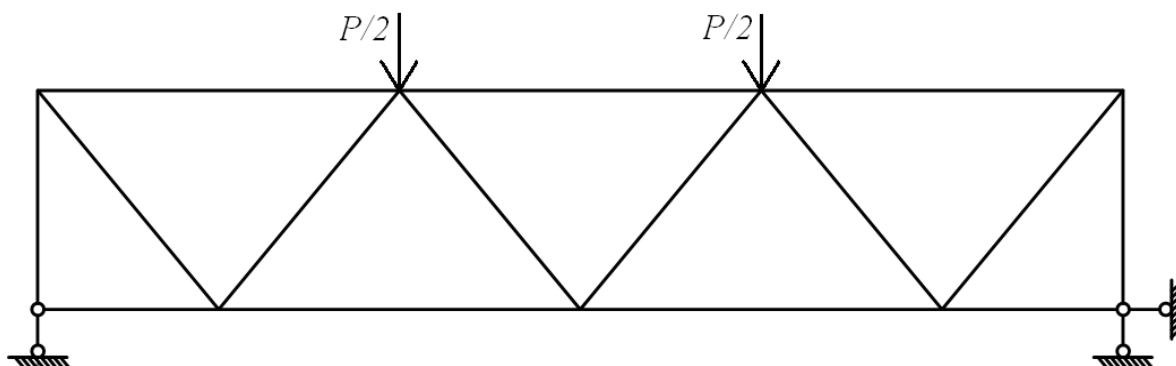


Рисунок 3.2 – Схема базування і навантажування зварної ферми

Схема базування і навантажування ферми відповідає експлуатаційним умовам для цієї конструкції (рис. 3.2), де P – вага транспортної системи і наявного в ній зерна. Тип навантажень – статичні.

3.2 Методика дослідження

Згідно з актуальними державними будівельними нормами ДБН В 2.6-163:2010 «Конструкції будівель і споруд». Конструкції з металу. При проектуванні ферм необхідно дотримуватися «Норм проектування, виготовлення і монтажу», щоб вони були безпечними та придатні для використання протягом визначеного терміну служби. Крім того, у завданні на проектування зазначено, що проектування конструкцій повинно враховувати охорону навколишнього середовища. Відповідно до вимог ДБН В.1.2-14 конструкції повинні бути надійні.

При зварюванні сталевих ферм слід приймати відповідні рішення, щоб зменшити негативний вплив залишкових деформацій і напружень, у тому числі зварних, а також концентрації напружень. Це включає в себе технологічні заходи, такі як процес складання та зварювання, попередній вигин, механічне оброблення відповідних зон струганням, фрезерування та використання найбільш рівномірного розподілу напружень в елементах і деталях.[28]

Проектний досвід зварної ферми під дією статичних навантажень виконується з використанням прикладного програмного пакету ANSYS Workbench 14.5 через його численні переваги:

- побудова моделі конструкції або імпорт її із CAD систем, таких як SolidWorks, AutoCAD та Inventor;
- вивчення реакції конструкції на різні фізичні впливи, такі як вплив різних навантажень;
- оптимізація геометрії конструкції;
- реалізація інженерних проектів на базі Workbench.

Для вирішення проблем використовується математична (рисунок 2.3, а)

- геометрична модель CAD разом із заданим навантаженням є формалізованою фізичною моделлю; на малюнку 2.3, б,
- скінченно-елементна сітка є математичним поданням геометричної моделі CAD (рисунок 2.3, б);
- точність розрахунків визначається припущеннями фізичної моделі та щільністю сітки.

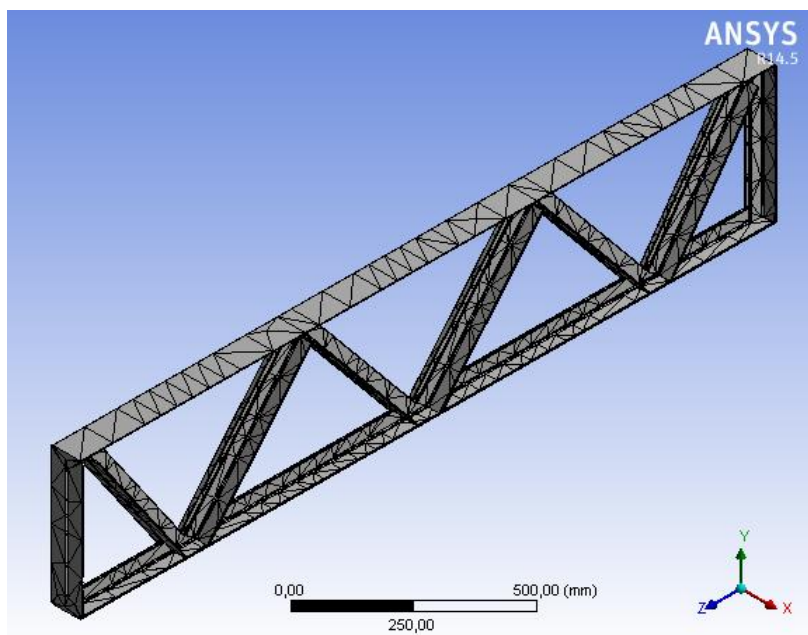


Рисунок 3.3 – Скінченно-елементна сіткова модель досліджуваної ферми

Наступні основні кроки конструкційного аналізу необхідні для вирішення проблеми при напружено-деформованих станах:

- 1) транслювати геометричну модель з CAD системи;
- 2) задати властивості матеріалів;
- 3) згенерувати сітку;
- 4) закріпити модель;
- 5) прикласти навантаження;
- 6) вибрати параметри вирішувача;
- 7) задати список розрахункових результатів і завершити обчислення;
- 8) дивитись розрахункові результати;

9) згенерувати звіт.

У Workbench на самому початку розв'язку задачі вибирається тип інженерного аналізу, після цього програма додає відповідний блок до схеми проекту, який містить всі необхідні етапи аналізу.[29]

3.3 Результати дослідження

В процесі виконання комп'ютерного моделюючого експерименту отримано візуалізацію деформацій вздовж конструктивних елементах ферми при її навантажуванні до рівня граничного стану (рис. 3.4) та діаграму прогину вздовж нижнього пояса ферми при різних рівнях навантаження аж до руйнування ферми (рис. 3.5). За цими результатами очевидними є те, що локалізації максимальних деформацій, а отже і напружень, відбувається в нижньому поясі. [30]

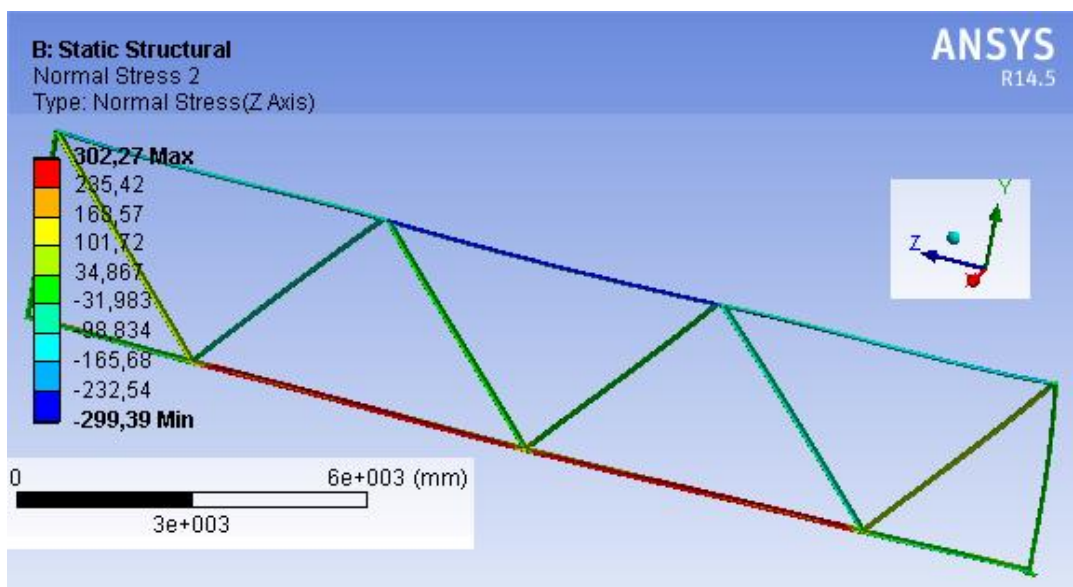


Рисунок 3.4 – Деформування зварної ферми при навантаженнях на рівні граничного стану

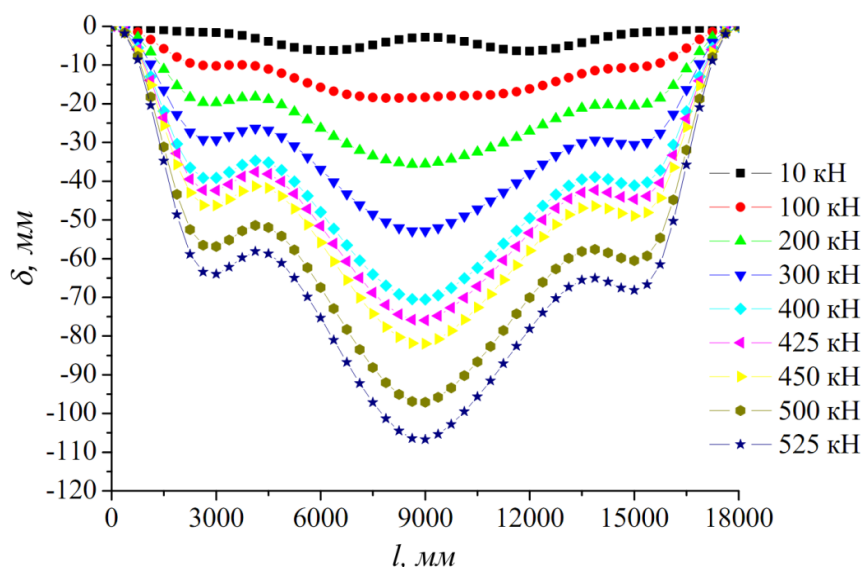


Рисунок 3.5 – Діаграма прогину вздовж нижнього пояса при різних рівнях навантаження

Побудовано діаграму напружень вздовж нижнього пояса ферми при різних рівнях навантаження (рис. 3.6).

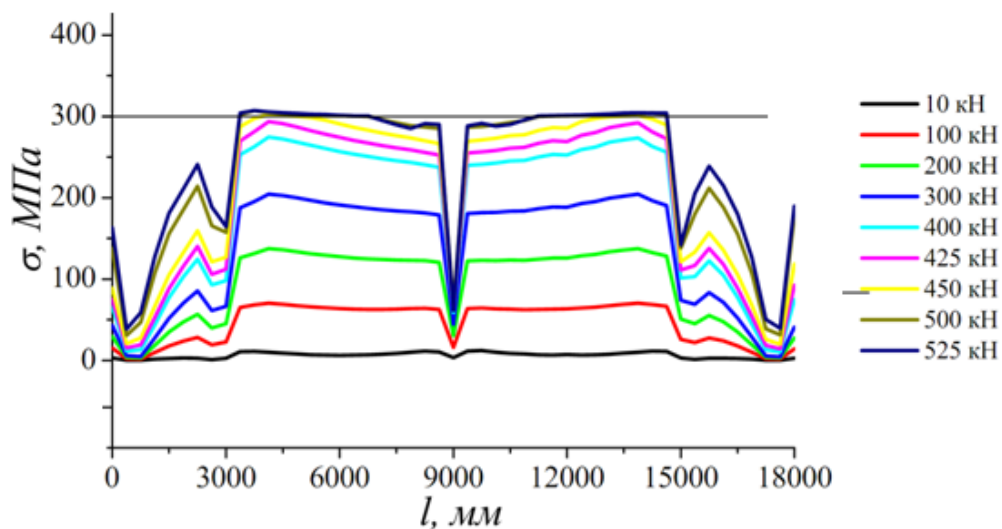


Рисунок 3.6 – Діаграма напружень вздовж нижнього пояса ферми при різних рівнях навантаження

Виявлено повну кореляцію візуалізованої інформації з рис. 3.4 і кількісної з рис. 3.6.

Побудовано графік максимальних напружень в нижньому поясові зварної ферми при різних навантаженнях (рис. 3.7).

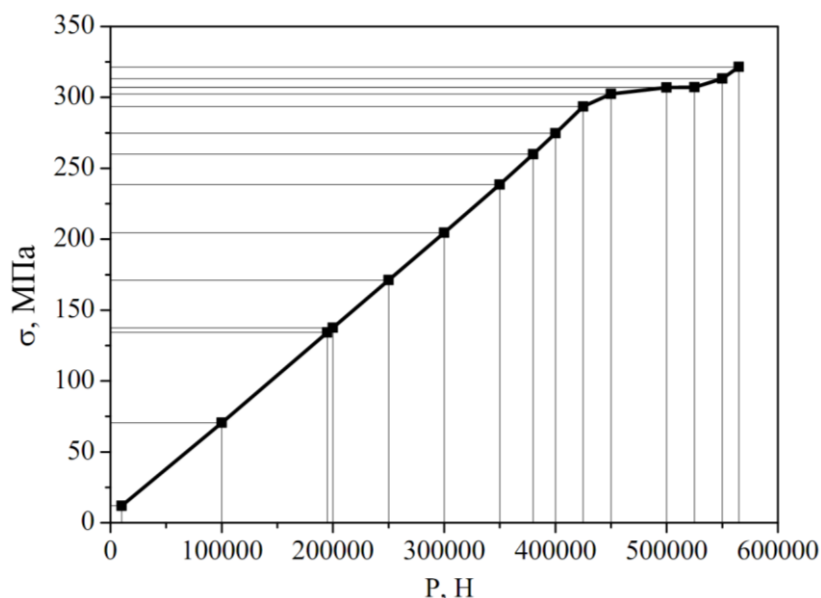


Рисунок 3.7 – Максимальні напруження в нижньому поясові зварної ферми при різних навантаженнях

За цим графіком очевидним є факт лінійного деформування конструкції при навантаженнях P до 420 кН. При вищих навантаженнях буде формуватися пластична деформація.

3.4 Висновки і узагальнення за результатами дослідження

За методикою комп'ютерного моделюючого експерименту виконано дослідження показників напружено-деформівного стану прямокутної зварної ферми 18000x3600 мм, яка є тримким конструктивним елементом транспортної системи елеватора.

За результатами досліджень виявлено, що максимальне навантаження $P_{\max} = 350$ кН, яке передбачено технічною документацією на елеватор, не формує в конструкції пластичних деформацій, не приводить до пошкодження чи руйнування конструктивних елементів ферми та їх з'єднань і забезпечує для неї необхідний запас міцності, надійність і довговічність при експлуатації. [32]

РОЗДІЛ 4

ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

4.1 Охорона праці

4.1.1 Техніка безпеки при роботі із механізмами

Охорона праці на будмайданчику – це насамперед дотримання техніки безпеки, трудового законодавства та санітарії. Ці пункти є необхідними і достатніми для безпечної та здорової праці при виконанні будівельно-монтажних робіт.

Уся охорона праці в Україні регламентується законом України «Про охорону праці», який введений в дію Постановою Верховної ради України від 14.10.1992р. зі всіма змінами та доповненнями (який діє протягом дії воєнного стану, введеного відповідно до Закону України "Про правовий режим воєнного стану", і втрачає чинність з дня припинення або скасування воєнного стану), від 28 липня 2022 року).

Згідно вищезгаданого закону, для ведення безпечного будівництва будівельна площадка повинна бути влаштованою строго у відповідності до вимог ДБН А.3.2-2-2009 «Охорона праці і промислова безпека в будівництві». Роботи з використанням будівельних кранів повинні виконуватись згідно НПАОП 0.00-1.01-07 «Правила будови і безпечної експлуатації вантажопідіймальних кранів».

Границю будівельної площадки і небезпечну зону роботи крана позначити добре видимими попереджувальними знаками безпеки і написами встановленої форми згідно ДСТУ ISO 6309:2007 «Протипожежний захист. Знаки безпеки».

Небезпечні зони потрібно огородити, або поставити на їхніх межах попереджувальні написи і сигнали, які було б видно у день і вночі.

У випадку роботи в темну частину доби робочі місця освітлювати додатково переносними прожекторами. [43]

Для потреб пожежогасіння під час будівництва встановити щити з протипожежним інвентарем, бочки з водою, ящики з піском.

4.1.2 Заходи щодо забезпечення безпеки процесів та виробів

Заходи з охорони праці на кожному робочому місці є пріоритетними і спрямовані на збереження здоров'я, працездатності працівників, на зниження втрат робочого часу і, як наслідок, на підвищення продуктивності праці. Зазначені заходи розроблені відповідно до основими законодавства України про охорону праці, а також іншими нормативно-правовими актами з охорони праці.

Роботодавець та інші посадові особи несуть персональну відповідальність за виконання вимог Правил, в межах покладених на них завдань і функціональних обов'язків, відповідно до чинного законодавства.

Роботодавець зобов'язаний:

- відповідно до статті 13 Закону України "Про охорону праці" забезпечити функціонування системи управління охороною праці;
- розробляти та затверджувати права та обов'язки працівників підприємства щодо організації та забезпечення безпеки праці;
- одержати дозвіл на виконання робіт підвищеної небезпеки та на експлуатацію (застосування) машин, механізмів, устаткування підвищеної небезпеки й подати декларацію відповідності його матеріально-технічної бази згідно із Законом України "Про дозвільну систему у сфері господарської діяльності";
- забезпечити працівників спеціальним одягом, спеціальним взуттям та іншими засобами індивідуального захисту (далі - ЗІЗ) відповідно до вимог Положення про порядок забезпечення працівників спеціальним одягом, спеціальним взуттям та іншими засобами індивідуального захисту, затвердженого наказом Державного комітету України з промислової безпеки, охорони праці та гірничого нагляду від 24 березня 2008 року № 53, зареєстрованого у Міністерстві юстиції України 21 травня 2008 року за № 446/15137 (НПАОП 0.00-4.01-08), та Технічного регламенту засобів індивідуального захисту, затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 27 серпня 2008 року № 761;
- за рахунок власних коштів забезпечувати проведення навчання і

перевірки знань з питань охорони праці працівників підприємства відповідно до вимог Типового положення про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці;

- за рахунок власних коштів забезпечувати попередній (під час прийняття на роботу) і періодичний (протягом трудової діяльності) медичні огляди працівників відповідно до Закону України "Про охорону праці" та Порядку проведення медичних оглядів працівників певних категорій.[44]

Роботодавець зобов'язаний проводити атестацію робочих місць за умовами праці на робочих місцях, де технологічний процес, використовувані обладнання, сировина чи матеріали є потенційними джерелами шкідливих і небезпечних виробничих факторів, що можуть несприятливо впливати на стан здоров'я працюючих.

Роботодавець повинен забезпечити працівників спеціальним одягом, спеціальним взуттям та іншими засобами індивідуального захисту, зазначеними у Типових нормах безплатної видачі спеціального одягу, спеціального взуття та інших засобів індивідуального захисту працівникам сільського та водного господарства.

Не допускаються до роботи працівники без відповідних засобів індивідуального захисту.

4.1.3 Охорона праці під час виконання робіт у силосах і бункерах

1. Залишки зерно продукту допускаються при експлуатації металевих силосів та складів-куполів. Обробка внутрішньої поверхні силосів має сприяти кращому витіканню сипучого матеріалу. Для обробки внутрішньої поверхні силосів, а також випускних конусів необхідно застосовувати розчини, на які є висновки державної санітарно-епідеміологічної експертизи.

2. Перевірка температури продуктів, що зберігаються в силосах та бункерах, здійснюється стаціонарними системами термометрії.

3. Під час перебування працівника в силосі або бункері завантаження чи випуск зерна забороняється. На впускному та випускному пристроях вивішуються плакати "Не відкривати. Працюють люди". На пульті управління механізмами, що подають продукт в силос чи бункер або забирають його, вивішують табличку з написом "Не включати. Працюють люди".

4. При підготовці до опускання та проведення робіт у силосі перевіряється стан лебідки, троса, люльки, пояса, каната, сидіння, респіратора.

5. Під час перебування працівника у силосі або бункері працівнику, що страхує, забороняється залишати робоче місце.

6. Під час виконання робіт з обмітання стін металевих силосів, складів-куполів працівники застосовують протипилові респіратори та захисні окуляри.

7. Роботи у силосах та бункерах проводяться за участю не менше трьох працівників.

8. Перед допуском у металеві силоси через нижній люк, ємності оглядаються згори для перевірки, чи є на стінах нагромадження або завислі накопичення зерна чи інших продуктів. За наявності накопичень працівник допускається у силос або бункер лише після їх вилучення зі стін.

9. Не допускається перебування працівників під силосом або бункером під час вилучення нагромаджень та завислих накопичень продуктів. Працівник, який виконує роботи у силосі або бункері, має знаходитись у сидінні чи люльці над нависаючим продуктом.

10. Забороняється перебування людей, не зайнятих у вилученні нагромаджень чи завислих накопичень продуктів, в зоні лазових та завантажувальних люків силосів (бункерів).

11. Під час руйнування нагромаджень та завислих накопичень сипучих продуктів лазові та завантажувальні люки силосів і бункерів мають бути відкриті.

12. Завантаження металевих силосів зернопродуктами здійснюється тільки через центральний отвір (завантажувальний патрубок), встановлений у верхній частині даху.

13. Забороняється завантажувати металевий силос через боковий отвір у даху (наглядний люк).

14. Не допускається одночасне проведення операцій із завантаження зерна в металевий силос і його вивантаження з ємності, а також одночасне проведення операцій із завантаження-вивантаження та аерації.

15. Не допускається завантаження зерна вище верхнього рівня (верхнього кільця) завантаження силосу.

16. Вивантаження продукту із металевого силосу здійснюється самопливом через отвори і через вивантажувальну лійку в транспортери. Забороняється відкривати засувки системи проміжного і бокового вивантаження силосу доти, доки зерно не вивантажиться із силосу через центральну вивантажувальну лійку під дією сили власної ваги.[45]

4.1.4 Техніка безпеки при роботі із механізмами

До початку виконання робіт розробляється проєкт виконання робіт (ПВР), що складається з пояснювальної записки та технологічних карт на окремі види робіт.

З проєктом виконання робіт знайомляться всі інженерно-технічні працівники, робітники і машиністи кранів під розписку.

Майданчик ведення робіт повинен бути підготовлений для безпечного проведення робіт. Підготовчі заходи повинні бути закінчені до початку виконання робіт. Закінчення підготовчих робіт на будівельному майданчику має бути прийняте за актом про виконання заходів з безпеки праці, оформленого згідно [46].

Шляхи руху монтажних кранів огорожуються капроновим канатом.

Відкриті траншеї і котловани повинні бути огорожені і забезпечені трапами для спуску людей у котлован.

Колодязі інженерних мереж також повинні бути огорожені, а люки закриті.

Вантажопідйомні механізми та монтажне оснащення допускається в експлуатацію тільки після перевірки та випробування за правилами Держгірпромнагляду.[47]

Монтажна зона повинна бути обгороджена огорожею висотою не менше 1м. У монтажній зоні дозволяється перебувати тільки монтажникам.

Проїзди і проходи необхідно регулярно очищати.

Ширина проходів до робочих місць і на робочих місцях повинна бути не менше 0,6м, а висота проходів у просвіті не менше 1,8 м.

Знаходження людей, не мають безпосереднього відношення до виробництва робіт, у небезпечних зонах категорично забороняється.

При розвантаженні, або загрузці рулонів люди повинні знаходитися в зоні, що забезпечує їх безпеку при обриві будь-якого з канатів при скачуванні рулонів.

Перед розвантаженням рулону з залізничної платформи за допомогою лебідок і тракторів необхідно згідно ПВР встановити додаткові опори під краї платформи, що оберігають її від перекидання. [48]

Перед довозенням конструкцій до місця монтажу повинні бути вибрані і підготовлені майданчики для їх розвантаження та зберігання так, щоб було зручно переміщати конструкції при монтажі.

При перекочування рулонів заборонено перебування людей як попереду, так і позаду їх на відстані менше 10 м.

4.1.5 Електробезпека на будмайданчику

Всі металеві риштування, електрообладнання та механізми, які можуть виявитися під струмом, повинні бути надійно заземлені.

При виробництві зварювальних робіт необхідно стежити за збереженням ізоляції зварювального кабелю і забезпечити необхідну вентиляцію.[49]

Місце установки зварювального агрегату, трансформатора, компресора, балона з киснем і горючими газами повинно бути очищено від горючих матеріалів у радіусі 5 м.

Слід виключити дотикання корпусів напівавтоматів і катушок зварювального дроту, що знаходяться під зварювальним напругою, металевих частин конструкцій, а налагодження напівавтоматів проводити тільки після вимкнення джерела живлення або від'єднання зварювального кабелю від напівавтомата.

При перервах у роботі або після робочої зміни апаратура повинна відключатися, зварювальні апарати повинні бути відключені від електричної мережі, шланги від'єднані і звільнені від горючих рідин і газів, апаратура та обладнання прибрані в спеціально відведене місце.

4.1.6 Виробнича санітарія на буд майданчику та забезпечення працівників індивідуальними засобами захисту

До початку основних будівельно-монтажних робіт повинні бути підготовлені і введені в дію санітарно-побутові приміщення та пристрої.

На об'єкті будівництва повинні бути приміщення або місця для розміщення аптечок з медикаментами, носилок, фіксуєчих шин та інших засобів для надання першої допомоги постраждалим.

Безпосередньо на робочому місці слід мати аптечку з медикаментами та перев'язувальними матеріалами.[50]

Усі працюючі на будівельному майданчику повинні бути забезпечені питною водою. Питні установки розташовуються на відстані не більше 75м від робочих місць.

Керівники будівельно-монтажної організації зобов'язані забезпечити робітників, інженерно-технічних працівників і службовців спецодягом, спецвзуттям та іншими засобами індивідуального захисту.

Всі особи, що знаходяться на будівельному майданчику, зобов'язані носити захисні каски.

Перелік засобів індивідуального захисту:

1. Каска захисна вініпластова - ДСТУ EN 397:2017 - 50 шт.
2. Комплект спецодягу - ДСТУ 4050-2001 - 35 шт.
3. Спецвзуття - ДСТУ EN ISO 20345:2009 - 35 шт.
4. Монтажні пояси - 20 шт.
5. Рукавиці - ДСТУ EN 342:20 - 180 шт.
6. Окуляри газорізальника зі світлофільтрами - Г 1-73 – 7 шт.
7. Щиток захисний лицьовий для електрозварника – 12 шт.

Робочі при отриманні засобів індивідуального захисту повинні бути проінструктовані про порядок користування цими засобами та ознайомлені з вимогами по догляду за ними.[52]

Робітники повинні вміти надавати першу медичну допомогу потерпілому.

До початку робіт всі робітники повинні бути ознайомлені з режимом робочого дня, в якому повинні бути визначені умови відпочинку, прийому їжі, перерв.

4.2 Безпека в надзвичайних ситуаціях

4.2.1 Підвищення стійкості роботи будівельних підприємств у воєнний час

Приділяючи велику увагу зміцненню обороноздатності нашої країни, урядом неодноразово підкреслювалося, що оборонна міць держави складається не тільки з високої готовності й оснащення Збройних сил, а й нерозривно пов'язана

з високим рівнем економічного розвитку країни, підготовкою населення й об'єктів народного господарства до захисту від зброї масового ураження. Велику роль у цьому важливому питанні відіграє цивільний захист країни, що будучи системою загальнодержавних оборонних заходів, покликаний не тільки забезпечити захист населення в надзвичайних ситуаціях, але і здійснювати заходи, спрямовані на забезпечення стабільної роботи підприємств господарювання країни в таких умовах. [53]

Під стійкістю роботи промислового об'єкта розуміють здатність його в умовах надзвичайних ситуацій мирного і воєнного часу випускати продукцію в запланованому обсязі й номенклатурі, а при одержанні слабких і середніх руйнувань, порушенні зв'язків по кооперації і постачанням відновлювати виробництво в мінімальний термін.

Здатність об'єкта будівельного господарства випускати продукцію залежить від захисту і нормального функціонування чотирьох основних елементів сучасного виробництва, якими є:

- виробничий персонал (робітники та службовці);
- будинки і споруди з технологічним устаткуванням;
- система постачання енергією, водою, паливом, устаткуванням і ремонтною базою;
- система виробничих і кооперативних зв'язків з іншими об'єктами.

Тому стійкість роботи об'єктів і галузі народного господарства в цілому в умовах надзвичайних ситуацій визначається наступними факторами:

- надійністю захисту робітників та службовців від усіх вражаючих факторів зброї масового ураження;
- здатністю інженерно-технічного комплексу (ІТК) об'єкта протистояти вражаючим факторам ядерного вибуху;
- надійністю системи постачання об'єкта всім необхідним для виробництва продукції (сировиною, паливом, що комплектують виробами, електроенергією,

водою, газом тощо.);

- захищеності об'єкта від вторинних вражаючих факторів (пожеж, вибухів, затоплень, зараження місцевості отруйними і сильнодіючими отруйними речовинами);

- стійкістю і безперервністю керування виробництвом і цивільною обороною;

- підготовленість об'єкта до проведення рятувальних та інших невідкладних робіт і робіт з відновленням порушеного виробництва.

- Перераховані фактори визначають собою й основні, загальні для всіх об'єктів господарювання, шляхи підвищення стійкості роботи в надзвичайних ситуаціях, а саме:

- забезпечення надійного захисту робітників та службовців від вражаючих факторів зброї масового ураження;

- захист основних виробничих фондів від вражаючих факторів, у тому числі й від вторинних;

- підвищення надійності й оперативності керування виробництвом;

- забезпечення стійкості постачання всім необхідним для випуску запланованої на час надзвичайних ситуацій продукцією;

- підготовка до відновлення порушеного виробництва.

Військові конфлікти супроводжуються руйнуванням будинків, споруджень і знищенням основної продуктивної сили – працюючого населення. Тому серед усіх задач по підвищенню стійкості роботи об'єктів народного господарства основною є задача завчасного вживання заходів по забезпеченню захисту робітників та службовців і членів їхніх родин. Захист робітників та службовців від зброї масової поразки в сучасних умовах здійснюється трьома основними способами:

- укриття людей у захисних спорудженнях (сховищах, протирадіаційних укриттях);

- проведення евакуації робітників, службовців і членів їхніх родин;
- використання засобів індивідуального захисту, а також проведенням заходів щодо протирадіаційного, протихімічного і протибактеріологічного захисту з урахуванням конкретних обставин.

Зросло значення економіки в забезпеченні обороноздатності країни. Реальна загроза руйнування її з використанням сучасних засобів нападу висувають у число основних задач підвищення стабільної роботи об'єктів господарювання у воєнний час. [54]

Виконання цієї задачі покладається на сили цивільної захисту. Підвищення стійкості роботи досягається проведенням ряду організаційних та інженерно-технічних заходів, що враховують вимоги ЦЗ та БЖД. Результати оцінки стійкості роботи об'єкта і спрямованих на забезпечення безперебійності виробничого процесу в надзвичайній ситуації допомагають досягти максимального зниження можливих втрат і руйнувань.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

В кваліфікаційній роботі магістра розроблено проєкт елеватора на 12 тис. тон в Підволочиську згідно з вимогами індивідуального завдання. Виконано комплект графічної документації в кількості 10 аркушів А1. Досліджено зварну ферму 18x3,6 м для виявлення її поведінки при дії максимальних експлуатаційних навантажень. Для цих досліджень використано методику комп'ютерного моделюючого експерименту з використанням програмного комплексу ANSYS, який алгоритмічно базується на методі скінченних елементів. Виявлено достатню міцність конструкції для забезпечення її надійності впродовж всього періоду експлуатації.

Використана методика дослідження ферми і отримані результати передані ТОВ «Смарттехбуд» і впровадженні цим підприємством для виготовлення досліджених зварних ферм.

БІБЛІОГРАФІЯ

1. <https://www.ukrinform.ua/rubric-economy/3322842-vrozaj2021-ukraina-moze-peretnuti-poznacku-u-100-mln-tonn-zernovih.html>
2. <https://pidvoltage.gov.ua/pro-nashu-gromadu-15-39-31-12-07-2023/>
3. <https://dbn.co.ua/load/normativy/dbn/1>
4. Пат. №40196 Україна, МПК G01N 3/00. Пристрій для базування зварних ферм при випробуваннях на статичну та циклічну міцність / Шингера Н. Я., Ковальчук Я. О.; заявник і патентовласник Тернопіль. держ. техн. ун-т. – №40196 ; заявл.13.11.08 ; опубл. 25.03.09, Бюл. №6.
5. Ковальчук Я. О. Особливості статистичного дослідження зварних навантажених ферм / Я. О. Ковальчук, Н. Я. Шингера // Вісник ТДТУ ім. Івана Пулюя. – 2009. – №1. – С. 23 – 27.
6. <https://dbn.co.ua/load/normativy/dbn/1>
7. Шингера Н. Статистична оцінка властивостей сталі ВСтЗпс на ділянці термічного впливу від зварного шва / Н. Шингера, Я. Ковальчук // XIV наук. конф. Тернопільського нац. тех. ун-ту ім. І. Пулюя, 27–28 жовт. 2010р. : тези доп. – Тернопіль, 2010. – С. 59.
8. Шингера Н. Фізичне моделювання для оцінки залишкового ресурсу зварних фермових конструкцій. / Н. Шингера, Я. Ковальчук // Прогресивні матеріали та технології в машинобудуванні, будівництві та транспорті : наук. конф. мех.-технолог. фак. ТНТУ ім. І. Пулюя, 16 трав. 2011р. : тези доп. – Тернопіль, 2011. – С. 10.
9. Шингера Н. Я. Моделювання пошкодження зварних будівельних ферм / Н. Я. Шингера, Я. О. Ковальчук, І. Б. Окіпний // Вісник Тернопільського нац. техн. ун-ту ім. І. Пулюя. – 2011. – Спецвип., част. 2 – С. 112–117.
10. Ковальчук Я. Статистичні особливості втомного пошкодження зварних будівельних ферм / Я. Ковальчук, Н. Шингера // XV наук. конф. Тернопільського нац. тех. ун-ту ім. І. Пулюя, 14–15 груд. 2011р. : тези доп. – Тернопіль, 2011. – С. 127.

11. Ковальчук Я.О. Статистичне моделювання втомного пошкодження зварної ферми / Я.О. Ковальчук, Ю.І. Пиндус, Н.Я. Шингера // Науково-технічний збірник «Сучасні технології, матеріали і конструкції у будівництві»: – Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця. –2012. – №2 (13) – С. 91–94.

12. Ковальчук Я.О. Особливості напружено-деформованого стану зварної ферми з урахуванням температурних впливів / Я.О. Ковальчук, Н.Я. Шингера, Рибачок О.І., Бойчук А.В., Бобик М.П. // Науково-технічний збірник «Сучасні технології, матеріали і конструкції у будівництві»: – Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця. –2012. – №2 (13) – С. 16–19.

13. Ковальчук Я.О. Тримка здатність будівельної підкроквяної зварної ферми при дії статичних навантажень / Я.О.Ковальчук, Н.Я. Шингера // XVI наук. конф. Тернопільського нац. тех. ун-ту ім. І. Пулюя, 5–6 груд. 2012р. : тези доп. – Т. II, Тернопіль, 2012. – С. 88.

14. Ковальчук Я.О. Характер деформування будівельної підкроквяної зварної ферми при зміні температури / Я.О. Ковальчук, Н.Я. Шингера, Рибачок О.І., Бойчук А.В., Бобик М.П. // XVI наук. конф. Тернопільського нац. тех. ун-ту ім. І. Пулюя, 5–6 груд. 2012р. : тези доп. – Т. II, Тернопіль, 2012. – С. 89.

15. Ковальчук Я.О. Деформування зварної будівельної ферми при дії теплових впливів / Я.О. Ковальчук, М.П.Бобик, О.І.Рибачок, А.В.Бойчук // II наук.-техн. конф. мех.-техн. ф-ту Тернопільського нац. тех. ун-ту ім. І. Пулюя, 24–25 квіт. 2013р. : тези доп. – , Тернопіль, 2013. – С. 12.

16. Пат. №86798 Україна, МПК G01N 25/16. Пристосування для визначення температурних деформацій плоских ферм / Ковальчук Я.О., Шингера Н.Я., Бойчук А.В., Рибачок Н.І., Бобик М.П.); заявник і патентовласник Тернопіль. нац. техніч. ун-т. – №86798 ; заявл.15.07.2014 ; опубл. 10.01.2014, Бюл. №1.

17. Ковальчук Я. О. Деформування зварної будівельної ферми при статичних навантаженнях / Я. О. Ковальчук, Н. Я. Шингера, О.І.Рибачок // Вісник ТНТУ ім. Івана Пулюя. – 2014. – №1. – С. 28 – 34.

18. Ясній П. В. Верифікація результатів моделювання напружено-деформованого стану зварної ферми / Ясній П. В., Ковальчук Я. О., Шингера Н.

Я., Рибачок О. І. // Механіка і фізика руйнування будівельних матеріалів та конструкцій [Текст]: Зб. наук. статей / За заг. ред. Лучка Й.Й. – Львів: Каменяр, 2014. – Вип. 10. – С. 461 – 471.

19. Ковальчук Я. О. Моделювання напружено-деформованого стану нижнього пояса будівельної зварної ферми / Я. О. Ковальчук, Н. Я. Шингера, О.І.Рибачок // Вісник ТНТУ ім. Івана Пулюя. – 2014. № 2– С. 34 – 39.

20. Ковальчук Я.О. Особливості втомного пошкодження вузлів зварної ферми / Я.О. Ковальчук, Н.Я. Шингера, О.І. Качка // Міжнародна науково-технічна конференція «Інноваційні технології в будівництві» – ВНТУ, 18-20 листоп. 2014 р.: тези доп. – , Вінниця, 2014, с. 37.

21. Ковальчук Я.О Моделювання втомної пошкоджуваності вузлів підкровоквних ферм / Я.О. Ковальчук, Н.Я. Шингера, О.І. Качка // XVIII наук. конф. Тернопільського нац. тех. ун-ту ім. І. Пулюя, 29–30 жовт. 2014р. : тези доп. – Тернопіль, 2014. – С. 87.

22. https://econstruction.gov.ua/document_detail/doc_id=3013366459305821867/optype=6

23. Ковальчук Я.О. Вплив конструктивних та технологічних особливостей вузлів на тримкість зварної ферми / Я.О Ковальчук, Н.Я. Шингера, О.І.Качка // Міжнар. наук.-техн. конф. «Фундаментальні та прикладні проблеми сучасних технологій», ТНТУ, 19–20 трав. 2015 р.: тези доп. – Тернопіль, 2015. – С. 48 — (Нові матеріали, міцність і довговічність елементів конструкцій).

24. Ковальчук Я. О. Моделювання напружено-деформівного стану кровляної ферми / Я. Ковальчук, Н. Шингера, О. Качка // Збірник тез доповідей III наукової конференції „Прогресивні матеріали та технології в машинобудуванні, будівництві та транспорті“, 21 травня 2015 року — Т. : ТНТУ, 2015 — С. 10. — (Секція: Матеріалознавство, міцність конструкцій та будівництво).

25. Ковальчук Я.О. Втомна пошкоджуваність вузлів зварних фермових мостів / Я.О. Ковальчук, Н.Я. Шингера, О.І. Качка // Міжнар. наук.-практ. конф. ім. д.т.н. Сокола Е.М. «Безпека руху і наукові засади експертних досліджень транспортних пригод та інженерних споруд», 9–11 верес. 2015 р.: тези. доп. –

Львів, 2015. – С. 66.

26. Ковальчук Я.О. Моделювання НДС зварної кроквяної ферми при експлуатаційних навантаженнях / Я.О. Ковальчук, Н.Я. Шингера, О.І. Качка // Пошкодження матеріалів під час експлуатації, методи його діагностування і прогнозування: матеріали IV міжнар. наук.-практ. конф., 21–24 верес. 2015 р. – Тернопіль, 2015. – С. 244–247

27. Ковальчук Я. О. Моделювання поведінки зварної кроквяної ферми при розподілених навантаженнях / Я. О. Ковальчук, Н. Я. Шингера, О.І.Качка // Вісник ТНТУ ім. Івана Пулюя. – 2015. № 3(79)– С. 46 – 51 — (Механіка та матеріалознавство).

28. Ковальчук Я. О. Фізичне моделювання втомного пошкодження зварної ферми / Я. О. Ковальчук, Н. Я. Шингера // Матеріали XIX наукової конференції ТНТУ ім. Ів. Пулюя, 18-19 травня 2016 року — Т. : ТНТУ, 2016 — С. 143. — (Матеріалознавство, міцність матеріалів і конструкцій, будівництво).

29. Kovalchuk Y. O. Computer modeling of the stresses in welded truss / Yaroslav Kovalchuk, Natalya Shynhera // Вісник ТНТУ, — Т. : ТНТУ, 2016 — Том 82. — № 2. — С. 44-48. — (Механіка та матеріалознавство).

30. Ковальчук Я. О. Комп'ютерне моделювання деформації зварної ферми з косинками у вузлах / Ярослав Олексійович Ковальчук, Наталія Ярославівна Шингера // Вісник ТНТУ, — Т. : ТНТУ, 2016 — Том 83. — № 3. — С. 73-78. — (Механіка та матеріалознавство).

31. Ковальчук Я.О. Вплив циклічних навантажень на пошкодження вузлів зварної ферми / Я.О Ковальчук, Н.Я. Шингера // Всеукр. наук.-практ. конф. «Обладнання і технології сучасного машинобудування», 11–12 трав. 2017 р.: тези доп. – Тернопіль, 2017. – С. 90.

32. Ковальчук Я.О. Вплив експлуатаційних пошкоджень у вузлах зварних ферм на їх тримкість / Я.О Ковальчук, Н.Я. Шингера, В.В.Лазар // XX наук.-техн. конф. ТНТУ, 17–18 трав. 2017 р.: тези доп. – Тернопіль, 2017. – С. 146 — (Матеріалознавство, міцність матеріалів і конструкцій, будівництво).

33. Ковальчук Я.О. Конструювання вузлів зварних ферм з використанням

ПК ANSYS / Я. О.Ковальчук, Н.Я. Шингера, М.А.Басара //Вісник ТНТУ ім. Івана Пулюя. – 2017. № 1(85) – С. 47 –52.

34. Результати роботи опубліковані у збірнику тез XII Міжнародна науково-технічна конференція молодих учених та студентів «Актуальні задачі сучасних технологій (Тернопіль, 6 – 7 грудня 2023)/М-во освіти і науки України, Терн. націон. Техн. Ун-т ім. І. Пулюя [та ін.] – Тернопіль: ТНТУ, 2023 – с. 24.

35. Kovalchuk Y. The influence of height of angular profile of rods on rectangular welded truss deformation / Yaroslav Kovalchuk, Natalya Shynhera // Scientific Journal of TNTU. — Tern. : TNTU, 2017. — Vol 88. — No 4. — P. 82–87. — (Mechanics and materials science).

36. Ковальчук Я. О. Моделювання пошкоджень зварної ферми при циклічних навантаженнях / Ярослав Ковальчук, Наталія Шингера // Матеріали Міжнародної науково-технічної конференції „Фундаментальні та прикладні проблеми сучасних технологій“ до 100 річчя з дня заснування НАН України та на вшанування пам’яті Івана Пулюя (100 річчя з дня смерті), 22-24 травня 2018. — Т. : ТНТУ, 2018. — С. 53. — (Нові матеріали, міцність і довговічність елементів конструкцій).

37. Кіндрат Ю. І. Тримкість зварних підкроквяних ферм із трубчастих елементів / Ю. І. Кіндрат, Я. О. Ковальчук // Збірник тез доповідей VII Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів „Актуальні задачі сучасних технологій“, 28-29 листопада 2018 року. — Т. : ТНТУ, 2018. — Том 1. — С. 31–32.

38. Kovalchuk Y. Stress-strain state of a bottom chord of a welded roof truss / Yaroslav Kovalchuk, Natalya Shynhera, Natalya Chornomaz // Scientific Journal of TNTU. — Tern. : TNTU, 2019. — Vol 93. — No 1. — P. 41–46. — (Mechanics and materials science).

39. Басара М. А. Довговічність к-подібних вузлів зварних ферм / М. А. Басара, Я. О. Ковальчук // Праці VI Міжнародної науково-технічної конференції „Пошкодження матеріалів під час експлуатації, методи його діагностування і прогнозування“, 24-27 вересня 2019 р. — Т. : ТНТУ, 2019. — С. 143–144. —

(Оцінювання залишкового ресурсу елементів конструкцій).

40. https://elartu.tntu.edu.ua/bitstream/lib/33178/1/%D0%9C%D0%B5%D1%82%D0%BE%D0%B4_%D0%9A%D0%A0%D0%9C_%D0%BC%D0%B0%D0%B3%D1%96%D1%81%D1%82%D1%80_20%20v2.pdf

41. Ковальчук Я. О. Моделювання напружень в елементах зварної ферми при нагріванні / Я. Ковальчук, Н. Шингера // Матеріали XXI наукової конференції ТНТУ ім. І. Пулюя, 16-17 травня 2019 року. — Т. : ТНТУ, 2019. — С. 107. — (Матеріалознавство, міцність матеріалів і конструкцій, будівництво).

42. Basara M. Fatigue failure of gusset plates nodes of welded truss (Втомна пошкоджуваність фасонкових вузлів зварної ферми)/ Mykola Basara, Yaroslav Kovalchuk, Natalia Shynhera // Scientific Journal of TNTU. — Ternopil : TNTU, 2019. — Vol 96. — No 4. — P. 39–44. (Ковальчук Я.О, Басара М.А, Шингера Н. Я. «Втомна пошкоджуваність фасонкових вузлів зварної ферми», Вісник ТНТУ 2019. — Том 96. — № 4. — С. 39–44.)

43. Ковальчук Я.О. Статична міцність сталі ВСтЗпс зі зварним швом Я.О. Ковальчук, Н.Я. Шингера, Я.Л. Швед // Матеріали Міжнародна науково-технічна конференція «Фундаментальні та прикладні проблеми сучасних технологій» до 60 річчя з дня заснування ТНТУ імені Івана Пулюя та 175 річчя з дня народження Івана Пулюя. 14-15 травня 2020 року Т. : ТНТУ, 2020. — С. 87.

44. Ковальчук Я.О. Фізичне моделювання при дослідженні зварних ферм. Я.О. Ковальчук, Н.Я. Шингера, Я.Л. Швед // Матеріали Міжнародної наукової конференції «Іван Пулюй: життя в ім'я науки та України» (до 175-ліття від дня народження). 28-30 вересня 2020 року Т. : ТНТУ, 2020. — С. 57.

45. Fatigue damage of the heel joint of welded roof truss. (Втомне пошкодження опорного вузла зварної кроквяної ферми) / Yaroslav Kovalchuk; Natalya Shynhera; Yaroslav Shved; Vasyl Voronchak // Scientific Journal of TNTU. — Tern.: TNTU, 2020. — Vol 99. — No 3. — P. 28–33.

46. M. Basara, Ya. Kovalchuk, N. Shynhera (2020). DURABILITY OF A WELDED TRUSS UNDER CYCLIC LOADS. Innovative Solutions in Modern Science. 5(41). TK Meganom LLC. New York. p. 147-158 doi: 10.26886/2414-

634X.5(41)2020.11 <https://naukajournal.org/index.php/ISMSD/article/view/2311/2310>

47. https://ips.ligazakon.net/document/view/t269400?an=ul-1&ed=2022_04_21

48. Ковальчук Я. О. Пошкодження і руйнування зварних ферм для транспортно-технологічних машин / Я. О. Ковальчук, Н. Я. Шингера, Я. Л. Швед // Збірник тез доповідей Міжнародної науково-технічної конференції присвяченої пам'яті професора Гевка Богдана Матвійовича „Проблеми теорії проектування та виготовлення транспортно-технологічних машин“, 23-24 вересня 2021. — Т. : ФОП Паляниця В. А., 2021. — С. 104. — (Нові матеріали, міцність та довговічність конструкцій).

49. Стручок В.С. Безпека в надзвичайних ситуаціях. Методичний посібник для здобувачів освітнього ступеня «магістр» всіх спеціальностей денної та заочної (дистанційної) форм навчання / В.С.Стручок. — Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., 2022. — 156 с.

50. Ковальчук Я. О. Моделювання поведінки двосхильної симетричної зварної ферми при дії циклічних навантажень / Ярослав Олексійович Ковальчук, Н. Я. Шингера, Я. Л. Швед // Збірник тез доповідей X Міжнародної науково-практичної конференції молодих учених та студентів „Актуальні задачі сучасних технологій“, 24-25 листопада 2021 року. — Т. : ФОП Паляниця В. А., 2021. — Том I. — С. 13. — (Нові матеріали, міцність і довговічність елементів конструкцій).

51. Редьква Р. Розробка та дослідження підсилення стиснутих залізобетонних елементів / Редьква Р., Ковальчук Я. // Матеріали V Міжнародної студентської науково-технічної конференції "Природничі та гуманітарні науки. Актуальні питання", 28-29 квітня 2022 р. — Т. : ТНТУ, 2022. — С. 77–78. — (Механічна інженерія).

52. Шептак А. Локалізація максимальних напружень у місцях зварної підкрюквяної ферми під впливом статичних та динамічних навантажень / Шептак А., Ковальчук Я. // Матеріали V Міжнародної студентської науково-технічної конференції "Природничі та гуманітарні науки. Актуальні питання", 28-29 квітня 2022 р. — Т. : ТНТУ, 2022. — С. 97. — (Механічна інженерія).

53. Kovalchuk Y. Welded truss deformation under thermal influence / Yaroslav Shved; Yaroslav Kovalchuk; Natalya Shynhera // Scientific Journal of TNTU. — Tern.: TNTU, 2022. — Vol 105. — No 1. — P. 13–18.

54. Kramar H., Kovalchuk Y., Shynhera N., Bodrova L., Shved Y., 2022. Material consumption optimization of a welded rafter truss made of angle profiles. Procedia Structural Integrity. 1st Virtual International Conference on In service Damage of Materials: Diagnostics and Prediction, VDM DP 2021 Ternopil. 11 October 2021 до 13 October 2021. Том 36,2022. С. 10 — 16.

55. Ковальчук Я. Локалізація напружень і втомне пошкодження зварної ферми./ Я. Ковальчук Н. Шингера, Я. Швед // Матеріали Міжнародної науково-технічної конференції, присвяченої 70-річчю від дня народження член-кореспондента НАН України, проф. Яснія Петра Володимировича «Міцність і довговічність сучасних матеріалів та конструкцій», 10-11 листопада 2022 р. – Т. : ТНТУ, 2022. С.109-110.

56. https://opcb.kpi.ua/wpcontent/uploads/2014/09/%D0%9E%D0%9F%D1%82%D0%B0%D0%A6%D0%97_%D0%9A%D0%BE%D0%BD%D1%81%D0%BF%D0%B5%D0%BA%D1%82_%D1%87.3.pdf