

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

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

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

Магістра

(назва освітнього ступеня)

на тему: Очисна вежа в складі елеваторного комплексу

Виконав: студент 6 курсу, групи МБ_м-61
спеціальності 192

Будівництво та цивільна інженерія

(шифр і назва спеціальності)

Гайдук В. Г.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник Ясній В. П.
(підпис) (прізвище та ініціали)

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

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

Рецензент Богуславська В. Ю.
(підпис) (прізвище та ініціали)

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

« _____ » _____ 2025 р.
(підпис) Ясній В. П.
(прізвище та ініціали)

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**

на здобуття освітнього ступеня Магістр
(назва освітнього ступеня)

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

студенту Гайдук Володимир Григорович
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Проект очисної вежі в складі елеваторного комплексу

Керівник роботи Ясній Володимир Петрович, к.т.н., доцент.
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від « _____ » _____ 20__ року № _____

2. Термін подання студентом завершеної роботи _____

3. Вихідні дані до роботи Завдання на кваліфікаційну роботу

4. Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити)
Вступ; Опис технологічних процесів елеваторного комплексу; Характеристика елеваторного комплексу та аналіз конструкції очисної вежі; Напружено-деформований стан каркасу; Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуація; Загальний висновок; Бібліографія.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів)
Аркуш №1 – Генеральний план комплексу; аркуш №2 – Технологічна схема елеватора; аркуш №3 Технологічна схема очисної вежі; аркуш №4 – Схема конструкцій на відм. +0,100 м. +4,600 м. +7,500 м. Вузол 1 - Вузол 5. Відомість ел. №5 - Схема конструкцій на відм. +7,500 м. +8,900 м. +10,300 м. Вузол 6. Вузол 7; аркуш №6 – Схема конструкцій на відм. +13,700 м. Розріз 1-1 - Розріз 3-3. Вузол 8 - Вузол 12; аркуш №7 – Розріз 4-4 - Розріз 6-6. Вузол 13 - Вузол 16; аркуш №8 - Схема розміщення стінового фахверка та елементів покрівлі. Вузол 17 - Вузол 20; аркуш № 9 – Епюри згинальних моментів, нормальних та поперечних зусиль, деформована схема конструкції

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Основна частина	Ясній В. П. к.т.н., проф.		
Охорона праці	Каспрук В.Б. к.т.н., доц.		
Безпека в надзвичайних ситуаціях	Стручок В.С. ст. викл.		
Нормоконтроль	Мещерякова О. М. ст. викл.		

7. Дата видачі завдання

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

[illegible]

Студент

(підпис)

Гайдук В. Г.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Ясній В. П.

(прізвище та ініціали)

ЗМІСТ

	Стор.
ВСТУП	5
1. ОПИС ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ЕЛЕВАТОРНОГО КОМПЛЕКСУ	7
1.1 Прийом зерна	7
1.2 Очищення зерна	8
1.3 Сушіння зерна	10
1.4 Зберігання зерна	12
1.5 Переробка зерна.....	13
1.6 Відвантаження зерна.....	14
1.7 Висновки до розділу 1.....	16
2. ХАРАКТЕРИСТИКА ЕЛЕВАТОРНОГО КОМПЛЕКСУ ТА АНАЛІЗ КОНСТРУКЦІЇ ОЧИСНОЇ ВЕЖІ.....	18
2.1 Загальна характеристика елеваторного комплексу	18
2.1.1 Загальні положення.....	18
2.1.2 Коротка характеристика технології виробництва	18
2.1.3 Короткий опис архітектурно-будівельних та технологічних рішень об'єкту будівництва.....	19
2.1.4 Опис технологічного процесу	28
2.2 Роль очисної вежі у функціонуванні елеваторного комплексу.....	31
2.3 Створення каркасу очисної вежі в програмі Dlubal RFEM.....	32
2.4 Задання навантажень на каркас розрахункової схеми.....	39
2.4.1 Власна вага.....	39
2.4.2 Експлуатаційне навантаження від людей.....	40
2.4.3 Вага від продукції.....	41
2.4.4 Атмосферні впливи.....	42
2.5 Висновок до розділу 2.....	45
3. НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНИЙ СТАН КАРКАСУ.....	46
3.1 Аналіз напружено-деформованого стану конструкції каркасу.....	46

3.2 Детальний аналіз колон за допомогою модуля RF-STEEL EC3.....	54
3.3 Висновок за розділом 3.....	57
4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯ.	58
4.1 Охорона праці.....	58
4.1.1 Інструкція з охорони праці під час виконання робіт з монтажу металевих конструкцій. Загальні вимоги безпеки.....	60
4.1.2 Вимоги до технологічних процесів	62
4.2 Безпека в надзвичайних ситуаціях.....	65
4.2.1 Основні причини аварій будівель і споруд	65
4.2.2 Небезпека руйнування несучих конструкцій	66
4.2.3 Попередження руйнуванню металевих конструкцій	67
ЗАГАЛЬНИЙ ВИСНОВОК.....	68
БІБЛІОГРАФІЯ.	69

ВСТУП

Елеваторні комплекси є важливим елементом аграрної інфраструктури [1–2], забезпечуючи основні процеси обробки та зберігання зерна. Їх ефективність зменшує втрати урожаю, підтримує якість продукції та оптимізує логістику, що є критичним у умовах конкуренції на світовому ринку.

Розвиток елеваторного будівництва став можливим завдяки впровадженню металевих конструкцій, які з середини XIX століття розширили можливості промислового зведення споруд. Потужна металургійна база України сприяла широкому застосуванню сталевих каркасів, зокрема в агропромисловому секторі.

Сучасні елеватори використовують металеві каркаси, що відзначаються міцністю та довговічністю. Особливо важливою є робота очисних веж, які впливають на якість підготовки та зберігання зерна. Для їхнього надійного проектування застосовують програмні комплекси, такі як Dlubal RFEM 5, що забезпечують просторовий аналіз конструкцій та відповідність європейським вимогам [3–5].

Актуальність теми роботи зумовлена необхідністю підвищення ефективності та економічності будівництва й експлуатації елеваторних комплексів, що впливають на конкурентоспроможність аграрного сектору. Оптимізація металевих конструкцій дозволяє зменшити витрати та підвищити надійність споруд.

Сучасні будівельні технології та цифрові методи моделювання роблять важливим дослідження напружено-деформованого стану металевих каркасів очисних веж. Використання програм, заснованих на методі скінченних елементів, забезпечує точність розрахунків та обґрунтованість інженерних рішень, що підкреслює практичну значущість теми.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Робота виконана відповідно до наукових напрямів досліджень кафедри будівельної

механіки Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя.

Мета й задачі роботи - аналіз металевого каркаса очисної вежі у складі елеваторного комплексу та оцінка його напружено-деформованого стану за допомогою програмного комплексу Dlubal RFEM 5.

Об'єктом дослідження є металевий каркас очисної вежі.

Предметом дослідження є напружено деформований стан каркасу.

Наукова новизна одержаних результатів полягає у комплексному аналізі просторової роботи металевого каркаса очисної вежі під дією технологічних, експлуатаційних та атмосферних навантажень. Удосконалено підхід до моделювання з урахуванням взаємодії елементів, що дало змогу отримати точніші дані про напружено-деформований стан та оцінити ефективність конструктивних рішень.

Практичне значення одержаних результатів. Отримані результати можуть бути використані при проектуванні та реконструкції металевих каркасів очисних веж і інших споруд елеваторних комплексів. Проведений аналіз дає можливість оптимізувати конструкції за критеріями матеріаломісткості, надійності та економічної доцільності, а також підвищити безпеку їх експлуатації. Методика моделювання може бути впроваджена у проєктну практику та навчальний процес.

Апробація результатів магістерської роботи. Результати роботи оприлюднені на XIV Міжнародній науково-практичній конференції молодих учених та студентів «Актуальні задачі сучасних технологій», Тернопіль, ТНТУ, 11 – 12 грудня 2025 року.

Публікації. Очисна вежа в складі елеваторного комплексу / В. Г. Гайдук, д.т.н.; В.П. Ясній // Збірник тез доповідей XIV Міжнародній науковопрактичній конференції молодих учених та студентів «Актуальні задачі сучасних технологій», 11 – 12 грудня 2025 року – Т.: ТНТУ, 2025 - С

Ключові слова: каркас, очисна вежа, елеватор, постійні навантаження, тимчасові навантаження, деформації, напруження.

РОЗДІЛ 1

ОПИС ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ЕЛЕВАТОРНОГО КОМПЛЕКСУ

1.1 Прийом зерна

Приймання зерна є початковим і одним із найвідповідальніших етапів роботи елеваторного комплексу. Саме на цьому етапі формується подальший технологічний ланцюг зберігання та обробки продукції. Залежно від масштабу господарства і відстані транспортування, зерно може надходити на елеватор різними видами транспорту:

Автомобільний транспорт. Використовується для доставки зерна з полів або проміжних складів. Для цього на території елеватора обладнуються спеціальні приймальні пункти. Вони включають завальні ями або бункери, куди надходить зерно з кузова зерновозів. Далі продукт подається на стрічкові або ланцюгові транспортери (рис. 1.1). Зона розвантаження, як правило, обладнана навісом або закритою галереєю, що забезпечує захист від атмосферних опадів і безпеку працівників.

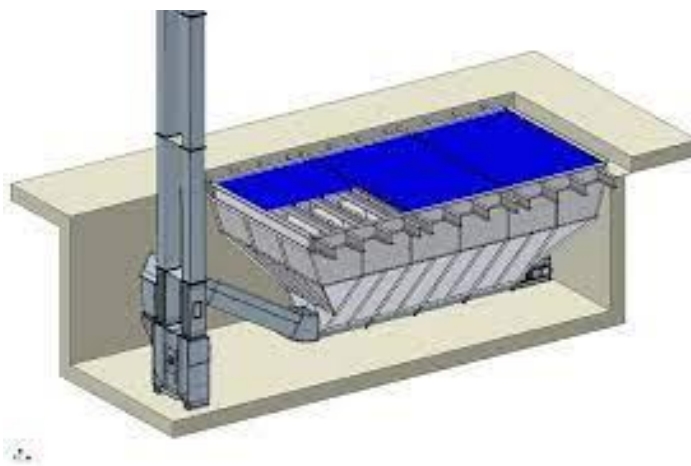


Рисунок 1.1 - Бункер приймання зерна з транспортувальним обладнанням

Залізничний транспорт. Застосовується для перевезення великих обсягів зерна на далекі відстані. Спеціальні вагони-зерновози обладнані нижніми люками (сипами), через які зерно самопливом висипається у приймальні бункери. Конструктивно така станція аналогічна автомобільній, але має посилені

вузли завантаження та більші розміри приймальних ємностей. Зона вивантаження також захищається навісом або критим павільйоном (рис. 1.2).



Рисунок 1.2 - Накриття станції розвантаження залізничних вагонів

Після приймання здійснюється лабораторний контроль якості — визначають вологість, засміченість, наявність домішок та інші параметри. Ці показники є вирішальними для визначення подальшого маршруту зерна в технологічній схемі та його придатності до зберігання або переробки [6].

1.2 Очищення зерна

Після етапу приймання зерно надходить у зону попереднього очищення, де воно звільняється від сторонніх домішок (рис. 1.3).

До них належать:

органічні залишки — частини стебел, соломи, трави, лушпиння;

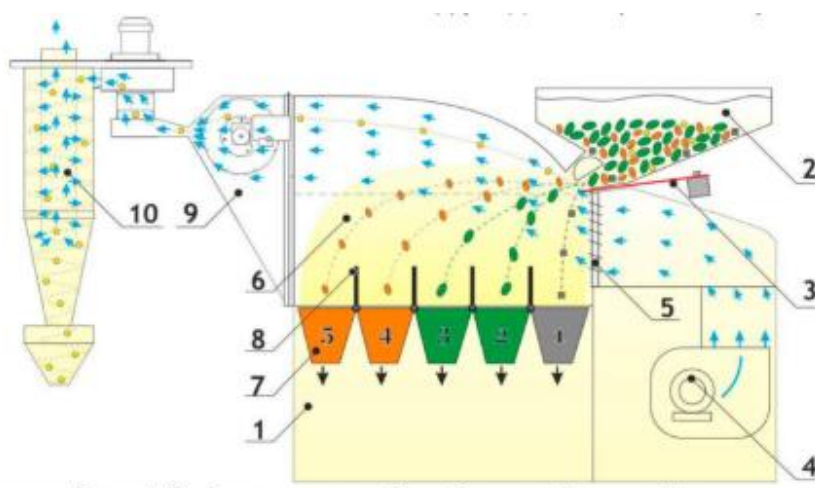
неорганічні включення — пісок, дрібне каміння, пил та інші частинки, що потрапили під час транспортування або збирання врожаю.



Рисунок 1.3 - Очищене та неочищене зерно

Для забезпечення стабільної якості зернової маси застосовується комплекс механізованого обладнання [1]. Основними агрегатами є:

Сепаратори, які виконують розділення зерна за розмірами та питомою вагою. Принцип роботи базується на комбінації ситового й повітряного очищення (рис. 1.4). В результаті зерно поділяється на кілька фракцій — основну, легку (лушпиння, пил) та важку (пісок, камінці).



1 – модуль базовий; 2 – бункер подачі зерна; 3 – віброблок; 4 – головний вентилятор;
5 – струменевий генератор; 6 – камера сепарації; 7 – літки (збірники фракцій); 8 – поворотні шторки; 9 – відвід легких фракцій.

Рисунок 1.4 - Схема роботи сепаратора з аспіраційною системою

Аспіраційні системи, призначені для видалення пилу та легких частинок з робочої зони. Такі установки часто інтегруються з вузлами розвантаження або транспортування зерна, забезпечуючи очищення не лише продукту, а й повітря в технологічному приміщенні (рис. 1.5).

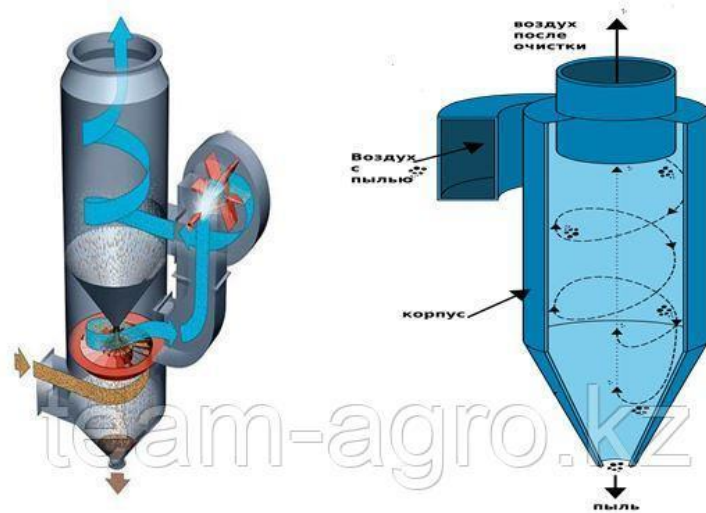


Рисунок 1.5 - Аспіраційна установка

Процес очищення є критично важливим для подальшого зберігання, оскільки наявність органічних чи мінеральних домішок може спричиняти самонагрівання зерна, розвиток мікроорганізмів і погіршення якісних показників продукції.

1.3 Сушіння зерна

Після очищення зернова маса зазвичай має підвищену вологість, особливо в період збирання врожаю за несприятливих погодних умов. Надлишок вологи створює сприятливе середовище для розвитку мікроорганізмів, пліснявих грибів і процесів самонагрівання, що призводить до втрати якості продукції. Тому сушіння є обов'язковою складовою технологічного процесу на елеваторі. Оптимальна вологість зерна для тривалого зберігання становить 12–14 %, залежно від культури.

Для зниження вологості використовуються різні типи зерносушильного обладнання, серед яких найпоширенішими є:

Конвективні зерносушарки - працюють за принципом передачі тепла від гарячого повітря до зерна. Як теплоносії застосовують газ, дизельне паливо, тверде паливо або відпрацьоване повітря з інших зон сушіння. Цей тип забезпечує рівномірне висушування зерна по всьому об'єму;

Сушарки з рециркуляцією тепла: характеризуються підвищеною енергоефективністю. Найчастіше це шахтні, колонкові або баштові установки, у яких частина нагрітого повітря після проходження через зернову масу знову повертається у цикл нагрівання. Така система рекуперації тепла дозволяє зменшити витрати енергоресурсів (рис. 1.6).

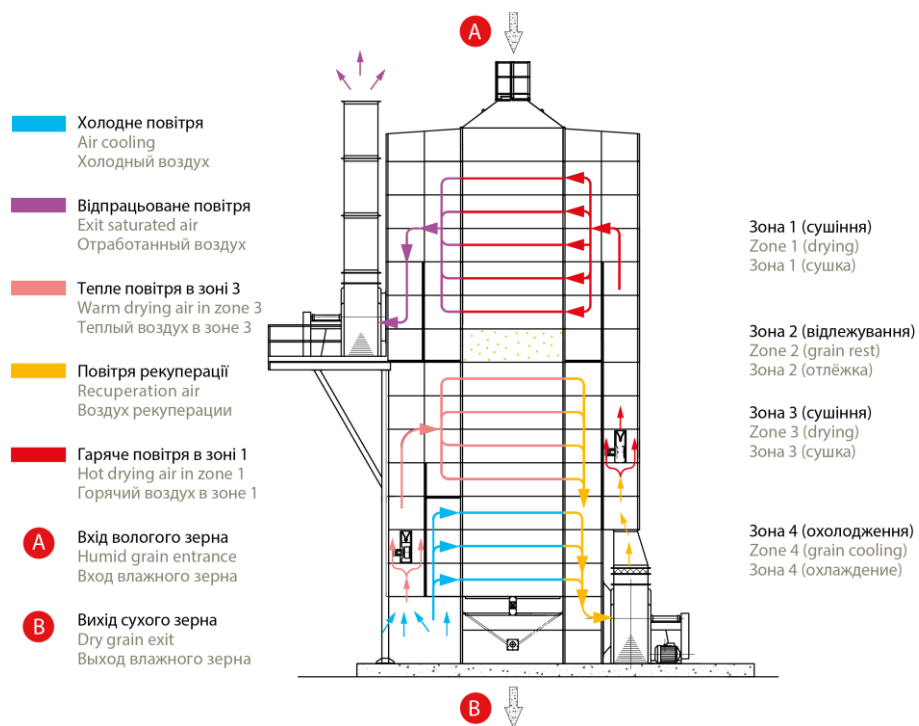


Рисунок 1.6 - Теплова схема двозонної зерносушарки з повною рекуперацією тепла

Застосування сучасних енергоощадних технологій сушіння не лише забезпечує якість зерна, а й знижує собівартість його підготовки до тривалого зберігання.

1.4 Зберігання зерна

Після сушіння зерно подається у металеві силоси (рис. 1.7) або сховища підлогового типу (рис. 1.8), де створюються умови для його безпечного тривалого зберігання. Основними параметрами, що контролюються на цьому етапі, є:

Температура зернової маси. Системи термометрії з вбудованими датчиками дають змогу оперативно виявляти осередки перегріву та запобігати самонагріванню;

Вологість повітря і зерна. Автоматизовані датчики вологості дозволяють уникнути утворення конденсату та регулювати режим аерації;

Вентиляція. Системи подачі та відведення повітря підтримують рівномірну температуру в об'ємі зернової маси, запобігаючи розвитку мікрофлори й утворенню плісняви.



а)

б)

а - силос з плоским дном; б – силос з конусним дном

Рисунок 1.7 - Металеві силоси



Рисунок 1.8 - Сховища підлогового зберігання зерна

Металеві силоси мають низку переваг порівняно зі сховищами підлогового типу. Вони оснащуються системами активної аерації, датчиками температури та вологості, а також автоматизованими системами моніторингу, що дозволяє створювати стабільний мікроклімат у середині ємності. Завдяки цьому забезпечується збереження якості зерна протягом тривалого періоду, а також зменшуються експлуатаційні витрати та ризики втрати продукції [7].

1.5 Переробка зерна

Останніми роками в агропромисловому секторі України зростає увага до переходу від експорту сировинної продукції до глибокої переробки зерна, що дозволяє отримувати продукцію з високою доданою вартістю (рис. 1.9). Такий підхід сприяє підвищенню ефективності аграрного виробництва, створенню нових робочих місць та зміцненню економічного потенціалу держави.



Рисунок 1.9 - Продукти переробки зерна

Технологічна схема переробки включає декілька основних етапів:

Сортування. Здійснюється розподіл зернової маси за якісними показниками, розміром і щільністю зерен. Це дозволяє відокремити насіння високої якості, придатне для подальшої обробки або посіву.

Шліфування та обрушення. На цьому етапі зерно очищається від оболонки та підготовлюється до використання у харчовій промисловості для виробництва круп, борошна, пластівців тощо.

Подрібнення. Виконується для отримання сировини, що використовується у комбікормовій промисловості, а також для виробництва кормових добавок.

Переробка може здійснюватися безпосередньо на території елеватора, де створюються невеликі виробничі ділянки, або на спеціалізованих промислових підприємствах, інтегрованих у загальну логістичну систему аграрного комплексу. Такий підхід забезпечує ефективне використання ресурсів і зменшує втрати при транспортуванні готової продукції.

1.6 Відвантаження зерна

Відвантаження є завершальним етапом технологічного циклу роботи елеваторного комплексу. На цьому етапі підготовлене зерно транспортується до кінцевого споживача — переробних підприємств, комбікормових заводів, експортерів — або до перевалочних пунктів, таких як залізничні вузли чи морські порти. Основна мета процесу полягає у забезпеченні швидкого, точного та безпечного відвантаження зерна з мінімальними втратами продукції та часу.

Відвантаження здійснюється на різні види транспорту, залежно від логістичних умов і напрямку постачання:

Автомобільний транспорт. Для навантаження зерна на автомобілі на території елеватора облаштовуються спеціальні майданчики з навісами (рис. 1.10). Завантаження здійснюється за допомогою бункерів відвантаження та автоматизованих дозаторів, які контролюють масу і рівномірність заповнення кузова. Автотранспорт найчастіше використовується для коротких перевезень до локальних споживачів або підприємств первинної переробки.



Рисунок 1.10 - Процес відвантаження зерна на автотранспорт

Залізничний транспорт. Для транспортування великих партій зерна застосовують вагони-хопери. Завантаження виконується через верхні люки вагонів (рис. 1.11). Контроль маси зерна відбувається через автоматизовані вагові системи, інтегровані в загальну систему обліку елеватора.



Рисунок 1.11 - Процес відвантаження зерна на залізничні вагони

Річковий та морський транспорт. На портових елеваторах зерно подається безпосередньо до суден за допомогою стрічкових конвеєрів, пневматичних транспортерів або перевантажувальних кранових систем (рис. 1.12). Сучасні

комплекси оснащуються системами автоматичного керування, які забезпечують точний облік обсягів відвантаження та оптимізують процес перевалки продукції.



Рисунок 1.12 - Процес відвантаження зерна на річковий і морський транспорт

Ефективна організація процесу відвантаження має суттєвий вплив на загальну продуктивність елеваторного комплексу, оскільки саме на цьому етапі завершується повний технологічний цикл — від приймання до відправлення готової продукції споживачеві.

1.7 Висновок до розділу 1

Технологічні процеси, що відбуваються в елеваторному комплексі, є визначальними для ефективного функціонування агропромислового сектору. Послідовність етапів — приймання, очищення, сушіння, зберігання, переробка та відвантаження зерна — формує безперервний технологічний цикл, спрямований на збереження якості продукції, мінімізацію втрат та забезпечення стабільного постачання зернових культур на внутрішні й зовнішні ринки.

Кожен етап має свою специфічну функцію:

Приймання та очищення створюють основу для подальшої обробки, забезпечуючи відокремлення домішок і контроль якості зернової маси.

Сушіння гарантує можливість тривалого зберігання, запобігаючи розвитку мікрофлори та псуванню зерна.

Сучасні системи зберігання з автоматизованим контролем температури, вологості та аерації підтримують оптимальні умови для збереження якості продукції.

Переробка дозволяє отримувати продукцію з вищою доданою вартістю, зокрема комбікорми, крупи та борошно, що підвищує економічну ефективність виробництва.

Відвантаження завершує технологічний цикл, забезпечуючи швидке й точне транспортування зерна споживачам або на експорт.

Елеваторні комплекси відіграють ключову роль у формуванні продовольчої безпеки держави та підвищенні конкурентоспроможності українського аграрного сектору. Подальше вдосконалення кожної ланки технологічного процесу сприятиме зростанню ефективності галузі, розвитку внутрішньої переробки та зміцненню позицій України на світовому ринку зернових культур.

РОЗДІЛ 2

ХАРАКТЕРИСТИКА ЕЛЕВАТОРНОГО КОМПЛЕКСУ ТА АНАЛІЗ КОНСТРУКЦІЇ ОЧИСНОЇ ВЕЖІ

2.1 Загальна характеристика елеваторного комплексу

2.1.1 Загальні положення

У даному розділі проекту представлені основні технічні рішення, які застосовані при виконанні проекту «Будівництво елеваторного комплексу за адресою: Тернопільська область, Тернопільський район, с. Мшанець (за межами населеного пункту)».

Проект виконаний відповідно до завдання на проектування та у відповідності з діючими нормативними документами [8, 12].

2.1.2 Основні архітектурно-будівельні рішення

Проект розроблено відповідно до діючих норм, правил і стандартів України:

ДБН В.1.2-2:2006 «Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Навантаження і впливи. Норми проектування. Зміна № 1»;

ДБН В.2.6-98:2009 «Конструкції будівель та споруд. Бетонні та залізобетонні конструкції. Загальні положення»;

ДБН В.2.1-10:2018 «Основи і фундаменти будівель та споруд. Основні положення»;

ДСТУ Б В.2.6-145:2010 «Захист бетонних і залізобетонних конструкцій від корозії»;

ДБН В.1.2-14:2018 "Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель, споруд, будівельних конструкцій та основ";

ДБН В.2.6-198:2014 "Сталеві конструкції. Норми проектування". Зміна №1;

ДБН В.1.1-12:2014 "Будівництво у сейсмічних районах України".

Термін експлуатації будівель 20-30 років.

Характеристики району будівництва:

- кліматичний район по ДСТУ-Н Б В.1.1-27-2010 - II;
- сніговий район по ДБН В.1.2-2:2006 - 4 (1,4 кПа);
- вітровий район по ДБН В.1.2-2:2006 - 4 (0,52 кПа);
- клас відповідальності споруди по ДСТУ-Н Б В.1.2-16:2013 - СС1;
- сейсмічність майданчика будівництва - 6 балів;

Конструкції розраховано на навантаження від власної ваги, ваги технологічного обладнання, впливу вітру та снігу, ваги людей, з урахуванням висоти конструкції і типу місцевості.

Навантаження від технологічного обладнання прийняті згідно паспортних даних заводу виробника.

Усереднений коефіцієнт по надійності по навантаженню - $\gamma/z=1,2$.

Нормативна глибина промерзання ґрунтів складає 0,9 м.

Згідно до інженерно-геологічних вишукувань 2024 року: шаром основи, що несе є ПЕ-3 -Супісок коричневий пластичний з прошарком піску.

За відносну відмітку ± 0.000 прийнятий рівень верху фундаментів силосу плоскодонного з підземною галереєю, що відповідає абсолютній відмітці +343,40 у Балтійській системі висот.

2.1.3 Короткий опис архітектурно-будівельних та технологічних рішень об'єкту будівництва

Комплекс призначений для приймання, очищення, сушіння, зберігання та відвантаження зернових культур, забезпечуючи повний технологічний цикл роботи елеваторного господарства (рис. 2.1).

Перелік основних споруд, передбачених до будівництва в межах реалізації проєкту, наведено у Таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 - Перелік споруд

№ п/п	Найменування споруд	Номер по генплану
	Перша черга	
1	Станція автомобільного вивантаження на один проїзд з пандусами	1
2	Підземна галерея №1	2
3	Блок зерноочистки з бункером вивантаження зерна на автотранспорт	3
4	Норійна вежа	4
5	Зерносушка	5
6	Силос-хопер №1	6
7	Площадка під генератор	7
8	Силос з плоским дном №1, №2	8
9	Транспортна надземна галерея з опорою	9
10	Операторська з розподільчою підстанцією	10
11	Насосна станція пожежогасіння з резервуарами води	11
12	Існуюча будівля	12

Весь обсяг перевантаженого зерна надходить на підприємство автомобільним транспортом.

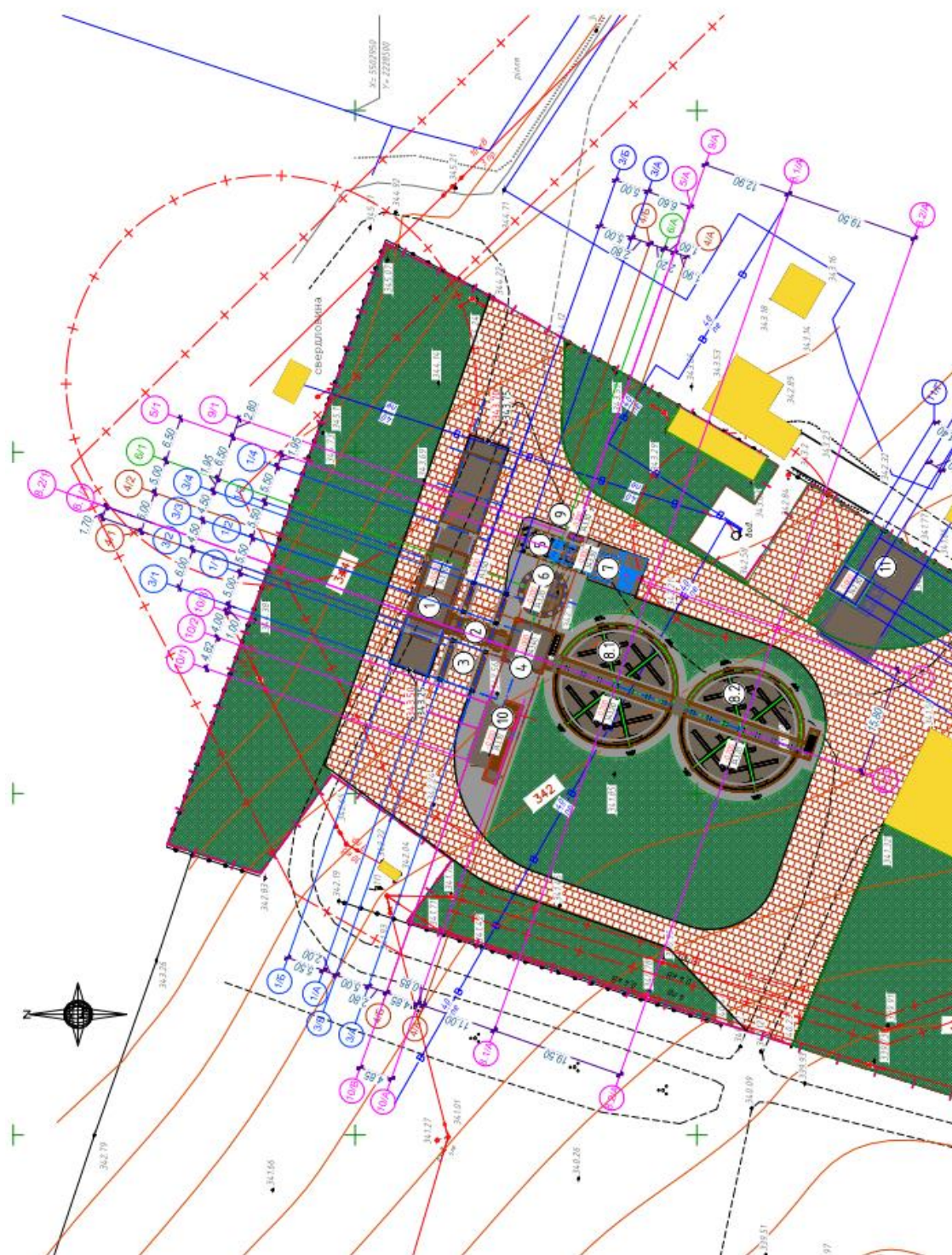


Рисунок 2.1 – Генеральний план

Продуктивність обладнання комплексу та кількість транспортних потоків прийнята з розрахунку забезпечення оперативного виконання робіт.

Станція автомобільного вивантаження на один проїзд з пандусами

Споруда приймального пристрою з автотранспорту на один проїзд складається з підземної та надземної частини. Підземна частина являє собою технологічний прямокутник з внутрішніми розмірами в плані 11.0х5.1 м, та днищем на відмітці -3.70 м., в якому розташований приймальний бункер та транспортер. Для обпирання їздового настилу передбачається система металевих балок, розташування яких обумовлене технологічним завданням, які спираються на стінки прямокутника. Конструкція завальної ями монолітна залізобетонна, виконується з бетону С20/25 та армується в'язаними сітками та армокаркасами. Днище прямокутника має товщину 400 мм. Під ним передбачається підготовка з бетону С8/10 товщиною 100мм. Днище спирається на природню основу якою є шар ІГЕ 3.

Бункер завальної ями запроектований з металевих рифлених листів товщиною 4 мм., опертих на металевий каркас, що спирається на стіни та підлогу завальної ями.

Проїжджа частина завальної ями запроектована з круглих металевих стержнів Ø32 мм., змонтованих в поперек проїзду з кроком 80 мм. Стержні приварені по краях до закладних завальної ями.

Надземна частина завальної ями є одноповерховою, неопалювальною спорудою з розмірами в плані (в осях) 16,5х5,5м. закрита по контуру металевими профільними листами по прогонах кроком 1,20м. Крок колон в повздовжньому напрямку 5,5м. Колони з двох спарених швелерів №16 жорстко з'єднані з фундаментами за допомогою анкерних болтів. Стіни накриття зміцнені хрестовими зв'язками і затяжками. Покрівля завальної ями запроектована з оцинкованих профільних листів Т45 по металевих балках і прогонах, опертих на металеві колони. Для заїзду і виїзду на завальну яму передбачені два пандуси.

Підземна галерея №1

Підземна галерея монолітна залізобетонна з товщиною стін, плити перекриття та днища 400 мм. Внутрішній розмір підземної галереї становить ширина 1,8х2,7(н). Армування стін, плити перекриття та днища галереї виконані двома сітками арматурою Ø 12 A400C з кроком 200 мм.

Конструкції виконуються із бетону класу C20/25, F100, W6. Під ростверками та плитами передбачена підготовка з бетону C8/10 товщиною 100мм. Фундаменти спираються на природню основу ІГЕ 3.

Блок зерноочистки з бункером вивантаження зерна на автотранспорт

Блок очистки є багаторівнева неопалювальна споруда з розмірами в плані 27,5х5,4 м. закрита по контуру, в місці розташування очисної машини рис. 2.2, металевими профільними листами по металевих прогонах.



Рисунок 2.2 - Зерновий барабанний сепаратор “ЛУЧ” ЗСО-100

Металевий каркас споруди – просторова жорстка металева конструкція, яка складається колон, що виготовлені зі спарених швелерів (в коробку), які на

верхніх ярусах виконані з круглих та прямокутних труб балкових кліток, виконані зі швелерів та двотаврів по яких влаштований настил. Геометричну стійкість забезпечують системи вертикальних та горизонтальних в'язей. В конструкції блоку очистки передбачено бункера вивантаження відходів та продукції на автотранспорт. Бункера виконані з листового прокату 4 та 6 мм. Їх обпирання виконано на двотаврові балки з подальшим зварюванням обох елементів для забезпечення більшої несучої здатності.

Норійна вежа

Норійний приямок монолітний залізобетонний прямокутної форми в плані, з бетону класу C20/25, морозостійкістю F100, водонепроникністю W6 з розміром 6,6х6,3 м. глибиною 4,5 м. Товщина стін і днища приямку 400мм. Армування подвійною сіткою нижньою і верхньою і робочими арматурними каркасами Ø12 A400C. В робочий шов між плитою і стіною запроектовано монтаж герметизуючої стрічки пенібар по всьому контуру стін. Приямок призначений для кріплення башмаків норій, а також для кріплення опор норійної вежі. Приямок накритий металевим навісом. Огороджуючі конструкції навісу - профільований лист по металевих прогонах. Каркас норійної вежі представляє собою просторову решітчасту конструкцію, виготовлену з круглих труб, прокатних профілів та елементів коробчастого типу. Для обслуговування технічного обладнання передбачено площадки та сходи, які виконані з прокатних профілів та настилу, по контуру майданчиків влаштоване огороження.

Зерносушка

Фундаменти передбачені із бетону класу C20/25, W6. Тип фундаменів - палеві (26шт.). Фундаменти спираються на природню основу ІГЕ 3,4,5. Армування паль, ростверків, та плити відбувається окремими стержнями арматури класу A500C та конструктивною арматурою класу A240C, всі з'єднання арматури виконують за допомогою в'язального дроту з кроком не більше 400мм в шаховому порядку.

Силос-хопер №1

Силоси є металевими спорудами силосного типу, комплектної поставки загальна висота 22,0м. Фундамент кожного силоса складається з монолітного залізобетонного кільцевого ростверку діаметром 6,445м., по осі опор силоса. Товщина стін кільцевого ростверку 600мм., ширина фундаменту кільцевого ростверку 7,445м. По верху кільця фундаменту запроектована монолітна залізобетонна плита товщиною 200мм. Конструкції виконуються із бетону класу С20/25, F100, W6. Під фундаментами та плитами передбачена підготовка з бетону С8/10 товщиною 100мм. Фундаменти спираються на природню основу ІГЕ 3.

Площадка під генератор

Площадка являє собою фундаментну монолітну залізобетонну конструкцію з розмірами 7.5х5.7 в плані. Армування плити виконано сітками арматури Ø12A500С з кроком 200мм. Конструкцію виконані з важкого бетону класу С20/25 (В25), W6. Під плитою передбачена підготовка з бетону С8/10 товщиною 100мм. Фундаменти спираються на подушку із втрамбованого щебня фр. 20-40 мм, товщина шару 1700 мм.

Силос з плоским дном №1, №2

Силоси для зберігання зерна включають 2 силоса місткістю 5830,07 м3 кожний, діаметром силосу Ø18,20 м, загальною висотою 25,51м.

Силос - сталева ємність комплектної поставки фірми виробника "KMZ Industries", моделі ВВК.22.14.В12, радіального перерізу у плані які спираються на монолітні залізобетонні фундаменти.

Силос складається з безпосередньо самої ємності де зберігається зерно з верхньою галереєю, а також підземної галереї, яка розміщена під силосною плитою.

Фундамент під силос запроектований стрічковим з п'ятою внизу, з двох півмісяців, які поєднані підземною галереєю, що об'єднує всі силоси і з'єднує Робочу вежу з норійною вежею реверсивним транспортером. Глибина залягання

фундаменту -2,30м. Фундамент монолітний з/бетонний з бетону кл. С20/25 по міцності, марки W6 по водонепроникності, F 150 по морозостійкості.

Галерея являє собою коробчастий переріз в розмірах 1,8х2,6м з товщиною стін 0,30м, та плитою перекриття 0,4м, в якій влаштовуються отвори зсипів зерна з силоса.

По верху фундаментної плити влаштовується аераційна плита.

Армування нижніх півкільць виконано 2 сітками Ø12 А500С кроком 200х200 мм, які з'єднуються між собою одиночними стержнями Ø8 А240С кроком 200х200 мм за допомогою в'язального дроту діаметром 1,6...1,8мм по ГОСТ 3282-74. Нижнє півкільце з верхнім з'єднане Г-подібними випусками з арматури Ø12А400С кроком 200 мм.

Верхні півкільця (стрічковий фундамент) виконано двома сітками Ø12А400С кроком 200х200 мм, які з'єднуються між собою одиночними стержнями Ø8 А240С кроком 200х200 мм.

Плита аераційних каналів влаштовується з бетону кл.С8/10 по міцності, марки W6 по водонепроникності, F150 по морозостійкості, а по верху підливається бетоном кл. С20/25 по міцності, марки W6 по водонепроникності, F150 по морозостійкості.

Транспортна надземна галерея з опорою

Транспортна галерея - просторова каркасна конструкція, яка сполучує транспортні потоки зерна з норійної вежі на силоса за допомогою розміщених транспортних механізмів (конвеєрів).

Операторська з розподільчою підстанцією

Операторська з розподільчою підстанцією, за сумісництвом захисна споруда (ПРУ) одноповерхова з підвальним приміщенням висотою поверху 3,0 м. прямокутної форми та розміром в плані 12,2х5,2м. з переділом на дві частини. Перша - приміщення операторської, та захисної споруди друга - електрощитова. За умовну відм. 0.000 прийнято рівень 1-го поверху чистої підлоги, що відповідає абсолютній відм. 343.10 на генплані, що нижче прийнятої відмітки 0.000 по об'єкту на 0,30м. Проектована споруда каркасна, колони та балки металеві.

Кріплення колон каркасу до фундаментів передбачено за допомогою анкерних болтів.

Фундамент операторської запроектований з/бетонний стрічкового типу.

Під електрощитовою запроектований підпільний канал для прокладки кабелів. Плита підлоги та підпільні канали монолітні залізобетонні.

Під фундаментами, плитою підлоги та дном підпільних каналів виконується бетонна підготовка із бетону кл. С8/10 товщиною 100 мм. по ущільненій ґрунтовій подушці із місцевого ґрунту.

Насосна станція пожежогасіння з резервуарами води

Насосна станція пожежогасіння являє собою залізобетонний прямокутник з розмірами в плані 4х4,4м і глибиною 4,9м. Конструкція виконана із залізобетону. Використано важкий бетон класу С20/25 (В25) F100 W6, армований в'язаними арматурними сітками з арматури класу А500С.

Над прямокутником зведено надземну частину споруди, яка є каркасною будівлею до яких кріпляться сендвіч-панелі.

За умовну відмітку 0,000 прийнято рівень чистої підлоги 1 поверху, що відповідає абсолютній відмітці 342,30 що на 1,1м нижче за відмітку загального 0,000 комплексу 343,40. Віконні та дверні склопакети по ДСТУ Б.В.2-15-99.

Фундаментом будівлі являється монолітна плита прямокутника з важкого бетону класу С20/25 (В25) товщиною 400мм, яка влаштовується по підготовці із бетону класу С8/10 (В7,5) товщиною 100мм. Природньою основою є шар ІГЕ-3

Пожежний резервуар - прямокутний, двосекційний, з внутрішніми розмірами в плані 7,8х8 м висотою 3,55 м., та об'ємом запасу води 220 м3 (одна секція)

Конструкція виконана з залізобетону. Використано бетон С20/25 (В25), F100 W6 армований в'язаними каркасними сітками з арматури А500С.

Забезпечення надійності та механічної стійкості

Проектними рішеннями забезпечена надійність і безпека будівель, споруд, будівельних конструкцій та основ відповідно до вимог ДБН В.1.2-14-2009

«Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель, споруд, будівельних конструкцій та основ».

При розробці проекту дотримані наступні вимоги, що визначають надійність будівельного об'єкта, а саме відповідність призначенню й здатність зберігати необхідні експлуатаційні якості протягом встановленого терміну експлуатації.

Передбачено виконання антикорозійного захисту металевих, залізобетонних конструкцій будівель та споруд, влаштування вимощення навколо фундаментів будівель, що сприяє збереженню цілісності об'єкта та його основних частин, і виконання інших вимог, які гарантують можливість використання об'єкта за призначенням і нормального функціонування технологічного процесу, включаючи захист конструкцій від зовнішніх впливів навколишнього середовища - дощів, снігу і т.д., тепло- і гідроізоляційних властивостей огорожень, їх герметичності і т.д.

2.1.4 Опис технологічного процесу

Технологічну схему комплексу (див. рис. 2.3) та специфікацію застосованого технологічного обладнання.

Продуктивність транспортного та технологічного обладнання вказана по зерну пшениці з об'ємною масою $0,75 \text{ т/м}^3$.

Технологічна схема комплексу: запроектована з урахуванням забезпечення необхідної гнучкості; дозволяє проведення технологічних операцій по найкоротших транспортних маршрутах; передбачає мінімальну кількість підйомів зерна норіями, що зменшує травмування зерна при транспортуванні; дозволяє застосування систем автоматизації та дистанційного управління технологічними вузлами комплексу.

Для забезпечення роботи зернового комплексу передбачається застосування автоматичної системи управління (АСУ). Основним завданням, яке виконується АСУ, являється оперативне управління перевантажувальними роботами та планування роботи зернового комплексу. В приміщенні ЦПУ

передбачається автоматизоване робоче місце диспетчера з пультом управління, обладнане технічними засобами (персональний комп'ютер, принтер та ін.). Дистанційний централізований запуск маршрутів проводиться в зворотному напрямку руху вантажопотоку [13, 14].

Система автоматизації забезпечує оперативне відключення обладнання з пульта керування, готовність до наступного запуску обладнання, аварійну зупинку обладнання при спрацюванні систем протиаварійного захисту. При аварії чи зупинці одного з механізмів передбачена зупинка усіх попередніх до нього механізмів по технологічній схемі, самозапуск механізмів виключається.

Маршрути передбачені технологічною схемою (позиції обладнання вказані у відповідності з технологічною схемою):

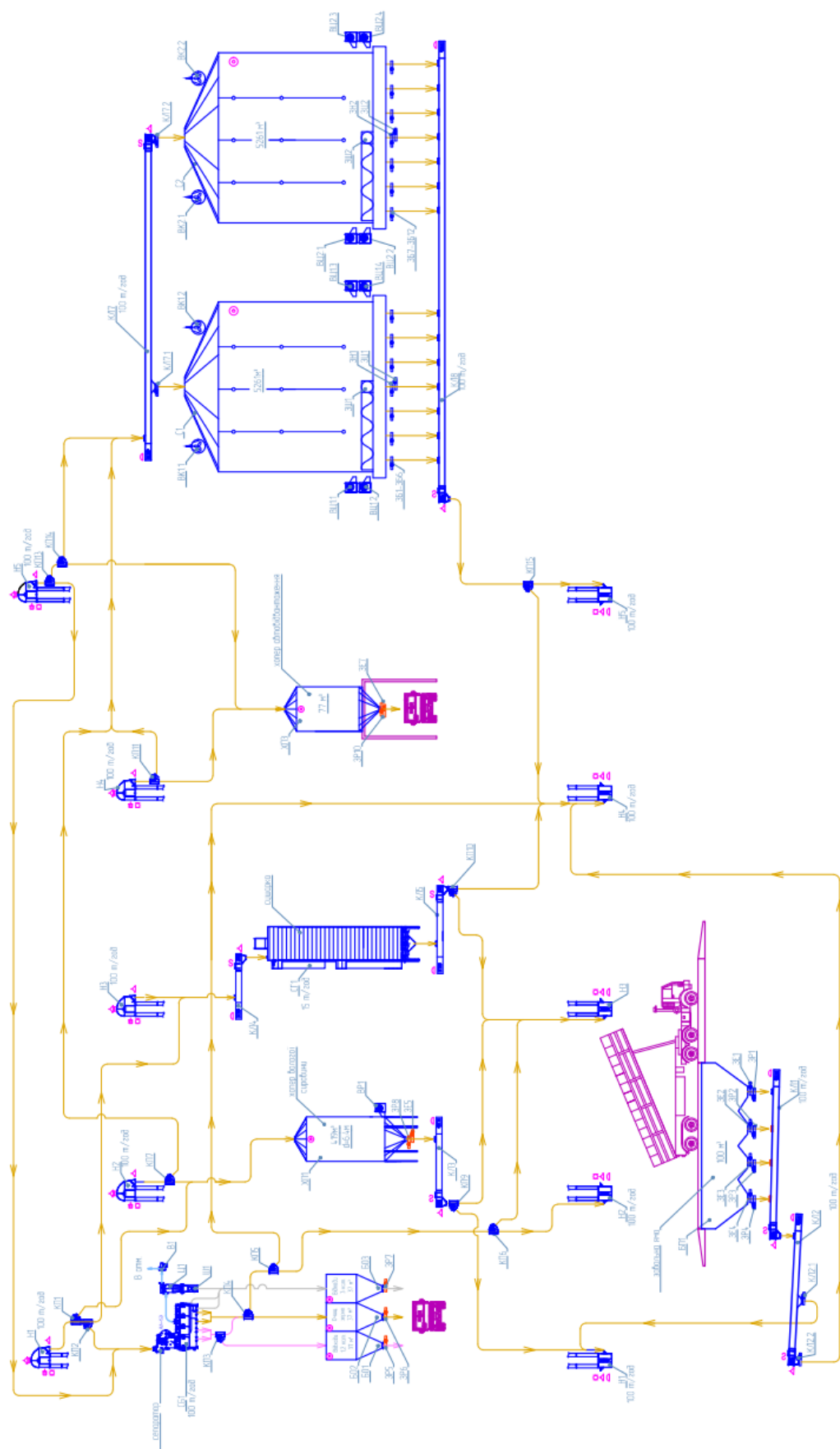
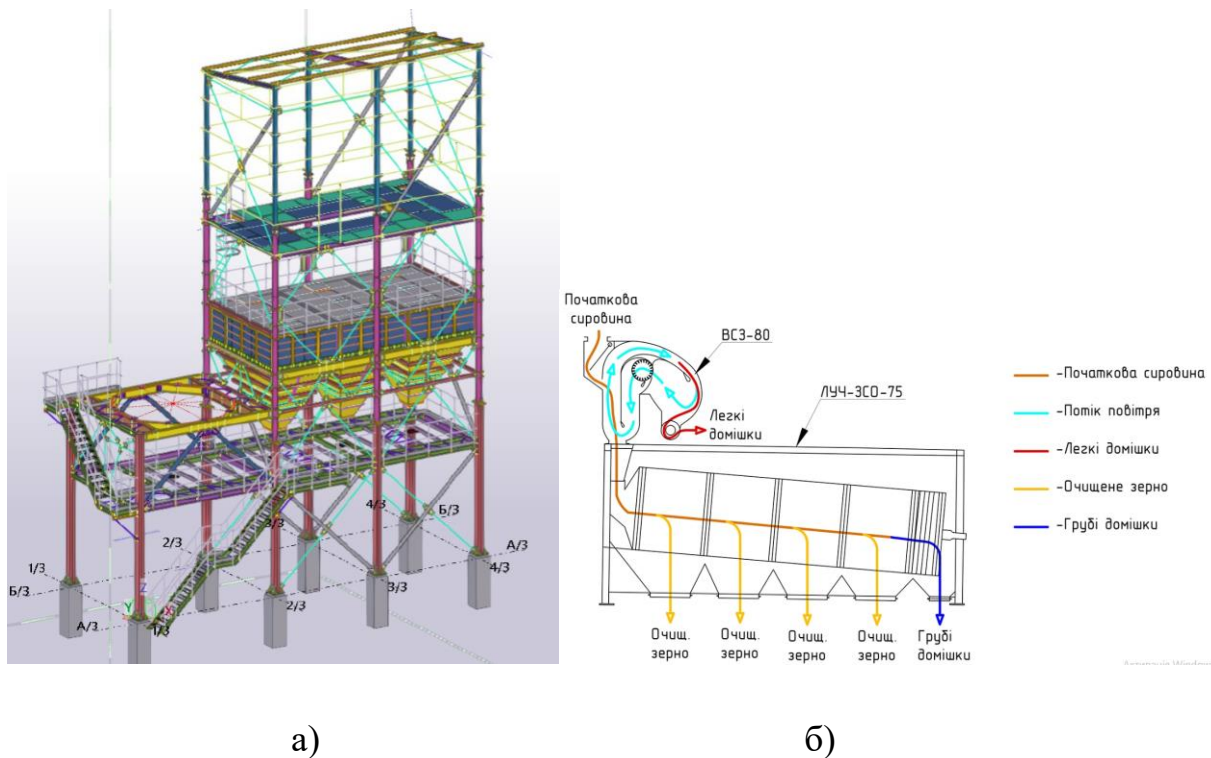


Рисунок 2.3 - Технологічна схема комплексу

2.2 Роль очисної вежі у функціонуванні елеваторного комплексу

Блок зерноочистки (рис. 2.4 а, б) є невід'ємною частиною технологічного комплексу елеватора і виконує функцію підготовки зернової маси до подальших етапів обробки та зберігання. Основним призначенням цієї ділянки є видалення органічних та мінеральних домішок, класифікація зерна за фракціями та підвищення його якісних показників.

Ефективність роботи блоку зерноочистки суттєво впливає на загальний вихід придатної продукції, стабільність подальших процесів сушіння й зберігання, а також на рівень втрат зерна.



а – металевий каркас вежі; б - технологічне обладнання для очищення зерна

Рисунок 2.4 - Конструкція блоку зерноочистки

Блок зерноочистки інтегрує кілька функціональних машин та систем і взаємодіє з іншими частинами елеваторного комплексу — приймальним відділенням, норійними вежами, сушарками та силосами. Конструктивно він складається зі сталевого каркаса, у якому розміщуються сепаратори, аспіраційні

установки, бункери накопичення, транспортні механізми, майданчики для обслуговування та системи пиловидалення.

Центральним елементом блоку є сепаратори, що здійснюють поділ зерна на фракції відповідно до його розміру, густини та аеродинамічних властивостей. Допоміжну роль відіграють аспіраційні системи, які видаляють легкі домішки, пил і забезпечують санітарну безпеку виробничої зони (рис. 2.2).

Після проходження зерноочистки зерно надходить у норійні вежі, від яких далі може бути подане на сушіння, у силоси чи безпосередньо на переробку, або вивантажене на автотранспорт. Таким чином, блок зерноочистки відіграє ключову роль у формуванні стабільного технологічного потоку та гарантує отримання зерна, що відповідає вимогам подальших виробничих операцій.

2.3 Створення каркасу очисної вежі в програмі Dlubal RFEM

Очисна вежа зазвичай виконується у вигляді просторової сталевих конструкції, сформованої з колон та вертикальних в'язей, а також обладнаної майданчиками для обслуговування та сходовими маршами. У ряді випадків до неї приєднуються суміжні конструктивні елементи, що додатково ускладнює просторову роботу каркаса. Технологічне обладнання, розташоване всередині вежі, може створювати значні динамічні навантаження, що потребує більш ретельного підходу до розрахунку.

Сукупність цих факторів робить аналітичне моделювання доволі складним, а отже для коректного врахування напружено-деформованого стану доцільно застосовувати сучасні програмні комплекси, засновані на методі скінченних елементів. До таких належать: Dlubal RFEM, ЛИРА-САПР, Robot Structural Analysis, SCAD Office та інші програмні продукти, які мають широкий набір інструментів для моделювання конструкцій будь-якої складності [16-19].

У рамках цієї дипломної роботи розрахунок каркаса очисної вежі під дією статичних навантажень виконано в програмному середовищі Dlubal RFEM 5. Обраний програмний комплекс має низку переваг:

- зручні засоби для побудови аналітичної моделі конструкції;

- можливість імпорту та експорту даних у поширені CAD/BIM-платформи (Tekla Structures, Revit, Bentley ISM тощо);
- інтуїтивно зрозумілий інтерфейс;
- модульна структура, що дозволяє адаптувати програму під конкретні інженерні задачі;
- висока швидкодія;
- повна підтримка BIM-технологій [20].

Dlubal RFEM 5 є сучасним інженерним інструментом для чисельного аналізу та проєктування конструкцій різного призначення. Програмний комплекс розроблений компанією Dlubal Software (Німеччина), яка працює на ринку програмного забезпечення з 1987 року та спеціалізується на створенні високоточних розрахункових систем, заснованих на методі скінченних елементів.

З огляду на наведені переваги, аналітичну модель очисної вежі було створено за допомогою базових інструментів RFEM. У діалоговому вікні (рис. 2.5) обрано тип моделі «3D», оскільки для даної конструкції необхідно проводити просторовий розрахунок.

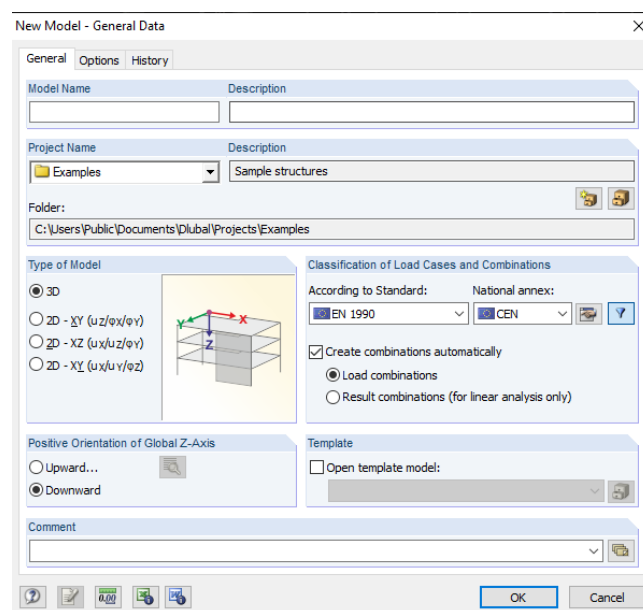


Рисунок 2.5 – Діалогове вікно створення нової моделі програми Dlubal RFEM

В нашому випадку очисна вежа має розміри в плані 15х5 метри і висоту 20,5 м (рис 2.6 та рис. 2.7).

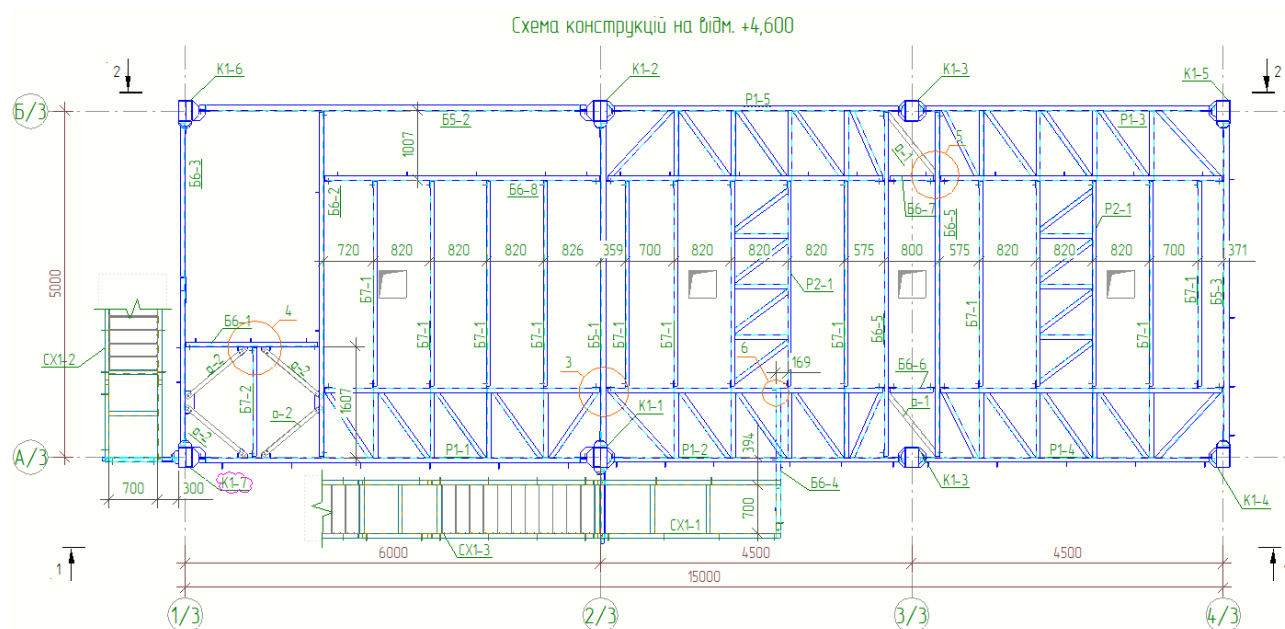


Рисунок 2.6 – План-схема очисної вежі

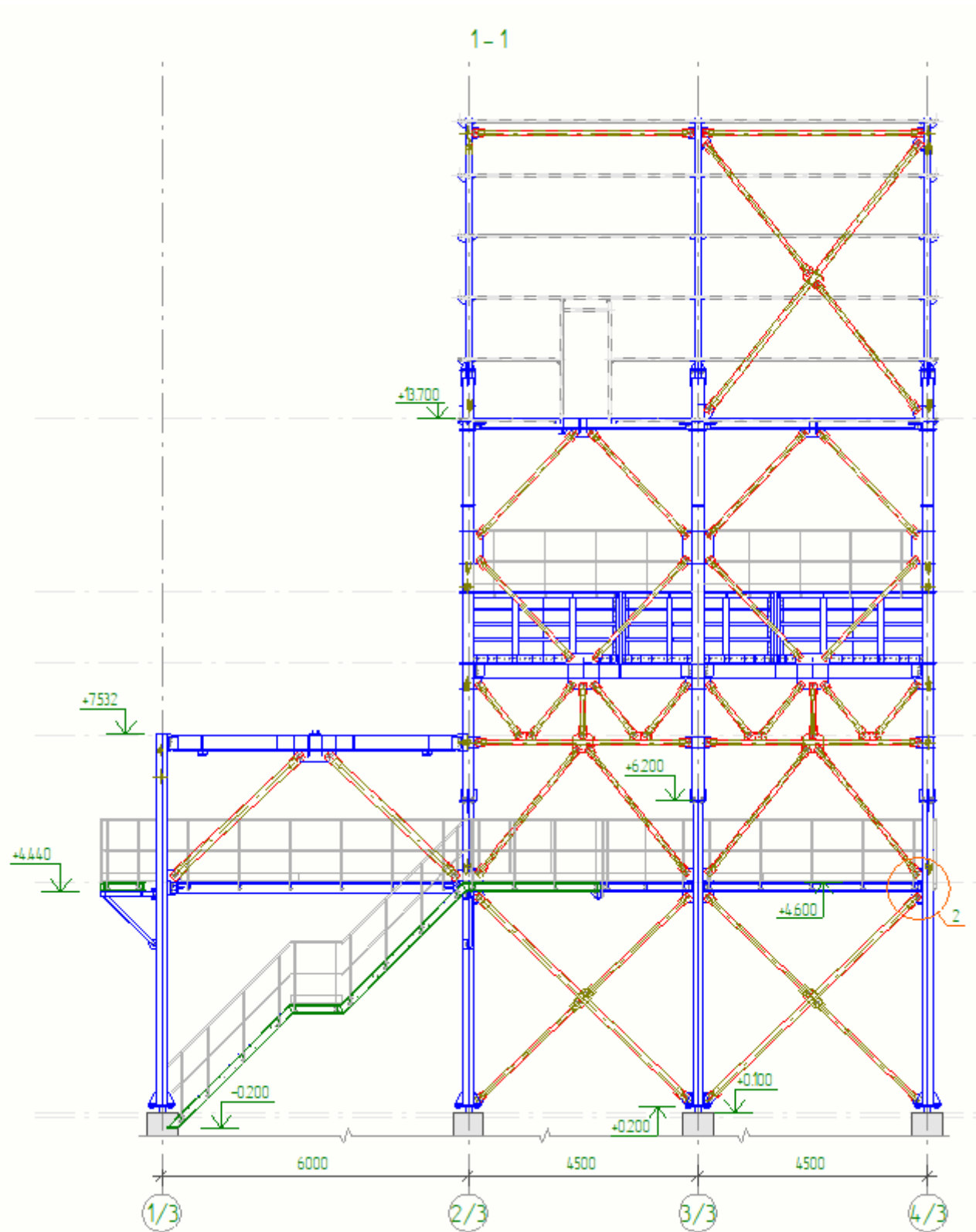


Рисунок 2.7 – Розріз очисної вежі

Після вибору параметрів розрахункової моделі відкривається робоче середовище програми (рис. 2.8), у якому безпосередньо виконується побудова аналітичної моделі металевого каркаса очисної вежі. Саме в цьому інтерфейсі здійснюється створення геометрії, задання опор, навантажень та інших характеристик конструкції.

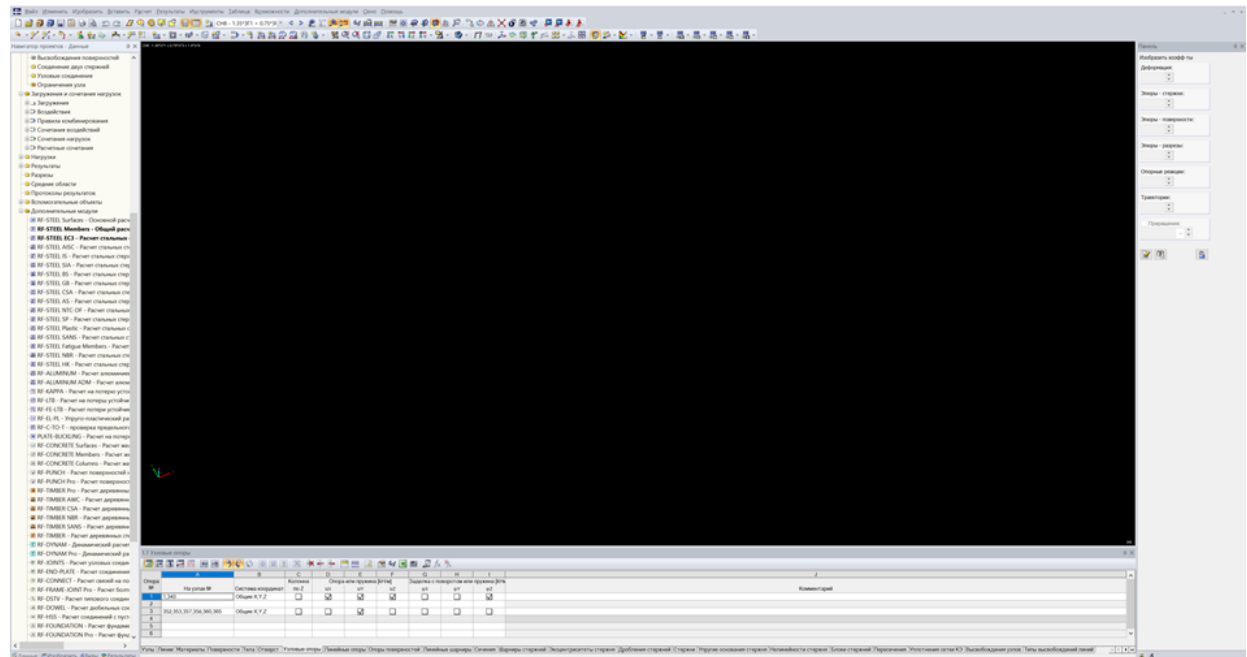


Рисунок 2.9 - Інтерфейс програми DLUBAL RFEM

Побудова аналітичної моделі виконується за допомогою інструментів створення точок, ліній та стержневих елементів, а також засобів редагування, таких як копіювання, переміщення, поворот і дзеркальне відображення (рис. 2.9). Водночас, кожному стержню призначаються попередні типи перерізів — профільні та круглі труби, швелери, двотаври та інші стандартні елементи. Надалі, на основі результатів аналізу напружено-деформованого стану, ці перерізи можуть бути скориговані для забезпечення оптимальної роботи конструкції.

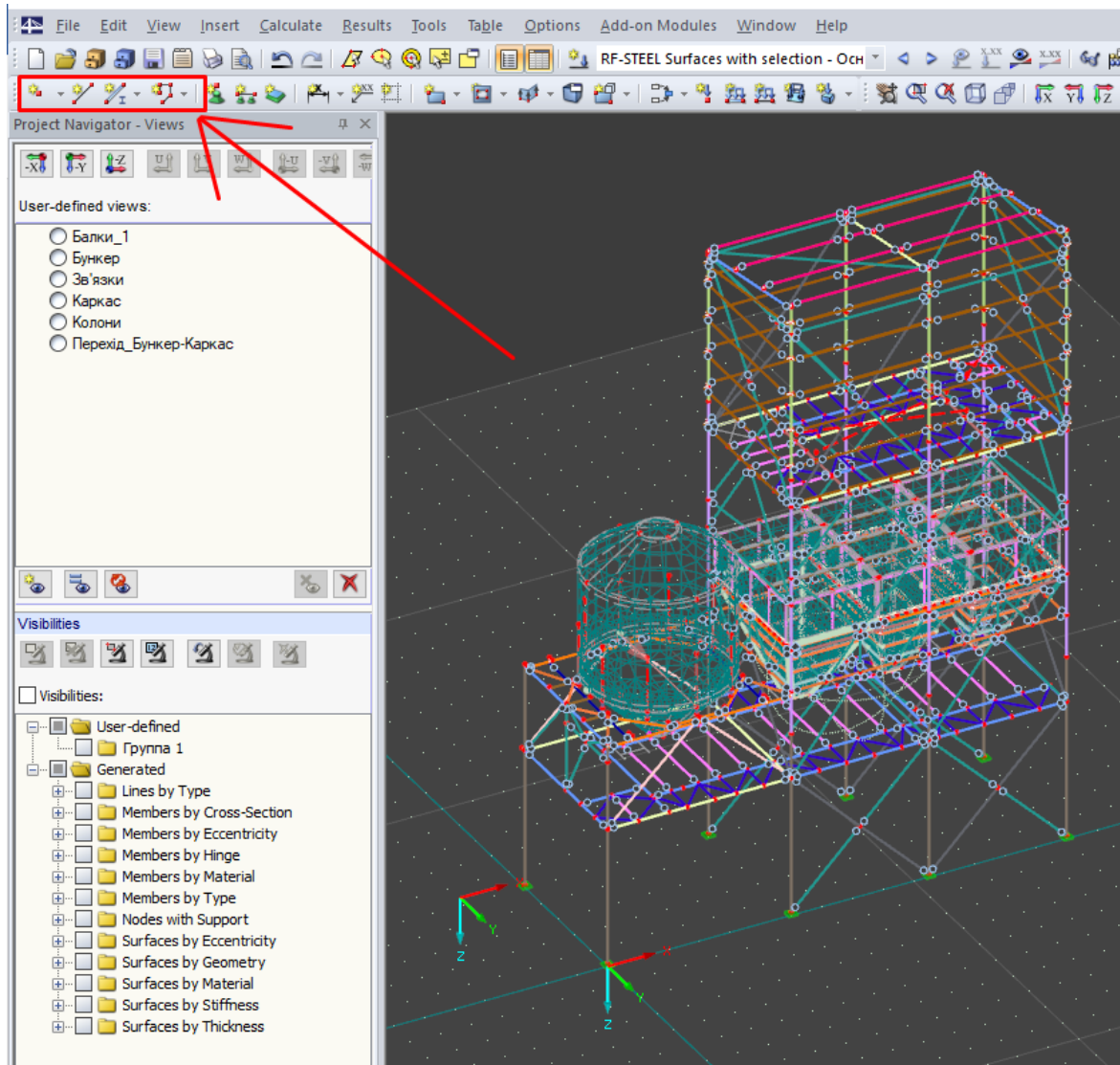


Рисунок 2.9 – Аналітична модель металоконструкції норійної вежі

У даній конструкції для кожного елемента каркаса призначено відповідний тип перерізу, що відповідає його функціональному призначенню та рівню сприйняття навантажень. Зокрема:

Колони:

нижній ярус — складений переріз на основі пари швелерів №30;

середній ярус — кругла прямошовна труба $\varnothing 219 \times 6$ мм;

верхній ярус — квадратна труба 120×5 мм.

Вертикальні в'язі: застосовано круглі прямошовні труби діаметрами 159×4 мм, 129×4 мм та 89×4 мм відповідно до потреб жорсткості та просторової стабільності каркаса.

Балкові елементи площадок: використано швелери №12–20, а також двотаврові профілі IPE 300 та IPE 400.

Бункера: виконані з листового прокату 4 та 6 мм, а також по контуру влаштовані ребра жорсткості з рівнополічних кутників.

Повний перелік елементів конструкції та їх перерізів наведено у графічних матеріалах, що додаються до роботи.

Усі вузли каркаса очисної вежі прийнято як шарнірні, що дозволяє моделювати конструкцію відповідно до принципів просторової в'язевої системи. Відповідні налаштування шарнірних з'єднань задаються індивідуально для кожного необхідного стержня у параметрах елемента (рис. 2.10).

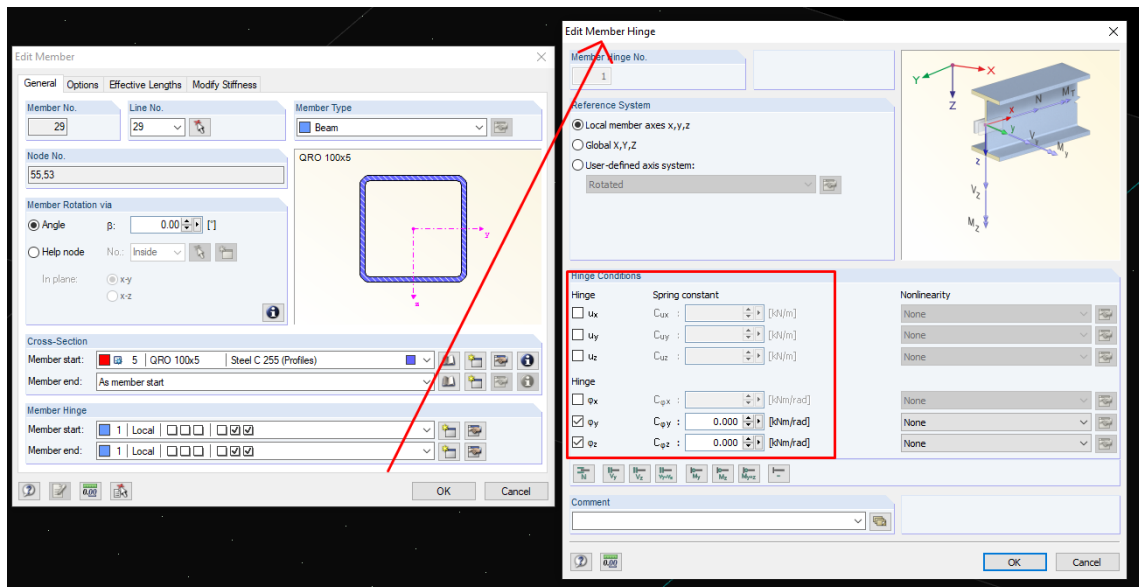


Рисунок 2.10 – Діалогові вікна параметрів шарнірного закріплення кінців стержнів

Опорні вузли колон виконані у вигляді жорсткого закріплення (рис. 2.11), що забезпечує передачу вертикальних зусиль на фундамент та згинальних навантажень.

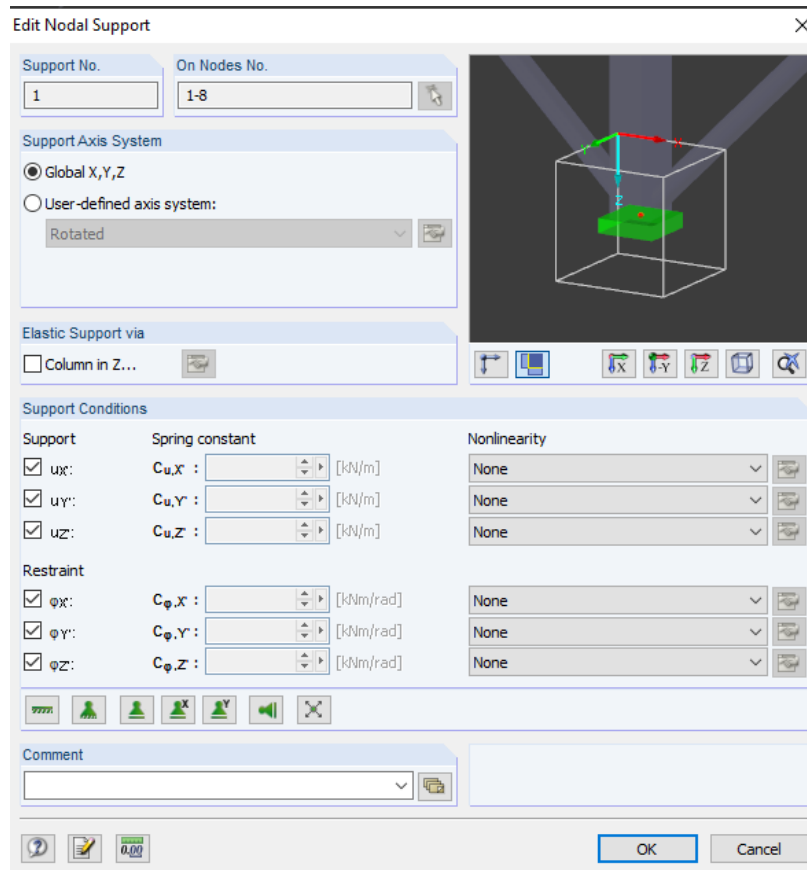


Рисунок 2.11 – Діалогове вікно задання граничних умов для колони

2.4 Задання навантажень на каркас розрахункової схеми

2.4.1 Власна вага

Навантаження від власної ваги включають масу металевого каркаса очисної вежі, настилів площадок обслуговування та технологічного обладнання, розміщеного в межах споруди (рис. 2.12). Маса обладнання визначається відповідно до його типу та технічних характеристик, наведених у технологічних схемах (рис. 2.3). Навантаження від настилів приймається на рівні $0,20 \text{ кН/м}^2$ згідно з вимогами [21]. Маса очисної машини становить 55 кН .

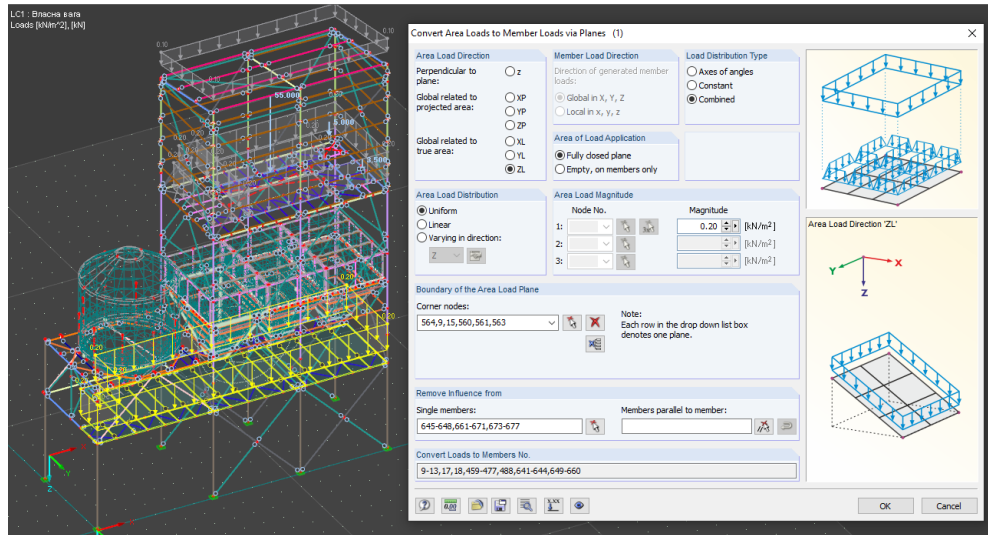


Рисунок 2.12 – Задання навантажень від власної ваги

2.4.2 Експлуатаційне навантаження від людей

Для кожного технологічного рівня — площадок обслуговування, перехідних майданчиків сходових маршів та самих сходових маршів — задаються відповідні експлуатаційні навантаження. Для кожного рівня формується окреме завантаження (рис. 2.13). Значення характеристичного експлуатаційного навантаження приймається на рівні $1,6 \text{ кН/м}^2$.

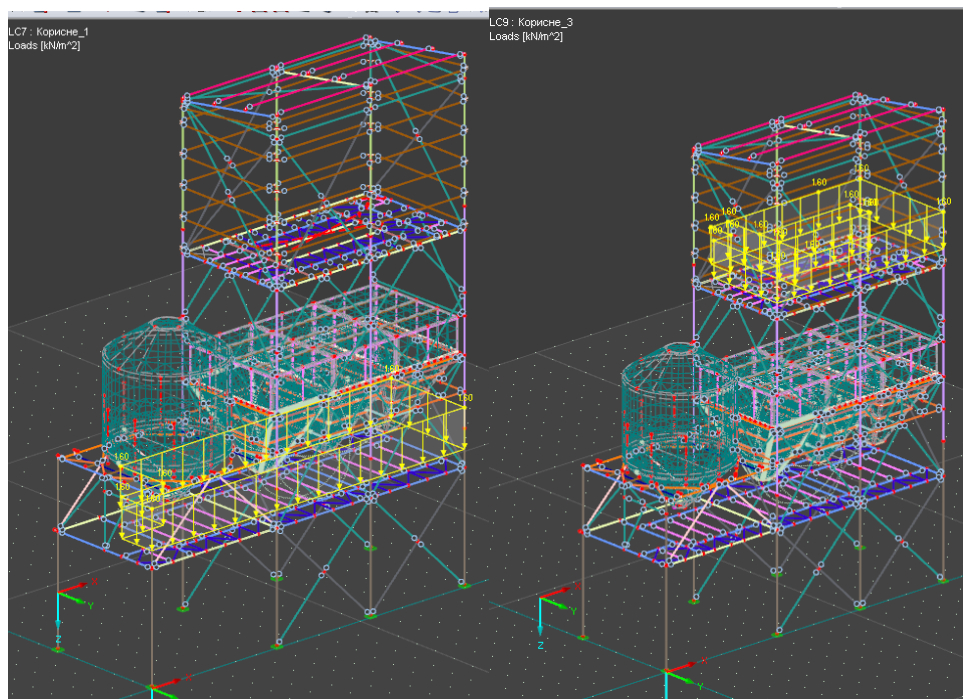


Рисунок 2.13 – Схема експлуатаційних навантажень

Розділення навантажень за технологічними рівнями необхідне для подальшого формування комбінацій зусиль, у яких кожне завантаження враховується з відповідними коефіцієнтами сполучення для головних та супутніх тимчасових впливів. Це забезпечує коректний розрахунок напружено-деформованого стану конструкції та дотримання вимог нормативних документів.

2.4.3 Вага від продукції

Навантаження від продукції включають вагу зерна та відходів, що перебувають в бункерах. Об'ємна вага продукції складає 800 кг/м^3 . В аналітичній моделі навантаження від продукції прикладені до площини бункера, за виключенням бункера хопера (див. зліва на схемі), де зусилля прикладені в місцях обпирання ніжок.

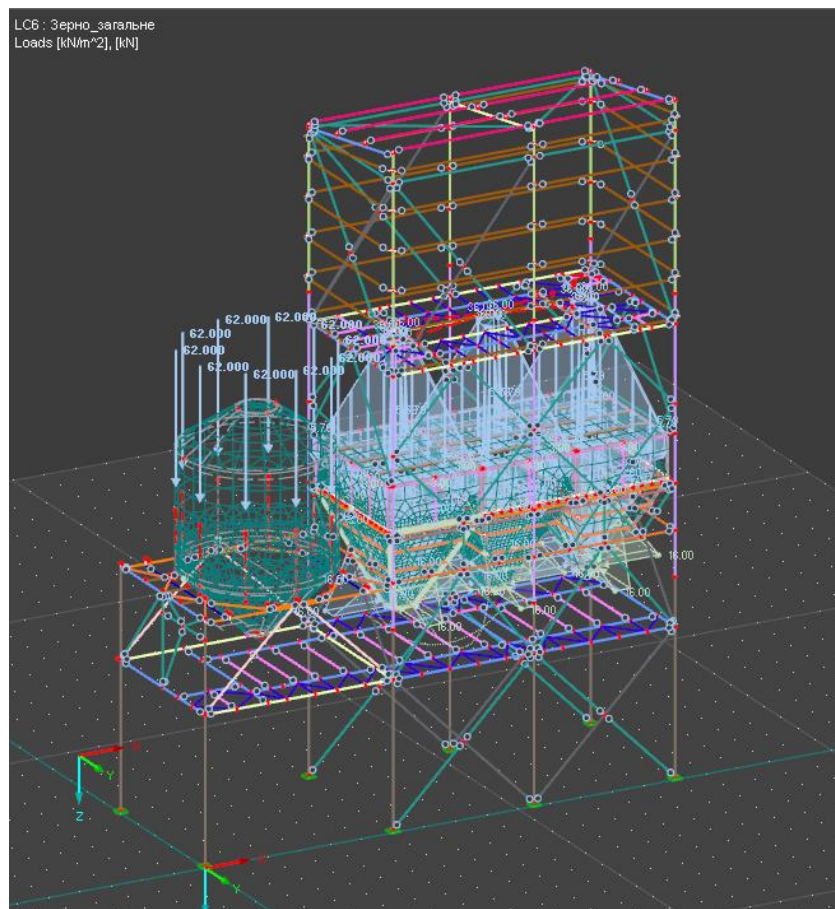


Рисунок 2.14 – Схема експлуатаційних навантажень

На схемі (рис. 2.14) наведено просторову модель із відображенням прикладеного навантаження від зернової маси. Значення навантажень взаємопов'язані з геометрією бункера, що дозволяє коректно оцінити напружено-деформований стан елементів нижнього ярусу каркаса.

2.4.4 Атмосферні впливи

Снігові навантаження

Снігові навантаження належать до змінних у часі та прикладаються безпосередньо до поверхонь покрівель конструкцій [22]. Розрахунок цих навантажень виконується за різними формулами залежно від типу розрахункової ситуації:

Для перехідних та постійних розрахункових ситуацій характеристичне снігове навантаження визначають за формулою (2.1):

$$s = \mu_i \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k; \quad (2.1)$$

де μ_i – коефіцієнт форми снігового навантаження; s_k – характеристичне значення снігового навантаження на ґрунт.

Для випадкових розрахункових ситуацій, для яких снігове навантаження визначається як випадкова подія за формулою (2.2),

$$s = \mu_i \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_{Ad}; \quad (2.2)$$

де s_{Ad} – розрахункове значення надзвичайного снігового навантаження для конкретної території (див. 2.15); C_e – коефіцієнт навколишнього середовища; C_t – температурний коефіцієнт.

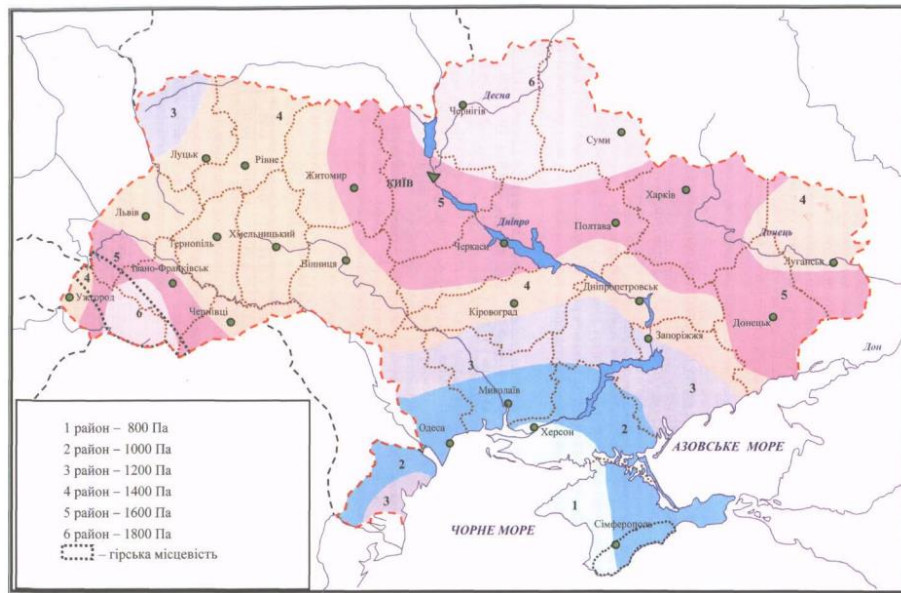


Рисунок 2.15 – Карта районування території України за характеристичним значеннями ваги снігового покриву

Для міста Тернопіль, відповідно до карти районування, характеристичне значення ваги снігового покриву становить $s_k=1450$ Па.

Снігове навантаження для досліджуваної очисної вежі ми прикладаємо на покрівлю (рис. 2.16).

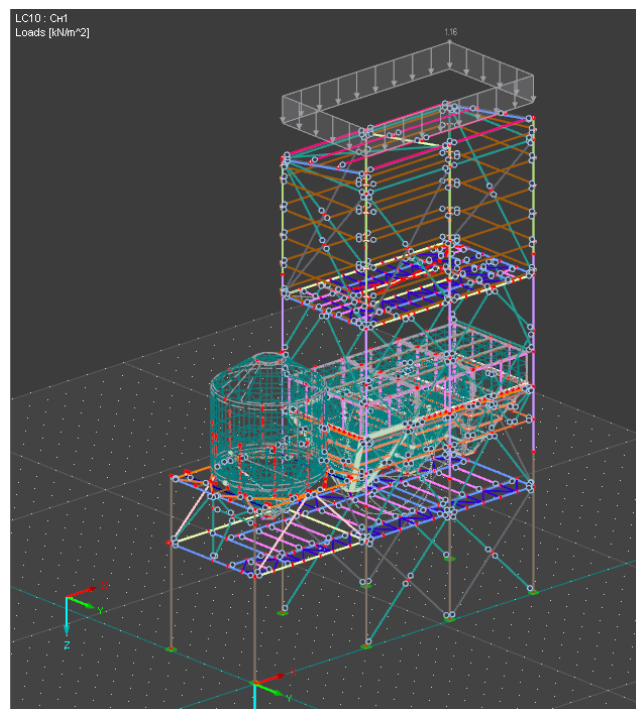


Рисунок 2.16 – Схема снігового навантаження на покрівлю вежі

Вітрові навантаження

Вітрові навантаження, подібно до снігових, належать до змінних у часі та діють безпосередньо на зовнішні поверхні конструкцій. Вони впливають як на суцільні огорожувальні елементи (наприклад, профлист стінового огороження), так і на ґратчасті сталеві елементи каркаса — колони, балки, в'язі, огороження. Крім того, вітровий тиск враховується для технологічного обладнання, такого як сухотруби, аспіраційні системи тощо..

Середня швидкість вітру v_m визначається на основі базової швидкості вітру v_b , значення якої залежить від типу вітрового режиму згідно з вимогами п.4.2 EN 1991-1-4:2005 [23], а також від висотного профілю потоків, що формується під впливом шорсткості поверхні та рельєфу місцевості (п. 4.3 EN 1991-1-4:2005). Максимальний швидкісний напір обчислюється відповідно до методики, наведеної в п. 4.5 цього ж нормативного документу.

Очисна вежа, що входить до складу елеваторного комплексу, розташована на території, яку за класифікацією EN 1991-1-4 відносять до III категорії місцевості. Для даних умов характеристична базова швидкість вітру становить, $v_{b,0} = 25 \text{ м/с}$.

де, $v_{b,0}$ — базове значення швидкості вітру, усереднене за 10 хвилин на висоті 10 м над рівнем землі, для відкритої території з низькою рослинністю (наприклад, луків) і поодинокими перешкодами з мінімальною відстанню у 20 висот таких перешкод. Значення є незалежним від напрямку вітру та пори року.

У подальшому розрахунку на конструктивні елементи очисної вежі прикладаються вітрові навантаження у напрямках осей Y (рис. 2.17), що дозволяє визначити просторову роботу каркаса під дією критичного вітрового тиску.

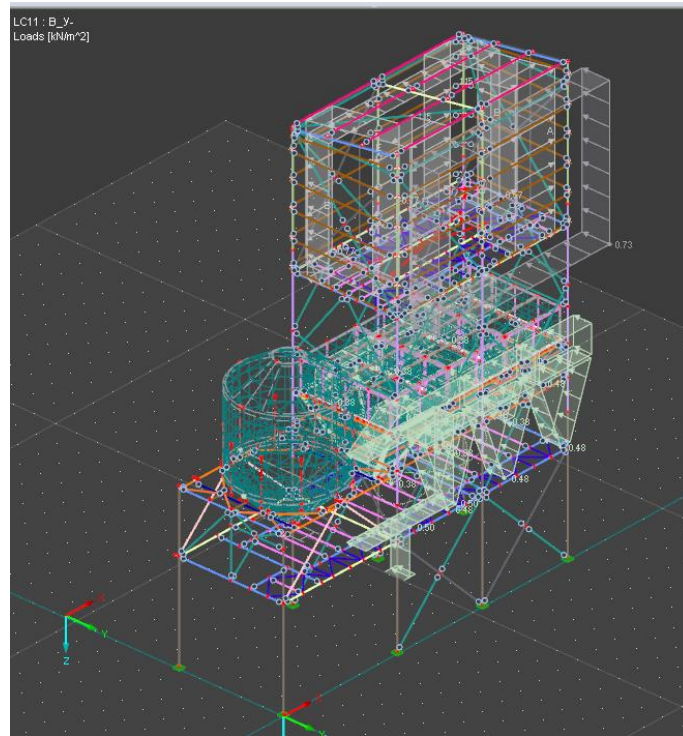


Рисунок 2.17 – Схема вітрового навантаження вздовж осі У

2.5 Висновок до розділу 2

У цьому розділі було проаналізовано конструктивні та технологічні особливості елеваторного комплексу, а також охарактеризовано його виробничі можливості щодо приймання, транспортування та зберігання зерна. Особливу увагу приділено очисній вежі, як ключовому елементу технологічної схеми, розкрито її функціональне призначення, конструктивну будову та вимоги до експлуатації.

Відповідно до поставленого завдання було сформовано аналітичну розрахункову модель металевго каркаса очисної вежі у програмному комплексі Dlubal RFEM. У моделі враховано дію постійних навантажень — власної ваги конструктивних елементів, площадок та технологічного обладнання, тривалих — від ваги продукції, а також тимчасових впливів, що включають експлуатаційні навантаження та атмосферні чинники (сніговий та вітровий тиск). Створена модель є основою для подальших розрахунків напружено-деформованого стану та оцінки надійності конструкції згідно з вимогами нормативних документів.

РОЗДІЛ 3

НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНІЙ СТАН КАРКАСУ

3.1 Аналіз напружено-деформованого стану конструкції каркасу

У розділі II були проаналізовані основні технологічні та конструктивні особливості очисної вежі, а також наведено перелік постійних і тимчасових навантажень, що діють на її металевий каркас. На основі отриманих даних у програмному комплексі Dlubal RFEM формується аналітична модель, яка дає змогу виконати розрахунок напружено-деформованого стану конструкції та оцінити її роботу в реальних умовах експлуатації [24].

Комбінації навантажень у програмі генеруються автоматично, відповідно до вимог нормативних документів. За потреби користувач може виконати коригування або деталізувати параметри комбінацій у діалоговому вікні «Edit Load Cases and Combinations» (рис. 3.1). Формування комбінацій здійснюється відповідно до положень стандарту EN 1990, який регламентує принципи та правила поєднання дій для граничних станів [25].

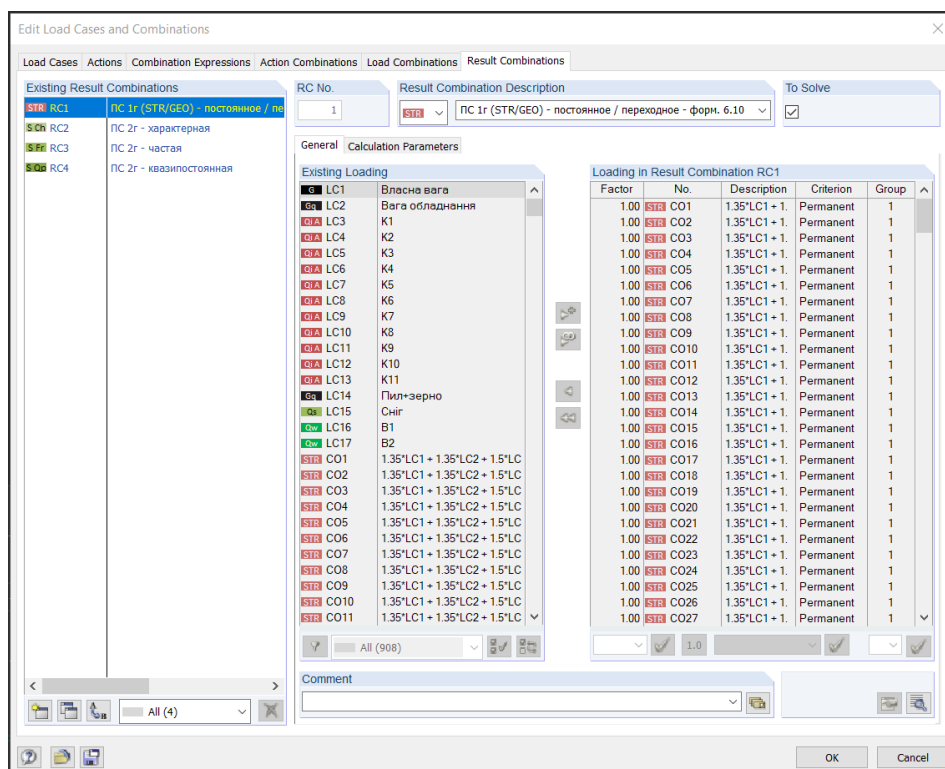


Рисунок 3.1 – Діалогове вікно налаштування комбінації навантажень

Далі проведемо аналіз напружено-деформованого стану основних елементів металевого каркаса очисної вежі:

Балки

Балкові елементи каркаса сприймають навантаження від власної ваги, настилів, маси встановленого обладнання, а також експлуатаційні корисні навантаження, що виникають під час роботи очисної вежі. Разом із системою горизонтальних в'язей, балки формують «диск жорсткості» (рис. 3.2), який є важливою складовою просторової роботи конструкції та забезпечують її загальну стійкість.

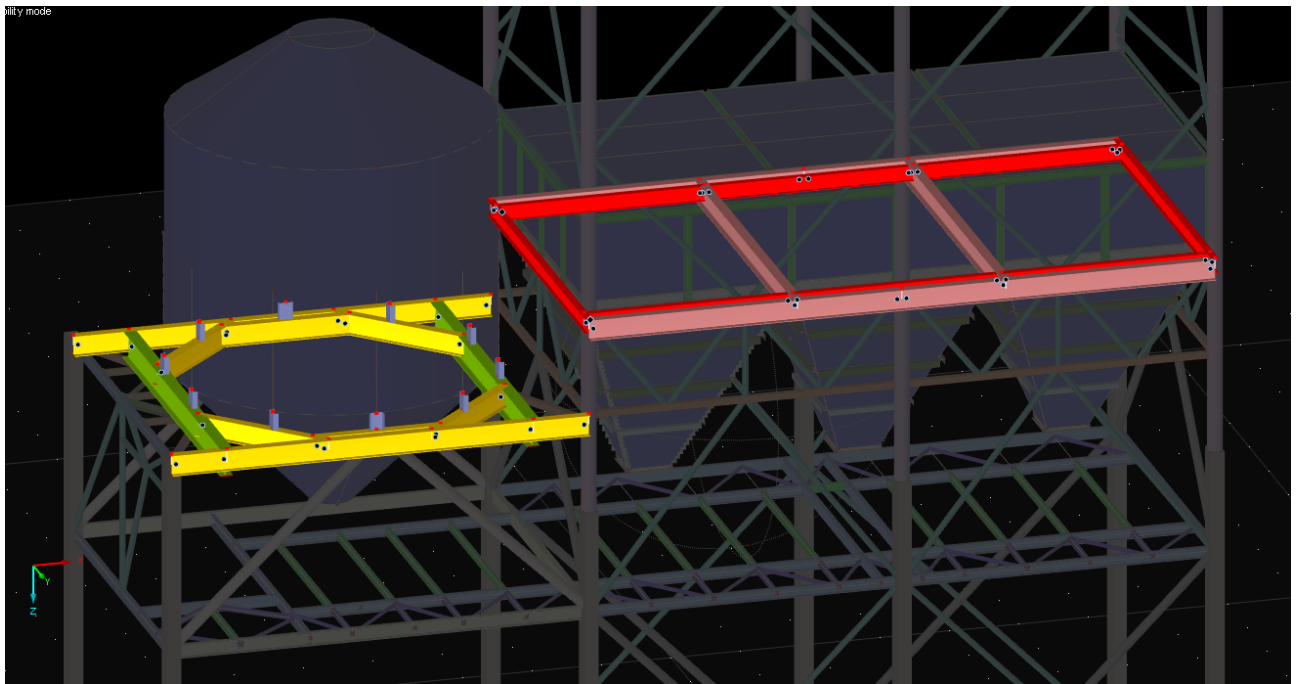


Рисунок 3.2 – Схема балкової клітки

Основним видом навантаження, що діє на балки, є згин, тому визначення згинальних моментів у перерізах є ключовим етапом розрахунку (рис. 3.3). Перевірка несучої здатності елемента при згині виконується за такою умовою [26–31], як показано у формулі (3.1):

$$\frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1,0, \quad (3.1)$$

де, M_{Ed} – величина згинального моменту що діє в перерізі;

$M_{c,Rd}$ – опір згинальному моменту для перерізу.

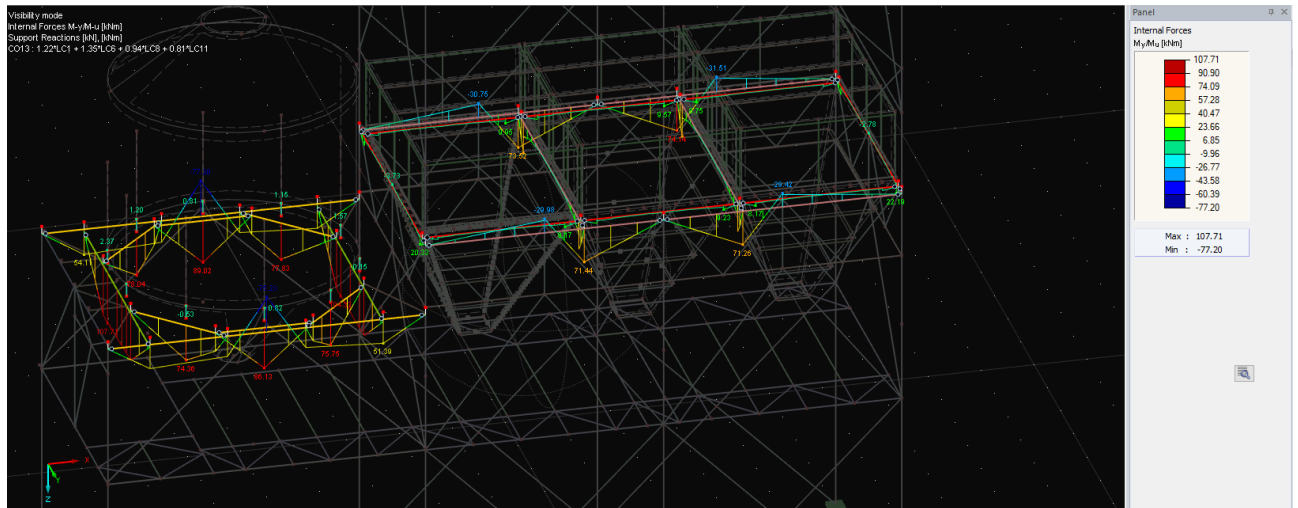


Рисунок 3.3 – Епюра згинальних моментів балкової клітки очисної вежі

Крім згину, у балкових елементах можуть виникати також нормальні (поздовжні) сили, що є характерним явищем для сталевих просторових каркасів. Такі зусилля з'являються, коли обидва кінці балки мають жорстке (нерухоме) закріплення або коли до балки приєднані елементи вертикальних та горизонтальних в'язей. У подібних випадках балковий елемент працює як частина просторової системи, що спричиняє появу поздовжніх сил у перерізах (рис. 3.4).

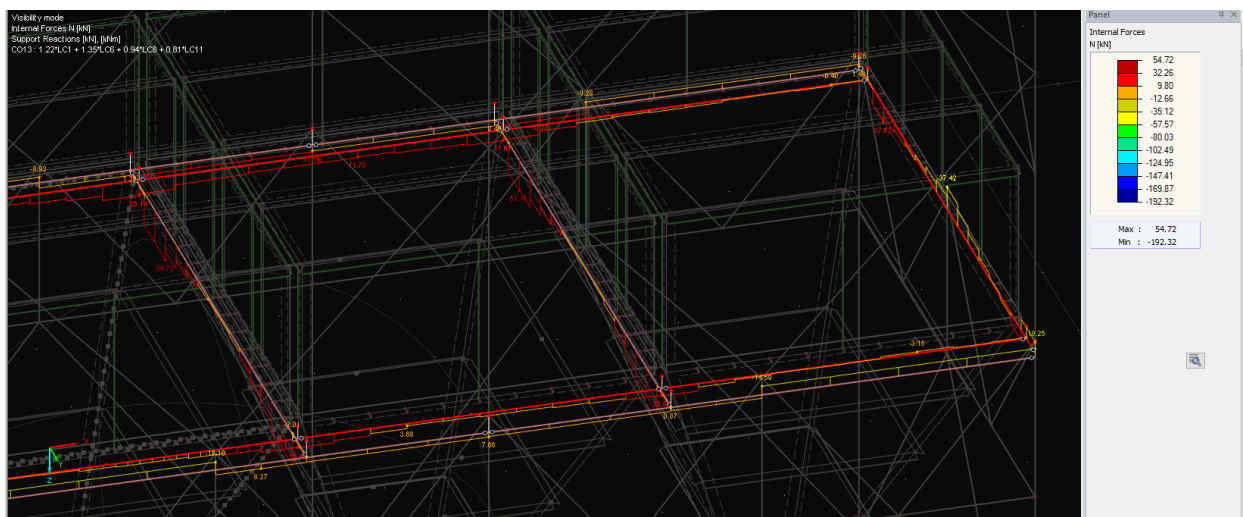


Рисунок 3.4 – Епюра нормальних сил балкової клітки очисної вежі

Окрім згинальних моментів та нормальних сил, у балкових елементах також виникають поперечні зусилля, що є характерною складовою роботи балкової клітки під дією вертикальних навантажень. Епюра поперечних сил наведена на рис. 3.5.

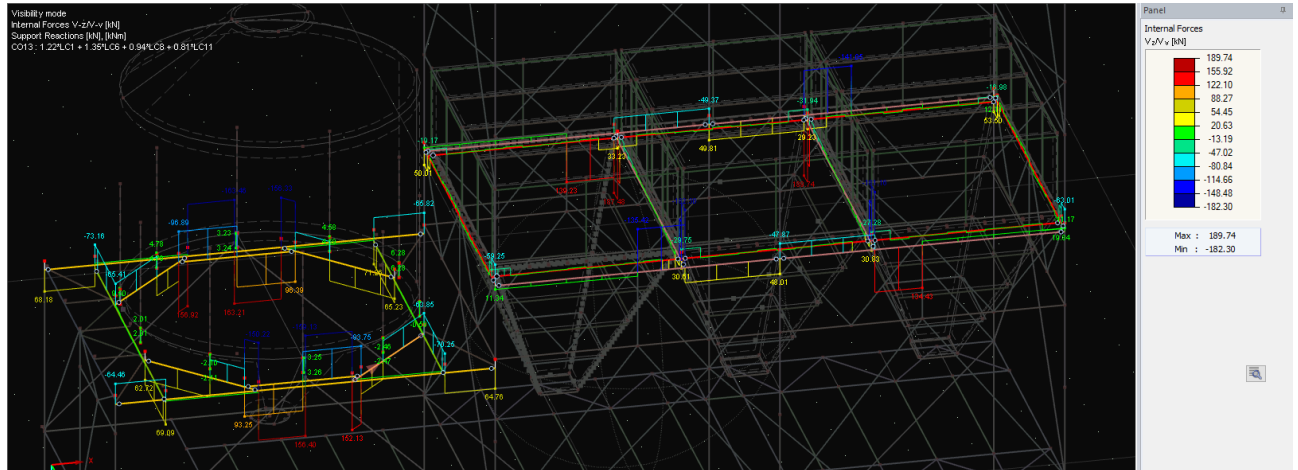


Рисунок 3.5 – Епюра поперечних сил балкової клітки очисної вежі

Для оцінки деформативності конструкції важливим є аналіз вертикальних прогинів балкової клітки, оскільки надмірні переміщення можуть впливати на роботу настилів та технологічного обладнання. На рис. 3.6 представлено схему вертикальних переміщень елементів балок, отриманих у результаті чисельного моделювання

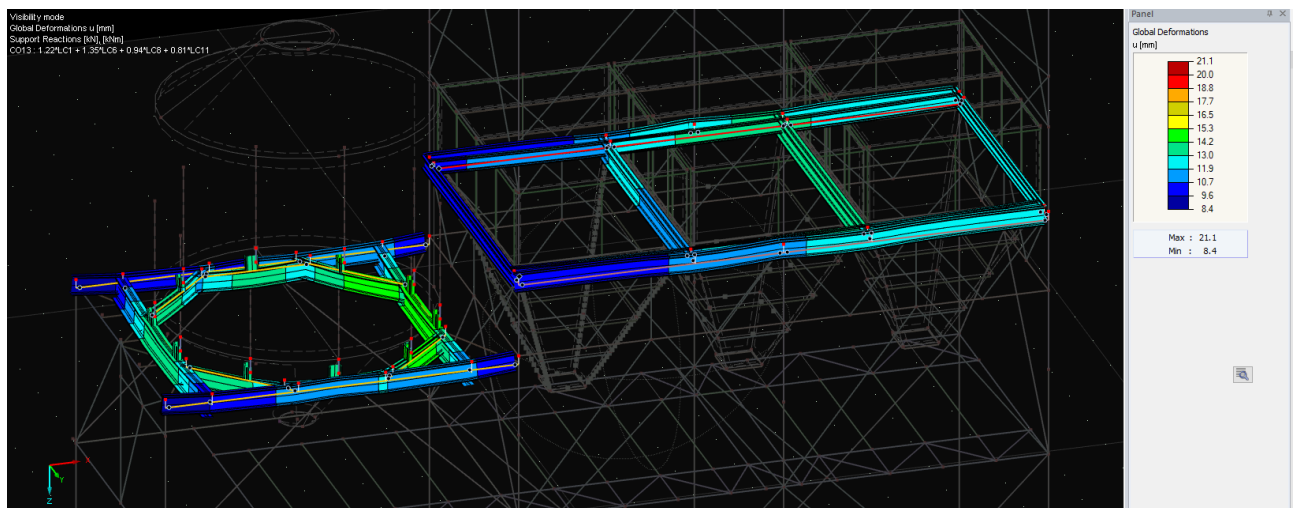


Рисунок 3.6 – Схема вертикальних прогинів (переміщень) елементів балок

Колони

Колони є основними несучими елементами каркаса, оскільки через них передаються навантаження від балок, настилів, в'язевих систем та технологічного обладнання на фундаментну частину споруди. На рис. 3.7 наведено епюру максимальних та мінімальних осьових сил у колонних елементах. Аналіз розподілу зусиль демонструє чітку тенденцію: елементи, розташовані нижче, зазнають більших стискуючих навантажень, що відповідає логіці сприйняття вертикальних дій у просторових каркасних системах.

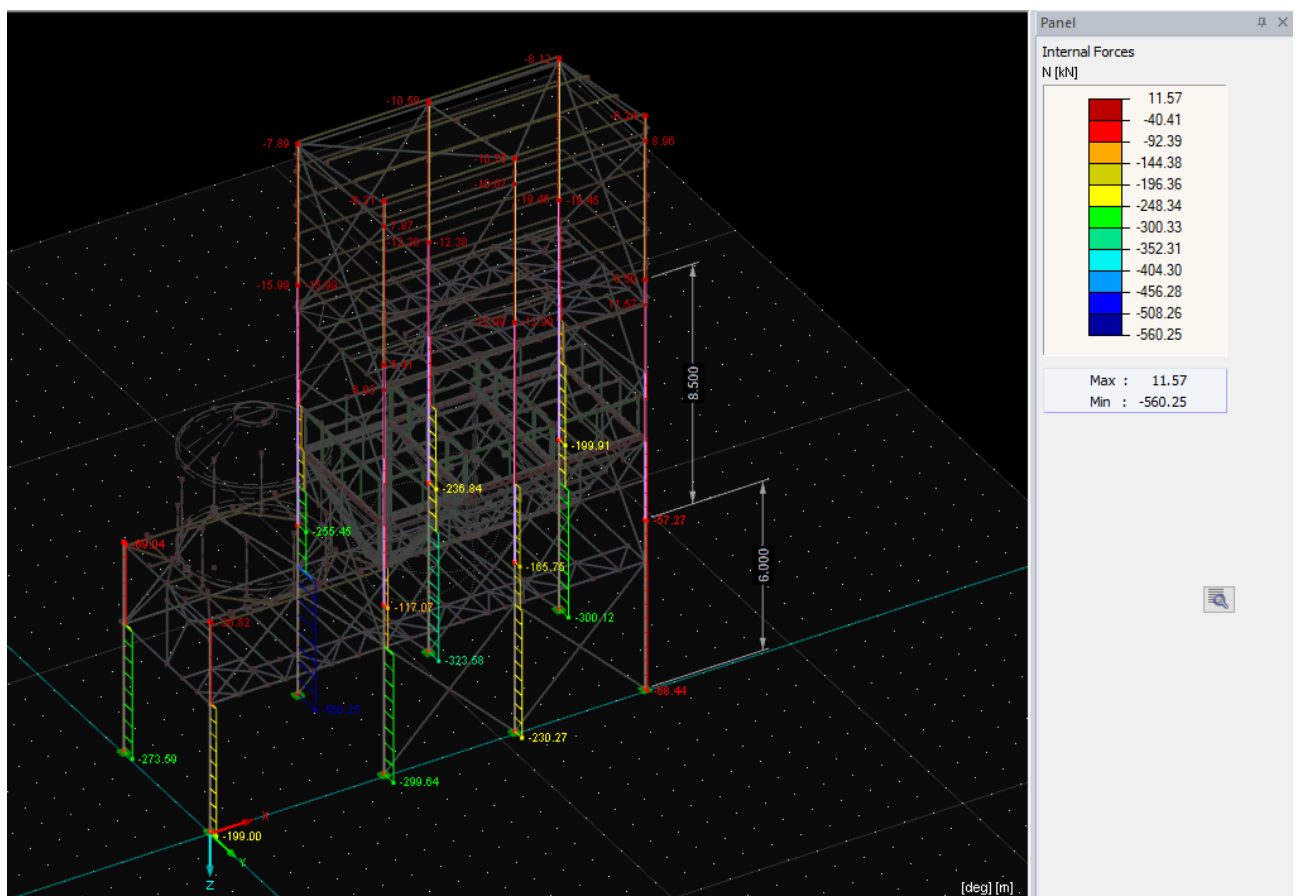


Рисунок 3.7 – Епюра Осьових максимальних та мінімальних зусиль на елементи КОЛОН

У колонних елементах очисної вежі виникають згинальні моменти, що пов'язані з роботою каркаса в рамній частині споруди, тобто в зоні транспортного проїзду. У цій ділянці відсутні вертикальні в'язі, тому колони

сприймають частину згинальних зусиль, які передаються від горизонтальних впливів та нерівномірного розподілу навантажень.

Величина згинальних моментів поступово зменшується із висотою конструкції, оскільки у верхній зоні вежі передбачена повна система вітрових в'язей, яка забезпечує просторову жорсткість і перебирає значну частину горизонтальних дій. Це підтверджується епюрами на рис. 3.8, де видно характерне зниження згинальних моментів у верхніх ярусах колон.

Додатково можуть виникати згинальні моменти внаслідок: ексцентриситетів передачі зусиль від балкових елементів на колони; дії в'язевих елементів; локальної роботи кронштейнів площадок та сходових маршів.

Такі впливи зазвичай не є визначальними для розрахунку колон, однак повинні враховуватися під час перевірки напруженого стану.

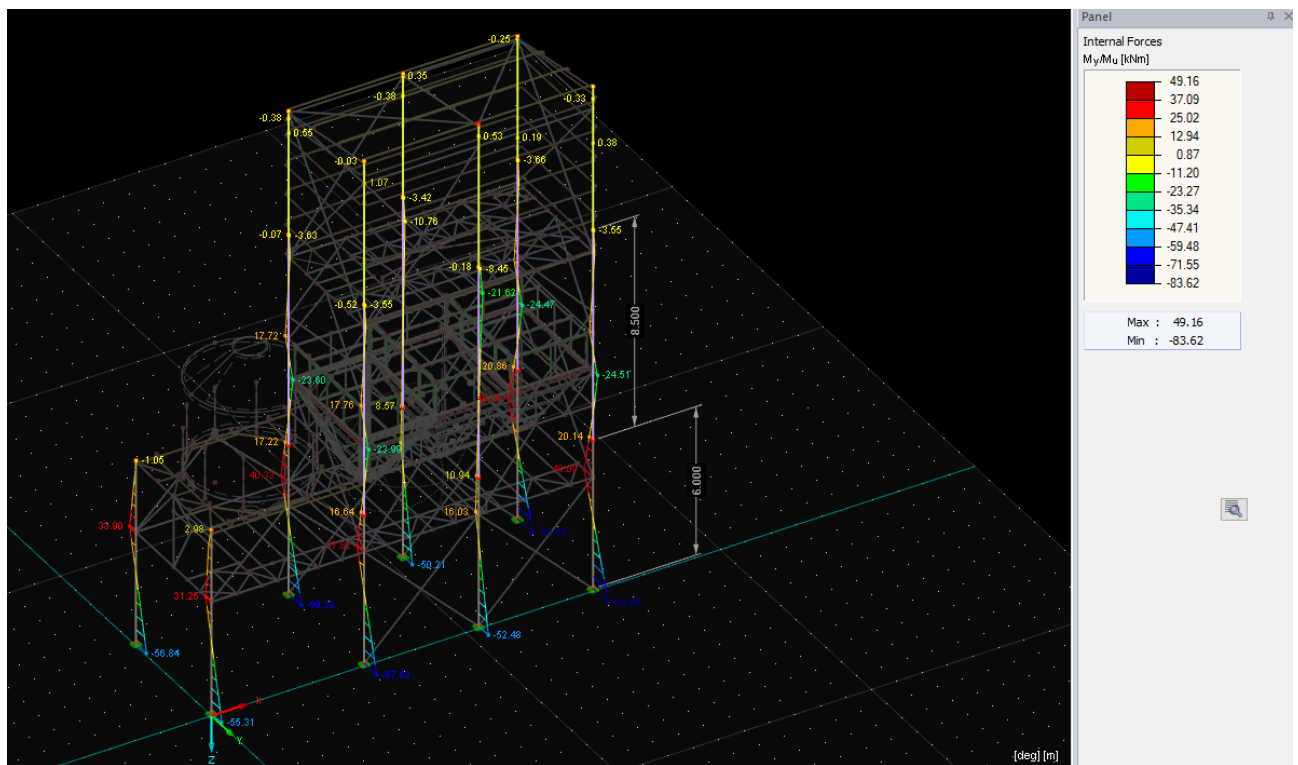


Рисунок 3.8 – Епюри згинальних моментів та поперечних сил в колонах очисної вежі

Крім силових характеристик, важливим критерієм є переміщення колон, які повинні залишатися в межах допустимих значень згідно нормативних документів [25]. На рис. 3.9 подано схему горизонтальних переміщень каркаса, що дає можливість оцінити просторову роботу конструкції та її стійкість.

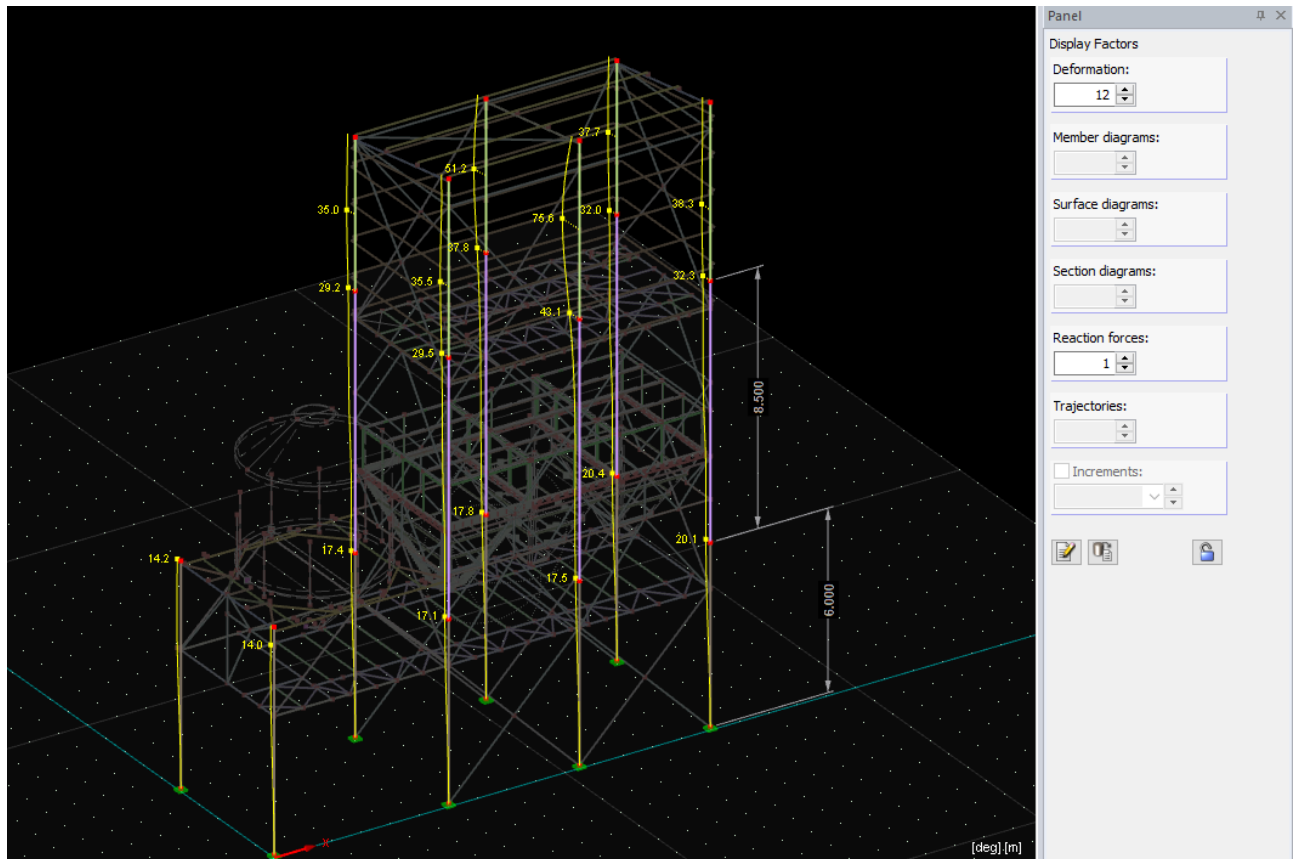


Рисунок 3.9 – Схема горизонтальних переміщень колон норійної вежі

Вертикальні зв'язки

Вертикальні зв'язки виконують функцію, подібну до роботи розкосів у плоских фермах, однак у даному випадку вони забезпечують просторову взаємодію елементів каркаса очисної вежі (рис. 3.10). Завдяки цим елементам конструкція набуває необхідної жорсткості та стійкості під дією горизонтальних і вертикальних навантажень, а також здатності ефективно протидіяти крутильним деформаціям.

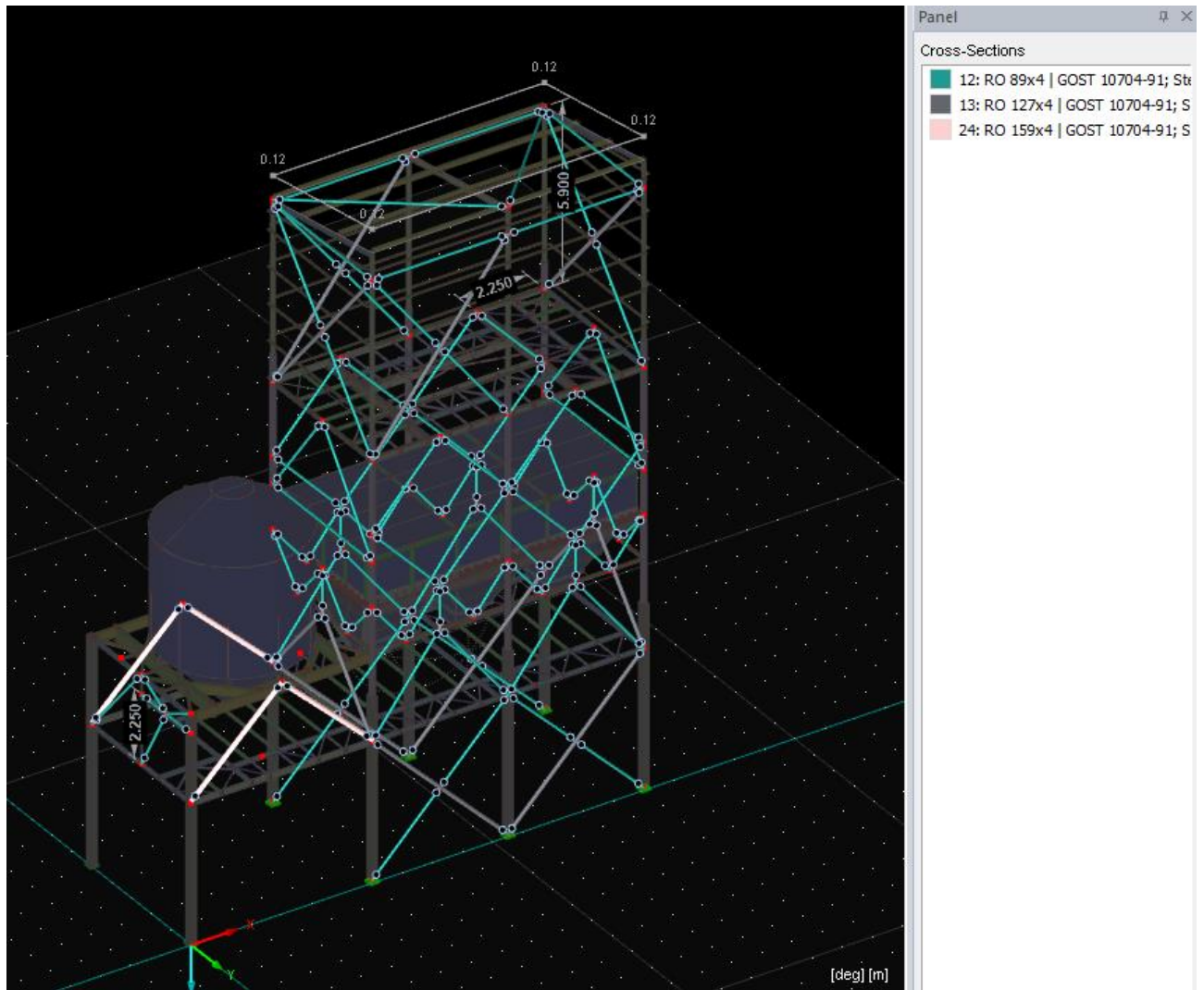


Рисунок 3.10 – Схема вертикальних зв'язків очисної вежі

Як і розкоси у фермах, вертикальні зв'язки працюють переважно на осьовий розтяг або стиск, що забезпечує їхню високу ефективність у просторій системі. Розподіл осьових сил у цих елементах показано на рис. 3.11, де можна побачити характерні ділянки максимальних та мінімальних значень залежно від напрямку дії зовнішніх навантажень.

3.2 Детальний аналіз колон за допомогою модуля RF-STEEL EC3

Модуль RF-STEEL EC3 (рис. 3.13), реалізований у програмному комплексі Dlubal RFEM, призначений для виконання перевірок сталевих елементів конструкцій на міцність та стійкість відповідно до вимог Єврокоду 3 (EN 1993-1-1). Даний інструмент дозволяє здійснювати детальний аналіз напруженого стану, оцінку загальної та місцевої стійкості, а також перевірку елементів за граничними станами першої та другої груп для різних типів поперечних перерізів.

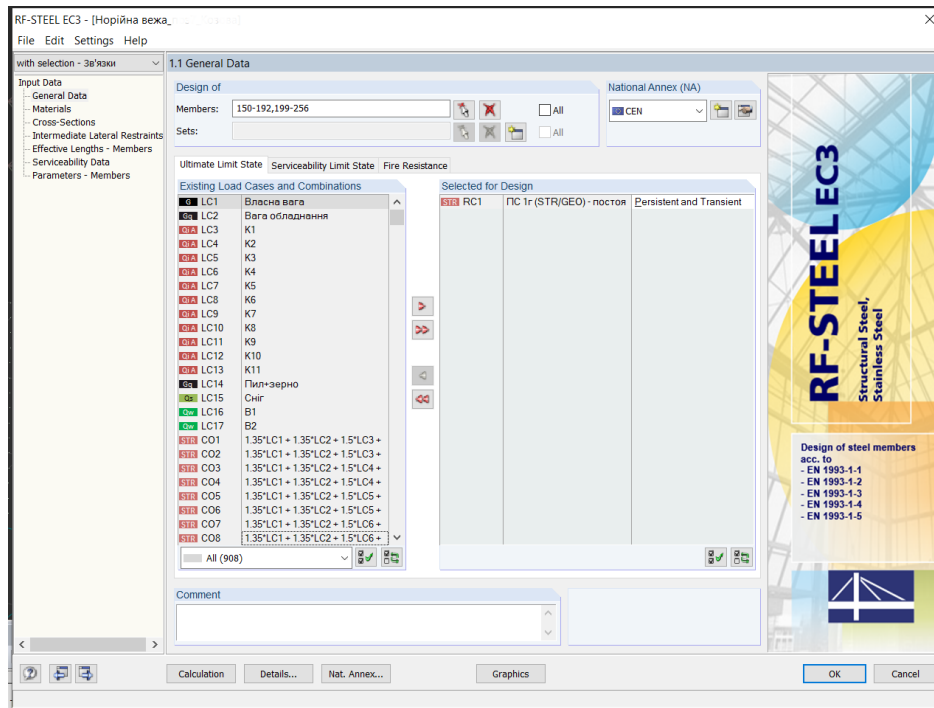


Рисунок 3.12 – Діалогове вікно модуля RF-STEEL EC3

Результати чисельного аналізу отримані безпосередньо з програмного комплексу Dlubal RFEM та розрахункового модуля RF-STEEL EC3 і представлені у вигляді табличних даних (Додаток 2) та графічних схем (рис. 3.14).

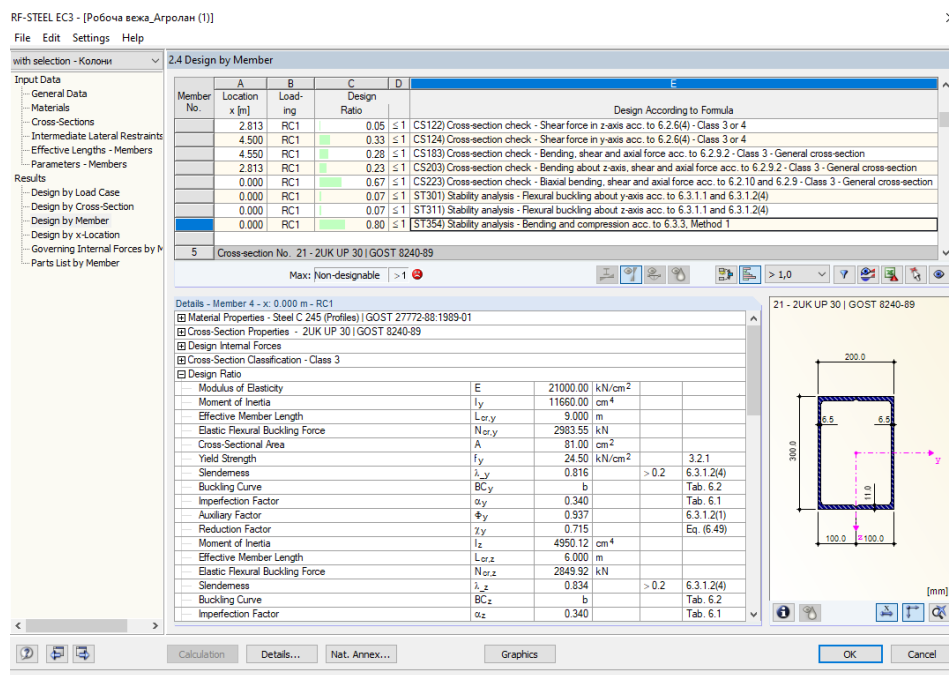


Рисунок 3.13 – Діалогове вікно результатів розрахунку модуля RF-STEEL EC3

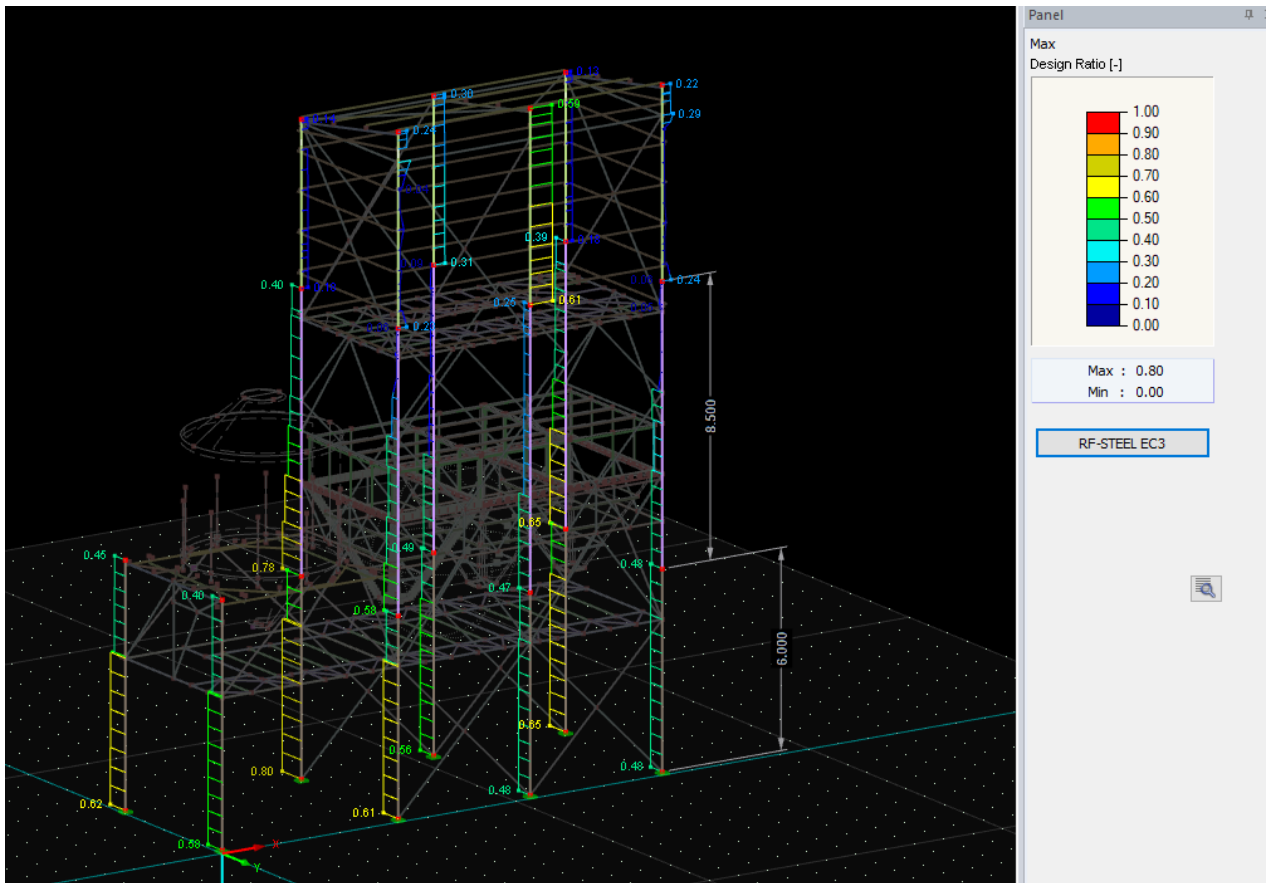


Рисунок 3.14 – Графічна схема розрахунку модуля RF-STEEL EC3

На підставі результатів розрахунків, виконаних із використанням модуля RF-STEEL EC3, можна зробити висновок, що прийняті поперечні перерізи колон відповідають вимогам граничних станів першої та другої груп. Аналіз даних, наведених у таблицях 3.1–3.5 та на рисунках 3.13 і 3.14, свідчить про те, що коефіцієнт використання перерізу колон нижнього ярусу (спарений швелер №30) становить близько 80 %.

Отримане значення підтверджує забезпечення необхідної міцності та стійкості елемента відповідно до вимог Єврокоду 3. Крім того, наявний резерв несучої здатності створює додатковий запас на випадок можливих конструктивних неточностей під час зведення, а також відхилень фактичних експлуатаційних умов від розрахункових.

3.3 Висновок за розділом 3

Виконано чисельний розрахунок металевго каркаса норійної вежі з використанням програмного комплексу Dlubal RFEM.

Проведено аналіз напружено-деформованого стану конструкції з визначенням зусиль та переміщень основних елементів каркаса.

Здійснено перевірку прийнятих конструктивних рішень у розрахунковому модулі RF-STEEL EC3 за першою та другою групами граничних станів; результати подано у табличному та графічному вигляді.

РОЗДІЛ 4

ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

4.1 Охорона праці

Охорона праці - це система правових, соціально-економічних, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних і лікувально-профілактичних заходів та засобів, спрямованих на збереження життя, здоров'я і працездатності людини у процесі трудової діяльності [32].

Роботодавець - власник підприємства, установи, організації або уповноважений ним орган, незалежно від форм власності, виду діяльності, господарювання, і фізична особа, яка використовує найману працю.

Працівник - особа, яка працює на підприємстві, в організації, установі та виконує обов'язки або функції згідно з трудовим договором (контрактом).

Дія цього Закону «Про охорону праці» поширюється на всіх юридичних та фізичних осіб, які відповідно до законодавства використовують найману працю, та на всіх працюючих.

Охорона праці гіг-спеціалістів, які уклали гіг-контракти з резидентом Дія Сіті, регулюється Законом України "Про стимулювання розвитку цифрової економіки в Україні", затвердженими з урахуванням його положень внутрішніми документами резидента Дія Сіті та укладеними з гіг-спеціалістами гіг-контрактами.

Державна політика в галузі охорони праці визначається відповідно до Конституції України Верховною Радою України і спрямована на створення належних, безпечних і здорових умов праці, запобігання нещасним випадкам та професійним захворюванням.

Державна політика в галузі охорони праці базується на принципах:

пріоритету життя і здоров'я працівників, повної відповідальності роботодавця за створення належних, безпечних і здорових умов праці;

підвищення рівня промислової безпеки шляхом забезпечення суцільного технічного контролю за станом виробництв, технологій та продукції, а також сприяння підприємствам у створенні безпечних та нешкідливих умов праці;

комплексного розв'язання завдань охорони праці на основі загальнодержавної, галузевих, регіональних програм з цього питання та з урахуванням інших напрямів економічної і соціальної політики, досягнень в галузі науки і техніки та охорони довкілля;

соціального захисту працівників, повного відшкодування шкоди особам, які потерпіли від нещасних випадків на виробництві та професійних захворювань;

встановлення єдиних вимог з охорони праці для всіх підприємств та суб'єктів підприємницької діяльності незалежно від форм власності та видів діяльності;

адаптації трудових процесів до можливостей працівника з урахуванням його здоров'я та психологічного стану;

використання економічних методів управління охороною праці, участі держави у фінансуванні заходів щодо охорони праці, залучення добровільних внесків та інших надходжень на ці цілі, отримання яких не суперечить законодавству;

інформування населення, проведення навчання, професійної підготовки і підвищення кваліфікації працівників з питань охорони праці;

забезпечення координації діяльності органів державної влади, установ, організацій, об'єднань громадян, що розв'язують проблеми охорони здоров'я, гігієни та безпеки праці, а також співробітництва і проведення консультацій між роботодавцями та працівниками (їх представниками), між усіма соціальними групами під час прийняття рішень з охорони праці на місцевому та державному рівнях;

використання світового досвіду організації роботи щодо поліпшення умов і підвищення безпеки праці на основі міжнародного співробітництва.

4.1.1 Інструкція з охорони праці під час виконання робіт з монтажу металевих конструкцій. загальні вимоги безпеки

Для запобігання впливу небезпечних і шкідливих виробничих факторів застосовують засоби колективного та індивідуального захисту [33].

При монтуванні металоконструкцій найбільш поширені обмежуючі пристрої, переважно захисні та сигнальні загородження [34]. Захисні загородження застосовуються, для запобігання доступу сторонніх осіб на ділянки, де проводяться роботи. Щоб уникнути падіння людей з висоти, висота захисних загороджень повинна бути не менше 1,1 м. До колективних засобів захисту належать і знаки безпеки, які доносять необхідну інформацію про можливу небезпеку.

Щоб попередити падіння монтажників з висоти, а також для того, щоб упіймати предмети, які впали, застосовують захисні пристрої з синтетичними сітками, їх встановлюють як по периметру будівлі, так і через кожні 3 - 4 м по висоті будівлі [35, 36].

Засоби індивідуального захисту при виконанні монтажних робіт найчастіше застосовують комбінезони з бавовняних тканин, які захищають від пилу, бруду, дрібних травм. Для захисту від вологи та атмосферних впливів використовують брезентові, бавовняні, прогумовані або просочені спеціальними сумішами комбінезони [37].

Під час монтажу металоконструкцій будівель та споруд повинна витримуватися певна послідовність встановлення конструктивних елементів у проектне положення. Порядок і послідовність монтування конструкцій обумовлюються у ПВР [38]. Важливим заходом запобігання виробничому травматизму при монтажі є підготовка конструкцій до підйому на висоту.

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

- машини і механізми, що рухаються і працюють, включаючи вантажопідіймальні;

–переміщення при підйомі і установці в проектне положення конструктивних елементів будівельних конструкцій, а також укрупнених блоків будинків і споруд;

– втрату стійкості монтувальних чи змонтованих будівельних майданчиків;
– розташування робочого місця на висоті від поверхні землі, підлоги, міжповерхових перекриттів і робочих чи монтажних площадок;

– недостатню освітленість робочої зони;
– дію вітру на вантажопідіймальні крани, а також на окремо змонтовані будівельні конструкції чи частини будинків і споруд;

– фізичні перевантаження при перенесенні вантажів вручну;
– підвищену чи знижену температуру повітря робочої зони;
– небезпечну і шкідливу дію на людей електричного струму, електричної дуги, електромагнітного випромінювання і статичної електрики;

– вплив підвищеного рівня ультрафіолетового і інфрачервоного випромінювань при виконанні електрозварювальних робіт, а також іонізуючих випромінювань при контролі якості зварених швів;

– токсичний і дратівний вплив на дихальні шляхи газів і аерозолів, що утворюються при зварювальних роботах;

– токсичний і дратівний вплив лакофарбових матеріалів, а також пари від них на дихальні шляхи людини при виконанні антикорозійних робіт;

– використання порохового монтажного інструмента.

До заходів, що побічно позитивно впливають на охорону праці, можна віднести проведення внутрішньої експертизи (на додаток до державної) проектно-кошторисної документації (ПКД) на предмет наявності в ній рішень по:

- технологічності монтажу конструкцій;
- забезпеченню міцності, стійкості і просторовій незмінюваності окремих елементів (колон, ферм і т.д.) при транспортуванні і монтажі;
- необхідності проведення при виготовленні загальної чи контрольної зборки металевих конструкцій чи споруд окремих їх частин;

- включенню до складу робочої документації робочих креслень на спеціальні допоміжні спорудження, пристосування і пристрої, необхідні при підйомі, насуві, зборці, пересуванні і надбудові будинків; будівництві їх в особливо складних умовах і у випадку реконструкції і ремонту діючих підприємств, будинків і споруд.

У разі потреби підрядчик розробляє і передає заводам-виготовлювачам ПКД із погодженими з проектною організацією додатковими технічними вимогами (ДТВ) на виготовлення конструкцій з урахуванням вищевказаних вимог, включаючи оснащення відправних конструкцій і елементів пристроями для стропувань, навішення засобів підмашування і зборки з'єднань. ДТВ є невід'ємною частиною проектно-кошторисної документації.

4.1.2 Вимоги до технологічних процесів.

«Виробничі процеси з монтажу будівельних конструкцій повинні бути організовані відповідно до проекту виконання робіт (ПВР), який містить заходи з охорони праці, викладені в ДСТУ Б А.3.2-12:2011, ДНАОП 0.00-1.03-93, та в технологічній послідовності, що відповідає вимогам ДБН В.1.2-6:2021 «Основні вимоги до будівель і споруд опір та стійкість», ДБН В.2.6-198:2014 «Конструкції і споруди. Норми проектування», а також іншими нормативними актами і документами, що діють в Україні».

ПВР повинні розроблятися в спеціалізованій проектній організації або проектною групою (відділом) будівельно-монтажної організації, що має ліцензію на даний вид робіт.

Проектні групи будівельних організацій можуть розробляти технологічні рішення на нескладні будинки і спорудження, необхідність виконання яких виникла на місцях. При цьому повинні бути розроблені заходи, що забезпечують охорону праці з урахуванням конкретних місцевих умов.

ПВР і технологічні записки повинні затверджуватися головним інженером будівельно-монтажної організації і узгоджуватися з генпідрядником (чи іншими субпідрядними організаціями) і в обов'язковому порядку з відповідними

службами замовника, а при розташуванні об'єкта в зоні житлової забудови з відповідними органами управління цією житловою забудовою.

Перед початком робіт керівництво будівельно-монтажної організації повинно:

- забезпечити вивчення ПВР особами, відповідальними за виконання робіт;
- ознайомитися на місці з майбутніми умовами роботи, звернувши особливу увагу на можливість виникнення виробничої небезпеки і за її наявності видати відповідальному виконавцю робіт наряд-допуск на виконання робіт підвищеної небезпеки.

Переміщення вантажів над перекриттями, під якими розташовані виробничі, житлові і службові приміщення, де знаходяться люди, допускається у виняткових випадках після розробки заходів, що забезпечують безпечне виконання цих робіт. Такі роботи повинні виконуватися під безпосереднім керівництвом особи, відповідальної за безпечне виконання монтажу і переміщення вантажів кранами.

Підйом і переміщення вантажу декількома кранами допускається в окремих випадках і повинне виконуватися по ПВР, розробленому проектною спеціалізованою організацією, виключаючи при цьому можливість перевантаження кожного з цих кранів.

Виконання будь-яких робіт з головних балок мостового крана допускається здійснювати за наявності ПВР чи технологічної записки, а також наряду-допуску, оформленого у встановленому порядку, із указівкою всіх заходів безпеки, що виконуються замовником і підрядчиком.

Місця виконання робіт по підйому і переміщенню вантажів у темний час доби повинні бути освітлені відповідно з діючими нормативами. Освітлювати їх допускається з використанням переставних інвентарних прожекторних щогл, а також електроприладів освітлення, установлюваних на металеві конструкції вантажопідіймальних кранів. На електричну частину вищевказаних способів освітлення необхідно розробляти спецпроект.

Підйом, переміщення і установку в проектне положення вантажів, що мають значну довжину, об'єм і масу (див. п.3.1), а також вантажів, підйом яких здійснюється декількома кранами, необхідно виконувати під безпосереднім керівництвом осіб, відповідальних за безпечне виконання робіт по переміщенню вантажів кранами, чи спеціально призначеного ІТП.

Підйом вантажів, що мають значну довжину, об'єм чи масу (металеві рулони, бункери, колони, укрупнені блоки веж і труб, з горизонтального положення у вертикальне з використанням вантажопідіймальних кранів повинні виконуватися відповідно до ПВР, у якому необхідно відобразити послідовність виконання операцій (синхронного переміщення вантажу і роботи крана), способи стропування, а також застосовані при цьому монтажні пристосування (шарніри, кантователі, розчалювання, відтягнення і ін.) і заходи безпеки.

Усі монтажні пристрої і пристосування, а також альпіністське оснащення необхідно піддавати профілактичному огляду відповідно до графіка проведення цих робіт. Результати огляду оформляють у спеціальному журналі.

При виконанні робіт по виконанню з'єднань на дюбелях слід дотримуватися інструкції з експлуатації порохових монтажних інструментів, що регламентують порядок введення їх в експлуатацію, правил експлуатації, технічного обслуговування, вимог безпеки, збереження, обліку і контролю пістолетів і монтажних патронів до них.

Зварювальні роботи слід виконувати по затвердженому проекту виконання зварювальних робіт (ПВЗР) чи іншої технологічної документації.

Для зниження обсягу верхолазних робіт доцільно монтаж будівельних конструкцій виконувати укрупненими блоками, а установку блоків покриття в проектне положення здійснювати методом насувів із застосуванням спеціальних засобів механізації (установників, вантажних візків і т.п.).

Металеві конструкції, що поставляються на монтажну площадку, повинні бути пофарбовані. Після їх установки в проектне положення фарбування чи антикорозійний захист виконують тільки в місцях стиків або з'єднань конструкцій.

До виконання з'єднань на високоміцних болтах з контрольованим натягом можуть бути допущені працівники, що пройшли спеціальне навчання. Усі роботи з натягу і контролю натягу слід реєструвати в журналі виконання з'єднань на болтах з контрольованим натягом.

4.2 Безпека в надзвичайних ситуаціях

4.2.1 Основні причини аварій будівель і споруд

Статистика показує, що 80 % випадків аварій, що трапляються на будівництві з обваленням несучих конструкцій об'єкта, виникають у наслідок людських помилок [39 - 41], що допускаються при проектуванні, зведенні та експлуатації будівлі чи споруди. Ці помилки формують внутрішній (об'єктний) ризик аварій, від величини якого залежить тривалість експлуатації (ресурс) споруди. Крім техногенних факторів (вибухи, пожежі, транспортні аварії, падіння кранів, локальні перевантаження конструкцій, помилки проєктантів, недбалість будівельників та ін.), існують також і природні фактори (сейсміка, виникнення карстових провалів в основах будівель, зсуви, урагани і т. д.), через вплив яких можливе виникнення часткової або повної руйнації будівлі.

Зношення та пошкодження несучих конструкцій чи їх зв'язків і, як наслідок, зміна міцності, жорсткості елементів розрахункових схем призводять до зниження конструктивної безпеки споруди. При найгіршому поєднанні негативних обставин вони призводять до раптової відмови та прогресуючого обвалення.

Також відомо, що врахування та дотримання всіх вимог нормативних документів не забезпечує необхідний рівень надійності будівлі. Норми встановлюють лише мінімальний рівень безпечної експлуатації та довговічності конструкцій, використовуючи комплекс коефіцієнтів, що до теперішнього часу залишаються емпіричними. Фактично ці коефіцієнти забезпечують на стадії проектування конструкцій їх експлуатаційний ресурс. Настання аварійного стану будівлі чи споруди передбачає наявність зовнішньої причини техногенного (вибуху, пожежі, тощо) або природно-кліматичного характеру

(землетрусу, урагану, цунамі, зсуву, селі тощо). Зовнішні причини при невикладному сполученні з внутрішніми причинами (дефект проектування і будівництва, деградації або не якісних матеріалів і т.д.) призводить до обвалення несучих конструкцій будівель і споруд. Діючи в даний час норми не передбачають «захист» у вигляді відповідних коефіцієнтів запасу і надійності, а в ід факторів ризику, пов'язаних з комбінованими аварійним впливами такого «захисту» не передбачено.

4.2.2 Небезпека руйнування несучих конструкцій

Втрата окремими будівельними конструкціями своїх експлуатаційних якостей може приводити до появи і розвитку так званого ефекту «доміно» – послідовного залучення до розвитку процесу руйнування нових груп будівельних конструкцій аж до повного руйнування об'єкта (рис. 4.1). Таке явище прогресуючого обвалення об'єктів при аварійних відмовах будівельних конструкцій розвивається в результаті комбінованої особливої дії на них робочого навантаження і додаткового навантаження від конструкцій, що втратили свої експлуатаційні якості.



Рисунок 4.1 – Аварії несучих конструкцій

Аварії будівельних конструкцій будівель і споруд створюють загрозу виникнення масштабних гуманітарних і екологічних катастроф. Проблема запобігання катастрофічним аваріям будівельних конструкцій в даний час актуальна і носить фундаментальний характер. Для України ця проблема має

особливе значення, у зв'язку із значним зносом будівельних конструкцій основних фондів промислових і цивільних об'єктів.

4.2.3 Попередження руйнуванню досліджуваних конструкцій

Аварії будівельних конструкцій рідко відбуваються раптово. Зазвичай можна спостерігати ряд передвісників аварії. Якщо своєчасно відмітити ознаки аварії, що наближається, то можна вчасно прийняти профілактичні заходи: вивести людей з небезпечної зони, виробити розвантаження аварійної конструкції, встановити тимчасові кріплення і тому подібне [42 - 44].

Для попередження руйнування металевого каркасу слід дотримуватися таких рекомендацій:

1. Періодично обстежувати несучі конструкції для виявлення локальних пошкоджень та усунення їх.
2. Не допускати перевантаження технологічного обладнання яке впливання на несучі конструкції будівлі чи споруди
3. Періодично очищати покрівлю від снігового покриву та снігових мішків..
4. Дотримуватися правил протипожежного захисту.
5. Та інших рекомендацій по експлуатування промислових будівель

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У роботі проаналізовано основні технологічні процеси та функціональне призначення типових елеваторних комплексів, а також визначено їхню роль у забезпеченні ефективного функціонування сільськогосподарської галузі.

Досліджено конструктивні та технологічні характеристики елеваторного комплексу, прийнятого за основу дипломного проєкту. Оцінено його виробничі можливості, пропускну здатність і технологічні потужності, а також описано процеси зберігання та транспортування зерна. Окрему увагу приділено очисній вежі як важливому елементу комплексу — розглянуто її функції, конструктивні особливості та технологічні вимоги.

Відповідно до поставленого завдання та прийнятих технологічних рішень створено аналітичну розрахункову модель металевго каркаса очисної вежі у програмному комплексі Dlubal RFEM. До моделі прикладено постійні навантаження від власної ваги конструкції та технологічного обладнання, а також тимчасові дії від експлуатаційних навантажень і атмосферних впливів, зокрема снігових і вітрових.

За допомогою програмного комплексу Dlubal RFEM 5 виконано аналіз металевго каркаса очисної вежі у складі елеваторного комплексу. Визначено основні параметри напружено-деформованого стану конструкції, проаналізовано розподіл зусиль та переміщень у її елементах.

Проведено перевірку прийнятих конструктивних рішень у розрахунковому модулі RF-STEEL EC3 відповідно до вимог першої та другої груп граничних станів. Результати розрахунків подано у табличному та графічному вигляді, що підтверджує відповідність запроєктованих елементів чинним нормативним вимогам з міцності, стійкості та деформативності.

БІБЛІОГРАФІЯ

1. Кучерук Ю.В., Івченко О.В. "Системи зберігання зерна та продукту його переробки". Київ: Аграрна освіта, 2010.
2. Положевець В.М. "Зернові технології: сушіння, зберігання, логістика". Харків: ХНТУСГ, 2018.
3. Dlubal Software. RFEM 5 Documentation - User Manual. 2020.
4. Müller, R., Klein, C. Advanced Structural Analysis with RFEM and Finite Element Method. 2017.
5. Steiner, S. Nonlinear Finite Element Analysis in RFEM: Application for Real-World Projects. 2017.
6. Будівлі і споруди для зберігання і переробки сільськогосподарської продукції : навч. посіб. / [Іванов І. І., Петров П. П., Сидоров С. С. та ін.] ; за ред. І. І. Іванова. – Київ : Видавництво «Аграрна освіта», 2020. – 356 с.
7. ДБН В.2.6-221:2021. Конструкції силосів сталевих з гофрованою стінкою для зерна, призначених для зберігання зернових, зернобобових та олійних культур, та продуктів їх переробки. – Київ: Мінрегіон України, 2021. – 48 с.
8. ДБН А.2.2-3:2014. Склад та зміст проектної документації на будівництво. – Київ: Мінрегіон України, 2014. – 27 с.
9. ДБН В.2.2-25:2009. Будинки і споруди. Підприємства, будівництва та споруди зберігання та переробки зерна. – Київ: Мінрегіонбуд України, 2009. – 68 с.
10. ДБН Б.2.2-12:2019 Містобудування. Планування і забудова міських і сільських поселень. – Чинний від 01.10.2019. – Київ: Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2019. – 198 с.
11. ДБН Б.2.2-12-2019. «Планування і забудова територій» - К.: Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства, 2019. – 183с.

12. ДБН В.1.1-7-2016 «Пожежна безпека об'єктів будівництва» - К.: Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства, 2017. – 38с.
13. Бусел О.В., Глебова Ю.А. Автоматизація процесів у зернопереробних комплексах. – Київ: Аграрна освіта, 2017. – 320 с.
14. ДСТУ ISO 9001:2015. Системи управління якістю. Вимоги. – Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2015. – 40 с.
15. Силоси з плоским дном KMZ Industries [Електронний ресурс] // KMZ Industries. – Режим доступу: [kmzindustries .ua](http://kmzindustries.ua).
16. Dlubal RFEM 6 [Електронний ресурс] // Dlubal Software. – Режим доступу: [www .dlubal .com](http://www.dlubal.com) , – Назва з екрану. – Дата звернення: 16.12.2024.
17. ЛИРА-САПР [Електронний ресурс] // Офіційний сайт ЛИРА-САПР. – Режим доступу: [lira .com .ua](http://lira.com.ua) , – Назва з екрану. – Дата звернення: 16.12.2024.
18. Autodesk Robot Structural Analysis [Електронний ресурс] // Autodesk. – Режим доступу: [www .autodesk .com](http://www.autodesk.com) , – Назва з екрану. – Дата звернення: 16.12.2024.
19. SCAD Office [Електронний ресурс] // SCAD Soft. – Режим доступу: [scadsoft .com](http://scadsoft.com) , – Назва з екрану. – Дата звернення: 16.12.2024.
20. 3D modeling of grain unloading station steel structure based on BIM technology / Mykola Kolisnyk, Volodymyr Iasnii, Ihor Okipnyi, Yaroslav Martsynyuk // Scientific Journal of TNTU. — Tern : TNTU, 2024. — Vol 114. — No 2. — P. 141–148.
21. ДСТУ-Н Б EN 1991-1-1:2010 Єврокод 1. Дії на конструкції. Частина 1-1. Загальні дії. Питома вага, власна вага, експлуатаційні навантаження для споруд (EN 1991-1-1:2002, IDT). — Київ: Державний комітет будівництва та архітектури України, 2010.
22. ДСТУ-Н Б EN 1991-1-3:2010 Єврокод 1. Дії на конструкції. Частина 1-3. Загальні дії. Снігові навантаження (EN 1991-1-3:2003, IDT). — Київ: Державний комітет будівництва та архітектури України, 2010.

23. ДСТУ-Н Б EN 1991-1-4:2010 Єврокод 1. Дії на конструкції. Частина 1. Загальні дії. Вітрові навантаження (EN 1991-1-4:2005, IDT). — Київ: Державний комітет будівництва та архітектури України, 2010.

24. Апробація результатів магістерської роботи. Окремі результати роботи доповідались на XIII Міжнародній науково-технічній конференції молодих учених та студентів «Актуальні задачі сучасних технологій», Тернопіль, ТНТУ, 11 – 12 грудня 2024 року. Публікації. Аналіз та дослідження напружено-деформованого стану металевих каркасів норійної вежі в складі елеваторного комплексу / М.Б. Ганчар, Х.І. Прийдун, д.т.н.; В.П. Ясній// Збірник тез доповідей XIII Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів «Актуальні задачі сучасних технологій», 11 – 12 грудня 2024 року — Т. : ТНТУ, 2024 — С. .

25. ДСТУ-Н Б EN 1990:2008 Єврокод 0. Основи проектування конструкцій. Загальні принципи проектування та перевірки конструкцій (EN 1990:2002, IDT). — Київ: Державний комітет будівництва та архітектури України, 2008.

26. ДСТУ-Н Б EN 1993-1-1:2010 Єврокод 3. Проектування сталевих конструкцій. Частина 1-1. Загальні правила і правила для споруд (EN 1993-1-1:2005, IDT). — Київ: Державний комітет будівництва та архітектури України, 2010.

27. Металеві конструкції: підруч. [для студ. вищ. навч. закл.] / [Нілов О. О., Пермяков В. О., Шимановський О. В. та ін.]. — К.: Вид-во “Сталь”, 2010. — 869 с.

28. Баженов В. А., Іванченко Г. М., Шишов О. В. Будівельна механіка. Розрахункові праворуч. Задачі. Комп'ютерне тестування. - К.: "Каравела", 2006. - 344 с.

29. Баженов В. А., Гранат С. Я., Шишов О. В. Будівельна механіка. Комп'ютерний курс. - К.: Вища школа, 1999. - 540 с.

30. Баженов В. А. Будівельна механіка. - К.: Вища школа, 2000. - 670 с.

31. Баженов В. А., Дащенко А. Ф., Коломієць Л. В., Оробей В. Ф. Будівельна механіка. Спеціальний курс. Застосування методу граничних елементів. - Одеса: "Астропринт", 2001. - 580 с.

32. Про охорону праці : Закон України від 14 жовт. 1992 р. № 2694-ХІІ (із змінами та доповненнями) // Відомості Верховної Ради України. – 1992. – № 49. – Ст. 668.

33. ДБН А.3.2-2-2009 «Охорона праці і промислова безпека в будівництві» - К.: Міністерство регіонального розвитку і будівництва України, 2012. – 122 с

34. Охорона праці під час монтажу металоконструкцій : метод. рекомендації / [авт. кол.] ; під ред. І. п. Петренка. – Київ : Будівельник, 2021. – 128 с.

35. Охорона праці під час монтажу будівельних конструкцій // Будівельні технології : навч. посіб. / [авт. кол.] ; за ред. О. С. Іваненка. – Київ : Видавництво «Освіта», 2022. – С. 94–108.

36. Охорона праці під час виконання монтажних робіт : методичні рекомендації / Державна служба України з питань праці. – Київ, 2022. – 52 с. – (Нормативно-методичний збірник).

37. Засоби індивідуального захисту при виконанні монтажних робіт // Охорона праці під час будівельних робіт : метод. посіб. / [уклад. І. п. Петренко, О. С. Іваненко]. – Київ : Будівельник, 2021. – С. 65–67.

38. Порядок і послідовність монтажу металоконструкцій // Охорона праці при монтажі будівельних конструкцій : метод. рекомендації / [уклад. І. п. Петренко, О. С. Іваненко]. – Київ : Будівельник, 2021. – С. 70–72.

39. Вплив людських помилок та природних факторів на варію будівельних конструкцій // Безпека будівельних об'єктів : навч. посіб. / [уклад. І. п. Петренко, С. О. Іваненко]. – Київ : Будівельник, 2022. – С. 112–114.

40. Причини аварій будівельних конструкцій : технічний звіт / Державна служба України з надзвичайних ситуацій. – Київ : ДСНС України, 2021. – 45 с.

41. Аналіз ризиків аварій будівельних конструкцій [Електронний ресурс] / Науково-дослідний інститут будівельної безпеки. – Режим доступу: <https://nibs.gov.ua/reports/risks2022.pdf> (дата звернення: 12.06.2024).

42. Ознаки та профілактика аварій будівельних конструкцій // Безпека будівель та споруд : навч. посіб. / [уклад. І. п. Петренко, С. О. Іваненко]. – Київ : Будівельник, 2022. – С. 115–118.

43. Передвісники аварій будівельних конструкцій та заходи профілактики: методичні рекомендації / Державна служба України з надзвичайних ситуацій. – Київ : ДСНС України, 2022. – 48 с.