

Тернопіль
2024

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

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

Кафедра будівельної механіки
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

(підпис) Ясній В.П.
(прізвище та ініціали)
« » 2024 р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня Магістр
(назва освітнього ступеня)

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

студенту Подоляку Андрію Андрійовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Проект станції знезалізнення води з дослідженням спільної роботи фундаментів і каркасу

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

Затверджені наказом ректора від «12» листопада 2024 року № 4/7-1091

2. Термін подання студентом завершеної роботи 19 грудня 2024 року

3. Вихідні дані до роботи Місце будівництва – місто Тернопіль. Дані інженерно-геологічних вишукувань. Будівля – промислова, виробничо-технологічного призначення, одноповерхова. Каркас зі сталевих конструкцій.

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

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

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

11 листів формату А1: План на відмітці ±0.000. Експлікація приміщень. Експлікація підлоги.

Специфікація вікон, дверей та воріт. План на відмітці +3.260. Розріз 1-1, 2-2. Вузол "1". План

на відмітці -4.650. Розріз 3-3, 4-4. Вузли "2", "3", "4", "5", "6", "7" та "8". План покрівлі. Розріз

5-5. Фасади "1-13", "13-1", "А-Д" та "Д-А". Схема улаштування фундаментів монолітних та

прямків. Фундамент монолітний Фм1. Фундаментна монолітна стіна ФМС1. Схема

улаштування цокольних панелей. Цокольна панель ЦПм1. Схема улаштування колон та стійок.

Схема улаштування балок покриття та горизонтальних в'язів. Схема улаштування балок

перекриття. Схема улаштування підкранових балок. Розрізи Г-Г, Д-Д, Е-Е. Вузли "1...10".

Відомості елементів. Дослідження спільної роботи каркасу споруди з основою.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Основна частина	Ясній В.П., д.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 12 листопада 2024 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

[illegible]

Студент

(підпис)

Подольяк А.А.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Ясній В.П.

(прізвище та ініціали)

ЗМІСТ

ВСТУП	5
РОЗДІЛ 1 АРХІТЕКТУРНО-БУДІВЕЛЬНИЙ	8
1.1 Дані про район і ділянку будівництва.....	8
1.1.1 Коротка характеристика району та майданчику будівництва.....	8
1.1.2 Кліматичні умови	8
1.1.3 Інженерно-геологічні та гідрологічні умови ділянки.....	9
1.2 Генеральний план.....	10
1.2.1 Обґрунтування прийнятого рішення.....	10
1.2.2 Майданчики та автостоянки для постійного та тимчасового зберігання автомобілів	11
1.2.3 Розпланування, забудова та організація рельєфу ділянки	12
1.2.4 Техніко-економічні показники по генплану	13
1.3 Архітектурно-планувальні рішення	13
1.3.1 Характеристика технологічного процесу	13
1.3.2 Опис прийнятого рішення та його обґрунтування	16
1.3.3 Техніко-економічні показники	19
1.4 Опорядження будівлі	20
1.5 Енергоефективність	21
1.6 Конструктивні рішення	25
1.7 Інженерні мережі і обладнання	32
1.8 Висновки до розділу 1	34
РОЗДІЛ 2 РОЗРАХУНКОВО-КОНСТРУКТИВНИЙ	36
2.1 Несуча система будівлі.....	36
2.2 Конструкції металеві	38
2.3 Розрахунок конструкцій металевих	39
2.3.1 Загальні дані	39
2.3.2 Збір навантажень.....	40
2.3.4 Колони перемінного перерізу (Колона K1)	41

	4
2.3.5 Покрівельні балки перемінного перерізу (Балка P _{г1}).....	42
2.3.6 Колони постійного перерізу (K2)	45
2.3.7 Зведення підсумків розрахунків решти відповідних елементів розрахункової моделі	46
2.4 Висновки до розділу 2	47
РОЗДІЛ 3 НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ	48
3.1 Загальні відомості	48
3.2 Аналітичний розрахунок основи	49
3.3 Розрахунок пружної основи в підсистемі ҐРУНТ	52
3.4 Розрахунок основи із поєднанням спільної роботи каркасу	55
3.5 Висновки до розділу 3	57
РОЗДІЛ 4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	58
4.1 Забезпечення надійності та безпеки.....	58
4.2 Загальні положення безпеки експлуатації об'єкта.....	58
4.3 Забезпечення вимог безпеки експлуатації об'єкта на етапі розроблення проектної документації.....	59
4.4 Надійність та конструктивна безпека будівель та споруд.....	60
4.5 Особливості забезпечення вимог з безпеки експлуатації при проектуванні споруд, розташованих на територіях з несприятливими природними і техногенними явищами	61
4.6 Бар'єри безпеки та запобігання аваріям будівель та споруд.....	61
4.7 Формування вимог з безпеки експлуатації на етапі використання об'єкта за призначенням протягом встановленого терміну експлуатації.....	62
4.8 Забезпечення безпеки експлуатації під час прийняття закінчених будівництвом об'єктів в експлуатацію	65
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	67
БІБЛІОГРАФІЯ	68

ВСТУП

Питання надання послуг життєзабезпечення населення займає чільне місце як ще із давніх часів, так і до нашого часу, а особливо в умовах пандемії та триваючих воєнних дій. Низка міжнародних організацій переймається забезпеченням таких послуг для найбільш вразливих категорій населення в країнах, які стикаються із кризовими та критичними ситуаціями, зокрема в Україні. Не виключенням стали й послуги з централізованого водопостачання та водовідведення в місті Тернопіль. Схильність до підвищеного вмісту заліза та підвищеної жорсткості спостерігається у воді, яка одержується шляхом підземного забору для постачання населенню міста Тернопіль та навколишніх сіл, а також для близько 70 тисяч внутрішньо-переміщених осіб, які, за різними оцінками, залишаються проживати в Тернополі після того, як покинули зону бойових дій та території, окуповані в ході російсько-української війни. З метою постачання питної води належної якості, виникла необхідність у новому будівництві станції знезалізення у місті Тернопіль.

Актуальність теми цієї роботи полягає у наступному:

- необхідність забезпечення надійного функціонального стану споруди нового будівництва, призначеної для проведення у ній технологічно-виробничих процесів із забезпечення знезалізення питної води з метою її постачання населенню у належній якості;

- доцільність дослідження спільної роботи фундаментів і каркасу промислових (виробничих) споруд для виявлення проблематики та розвитку подальших досліджень у зазначеному напрямі.

Над проблемою прямо або опосередковано працювала низка як вітчизняних, так і іноземних науковців, в тому числі: О. Квартенко, В. Орлов, С. Мартинов, С. Куницький, О. Олійник, М. Журба, М. Гіроль, П. Хоружий, М. Підгурський, Р. Холлберг, С. Хол, Дж. Шнайтл та інші.

Зв'язок кваліфікаційної роботи із науковими програмами, темами і планами забезпечується тим, що дослідження проведено у відповідності до

тематики робіт наукових досліджень, передбаченої кафедрою будівельної механіки Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя та у відповідності до державних програм стосовно надійності й економічності в частині будівельних конструкцій та виробів.

Метою роботи є виявлення нових висновків та/або рекомендацій стосовно проектних рішень та розрахунків спільної роботи фундаментів і каркасу в ході проектування нового будівництва станції знезалізнення води в місті Тернопіль.

Для реалізації поставленої мети вважаємо за доцільне забезпечити виконання наступних **завдань**:

- дослідити умови в районі та на ділянці об'єкта нового будівництва станції знезалізнення води;
- визначити основні архітектурно-планувальні та технологічно-виробничі рішення;
- визначити конструктивні рішення;
- виконати моделювання дослідження спільної роботи фундаментів і каркасу;
- передбачити заходи із цивільного захисту та охорони праці.

Об'єкт дослідження, що здійснюється в ході роботи – несучі елементи виробничо-технологічних (промислових) будівель.

Предметом дослідження є спільна робота фундаментів і каркасу станції знезалізнення води.

Методи дослідження – у кваліфікаційній роботі застосовується метод моделювання у програмному комплексі ЛІРА-САПР, підсистемі ГРУНТ, зокрема, за моделлю Пастернака, за моделлю Вінклера-Фусса, за модифікованою моделлю Пастернака, а також порівняльний аналіз одержаних результатів.

Наукова новизна одержаних результатів полягає, зокрема, у порівнянні аналітичних розрахунків та використання прикладних програм з метою дослідження спільної роботи фундаментів і каркасу, вдосконаленні підбору більш достовірних результатів таких досліджень та певному внеску в подальший розвиток моделювання спільної роботи зазначених елементів.

Практичне значення результатів роботи полягає в можливості їх використання для проектування та будівництва промислових (наприклад, виробничо-технологічних) будівель.

Апробація результатів кваліфікаційної роботи здійснена на XIII Міжнародній науково-технічній конференції молодих учених та студентів «Актуальні задачі сучасних технологій» (Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 11–12 грудня 2024 року).

Публікація результатів роботи здійснена у збірнику тез вищезазначеної конференції.

Ключові слова: будівництво, станція знезалізнення води, моделювання, монолітні фундаменти, промислова будівля, осідання фундаментів, спільна робота каркасу, основи.

РОЗДІЛ 1

АРХІТЕКТУРНО-БУДІВЕЛЬНИЙ

1.1 Дані про район і ділянку будівництва

1.1.1 Коротка характеристика району та майданчику будівництва

Нове будівництво станції знезалізнення води передбачено в місті Тернопіль на території водопровідної насосної станції №4 третього підйому Комунального підприємства «Тернопільводоканал». Ця ділянка розташована на східних околицях міста, оточена існуючою забудовою, захищена по периметру нерозривною огорожею, виконаною із залізобетонних плит, також наявні ворота зі шлагбаумом та пунктами цілодобової охорони.

Ділянка знаходиться в комунальній власності та надана вищезгаданому підприємству у постійне користування. Виконання нового будівництва передбачено паралельно із виконанням робіт з реконструкції існуючої насосної станції, резервуарів чистої води, адміністративно-лабораторного корпусу та інших будівель і споруд, наявних на ділянці.

1.1.2 Кліматичні умови

Загалом, кліматичні умови відповідають клімату міста, що є помірно-континентальним із теплим літом та м'якою зимою. Рівень атмосферних опадів в місті за рік у середньому оцінюється в 550-700 мм. Влітку як часте явище спостерігаються зливи, інколи грози, рідше – град.

Кліматична характеристика району будівництва:

- архітектурно-будівельний кліматичний район – I (відповідно до ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010 [9]);
- вітрове навантаження – 53 кгс/м² (ДБН В.1.2-2:2006 [10]);
- снігове навантаження – 142 кгс/м² (ДБН В.1.2-2:2006 [10]);
- сейсмічність району будівництва оцінюється у 6 балів;
- коефіцієнт, який залежить від стратифікації атмосфери – 200;

- коефіцієнт рельєфу місцевості становить 1,0;
- в середньому, рівень температури (найвищий) зовнішнього повітря у найбільш жаркий місяць в році становить $+22,8^{\circ}\text{C}$, а рівень температури зовнішнього повітря у найбільш холодний місяць в році – $-9,0^{\circ}\text{C}$;
- швидкість вітру, згідно із середніми даними (багаторічними), повторення перевищення якого складає 5%, м/с – 10.

1.1.3 Інженерно-геологічні та гідрологічні умови ділянки

Інженерно-геологічні вишукування проводились спеціалізованими організаціями двічі (в тому числі повторно), у зв'язку із необхідністю уточнення геологічних умов ділянки будівництва через значну різницю в ґрунтах.

Геологічна будова інженерно-геологічних елементів майданчика є наступною (від поверхні – вниз):

- ІГЕ-1 а – насипний ґрунт (глинистий ґрунт разом із домішками будівельних відходів, товщина шару становить до 2,5 м);
- ІГЕ-1 – темно-сірий напівтвердий суглинок – рослинний ґрунт (товщина – до 0,9 м);
- ІГЕ-2 – сіро-жовтий напівтвердий суглинок із напливами гумусу (товщина становить до 0,8 м);
- ІГЕ-3 – жовтий лесоподібний карбонатизований супісок пластичний (товщина – до 1,6 м);
- ІГЕ-4 – жовтий тугопластичний суглинок із плямами озалізнення (товщина – до 4,4 м);
- ІГЕ-5 – жовто-сірий квац-вапняковий вологий середньої щільності пісок середньозернистий (товщина – до 4,8 м).

Ґрунти ІГЕ-3, ІГЕ-4, ІГЕ-5 не є просідаючими.

На розвідувальній глибині на майданчику досліджень ґрунтові води не виявлені.

Зважаючи на дані стосовно інженерно-геологічної будови, а також стосовно гідрологічних умов, можна надалі враховувати, що майданчик – не підтоплюваний.

Сейсмічність будівельного майданчика за відповідними властивостями ґрунтів – оцінюється в 6 балів.

За сейсмічними властивостями, категорія ґрунтів – II.

1.2 Генеральний план

1.2.1 Обґрунтування прийнятого рішення

Комунальне підприємство «Тернопільводоканал» забезпечує мешканців міста Тернопіль та навколишніх сіл послугами централізованого водопостачання та централізованого водовідведення. Джерелом для забору води з метою централізованого водопостачання населенню є підземна вода із артезіанських свердловин, що одержується із верхнього крейдового водоносного горизонту. На сьогоднішній день, в експлуатації підприємства перебувають артезіанські свердловини на двох водозаборах – у місті Тернопіль та селі Івачів Горішній, що знаходиться у 12 км на північний захід від міста.

При заборі води у зазначеній місцевості спостерігається її підвищена жорсткість та підвищений вміст заліза. З метою повного або хоча б часткового вилучення надлишкових сполук заліза із води, у 1969 році на тернопільському водозаборі (введеному в експлуатацію в 1948 році) було побудовано станцію знезалізнення із продуктивністю 32 тис. м³ на добу. Зазначена станція здійснює очистку води, що подається із 14 свердловин на території водозабору. При цьому, зазначений водозабір (за допомогою водопровідної насосної станції №1 другого підйому) покриває потреби лише близько 20% населення міста Тернопіль.

Решта населення міста одержує воду підняту зі свердловин водозабору «Верхньо-Івачівський», введеному в експлуатацію в 1976 році. Забір води проходить на 16 артезіанських свердловинах та подається мешканцям міста після перекачування через водопровідну насосну станцію №5 другого підйому, водогони ДН-800 мм та ДН-1000 мм, а також водопровідну насосну станцію №4 третього

підйому. На жаль, процес очистки води із Верхньо-Івачівського водозабору шляхом знезалізнення був відсутнім понад 40 років.

У зв'язку із виробничо-технологічною необхідністю, було прийнято рішення здійснити будівництво станції знезалізнення для води, забір якої відбувається у селі Івачів Горішній.

Враховуючи досвід інших водоканалів України, з метою уникнення повторного забруднення води надлишковими сполуками заліза при транспортуванні водогонами, станцію знезалізнення доцільно запроектувати безпосередньо у місті Тернопіль. Для нового будівництва станції знезалізнення води – відвести територію на ділянці водопровідної насосної станції №4 третього підйому Комунального підприємства «Тернопільводоканал» із частковою реорганізацією технологічного процесу на зазначеній станції.

Проект та виконання будівельно-монтажних робіт – здійснювати строго із дотриманням та врахуванням усіх діючих нормативних технічних та правових документів, а також найкращої міжнародної практики і досвіду у відповідних галузях, а також враховуючи реалії сьогодення, економічно-трудові ресурси тощо.

Основними характеристиками, визначеними для проектування досліджуваної будівлі:

- Довговічність (термін служби) має становити 60 років (ДБН В.1.2-14:2018 [11]);
- Клас відповідальності встановлено СС3.

1.2.2 Майданчики та автостоянки для постійного та тимчасового зберігання автомобілів

Потреба в організації окремих майданчиків та автостоянок для постійного та тимчасового зберігання автомобілів обслуговуючого персоналу об'єкту, охорони та відвідувачів – не виникає, у зв'язку із тим, що для використання доступна наявна стоянка водопровідної насосної станції №4 третього підйому Комунального

підприємства «Тернопільводоканал», яка буде модернізована в ході виконання робіт із реконструкції зазначеної насосної станції.

Заїзд на майданчик здійснюється із автошляхів Е85 та М19.

1.2.3 Розпланування, забудова та організація рельєфу ділянки

Прийнято рішення виконати забудову досліджуваної станції знезалізнення у західному куті ділянки водопровідної насосної станції №4 третього підйому Комунального підприємства «Тернопільводоканал», на території, що приблизно становить 12% від загальної площі ділянки.

Ситуаційний план ділянки наведено на рисунку 1.1 нижче.

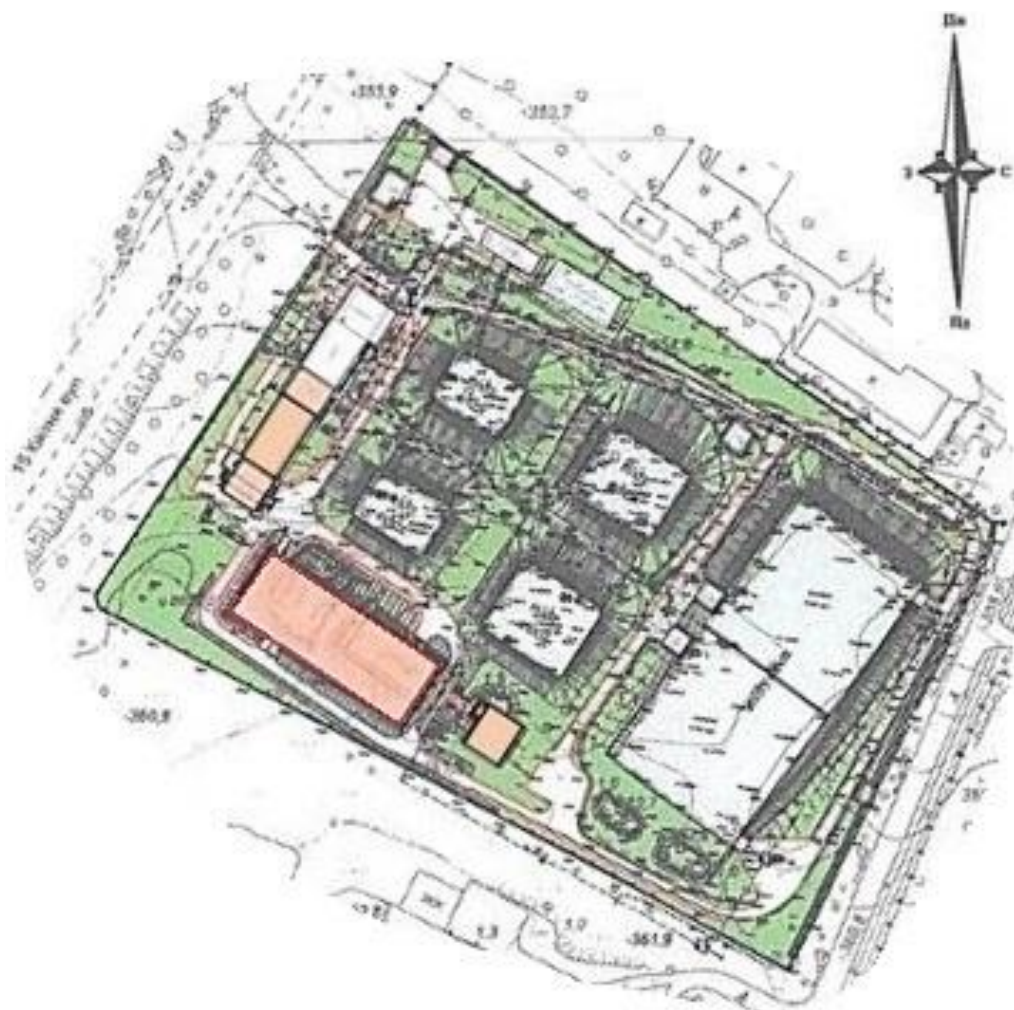


Рисунок 1.1 – Ситуаційний план

Рельєф ділянки є рівнинним, в межах території майданчика для будівництва спостерігається незначне плавне пониження в північному напрямку.

Забудову виконати південніше діючого лабораторно-побутово-виробничого корпусу, що підлягає реконструкції, та південно-західніше резервуарів чистої води водопровідної насосної станції №4.

1.2.4 Техніко-економічні показники по генплану

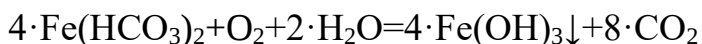
Для проведення цього дослідження та проектування будівництва об'єкту прийнято наступні техніко-економічні показники планувальних рішень по генплану:

- загальна площа ділянки становить 37 491 м²;
- площа забудови під станцію знезалізнення – 4 583,18 м²;
- загальний об'єм станції знезалізнення – 12 049,53 м³;
- площа озеленення становить 5 304 м².

1.3 Архітектурно-планувальні рішення

1.3.1 Характеристика технологічного процесу

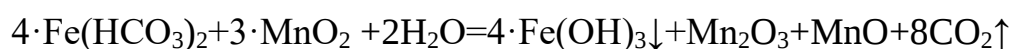
За умов концентрації заліза у воді в обсязі починаючи від 1,0-1,5 мг/л, вода матиме певний неприємний металевий присмак. За умов такої концентрації вище 0,3 мг/л – вода залишатиме плями на тканинах та приладах санітарно-технічного призначення. Прозора анаеробна (яка не контактує із повітрям) ґрунтова вода може мати сполучення Fe²⁺ (двовалентного заліза) без наявності помутніння за умов прямої подачі з джерел, проте, у випадку контакту із повітрям Fe²⁺ буде окислюватися до 3-хвалентного стану (колоїдного), надаючи воді відповідний характерний червоно-коричневий відтінок:



З метою знезалізнення води підземного забору, згідно із рекомендаціями по п.10.21.3 ДБН В.2.5-74:2013 [12], прийнято схему проведення фільтрування із

забезпеченням попереднього введення окиснювальних реагентів з метою виключення твердої фази сполук Fe (гідроксидних).

Фільтрування проводиться в умовах використання каталітичного завантаження, адже це є найбільш поширеним способом виключення Fe із води. Каталітичне завантаження у нашому випадку – це застосування природнього матеріалу, який містить марганцю двоокис, що повторно активується шляхом дозування окислювальної речовини. Механізм дії базується на можливості зміни валентного стану з'єднаннями марганцю. Fe^{2+} у вихідній воді підлягає окисленню вищих оксидів марганцю.



Після цього, більшість окисленого та відповідно затриманого забруднення на матеріалі фільтрування підлягає вимиванню у дренажну систему під час зворотного промивання. Так, шар каталізатору гранулометричного також слугує фільтрувальним середовищем. З метою покращення окислювального процесу відбувається додавання додаткових окиснювачів до води.

Реагент-окиснювач, зокрема хлор, здійснює знезараження води, та, крім того, бере участь у процесі видалення заліза із води. За умов дії розчину хлору, відбувається руйнування органічних сполук заліза, які переходять у форму неорганічних солей Fe^{3+} (тривалентного заліза), які легко піддаються гідролізу. В результаті процесу гідролізу, здійснюється випадання залишку гідроксиду заліза, а вода, в свою чергу – підкислюється. На окислення 1 мг Fe^{2+} відбувається витрата 0,64 мг хлору. Як альтернативний варіант хлору приймається розчин оксидантів змішаних, із розрахунком 4,5 хлору Cl активного на 1 л оксидантів змішаних. Водний розчин оксидантів змішаних отримується електрично-хімічним методом на станції знезалізнення безпосередньо. У такий спосіб уможлиблюється виведення із експлуатації хлораторної станції, яка в свою чергу є об'єктом потенційно підвищеної небезпеки.

Наступний етап гідролізу повинен реалізовуватися або в межах товщі фільтруючого навантаження, або у відстійних очисних спорудах. За наявних умов, видалення із води сполук заліза цілком доцільно проводити за допомогою напірної

фільтрації однією стадією, застосовуючи при цьому обладнання виробництва фірми «Culligan».

В рамках проекту, передбачено три ступені введення регентів до води:

- пре-хлорування №I – здійснюється введення розчину оксидантів змішаних для відповідного контакту із водою до резервуарів з метою окислення Fe^{2+} , а також для проведення дезінфекції як споруд очистки, так і внутрішньо-майданчикових мереж;

- пре-хлорування №II – виконується введення розчину в станції фільтрування, перед здійсненням подачі на напірні фільтри з метою доокислення Fe^{2+} ;

- пост-хлорування №III – в трубопровід, передбачений для води після очистки, перед резервуарами чистої води, з метою підтримки залишку концентрації вільного хлору 0,3-0,5 мг/л – до подачі питної води безпосередньо в мережу до споживачів.

На час регенерації потенціалу фільтрів (промивання яких відбувається почергово), здійснюється відведення промивної води, що є забрудненою, в зовнішню каналізаційну мережу та збір промивної води, що є умовно чистою, в запроектований резервуар, об'єм якого становить 500 м³, із якого, в свою чергу, вона перекачується (повертається) насосами у резервуар вхідної води. Промивні води з фільтрів відводяться за допомогою розриву струменя.

Згідно із завданням на проектування, передбачено запроектувати монтаж та запуск груп фільтрів HI-FLO 9 UFP 400 у кількості 7 штук, виготовлені фірмою-виробником «Culligan». Кожна із груп має розміри 5400 x 5400 x 3364 (h) та включає чотири фільтри, обв'язку труб та клапани, оснащені пневмоприводами, із метою перемикання режимів роботи обладнання.

З метою подачі води із резервуарів вхідної води, а також із метою забезпечення достатнього тиску до фільтрів, в рамках проекту передбачено монтаж насосів у кількості 5 штук: 3 шт. робочі та 2 шт. резервні. Розміщення насосів передбачено у відособленому приміщенні станції фільтрування, що знаходиться у заглибленні.

Здійснюється підтримка витрат та напору за використання перетворювачів частоти, які керують відповідно кожним насосом. Робота здійснюється в автоматичному режимі, без потреби наявності постійного обслуговуючого персоналу.

Приміщення також оснащено кран-балкою, що має запроектовану вантажопідйомність 2т.

З метою усунення аварійних розливів передбачено виконання прямку із насосами дренажу.

1.3.2 Опис прийнятого рішення та його обґрунтування

Проектується виробничий корпус в осях 1-11 та А-Д, що має вигляд одноповерхової будівлі із розмірами на в плані 62,37 x 21,9 м, а також висотою від 9,00 м. Зазначена будівля має бути виконана за типом каркасу зі сталевих конструкцій. Її зовнішні стіни, як і покриття, мають бути виконані із сендвіч-панелей сталевих профільованих, заводського виготовлення, із передбаченим утеплювачем, виконаним із мінеральної вати. Передбачений ступінь вогнестійкості такої будівлі буде Ша, а категорія корпусу за пожежною небезпекою – «Г».

В корпусі проектується розміщення основного процесу виробництва зі знезалізнення питної води, закінченого повного технологічного циклу, а також приміщень, що мають додаткове, адміністративне та санітарно-побутове призначення.

Зовнішні стіни будівлі передбачено виконати навісними та із сендвіч-панелей, виконаних із дотриманням вищезазначених вимог, класу вогнестійкості E90/I60.

Цокольна частина проєктованих зовнішніх стін виконати із цегляної кладки та із використанням зовнішнього утеплювача, а саме із екструдованого пінополістиролу.

В осях 1-3, перекриття антресолі проектується виконати із монолітного залізобетону по сталевих балках і колонах, що мають бути обробленими вогнезахисним покриттям, із передбаченим класом вогнестійкості REI 60.

Проектування покрівлі передбачає її виконання із сендвіч-панелей, виготовлених із металевих профільованих листів, що містять мінераловатний утеплювач, заводського виготовлення із класом вогнестійкості REI 60.

Будівля, у відповідності до технологічних вимог, умовно поділяється на три частини. Приміщення, призначені для виробництва оксидантів змішаних, передбачені в осях 1–3, фільтрувальне обладнання передбачено розмістити в осях 3–9, а в заглибленій частині на відмітці -4,650 у осях 9–11 передбачено розмістити підвищувальні насосні агрегати.

В осі 1–2, А–В, в добудові передбачено розмістити санітарно-побутові приміщення, що мають бути відокремлені протипожежними перегородками із вогнестійкістю класу EI90 від виробничих приміщень, та мають бути розраховані на перебування чотирьох осіб (санітарна група виробничих процесів – 1а).

В межах допоміжної виробничої групи запроектоване розміщення електролізної підстанції зі складом солей, а також приміщення для обладнання пневмогосподарства, приміщення оператора, електрощитова та хімлабораторія.

Перегородки між вищезазначеними приміщеннями передбачено запроектувати із плит гіпсокартону.

Приміщення, передбачені для виробничих процесів категорії «В», мають бути відокремлені від інших приміщень за допомогою протипожежних вогнестійких перегородок із вогнестійкістю класу EI15.

В межах антресолі на відмітці +4,180 запроектовано розміщення вентиляційних камер (припливної та витяжної), що мають бути відокремленими від решти приміщень протипожежними газонепроникними перегородками вогнестійкості класу EI15.

Приміщення для обслуговуючого персоналу та гардеробні приміщення забезпечені освітленням із природнього джерела через вікна, які, в свою чергу,

мають передбачений опір теплопередачі на рівні не менше $0,75 \text{ м}^2\text{K/Вт}$, у відповідності до вимог ДБН В.2.6-31:2021 [13].

У приміщенні підвищувальних насосних агрегатів та в електролізній підстанції запроектовано вікна із вбудованим автоматичним провітрюванням. В санітарному вузлі та в душовій кімнаті передбачено влаштування каналів вентиляції (витяжної).

Вікна будівлі передбачені металопластикові, зі склопакетами.

Ворота із хвіртками – утеплені, із опором теплопередачі, передбаченому на рівні не менше $0,6 \text{ м}^2 \text{ °K/Вт}$, у відповідності до вимог ДБН В.2.6-31:2021 [13].

У санітарному вузлі, душовій кімнаті та хімічній лабораторії запроектовано виконання облицювання стін із використанням глазурованої плитки, а підлоги – із використанням керамічної плитки. В інших приміщеннях запроектовано виконання фарбування стін та стель із використанням полімерних водорозчинних фарб на підготовлені поверхні. В гардеробному приміщенні та у виробничих цехах запроектовано виконання підлоги із керамічної плитки; а в приміщеннях операторів та керівника станції запроектовано виконання покриття підлоги із лінолеуму.

Евакуація, у разі відповідної необхідності, із лабораторії та побутових приміщень передбачено через коридор назовні. До виробничих приміщень проектом передбачено сполучення через протипожежні двері із вогнестійкістю класу EI30.

Аналогічно, вогнестійкість класу EI 30 передбачена для зовнішніх дверей, а також для воріт із хвірткою.

Внутрішні двері в приміщеннях операторів та начальника, гардеробній кімнаті та в санітарних вузлах передбачені металопластикові. В усіх інших приміщеннях внутрішні двері передбачені металеві протипожежні із вогнестійкістю класу EI30.

Відвід води із покрівлі станції передбачений за допомогою зовнішнього водостоку.

Розрахунковий запроектований опір теплопередачі для зовнішніх стін складає $2,44 \text{ м}^2 \text{ К/Вт}$, а для покриття – $2,44 \text{ м}^2 \text{ К/Вт}$.

1.3.3 Техніко-економічні показники

Для проведення цього дослідження та проектування будівництва об'єкту прийнято експлікації приміщень станції знезалізнення, викладені у Таблиці 1.1, наведеній нижче.

Таблиця 1.1 – Експлікації приміщень досліджуваної станції знезалізнення

Номер приміщення	Найменування	Площа, м^2	Об'єм, м^3	Категорія прим.
План підвалу -4.650				
2	Приміщення підвищувальних насосних агрегатів	274.04	2817	Д
План 1 поверху 0.000				
1	Зал груп фільтрів	765.99	5586.56	Д
3,4	Електрощитова. Зона шаф керування насосними агрегатами	21.2	60.53	Д
5	Склад солей	68.35	369.05	В
6	Приміщення пневмогосподарства	14.07	41.93	Д
7	Коридор	7.35	21.9	-
8	Електролізна підстанція	97.04	348.05	В
9	Приміщення дозуючих насосних агрегатів	7.25	21.59	Д
10	Електрощитова	9.74	29.04	В
11	Тамбур	1.8	3.91	-
12	Коридор	8.97	19.73	-
13	Коридор	12.34	27.15	-
14	Санвузол	2.14	4.72	-
14	Санвузол	1.55	3.45	-
15	Кабінет начальника	10.94	32.6	-
16	Душова кімната	2.24	4.94	-
17	Гардеробне приміщення для 4 осіб, група Ia	9.89	21.75	-
18	Хімлабораторія	14.46	42.92	Д
19	Приміщення операторів	14.46	43.09	-

Продовження таблиці 1.1

20	Площадка для виконання розвантажувальних робіт	23	147.96	-
План 2 поверху +3.260				
21	Вентиляційна камера	12.08	40.91	В
21	Вентиляційна камера	18.42	72.96	Д
22	Антресолі	137.88	538.72	-
22	Антресолі	33.14	105.69	-
Загалом		1568.34	10407.09	

1.4 Опорядження будівлі

Передбачена наступна діяльність із опорядження будівлі:

- стіни: виконання зовнішніх та внутрішніх стін із сендвіч-панелей (стінова вогнетривка панель «ТЕРМОБУД» $\delta = 100$ мм); виконання внутрішніх стін із цегли $\delta = 380$ мм; перегородки вогнестійкі гіпсокартонні EI90 КНАУФ $\delta = 100$ мм, EI15 КНАУФ $\delta = 100$ мм, EI15 газонепроникні КНАУФ $\delta = 100$ мм; перегородки вологостійкі гіпсокартонні КНАУФ $\delta = 100$ мм; гіпсокартонні перегородки КНАУФ $\delta = 100$ мм;

- влаштування підлог: використання плитки типу «Грес» 300 x 300 $\delta = 8$ мм; клей для плитки CERESIT CM 11 $\delta = 10$ мм; поліетиленова плівка 80-100 мкм; епоксидні матеріали гідроізоляційні Ceresit CE 49, застосовані в два шари по 1 мм; шар теплоізоляційний, виконаний із мінераловатних плит – 50 мм; утеплений лінолеум – 5 мм; стяжка цементно-піщана M150 – 15 мм;

- внутрішні стіни: обробка стін засобом протигрибковим Ceresit CT 99 в с/в; фарба для стін внутрішніх RAL 9002; гіпсова фінішна шпаклівка Ceresit CT-126 – 2 мм; ґрунтування стін під фінішне покриття; цементно-піщана штукатурка – 10 мм; ґрунтування стін під штукатурку; глазурована настінна плитка 600 x 600; клей для плитки CERESIT CM 11 – 10 мм; ґрунтування стін під плитку; утеплення мінераловатними плитами тамбура – 50 мм; армсінка; обшивка гіпсокартоном зовнішніх стін; гідроізоляція стін зовнішніх (цоколь і фундамент); виконання цоколя із цегли $\delta = 250$ мм; штукатурка цементно-піщана по сітці $\delta = 20$ мм; пінополістирол екструдований $\delta = 100$ мм; бітумна гідроізоляція;

- оздоблення стелі: стеля підвісна «Армстронг» 600 x 600 мм; ґрунтування плити під шпаклівку Ceresit СТ 17; гіпсова шпаклівка старт&фініш Ceresit СТ-126 – 5 мм; ґрунтування під покриття фінішне Ceresit СТ 16; фарба для стелі RAL 9002;

- покрівля: виконання покрівлі із сендвіч-панелей: панель вогнетривка покрівельна «ТЕРМОБУД» – 100 мм із різанням панелі із двох сторін;

- заповнення прорізів (віконних та дверних): вікно металопластикове одноствулкове 1200 x 1200h, із вбудованими провітрювачами 1200 x 1200h; вікно металопластикове триствулкове 3000 x 1000h, 3200 x 1200h, із вбудованими провітрювачами 3200 x 1200h; двері металеві однополотні (протипожежні, утеплені) 1000 x 2100; двері металеві двостулкові (протипожежні, утеплені) 1300 x 2100h; двері внутрішні металопластикові однополотні 900 x 2100h; двері внутрішні з алюмінієвого профілю 915 x 2100h;

- ворота: ворота розпашні металеві із хвірткою (протипожежні, утеплені) 4200 x 4200h, із хвірткою та вентиляційними решітками (протипожежні, утеплені) 4200 x 4200h; із хвірткою металеві внутрішні (протипожежні) 2000 x 4200h; жолоб водостічний – 100 мм; лейка (воронка) жолоба водостоку – 100 мм; водостічна труба (висота – 6,5 м, радіус – 42 мм); відвід дво- і одно-муфтовий для водостічних труб; металева огорожа даху (висота 600 мм); пластикове підвіконня білого кольору, покрите лаком 1200 x 150 мм, 3000 x 150 мм, 3200 x 150 мм; відливи із оцинкованої сталі для вікон металопластикових – 90 x 1200, 90 x 3200.

1.5 Енергоефективність

В рамках проекту передбачено комплекс заходів спрямованих на забезпечення належного рівня енергозбереження, згідно із вимогами діючих будівельних норм та правил, а також передбачено використання сучасного устаткування із низькими показниками витрат енергії.

Відповідно до нормативних документів, витрати води на питомі власні потреби для споруд підготовки води із продуктивністю 42 тис. м³/добу становлять:

- за умови повторного використання води промивної – від 3% до 4% (1500 ... 2000 м³/добу);

- без повторного використання – від 10% до 14% (5000 ... 7000 м³/добу).

В рамках проекту передбачено лише часткове використання води промивної. Розрахункові витрати станцією знезалізнення води на свої потреби (промивання обладнання фільтрування та підготовка гіпохлориту) складають (в залежності від показників вихідної води): $(400,4 + 27,26) \dots (533,86 + 27,26) = 427,66 \dots 561,12$ м³/добу, тобто 1,9 ... 2,5 % продуктивності станції.

При виробництві обладнання фільтрування та при проектуванні було передбачено використання вхідної (неочищеної) води з метою регенерації. Зазначене не суперечить вимогам, передбаченим у ДБН В.2.5-74:2013 [12], а також уможливорює зменшення як капітальних, так і експлуатаційних витрат (відсутня необхідність будівництва та обслуговування додаткових резервуарів, груп насосних агрегатів, трубопроводів, а також збільшення енергетичних навантажень, адже, за умов використання очищеної води для задоволення потреб із промивки, не допускається відбір води безпосередньо із трубопроводів та резервуарів чистої води). Розрахункові запроектовані витрати станцією знезалізнення води на свої потреби (промивання обладнання фільтрування та підготовка гіпохлориту) складають (в залежності від показників вихідної води) складають:

$$1067,7 + 27,2 = 1094,9 \text{ м}^3/\text{добу},$$

тобто 2,6 % продуктивності самої станції, що, в свою чергу, є хорошим показником у випадку порівняння із витратами за нормативом (3 ... 4 % за умови повторного використання води промивної).

Основним споживачем електроенергії є підвищувальні насосні агрегати із електродвигунами із потужністю 75 кВт, частотне регулювання яких дозволяє забезпечувати стабільний рівень потрібного гідравлічного режиму роботи станції та забезпечувати економію 25-30% електроенергії для задоволення цих потреб.

Передбачення у проекті обладнання фільтрування, виробництва фірми «Culligan», із запатентованим вузлом для обв'язки клапанів і фільтрів у вигляді «листа конюшини» уможливорює зменшення будівельного об'єму залу фільтрів у

близько 2 рази, за умови порівняння із продукцією інших виробників сортаменту напірних фільтрів, що, в свою чергу дозволяє зменшити як капітальні витрати на зведення будівлі, так і витрати на її обслуговування.

Застосування технології використання оксидантів змішаних, що будуть вироблятися способом електролізу безпосередньо на станції, забезпечує зменшення витрат енергії, що пов'язані із логістикою та безпосередньо транспортуванням реагентів, що містять хлор, та подальшою утилізацією відповідних порожніх ємностей (контейнерів). До оксидантів змішаних входить гіпохлорит натрію, питома вага якого становитиме 95-97%, а решта 3-5% – це інші окиснювачі (зокрема, ClO_2 , O_3 , H_2O_2), що уможливорює скорочення вмісту тригалометанів у воді, яка була відфільтрована, аж до 50%, а також видалення та запобігання утворенню біологічної плівки в системі централізованого постачання води, що таким чином зменшує вжиток хлору із повторного водозабруднення. Триваліший рівень хлору залишкового – це ефект, що стосується наявності біологічної плівки, оскільки після її усунення, вжиток хлору скорочується у значному обсязі.

В рамках проекту передбачено також облік вхідної, очищеної та оборотної води, а також облік води для господарських і побутових потреби та для технологічних потреб електролізної підстанції.

В рамках проекту передбачено ряд заходів стосовно зниження витрат тепла для забезпечення опалення та вентиляції, зокрема:

- зовнішні конструкції огороження споруди із коефіцієнтами опору передачі тепла, що забезпечують заощадження теплоенергії;
- автоматизація устаткування опалення та вентиляції;
- відключення приладів опалення при рівні виділення тепла, що перевищує витрати тепла в приміщеннях;
- автоматичне утримування температури в припливному повітроводі, що залежить від температури повітря ззовні.

Опалення передбачено для приміщень за допомогою електрообігрівачів «Термія», а також повітряно-опалювальними приладами, для яких передбачено

оснащення регуляторами температури для автоматичного утримування бажаних показників температури в приміщенні. Економія тепла за допомогою таких систем оцінюється близько 25-30%.

Вентиляція запроектована у складі із припливно-витяжними установками оснащеними рекуператорами теплоенергії, що дозволять скоротити (у відповідній частині споживання) витрати тепла на 30-45%.

На мережах постачання електроенергії та силового електроустаткування запроектовано оптимальну електричну схему, яка складена таким чином, щоб в умовно нормальному режимі під навантаженням знаходилися всі елементи системи із гранично значним використанням відповідної пропускної спроможності.

На мережах забезпечення освітлення запроектовано:

- використання системи забезпечення освітлення, яка буде найбільш раціональною в наявних умовах;
- вибір приладів освітлення із найраціональнішим розподілом світла в досліджуваних умовах та їхнє розміщення у найвигіднішій енергоефективності.

Крім того, в рамках проекту передбачено заходи, спрямовані на скорочення втрат електричної енергії:

- вибрано раціональне число ліній живлення;
- навантаження між фазами розподілено рівномірно;
- передбачено коректний облік електроенергії, що споживається;
- підібрано доцільні пристрої компенсації реактивної енергопотужності.

Вищезазначені заходи дозволяють досягти економії у розмірі 5% від електроенергії, що підлягає споживанню.

Опір теплової передачі огорожувальних конструкцій станції відповідає ДБН В.2.6-31:2021 [13] та відповідно становить:

- стіни – $2,44 \text{ м}^2 \text{ К/Вт}$;
- покриття – $2,44 \text{ м}^2 \text{ К/Вт}$;
- ворота – $0,6 \text{ м}^2 \text{ К/Вт}$;
- вікна – $0,45 \text{ м}^2 \text{ К/Вт}$.

Опалення передбачено саме електричним – відповідно до завдання на проектування.

У якості джерела теплового постачання для проектування приймаємо електромережі майданчика будівництва.

Розрахункову проектовану температуру повітря у внутрішніх адміністративних та побутових приміщеннях визначаємо у відповідності до таблиці 9 ДБН В.2.2-28:2010 [14], а для приміщень виробничого характеру – у відповідності до технологічного завдання.

У залі фільтрувального обладнання опалення забезпечується за допомогою повітряно-опалювальних агрегатів «AVN-E-15-1», а в інших приміщеннях – за допомогою опалювальних електричних конвекторів «Термія» із термостатами електрично-механічними.

Приміщення підвищувальних насосних агрегатів у холодну пору року не буде опалюватися за умови наявності надлишків тепла у розмірі, більшому за його витрати. На період здійснення ремонтно-аварійних та планово-попереджувальних робіт опалення забезпечується за допомогою повітряно-опалювальних агрегатів «AVN-E-12-1».

Аналогічну умову застосовано до приміщення, в якому розміщені електрощитові.

1.6 Конструктивні рішення

Станція знезалізнення води буде зведена в якості об'єкту нового будівництва в західній частині згаданого вище майданчика будівництва. Станція запроектована як будівля прямокутної форми із металокаркасом, із розмірами 21,0 x 61,5 м. В осях 1–3 передбачено, що будівля матиме два поверхи, а в осях 3–11 – один. Також, в осях 9–11 в будівлі передбачено приміток по всій ширині, глибина – 4,65 м, із окремими приміщеннями, виконаними цегляними стінами, нижче рівня відмітки 0,000, перекритими монолітною залізобетонною плитою, а також із приміщенням

на першому поверсі, виконаним цегляними стінами та із монолітним перекриттям, верх якого запроектовано на відмітці 3,065.

В межах осей 1–8 передбачено монолітні стовпчасті фундаменти Фм1 ... Фм7. Вони мають плитну частину із проєктованими розмірами 2,1 ... 3,0 м x 1,2 ... 2,1 м та товщиною 600 мм на глибині закладання -2,500 м, окрім відповідних заглиблених фундаментів в межах перетинів осей 4/Д, що розташовано під прямком, і по осі 8 з метою плавного переходу до проєктованої заглибленої частини досліджуваної будівлі, яким запроектовано глибину закладання на рівні відмітки -4,400 м.

Плитну частину фундаменту слід армувати по дну в одну сітку із використанням стрижнів $\varnothing 10 \dots 12$ А400С. Підколонник запроектований із перерізом 600 мм x 600 ... 920 мм та армуванням за допомогою стрижнів $\varnothing 10$ А400С, які охоплюються відповідно хомутами $\varnothing 8$ А240С. З метою кріплення металевих колон, у відповідних підколонниках запроектовано анкерні блоки, виконані із фундаментних шпильок М20, М24 та М30 мм, довжиною 710 ... 1000 мм, виконані зі сталі Ст3пс2, що об'єднані стрижнями $\varnothing 8$ А400С. Бетон передбачено класу С16/20.

В межах осей 9–11 передбачено виконання монолітного стрічкового фундаменту ФМС1 у якості підпірної стінки із пілястрами відповідно під колони металокаркасу. Ширина його подошви становить 4,5 м, товщина є змінною: 450 ... 600 мм, а глибина – -5,500 м. Товщина стінки є змінною та становить 600 ... 400 мм. У своїй верхній частині проєктована стінка забезпечена горизонтальною обв'язувальною балкою 300 x 600 мм і вертикальною цокольною стінкою із товщиною 250 мм. Із пілястрів утворюються підколонники із відповідним перерізом по осі 10 – 600 x 600 мм та по осях 9 і 11 – 920 x 600 мм.

Подошву слід армувати сітками як знизу, так і зверху, із використанням поперечних стрижнів $\varnothing 14$ А400С, а також поздовжніх стрижнів $\varnothing 10$ А400С. Верхня сітка передбачена із додатковими стрижнями (поперечними) $\varnothing 20$. Стінка підлягає армуванню сітками на обох гранях за допомогою вертикальних стрижнів $\varnothing 14$ А400С, а також горизонтальних – $\varnothing 10$ А400С. Сітка, змонтована зі сторони ґрунту

повинна мати додаткові стрижні (вертикальні) $\varnothing 20$ A400C. Підколонники підлягають армуванню за допомогою стрижнів $\varnothing 14$ A400C, що відповідно охоплюються хомутами $\varnothing 8$ A240C. Обв'язувальна балка підлягає армуванню за допомогою стрижнів $\varnothing 12$ і $\varnothing 10$ A400C, а також охоплюються хомутами $\varnothing 8$ A240C. Цокольна стінка підлягає армуванню за допомогою стрижнів $\varnothing 12$ та $\varnothing 8$ A400C, а також охоплюються хомутами $\varnothing 8$ A240C. Бетон передбачений класу C16/20.

Зовнішні фундаменти взаємоз'єднуються монолітними цокольними панелями передбаченими ЦПм1 ... ЦПм11, що запроектовані як жорстко об'єднані із підколонниками фундаментів та які утворюють нерозрізну стінку. Цокольні панелі підлягають армуванню за допомогою стрижнів $\varnothing 12$ та $\varnothing 8$ A400C, а також охоплюються хомутами $\varnothing 8$ A240C. Бетон передбачено класу C20/25.

В межах перетину осей 4/Д передбачено приямок Прм1, який відведено для спуску, а також виводу труб за межі проекрованої будівлі. Приямок виконати як жорстко з'єднаний із цокольними панелями, а також підколонником фундаменту. Передбачені внутрішні габарити такого приямку становлять 3,4 x 2,4 м, а глибина відповідно 1,9 м. Товщина стінок та дна проектованого приямку має становити 250 мм.

Приямок підлягає армуванню за допомогою стрижнів $\varnothing 10$ A400C і відповідно хомутів $\varnothing 8$ A240C. Верхній ряд арматури проекрованої стінки зазначеного приямку, що є в свою чергу складовою частиною цокольної стінки, слід виконати за допомогою стрижнів $\varnothing 12$ A400C.

Також, з метою з'єднання із цокольними панелями, запроектовано арматурні випуски $\varnothing 10$ A400C. В межах верхнього внутрішнього ребра запроектовано закладну деталь, виконану із кутика 50x5 із відповідними випусками. На зовнішній стінці проектованого приямка відведено закладні деталі, що мають бути у вигляді пластини, виконаної із випусками, в свою чергу, для приварки до них опорних металевих конструкцій щита, передбаченого з метою накриття приямка.

На зовнішній стінці з метою випуску труб запроектовано сальники DN500. З метою забезпечення належної можливості спуску в приямок, проектом передбачені ходові скоби, виконані із $\varnothing 16$ A240C. Бетон передбачено класу C20/25.

В пониженій частині проекрованої будівлі, з метою збору технологічної води, підлягає виконанню прямокутний Прм2. Його внутрішні габарити становлять 3,0 x 1,4 м, а глибина – 1,3 м. Товщина його стінок і дна – 200 мм. Прямокутний підлягає армуванню за допомогою стрижнів $\varnothing 10$ A400C та відповідних хомутиків $\varnothing 8$ A240C. На верхньому внутрішньому ребру запроектована закладна деталь, виконана із кутика 50x5, а також із випусками. З метою забезпечення можливості спуску в прямокутний запроектовано ходові скоби, виконані із $\varnothing 16$ A240C. Бетон передбачений класу C20/25 із гідрофобізуючим додатком «Пенетрон Адмікс».

На осі 1 в зоні між осями Б та В запроектовано прямокутний Прм3 для запуску кабелів. Внутрішні габарити цього прямокутника становлять 800 x 600 мм, а глибина відповідно 1100 мм. Товщина його стінок і дна становить 100 мм. Прямокутний підлягає армуванню за допомогою стрижнів $\varnothing 10$ A400C. Бетон передбачено класу C20/25.

В заглибленій частині досліджуваної будівлі запроектовано п'ять фундаментів ФНм1 під насоси, їх розміри в плані становлять 2,05 x 1,0 м. Висота зазначених фундаментів 1,25 м пояснюється необхідністю виконання плавного переходу по глибині закладання фундаменту неподалік іншого фундаменту ФМС1. Фундамент підлягає армуванню за допомогою контурних сіток та середньою зі стрижнів $\varnothing 10$ A400C. З метою установки анкерних болтів M24x600, виконаних зі сталі ВСт3пс2, у кількості 4 штуки, запроектовано колодязі 150 x 150 мм, із глибиною 450 мм. Бетон, передбачений для фундаментів, належить до класу C20/25. Анкерні болти запроектовано в колодязях заливати дрібнозернистим бетоном передбаченого класу C20/25. Щілину, утворену між поверхнею фундаменту та насосом, після проведення вивірки слід залити безсадковим розчином.

Під підповерхнями фундаментів та цокольних панелей передбачено бетонну підготовку, яку слід виконати товщиною 100 мм із бетону, що належить до класу C8/10.

Під колонами металевих каркасів передбачено підливка із дрібнозернистого бетону, що належить до класу C20/25.

Зовнішні бічні поверхні запроектованих фундаментів, які контактують із ґрунтом, слід двічі покрити гарячим бітумом по відповідній холодній мастиці із товщиною 3 мм (в сумі).

Внутрішні поверхні проєктованих приямків, внутрішня надземна частина проєктованого ФМС1, як і цокольних панелей, а також надземна частина ФНм1 підлягають обробці композиційним просочувачем.

Котлован слід передбачити не лише для влаштування фундаментів, а також для прокладання технологічних трубопроводів по осях 4-9.

Зворотну засипку котловану слід здійснювати місцевим ґрунтом, однорідним та без органічних домішок, із запланованим пошаровим ущільненням за оптимальної вологості до відповідної щільності сухого ґрунту $\gamma = 1,6 \text{ т/м}^3$.

Передбачено плити підлоги виконати товщиною 150 мм із використанням бетону класу С20/25, із армуванням по дну сітками зі використанням стрижнів $\varnothing 10$ А400С. При цьому, під плитою передбачено бетонну підготовку із товщиною в 100 мм, виконану із бетону класу С8/10 поверх ґрунту, попередньо ущільненому з використанням щебню фракції 20-40 мм шаром 100 мм. В межах осей 1-3/Б-Г для цієї плити передбачити підвищення на 50 та 100 мм під монтаж обладнання. Проєктована поверхня підвищень підлягає обробці композиційним просочувачем.

Між поверхами передбачити перекриття, виконані із монолітних плит товщиною 220 мм. Плити мають спиратися на балки металевого каркасу по осях 1-3, а також на несучі цегляні стіни в межах заглибленої частини по осях 9-10. При цьому, плити в межах осей 1-3 підлягають армуванню зверху та знизу за допомогою сіток, виконаних зі стрижнів $\varnothing 10$ А400С. Консольні звиси, а також плита із автомобільним навантаженням в осях 9-10 підлягають армуванню в стиснутих зонах за допомогою сіток, виконаних зі стрижнів $\varnothing 10$ А400С, а в розтягненій зоні – $\varnothing 16$ А400С з поперечною арматурою передбачено в приопорних зонах з $\varnothing 8$ А240С. На осях 9-10/В-Д проєктоване вбудоване приміщення включає плиту покриття, із товщиною 200 мм, що є обпертою по трьох сторонах відповідно на цегляні стіни. Плита підлягає армуванню за допомогою сіток зі стрижнів $\varnothing 10$ А400С. Бетон передбачено для плит застосувати класу С20/25.

Плита перекриття, запроектована в осях 1-3/Б-Г, має також виконувати роль обмеження та виключення ймовірності потенційного розповсюдження можливої пожежі. Вона повинна відповідати класу вогнестійкості не нижче REI 60.

Наводимо результати виконаного розрахунку межі вогнестійкості залізобетонної плити:

Товщина плити становить $h = 22$ см.

Бетон передбачити важкий на силікатному заповнювачі.

Клас бетону передбачити C20/25.

Щільність бетону становить $\rho = 2350$ кг/м³.

Експлуатаційна вологість бетону становить $w = 2.5\%$.

Клас розтягнутої (нижньої) арматури передбачити A400.

Діаметр стрижнів становить $d = 10$ мм.

Крок стрижнів становить $s = 200$ мм.

Відстань до ц.в. стрижнів становить $a = 35$ мм.

Клас стиснутої (верхньої) арматури передбачити A400.

Діаметр стрижнів становить $d' = 10$ мм.

Крок стрижнів становить $s' = 200$ мм.

Відстань до ц.в. стрижнів становить $a' = 25$ мм.

Характеристичне значення за дослідження згинального моменту від дії постійних і тривалих навантажень становить $M = 0.65$ тм/м.

Розглядається передбачення одностороннього обігріву нижньої сторони.

Тривалість вогневого впливу передбачити $t = 60$ хв.

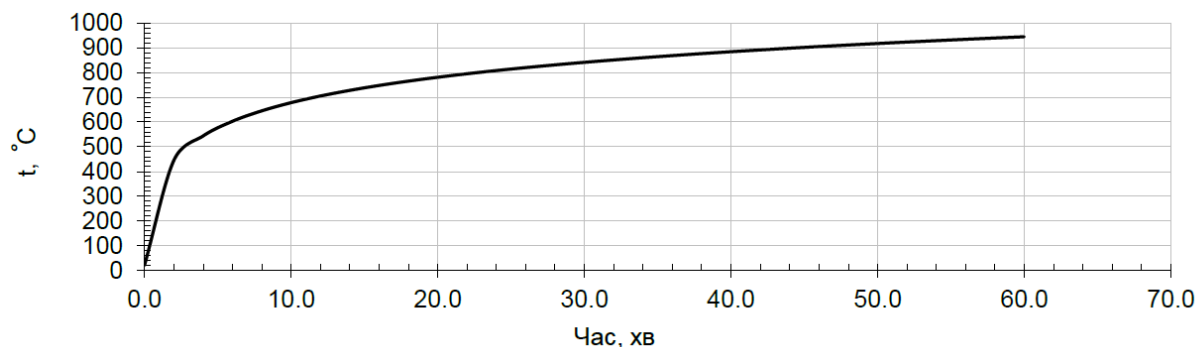


Рисунок 1.2 – Залежність температури стандартної пожежі від часу

Розрахунковий проєктований середній коефіцієнт теплопровідності бетону становить при 450°C , $\lambda = 1.04250 \text{ Вт/м }^{\circ}\text{C}$.

Розрахунковий проєктований середній коефіцієнт теплоємності бетону становить при 450°C , $C = 1.08350 \text{ кДж/кг }^{\circ}\text{C}$.

Приведений проєктований коефіцієнт провідності температури $a_{\text{red}} = 0.00132 \text{ м}^2/\text{год}$.

Коефіцієнт ϕ_1 становить $0.62 \text{ год}^{1/2}$.

Коефіцієнт ϕ_2 становить 0.50 .

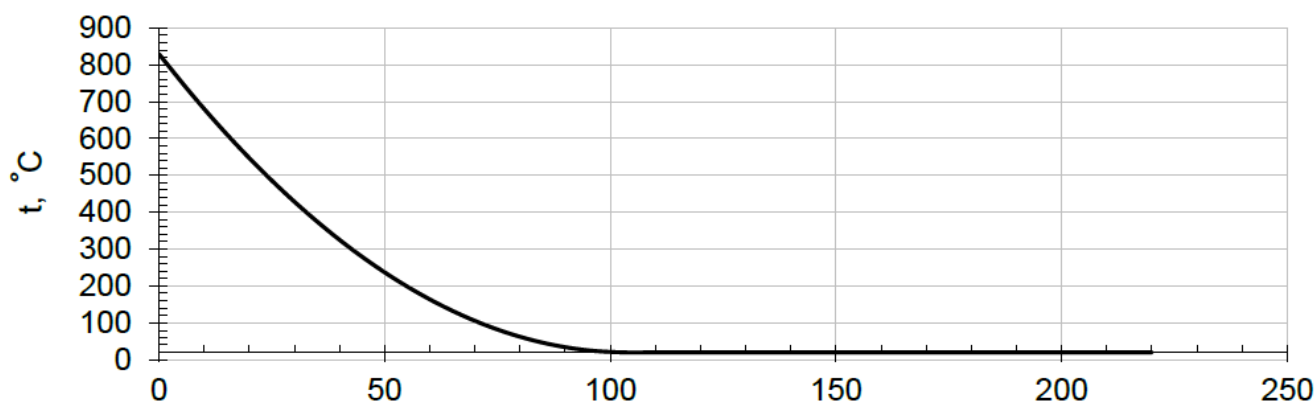


Рисунок 1.3 – Температура прогріву бетонного перерізу

Приведена відстань становить $x_i^* = 0.05754 \text{ м}$.

Товщина шару бетону, прогрівання якого розпочалося, передбачити $l = 0.12593 \text{ м}$.

Відносна відстань становить $r_i = 0.45691$.

Температура арматури становить $t = 374^{\circ}\text{C}$.

Коефіцієнт умов роботи арматури становить $\gamma_{\text{st}} = 0.889$.

Розрахунковий опір бетону становить $R_{\text{bn}} = 18.50 \text{ МПа}$.

Характеристичний опір розтягу арматури становить $R_{\text{sn}} = 400.00 \text{ МПа}$.

Розрахунковий опір стиску арматури становить $R_{\text{sc}} = 355.00 \text{ МПа}$.

Площа арматури розтягнутої становить $A_s = 3.93 \text{ см}^2$.

Площа арматури стисненої становить $A_{s'} = 3.93 \text{ см}^2$.

Робоча висота перерізу становить $h_0 = 18.50$ см.

Висота стиснутої зони перерізу становить $x = 0.00$ см.

Відносна висота стисненої зони становить $\xi = 0.000$.

Гранична висота стисненої зони становить $\xi_R = 0.530$.

Коефіцієнт α_R становить 0.390.

Несуча здатність (M) становить 2.23 т м/м.

Коефіцієнт запасу міцності (K) становить 3.43.

Критична температура бетону становить $t_{cr} = 500^\circ\text{C}$.

Відносна відстань становить $r_1 = 0.36754$.

Товщина шару бетону, що піддається прогріванню до t_{cr} за умови одностороннього обігріву становить $\delta = 23.75$ мм.

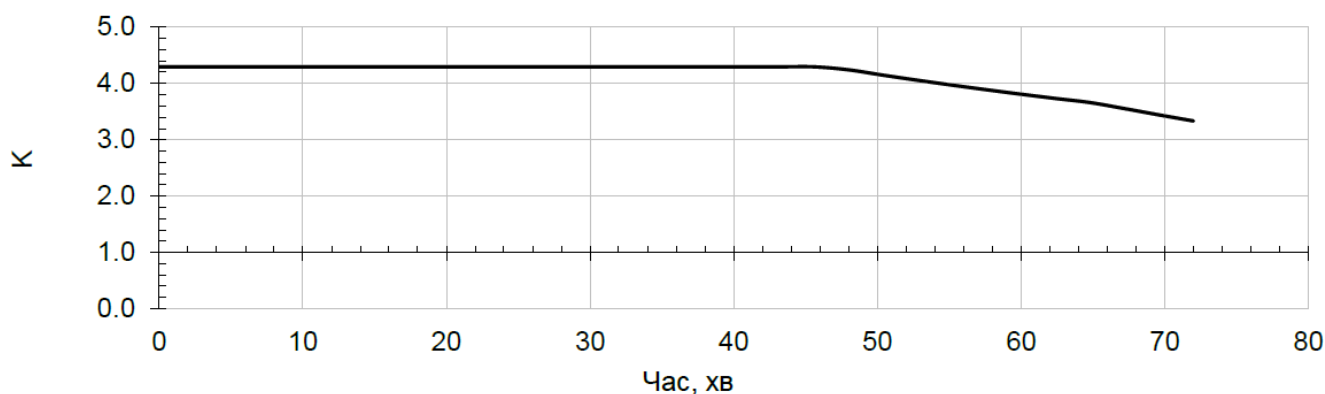


Рисунок 1.4 – Залежність коефіцієнта запасу міцності від тривалості вогневого впливу

За втратою несучої здатності межа вогнестійкості становить 141 хв, а за втратою спроможності ізолювання тепла – 300 хв. За відповідний час втрата цілісності не спостерігається. Таким чином, забезпечено межу REI60.

1.7 Інженерні мережі і обладнання

Запроектовано виконання з'єднаного трубопроводу з метою подачі води, необхідної для виробничих, господарсько-питних та протипожежних потреб, постачання забезпечується із міських мереж водопроводу після насосної станції.

У місці підключення тиск становить 45 м вод. ст. З метою зниження тиску води в зоні до лічильника здійснюється монтаж клапана редукційного D16 Honeywell. Системи внутрішнього постачання води монтуються за допомогою труб з поліпропілену, прокладання – відкрите, а спосіб їх з'єднання – зварювання.

Запроектована витрата на задоволення господарсько-питних потреб була розрахована на підставі вихідних даних, згідно із вимогами ДБН В.2.5-64:2012 [15].

Напір, який є необхідним для станції знезалізнення, становить 0,17 МПа (16,9 м). Розрахунковий напір на зазначені потреби забезпечується завдяки вільному напору в зовнішніх мережах.

Якість води має обов'язково задовольняти вимоги ДСанПіН 2.2.4-171-10 [16].

На вводі трубопроводу постачання води для господарсько-питних потреб до станції знезалізнення здійснюється монтаж вузла обліку зі встановленням лічильника DN25 (Sensus 405S), до водоміра запроектована установка сітчастого фільтра. З метою розрахунку витрат питної води для виробничих потреб, приймаємо водомір DN25 (Sensus 405S).

Для забезпечення ощадного споживання та для забезпечення економії питної води, запроектований монтаж енергозберігаючої водорозбірної арматури.

Для забезпечення можливості внутрішнього пожежогасіння на станції, враховуємо витрати води в розмірі 2,5 л/с. Локація шафи пожежної – приміщення машинного залу. Передбачено внутрішнє пожежогасіння за допомогою кранів пожежних DN 50 мм. Внутрішню мережу пожежогасіння передбачено виконати зі сталевих труб електрозварюванням.

Комплекти пожежних кранів передбачено із врахуванням гасіння кожної точки проектного приміщення за допомогою двох струменів води із продуктивністю, що становитиме мінімум 2,5 л/с для кожного із них, та необхідної висоти струменя компактного. Обладнання пожежного крана складається із: вентиля пожежного DN 50 мм, муфти з'єднувальної, рукава (шланг) відповідного діаметру довжиною 20 м та ствола пожежного із наконечником (сприском) DN 16 мм. Крани пожежні запроектовано на висоті 1,35 м від підлоги. Дверцята шафок запроектовані зі скляними вікнами.

Запроектовано також монтаж системи каналізації (побутової) з метою відведення стоків зі сантехнічних приладів станції. Відведення умовно чистих стоків води із обладнання технологічного процесу передбачено окремими лініями із розривом струменя до каналізації (побутової). Випуск передбачається до внутрішніх мереж майданчика. Водовідведення запроектовано самопливним.

Трубопроводи водовідведення передбачені із ПВХ-труб. Сантехнічні системи всередині приміщення слід монтувати, згідно із вимогами ДБН В.2.5-64:2012, ДСТУ-Н Б В.2.5-40:2009, ДБН А.3.2.2-2009 [15, 17, 18] та рекомендаціями відповідних виробників (постачальників) продукції (обладнання). З метою виконання з'єднань нерознімних передбачено використання труб та фасонини із полімерного матеріалу однакових характеристик.

Труби та заготовки із пластику, що поставляються на об'єкт будівництва взимку, слід спочатку витримати в приміщенні при температурі не менше +5°C протягом мінімум двох годин до їх застосування.

Місця з'єднання відповідних трубопроводів передбачити на відстані мінімум 50 мм від точки кріплення.

У випадках перетину перекриття, стін чи перегородок водопроводами і трубопроводами каналізації – передбачити закладання гільз. Їх внутрішній діаметр має бути на 15-20 мм більшим від зовнішнього діаметра відповідних труб. Ущільнення передбачене із негорючої мінвати. Їх покриття виконати ґрунтовкою ГФ-021 (два шари). Краї виконати у рівень із краями відповідних стін чи перегородок та на 20-30 мм вище відмітки чистої підлоги.

З метою запобігання газопроникнення до будівлі, виконати ущільнення випусків (вводів) інженерних мереж комплексом К7373-3.

1.8 Висновки до розділу 1

В рамках розроблення архітектурно-будівельного розділу, досліджено район і ділянку будівництва (надано коротку характеристика району та майданчику будівництва, кліматичних умов, досліджено інженерно-геологічні та гідрологічні

умови ділянки), описано генеральний план (наведено обґрунтування прийнятого рішення, наведено інформацію про майданчики та автостоянки для постійного та тимчасового зберігання автомобілів, розпланування, забудову та організацію рельєфу ділянки, надано техніко-економічні показники по генплану), розроблено архітектурно-планувальні рішення (надано характеристику технологічного процесу, опис прийнятого рішення та його обґрунтування, техніко-економічні показники), описано заходи опорядження будівлі, енергоефективності, конструктивні рішення та інженерні мережі і обладнання.

Станція знезалізнення води буде зведена в якості об'єкту нового будівництва в західній частині майданчика будівництва. Будівля має бути виконана за типом каркасу зі сталевих конструкцій. Її зовнішні стіни, як і покриття, мають бути виконані із сендвіч-панелей сталевих профільованих, заводського виготовлення, із передбаченим утеплювачем, виконаним із мінеральної вати. В корпусі проектується розміщення основного процесу виробництва зі знезалізнення питної води, закінченого повного технологічного циклу, а також приміщень, що мають додаткове, адміністративне та санітарно-побутове призначення.

РОЗДІЛ 2

РОЗРАХУНКОВО-КОНСТРУКТИВНИЙ

2.1 Несуча система будівлі

Каркас будівлі виконати із металоконструкцій. У якості відносної відмітки 0,000 взято рівень чистої підлоги поверху I. Низ бази колони запроектовано на відмітці -0,250.

Змінною у ригеля рами каркаса є відмітка низу несучої конструкції, що становить від +6.440 до +8.215. В межах осей 1–3 запроектовано перекриття, що має крок колон 6 м (по цифровим), а також 5,5 і 5 м (по літерним). Стосовно перекриття, висота до верхнього поясу балок становить 3,040 м та 3,940 м.

Каркас проектованої станції – це одно-пролітні рами на осях 3-9, що мають крок 6,25м, а висота до низу конструкцій – це 6,44 м. В межах осей 1-3, Г-Д запроектована підкранова балка із розрахунковою вантажопідйомністю величиною в 1 т.

Висота розміщення підкранових рейок становить 4,930 м. В межах осей 9-11 запроектована підкранова балка із розрахунковою вантажопідйомністю величиною в 3,2 т. Висота розміщення підкранових рейок становить 4,330 м.

Стосовно покрівлі, колони та балки в осях 3-9 запроектовано змінного перерізу типу двотавр. Передбачено жорстке з'єднання колони до покрівельної балки. База колони запроектована в площі рами – із шарнірним з'єднанням, і з'єднанням із площини рами – жорстким.

В межах осей 1-3 та 9-11 передбачено колони і балки перекриття й покрівлі постійного перерізу типу двотавр. Для підкранових балок колони запроектовані ступінчасті, з'єднанням колони з фундаментом – жорстке.

Будівля оснащена двома мостовими електричними кранами, однобалочними, із запроектованою вантажопідйомністю в розмірі 2т, в прольотах 1-3, Г-Д та 9-11, А-Д.

Режим передбачений для роботи кранів (усіх) – 3К ДСТУ EN 13001-1:2018 чи АЗ ІСО 4301-1-86. Навантаження враховано на основі даних із техпаспортів.

Підкранові балки передбачені для опорних кранів вантажопідйомністю 2т запроектовані зі зварного двотавру. Гальмівні конструкції для зазначених балок передбачені також із зварного двотавру, а також прокатних профілів.

Схема конструктиву: рамно-в'язевий каркас. В якості основних несучих конструкцій каркасу передбачено рами, з'єднані за системою горизонтальних та вертикальних в'язей, а також розпірок. Рами каркасу станції передбачено виконати із елементів із суцільними стінками.

Геометрична незмінність та стійкість станції забезпечується конструкціями несучих рам в поперечному напрямку, системою вертикальних в'язів і розпірок в поздовжньому напрямку, а також жорстким сполученням колон та фундаментної плити повздовж площі рам.

Стійкість рамного ригеля передбачено досягнути системою горизонтальних в'язів та прогонів, а також за рахунок пристрою підкосів, які передбачено кріпити до покрівельних прогонів та протилежного ригельного поясу.

Жорсткість проектного покриття досягається системою горизонтальних в'язів та прогонів по рамному ригелю. Внесення прогонів в роботу покриття виконується за допомогою кріплення профнастилу до відповідних прогонів на кожній із хвиль; жорсткість стін торцевих виконується системою розпірок по фахверкових стойках. Горизонтальні зв'язки покриття запроектовані в площі рамного ригеля.

Для колон каркасних рам передбачено перетин змінний по висоті будівлі, ці колони передбачено виконати зі двотавру зварного. На осях 1, 2, 3, 9, 10, 11 колони передбачені зі двотавру зварного постійного перетину. Ригелі каркасних рам передбачені зі двотавру зварного змінної висоти та двотавру гарячого катання.

Горизонтальні та вертикальні в'язі передбачено виконати жорсткими із квадратної труби 100х3. Стійки фахверкові, розпірки та фахверк для проїомів вікон передбачено із квадратної труби. Передбачено виконати С-образні стінові прогони холодного катання для кріплення сендвічу. Прогони покрівлі передбачено холодного катання Z-подібні, що мають бути розташовані за нерозрізною схемою.

2.2 Конструкції металеві

Сортамент проєктованих профілів прокатних належить до переліку профілів, які виготовляються на території України та доступні для постачання. Марка сталі елементів передбачені у відповідності до таблиці Г.1 ДБН В.2.6-198:2014 [19]. Елементи конструктиву передбачені зі двотаврів зварних постійного або перемінного перерізу та також профілів гарячого катання.

Зварні шви для заводських з'єднань проєктовано здійснювати зварюванням автоматичного типу.

З'єднання монтажні проєктовано здійснювати на болтах М16, М20, М24 із передбаченим класом міцності 8.8 та із частковою різьбою, згідно із ДСТУ ISO 898-1:2015 [20], клеймом заводу-виробника та маркою зазначення класу міцності, передбачений клас точності – В, для гайок М16, М20, М24 передбачений клас міцності 8,8. Стосовно болтових з'єднань проєктовано засоби попередження гайкового відгвинчування (монтаж пружних шайб чи гроверів).

Фланцеві монтажні з'єднання передбачено на болтах високої міцності М20, М24 40х, високоміцні гайки М20, М24, а також до них шайби. Отвори передбачені для болтів М20 – діаметром 23 мм, а для М24 – 27 мм.

Передбачено антикорозійний захист у відповідності до ДСТУ-Н Б В.2.6-186:2013 [21], при цьому враховано середовища як слабо агресивне. Попередньо до ґрунтування конструкцій сталевих, їх слід ретельно очистити від корозії, окислі та плям жиру, згідно із ДСТУ Б А3.2-10:2009 [22]. Другий ступінь очищення має бути забезпечено для поверхонь.

Металоконструкції передбачено пофарбувати в 2 шари емаллю ПФ115 поверх шару ґрунтовки ГФ-021. Товщина покриття (загальна) передбачена 120 мкм. Допускається застосування аналогів, які мають наявний профільний сертифікат відповідності.

Антикорозійний захист передбачено здійснювати у відповідності до ДСТУ-Н Б В.2.6-186:2013, ДСТУ Б А.3.2-10:2009 [21, 22].

Роботи із забезпечення вогнезахисту для металоконструкцій передбачено, згідно із ДСТУ EN 13381-4:2022 [23].

Заходи вогнезахисту конструкцій будівельних плануються та здійснюються ліцензованою спецорганізацією із відповідним дозволом.

Місця, в яких можливе потрапляння вологи, зазори та нещільності між елементами замкненого профілю – передбачено ретельно зашпарувати герметиком.

2.3 Розрахунок конструкцій металевих

2.3.1 Загальні дані

Перетин, передбачений для кожної групи елементів розрахункової моделі:

- колона К1 та балка Рг1 – двотавр зварний змінної висоти 240/742х6мм, пояса 290х14мм;
- колона К2 та балка Б2 – двотавр зварний постійної висоти 324х6мм, пояса 192х10мм;
- балка Б1 – двотавр зварний постійної висоти 324х6мм, пояса 242х10мм;
- балка Рг2 – двотавр гарячого катання ІРЕ30;
- балка Рг3 – двотавр зварний постійної висоти 490х6мм, пояса 250х10мм;
- колона К3 – двотавр зварний ступінчастий, стінка в нижній частині, 490х6мм, верхній 324х6мм, пояса 192х10мм;
- колона К4 – двотавр зварний ступінчастий, стінка в нижній частині, 490х6мм, верхній 324х6мм, пояса 242х12мм знизу та 242х10мм зверху;
- підкранова балка Бк1 – двотавр зварний постійної висоти 450х6мм, пояса 290х10мм – верхній, 200х10 – нижній;
- розпірка Р1 – труба квадратна 80х3;
- стійка С1 – труба квадратна 160х6;
- в'язь В1 – прутки Д20;
- прогін Z+250х75/65х2 – Z-подібні холодного катання товщиною 2мм.

Марка сталі, передбачена для підкранової балки Бк1 та прогону Z+250x75/65x2, запроектована С345, а для всіх інших груп елементів розрахункової моделі – С245.

Граничні умови: колони К1 в площині закріплені шарнірно, із площини – жорстко; колони К2 в площині та із площини – шарнірно; колони К3, К4 в площині – жорстко, із площини – шарнірно; стійка С1 в площині та із площини – жорстко.

Використовувались наступні програмні продукти: ПК «SCAD» із додатком «Кристал».

2.3.2 Збір навантажень

Коефіцієнт надійності за навантаженням запроектовано у відповідності до ДБН В.1.2-2:2006 [10]. Вітрове навантаження було визначено з програми «Вест». При цьому, характеристичне значення становить 53 кг/м². Тип місцевості – II.

Таблиця 2.1 – Відомість навантажень

Вид навантажень	Тип	Нормативне	Коефіцієнт надійності по навантаженню, γ	Розрахункове
Снігове	змінне		ДБН В.1.2-2:2006	142 кг/м ²
Вітрове (в лапках вказано для h=7м)	змінне	Для типу місцевості II	ДБН В.1.2-2:2006	0,051(0,056)/-0,032(-0,035) кг/м ²
Постійне на покрівлю - набірний сендвіч - вага прогонів покриття	постійне	40 кг/м ² 5 кг/м ²	1,2 1,05	48 кг/м ² 5,3 кг/м ²
Корисне на покрівлю	тривале	30 кг/м ²	1,2	36 кг/м ²
Постійне на перекриття	постійне	354 кг/м ²	1,1	390 кг/м ² (по експлікації підлоги 120+30мм)
Корисне на перекриття	тривале	200 кг/м ²	1,2	240 кг/м ²

Продовження таблиці 2.1

Кран-балка 2 т Б6-1-1 серія 1.426.2-7	тривале	По серії 1.426.2-6.1		2250 кг – вертикальне 180 кг – поздовжнє 90 кг – поперечне
Від технологічного трубопроводу на колону на висоті 2 м	тривале	1800 кг	1,2	2160 кг
Власна вага	постійне	Задано SCAD	1,05	

2.3.4 Колони перемінного перерізу (Колона К1)

Зусилля у вузлі на стику із балкою покрівельною:

$$N = -16.6 \text{ т};$$

$$M_y = 56,2 \text{ т} \cdot \text{м};$$

$$Q_z = 9,3 \text{ т};$$

$$M_z = 0,07 \text{ т} \cdot \text{м};$$

$$Q_z = 0,04 \text{ т}.$$

Розрахунок виконано за допомогою програми «Кристал». Група конструкцій підібрана, згідно із додатком Г ДБН В.2.6-198:2014 [19]. Коефіцієнт надійності по відповідальності становить 1,25. Коефіцієнт робочих умов становить 1. Не допускається непружна робота перетину.

Довжина елемента передбачена $L = 6,5$ м. Відстань між точками розкріплення із площі – 6,5 м. Гранична гнучкість елементів стиснутих становить 180. Гранична гнучкість елементів розтягнутих становить 300.

Розрахункова довжина в площі ХОУ становить 0,7. Вид проектованої рами – вільна. Поверховість передбачена одноповерхова.

Схема обпирання передбачена як шарнір. Кількість прольотів передбачено 1. Величина прольоту зліва становить $L_1 = 21$ м. Жорсткість ригеля, який буде примикати зліва до верху колони, $J_{s1} = 76805,998 \text{ см}^4$.

Розрахункова довжина в площі XOZ становить 3,567.

$$N = -16.6 \text{ т};$$

$$M_{1y} = 0 \text{ т} \cdot \text{м};$$

$$Q_{z1} = 8.646 \text{ т};$$

$$M_{y2} = 56.2 \text{ т} \cdot \text{м};$$

$$Q_{z2} = 8.646 \text{ т};$$

$$q_z = 0 \text{ т/м}.$$

Перевірка результатів розрахунку (із зазначенням коефіцієнту використання та п. ДБН В.2.6-198:2014):

- міцність при дії моменту згину $M_y - 0,81$ – див. п.9.2.1;
- міцність при дії поперечної сили $Q_z - 0,181$ – див. п.9.2.1;
- міцність за спільної дії поздовжньої сили та моментів згину, невраховуючи пластику – 0,875 – див. п.10.1.1;
- міцність при стиску/розтягу центральному – 0,067 – див. п.8.1.3;
- міцність по приведених напруженнях за одночасної дії моменту згину та поперечної сили – 0,69 – див. п. 9.2.1;
- гранична гнучкість в площі XOY – 0,225 – див. п.13.4.1;
- гранична гнучкість в площі XOZ – 0,235 – див. п.13.4.1.

Коефіцієнт використання становить 0,875 – Міцність за спільної дії поздовжньої сили та моментів згину, невраховуючи пластику.

2.3.5 Покрівельні балки перемінного перерізу (Балка Рг1)

Зусилля у вузлі на стику проектованої балки з колоною:

$$N = -12.1 \text{ т};$$

$$M_y = -56.2 \text{ т} \cdot \text{м};$$

$$Q_z = 14.2 \text{ т};$$

$$M_z = 0.02 \text{ т} \cdot \text{м};$$

$$Q_y = 0.01 \text{ т}.$$

Розрахунок виконано за допомогою програми «Кристал». Група конструкцій підібрана, згідно із додатком Г ДБН В.2.6-198:2014 [19]. Коефіцієнт надійності по відповідальності становить 1,25. Коефіцієнт робочих умов становить 1. Гранична гнучкість для елементів стиснутих становить 120. Гранична гнучкість для елементів розтягнутих становить 300.

Довжина елемента становить 5,5 м.

Розрахункова довжина в площі XOY становить 1.

Розрахункова довжина в площі XOZ становить 1.

Відстань між точками розкріплення із площі становить 5 м.

$$N = -12.1 \text{ т};$$

$$M_y = 56.2 \text{ т} \cdot \text{м};$$

$$Q_z = 14.2 \text{ т};$$

$$M_z = 0.02 \text{ т} \cdot \text{м};$$

$$Q_y = 0.01 \text{ т}.$$

Таблиця 2.2 – Перевірка результатів розрахунку, Балка Рг1

Згідно із ДБН В.2.6-198:2014, пункт/підпункт	Перевірка	Коефіцієнт використання
9.2.1	Міцність при дії згинального моменту M_y	0,81
9.2.1	Міцність при дії згинального моменту M_z	0,003
9.2.1	Міцність при дії поперечної сили Q_y	1,593*10-004
9.2.1	Міцність при дії поперечної сили Q_z	0,298
10.1.1	Міцність при спільній дії повздовжньої сили і згинальних моментів з урахуванням пластики	0,764
8.1.3	Стійкість при стисненні в площині XOY (XOU)	0,072
8.1.3	Стійкість при стисненні в площині XOZ (XOV)	0,05
10.2.8, 10.2.10	Стійкість в площині дії моменту M_z при відцентровому стисканні	0,072
10.2.4, 10.2.5, 10.2.8	Стійкість із площини дії моменту M_z при відцентровому стисканні	0,05

Продовження таблиці 2.2

9.2.1	Міцність по приведених напруженнях при одночасній дії згинального моменту і поперечної сили	0,709
9.4.1	Стійкість плоскої форми вигину	0,835
13.4.1	Гранична гнучкість в площині XOY	0,681
13.4.1	Гранична гнучкість в площині XOZ	0,139

Коефіцієнт використання становить 0,835 – Стійкість плоскої форми вигину.

Зусилля у вузлі стику проєктованих балок по коньку:

$$N = -9.9 \text{ т};$$

$$M_y = 13.9 \text{ т} \cdot \text{м};$$

$$Q_z = 2.9 \text{ т};$$

$$M_z = 0.05 \text{ т} \cdot \text{м};$$

$$Q_y = 0.01 \text{ т}.$$

Розрахунок виконано за допомогою програми «Кристал». Група конструкцій підібрана, згідно із додатком Г ДБН В.2.6-198:2014 [19]. Коефіцієнт надійності по відповідальності становить 1,25. Коефіцієнт робочих умов становить 1. Гранична гнучкість для елементів стиснутих становить 120. Гранична гнучкість для елементів розтягнутих становить 300.

Довжина елемента становить 5,5 м.

Розрахункова довжина в площі XOY становить 1.

Розрахункова довжина в площі XOZ становить 1.

Відстань між точками розкріплення із площі становить 5,5 м.

$$N = -9.9 \text{ т};$$

$$M_y = 13.9 \text{ т} \cdot \text{м};$$

$$Q_z = 2.9 \text{ т};$$

$$M_z = 0.05 \text{ т} \cdot \text{м};$$

$$Q_y = 0.01 \text{ т}.$$

Перевірку здійснено.

2.3.6 Колони постійного перерізу (K2)

Зусилля у вузлі на стику зазначеної колони:

$$N = -5,5 \text{ т};$$

$$M_y = 3,5 \text{ т} \cdot \text{м};$$

$$Q_z = 1,5 \text{ т};$$

$$M_z = 0,1 \text{ т} \cdot \text{м};$$

$$Q_y = 0,05 \text{ т}.$$

Група конструкцій підібрана, згідно із додатком Г ДБН В.2.6-198:2014 [19]. Коефіцієнт надійності по відповідальності становить 1,25. Коефіцієнт робочих умов становить 1. Не допускається непружна робота перетину.

Довжина елемента становить 6,5 м. Відстань між точками розкріплення із площі становить 3,5 м. Гранична гнучкість для елементів стиснутих становить 180. Гранична гнучкість для елементів розтягнутих становить 300.

Розрахункова довжина в площі XOY становить 1.

Вид проекрованої рами – вільна. Поверховість передбачена одноповерхова. Схема обпирання передбачена як шарнір. Кількість прольотів передбачено 1. Величина прольоту зліва становить $L1 = 5,5 \text{ м}$. Жорсткість ригеля, який буде примикати зліва до верху колони, $J_{s1} = 11770 \text{ см}^4$. Розрахункова довжина в площі XOZ становить 2,314.

$$N = 5,5 \text{ т};$$

$$M_{y1} = 5,3 \text{ т} \cdot \text{м};$$

$$Q_{z1} = -0,815 \text{ т};$$

$$M_{y2} = 0 \text{ т} \cdot \text{м};$$

$$Q_{z2} = -0,815 \text{ т};$$

$$q_z = 0 \text{ т/м}.$$

Коефіцієнт використання зафіксовано на рівні 0,799 – Гранична гнучкість в площі XOY.

Таблиця 2.3 – Перевірка результатів розрахунку, Колона К2

Згідно із ДБН В.2.6-198:2014, пункт/підпункт	Перевірка	Коефіцієнт використання
9.2.1	Міцність при дії згинального моменту M_y	0,375
9.2.1	Міцність при дії поперечної сили Q_z	0,039
10.1.1	Міцність при спільній дії повздовжньої сили і згинальних моментів без урахування пластики	0,424
8.1.3	Стійкість при стисненні в площині XOY (XOU)	0,162
8.1.3	Стійкість при стисненні в площині XOZ (XOV)	0,094
10.2.2, 10.2.10	Стійкість в площині дії моменту M_y при відцентровому стисканні	0,467
10.2.4, 10.2.5, 10.2.8	Стійкість із площини дії моменту M_y при відцентровому стисканні	0,753
8.1.3	Міцність при центральному стиску/розтягу	0,051
9.2.1	Міцність по приведених напруженнях при одночасній дії згинального моменту і поперечної сили	0,308
13.4.1	Гранична гнучкість в площині XOY	0,799
13.4.1	Гранична гнучкість в площині XOZ	0,57

2.3.7 Зведення підсумків розрахунків решти відповідних елементів розрахункової моделі

Згідно із проведеними розрахунками, в тому числі після проведення перевірок, одержано наступні значення:

- балка перекриття Б1:

$$N = 0.9 \text{ т}; M_y = 14.6 \text{ т} \cdot \text{м}; Q_z = 10.6 \text{ т}; M_z = 0.08 \text{ т} \cdot \text{м}; Q_y = 0.01 \text{ т};$$

- балка покрівлі РГ2:

$$N = 1.2 \text{ т}; M_y = 4.8 \text{ т} \cdot \text{м}; Q_z = 4.8 \text{ т}; M_z = 0.03 \text{ т} \cdot \text{м}; Q_y = 0.01 \text{ т};$$

- балка покрівлі РГ3:

$$N = -2.8 \text{ т}; M_y = 20.9 \text{ т} \cdot \text{м}; Q_z = 4.1 \text{ т}; M_z = 0.06 \text{ т} \cdot \text{м}; Q_y = 0.02 \text{ т};$$

- колона К3:

$$N = 7.7 \text{ т}; M_{y1} = 3.2 \text{ т} \cdot \text{м}; Q_{z1} = -0.438 \text{ т};$$

$$M_{y2} = 0 \text{ т} \cdot \text{м}; Q_{z2} = -0.438 \text{ т}; q_z = 0 \text{ т/м};$$

- колона К4:

$$N = -11.5 \text{ т}; M_{y1} = 1.3 \text{ т} \cdot \text{м}; Q_{z1} = -0.153 \text{ т};$$

$$M_{y2} = 0 \text{ т} \cdot \text{м}; Q_{z2} = -0.153 \text{ т}; q_z = 0 \text{ т/м}.$$

2.4 Висновки до розділу 2

В рамках виконання розрахунково-конструктивного розділу досліджено несучу систему будівлі, описано та підібрано відповідні металеві конструкції, зібрано навантаження, здійснено розрахунок металоконструкцій та їх перевірку на відповідність, зокрема для колон та балок (як перемінного, так і постійного перерізу).

В результаті проведеного дослідження, що включало розрахунки, для будівництва досліджуваної споруди підібрано металеві конструкції, які відповідатимуть нормативам, в тому числі ДБН В.2.6-198:2014 «Сталеві конструкції. Норми проектування» [19].

За умови виконання запроектованих робіт у відповідності із проектною документацією, нормативними актами та із належним наглядом, має бути забезпечено довговічність (термін служби) споруди, саме 60 років.

РОЗДІЛ 3

НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ

3.1 Загальні відомості

При інженерних розрахунках, а саме дослідженні фундаментів, достатню точність мають методи, що не враховують спільну дію каркасу, фундаментів і основи. Для ґрунтів, які мають хороші фізико-механічні властивості, такий варіант є надійним рішенням і не потребує значних затрат, а основи, що складаються з ґрунтів в яких попередні параметри є значно меншими, мають меншу несучу здатність, а їх деформівність більша, тому для точнішого дослідження використовують інші методи розрахунку, для їх здешевлення чи кращого розуміння поведінки конструкцій.

Багато праць присвячені дослідженням різних методів розрахунку основ і фундаментів, і в залежності від методу, розрахункової програми, форми та розмірів скінчених елементів, врахування властивостей за межею лінійного деформування основи, врахування взаємного впливу та спільної дії з каркасом, результати могли змінюватись на 10-50% [1, 2, 3, 4, 5]. Така відмінність в результатах, при однакових початкових даних, показує, що один метод розрахунку основи не може підходити для всіх ситуацій, і потрібно підбирати метод під певні умови для оптимізації розмірів фундаментів.

Для того, щоб детально визначити осідання основи під фундаментами було досліджено декілька методів розрахунку: ручний розрахунок відповідно до ДБН В.2.1-10-2018 [6] з визначенням осідання кожного елементарного шару і його сумуванням; автоматизований розрахунок в ЛПРА-САПР на вкладці визначення коефіцієнтів постелі відповідно до ДБН В.2.1-10-2018 [6]; розрахунок осідання основи методом пружного напівпростору в системі ГРУНТ [8], та подальшій комбінації зі скінчено-елементною моделлю.

Для дослідження приймаємо фундаменти, які підібрані в попередньому розділі (рис. 3.1), а також задаємо відповідні характеристики ґрунтів, для відповідного розрахунку.

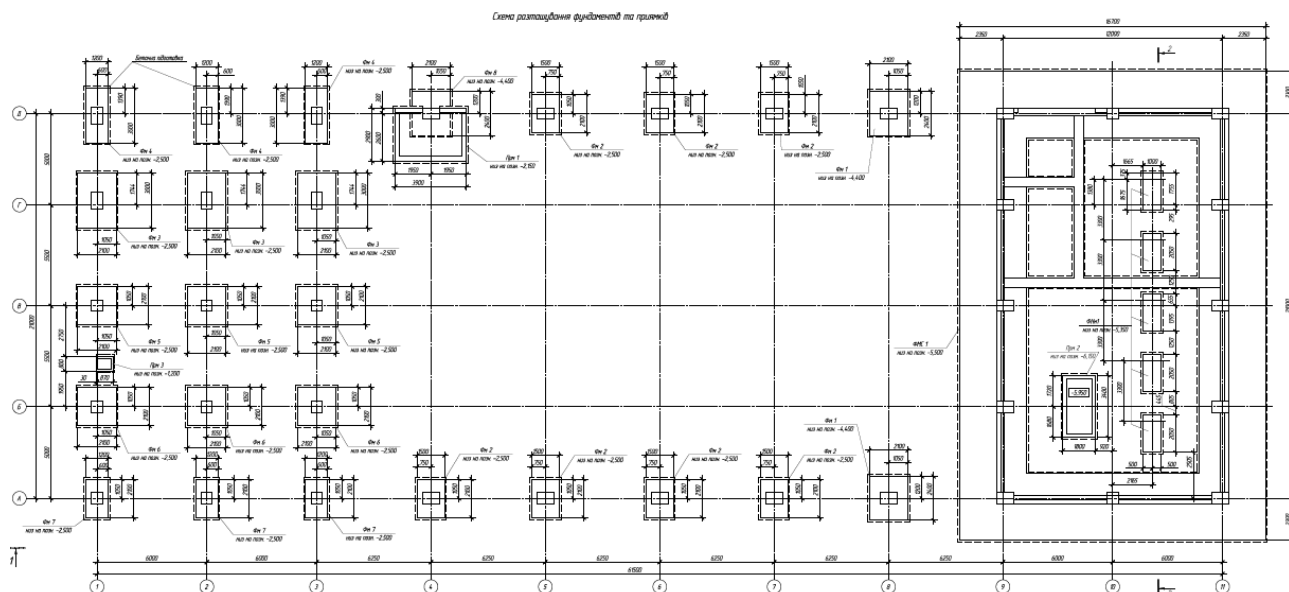


Рисунок 3.1 – Схема розміщення монолітних фундаментів

З рисунка бачимо, що майже всі фундаменти мають різну конфігурацію, і оскільки їх розрахунок виконаний в попередньому розділі, то для порівняльних цілей достатньо зробити один перевірочний розрахунок.

Для перевірки приймемо центрально навантажений фундамент Фм-5 (див. рис. 3.1), який знаходиться в середині адміністративних приміщень і сприймає навантаження з першого і другого поверху, а також покрівлі.

3.2 Аналітичний розрахунок основи

Навантаження, що діють на конструкції і передаються на основу зібрані в попередньому розділі, і для Фм-5 вони мають наступні значення: зусилля від постійних навантажень, а саме власної ваги каркасу і конструкцій покриття, перекриття і підлог по ґрунту, $Q_{\text{каркас}} = 300$ кН, зусилля від тривалих і короткотривалих навантажень, а саме корисного для адміністративних приміщень, вага перегородок і комунікацій, снігове для Тернополя, $Q_{\text{коротк.}} = 225$ кН, зусилля від власної ваги фундаменту $Q_{\text{фунд.}} = 90$ кН, зусилля від ваги ґрунту зворотної засипки на уступах фундаменту з врахуванням призми обвалення $Q_{\text{ґрунт}} = 340$ кН.

Призначимо комбінацію цих навантажень як розрахунковими, тоді зусилля що передаються на основу становлять $Q_{\text{загал.}} = Q_{\text{каркас}} + Q_{\text{коротк}} + Q_{\text{фунд.}} + Q_{\text{грунт}} = 300 + 225 + 90 + 340 = 955 \text{ кН}$.

Визначимо несучу здатність основи під подошвою фундаменту відповідно до п. 8.9.2, ДБН В.2.1-10-2018 [6], і рекомендацій «Додатка Ж» ДБН В.2.1-10-2009 [7].

Відповідно до вище згаданих вказівок, граничний опір основи становить – $N_u = 5\,979 \text{ кН}$, що відповідає вимогам $Q_{\text{загал.}} = 955 \text{ кН} \leq N_u \cdot \gamma_c / \gamma_n = 5\,979 \cdot 0,9 / 1,1 = 4\,891 \text{ кН}$. Отже, несуча здатність основи достатня на відповідній відмітці і з відповідними інженерно-геологічними елементами.

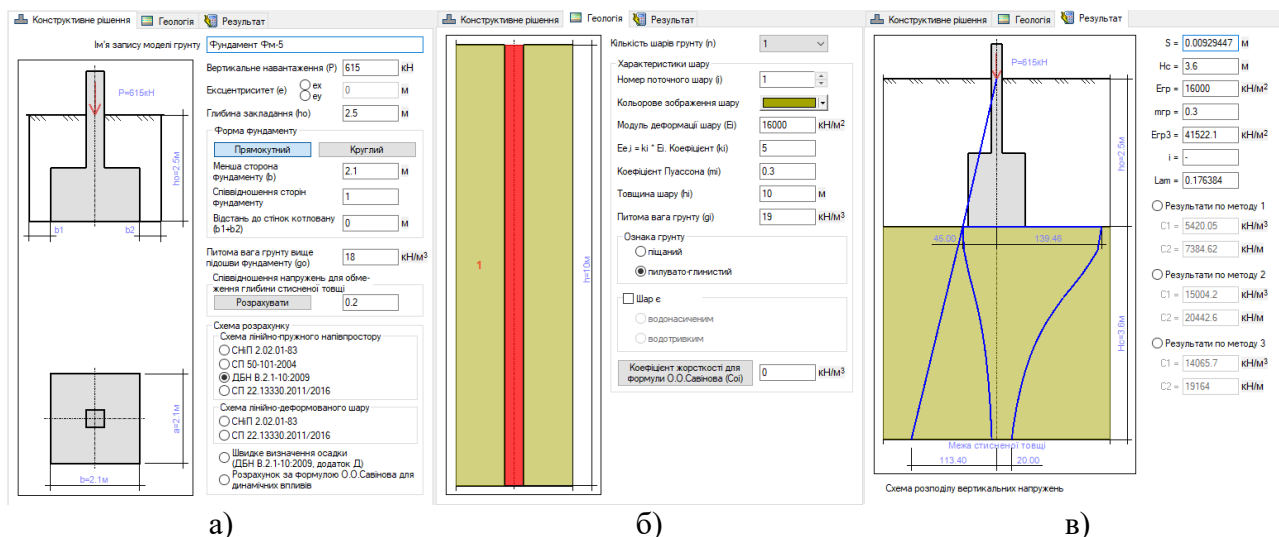
Визначимо розрахунковий опір ґрунту на відповідній відмітці під подошвою фундаменту відповідно до п. 8.6.7, ДБН В.2.1-10-2018 [6], і рекомендацій «Додатка Е» ДБН В.2.1-10-2009 [7].

Визначення розрахункового опору під подошвою фундаменту виконується відповідно до наступної формули (3.1) із відповідними значеннями, наведеними в пункті Е.4 [7]:

$$R = \frac{\gamma_{c1}\gamma_{c2}}{k} [M_\gamma k_z b \gamma'_{11} + M_q d_1 \gamma'_{11} + (M_q - 1) d_b \gamma'_{11} + M_c c_{11}], \quad (3.1)$$

Отже, розрахунковий опір основи під фундаментом становить – $R = 273,55 \text{ кПа}$, відповідно напруження під подошвою фундаменту не повинні перевищувати ці значення. Напруження під подошвою фундаменту визначаються, як відношення зусиль, які діють на основу та площі самого фундаменту, тому ці напруження становлять – $\sigma = Q_{\text{загал.}} / (a \cdot b \cdot \gamma_c) = 955 / (2,1 \cdot 2,1 \cdot 0,9) = 240,62 \text{ кПа}$. При такому напруженні оптимальні параметри фундаменту становлять 1,96 м, відповідно до кратності 0,3 м, фундаменти прийняті 2,1х2,1 м.

Отже, габарити фундаменту визначені правильно, тому визначимо осідання основи методом пошарового додавання, відповідно до п. 8.6 ДБН В.2.1-10-2018 [6], і рекомендацій «Додатка Д» ДБН В.2.1-10-2009 [7].



а) – конструктивні рішення фундаменту; б) – характеристики основи;
в) – результати розрахунку

Рисунок 3.2 – Метод автоматизованого розрахунку осідання основи в ЛІРА-САПР

Отже, осідання основи, отримане автоматизованим розрахунком в ЛІРА-САПР, становить 9,295 мм. Даний результат є на 1,3% меншим від ручного аналітичного розрахунку, це пояснюється більшою точністю при визначенні стиснутої товщі. Оскільки різниця даних розрахунків дуже мала, то обидва методи можна вважати коректними і достатньо точними.

3.3 Розрахунок пружної основи в підсистемі ҐРУНТ

Наступним методом дослідження буде створення масиву ґрунту в підсистемі ҐРУНТ (ЛІРА-САПР). Відповідно до розміщення розвідувальних свердловин і потужності шарів моделюємо основу (рис. 3.3).

На відповідні шари основи задаємо їхні фізико-механічні властивості. Застосовуємо параметри розрахунку, а саме відповідно до ДБН В.2.1-10-2018 [6]. Навантаження на основу задаємо у вигляді штампів із відповідним напруженням.

Для розрахунку основи за статичними навантаженнями в підсистемі ҐРУНТ доступно 3 різні методи: за моделлю Пастернака; за моделлю Вінклера-Фусса; за модифікованою моделлю Пастернака. Після розрахунку, отримуємо результати для всіх трьох моделей відповідно (рис. 3.4, 3.5, 3.6).

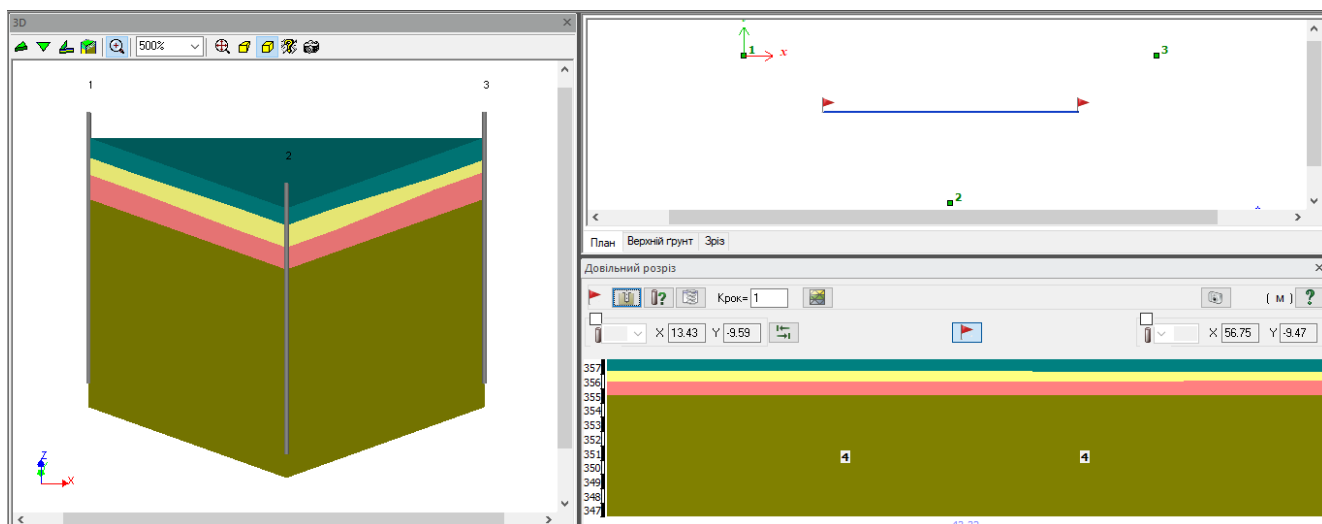
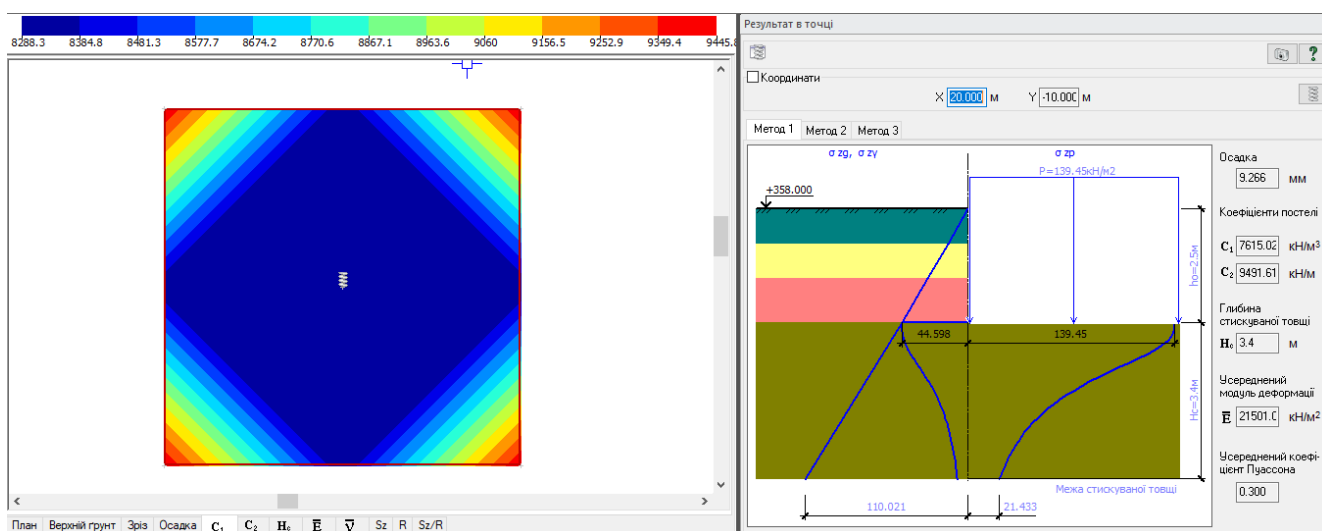


Рисунок 3.3 – Модель основи в підсистемі ГРУНТ

Після розрахунку отримали наступні результати осідання основи: для моделі Пастернака осідання становить 9,266 мм, для моделі Вінклера-Фусса – 9,266 мм, для модернізованої моделі Пастернака – 6,516 мм. Як видно, перші два методи дають однаковий результат, який подібний до попередніх аналітичних розрахунків. Тоді як модифікована модель Пастернака враховує наростання модуля деформації по глибині, а зміна коефіцієнтів постелі відбувається плавно.

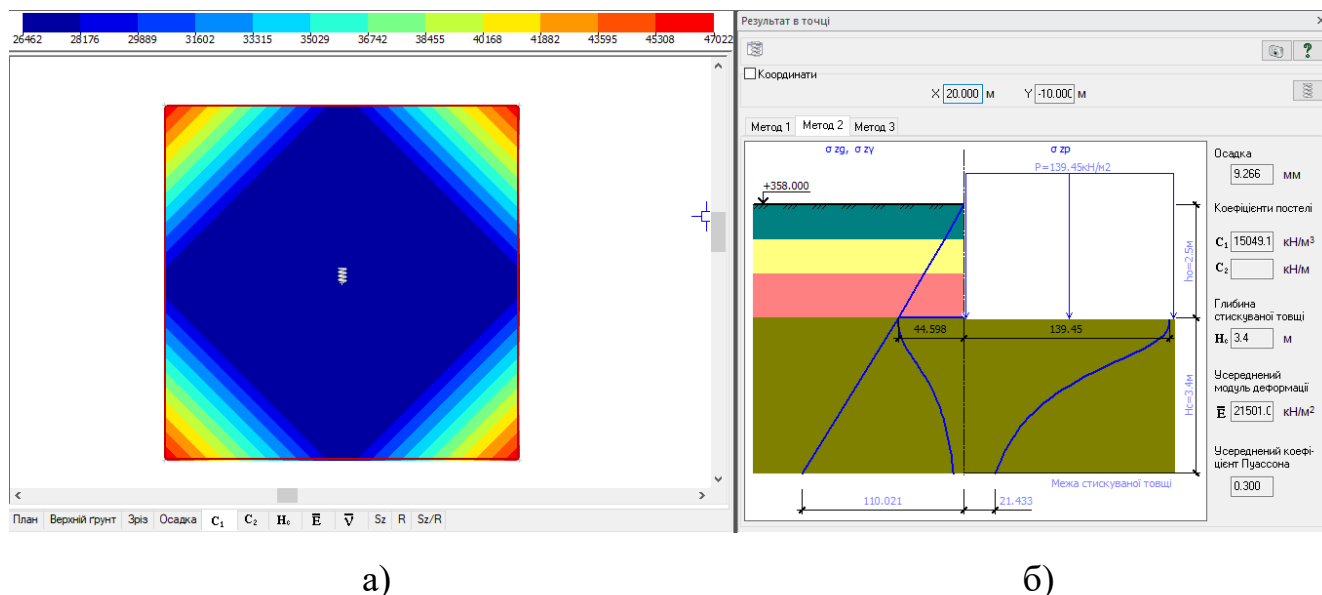


а)

б)

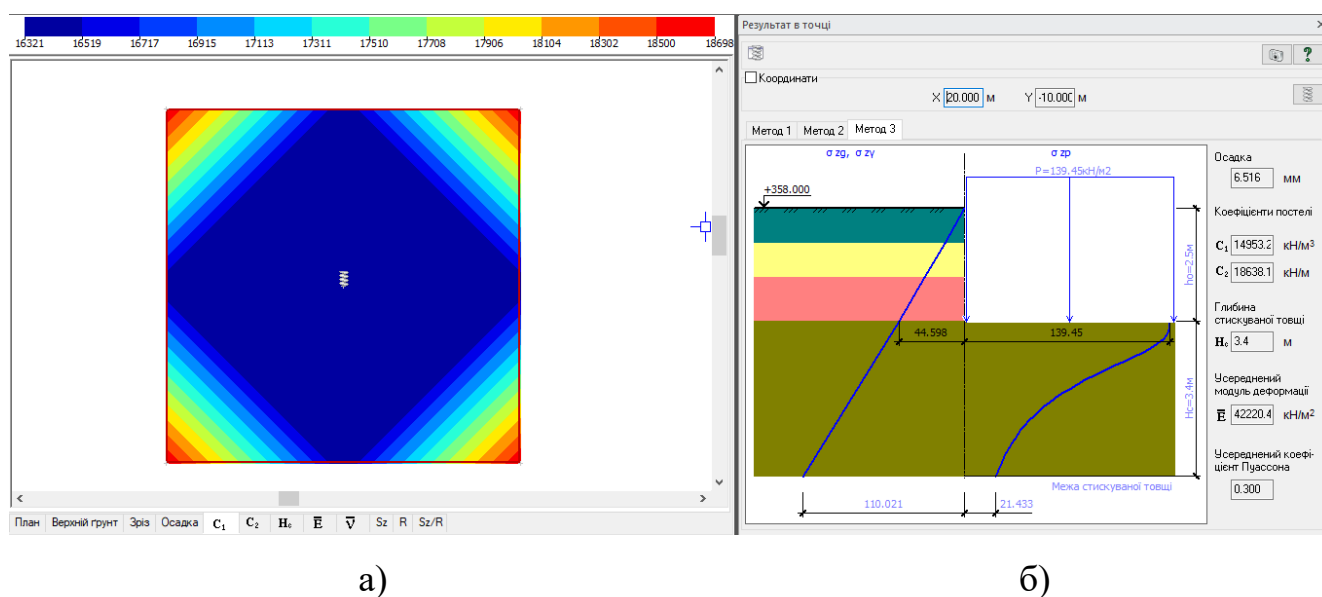
а) – коефіцієнт постелі C_1 ; б) – визначення осідання

Рисунок 3.4 – Розрахунок основи за моделлю Пастернака



а) – коефіцієнт постелі C_1 ; б) – визначення осідання

Рисунок 3.5 – Розрахунок основи за моделлю Вінклера-Фусса



а) – коефіцієнт постелі C_1 ; б) – визначення осідання

Рисунок 3.6 – Розрахунок основи за модернізованою моделлю Пастернака

Отже, використання підсистеми ГРУНТ дозволило зменшити осідання більше ніж на 30%, тому дослідимо ще один метод розрахунку, з поєднанням спільної роботи основи та каркасу.

3.4 Розрахунок основи із поєднанням спільної роботи каркасу

Для поєднання роботи основи і конструкції в ЛІРА-САПР реалізовано два методи, перший є більш трудомістким і полягає в скінчено-елементному моделюванні основи, фундаментів і конструкції; другий є більш простішим і полягає в тому, що до готової СЕ моделі конструкції добавляється опір ґрунту, який вираховується або в ручну, або автоматично по готовому масиву ґрунту в підсистемі ҐРУНТ. Використаємо другий варіант.

Принцип роботи другого методу такий – скінчено-елементна модель, передає через фундаменти навантаження на основу, далі підсистема ҐРУНТ визначає коефіцієнти постелі, і передає ці значення назад на СЕ модель, після чого відбувається розрахунок елементів і уточнення зусиль. Один такий цикл є одним ітераційним розрахунком, для більш точних результатів виконують декілька таких ітерацій, доки різниця між наявним розрахунком і попереднім не буде мінімальною.

Отже, для врахування цієї взаємодії змодельюємо СЕ модель споруди із відповідними фундаментами (рис. 3.7).

Виконаємо розрахунок моделі і визначимо осідання основи після першого ітераційного розрахунку (рис. 3.8) і після десяти ітераційних розрахунків (рис. 3.9).

carlas.3d

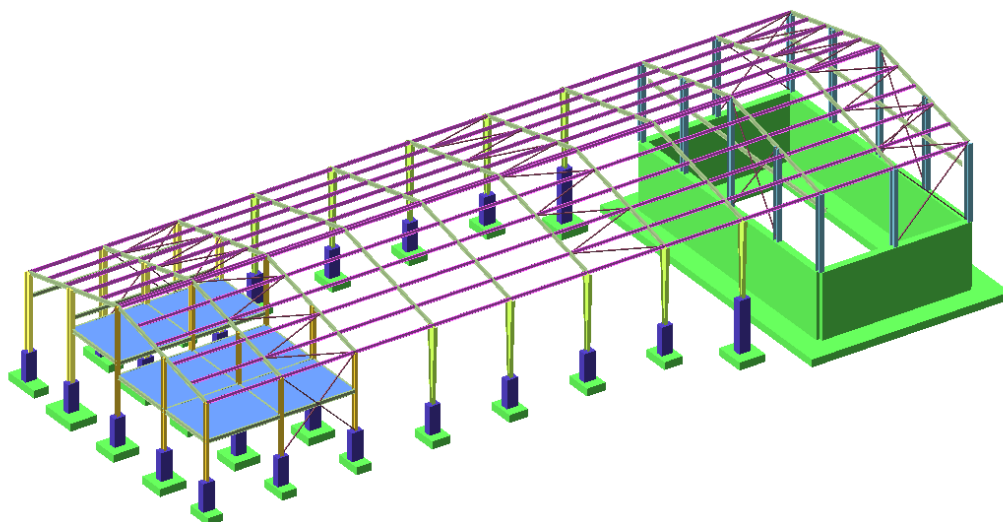


Рисунок 3.7 – Скінчено-елементна модель споруди

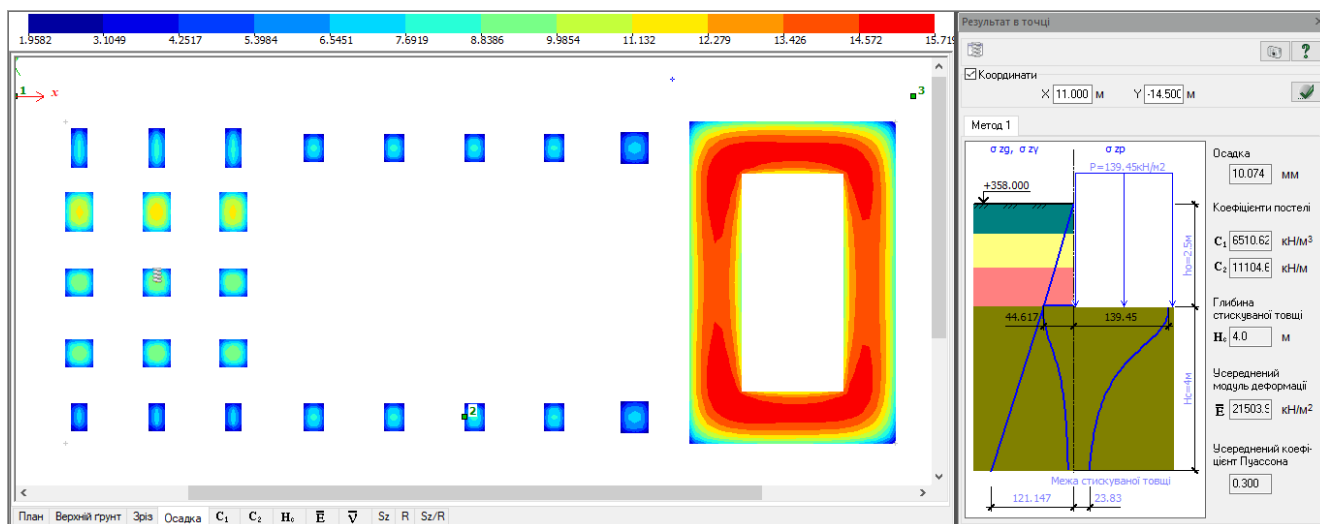


Рисунок 3.8 – Осідання основи при початкових заданих середніх напруженнях

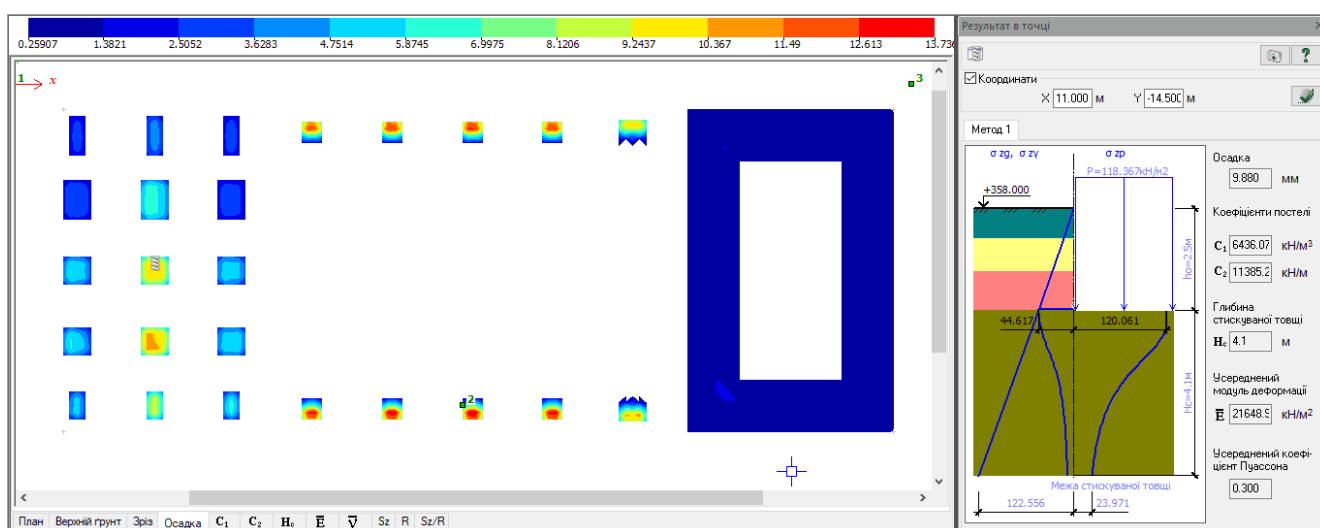


Рисунок 3.9 – Осідання основи після десяти ітераційних розрахунків

Результати в десятому ітераційному розрахунку і в першому можуть відрізнятися в декілька разів, оскільки на початку прикладається усереднене значення напружень під подошвою всіх фундаментів, а під час ітераційних розрахунків, ці значення приходять до відповідних розрахункових.

Напруження під подошвою досліджуваного фундаменту, після ітераційних розрахунків моделі, зменшилось приблизно на 15%, але в той же момент, осідання збільшилось до 9,880 мм, що на 6,2% більше ніж в попередніх розрахунках тим самим методом. Таке збільшення осідання при менших напруженнях відбувається від взаємного впливу фундаментів один на одного, і спільній деформації основи.

Всі результати досліджень зводимо в таблицю 3.2 для їх порівняння.

Таблиця 3.2 – Результати дослідження основи

№ фунд.	Аналітичний розрахунок осідань					Моделювання				
	Макс. напр. під підшв.	Ручний	ЛІРА- САПР	ГРУНТ		1 ітерація		10 ітерацій		
				M1, M2	M3	M1, M2	M3	Макс. напр. під підшв.	M1, M2	M3
	кПа	мм	мм	мм	мм	мм	мм	кПа	мм	мм
Фм-2	92,06	-	4,009	-	-	7,992	5,716	230,26	12,728	8,684
Фм-3	85,40	-	4,744	-	-	11,835	8,432	85,54	6,466	5,041
Фм-4	62,78	-	1,753	-	-	8,311	5,990	93,66	4,340	3,510
Фм-5	139,45	9,416	9,295	9,266	6,516	10,074	7,310	118,37	9,880	7,070
Фм-6	144,90	-	9,783	-	-	9,851	7,098	111,27	10,249	7,070
Фм-7	130,95	-	6,306	-	-	7,251	5,224	148,51	8,804	6,144

Примітка. Позначення M1, M2, M3 відповідають методам розрахунку в підсистемі ГРУНТ, а саме модель Пастернака, модель Вінклера-Фусса, модифікована модель Пастернака.

3.5 Висновки до розділу 3

В науково-дослідному розділі проведені дослідження спільної роботи фундаментів та каркасу будівлі з урахуванням різних методів моделювання та розрахунку. При цьому, аналіз проведено для фундаментів більш квадратної форми, в яких значення згинальних моментів незначні, а саме Фм-3, Фм-5 та Фм-6.

Під час розрахунку одиничних фундаментів встановлено, що використання прикладних програм призводить до зменшення значень їх осідань на 1,3%, це зумовлено детальнішим поділом ґрунту на елементарні шари.

Виявлено, що застосування модифікованої моделі Пастернака, яка усуває недоліки попередніх методів, дозволяє зменшити значення осідань майже на 30%.

Дослідження спільної роботи каркасу з основою показало, що така взаємодія зменшує напруження під підшвою фундаментів до 23%. Однак при цьому спостерігається збільшення осідань понад 6%, що виникають через взаємодію фундаментів і спільну деформацію основи.

Встановлено, що збільшення кількості ітераційних розрахунків дозволяє підвищити точність отриманих результатів.

РОЗДІЛ 4

ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

4.1 Забезпечення надійності та безпеки

Відповідний розділ проекту розроблений згідно із положеннями:

- ДБН А.2.2-3:2014 Склад, порядок розроблення, погодження та затвердження проектної документації для будівництва;
- ДБН В.1.2-9-2008 Основні вимоги до будівель і споруд. Безпека експлуатації;
- ДБН В.2.1-10:2018 Основи і фундаменти будівель та споруд. Основні положення;
- ДБН В.1.2-14:2018 Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель і споруд;
- ДБН В.1.1-45:2017 Будівлі і споруди в складних інженерно-геологічних умовах. Загальні положення;
- ДБН В.1.1-24:2009 Захист від небезпечних геологічних процесів. Основні положення проектування;
- ДСТУ-Н Б А.1.1-81:2008 Основні вимоги до будівель і споруд. Настанова із застосування термінів основних вимог до будівель і споруд згідно з тлумачними документами Директиви Ради 89 / 106 / ЄЕС;
- ДСТУ-Н Б В.2.5-37-2008 Настанова з проектування, монтування та експлуатації автоматизованих систем моніторингу та управління будівлями і спорудами.

4.2 Загальні положення безпеки експлуатації об'єкта

Безпека експлуатації об'єкту забезпечується на всіх етапах, а саме:

- вишукування і проектування (об'єкт віднесено до класу наслідків – СС3);
- виготовлення, транспортування та зберігання будівельних виробів;

- освоєння будівельного майданчика та зведення об'єкта, приймання об'єкта в експлуатацію;
- використання об'єкта за призначенням протягом встановленого терміну експлуатації, оцінка технічного стану, ремонт;
- ліквідація об'єкта.

4.3 Забезпечення вимог безпеки експлуатації об'єкта на етапі розроблення проектної документації

Для захисту працюючих та забезпечення вимог охорони праці проектом передбачено:

- використання устаткування імпортного і вітчизняного виробництва, підтвердженого сертифікатами відповідності;
- розміщення устаткування, таким чином, при якому забезпечується його вільне обслуговування;
- виконання заземлюючих пристроїв і захисту від статичної електрики;
- забезпечення норм освітленості, вентиляції, опалення;
- зменшення дії шуму і вібрації від виробничого і інженерного устаткування до нормованих меж.

Для обслуговування технологічного обладнання проектом передбачено використання кран-балок, ручних гідравлічних штабелерів, пересувної площадки зі сходами.

Безпека праці при виконанні вантажопідйомних і транспортних операцій забезпечується:

- проїздами і проходами між технологічним устаткуванням згідно норм, що діють;
- застосуванням сертифікованих вантажопідйомних механізмів необхідної вантажопідйомності.

На даному об'єкті виконуються усі вимоги з безпеки експлуатації по трьох основних групах:

- ковзання, падіння, удари;
- опіки, електроудари, вибух;
- нещасні випадки як наслідок руху транспортного засобу.

Виконується обмеження слизькості підлоги шляхом використання керамічної плитки з рифленим покриттям. Забезпечується необхідне освітлення у внутрішніх зонах приміщення та в запасних виходах. Виконується захист всіх раптових змін у рівні підлоги та вертикальних зниженнях. Виконується захист проти електричних ризиків за всіх умов.

Забезпечується надійність при обслуговуванні та в разі пожежі для систем трубопроводів та обладнання. Влаштовуються дорожні знаки, обмежується швидкість руху на будівельному майданчику, влаштовуються бар'єри безпеки для виникнення аварій за участю автомобілів, як при будівництві так і при експлуатації об'єкту, що відображено на будгенпланах розділів ГП і ПОБ.

Відповідальність за дотримання охорони праці і виробничої санітарії покладається на персонал, визначений наказом керівника підприємства.

4.4 Надійність та конструктивна безпека будівель та споруд

Прийняті конструктивні рішення по будівлях та спорудах відповідають вимогам ДБН В.1.2-14:2018 “Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель і споруд” та забезпечують:

- безпеку для здоров'я і життя людей, майна та довкілля;
- збереження 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 вимоги до жорсткості будівельних конструкцій і основ;
- забезпечують можливість розвитку об'єкта та його пристосування до технічних, економічних або соціальних умов, що змінюються;

- створення необхідного рівня зручностей і комфорту для користувачів та експлуатаційного персоналу, включаючи вимоги до кліматичного режиму в приміщеннях (повітрообмін, температура, вологість, рівень освітленості тощо), а також доступність для оглядів і ремонтів, можливість заміни і модернізації окремих елементів;

- мінімальний ступінь ризику шляхом виконання вимог до вогнестійкості, безвідмовності роботи захисних пристроїв, надійності систем і мереж життєзабезпечення, живучості будівельних конструкцій.

4.5 Особливості забезпечення вимог з безпеки експлуатації при проектуванні споруд, розташованих на територіях з несприятливими природними і техногенними явищами

Терміни експлуатації запроектованих будівель та споруд, а також залишковий термін експлуатації існуючих будівель і споруд, визначені у відповідності до завдання на проектування та відповідає додатку В ДБН В.1.2-2:2006 "Навантаження і впливи. Норми проектування. Зміна № 1".

4.6 Бар'єри безпеки та запобігання аваріям будівель та споруд

Проектом передбачені технічні рішення та організаційні заходи для створення і забезпечення ефективності бар'єрів безпеки:

- встановлені охоронна та санітарно-захисна зони;
- передбачено використання систем безпеки;
- забезпечено використання матеріалів, конструкцій, виробів необхідної якості шляхом організації вхідного, поопераційного і приймального контролю;
- експлуатація об'єкту повинна вестись у відповідності до експлуатаційної документації;
- необхідно своєчасне оцінювання технічного стану і вжиття необхідних заходів щодо усунення виявлених дефектів і пошкоджень;

- необхідно проводити заходи із запобігання можливим причинам аварій, а при виникненні аварій – локалізацію шкідливих наслідків;
- на підприємстві повинні бути розроблені плани аварійних заходів;
- необхідно забезпечити необхідний технічний рівень підготовки персоналу.

4.7 Формування вимог з безпеки експлуатації на етапі використання об'єкта за призначенням протягом встановленого терміну експлуатації

До робіт, пов'язаних з безпосереднім обслуговуванням, ремонтом, випробуванням і налагоджуванням водоочисних споруд, комунікацій, устаткування, допускаються працівники, що пройшли медичне обстеження на відповідність стану їхнього здоров'я вимогам до даної професії. В подальшому зазначені працівники проходять періодичні огляди згідно з Інструкцією про проведення обов'язкових попередніх і періодичних медичних оглядів, затвердженої Міністерством охорони здоров'я України.

До призначення на самостійну роботу чи у разі переведення на іншу роботу посаду) працівники виробника зобов'язані пройти:

- спеціальну фахову підготовку;
- перевірку знань Правил технічної експлуатації систем водопостачання та каналізації населених пунктів України, виробничих і посадових інструкцій, правил з охорони праці згідно з Типовим положенням про навчання, інструктаж і перевірку знань працівників з питань охорони праці;
- інструктаж на робочому місці.

Для працівників, що обслуговують електроустановки, обов'язкове знання Правил технічної експлуатації електроустановок споживачів і Правил техніки безпеки при експлуатації електроустановок споживачів.

Для працівників, що обслуговують обладнання для виробництва хлору методом електролізу, обов'язкове знання “Вимог щодо охорони праці при виробництві хлору методом електролізу”, затверджених Держнаглядохоронпраці України наказом від 29.10.93 №105.

Первинний перевірці знань підлягає увесь персонал виробника до керівних та інженерно-технічних працівників включно.

Експлуатація водоочисних споруд і устаткування здійснюється згідно з осадовими і експлуатаційними інструкціями, що розробляються та затверджуються відповідними службами виробника.

В інструкціях з експлуатації повинні бути чітко зазначені:

- призначення та характеристика споруди (обладнання), технологічна схема з кількісними і якісними показниками процесу;
- склад і технічні характеристики основного та допоміжного обладнання;
- послідовність операцій пуску, зупинки і здійснення технологічних процесів;
- порядок обслуговування споруд і устаткування в експлуатаційному режимі, а також у разі його порушень;
- порядок технологічного контролю роботи споруд, належні параметри та умови ефективної роботи;
- порядок і строки проведення оглядів, ревізій та ремонтів споруд і устаткування;
- заходи щодо запобігання аварій, а також дії персоналу у разі їх виникнення і ліквідації;
- заходи з охорони праці;
- персональна відповідальність за виконання операцій, передбачених інструкціями з обслуговування і ремонту устаткування;
- перелік посадових осіб, для яких знання інструкції обов'язкове;
- термін перегляду, затвердження і введення в дію.

Посадові інструкції розробляються для кожної посади і встановлюють вимоги, права та обов'язки щодо експлуатаційного персоналу, необхідні і достатні для забезпечення роботи споруди (обладнання) згідно з експлуатаційними інструкціями та інструкціями з охорони праці та протипожежної безпеки, і затверджуються керівництвом виробника або виробничого підрозділу.

В посадових інструкціях повинні бути вказані:

- повна назва інструкції та коло осіб, на яких вона поширюється;

- перелік посадових осіб, які повинні знати і виконувати інструкцію;
- визначення вимог до осіб (вік, освіта, стан здоров'я), які можуть займати цю посаду;

- виробничі обов'язки;
- чітке визначення взаємовідносин з суміжними службами, підпорядкування, виробничої дисципліни;

- перелік нормативно-технічної документації, знання якої необхідне;
- обсяг професійних знань щодо експлуатації та особистої безпеки;
- визначення прав посадової особи;
- термін перегляду, затвердження та введення в дію.

Лабораторно-виробничий контроль якості очищення води здійснюється:

- технічними засобами, передбаченими даним проектом;
- лабораторними випробуваннями.

Захист підвищувальних насосів забезпечується перетворювачами частоти.

Захист внутрішніх трубопроводів та фільтрувального обладнання від гідроударів забезпечується частотним керуванням насосів та системою автоматичних повітровідвідників.

Захист пневматичних приводів запірних органів фільтрувального обладнання від високого тиску та ресиверів забезпечується засобами автоматики та запобіжним клапаном.

Використання в якості дезінфектанта оксидантів змішаних, що виробляються по місцю методом електролізу, підвищує безпеку процесу завдяки:

- відсутності роботи з небезпечними хімреактивами (перевезення, зберігання і застосування);
- властивості дезінфектанта не змінюються при тривалому зберіганні;
- концентрація вільного хлору не перевищує 1% і класифікується як безпечна;
- відсутності необхідності змішування або розбавлення;
- відсутності необхідності дотримуватися строгих вимог при роботі з шкідливими речовинами.

Все електричне устаткування, розподільні щити і шафи управління, повинні бути надійно заземлене згідно ПУЕ і забезпечено пристроями захисного відключення.

У разі несправності устаткування повинне бути знеструмлене автоматичними вимикачами, а технологічний процес зупинений.

4.8 Забезпечення безпеки експлуатації під час прийняття закінчених будівництвом об'єктів в експлуатацію

Закінчений будівництвом об'єкт приймають в експлуатацію за умови закладення проектної документації (зі змінами, внесеними підрядником в установленому порядку в процесі будівництва) до страхового фонду документації, що підтверджується відповідним актом, виданим Державним департаментом страхового фонду документації України.

Перед прийняттям і введенням в експлуатацію закінченого будівництвом об'єкта повинні бути виконані всі роботи, передбачені проектною документацією згідно із державними будівельними нормами, стандартами і правилами роботи, а також змонтоване і випробуване обладнання.

Експлуатація об'єктів, не прийнятих в експлуатацію, забороняється.

Закордонне устаткування, вироби та матеріали повинно мати сертифікат відповідності або свідоцтво про визнання сертифікату відповідності, видане чи визнане Комітетом України зі стандартизації, метрології та сертифікації.

Робочі комісії зобов'язані:

- перевірити якість і відповідність виконання будівельно-монтажних робіт (у тому числі прихованих робіт) проектно-кошторисній документації, чинним стандартам, будівельним нормам і правилам ведення робіт, а за необхідності передбачити проведення контрольних вимірювань;
- перевірити готовність обладнання і будівельної частини об'єкта до експлуатації в обсязі відповідно до проектної документації;

- перевірити наявність погодження відхилень від проектної документації з проектною організацією та замовником;
- прийняти устаткування після індивідуальних і комплексних випробувань і скласти відповідні акти;
- перевірити окремі споруди, конструкції, вузли та комунікації об'єктів і прийняти їх у експлуатацію. У разі виявлення дефектів і недоробок скласти їх перелік і встановити термін усунення;
- перевірити забезпечення необхідних умов праці відповідно до вимог техніки безпеки і виробничої санітарії, вимог пожежної безпеки і виконання заходів щодо захисту навколишнього природного середовища.

За результатами перевірок і випробувань робоча комісія складає Акт робочої комісії про готовність закінченого будівництвом об'єкта для пред'явлення державній приймальній комісії за формою, затвердженою наказом Держбуду України і передає його замовнику під охорону і зберігання для пред'явлення державній приймальній комісії.

Державна приймальна комісія зобов'язана перевірити усунення недоробок і дефектів на об'єкті, виявлених робочими комісіями, і готовність об'єкта до прийняття в експлуатацію вибірковими перевітками.

За результатами роботи державної приймальної комісії видається сертифікат.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

В ході виконання роботи було досягнуто виконання завдань нашого дослідження, а саме: досліджено умови в районі та на ділянці об'єкта нового будівництва станції знезалізнення води, визначено основні архітектурно-планувальні, технологічно-виробничі та конструктивні рішення, виконано моделювання дослідження спільної роботи фундаментів і каркасу.

Доцільно підкреслити результати моделювання дослідження спільної роботи фундаментів і каркасу. При цьому, оскільки наведений аналітичний розрахунок не враховував згинальні моменти, які діють на фундаменти, то порівняння фундаментів витягнутої форми були б некоректними, тому для аналізу обрано фундаменти більш квадратної форми, а саме Фм-3, Фм-5 та Фм-6. Отже:

1. При дослідженні одиничних фундаментів встановлено, що результати осідання отримані в прикладних програмах є меншими, на це вплинуло більш якісне розбиття на елементарні шари, що дозволяє зменшити глибину стиснутої товщі під час розрахунку – таке врахування покращило результати на 1,3%, що не є суттєвим результатом.

2. Також виявлено, що при розрахунку основи за модифікованою моделлю Пастернака, яка усуває недоліки перших двох методів, осідання зменшуються майже на 30%.

3. При дослідженні спільної роботи каркасу з основою виявлено, що така взаємодія зменшує напруження під подошвою фундаментів до 23%, але в той же момент осідання основи збільшується більше ніж на 6%, це пов'язано із спільним впливом фундаментів один на одного і спільній деформації основ.

4. Досліджено, що збільшення кількості ітераційних розрахунків моделі збільшує точність результатів розрахунків.

Враховуючи вищенаведене, підсумуємо: хоч і аналітичні розрахунки мають достатню точність, але використання прикладних програм може покращити якість цих розрахунків, а різні методи їх виконання можуть дати більш достовірні результати, оскільки враховують різні фактори, які діють на розрахункову модель.

БІБЛІОГРАФІЯ

1. Жупаненко І.В. Чисельний аналіз методів розрахунку ґрунтової основи та методів визначення коефіцієнтів постелі. / І.В. Жупаненко // Основи і фундаменти: Міжвідомчий науково-технічний збірник. – К.: КНУБА. – 2020. – Вип. 41. – С. 64-71.
2. Пашинський В.А., Тихий А.А., Пашинський М.В., Карпушин С.О., Яцун В.В. Порівняння методів розрахунку плитних фундаментів з урахуванням результатів інженерно-геологічних вишукувань та геодезичних спостережень за процесом просідання // Центральнотуристський науковий вісник. Технічні науки : зб. наук. пр. – Кропивницький : ЦНТУ. 2022. – Вип. 5 (36). – Ч. 1. – С. 168-175.
3. Харченко В.В., Петренко В.Д.. Обґрунтування вибору моделі основи та фундаменту будівлі під час її підсилення мікропалями // Мости та тунелі: теорія, дослідження, практика : зб. наук. пр. – Дніпро : УДУНТ. 2023 – Вип. 1 (23). С. 88-94.
4. Підгурський М.І., Підгурський І.М., Сорочак А.П., Биків Д.З. Дослідження осідань фундаментних плит металевих силосів при однорядному розташуванні та моделюванні варіантів їх завантаження / Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди. – Рівне, Вип. 44 – С. 239-251.
5. Підгурський М.І., Підгурський І.М., Підвисоцький О.І., Биків Д.З. Дослідження впливу конструктивних рішень пальово-плитного фундаменту металевих силосів на особливості деформування фундаментної плити / Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди. – Рівне, Вип. 43 – С. 244-254.
6. ДБН В.2.1-10-2018 Основи і фундаменти будівель та споруд. Основні положення [Чинний від 01.01.2019]. Вид. оф. К.: Мінрегіон України, 2018. 36 с.
7. ДБН В.2.1-10-2009 Основи та фундаменти споруд. Основні положення проектування [Дата скасування дії 01.01.2019]. Вид. оф. К.: Мінрегіон України, 2009. 161 с.

8. Програмний комплекс ЛІРА-САПР. Приклади розрахунку і проектування. Електронне видання. LIRALAND Group. 2022. 635 с.

9. ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010 Захист від небезпечних геологічних процесів, шкідливих експлуатаційних впливів, від пожежі. Будівельна кліматологія [Чинний від 01.11.2011]. Вид. оф. К.: Мінрегіонбуд України, 2011. 123 с.

10. ДБН В.1.2-2:2006 Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Навантаження і впливи. Норми проектування [Чинний від 01.01.2007]. Вид. оф. К.: Мінбуд України, 2006. 75 с.

11. ДБН В.1.2-14:2018 Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель і споруд [Чинний від 01.01.2019]. Вид. оф. К.: Мінрегіон України, 2018. 30 с.

12. ДБН В.2.5-74:2013 Водопостачання. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування. [Чинний від 01.01.2014]. Вид. оф. К.: Мінрегіон України, 2013. 280 с.

13. ДБН В.2.6-31:2021 Теплова ізоляція та енергоефективність будівель [Чинний від 01.09.2022]. Вид. оф. К.: Мінрегіон України, 2022. 23 с.

14. ДБН В.2.2-28:2010 Будинки і споруди. Будинки адміністративного та побутового призначення [Чинний від 01.10.2011]. Вид. оф. К.: Мінрегіонбуд України, 2011. 28 с.

15. ДБН В.2.5-64:2012 Внутрішній водопровід та каналізація. Частина І. Проектування. Частина ІІ. Будівництво [Чинний від 01.03.2019]. Вид. оф. К.: Мінрегіон України, 2013. 122 с.

16. ДСанПіН 2.2.4-171-10 Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною [Чинний від 01.04.2022]. Вид. оф. К.: МОЗ України, 2010. 58 с.

17. ДСТУ-Н Б В.2.5-40:2009 Інженерне обладнання будинків і споруд. Зовнішні мережі та споруди. Проектування та монтаж мереж водопостачання та каналізації з пластикових труб [Чинний від 01.08.2010]. Вид. оф. К.: Мінрегіонбуд України, 2010. 44 с.

18. ДБН А.3.2-2:2009 Система стандартів безпеки праці. Охорона праці і промислова безпека у будівництві. Основні положення [Чинний від 01.04.2012]. Вид. оф. К.: Мінрегіонбуд України, 2012. 115 с.

19. ДБН В.2.6-198:2014 Сталеві конструкції. Норми проектування [Чинний від 01.01.2015]. Вид. оф. К.: Мінрегіонбуд України, 2014. 199 с.

20. ДСТУ ISO 898-1:2015 Механічні властивості кріпильних виробів із вуглецевої сталі й легованої сталі. Частина 1. Болти, гвинти та шпильки. Механічні властивості та методи випробування [Чинний від 01.01.2016]. Вид. оф. К.: Мінрегіонбуд України, 2015. 24 с.

21. ДСТУ-Н Б В.2.6-186:2013 Настанова щодо захисту будівельних конструкцій будівель та споруд від корозії [Чинний від 01.01.2014]. Вид. оф. К.: Мінрегіонбуд України, 2013. 36 с.

22. ДСТУ Б А.3.2-10:2009 Система стандартів безпеки праці. Роботи антикорозійні. Вимоги безпеки [Чинний від 01.08.2010]. Вид. оф. К.: Мінрегіонбуд України, 2010. 12 с.

23. ДСТУ EN 13001-1:2018 Крани вантажопідіймальні. Загальні положення конструювання. Частина 1. Загальні принципи та вимоги (EN 13001-1:2015, IDT)

24. ДСТУ EN 13381-4:2022 Методи випробування для визначення впливу на вогнестійкість елементів конструкцій. Частина 4. Пасивні вогнезахисні матеріали для сталевих конструкцій (EN 13381-4:2013, IDT) [Чинний від 01.06.2023]. Вид. оф. К.: Мінрегіон України, 2022. 60 с.

25. Нілов О.О. Металеві конструкції. Загальний курс / О.О. Нілов, В.О. Пермяков, О.В. Шимановський, С.І. Білик, Л.І. Лавриненко, І.Д. Белов, В.О. Володимирський // підручник – К.: Видавництво «Сталь», 2010. – 869 с.

26. Kolisnyk M., Iasnii V., Gomon S. Modeling of the deformation impact of the main structure framework on the stress and strain state of its individual parts. Scientific Journal of TNTU, 2022, Vol. 105, No 1, P. 141-147.

27. Mykola Kolisnyk, Volodymyr Iasnii, Ihor Okipnyi, Yaroslav Martsynyuk. 3D modeling of grain unloading station steel structure based on BIM technology. Scientific Journal of TNTU, 2024, Vol. 114, No. 2, P. 141–148.

28. Ковальчук Я.О., Крамар Г.М., Мещерякова О.М. Методичний посібник для виконання кваліфікаційної роботи магістра за спеціальністю 192 “Будівництво та цивільна інженерія”. Тернопіль, 2020. – 56 с.

29. Стручок В.С. Безпека в надзвичайних ситуаціях. Методичний посібник для здобувачів освітнього ступеня «магістр» всіх спеціальностей денної та заочної (дистанційної) форм навчання. Тернопіль, 2022. – 156 с.

30. Каспрук В. Б. Методичні вказівки для написання розділу дипломного проекту з дисципліни «Охорона праці в галузі. Тернопіль, 2017. – 14 с.

31. Ясній В. П., Подоляк А. А. Дослідження деформацій основи при її спільній роботі із сталевим каркасом споруди // Матеріали XIII Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів «Актуальні задачі сучасних технологій», 11-12 грудня 2024 року. Тернопіль, 2024.