

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

Факультет інженерії машин, споруд та технологій
(повна назва факультету)
Кафедра будівельної механіки
(повна назва кафедри)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

магістр

(освітній ступінь (освітньо-кваліфікаційний рівень))

на тему: **Проект мелясного резервуару із дослідженням балок перекриття**

Виконав: студент 6 курсу, групи МБмз-61
спеціальності 192 Будівництво та цивільна
інженерія
(шифр і назва спеціальності)

		Прийдун Х. І.
	(підпис)	(прізвище та ініціали)
Керівник		Биків Н.З.
	(підпис)	(прізвище та ініціали)
Нормоконтроль		Мещерякова О.М
	(підпис)	(прізвище та ініціали)
Завідувач кафедри		Ясній В. П.
	(підпис)	(прізвище та ініціали)
Рецензент		Богуславська В. Ю.
	(підпис)	(прізвище та ініціали)

Схема генплану, Схема благоустрою території, План на відм. 0,000, Техніко економічні показники, Фасади, Розріз, План покрівлі, План фундаменту, Розріз, Схема влаштування закладних, Геологічний розріз з фундаментом, Загальний вигляд моделі, Технічна специфікація металопрокату, Розріз по осі ІС, Вид А-А, Вузол А, Б. План днища, Розгортка листів Резервуара, Схема розташування монтажних стиків, План несучих елементів покрівлі, План покрівлі, План площадок та огорожень, Сходи шахтові, Розрізи А-А, Б-Б, В-В, Г-Г, Д-Д, Е-Е та Ж-Ж, Будгенплан.

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

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

7. Дата видачі завдання

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1.	Обґрунтування прийнятого рішення ТЕП. Архітектурно-планувальне рішення ділянки.	03.11.2024	
2.	Об'ємно-планувальне рішення.	10.11.2024	
3.	Конструктивні рішення.	18.11.2024	
4.	Збір навантаження	02.11.2024	
5.	Розрахунок типового фундаменту.	10.11.2024	
6.	Розрахунок фундаменту в варіанті колон	20.11.2024	
7.	Розрахунок календарного графіка виконання робіт.	05.11.2024	
8.	Проектування будівельного генерального плану.	10.11.2024	
9.	Опрацювання методики досліджень.	01.12.2024	
10.	Обробка експериментальних даних.	08.12.2024	
11.	Аналіз експериментальних даних.	12.11.2024	
12.	Розробка заходів охорони праці.	15.11.2024	
13.	Розробка заходів безпеки в надзвичайних ситуаціях.	15.12.2024	
14.	Охорона навколишнього середовища.	15.12.2024	

Студент

(підпис)

Прийдун Х. І.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Биків Н.З.

(прізвище та ініціали)

ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
РОЗДІЛ 1 АРХІТЕКТУРНО-БУДІВЕЛЬНИЙ	8
1.1 Загальна характеристика ділянки.....	8
1.1.1 Географічне положення ділянки	8
1.1.2 Кліматичні умови	9
1.1.3 Інженерно-геологічні та гідрологічні умови ділянки	10
1.2 Генеральний план	14
1.2.1 Обґрунтування прийнятого рішення.....	14
1.2.2 Розпланування, забудова та організація рельєфу ділянки.....	14
1.2.3 Техніко-економічні показники генплану.....	16
1.3 Архітектурно-будівельні рішення.....	16
1.3.1 Техніко-економічні показники об'єкта будівництва.....	18
1.4 Технологічні рішення	19
1.4.1 Характеристика підприємства	19
1.4.2 Забезпечення безпечної експлуатації резервуарів.....	21
1.4.3 Випробування і приймання резервуарів	22
1.4.4 Основні вказівки по очищенню та обробки внутрішніх поверхностей резервуару	23
1.5 Висновки до розділу 1	24
РОЗДІЛ 2	25
РОЗРАХУНКОВО-КОНСТРУКТИВНИЙ	25
2.1 Вихідні дані	25
2.2 Розрахунок навантажень та складання розрахункових схем	26
2.2.1. Визначення нормативних та розрахунковий навантажень	26
2.2.2. Визначення розрахункових схем.....	27
2.3 Розрахунок фундаментів	28
2.3.1. Вибір типу фундаменту.....	28
2.3.2. Проектування штучної основи	30

2.4 Розрахунок товщини стінки вертикального резервуара	31
2.5 ВИСНОВОК ДО РОЗДІЛУ 2.....	33
РОЗДІЛ 3 НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ	34
3.1. Дослідження металоємності балки перекриття	34
3.2. Методика дослідження	35
3.3. Результати дослідження	37
3.5. Висновки до розділу 3	42
РОЗДІЛ 4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	43
4.1 Охорона праці	43
4.1.1 ТЕХНІКА БЕЗПЕКИ ПРИ РОБОТІ ІЗ МЕХАНІЗМАМИ	43
4.1.2 ОХОРОНА ПРАЦІ ПІД ЧАС ВИКОНАННЯ ОСНОВНИХ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ.....	49
4.2 Охорона навколишнього середовища	51
4.3 Безпека в надзвичайних ситуаціях	53
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	59
БІБЛІОГРАФІЯ.....	60

ВСТУП

Актуальність теми. У галузі проектування інженерних споруд зберігання рідини залишається постійною потребою у розробці сучасних конструктивних рішень, які забезпечують функціональність, довговічність та економічність. Одним із ключових об'єктів таких досліджень є вертикальні резервуари для зберігання рідких харчових продуктів, таких як м'яси. Ці резервуари повинні відповідати високим стандартам міцності, герметичності та експлуатаційної надійності, враховуючи особливості робочих умов та кліматичних факторів.

Кваліфікаційна робота на тему «Проект м'ясного резервуару із дослідженням балок перекриття» є актуальною через зростаючі вимоги до зберігання харчових продуктів у великих обсягах. Використання сучасних матеріалів і методів проектування, таких як чисельні розрахунки методом шкірних елементів, дозволяє оптимізувати конструкції, забезпечуючи їх відповідність сучасним стандартам.

Проектування вертикальних резервуарів є складним завданням, оскільки такі конструкції мають забезпечити герметичність, стійкість до гідростатичного тиску та рівномірний розподіл навантаження. У цьому контексті особливо актуальним є застосування чисельних методів аналізу, таких як метод шкірних елементів, що дозволяє точно моделювати напружено-деформований стан конструкції. Використання цього підходу дає змогу оцінити міцність окремих елементів резервуару, оптимізувати його геометричні параметри та зменшити витрати матеріалів без шкоди для надійності.

Сучасні тенденції розвитку промислових об'єктів передбачають перехід до більш ефективних та екологічно безпечних технологій. Вертикальні резервуари для зберігання м'яси, зокрема, відіграють ключову роль у підтриманні виробничих процесів і технологічного циклу підприємств харчової промисловості. У цій зв'язку важливо забезпечити їх високу експлуатаційну надійність і довговічність, тому від цього залежить не тільки ефективність роботи підприємства, але й безпека навколишнього середовища.

Крім того, важливість проектування таких споруд зростає у зв'язку з підвищеними вимогами до раціонального використання ресурсів і зменшення експлуатаційних витрат, та мінімізувати витрати на їх обслуговування. Це має особливе значення для промислових підприємств, розташованих у регіонах із суворими кліматичними умовами або високим рівнем експлуатаційних навантажень.

Таким чином, актуальність дослідження проектування вертикальних резервуарів для зберігання м'яса виникає у необхідності розробки сучасних, економічно ефективних та екологічно безпечних промислових конструктивних рішень, які вимагають вимоги та нормативної бази

Мета й задачі роботи. Методом роботи є розробка конструктивних рішень для вертикального резервуару, які забезпечують його міцність і довговічність при експлуатації.

Для досягнення мети в роботі ставилися такі завдання:

- провести аналіз існуючих конструктивних рішень і нормативної бази;
- розробити основні навантаження на резервуар і розробити розрахункові схеми;
- виконати чисельні розрахунки міцності та деформативності елементів резервуару;
- оптимізувати конструкцію резервуару за критеріями матеріаломісткості та економічності.

Об'єкт дослідження. Балки перекриття вертикального резервуару.

Предмет дослідження. Міцнісні, деформаційні характеристики конструкції резервуару та методи їх оптимізації.

Методи дослідження. Чисельні методи розрахунків із використанням програмного забезпечення Autodesk Robot Structural Analysis, аналіз літературних і нормативних джерел.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Робота виконана у відповідності із науковою тематикою кафедри будівельної механіки Тернопільського національного технічного університету ім. Івана Пулюя.

Наукова новизна отриманих результатів.

- Проведено аналіз впливу кліматичних і експлуатаційних чинників на міцність і довговічність конструкції.
- Запропоновано конструктивні рішення для оптимізації витрат матеріалу без втрати міцності.

Практичне значення отриманих результатів. Результати роботи можуть бути використані для проектування та будівництва резервуарів на промислових підприємствах, а також для розробки рекомендацій з оптимізації конструктивних рішень.

Ключові слова: проєкт, резервуар, меляса, міцність, довговічність, економічність.

РОЗДІЛ 1

АРХІТЕКТУРНО-БУДІВЕЛЬНИЙ

1.1 Загальна характеристика ділянки

1.1.1 Географічне положення ділянки

Ділянка будівництва розташована в межах м. Луцьк, адміністративного центру Волинської області, на північному заході України. Географічно місто знаходиться на річці Стир, яка є притокою Прип'яті, і розташоване на відносно рівнинній території з помірно хвилястим рельєфом. Координати міста: приблизно 50°45' північної широти та 25°20' східної довготи.

Район характеризується вигідним транспортним розташуванням, що забезпечує зв'язок з іншими регіонами України через автомобільні та залізничні магістралі. Близькість до державного кордону з Польщею сприяє розвитку міжнародного співробітництва та логістики.

Територія ділянки належить до Поліської фізико-географічної зони, яка вирізняється значною кількістю лісових масивів, болотистих ділянок та родючих ґрунтів. Ґрунти здебільшого представлені суглинками та супісками, що впливає на умови будівництва та вибір фундаментів. Глибина залягання ґрунтових вод коливається в межах 1.5–2.5 м, що потребує додаткових заходів для їх ізоляції при зведенні підземних конструкцій.

Загалом, географічне положення ділянки забезпечує сприятливі умови для будівництва та експлуатації об'єктів, хоча певні особливості рельєфу та ґрунтових вод потребують додаткових інженерних рішень.

Кліматичні умови району будівництва, розташованого в межах м. Луцьк, характеризуються помірно-континентальним кліматом із чітко вираженими сезонами року. Для регіону властиві помірно холодні зими та теплі, інколи жаркі, літні місяці.

Земельна ділянка для будівництва площею розташована в виробничій зоні м. Луцьк, Волинської області.

Цільове призначення ділянки - "11.02 Для розміщення та експлуатації основних, підсобних і допоміжних будівель та споруд підприємств переробної, машинобудівної та іншої промисловості".

Ділянка межує:

- з півночі та сходу - виробничі території, виробничі проїзди;
- з півдня - житлова вулиця, житлова забудов;
- із заходу - автодорога місцевого значення Т0303.

Територія розпланування складає біля 0.25 га, розташована між виробничою будівлею та залізничною колією.

Рельєф ділянки рівнинний, з мінімальним ухилом в південному напрямку.

На ділянці розміщені існуючі виробничі, побутові, адміністративні будівлі та споруди, споруди інженерного забезпечення.

1.1.2 Кліматичні умови

Кліматичні умови району будівництва, розташованого в межах м. Луцьк, характеризуються помірно-континентальним кліматом із чітко вираженими сезонами року. Для регіону властиві помірно холодні зими та теплі, інколи жаркі, літні місяці.

Температурний режим у Луцьку має такі особливості. Середня температура найхолоднішого місяця (січня) становить -6°C , що свідчить про стабільні зимові умови. Водночас середня температура найтеплішого місяця (липня) дорівнює $+20^{\circ}\text{C}$, забезпечуючи сприятливі умови для літньої діяльності. Абсолютний мінімум температури в регіоні може досягати -25°C , тоді як абсолютний максимум — $+35^{\circ}\text{C}$.

Снігові навантаження визначаються як характерні для другої зони згідно з ДБН В.1.2-2-2006. Характеристичне значення снігового покриву становить 1.6 кН/м^2 , що слід враховувати під час розрахунків конструкцій покрівель будівель. Середня тривалість снігового покриву за зиму складає близько 90 днів.

Вітрові навантаження відповідають першій зоні за тим самим ДБН. Характеристичне значення вітрового тиску дорівнює 0.40 кН/м^2 . Напрямок

домінуючих вітрів — західний та північно-західний, що є типовим для Волинської області.

Річна кількість опадів становить 650 мм, причому найбільша їх частина припадає на теплий період року. Максимальна інтенсивність дощу дорівнює 50 мм/год, що необхідно враховувати при проектуванні дренажних систем і систем відведення дощової води.

Ґрунтові умови включають середню глибину промерзання ґрунту на рівні 1.2 м, що є важливим параметром для розрахунку фундаментів. Район не належить до сейсмічно активних, сейсмічність складає 5 балів за шкалою MSK-64.

Сонячна активність характеризується середньою кількістю сонячних днів на рівні 190 днів на рік. Такі умови сприяють використанню сонячних технологій, зокрема для забезпечення альтернативного енергопостарезервуарня.

Загалом, кліматичні умови Луцька є сприятливими для будівництва, але вимагають врахування сезонних температурних коливань, снігових та вітрових навантажень, а також особливостей опадів і ґрунту. Зазначені параметри необхідно врахувати при проектуванні конструкцій, щоб забезпечити їх довговічність і надійність у експлуатації.

1.1.3 Інженерно-геологічні та гідрологічні умови ділянки

Клімат району вишукувань помірно континентальний, характеризується такими показниками : мінімальна t повітря 39°C , максимальна $+38^{\circ}\text{C}$.

Середньорічна кількість опадів 570...620 мм. Середній сніговий покрив складає 16 см.

Середня річна швидкість вітру 4,010 м/сек. Рідко але трапляються буревії, які призводять до стихійних бід.

В геоморфологічному відношенні район вишукувань розташований в межах Волинської лесової височини. Рельєф ділянки техногенний, територія забудована.

Інженерно-геологічна будова представлена на інженерно-геологічному розрізі I I потужна супіщано-піщана, суглиниста товща, яка з поверхні перекрита насипними і гумусованими ґрунтами ІГЕ 1,2,

Детальний опис та фізико механічні властивості ґрунтів приведені в зведеній інженерно-геологічній таблиці 1.1.

Гідрогеологічні умови ділянки. На день вишукувань розвідувальними свердловинами ґрунтові води виявлені на глибині 3,0...3,1 м. з відмітками 191,10-191,40.

Високий рівень ґрунтових вод можливий на відмітці 193.00.

Ділянка розташована в межах підтопленої території по відношенню до заглиблених конструкцій.

При проектуванні і будівництві слід врахувати, що насипні ґрунти здатні акумулювати і утримувати воду, можливе утворення верховодки на більш високих відмітках.

Рекомендується передбачити заходи по організації поверхневого стоку за межі ділянки.

У випадку влаштування технологічних приямків рекомендується їх гідроізоляція.

Природною основою фундаментів проектної споруди рекомендуються ґрунти ІГЕ 3,4,5,6, які залягають на ділянці з глибини 1,50...1,7м.

Рекомендується щебенева підготовка пластичної основи.

Інженерно-геологічні умови ділянки дозволяють влаштовувати, наступні типи фундаментів : стрічковий, плитний, стовпчатий або палевий.

Категорія складності інженерно-геологічних умов майданчика II середня (додаток Ж ДБН А.2.112008)

Нормативна глибина промерзання $d_{fn} = 0.9\text{м}$.

По ступені морозної здимальності ґрунти ІГЕ 2,3,4 середньоздимальні.

Сейсмічність району згідно з ДБН В. 1.1122014, карта ОСР 2004А України, становить 5 балів. Майданчик складений ґрунтами III категорії за сейсмічними властивостями.

Таблиця 1.1 - Зведення інженерно-геологічних колонок, включаючи таблиці нормативних і розрахункових значень властивостей ґрунтів.

Індекс генезису і віку ґрунту	Літологічний розріз та номер інженерно-геологічного	Назва ґрунту ДСТУ Б.В. 2.1-4-96	Значення для класифікації						Значення для класифікації										Порядковий номер класифікації ґрунтів за ДБН	Категорія ґрунту за сейсмічними властивостями за ДБН
			Нормативні						Нормативні				Розрахункові							
			Природна вологість	Число пластичності	Показник текучості	Щільність т/м³	Коефіцієнт пористості	Ступінь вологості	Питома вага кН/куб. м	Модуль деформації МПа	Кут внутрішнього тертя градус	Питоме зчеплення кПа	Питома вага кН/куб. м		Кут внутрішнього тертя градус		Питоме зчеплення кПа			
			W	I _p	I _L	ρ	e	S _r	γ	E	φ	C	γ _{II}	γ _I	φ _{II}	φ _I	C ₂	C ₁		
t _{IV}	1	Насипний ґрунт суглинок, супісок гумусований, чорнозем з включенням будівельного сміття				1,5							15						26	IV
a ₃	2	Суглинок гумусований, пористий з ходами землероїв, грязновато-сірий				1,75							17,5						35	IV

Продовження таблиці 1.1

аз	3	Супісок пластичний, шаруватий, з прошарками піску і суглинку темновато-сірий, голубовато-сірий	0,21	0,06	0,4 6	1,93	0,669	0,84	19,2	11	22	7	19,2		22		7		36	II
аз	4	Пісок пиловатий, середньої щільності, насичений водою жовтовато-сірий, сірий	0,22			2,0	0,616	0,94	19,8	18	28	2	19,8		28		22		29	II
аз	5	Суглинок текучепластичний, шаруватий, голубовато-сірий, сірий	0,27	0,1	0,8	1,94	0,752	0,96	19,3	7	16	13	19,3		16		13		35	II
аз	6	Супісок пластичний, шаруватий, жовтуватосірий голубувато-сірий	0,22	0,06	0,5 8	1,99	0,618	0,95	19,9	13	22	9	19,9		22		2		36	II

1.2 Генеральний план

1.2.1 Обґрунтування прийнятого рішення

Рішення щодо розміщення об'єкта будівництва на вибраній ділянці в межах м. Луцьк обумовлене низкою факторів, які забезпечують оптимальні умови для реалізації проєкту. Насамперед, географічне розташування міста забезпечує зручність транспортної логістики завдяки наявності автомобільних та залізничних магістралей, що сприяє ефективному постарезервуарню будівельних матеріалів та зручному доступу до ділянки.

Вибір ділянки також враховує сприятливі природні умови, такі як рівнинний рельєф та відсутність значних перепадів висот, що дозволяє зменшити обсяги земляних робіт. Крім того, помірно-континентальний клімат району, зокрема відносно м'які зими, сприяє тривалішому будівельному сезону.

1.2.2 Розпланування, забудова та організація рельєфу ділянки

Земельна ділянка для будівництва площею розташована в виробничій зоні м. Луцьк, Волинської області (рис.1.2).

Цільове призначення ділянки - "11.02 Для розміщення та експлуатації основних, підсобних і допоміжних будівель та споруд підприємств переробної, машинобудівної та іншої промисловості".

Ділянка межує:

- з півночі та сходу - виробничі території, виробничі проїзди;
- з півдня - житлова вулиця, житлова забудов;
- із заходу - автодорога місцевого значення Т0303.

Територія розпланування складає біля 0.25 га, розташована між виробничою будівлею та залізничною колією.

Рельєф ділянки рівнинний, з мінімальним ухилом в південному напрямку.

На ділянці розміщені існуючі виробничі, побутові, адміністративні будівлі та споруди, споруди інженерного забезпечення.

За умовну відмітку ± 0.000 прийнята відмітка верху фундаменту, що відповідає абсолютній відмітці 195.30 на рельєфі. За репер прийнято відмітку рівня верху цоколя виробничої будівлі.

Будівля та споруда розташована в межах відведеної земельної ділянки з нормованими відступами від червоних ліній, допустимими санітарними та протипожежними розривами від існуючих споруд.

Передбачається благоустрій території з влаштуванням твердого покриття для проїздів, доріг та відмосток з організованим лінійним водовідведенням дощових вод. Також передбачається демонтаж існуючих будівель на місці влаштування будівлі та існуючою інженерного забезпечення.

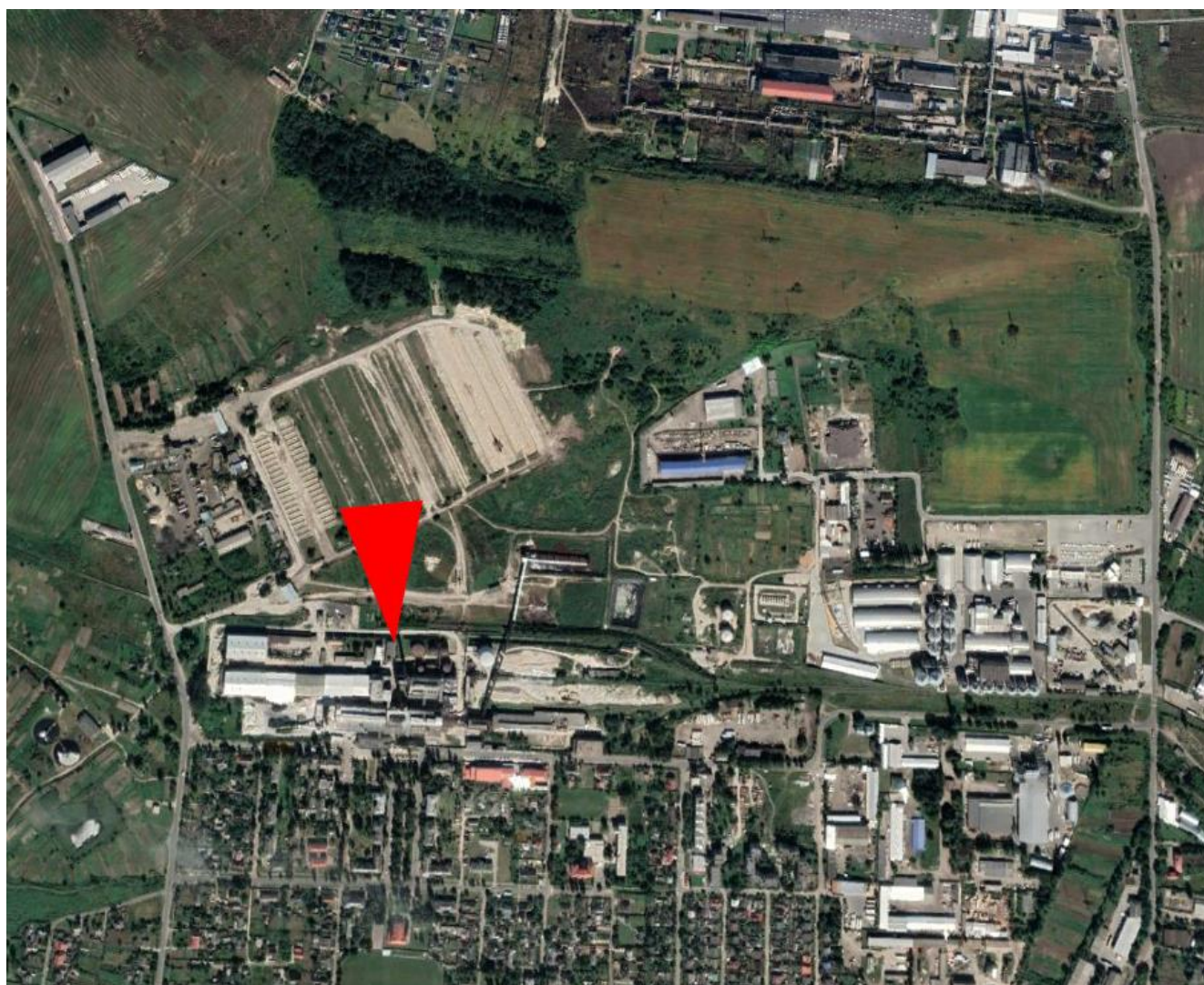


Рисунок 1.2 – Ситуаційна схема розміщення об'єкта

1.2.3 Техніко-економічні показники генплану

Техніко-економічні показники генплану подано у таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Техніко-економічні показники генплану

№ п/п.	Показник	Од. вим.	Значення
1	Характер будівництва	Нове будівництво	
2	Кількість новостворених робочих місць	1 місце	1
3	Площа ділянки	га	43,492
4	Поверховість	поверх	1
5	Висота споруди	м	19,0
6	Площа забудови (проектна)	м ²	855,5
7	В т.ч. в мелясний резервуар (резервуар)	м ²	830,5
	насосна	м ²	25,0

1.3 Архітектурно-будівельні рішення

Вертикальний металевий резервуар для зберігання меляси забезпечує збереження продукції протягом тривалого часу. Проект резервуару, розташованого у Луцьку, передбачає використання сучасних матеріалів і технологій, що відповідають усім чинним будівельним нормам та стандартам. Основними параметрами резервуару є діаметр 29,6 м, загальна висота 18,9 м, висота стінки 17,0 м, а максимальна допустима висота наливу становить 16,2 м. Геометричний об'єм резервуару дорівнює 12 270,0 м³, а корисний об'єм – 11 112,0 м³. Конструкція резервуару розрахована на зберігання меляси об'ємом до 15 000 тон.

Фундамент резервуару виконує ключову функцію, забезпечуючи стабільність та довговічність конструкції. Він складається з насипної подушки із гранітно-щебеневої суміші марки С5 та монолітної залізобетонної подушки товщиною 400 мм. Додатковий шар підбетонки з бетону класу С8/10 товщиною

100 мм забезпечує рівномірний розподіл навантаження. Для армування використовується робоча арматура класу А500С та конструктивна арматура класу А240С. Захист резервуару від вологи передбачено за рахунок гідроізоляційного шару з супіщаного ґрунту, змішаного з бітумною мастикою.

Стіни резервуару виготовлені зі сталі марок С245 та С345, що забезпечує необхідну міцність і стійкість до навантажень. Товщина сталевих листів змінюється залежно від висоти резервуару, варіюючись у межах 20...8 мм. Зварювальні шви виконуються автоматичним зварюванням під флюсом, що гарантує герметичність та довговічність конструкції. Дно резервуару виготовлено з листової сталі С235 товщиною 12 та 6 мм.

Дах резервуару конічної форми забезпечує ефективний відвід опадів і додаткову жорсткість конструкції. Несучі елементи виконані з гарячекатаних профілів сталі С245, а покриття даху – з листа сталі С235 товщиною 6 мм. Для захисту від корозії всі елементи оброблені антикорозійним покриттям.

Зовнішні металеві сходи забезпечують доступ до різних рівнів резервуару. Вони мають додаткові майданчики через кожні 5 м, виготовлені з оцинкованої сталі для стійкості до корозії. Поручні висотою 1,2 м та протиковзка поверхня сходинок відповідають сучасним вимогам безпеки.

Проект передбачає нове будівництво резервуару меляси площею забудови складає 855,5 м², з яких 830,5 м² припадає на резервуар, а 25,0 м² – на насосну станцію. Кошторисна вартість будівництва становить 25 529,783 тис. грн, а тривалість робіт – 6 місяців. Під час експлуатації річна потреба підприємства у воді складає 2,5 тис. м³, а в електроенергії – 9,5 тис. кВт·год. Резервуар розрахований на термін служби 40 років за умови виконання регулярних регламентних робіт.

Експлуатація резервуару включає часткове діагностування кожні 5 років та повне діагностування кожні 10 років. Регулярне очищення та дезінфекція є обов'язковими заходами для забезпечення санітарно-гігієнічних норм. Після спорожнення резервуару проводять очищення від залишків меляси, промивання водою та дезінфекцію вапняним молоком. Всі ці заходи спрямовані на

підтримання належного стану внутрішніх поверхонь та продовження строку служби обладнання.

Після завершення будівництва та монтажу резервуар підлягає гідравлічним випробуванням, які включають перевірку герметичності, міцності стінок та стійкості основи. Програма випробувань визначає етапи заповнення резервуару водою, візуальний огляд і вимірювання геометричних параметрів. Результати випробувань документуються, що дозволяє оцінити придатність резервуару до експлуатації та визначити оптимальний режим його використання.

Запропоновані архітектурно-будівельні рішення враховують всі сучасні вимоги до безпеки, енергоефективності та економічної доцільності. Конструкція резервуару забезпечує його довговічність і мінімальні експлуатаційні витрати, що робить його оптимальним вибором для зберігання м'яса в умовах великого промислового підприємства. Впровадження даного проекту сприятиме підвищенню ефективності технологічного процесу та зниженню витрат на обслуговування резервуарів, що особливо важливо для стабільної роботи підприємства.

1.3.1 Техніко-економічні показники об'єкта будівництва

Техніко-економічні показники об'єкта будівництва у подано у таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Техніко-економічні показники об'єкта будівництва

№ п/п.	Показник	Од. вим.	Значення
1	Характер будівництва	Нове будівництво	
2	Кількість новостворених робочих місць	1 місце	1
3	Площа ділянки	га	43,492
4	Поверховість	поверх	1
5	Висота споруди	м	19,0

Продовження таблиці 1.1

6	Площа забудови (проектна)	м ²	855,5
7	В т.ч. в мелясний резервуар (резервуар)	м ²	830,5
	насосна	м ²	25,0
11	Потужність	т	15 000
13	Ступінь вогнестійкості		IIIa
14	Клас наслідків (відповідальності)		CC1
15	Кошторисна вартість будівництва	тис. грн.	25529,783
16	Тривалість будівництва	місяць	6
18	Річна потреба підприємства:		
	електроенергія	тис. кВт*год/рік	9,5
	води	тис. м ³	2,5

1.4 Технологічні рішення

1.4.1 Характеристика підприємства

Мелясний резервуар представляє собою сталевий вертикальний резервуар потужністю зберігання 15 тис. тон. Діаметр резервуара становить 29,6 м, загальною висотою 18,9 м. Висота стінки – 17,0 м. Максимальна допустима висота наливу становить - 16,2 м. Загальний геометричний об'єм резервуара становить - 12 270,0 м³ та корисним об'ємом - 11 112,0 м³. Для обслуговування резервуару передбачається металеві сходи з додатковими площадками обслуговування під технологічні потреби.

Основним технологічним призначенням - зберігання меляси з терміном до 1 року. Технологічна схема передбачає прийом сировини з автотранспорту та завантаження її в резервуар для зберігання. Для зменшення піно утворення передбачається дві точки завантаження меляси, перша на відм. 9 м. а друга на покрівлі. Для відвантаження продукту меляси передбачається зливний штуцер по

днищі резервуару. Відвантаження передбачається через насосну станцію на автотранспорт.

Насосна станція передбачається для перекачування меляси. Передбачається влаштування двох насосів для безперебійної роботи насосної. Трубопроводи для завантаження та розвантаження передбачаються Ду150.

Технологічне обладнання резервуара запроектовано за умов забезпечення:

-зберігання меляси, що надходить на зберігається з температурою до +20 °С;

- місцевого розігріву частини меляси всередині резервуара;

- відбору проб меляси по всій висоті резервуара;

- можливості стерилізації резервуара пором;

Крім перерахованого устаткування на загальних видах резервуара наведено місця влаштування люків-лазу та штуцерів. Влаштування обладнання виконувати згідно "Типового проекту 701-5-2с.87"

На резервуарі має бути написано олійною фарбою:

а) номер резервуару;

б) ємність резервуара в м;

в) обсяг меляси на 1 см висоти її шару у резервуарі.

З метою уникнення утворення піни трубопровід, що подає мелясу в резервуар, повинен бути загнутий відкритим кінцем до самої внутрішньої стінки резервуара.

Після кожного спорожнення резервуарів від меляси, але не рідше одного разу на рік, перед початком завантаження необхідно проводити очищення, промивання та дезінфекцію резервуарів та інших допоміжних ємностей, а також трубопроводів, арматури та насосів.

Очищення, промивання та дезінфекцію резервуарів, збірників та інших допоміжних ємностей для меляси необхідно проводити наступним чином:

а) очистити скребками внутрішню поверхню від пристала, висохлої меляси, іржі тощо;

б) ретельно промити водою з брандспойту внутрішню поверхню резервуара

в) побілити всю внутрішню поверхню вапняним молоком, приготованим перед дезінфекцією резервуара зі свіжообпаленого вапна, і через півгодини змити вапно водою з брандспойту.

1.4.2 Забезпечення безпечної експлуатації резервуарів

Строк служби резервуарів 40 років. Строк служби резервуара включає і регламентні роботи з обслуговування і ремонту резервуарів. Неможливість або економічна недоцільність ремонту резервуара визначає закінчення строку його експлуатації.

Експлуатація резервуарів повинна здійснюватися відповідно до інструкції з нагляду і обслуговуванню, затвердженої керівником експлуатуючого підприємства.

Загальний строк служби резервуара повинен забезпечуватися проведенням регулярного дворівневого діагностування з оцінкою технічного стану і проведенням (за необхідності) ремонтів. Дворівневе діагностування резервуарів включає:

- часткове діагностування;
- повне діагностування.

Періодичність часткового або повного діагностування залежить від особливості конструкції і конкретних умов експлуатації резервуара. Конкретні строки діагностування резервуара призначаються експертною організацією згідно з ДСТУ-Н Б А.3.1-10.

Після введення в експлуатацію перше часткове діагностування повинно проводитись для через п'ять років.

Повне технічне діагностування повинно проводитися з інтервалом не більше 10 років.

1.4.3 Випробування і приймання резервуарів

Після закінчення монтажу резервуара виконати гідравлічні випробування. Після випробувань резервуари допускається виконання антикорозійного захисту і монтажу обладнання.

Випробування резервуару виконувати згідно розділу 10, ДСТУ Б В.2.6-183:2011, та повинні включати такі випробування :

- випробування герметичності корпусу резервуара при заповненні водою;
- випробування міцності корпусу резервуара при гідростатичному навантаженні;
- випробування герметичності стаціонарного покриття надлишковим тиском повітря;
- випробування стійкості корпусу резервуара створенням відносного розрідження всередині резервуара;
- випробування стійкості основи резервуара з визначенням абсолютного і нерівномірного осідання по контуру днища, крену резервуара, профілю центральної частини днища.

Для проведення випробувань резервуара повинна бути розроблена програма випробувань, яка включає:

- етапи випробувань із зазначенням рівня наливання (зливання) води і часу витримки;
- значення надлишкового тиску і відносного розрідження, часу витримки;
- схему проведення візуального огляду і вказівки щодо вимірювання необхідних геометричних параметрів елементів конструкцій резервуара і фундаменту;
- обробку результатів випробувань, проведення перевірочних розрахунків (за необхідності), надання висновку щодо придатності і режиму експлуатації резервуара.

1.4.4 Основні вказівки по очищенню та обробки внутрішніх поверхностей резервуару

Вказівки щодо обробки внутрішніх поверхонь після монтажу дивитись розділ КМ, дезінфекція резервуара проводиться згідно "Інструкції з приймання, зберігання, транспортування та обліку меляси на підприємствах" яка є затверджена на підприємстві.

Пропарювання внутрішніх поверхонь виконувати за допомогою барбатера.

Висушування проводиться провітрюванням при відкриванні кожних люків-лазу та монтажних люків на покрівлі.

Очищення внутрішніх поверхонь та дезінфекція проводиться з допомогою збірно-розбірної люльки, яка вноситься в розібраному вигляді через овальний люк в резервуар. Штучне освітлення всередині резервуару виконується переносними лампами, струм напругою 12 В до яких підводиться переносним кабелем із насосної станція.

Після кожного спорожнення резервуарів від меляси, але не рідше одного разу на рік, перед початком завантаження необхідно проводити очищення, промивання та дезінфекцію резервуарів та інших допоміжних ємностей, а також трубопроводів, арматури та насосів.

Очищення, промивання та дезінфекцію резервуарів, збірників та інших допоміжних ємностей для меляси необхідно проводити наступним чином:

- а) очистити скребками внутрішню поверхню від пристала, висохлої меляси, іржі тощо;
- б) ретельно промити водою з брандспойту внутрішню поверхню резервуара
- в) побілити всю внутрішню поверхню вапняним молоком, приготованим перед дезінфекцією резервуара зі свіжообпаленого вапна, і через півгодини змити вапно водою з брандспойту.

1.5 Висновки до розділу 1

Проведено аналіз вихідних умов, які визначають параметри проектування та будівництва вертикального резервуару для зберігання меляси. У розділі детально розглянуто географічне розташування ділянки, її природно-кліматичні, інженерно-геологічні та гідрологічні особливості, а також обґрунтовано рішення щодо генерального плану.

Проектна ділянка розташована в межах міста Луцьк на території виробничої зони, що сприяє ефективній логістиці через наявність розвиненої транспортної інфраструктури. Географічне положення забезпечує вигідні умови для промислової діяльності, зокрема через близькість до залізничних магістралей та автомобільних доріг. Ділянка має рівнинний рельєф із мінімальними ухілами, що спрощує підготовку території до будівництва.

Кліматичні умови характеризуються помірно-континентальним кліматом із вираженими сезонами. Це враховано при розрахунку снігових і вітрових навантажень, а також глибини промерзання ґрунту. Для безпеки експлуатації та довговічності резервуару передбачено використання сучасних матеріалів і технологій, які відповідають будівельним нормам.

Інженерно-геологічні умови включають техногенний рельєф та супіщано-суглинисті ґрунти, що вимагають ретельного проектування

Рішення щодо генерального плану обґрунтовано з урахуванням особливостей ділянки, рельєфу та інженерних комунікацій. Заплановано благоустрій території з організацією водовідведення та демонтаж існуючих споруд для оптимального розміщення резервуару та насосної станції.

Архітектурно-будівельні рішення включають використання сталевих конструкцій із надійним антикорозійним захистом, герметичними зварювальними швами та багаторівневою системою безпеки. Додатково забезпечено доступність резервуару через зовнішні сходи, відповідно до сучасних стандартів експлуатації.

РОЗДІЛ 2

РОЗРАХУНКОВО-КОНСТРУКТИВНИЙ

2.1 Вихідні дані

Розрахунково-конструктивний розділ визначає основні принципи проектування та виконання будівельних конструкцій, враховуючи вимоги чинних нормативних документів. Основною метою є забезпечення міцності, стійкості, надійності та довговічності резервуару для зберігання м'яса, запроектованого для виробничої зони м. Луцька.

Вихідні дані для розрахунків:

- Геометричні параметри резервуару:
 - Діаметр резервуару: 29,6 м.
 - Загальна висота конструкції: 18,9 м.
 - Висота стінок резервуара: 17,0 м.
 - Максимальна допустима висота наливу: 16,2 м.
- Місткість резервуару:
 - Геометричний обсяг: 12 270,0 м³.
 - Корисний обсяг: 11 112,0 м³.
- Фізичні властивості м'яса:
 - Густина: 1,4 т/м³.
- Кліматичні навантаження згідно з ДБН В.1.2-2-2006:
 - Снігове навантаження: 1,24 кН/м².
 - Вітрове навантаження: 0,48 кН/м².
- Ґрунтові умови:
 - Глибина промерзання: 1,2 м.
 - Рівень ґрунтових вод: 3,0 м від поверхні.
 - Тип ґрунту: супіщані та суглинисті породи.
- Матеріали:
 - Сталь: С245, S275, С345
 - Бетон: класу С8/10 для підбетонки, С16/20 для фундаменту.

- Арматура: класу A500C, A240.
- Експлуатаційні параметри:
 - Термін експлуатації резервуару: 40 років.

Проект резервуару передбачає використання сучасних методів розрахунку та аналізу з урахуванням усіх видів навантажень. Розрахунки виконані з використанням положень наступних нормативних документів [7]

2.2 Розрахунок навантажень та складання розрахункових схем

2.2.1. Визначення нормативних та розрахунковий навантажень

Розрахунок навантажень на резервуар є ключовим етапом проектування, що дозволяє забезпечити стабільність, довговічність і безпеку конструкції в умовах експлуатації. Навантаження поділяються на постійні, тимчасові та особливі. Дані щодо кожного навантаження наведено в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Нормативні та розрахункові навантаження

№ п/п	Найменування	Од. виміру	Нормативне значення	Коеф. γ_{fm}	Розрахункові значення
1	Власна вага	т	За розрахунком	1,1	За розрахунком
2	Вітрове навантаження	т/м ²	0,036	1,4	0,05
3	Снігове навантаження	т/м ²	0,128	1,4	0,179
4	Вага меляси	т/м ³	1,4	1,1	1,54

Снігове навантаження розраховано згідно з кліматичними умовами регіону. Характеристичне значення снігового покриву враховує коефіцієнт переходу на горизонтальну проєкцію, а також додатковий коефіцієнт надійності. Вітрове навантаження залежить від висоти споруди та враховує аеродинамічний вплив на циліндричну поверхню.

Ці значення використовуються для перевірки стійкості та міцності конструкції, а також для розрахунків фундаменту та стінок резервуару, забезпечуючи їхню відповідність вимогам безпечної експлуатації.

2.2.2. Визначення розрахункових схем

Основним постійним навантаженням на резервуар є меляса з щільністю 1.45 т/м³ яка створює значне навантаження на стінку та днище резервуару. При висоті наливу 16,2 м і діаметрі резервуару 29,6 м, розрахунок гідростатичний тиск від меляси прикладається до внутрішніх стінок резервуару зростає лінійно зі збільшенням висоти стовпа рідини. Максимальний тиск діє біля основи резервуару. Його значення можна розрахувати за формулою:

$$P = \rho \gamma_{fm} g \cdot h$$

де:

- ρ — густина меляси,
- g — прискорення вільного падіння,
- h — висота наливу,
- γ_{fm} — коефіцієнт надійності.

Цей тиск діє на стінки резервуару, поступово збільшуючись від верхнього краю до днища як зображено на рисунку 2.2.

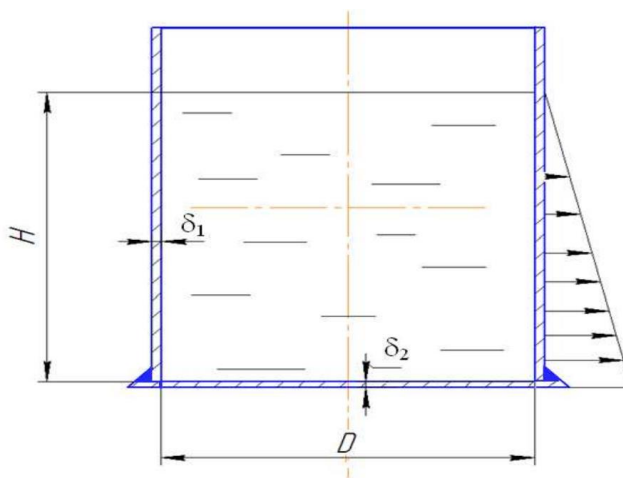


Рисунок 2.1 - Схема навантаження стінки резервуару від тиску меляси

Навантаження на днище або на фундамент під резервуар наведено на рисунку 2.2. Навантаження включаються наступні:

q_1 – рівномірне розподілене навантаження від меляси;

q_2 – вага стінки та покрівлі резервуару;

q_3 – вага днища резервуару;

q_4 – снігове навантаження;

q_5 – Вітрове навантаження;

q_6 – навантаження від сейсміки.

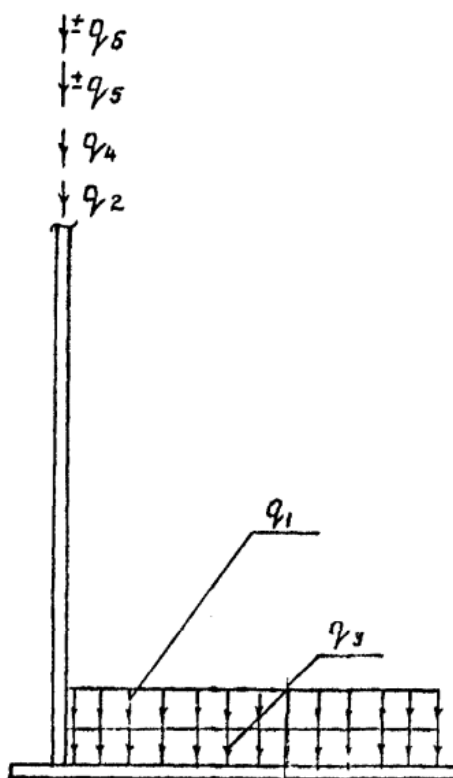


Рисунок 2.2 - Схема навантаження на фундамент під резервуар

2.3 Розрахунок фундаментів

2.3.1. Вибір типу фундаменту

Вибір типу фундаменту для резервуару є важливим етапом проектування, що визначає стабільність і надійність споруди протягом усього терміну експлуатації. Основними факторами, які впливають на рішення, є характеристики ґрунту, рівень ґрунтових вод, тип та величина навантажень, що діють на

фундамент. Враховуючи ці параметри, для даного об'єкта вибрано штучну основу із стрічковим фундаментом під стінку резервуару, що відповідає вимогам ДСТУ Б В. 2.6-183:2011.

Штучна основа створюється шляхом ущільнення та стабілізації основи ґрунту, що дозволяє забезпечити рівномірний розподіл навантажень і уникнути нерівномірних осідань. Для резервуарів із великими геометричними розмірами та значним навантаженням це рішення є типовим та ефективним. Зокрема, основа виконується зі щебенево-піщаної суміші яка ретельно ущільнюється, а зверху вкладається підбетонний шар із бетону класу С8/10 товщиною 100 мм. Це дозволяє підготувати рівну й стійку основу для стрічкового фундаменту.

Стрічковий фундамент забезпечує необхідну міцність і стійкість конструкції резервуару. Його основна функція – рівномірний розподіл вертикальних і горизонтальних навантажень, що виникають у результаті гідростатичного тиску меляси, власної ваги резервуару та додаткових кліматичних впливів, таких як снігове й вітрове навантаження. Фундамент виконується із залізобетону класу С16/20 із використанням арматури класу А500С, яка забезпечує додаткову міцність та довговічність конструкції.

Розрахунок стрічкового фундаменту базується на визначенні максимального навантаження, що діє на основу, та його розподілу на ґрунт.

Для забезпечення довговічності конструкції передбачено гідроізоляцію фундаменту. Вона включає нанесення двошарового бітумного покриття на поверхню фундаменту та облаштування дренажної системи для відведення ґрунтових вод. Це рішення дозволяє захистити конструкцію від впливу вологи та забезпечити стабільні умови експлуатації.

Таким чином, вибір штучної основи зі стрічковим фундаментом є оптимальним рішенням для резервуару зберігання меляси. Це забезпечує стабільність конструкції, економічну ефективність будівництва та відповідність сучасним стандартам будівельної галузі. Запропоноване рішення враховує всі чинники, які можуть вплинути на експлуатацію резервуару, та дозволяє гарантувати його безпечне й довготривале використання.

2.3.2. Проектування штучної основи

Основна функція штучної основи полягає у перерозподілі навантажень від резервуара і його вмісту на ґрунт, забезпеченні стабільності споруди та запобіганні осіданню, нахилам чи деформаціям. Враховуючи конструктивні та експлуатаційні особливості резервуару, прийнято подушка з щебенево піщаної суміші ЦПС С5 з наступними характеристиками:

$$\rho_{II} = 15,0 \text{ кН/м}^3; \phi_{II} = 45^\circ; c_{II} = 2 \text{ кПа}; R = 300 \text{ кПа}; E = 30 \text{ МПа}.$$

За основу несучого ґрунту прийнято ґрунти ПЕ-3 супісок пластичний, шаруватий, з прошарками піску і суглинку темнуватого-сірого, голубуватого-сірого з наступними характеристиками (в замоченому стані): $\rho_{II}=19,2 \text{ кН/м}^3$; $\phi_{II}=22^\circ$; $c_{II}=7 \text{ кПа}$; $E=11 \text{ МПа}$.

Для заміни основи прийнято мінімальне значення заміненої основи, глибиною 1.9 м. від існуючого рівня землі. Звідси розрахункова несуча здатність ґрунту на відмітці становить R яка визначається за формулою:

$$R = \frac{c_1 c_2}{k} [M_\gamma k_z b \gamma_{11} + M_q d_1 \gamma'_{11} + (M_q - 1) d_b \gamma'_{11} + M_c c_{11}]$$

$$R=27,2 \text{ т/м}^2$$

Розрахунок фундаментів за несучою здатністю основ виконують виходячи з

$$F \leq \gamma_c F_u / \gamma_n,$$

F - розрахункове навантаження на основу;

F_u - сила граничного опору основи що ;

γ_c - коефіцієнт умов роботи;

γ_n - коефіцієнт надійності;

Звідси:

$$28,0 \leq 1 \times 27.2 / 0.95 = 28,63$$

Умова виконується.

2.4 Розрахунок товщини стінки вертикального резервуара

Для розрахунку вертикальних циліндричних резервуарів необхідно врахувати дію гідростатичного тиску рідини на стінки резервуара. Тиск рідини зростає пропорційно до глибини, як показано на класичній епюрі тиску. Стінки резервуара розраховуються на міцність з урахуванням рівномірного підвищення тиску від верхньої до нижньої частини.

Геометричні та конструктивні параметри резервуара:

Резервуар має діаметр 29.6 м та висоту корисного об'єму 17.0 м. Висота наповнення рідиною становить 16.2 м. Резервуар зберігає рідину з щільністю 1.4 т/м³, що з урахуванням запасу дорівнює 1.54 т/м³ (1540 кг/м³).

Для визначення обсягу резервуара використовується формула:

$$V = (\pi D^2 / 4) H,$$

де: D – діаметр резервуара, H – висота наповнення.

Обсяг резервуара дорівнює 11,592 м³.

Резервуар складається з трьох основних поясів зі змінною товщиною стінок для зниження витрат металу та забезпечення міцності конструкції.

Основні розрахункові залежності:

Гідростатичний тиск рідини визначається за формулою:

$$p = \rho g H,$$

де: $\rho = 1540$ кг/м³, $g = 9.81$ м/с², H – глибина рідини.

У ході експлуатації стінки резервуара піддаються діям розтягувальних зусиль. Напруження у стінках визначаються за формулою:

$$\sigma = (pD) / (2t),$$

де: p – тиск, D – діаметр, t – товщина стінки.

Товщина стінки визначається з умови:

$$t = (pD) / (2\sigma_{\text{доп}}),$$

де: $\sigma_{\text{доп}} = R_y / \gamma$, а γ – коефіцієнт запасу (1.5).

Розрахунок для верхнього поясу (14.0-15.5 м):

Гідростатичний тиск:

$$p = 1540 \times 9.81 \times 3.0 = 45.3 \text{ кПа.}$$

Допустиме напруження:

$$\sigma_{\text{доп}} = 245/1.5 = 163.3 \text{ МПа.}$$

Товщина стінки:

$$t = (45.3 \times 29.6)/(2 \times 163.3) = 4.1 \text{ мм.}$$

Прийнята товщина: 8 мм.

Розрахунок для середнього поясу (8.0-9.5 м):

Гідростатичний тиск:

$$p = 1540 \times 9.81 \times 9.0 = 138.0 \text{ кПа.}$$

Допустиме напруження:

$$\sigma_{\text{доп}} = 345/1.5 = 230.0 \text{ МПа.}$$

Товщина стінки:

$$t = (138.0 \times 29.6)/(2 \times 230.0) = 8.9 \text{ мм.}$$

Прийнята товщина: 12 мм.

Розрахунок для нижнього поясу (0-2.0 м):

Гідростатичний тиск:

$$p = 1540 \times 9.81 \times 17.0 = 257.0 \text{ кПа.}$$

Допустиме напруження:

$$\sigma_{\text{доп}} = 345/1.5 = 230.0 \text{ МПа.}$$

Товщина стінки:

$$t = (257.0 \times 29.6)/(2 \times 230.0) = 16.6 \text{ мм.}$$

Прийнята товщина: 20 мм.

На основі виконаних розрахунків визначено товщини стінок резервуара зі змінною товщиною по висоті. Верхні пояси виконуються зі сталі С245 з товщиною 8 мм, середні пояси мають товщину 12-14 мм, а нижні пояси виконуються зі сталі С345 з товщиною до 20 мм. Розрахунки підтверджують відповідність конструкції нормативним вимогам ДБН В.2.6-198:2014 та ДСТУ Б EN 1993-4-2:2012.

2.5 Висновок до розділу 2

У розділі представлення розрахунки навантажень включали гідростатичний тиск меляси, снігове і вітрове навантаження, а також власну вагу конструкції. Всі навантаження визначено згідно з нормативними коефіцієнтами та вимогами ДБН, що забезпечило відповідність розрахунків експлуатаційним вимогам.

Фундамент резервуара виконано у вигляді стрічкового залізобетонного фундаменту на штучній основі з ущільненої щебенево-піщаної суміші. Така конструкція забезпечує рівномірний розподіл навантажень, запобігає осіданню та відповідає геологічним умовам ділянки.

Стінки резервуара розраховано зі змінною товщиною 8...20 мм. Це дозволяє економити матеріали без втрати міцності. Напруження у стінках розраховано за формулами з урахуванням гідростатичного тиску, що лінійно зростає зі збільшенням висоти наливу.

Проект враховує всі чинники, що впливають на експлуатацію резервуара, і гарантує його надійність та безпеку в умовах реального використання.

РОЗДІЛ 3

НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ

3.1. Дослідження металоємності балки перекриття

Проектування сталевих конструкцій завжди передбачає пошук оптимального балансу між міцністю, жорсткістю та економічністю. Одним із ключових параметрів, який характеризує економічність конструкції, є металоємність — кількість металу, необхідного для виготовлення конструктивного елемента. Зниження металоємності дозволяє не лише скоротити витрати на матеріали, а й зменшити вагу споруди, що особливо важливо для великих інженерних об'єктів, таких як резервуари для зберігання рідин.

Балка покриття резервуара є одним із найважливіших елементів конструкції, оскільки вона забезпечує передачу навантажень від покрівлі до опор. При проектуванні таких балок важливо врахувати всі види навантажень, зокрема постійні, тимчасові та особливі, а також забезпечити їхню довговічність і надійність. Водночас конструктивне рішення повинно бути економічно доцільним. Для досягнення цієї мети використовується аналіз металоємності балок із різними типами двотаврових профілів, що дозволяє обрати оптимальний варіант за критеріями міцності та ваги.

Двотаврові балки є одним із найпоширеніших типів профілів, які використовуються в сучасному будівництві. Вони мають високу несучу здатність при відносно невеликій вазі та різноманітність типорозмірів, що дає змогу проєктантам обирати профіль залежно від конкретних умов експлуатації. У цьому дослідженні буде проведено аналіз металоємності балок покриття резервуара з використанням різних видів двотаврових профілів. Кожен профіль має свої особливості, які впливають на загальну масу конструкції та її експлуатаційні характеристики.

Метою цього дослідження є порівняння металоємності балок покриття резервуара, виконаних із різних типів двотаврових профілів, для вибору оптимального конструктивного рішення. Для цього буде виконано розрахунки в

програмному забезпеченні Autodesk Robot Structural Analysis, яке дозволяє моделювати напружено-деформований стан конструкцій і визначати їхню масу. Результати розрахунків дадуть змогу оцінити вплив типорозміру профілю на металоємність балки та обрати профіль із найменшою вагою при дотриманні всіх нормативних вимог.

Актуальність цього дослідження зумовлена необхідністю раціонального використання матеріальних ресурсів у будівництві, особливо в умовах сучасних економічних викликів. Оптимізація металоємності конструкцій є одним із ефективних способів зниження витрат на будівництво та експлуатацію інженерних споруд. Урахування особливостей навантажень і експлуатаційних умов резервуара дозволяє обрати таке конструктивне рішення, яке забезпечує високу надійність і мінімальні витрати металу.

Таким чином, результати цього дослідження сприятимуть підвищенню ефективності проектування сталевих конструкцій, зокрема балок покриття резервуарів, а також можуть бути використані для розробки рекомендацій щодо вибору типорозмірів профілів у подібних інженерних задачах.

3.2. Методика дослідження

Методика дослідження передбачає ретельний аналіз металоємності балки покриття резервуара із застосуванням чисельного моделювання. Балка завдовжки 13,3 м, що використовується у цьому дослідженні, розкріплена кожні 1,48 м.. Дослідження базується на моделюванні реальних умов експлуатації та аналізі напружено-деформованого стану.

Розрахунок розпочинається з визначення основних вихідних даних, таких як навантаження, геометричні характеристики балки, матеріал та тип профілю. Балка підлягає дії рівномірно-розподіленого навантаження, яке складається з постійної компоненти, що враховує власну вагу конструкції ($0,46 \text{ кН/м}^2$), та тимчасової компоненти, що відповідає сніговому навантаженню ($1,26 \text{ кН/м}^2$) та вітровому навантаженню ($0,3 \text{ кН/м}^2$). Загальне навантаження становить $2,02 \text{ кН/м}^2$.

Створення розрахункової моделі балки здійснюється у програмному забезпеченні Autodesk Robot Structural Analysis. Ця програма дозволяє будувати точні моделі з урахуванням геометричних параметрів, фізичних властивостей матеріалу та граничних умов. Балка завдовжки 13,3 м моделюється із шарнірно опертими кінцями, що відповідає реальним умовам її експлуатації. Розкріплення через кожні 1,48 м унеможливорює втрату стійкості через боковий згин, що є важливим фактором для балок такої довжини. (рис. 3.1).

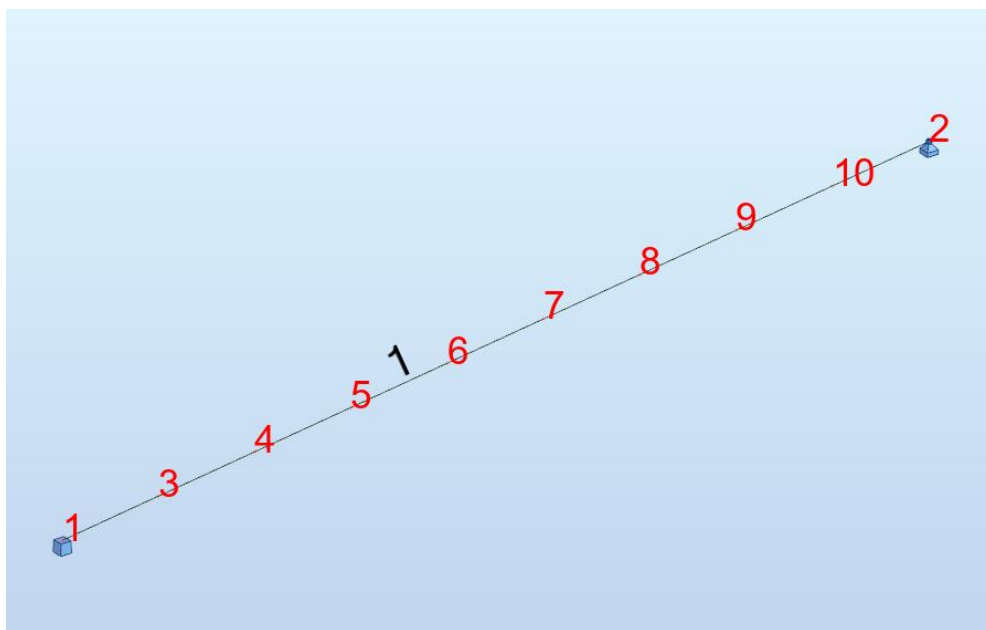


Рисунок 3.1 - Розрахункова схема балки в середовищі Autodesk Robot Structural Analysis

Розрахунок напружень і прогинів є наступним етапом дослідження. Рівномірно-розподілене навантаження прикладається до моделі балки, і програма визначає напружено-деформований стан конструкції. Максимальні згинальні моменти та прогини визначаються для кожного типорозміру двотаврового профілю. Для перевірки жорсткості обчислюються прогини балки і порівнюються з нормативними обмеженнями, визначеними будівельними стандартами. Ці параметри дозволяють оцінити, чи відповідає балка вимогам до несучої здатності.

Одночасно з оцінкою міцності та жорсткості визначається металоємність кожного типу балки. Обчислена маса балки дозволяє зробити висновки про ефективність використання матеріалу для кожного з розглянутих профілів.

Останнім етапом дослідження є порівняльний аналіз отриманих результатів. Для кожного типу двотавра порівнюються маса балки, максимальні напруження та прогини. Результати зводяться в таблицю, що дозволяє наочно проаналізувати ефективність кожного профілю. Основними критеріями оцінки є відповідність балки нормативним вимогам до міцності та жорсткості, а також її маса, яка прямо впливає на металоємність.

Методика дослідження дозволяє обґрунтовано підійти до вибору оптимального профілю балки покриття резервуара. Завдяки використанню сучасних програмних засобів та дотриманню будівельних норм, результати дослідження є надійними та можуть бути застосовані у практичній діяльності. Вибір оптимального типу двотавра дозволяє зменшити вагу конструкції, знизити витрати на матеріали та забезпечити довговічність і надійність експлуатації резервуара. Таким чином, розроблена методика не лише сприяє зниженню металоємності, а й забезпечує економічну ефективність будівництва.

3.3. Результати дослідження

Результати розрахунків наведені на рис. 3.2–рис.3.6 де зображено моменти опору M_y та величини деформація балки для кожного типу двотавра.

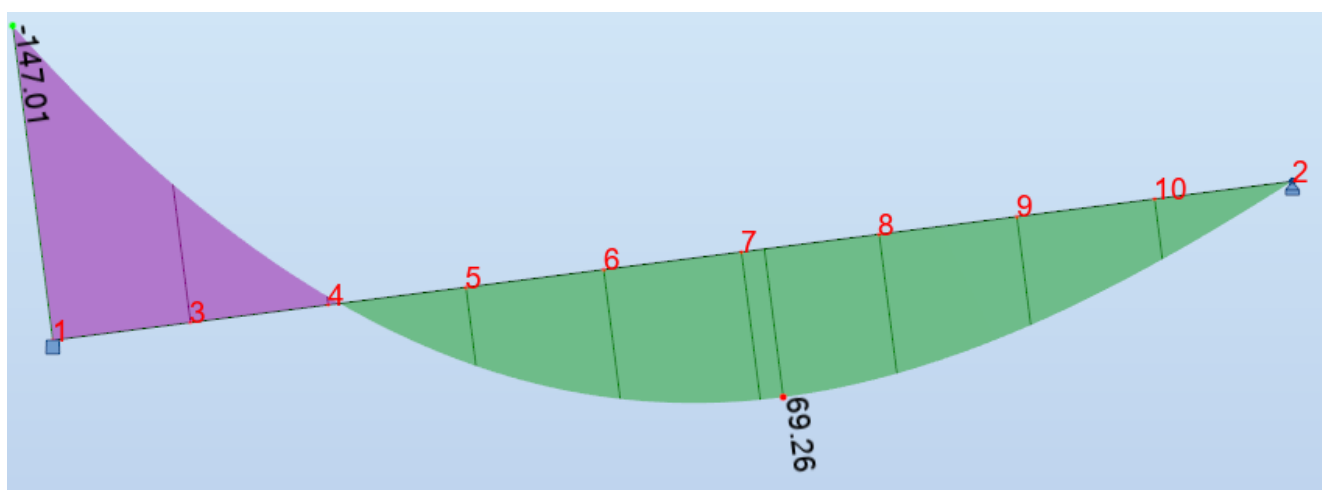


Рисунок 3.2 - Розрахунковий момент опору M_y для двотавра IPE330, згідно з сортаментом DIN 1025-5

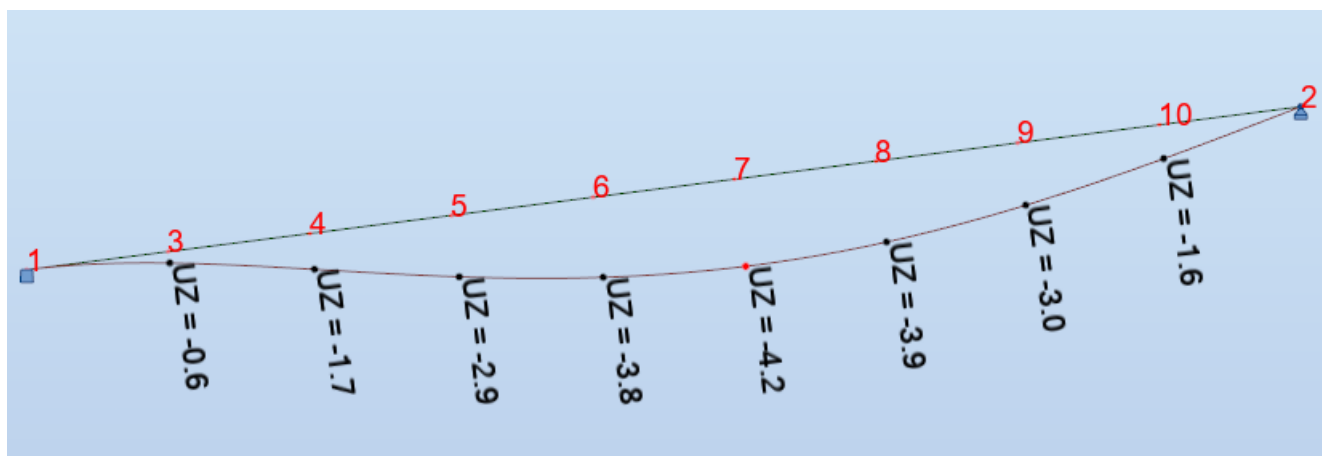


Рисунок 3.3 - Розрахункова деформація балки для двотавра IPE330, згідно сортаменту DIN 1025-5

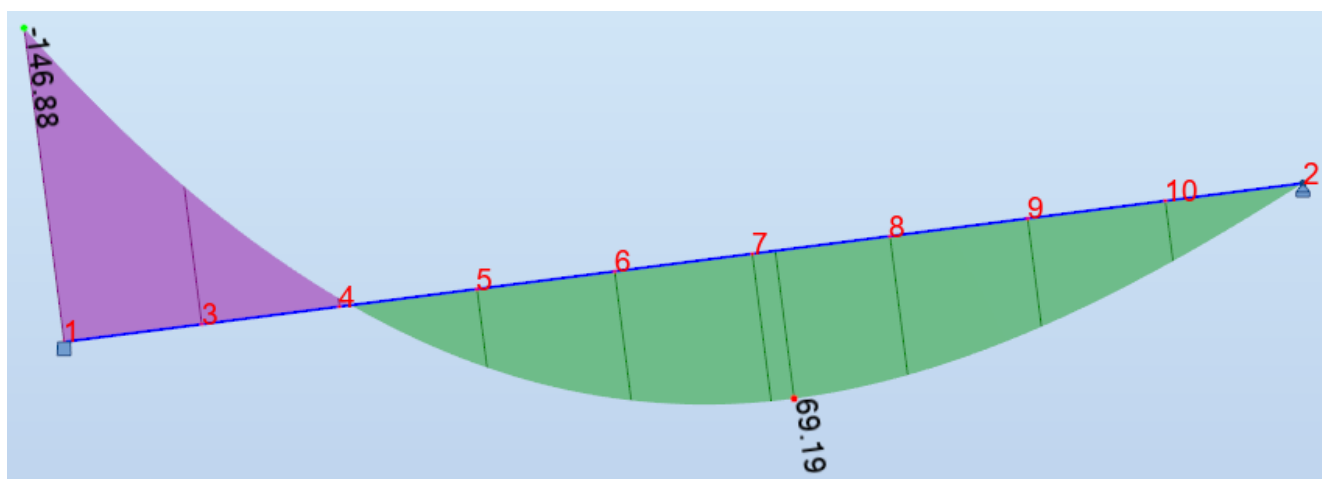


Рисунок 3.4 - Розрахунковий момент опору M_u для двотавра 36, згідно сортаменту ДСТУ 8768:2018

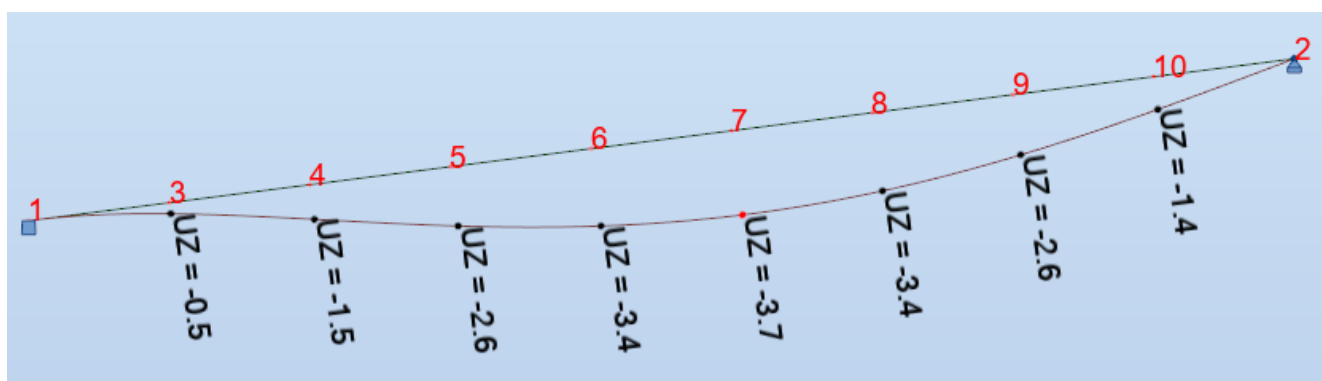


Рисунок 3.5 - Розрахункова деформація балки для двотавра 36, згідно сортаменту ДСТУ 8768:2018

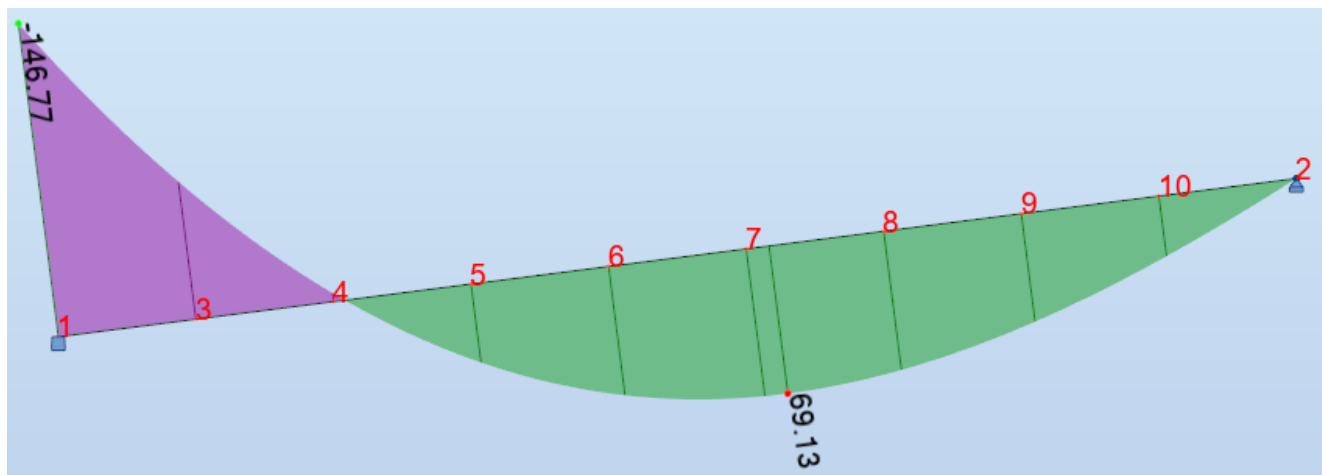


Рисунок 3.6 - Розрахунковий момент опору M_u для двотавра 40Б1



Рисунок 3.7 - Розрахункова деформація балки для двотавра 40Б1

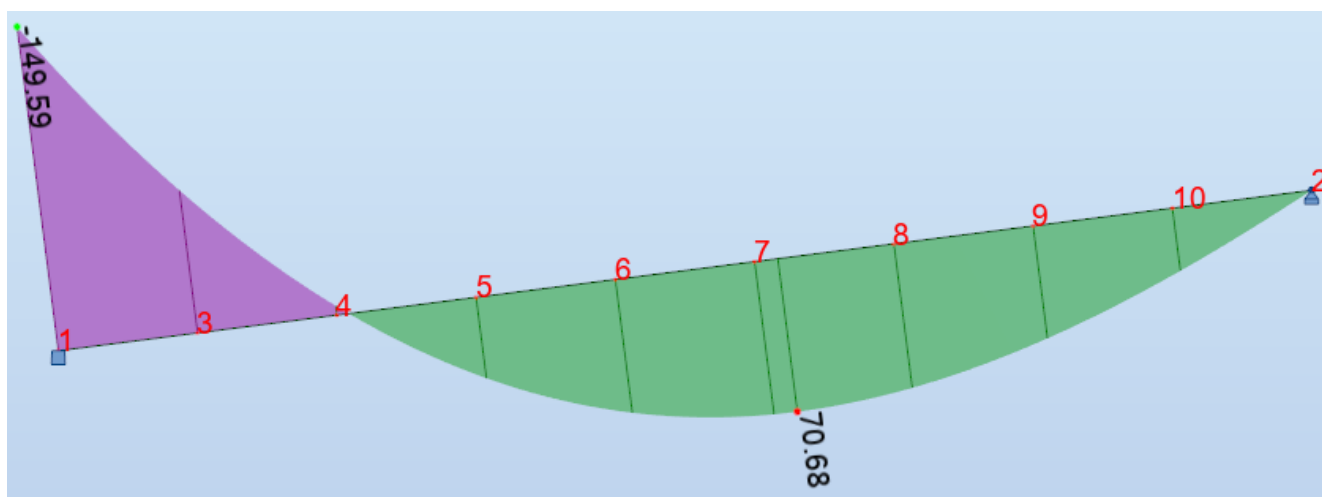


Рисунок 3.8 - Розрахунковий момент опору M_u для двотавра 30П2

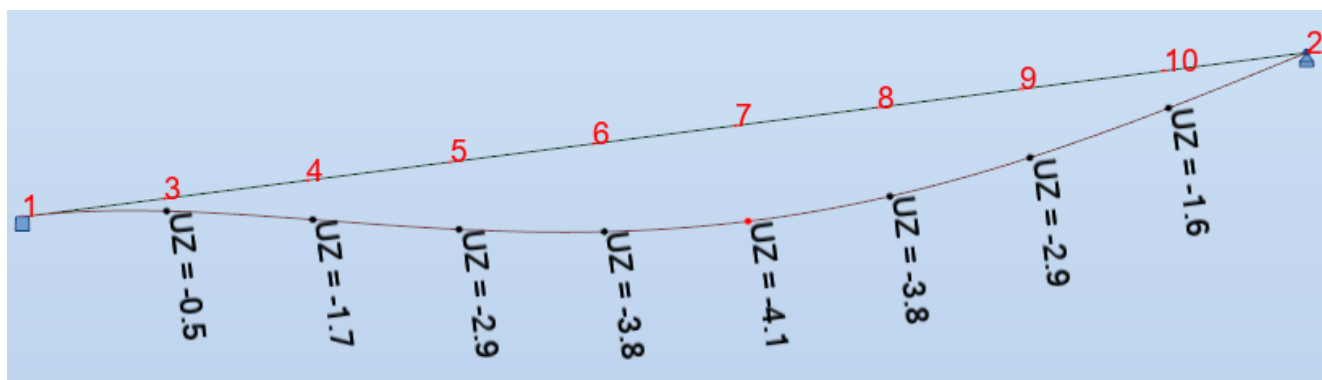


Рисунок 3.9 - Розрахункова деформація балки для двотавра 30Ш2

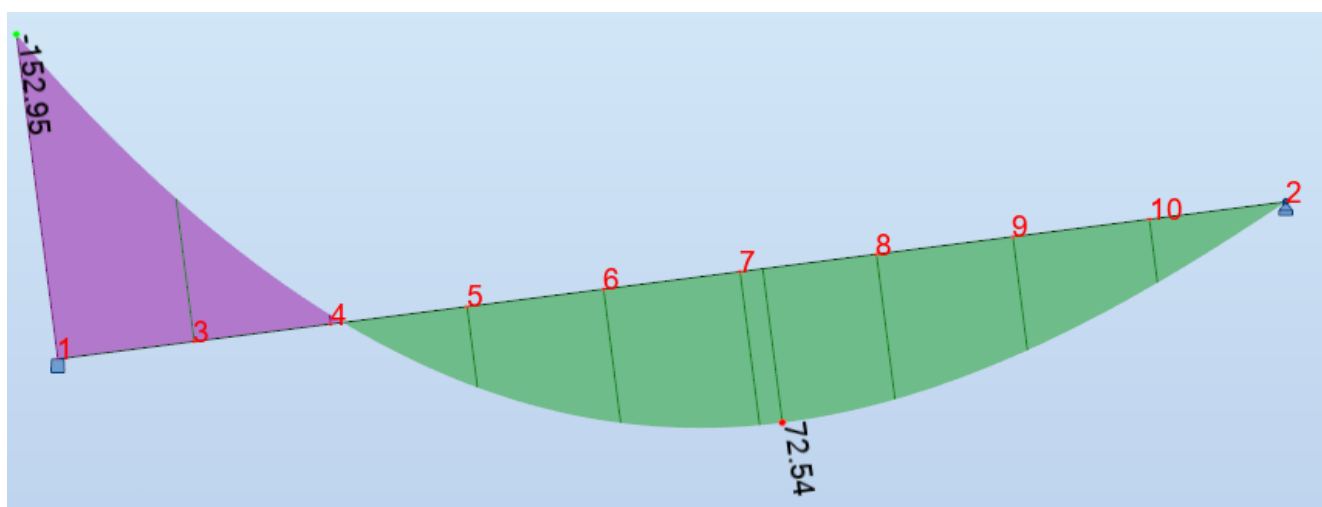


Рисунок 3.10 - Розрахунковий момент опору M_u для двотавра НЕВ 280, згідно з DIN 1025-2

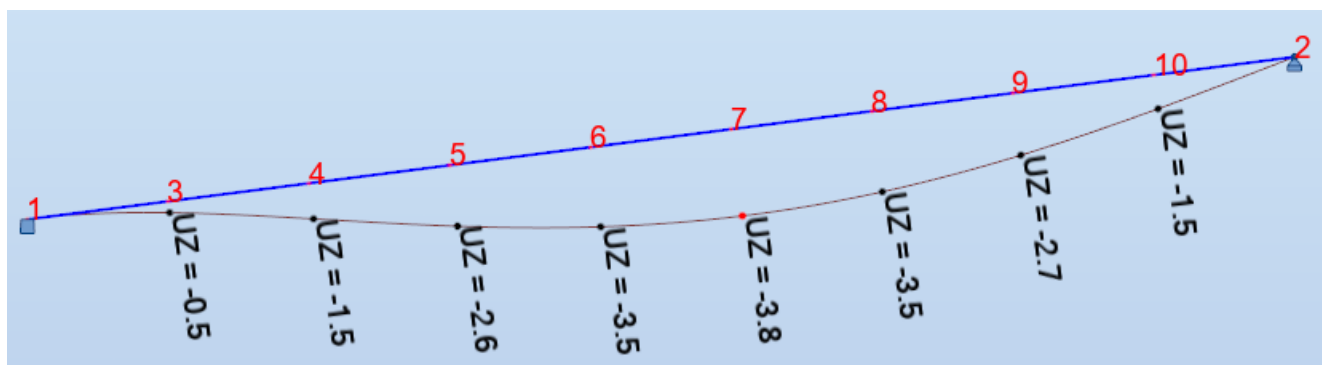


Рисунок 3.11 - Розрахункова деформація балки для двотавра НЕВ 220, згідно з DIN 1025-2

Для більш детальнішого порівняння наведено в таблиця 3.1

Таблиця 3.1 – Таблиця порівнянь розрахунків

№ п/п	Найменування профіля	Розрахунковий момент опору M_u , кН (в прольоті)	Розрахунковий момент опору M_u , кН (в опорному вузлі)	Максимальна деформація, см	Вага 1 м.пог профіля, кг
1	ІРЕ330	69,26	147,01	4,2	49,1
2	НЕВ 280	72,54	151,95	3,8	103,0
3	30Ш2	70,68	149,59	4,1	53,6
4	40Б1	69,13	146,77	3,1	48,1
5	36	69,19	146,88	3,7	48,6

Дослідження металоємності балок покриття резервуара продемонструвало суттєву залежність між типом обраного профілю та його експлуатаційними характеристиками, такими як вага, максимальне напруження, прогини та момент опору. Проведені розрахунки дозволили проаналізувати основні показники для різних двотаврових профілів, що відповідають стандартам

Профілі ІРЕ330, НЕВ 280, 30Ш2, 40Б1 та 36 були обрані для порівняльного аналізу. Їхні характеристики відображені в таблиці 3.1. Як видно з даних таблиці, найбільший розрахунковий момент опори в опорному вузлі продемонстрував профіль НЕВ 280, що становить 151,95 кН, проте він також має найбільшу вагу – 103,0 кг на пог. метр. Цей профіль забезпечує найменшу деформацію (3,8 см), що робить його придатним для застосування в конструкціях з високими вимогами до жорсткості.

Інші профілі, такі як 30Ш2 та 40Б1, показали меншу вагу, зокрема 53,6 кг і 48,1 кг відповідно. Водночас, їх максимальні прогини становлять 4,1 см та 3,1 см, що також відповідає нормативним вимогам. Це робить їх більш економічно доцільними для умов, де зниження ваги конструкція є критичною.

Профіль ІРЕ330 відзначається найбільшою доступністю при широкому застосуванні в будівництві. Його момент опори в опорній вузлі становить 147,01 кН, а прогін не перевищує 4,2 см. У той же час, профіль 36, хоча і подібні показники, характеризується трохи меншою вагою – 48,6 кг, що робить його оптимальним вибором у багатьох випадках.

На основі проведених досліджень встановлено, що вибір оптимального профілю залежить від балансу між вимогами до жорсткості, міцності та металоємності. Наприклад, у випадку, де віддано зменшення ваги конструкції, доцільно використовувати профіль 40Б1 або 36. Якщо з основною вимогою є мінімізація прогини, то профіль НЕВ 280 буде найкращим вибором, а якщо металоємність то профіль 40Б1. Водночас найбільш доступнішим на ринку є профіль ІРЕ330.

Загалом, результати дослідження сприяють оптимізації процесу проектування, дозволяючи знайти ефективний баланс між міцністю, економічністю та довговічністю сталевих конструкцій. Вибір профілю, який відповідає конкретним умовам експлуатації, забезпечує надійність конструкції та мінімізує витрати на її будівництво.

3.5. Висновки до розділу 3

У ході виконання науково-дослідного розділу було проведено аналіз металоємності балок покриття резервуара з використанням різних типів двотаврових профілів. Дослідження базувалося на чисельному моделюванні напружено-деформованого стану в програмному забезпеченні Autodesk Robot Structural Analysis, що дозволило оцінити ефективність застосування кожного профілю з урахуванням нормативних вимог до міцності та жорсткості.

Основними критеріями оцінки виступали максимальні напруження, прогини та вага профілів. Проведений порівняльний аналіз показав, що найменша вага серед досліджуваних профілів має двотавр 40Б1 (48,1 кг/м), тоді як найвищу жорсткість забезпечує НЕВ 280, при його більшій вазі (103,0 кг/м). Це проводиться про доцільність вибору профілю залежно від використання умов та вимог до конструкції.

Результати досліджень підтверджують, що оптимізація металоємності є кінцевим аспектом проектування сталевих конструкцій. Використання легших профілів дозволяє знизити витрати на матеріали та зменшити загальну вагу

споруди, що особливо актуально для великих інженерних об'єктів. Водночас застосування жорсткіших профілів забезпечує надійність конструкції у випадку значних навантажень.

Запропонований підхід до аналізу металоємності може бути використаний у подальших дослідженнях та практичній діяльності для вибору оптимальних конструктивних рішень. Висновки, зроблені на основі отриманих результатів, сприяють підвищенню ефективності проектування, забезпечуючи раціональне використання матеріальних ресурсів і дотримання нормативних вимог.

РОЗДІЛ 4

ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

4.1 Охорона праці

4.1.1 Техніка безпеки при роботі із механізмами

Робота із механізмами в промисловості, зокрема на цукрових заводах, є важливим і відповідальним завданням, що потребує суворого дотримання правил охорони праці. Невиконання цих правил може призвести до травмувань, аварій і навіть смертельних випадків. Основними нормативними документами, які регламентують безпеку праці на виробництвах, є Закон України "Про охорону праці", Державні будівельні норми (ДБН), Галузеві правила охорони праці, а також спеціалізовані положення, такі як "Правила охорони праці на цукрових заводах".

Загальні вимоги до безпеки

Перед початком роботи із механізмами необхідно провести відповідну підготовку. Працівники повинні пройти вступний інструктаж, навчання та перевірку знань з охорони праці. Навчання має включати теоретичну частину та практичні заняття, спрямовані на вивчення специфіки роботи обладнання. Працівники допускаються до роботи лише після підтвердження їхньої компетентності комісією підприємства.

Технологічне обладнання повинно відповідати експлуатаційній документації заводу-виробника.

Робоче місце, його устаткування і оснащення має забезпечувати безпеку та охорону здоров'я працюючих. Для захисту працюючих від небезпек, які виникають на окремих ділянках робочих місць устаткуванням що рухається, та під час технологічних процесів використовувати засоби індивідуального та колективного захисту працюючих. Проведення робіт без використання цих засобів забороняється.

Для обслуговування великогабаритного устаткування та його частин, що потребують огляду, ремонту та налагодження, застосовуються стаціонарні майданчики з огороженням і сходами.

Всі обертаючі та рухомі частини устаткування, незалежно від швидкості їх руху, закриваються суцільним або сітчастим огороженням.

Огороження має бути міцним, надійно закріпленим, безпечним для працюючих та не торкатися рухомих частин устаткування.

Всі поверхні устаткування, що виділяють тепло і працюють при температурі зовнішньої поверхні стінки вище 43 °С - теплоізовані. Ізоляція стійка до вологи, механічних пошкоджень і вогнетривка.

Управління машинами і апаратами здійснюється з пультів управління.

На органах управління зображені чіткі написи або умовні знаки про їх призначення.

Конструкція органів управління устаткування виключає іскровиникнення в рухомих частинах.

Біля машин, які включаються дистанційно або автоматично, розміщують написи «Обережно, включається автоматично» (дистанційно)».

Пристрої для пуску і зупинки устаткування розташовують так, щоб працівнику було зручно користуватися ними з робочого місця.

Всі відкриті струмопровідні частини електроприладів, електронагрівальних пристроїв, а також проводи у місцях їх з'єднання огорожують. Огороження виключає можливість дотику до частин, які знаходяться під напругою.

Устаткування, яке пов'язане з виділенням шкідливих, токсичних і отруйних речовин, встановлюється в окремих приміщеннях, які обладнані припливно-втяжною вентиляцією.

Відкриті монтажні отвори в перекриттях огорожуються.

Трапи і містки мають жорсткі та надійно закріплені поручні.

Для контролю рівня рідини в посудинах встановлюють звукові, світлові та інші сигналізатори рівня, які передбачені конструкцією заводу-виробника.

Забороняється:

пуск і короткочасна робота механізмів при відсутності або несправному стані огорожуючих пристроїв;

прибирання поблизу механізмів без захисних огорожень;

очищення, обтирання і змащення частин робочих механізмів, що обертаються, під час їх дії;

перелізати через огороження або просовувати руки за них для змащення і прибирання робочих механізмів;

зупиняти вручну обертаючі і рухомі механізми;

наступати на обладнання, проводи, які звисають або лежать на землі та підлозі, а також на обриви дроту, мотузки, тросу, які торкаються цих проводів;

експлуатувати несправне устаткування, а також устаткування з несправними або відключеними пристроями захисту (блокування, запобіжні клапани);

ремонтувати устаткування без виконання технічних заходів, що унеможлиблюють його помилкове включення в роботу, самовільне переміщення або рух. Після закінчення очистки або ремонту устаткування необхідно впевнитись у тому, що в ньому не залишилось людей і будь-яких сторонніх предметів;

застосовувати для миття та обезжирювання деталей і устаткування гас, бензин, бензол, ацетон та інші горючі і легкозаймисті речовини, а також трихлоретилен, дихлоретилен та інші хлорподібні вуглеводні.

Місця розташування пускових пристроїв (крім пристроїв дистанційного управління) електродвигунів напругою вище 1000 В оснащують діелектричними килимками, а у вологих приміщеннях - ізолюючими підставками.

При підготовці устаткування до монтажних, демонтажних і ремонтних робіт необхідно:

ознайомити працівників з порядком проведення робіт і засобами безпеки;

закрити доступ до устаткування, що ремонтується. Встановити попереджувальні знаки та плакати;

припинити ведення технологічного процесу;

звільнити апарати, збірники та інші резервуари від рідин чи продуктів виробництва, промити їх;

провентилювати устаткування та приміщення;

перевірити кріплення фундаментних болтів, стан ізоляції електричної мережі та заземлення, наявність та справність огорожень, пускових, гальмівних, блокуючих пристроїв, запобіжних і контрольно-вимірювальних приладів;

впевнитись у відсутності в середині устаткування людей і сторонніх предметів.

Працівники ремонтних бригад забезпечуються справними інструментами і пристроями.

Працююче устаткування з рухомими частинами перед оглядом, ремонтом і очищенням знеструмлюють та знімають запобіжники. Забороняється доступ сторонніх осіб в зону ремонту.

Під час ремонтних робіт, пов'язаних з монтажем, демонтажем устаткування та трубопроводів, а також заміною елементів устаткування, дотримуються послідовності операцій, передбаченої проектом виробництва робіт або технологічною картою.

Під час ремонтних робіт на ділянках з температурою повітря понад 35 °C передбачаються пересувні повітряні вентиляційні установки.

Під час проведення ремонтних робіт у вибухонебезпечних приміщеннях забороняється кидати на підлогу металеві предмети і матеріали, які можуть викликати появу іскор. Використовувати спеціальний інструмент.

Не допускається усунення дефектів під час роботи машин і механізмів.

Забороняється ремонтувати включене устаткування.

Основні вимоги техніки безпеки включають:

Забезпечення працівників засобами індивідуального захисту (ЗІЗ): касками, захисними окулярами, рукавичками, взуттям із нековзною підошвою та спеціальним одягом.

Регулярний огляд і технічне обслуговування обладнання для забезпечення його справності та безпечної експлуатації.

Заборона роботи з несправними механізмами або в разі виявлення пошкоджень захисних пристроїв.

Особливості роботи з обладнанням на цукрових заводах

На цукрових заводах використовується широкий спектр технологічного обладнання, такого як транспортери, дробарки, мішалки, центрифуги, резервуари для зберігання та обробки продуктів. Під час роботи з таким обладнанням необхідно враховувати наступне:

Механізми транспортування сировини. Робота із транспортерними стрічками передбачає уникнення контакту з рухомими частинами. Стрічки повинні бути обладнані захисними кожухами та системами аварійного зупинення. Встановлюються обмеження на максимальну вагу вантажу та швидкість транспортування для запобігання пошкодженням обладнання та травмам персоналу.

Обладнання для подрібнення. Дробарки та інші пристрої, що обробляють цукрову сировину, створюють високий ризик травмування. Перед початком роботи необхідно перевірити справність захисних решіток і шнекових живильників. Забороняється працювати на обладнанні без встановлених захисних кожухів.

Резервуари та мішалки. При роботі із резервуарами важливо контролювати їхню герметичність і стан внутрішніх поверхонь. Мішалки повинні бути оснащені блокувальними пристроями, які запобігають випадковому ввімкненню під час обслуговування. У разі необхідності входу в резервуар працівники повинні використовувати страхувальні пояси та засоби захисту органів дихання.

Електрообладнання, що використовується на цукрових заводах, повинно відповідати нормам електробезпеки. Основні заходи включають:

Перевірку ізоляції проводів та справності заземлення.

Використання обладнання, що відповідає класу захисту від ураження електричним струмом.

Заборону використання пошкоджених кабелів або розеток.

Особливу увагу слід приділити роботі в умовах підвищеної вологості, де ризик ураження струмом значно зростає. У таких випадках необхідно застосовувати електрообладнання з подвійною ізоляцією або низьковольтні пристрої.

Безпека під час обслуговування механізмів

Обслуговування обладнання, включаючи змащення, налаштування та ремонт, проводиться лише після повного знеструмлення механізмів. Усі рухомі частини повинні бути зупинені, а аварійні кнопки заблоковані. Забороняється знімати або встановлювати деталі обладнання під час його роботи.

Особливу увагу приділяють утилізації залишків сировини або продуктів, що можуть створювати слизьку поверхню. Для цього використовуються спеціальні знімні платформи або піддони.

Для ефективного забезпечення техніки безпеки працівники повинні проходити:

Первинний інструктаж перед початком роботи.

Повторний інструктаж не рідше одного разу на шість місяців.

Позаплановий інструктаж у разі змін технологічного процесу або оновлення обладнання.

Навчання включає ознайомлення з особливостями роботи на конкретному обладнанні, методами надання першої допомоги та планами дій у разі аварійних ситуацій.

На випадок аварій передбачаються наступні дії:

Негайне відключення обладнання.

Евакуація працівників із небезпечної зони.

Повідомлення керівництва та служби охорони праці.

Надання першої допомоги постраждалим.

Обладнання має бути оснащено датчиками перевантаження, які автоматично зупиняють механізми у разі критичних відхилень. Регулярні тренування персоналу з евакуації дозволяють зменшити наслідки аварій.

Вимоги до організації робочих місць

Робочі місця повинні бути організовані відповідно до норм ергономіки. Забезпечується достатній рівень освітленості, температури та вентиляції. Усі проходи та робочі зони повинні бути вільними від сторонніх предметів.

Регулярний контроль виконання правил техніки безпеки здійснюється службою охорони праці підприємства. Аудити проводяться не рідше одного разу на квартал із залученням незалежних експертів за необхідності. Порухення фіксуються у спеціальних актах, після чого проводиться робота з їх усунення.

Забезпечення техніки безпеки при роботі із механізмами є ключовим елементом організації праці на промислових підприємствах. Дотримання наведених заходів сприяє створенню безпечних умов роботи, мінімізує ризики травматизму та підвищує ефективність виробничого процесу.

4.1.2 Охорона праці під час виконання основних технологічних процесів

Охорона праці під час виконання основних технологічних процесів на промислових підприємствах має критичне значення для забезпечення безпечних умов праці, збереження здоров'я працівників та зниження ризиків виникнення аварійних ситуацій. Основними завданнями цього розділу є регламентація та оптимізація технологічних операцій із дотриманням норм і правил безпеки.

Загальні вимоги до безпеки технологічних процесів

Перед початком виконання будь-якого технологічного процесу необхідно:

Провести оцінку ризиків, пов'язаних із конкретною операцією.

Забезпечити працівників засобами індивідуального захисту (ЗІЗ), зокрема захисними рукавичками, окулярами, спеціальним одягом та взуттям.

Організувати робочі місця з урахуванням ергономічних вимог та забезпечити відповідний рівень освітлення.

Провести інструктаж щодо безпечного виконання технологічних операцій, включаючи порядок дій у разі надзвичайних ситуацій.

Безпека під час роботи з хімічними речовинами

На цукрових заводах широко використовуються хімічні речовини для очищення обладнання, дезінфекції та інших процесів. Робота з ними вимагає особливої обережності:

Використання тільки тих хімічних речовин, які дозволені чинним законодавством України та мають відповідну сертифікацію.

Забезпечення працівників респіраторами та іншими засобами захисту органів дихання.

Організація безпечного зберігання хімічних речовин у спеціально відведених приміщеннях із вентиляцією та системою контролю.

Завдання безпеки на кожному етапі технологічного процесу

Завантаження та транспортування сировини.

Обладнання для транспортування повинно бути оснащено захисними пристроями.

Всі рухомі частини транспортерів, мішалок та інших пристроїв мають бути закритими захисними кожухами.

Контроль за станом обладнання повинен проводитися щоденно перед початком роботи.

Обробка та подрібнення сировини.

Під час роботи з дробарками працівники повинні дотримуватись безпечної відстані від рухомих частин.

Заборонено ручне завантаження сировини без застосування спеціальних інструментів.

Очищення резервуарів та трубопроводів.

Перед початком очищення необхідно знеструмити обладнання та перевірити відсутність залишків продукту.

Використання хімічних реагентів повинно здійснюватись у спеціально відведених місцях із дотриманням норм безпеки.

Працівники, які виконують очищення резервуарів, мають використовувати страхувальні пояси.

Навчання та контроль

Регулярне навчання та проведення інструктажів з охорони праці допомагають підвищити рівень обізнаності працівників щодо можливих ризиків. Всі навчальні заходи повинні фіксуватись у спеціальних журналах, а працівники – підтверджувати свої знання підписом.

Організація моніторингу та аудиту

Моніторинг безпеки технологічних процесів включає:

Оперативний контроль за виконанням правил охорони праці.

Регулярний аналіз потенційних небезпек і розробка запобіжних заходів.

Проведення щорічного аудиту системи охорони праці з залученням незалежних експертів.

Дотримання вимог охорони праці під час виконання основних технологічних процесів є невід'ємною складовою організації безпечного виробничого середовища. Це забезпечує не лише збереження здоров'я працівників, але й стабільність виробничого циклу, підвищуючи ефективність підприємства.

4.2 Охорона навколишнього середовища

Проектування та експлуатація вертикального резервуара для зберігання меляси є важливою складовою промислової діяльності, яка повинна враховувати всі аспекти екологічної безпеки.

Одним із ключових завдань у цьому процесі є мінімізація негативного впливу на навколишнє середовище. Враховуючи сучасні екологічні виклики, особлива увага приділяється очищенню водних ресурсів, зменшенню повітряних викидів, управлінню твердими відходами, контролю шумового забруднення та забезпеченню екологічного моніторингу.

У процесі експлуатації резервуарів можуть утворюватися значні обсяги стічних вод, що містять залишки органічних речовин, хімічні домішки та зважені частки.

Для запобігання забрудненню водойм і ґрунтових вод передбачено багаторівневу систему очищення стічних вод. Вона включає механічне видалення

зважених часток, хімічну нейтралізацію шкідливих домішок і біологічну очистку за допомогою аеробних і анаеробних мікроорганізмів. Крім того, запроваджуються замкнені цикли водопостачання, що дозволяють багаторазово використовувати воду в технологічних процесах, знижуючи її споживання та зменшуючи кількість стоків.

Повітряні викиди, що утворюються під час роботи резервуарів, містять леткі органічні сполуки та парові домішки, які можуть спричиняти забруднення атмосфери. Для мінімізації їхнього впливу резервуари обладнуються герметичними кришками, які запобігають утворенню неконтрольованих викидів. Додатково встановлюються фільтри та конденсатори для уловлювання шкідливих речовин, а також сучасні системи рекуперації парів, які зменшують загальне навантаження на повітряний басейн. Застосування технологій із низьким рівнем емісії забруднюючих речовин є пріоритетним напрямом екологічної політики підприємства.

Управління твердими відходами є ще одним важливим аспектом охорони довкілля. Відходи, що утворюються внаслідок експлуатації резервуарів, сортуються та переробляються. Органічні залишки, такі як жом, можуть бути використані для виробництва біогазу або як корм для сільськогосподарських тварин. Зола від спалювання палива застосовується у виробництві будівельних матеріалів або як компонент мінеральних добрив. небезпечні відходи, які не підлягають переробці, утилізуються згідно з екологічними нормами та відповідними процедурами, передбаченими українським законодавством.

Шумове забруднення, що створюється насосами, компресорами та іншими механізмами, може впливати як на працівників підприємства, так і на мешканців прилеглих районів. Для зменшення рівня шуму використовуються шумоізоляційні матеріали та бар'єри, а обладнання розміщується у спеціальних приміщеннях із поглинанням шуму. Регулярне технічне обслуговування механізмів також сприяє зниженню рівня шумового навантаження.

Моніторинг екологічних параметрів здійснюється для контролю ефективності впроваджених заходів та виявлення можливих відхилень від

нормативів. Автоматизовані системи дозволяють у реальному часі відстежувати якість води, повітря та стан ґрунту на території об'єкта. Результати моніторингу використовуються для коригування виробничих процесів і покращення екологічних показників.

Особливе значення приділяється екологічній освіті та підвищенню свідомості працівників. Проведення тренінгів і навчальних програм забезпечує дотримання екологічних стандартів на всіх етапах експлуатації об'єкта. Це не лише підвищує ефективність реалізації заходів із захисту довкілля, а й формує культуру екологічної відповідальності серед працівників.

Інтеграція екологічних технологій і заходів у проект вертикального резервуара для зберігання м'яса дозволяє досягти високого рівня екологічної безпеки. Зменшення негативного впливу на навколишнє середовище забезпечує сталий розвиток підприємства, підвищує його репутацію серед партнерів і сприяє збереженню природних ресурсів для майбутніх поколінь.

4.3 Безпека в надзвичайних ситуаціях

Безпека на промислових об'єктах, особливо таких, як резервуари для зберігання м'яса, є ключовим аспектом, що впливає на стабільність функціонування підприємства, здоров'я та життя працівників, а також захист навколишнього середовища. Для забезпечення високого рівня безпеки важливо врахувати всі виявлені ризики, які можуть виникнути під час експлуатації об'єкта, та реалізувати ефективні заходи для їх мінімізації.

Надзвичайні ситуації можуть виникати як унаслідок природних катаклізмів, так і через техногенні чинники, тому необхідно передбачити їх усі можливості сценарії.

Природні ризики в районі Луцька, де розташовані об'єкти, включають ймовірність повеней, сильних вітрів, буревіїв та значних опадів. Ураховуючи місцеві кліматичні умови, необхідно забезпечити стійкість конструкцій резервуара до сильних вітрових навантажень, а потім домінуючі західні вітри можуть спричинити додаткові навантаження на стінки споруди.

Конструкція резервуару має відповідати сучасним нормам, які гарантують її здатність витримувати вітровий тиск і снігові навантаження, що є типовими для регіону. також, покриття резервуару конічної форми запобігає накопиченню опадів, а сталеві стінки з антикорозійним покриттям захищають від впливу вологи.

Для зниження ймовірності аварійних витоків конструкція резервуару передбачає використання високоякісних матеріалів, які забезпечують герметичність зварних швів. Також важливо регулярно перевіряти стан обладнання, зокрема насосної станції, трубопроводів та арматури, щоб своєчасно виявити можливі дефекти.

Планування заходів з екстреного реагування має ключове значення для забезпечення безпеки. У разі виникнення крайньої ситуації повинна бути чітко накладена система оповіщення, яка інформує працівників про необхідність евакуації або виконання інших дій. Для цього необхідно забезпечити безперервний доступ до системи гучного зв'язку та резервних джерел електроживлення. Також розробити детальні інструкції для персоналу, які описують алгоритм дій у разі пожежі, розгерметизації чи іншого слідства. Евакуаційні шляхи мають бути чітко позначені, а доступ до них – вільним у будь-який час.

Для зниження екологічних ризиків передбачено налаштування системи збору та утилізації рідких відходів, які можуть утворитися внаслідок витоків. Наприклад, резервуар має бути забезпечений спеціальним уловлювачем, який дозволяє локалізувати м'ясову рідину при її витіканні. Система дренажу території повинна ефективно відводити дощові води, щоб запобігти підтопленню, що може спричинити пошкодження основи споруди.

Підготовка персоналу є невід'ємною частиною забезпечення безпеки. Працівники підприємства повинні регулярно проходити навчання з питань охорони праці, дій у надзвичайних ситуаціях та першої допомоги. Тренувальні заходи з моделювання аварійних ситуацій дозволяють працівникам закріпити практичні навички та підвищити рівень готовності до реальних викликів.

Керівництво підприємства зобов'язане організувати таке навчання не рідше одного разу на рік та залучати до них усіх співробітників.

Сценарії надзвичайних ситуацій мають бути остаточно опрацьовані, включаючи ймовірні наслідки кожного з них. Наприклад, у разі розгерметизації резервуара необхідно передбачити зупинку технологічного процесу, екстрене перекачування залишків мелясу в інший резервуар та усунення очищення. У разі пожежі – першочерговими діями є ізоляція небезпечної зони, активація систем пожежогасіння та евакуація працівників із прилеглим приміщенням. Ефективне виконання цих заходів можливо лише за умови чіткого розподілу відповідальності серед персоналу.

Розробка плану безпеки є безперервним процесом, який включає регулярне оновлення документів, перевірку стану обладнання та аналіз результатів навчання. Тільки комплексний підхід до забезпечення безпеки дозволить уникнути надзвичайних ситуацій або мінімізувати їх сліди. Таким чином, резервуар для зберігання меліси, завдяки впровадження сучасних технологій і відповідних заходів, стане об'єктом із високим рівнем надійності та безпеки як для персоналу, так і для навколишнього середовища.

Враховуючи місце розташування, основними потенційними НС є:

- витік рідини або її неконтрольований розлив;
- пожежі або вибухи, викликані випарами меляси чи інших хімічних речовин;
- техногенні аварії, пов'язані з обладнанням резервуара;
- природні явища, такі як сильні вітри, снігові бурі чи землетруси.
- Оцінка ризиків та планування заходів безпеки.

Оцінка ризиків проводиться з використанням методів аналізу небезпек та ймовірності їх реалізації. Основними критеріями оцінки є географічне розташування, кліматичні умови, технічні параметри резервуара та тип рідини, що зберігається.

Витік рідини або неконтрольований розлив. Для попередження таких ситуацій резервуар оснащується:

- герметичними запірними механізмами;
- системами контролю рівня рідини;
- обвалуванням навколо резервуара, що локалізує можливий витік.

У разі розливу рідини передбачено використання сорбентів для її збору та системи дренажу для запобігання потраплянню рідини до ґрунтових вод.

Пожежі та вибухи. Пожежі можуть виникати через займання випарів меляси в умовах високих температур або несправності обладнання. Для зниження ризиків:

- встановлено автоматичні системи пожежогасіння, що включають водяні та пінні установки;
- резервуар обладнаний датчиками температури та виявлення диму;
- проведено зони відділення резервуара від потенційних джерел вогню або іскор;
- персонал пройшов навчання з використання первинних засобів пожежогасіння, таких як вогнегасники.

Техногенні аварії. Включають раптове руйнування конструкції резервуара, вихід з ладу запірної арматури або механічні пошкодження:

- передбачено регулярний технічний огляд стану конструкції;
- встановлено систему аварійної сигналізації для оперативного оповіщення про несправності;
- персонал забезпечений інструкціями та планами дій у випадку надзвичайної ситуації.

Природні явища.

Зважаючи на клімат Луцька та його близькість до зон можливих землетрусів, резервуар спроектований з урахуванням сейсмічних навантажень. Конструкція відповідає нормативам сейсмостійкості.

Також враховано:

- використання анкерів для забезпечення стійкості резервуара до сильного вітру;

- снігозахисні елементи для запобігання накопиченню снігу на даху резервуара.

Інженерні рішення для забезпечення безпеки

Системи виявлення та моніторингу:

- датчики тиску та рівня рідини;
- газоаналізатори для виявлення небезпечних концентрацій парів;
- системи відеоспостереження для моніторингу об'єкта в реальному часі.

Системи аварійного відключення:

- механізми автоматичного закриття клапанів у разі витоку;
- аварійні кнопки зупинки обладнання, розташовані в легкодоступних місцях.

Системи евакуації:

- прокладено евакуаційні маршрути з належним маркуванням;
- передбачено евакуаційні виходи;
- встановлено засоби зв'язку для оперативної координації дій персоналу.
- Запобіжні зони:
- організовано санітарно-захисну зону навколо об'єкта для зменшення впливу аварій на прилеглі території;

виконано озеленення для зменшення пилового навантаження та покращення мікроклімату.

Навчання та тренування персоналу

Навчання є критично важливим для забезпечення безпеки в надзвичайних ситуаціях. Персонал регулярно проходить:

- тренінги з евакуації та дій у разі пожежі;
- навчання з надання першої медичної допомоги;
- інструктажі з використання аварійного обладнання.

Тренування проводяться не рідше одного разу на квартал і включають симуляцію можливих аварійних ситуацій. Їх результативність аналізується для вдосконалення планів реагування.

Організація співпраці з екстреними службами

Для забезпечення швидкого реагування на аварії об'єкт взаємодіє з місцевими пожежними підрозділами, службами швидкої допомоги та екологічними інспекціями. Складено детальні інструкції для служб із зазначенням місця розташування резервуара, потенційних ризиків та необхідного обладнання для ліквідації наслідків.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Об'єкт проекту – вертикальний резервуар для зберігання, розроблений на основі сучасних будівельних технологій і матеріалів.

В «Архітектурно-будівельному розділі» обґрунтовано архітектурно-будівельні рішення щодо проектування резервуара на виробничій ділянці в місті Луцьк. Визначено оптимальне розташування резервуара, враховуючи природно-кліматичні, інженерно-геологічні та гідрологічні умови. Подано рішення щодо конструктивних параметрів фундаменту, стін, покрівлі та зовнішніх сходів. Забезпечено дотримання будівельних норм та вимог експлуатаційної надійності.

У «Розрахунково-конструктивному розділі» виконано детальний розрахунок конструкції резервуара. Проведено аналіз навантажень, зокрема гідростатичного тиску, снігових і вітрових навантажень, а також власної конструкції ваги. Розраховано товщину стінок резервуара зі зміною геометрії для економії матеріалів без втрати міцності. Обґрунтовано вибір типу фундаменту.

У «Науково-дослідному розділі» виконано дослідження металоємності балки перекриття резервуара. Здійснено чисельне моделювання для різних типів двотаврових профілів. Порівняно їхні характеристики, зокрема прогини, моменти опору та вагу, що дозволило обрати оптимальний максимальний профіль, який забезпечує міцність, жорсткість та економічність.

У розділі «Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях» розроблено заходи щодо забезпечення безпеки будівельних робіт під час монтажу резервуара. Подано рекомендації щодо евакуації персоналу у разі аварійних ситуацій та регулярного технічного обслуговування споруд.

Проект забезпечує відповідність нормативним вимогам, високу експлуатаційну надійність та мінімізацію витрат на будівництво і експлуатацію резервуара, сприяючи підвищенню ефективності роботи промислових підприємств.

БІБЛІОГРАФІЯ

1. ДСТУ 8855:2019 Будівлі та споруди. Визначення класу наслідків (відповідальності).
2. Закон України «Про охорону культурної спадщини»
3. ДСТУ-Н Б В.2.6-186:2013 Настанова щодо захисту будівельних конструкцій будівель та споруд від корозії".
4. ВБН В.2.2-58.2-94. Резервуари вертикальні сталеві для зберігання нафти і нафтопродуктів з тиском насичених парів не вище 93,3 кПа.
5. ДСТУ Б В.2.6-145:2010 Конструкції будинків і споруд. Захист бетонних і залізобетонних конструкцій від корозії. Загальні технічні вимоги.
6. ДСТУ Б В.2.6-40:2011 Резервуари вертикальні циліндричній сталеві для нафти та нафтопродуктів. Загальні технічні умови.
7. ДБН В.2.6-198:2014 Сталеві конструкції. Норми проектування. Зі Зміною № 1
8. ДБН А.2.2-3-2014 Склад та зміст проектної документації на будівництво.
9. ДБН В.1.2-4:2019 Система надійності та безпеки в будівництві. Інженерно-технічні заходи цивільного захисту.
10. ДБН Б.2.2-12:2018 Планування і забудова територій» (ДБН 360-92** «Містобудування. Планування та забудова міських і сільських поселень»);
11. ДБН В.1.1-46:2017 Інженерний захист територій, будівель і споруд від зсувів та обвалів. Основні положення.
12. ДБН В.1.1-45:2017 Будівлі і споруди в складних інженерно-геологічних умовах. Загальні положення.
13. ДБН В.1.1-7:2016 Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги.
14. ДБН А.2.2-1:2021 Склад і зміст матеріалів оцінки впливів на навколишнє середовище (ОВНС).

15. ДБН В.1.2-14:2018 Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель і споруд. Зі Зміною № 1.

16. ДБН В.2.5-56:2014 Системи протипожежного захисту. Зі Зміною № 1 ДСТУ 8773:2018 Склад та зміст розділу інженерно-технічних заходів цивільного захисту в складі проектної документації на будівництво об'єктів. Основні положення.

17. ДСТУ – Н Б В.1.1-27:2010 Будівельна кліматологія.

18. ДСТУ 3900.101:2014 Безпека у надзвичайних ситуаціях. Основні положення.

19. ДСТУ 3994-2000 Безпека у надзвичайних ситуаціях. Надзвичайні ситуації природні. Чинники фізичного походження. Терміни та визначення.

20. ДСТУ 4933-2008 Безпека у надзвичайних ситуаціях. Техногенні надзвичайні ситуації. Терміни та визначення основних понять.

21. ВБН-АПК-03.07 Перелік будівель і приміщень підприємств агропромислового комплексу України з встановленням їх категорій з вибухопожежної небезпеки та класів вибухопожежонебезпечних зон за ПБЕ.

22. ДСТУ 8768:2018 Двотаври сталеві гарячекатані. Сортамент.

23. ДСТУ 8936:2019 Труби сталеві водогазопровідні. Технічні умови.

24. ДСТУ ISO 45001:2019 "Системи управління охороною здоров'я та безпекою праці";

25. ДБН В.1.2-14:2018 "Захист від небезпек техногенного та природного характеру";

26. ДБН В.2.5-76:2014 "Інженерне обладнання будівель і споруд. Протипожежний захист".

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

28. Биків Н. З. Моделювання методом скінчених елементів механічної поведінки залізобетонної балки, підсиленої вставками зі сплаву пам'яті форми // Н. З. Биків, П. В. Ясній, Ясній В. П. // Сучасні технології та методи розрахунків у будівництві. - Луцьк : Луцький національний технічний університет, 2020. - Випуск 13. - С. 24-34.

29. Kolisnyk M. Modeling of the deformation impact of the main structure framework on the stress and strain state of its individual parts / Mykola Kolisnyk, Volodymyr Iasnii, Sviatoslav Gomon // Scientific Journal of TNTU. — Tern. : TNTU, 2022. — Vol 105. — No 1. — P. 141–147.

30. 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.