

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ФАКУЛЬТЕТ АРХІТЕКТУРИ, БУДІВНИЦТВА ТА ДИЗАЙНУ
КАФЕДРА КОМП'ЮТЕРНИХ ТЕХНОЛОГІЙ БУДІВНИЦТВА

ДОПУСТИТИ ДО ЗАХИСТУ

Завідувач випускової кафедри

_____ О.І. Лапенко

“ ____ ” _____ 2020 р.

ДИПЛОМНА РОБОТА

(ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА)

ВИПУСКНИКА ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТР

ЗА СПЕЦІАЛЬНІСТЮ 192 «БУДІВНИЦТВО ТА ЦИВІЛЬНА ІНЖЕНЕРІЯ»
ОСВІТНЬО-ПРОФЕСІЙНА ПРОГРАМА
«ПРОМИСЛОВЕ І ЦИВІЛЬНЕ БУДІВНИЦТВО»

Тема: «Аналіз роботи оболонкових конструкцій під дією зовнішніх факторів»

Виконавець: студент гр. ЦБ- 201М Григолук Максим Юрійович
(студент, група, прізвище, ім'я, по батькові)

Керівник: доцент Машков Ігор Леонідович
(науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ім'я, по батькові)

Консультант розділу «Охорона праці»: _____ Гулевець В.Д.
(підпис) (ПІБ)

Консультант розділу

«Охорона навколишнього середовища»: _____ Гай А.Є.
(підпис) (ПІБ)

Нормоконтролер: _____ Родченко О.В.
(підпис) (ПІБ)

Київ 2020

НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет архітектури, будівництва та дизайну

Кафедра комп'ютерних технологій будівництва

Спеціальність: 192 «Будівництво та цивільна інженерія»

Освітньо-професійна програма: «Промислове і цивільне будівництво»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ О.І. Лапенко

«_____» _____ 2020 р.

ЗАВДАННЯ

на виконання дипломної роботи

Григолюк Максим Юрійович

(П.І.Б. випускника)

1. Тема роботи «Аналіз роботи оболонкових конструкцій під дією зовнішніх факторів»

затверджена наказом ректора від «10» листопада 2020р. № 2251 /ст.

2. Термін виконання роботи: з «05» жовтня 2020р. по «27» грудня 2020р.

3. Вихідні дані роботи: Дослідження впливу нерівності основи та вітрового навантаження на несучу здатність резервуарів великих об'ємів. Розрахунок та конструювання резервуару об'ємом 75000м³ для зберігання нафти. Матеріал головних конструкцій – сталь 315-09Г2С, 325-09Г2С, Ст3сп5, 06Г2Б-440.

4. Зміст пояснювальної записки:

4.1. Аналітичний огляд.....

4.2. Науково-дослідницька частина.....

4.3. Архітектурний розділ.....

4.4. Розрахунково-конструктивний розділ.....

4.5. Організація будівництва.....

- 4.6. Технологія будівництва.....
- 4.7. Охорона праці.....
- 4.8. Охорона навколишнього середовища.....
- Список використаної літератури.....

5. Перелік ілюстративного матеріалу: таблиці, рисунки, діаграми, графіки.

6. Календарний план-графік

№ з/п	Завдання	Термін виконання	Підпис керівника
1.	Зробити аналітичний огляд. Загальні відомості про резервуари. Огляд методів розрахунку.	05 жовтня 2020- 18 жовтня 2020	
2.	Дослідження впливу нерівності основи на несучу здатність резервуарів.	19 жовтня 2020- 01 листопада 2020	
3.	Дослідження впливу вітрового навантаження на несучу здатність резервуарів.	02 листопада 2020- 18 листопада 2020	
4.	Розрахунок та конструювання резервуару. Розрахунок внутрішньої стінки. Побудова скінченноелементної моделі.	19 листопада 2020- 06 грудня 2020	
5.	Розроблення заходів щодо технологічних та організаційних питань при будівництві резервуарів.	07 грудня 2020- 20 грудня 2020	

7. Консультація з окремих розділів:

Назва розділу	Консультант (посада, П.І.Б.)	Дата, підпис	
		Завдання видав	Завдання прийняв
Охорона праці	Доцент Гулевець В.Д.		
Охорона навколишнього середовища	Доцент Гай А.Є.		

8. Дата видачі завдання: «05» жовтня 2020 р.

Керівник дипломної роботи: _____

Машков І.Л.

Завдання прийняв до виконання: _____

Григолюк М.Ю.

ВСТУП

Актуальність теми. Важливою складовою частиною нафтової промисловості і нафтоперегонних станцій є резервуарні парки, призначені для збору і відстою нафти, а також для забезпечення гнучкості режиму експлуатації нафтопродуктів. Близько 74% резервуарів знаходяться в експлуатації понад 20 років, тобто більше ніж нормативний срок служби, а 40 % резервуарів загальною місткістю 6 млн. м³ експлуатується більше 30 років. При цьому загальний фізичний знос резервуарного парку досягає 30-35% і навіть більше. У зв'язку з чим в останні роки значно зросла небезпека відмов даних споруд. Тому актуальним є питання про подальше можливе використання конструкції резервуарів. Потрібно також оцінити ефективність робіт з реконструкції цих споруд порівняно з будівництвом нових.

В останній час постає питання експлуатаційного стану резервуарів, які зазнали нерівномірні осадки основи. Вирішення цієї проблеми пов'язано з визначенням напружено-деформованого стану резервуарів, що дозволить уникнути великих економічних втрат від недовикористання резервуарних ємностей, з одного боку, а також уникнути екологічних втрат від можливих аварій; дозволить вчасно проводити роботи з ремонту основ сталевих вертикальних циліндричних резервуарів.

Осідання основи, поряд з корозійним зносом, тріщиноподібними дефектами та дефектами геометрії, є одним з головних і характерних механізмів відмови.

Дана дипломна робота присвячена оцінці експлуатаційного стану сталевих резервуарів для зберігання нафти і нафтопродуктів, що мають нерівномірні осідання. Досліджуються питання ефективного керування надійністю РВС як у процесі експлуатації, так і на стадії проектування цих споруд.

Все це підкреслює актуальність обраної теми дипломної роботи.

З урахуванням сказаного можна сформулювати мету та задачі дипломної роботи.

Метою роботи є визначення розрахунковим шляхом стану конструкцій резервуара в умовах нерівномірного осідання і можливості подальшої експлуатації резервуара. Проведення подальшого вивчення закономірностей фізичного зносу цих споруд, зокрема з оцінкою впливу нерівномірного осідання основи.

Реалізація даної мети вимагає рішення наступних **задач дослідження**:

1. аналіз дійсної геометрії циліндричної стінки сталевих вертикальних резервуарів та розроблення аналітичного опису цієї геометрії з метою подальшого його використання в розрахункових алгоритмах;
2. визначення дійсних умов роботи резервуарів;
3. дослідження впливу ґрунтових умов на характер і величину осідання резервуарів різного об'єму, а також вплив осідання на напружений стан днища резервуарів;

Крім того в роботі розглядаються питання розрахунку та конструювання окремих елементів резервуарів.

РОЗДІЛ 2

ЧИСЕЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ОСАДКИ ОСНОВИ НА МІЦНІСТЬ І ДЕФОРМАТИВНІСТЬ РЕЗЕРВУАРІВ ВЕЛИКИХ ОБ'ЄМІВ

2.1. Визначення дійсного стану експлуатуємих конструкцій резервуарів

Резервуарні конструкції для зберігання вогнебезпечних і вибухонебезпечних речовин: нафта, нафтопродукти і зріджені гази в об'ємах десятки тисяч м³, є відповідальними інженерними спорудами. Тому вимоги до проектування резервуарів з одного боку повинні забезпечити їхню достатню міцність, стійкість, жорсткість, експлуатаційну надійність, а з іншого боку – досягти граничної економічності і легкості. Цю проблему неможливо вирішити без врахування впливу різних факторів, що є причиною передчасної відмови резервуарних конструкцій.

Слід зазначити, що відмови резервуарів для збереження нафти і нафтопродуктів звичайно викликають значні економічні, екологічні і соціальні втрати. Усе це тим більше актуально для сучасної України, де нафтобази укомплектовані в основному старіючими РВС, причому по цілому ряду об'єктивних і суб'єктивних причин продовжують експлуатуватися сотні ємностей, побудованих в 50-60-х роках, що мають значний фізичний знос і технічний стан яких близький до граничного, при якому подальша експлуатація стає неможливою чи технічно та економічно недоцільною.

Якщо проаналізувати періоди введення в експлуатацію металевих конструкцій резервуарів, то можна зробити висновок, що основу фонду складають конструкції, які введено в експлуатацію 20-30 років тому.

Питання надійності експлуатації будівельних конструкцій нерозривно пов'язані з ступенем їхнього зносу і залишковим ресурсом (запасом функціональної спроможності).

Згідно з дослідженнями металевих конструкцій на момент виходу їх з ладу складає 35-40%.

При фізичному зносі, більшому за 68%, вартість ремонту та відбудови перевищує початкову вартість.

У процесі експлуатації резервуари для збереження нафти і нафтопродуктів піддаються впливу механічних і температурних навантажень, агресивних середовищ і інших негативних факторів, що діють спільно і нерідко в самих несприятливих умовах. Також технічний стан конструкцій багато в чому залежить від умов їх експлуатації (стану антикорозійного захисту металевих конструкцій, своєчасного ремонту, реконструкції та відновлення). Відсутність коштів на подібні роботи, характерна для багатьох підприємств України, призводить до зменшення показників довговічності конструкцій та скорішого виходу їх з ладу.

На стадії експлуатації в нафтових резервуарах розвиваються процеси деградації, відбувається їхній фізичний знос, змінюються характеристики міцності, накопичуються різноманітні дефекти та пошкодження, відбуваються різні механізми відмов. Причиною відмов металевих конструкцій у більшості випадків є наявність дефектів зварних з'єднань, тріщин, непроварів, пір, переміщення крайок і тощо.

Якщо не підтримувати технічну кондицію резервуара на необхідному рівні шляхом проведення в період експлуатації спеціальних контрольних і ремонтно-відновлювальних заходів, то його технічний стан з часом буде тільки погіршуватися. Рано чи пізно споруда деградує настільки, що подальша її експлуатація стає небезпечною або взагалі неможливою.

Тому можна відразу відзначити, що на стадії проектування в прообраз резервуара закладається певний запас надійності шляхом призначення запасів міцності, стійкості і жорсткості через відповідні коефіцієнти методу граничних станів. Відмітимо, що метод граничних станів, покладений в основу діючих норм проектування, вимагає порівняння розрахункового значення зусилля в елементі Q_p з розрахунковим значенням несучої здатності R_p . Якщо $R_p > Q_p$, то надійність забезпечена.

Наведений огляд наукових праць дозволив зробити висновок про необхідність подальшого дослідження впливу такого негативного фактору, як нерівномірне осідання, на нормальну роботу металоконструкцій резервуарів.

2.2. Моделі та методи прогнозування змін технічного стану і управління експлуатаційною надійністю резервуарів

Будь-який резервуар для зберігання нафти і нафтопродуктів вже у вихідному стані (перед введенням в експлуатацію) має дефекти, що з'явилися внаслідок недосконалості технологій виготовлення, транспортування і монтажу. На стадії експлуатації під дією зовнішніх навантажень і впливів у конструкціях резервуарів починають розвиватися процеси деградації, відбувається неминучий фізичний знос, змінюються міцнісні характеристики, накопичуються різного роду пошкодження, активізуються різноманітні механізми відмов.

У процесі експлуатації резервуарів їх технічний стан безперервно змінюється, а без відповідних ремонтно-відновлюваних заходів - тільки погіршується. При цьому в рамках системи технічного обслуговування і ремонту нафтових резервуарів ключовим є питання визначення періоду безпечної експлуатації РВС. Рішення цього питання нерозривно пов'язано з необхідністю розробки математичних моделей і методів, що дозволяють, з достатньою для інженерної практики точністю і вірогідністю прогнозувати зміну в часі технічного стану РВС у відповідних умовах експлуатації.

Прогнозування технічного стану сталевих резервуарів, як будівельних конструкцій, припускає, що для будь-якого моменту часу протягом заданого терміну експлуатації можуть бути визначені всі необхідні дані для перевірки умов міцності, стійкості та герметичності. Очевидно, що таке прогнозування буде тим більш точнішим і достовірним, чим більш повно і правильно будуть враховані основні механізми відмов РВС.

У процесі експлуатації сталеві резервуари для зберігання нафти і нафтопродуктів неминуче піддаються корозії. Корозія нафтових резервуарів розвивається в часі, зменшуючи товщину конструктивних елементів, роблячи негативний вплив на міцність, стійкість і герметичність цих споруд. Поточне значення товщини конструктивного елемента сталевого вертикального резервуара, що знаходиться під впливом корозійного середовища, може бути визначене за формулою:

$$h = h_0 - \int_0^t u dt, \quad (2.1)$$

де h_0 - початкова (проектна) товщина елемента;

u - швидкість поверхневої корозії конструктивного елемента.

Для днища і покрівлі, що виконують огорожуючу функцію, а також верхніх поясів циліндричної стінки, напруження, які дуже малі, можна вважати величинами постійними. Тому стосовно цих конструктивних елементів формула (2.1) може бути записана у виді:

$$h = h_0 - u_0 t, \quad (2.2)$$

де u_0 - середня швидкість поверхневої корозії конструктивного елемента.

У вихідному стані (у початковий момент експлуатації резервуара) $\delta = 0$. Рівність виду $\delta = h_0$ є умовою порушення герметичності конструктивного елемента РВС.

Поступове зниження міцнісних властивостей конструктивних елементів і зварних з'єднань нафтових резервуарів є одним з найбільш важливих ефектів корозійного зносу. Серед відомих моделей, що знаходяться під впливом корозійного середовища, найбільш вдалою є наступна модель:

$$R = R_0 \exp\left(-\frac{\beta \Delta h}{k_{II} h_0}\right), \quad (2.3)$$

де R_0 - початкове значення міцнісної характеристики (зокрема це може бути значення розрахункового опору сталі);

Δh - зменшення товщини елемента в результаті корозійного зносу, обумовлене формулою $\Delta h = ut$;

β - коефіцієнт жорсткості, що залежить від особливостей взаємодії корозійного середовища з поверхнею конструктивного елемента;

k_{II} - коефіцієнт пітингоутворення, що характеризує інтенсивність пітингоутворення, отриманий на основі експериментальних даних з використанням формули:

$$k_{II} = \left(1 - \frac{\rho_{II}}{h}\right) \left(1 - \frac{S_{II}}{S}\right), \quad (2.4)$$

де ρ_{II} - середня глибина пітингів;

h - товщина елемента без пітингів;

S_{II} - сумарна площа пітингів;

S - площа ділянки пітингоутворення (границя ділянки пітингоутворення, приймається по лінії, що проходить по крайнім пітингам).

При оцінці та прогнозуванні змін технічного стану нафтових резервуарів, що знаходяться в експлуатації, варто враховувати можливість зростання тріщиновидних дефектів, що розвиваються в циліндричній стінці зварного резервуара. Для цього, можна скористатися формулою Париса-Ердогана:

$$\frac{dl}{dN} = C \Delta k^m, \quad (2.5)$$

де l - напівдовжина підростаючого тріщиновидного дефекту;

N - кількість циклів навантаження (зливання-заливання нафтопродукту) резервуара;

Δk - розмах коефіцієнта інтенсивності напруження;

C, m - коефіцієнти, що залежать від рівня напружень у стінці резервуара і марки сталі.

Міцність несучого конструктивного елемента РВС з урахуванням підростання тріщиновидних дефектів можна описати формулою $R = R_0 \xi$, де $\xi = \sqrt{\frac{l^*}{l}}$; l^* - довжина зростаючого дефекту – тріщини (варто приймати $l^* = 50$ мм).

Для прогнозування збереження (або втрати) стійкості циліндричної стінки РВС при спільному впливі поздовжніх і поперечних стискаючих навантажень з урахуванням корозійного зносу запропонована наступна модель:

$$\bar{k}(t) = \frac{1 - A(t)}{1 - A_0}. \quad (2.6)$$

Тут функції $A(t)$ і A_0 обчислюються відповідно до формул ДБН по, відповідно, вихідним значенням товщин поясів циліндричної стінки:

$$A(t) = \frac{\sigma_1(t)}{\sigma_{cr1}(t)} + \frac{\sigma_2(t)}{\sigma_{cr2}(t)}, \quad (2.7)$$

$$A_0 = \frac{\sigma_1^0}{\sigma_{cr1}^0} + \frac{\sigma_2^0}{\sigma_{cr2}^0},$$

де σ_1, σ_2 - меридіональне і кільцеве напруження, які виникають, відповідно, від поздовжнього і поперечного навантажень;

$\sigma_{cr1}, \sigma_{cr2}$ - значення критичних напружень при стиску в осьовому і радіальному напрямках.

У вихідному стані $\bar{k} = 1$. У процесі експлуатації функція $\bar{k}(t)$ поступово зменшується, а значення $\bar{k} = 0$ відповідає втраті стійкості РВС.

Для прогнозування ймовірності безвідмовної роботи нафтових резервуарів при дії m незалежних один від одного механізмів відмов пропонуються і досліджуються дві моделі засновані, відповідно, на експотенційному і нормальному законах розподілу ймовірностей:

$$H(t) = \exp\left(-t \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n \frac{1}{\tau_{ij}}\right), \quad (2.8)$$

$$R(t) = \frac{\int_{t_1}^{\infty} \exp[-(\tau - m)/2\sigma^2] d\tau}{\int_{t_1}^{t_1+t} \exp[-(\tau - m)/2\sigma^2] d\tau}, \quad (2.9)$$

де $H(t)$ - ймовірність безвідмовної роботи РВС у момент часу t ;

$R(t)$ - ця ж ймовірність у проміжку часу $[t_1, t]$;

m - середній час наробітку на відмовлення;

σ - стандарт відхилення від середнього часу наробітку на відмови.

Застосування запропонованих моделей прогнозування експлуатаційної надійності РВС визначають гранично припустимі терміни проведення оглядів технічного стану і ремонтів РВС, даються відповідні практичні рекомендації.

Необхідно проводити дослідження реальних процесів зміни експлуатаційних якостей нафтових резервуарів з часом. Розроблено метод оцінки надійності РВС, який враховує зміни, що відбуваються зі спорудою з часом. Це дозволяє врахувати відмінність між початковою надійністю, яка забезпечується розрахунком на стадії проектування і реальним станом резервуара на стадії експлуатації. На відміну від традиційних методик врахування якого-небудь визначеного фактора (наприклад, корозії) показники надійності визначені для всієї сукупності різних дефектів, що знижують надійність експлуатації. Запропоновано модель оптимального планування системи ремонтно-відновлюваних заходів. Зі застосуванням цієї моделі вирішуються наступні задачі:

- визначення ресурсів на технічне обслуговування нафтоспоруд;
- визначення періодичності й обсягу контролю;
- визначення виду й обсягу технічного обслуговування.

Різноманітні підходи до оцінки і прогнозування експлуатаційної надійності будівельних конструкцій, оцінка технічного стану конструкції, що знаходиться в експлуатації, визначається величиною її відносного зносу, що описується випадковою функцією виду:

$$\xi(t) = Q + vt, \quad (2.10)$$

де Q і v - випадкові величини, що характеризують, відповідно, початкову дефектність і швидкість зносу конструкції.

Q і v є статистично незалежними нормально розподіленими випадковими величинами із заданими математичними параметрами. При цьому випадкова функція $\xi(t)$ теж є нормально розподіленою випадковою величиною, що залежить від часу як від параметра:

$$\bar{\xi} = \bar{Q} + \bar{v}t, \quad (2.11)$$

$$\hat{\xi} = \hat{Q} + \hat{v}t^2,$$

де $\bar{\xi}$, $\hat{\xi}$ - відповідно, математичне очікування і дисперсія відносного зносу;

\bar{Q} , \bar{v} - математичні очікування, відповідно початковій дефектності і швидкості зносу;

$\hat{Q} = \sigma_Q^2$, $\hat{v} = \sigma_v^2$ - дисперсії, відповідно, початковій дефектності і швидкості зносу конструкції.

Приймається, що значення $\xi = 0$ відповідає справному станові; $\xi = 1$ - повному зносу конструкції.

Щільність розподілу ймовірностей механізму нагромадження зносу, описуваного випадковою функцією $\xi(t)$ має такий вигляд:

$$f_{\xi}(t) = \frac{1}{2\pi(\hat{Q} + t^2\hat{v})} \exp\left[-\frac{\xi - \bar{Q} - t\bar{v}}{2(\hat{Q} + t^2\hat{v})}\right].$$

Ймовірність безвідмовної роботи визначається наступною моделлю:

$$P(t) = \Phi\left[\frac{c-t}{\sqrt{\sigma^2 + \gamma^2 t^2}}\right], \quad (2.12)$$

де Φ - функція Лапласа;

c, γ, σ - безрозмірні величини, є параметрами розподілу Бернштейна.

Аналіз типових задач оптимального проектування сталевих вертикальних циліндричних резервуарів для збереження нафти і нафтопродуктів виконаний у роботі []. Сформульована оптимізаційна задача, заснована на положенні про те, що вимоги надійності й економічності споруд знаходяться в протиріччі: підвищення

надійності пов'язане з подорожчанням резервуару і, навпаки, здешевлення РВС призводить до зниження рівня надійності. Оптимальний рівень надійності визначається виходячи з мінімуму повних очікуваних витрат, що обчислюються як сума початкової вартості споруди C_0 і витрат на експлуатацію $C_{\text{Э}}$

$$C_0 + C_{\text{Э}} \rightarrow \min . \quad (2.13)$$

З застосуванням цієї моделі визначаються оптимальні проектні параметри резервуару й оптимальні параметри системи технічного обслуговування.

Переважає більшість відомих моделей і методів керування надійністю нафтових резервуарів, що знаходяться в експлуатації, або занадто схематичні і тільки загальною формулюють задачу вибору раціональних стратегій проведення ремонтно-відновлюваних заходів, необхідних для підтримки експлуатаційної надійності РВС на достатньому рівні, або вимагають уточнення ряду параметрів моделі, одержати достовірні оцінки яких є надзадачею. Тому використання таких моделей на практиці досить проблематично.

Таким чином, спостерігається невідповідність між інформаційними і теоретичними передумовами з однієї сторони і відомими моделями і методами керування експлуатаційною надійністю РВС з іншої.

2.3. Вплив осідання основи на несучу здатність резервуарів

Осідання основи, поряд з корозійним зносом, тріщиноподібними дефектами та дефектами геометрії, є одним з головних і характерних механізмів відмов для резервуарів.

Вплив осідань основи на міцність резервуарів обумовлено виникненням додаткових напружень у поясах циліндричної стінки й полотнищах днища. Зі збільшенням обсягу резервуара вплив осідань стає усе більш небезпечним.

У закордонній практиці при розслідуванні причин руйнування резервуарів все більша увага приділяється питанню впливу осідання основ на напружений стан РВС.

Нерівномірне осідання основи, як головний фактор руйнування резервуарів, вказується нафтовою компанією ESSO при розслідуванні причин аварій резервуарів

у Європі. До такого ж висновку приходять спеціалісти при розслідуванні причин руйнування резервуарів, що сталися в останні роки на території Польщі і Японії.

Причиною аварії резервуара об'ємом 50 тис. м³ корпорації Мітсубіші (Японія) також стало нерівномірне осідання основи, в результаті чого утворився розрив між стінкою та днищем, довжина якого досягла 10 м, а розкриття – 15 см.

Нерівномірні осідання регламентуються величинами припустимих відхилень зовнішнього контуру днища від горизонталі. Нерівномірні осідання - це найбільш небезпечні з трьох різновидів осідань. Аналіз напруженого стану РВС, виконаний у роботі [], дозволяє зробити висновок про те, що найбільшу небезпеку для міцності сталевих резервуарів представляють нерівномірні деформації основи, викликані гідростатичним тиском нафтопродукту, тобто осідання, обумовлені по різниці відміток контрольних точок до і після навантаження резервуара.

Нерівномірне осідання основи є одним з факторів, що впливають на НДС резервуарів, які виникають при експлуатації. Величини цих осідань відповідно до технічних вимог піддаються періодичному контролю, які виявляються у визначенні вертикальних зсувів крайки днища \square_i , що відбулися протягом визначеного терміну експлуатації резервуара. Вимірювання осідань проводиться в окремих точках крайки, розташованих по його периметру з визначеним кроком.

Слід зазначити, що проблема розрахунку НДС вертикальних циліндричних резервуарів, що знаходяться під впливом нерівномірного осідання основи, є не новою, у свій час їй був присвячений цілий ряд робіт [], але всі вони не дозволили цілком описати механічні явища, що відбуваються в корпусі резервуара при осіданні основи. У цих роботах відзначається, що осідання основи, яке виникає при експлуатації резервуара, викликає зсув крайки днища, а через нього в силу жорсткого з'єднання днища з корпусом, зсув нижнього краю корпуса, що викликає в ньому напруження.

Складність визначення характеру осідання обумовлена розходженням ємностей вертикальних сталевих резервуарів, конструкцій основ та розходженням ґрунтів і кліматичних умов.

Виділені складові осідання найпростіше можуть бути отримані шляхом розкладання в тригонометричний ряд дискретно-заданих значень \square_i :

$$u = \frac{A_0}{2} + \sum_{i=1}^n A_i \cos(i\theta) + \sum_{i=1}^n B_i \sin(i\theta), \quad (2.14)$$

де θ – кільцева координата;

A_0, A_i, B_i - коефіцієнти розкладання, знайдені по формулах :

$$A_i = \frac{2}{k} \sum_{j=1}^k \delta_j \cos(i\theta), \quad B_i = \frac{2}{k} \sum_{j=1}^k \delta_j \sin(i\theta),$$

$$\frac{A_0}{2} = \frac{1}{k} \sum_{j=1}^k \delta_j. \quad (2.15)$$

Рівномірний вертикальний зсув буде характеризуватися величиною $A_{0/2}$, крен (кут α) – коефіцієнтами A_1, B_1 , неоднорідний по периметру зсув – співвідношенням:

$$u = \sum_{i=2}^n A_i \cos(i\theta) + \sum_{i=2}^n B_i \sin(i\theta). \quad (2.16)$$

Саме неоднорідні зсуви (2.16) викликають у стінці резервуара додаткові самоурівноважені напруження, що, зі сторони міцності і стійкості резервуара, можуть виявитися вирішальними.

З появою ЕОМ розпочався розвиток та удосконалення методів розрахунку напружень та деформацій конструкцій, з'явилась можливість відмовитись від ряду умовностей, що спрощували формулювання задачі, та наблизитись до реальних запитів практики.

Теперішній етап розрахунку напружено деформованого стану конструкцій відрізняється широким використанням обчислювальної техніки, досягнень математики та механіки. Алгоритмічне та програмне забезпечення методики дозволило використовувати її для вирішення задач реального проектування.

Крен також впливає на напружено-деформований стан (рис. 2.1) резервуара, що обумовлено головним чином зміною положення дзеркала рідкого продукту, що міститься в резервуарі. Але цей вплив, як показали дослідження, є незначним.

Під креном мається на увазі осадка, в результаті якої резервуар отримує ухил в одному напрямку. Ця осадка може бути охарактеризована або кутом повороту площини днища відносно окрайки, або різницею висотних відміток діаметрально-протилежних точок по контуру днища. Крен вносить деякі зміни в напружений стан вузла з'єднання стінки з днищем, не спотворюючи при цьому циліндричної форми самої стінки. Крен мають практично всі резервуари.

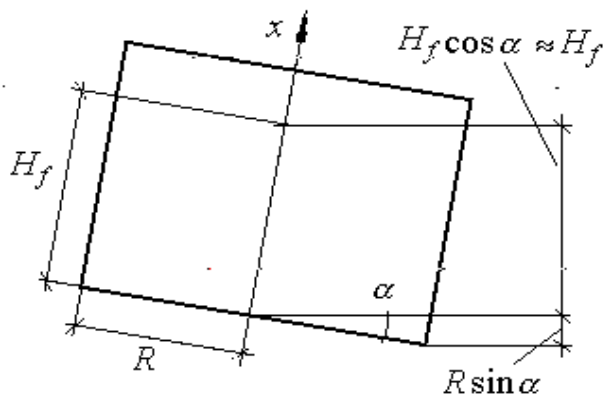


Рис.2.1. Крен резервуара

У ДСТУ обмеження крену резервуара дуже жорсткі, у той же час відсутні вимоги нерівномірності осідання по контуру основи. ВБН В.2.2-58.2-94 оперує однозначним поняттям величини «крену», обумовленим через осідання контурних точок. Слід мати на увазі, що саме норма по обмеженню нерівномірності осідання основи визначає деформативне навантаження на корпус резервуара, яке варто враховувати при розрахунку сталевий оболонки резервуара.

Проектування і будівництво природних основ під резервуари різної місткості здійснювалося по старих типових проектах, що мало відрізняються від вказаних. При використанні таких типових проектів майже не враховувалися інженерно-геологічні умови площадок будівництва і величини очікуваних нерівномірних осідань резервуарів. Також допускалися помилки при інженерно-геологічних дослідженнях на площадках будівництва, при виконанні робіт по влаштуванню штучних основ, паливних фундаментів і фундаментів на природних основах.

В даний час інженерно-геологічні вишукування в більшості випадків виконуються спеціалізованими організаціями, незалежними від проектної організації, виконуються науково-дослідні роботи, що є складовою частиною технології виконання робіт.

При виборі варіантів фундаменту резервуара і типів основ використовується багатofакторний вартісний аналіз, при цьому враховується інженерно-геологічні умови, вартість варіантів і тривалість робіт. Загалом вартість фундаментів і штучних основ складає 10-60% від вартості резервуара.

Необхідно зазначити, що в даний час в експлуатації знаходиться велика кількість резервуарів, що мають значний фізичний знос, зокрема тих, що вимагають ремонту основ, тобто ліквідації наслідків нерівномірних осідань.

Ремонт основи полягає у виведенні резервуара в проектне положення, підйом резервуарів домкратами з послідовним підсипанням піщано-гравійною сумішшю

Цей метод був, наприклад, застосований ВАТ “Укрндіпроектстальконструкція ім. В.М.Шимановського” у 1999 р., коли в результаті повного технічного обстеження резервуара об’ємом 10 000 м³ на нафтобазі в м. Кременчуці було виявлено неприпустиме відхилення його осі від вертикалі.

При цьому величини осідання резервуара мали типовий характер монотонного зростання з наступною стабілізацією від 0 (на початок експлуатації) до 384 мм, при монотонному зниженні швидкості осідання від 466 мм/рік (за перші 0,6 року) до 1 мм/рік (за останні 10,2 роки). Протягом останніх 24,3 років величина осідання резервуара перевищувала допустиму. Напрямок крену резервуара значно (на 120°) змінився протягом перших 9 років експлуатації, після чого зміни напрямку крену стабілізувалися в межах кута в 4°. Розрахунком на міцність по еквівалентних напруженнях у стінці фактичної (нециліндричної) геометричної форми встановлено, що деформаційне переміщення (осідання) нижнього контуру стінки при наповненні резервуара викликає місцеве збільшення напружень першого пояса стінки поблизу уторного шва (до 206 МПа чи в 1,25 рази). Ці напруження швидко зменшуються по мірі віддалення від уторного шва по висоті стінки.

На рис. 2.2 наведені зміни осідання зазначеного резервуара в період експлуатації.

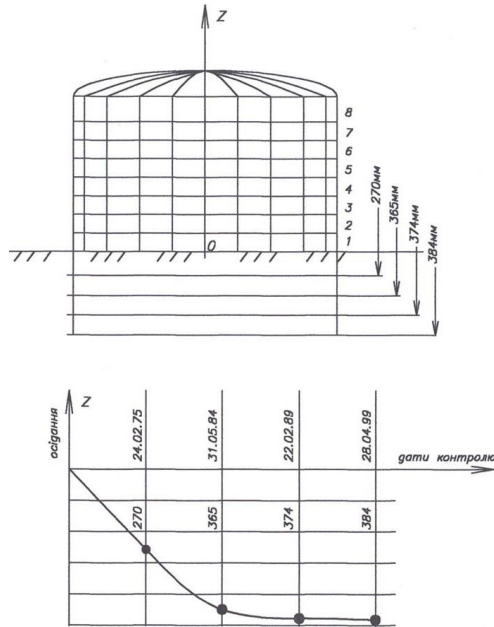


Рис. 2.2. Осідання основи резервуару місткістю 10 000 м³

Осідання основи РВС піддаються періодичному контролю, відповідно до якого проводяться вимірювання вертикальних зсувів крайки днища. Дані вимірювання виконуються в окремих точках, розташованих по периметру днища резервуара і віддалених одна від іншої на відстані не більш ніж 6 м. Згідно вимог для кожної такої точки повинна виконуватися наступне умова (резервуари об'ємом до 30 000 м³):

$$\Delta u_i = | u_i - 0,5 (u_{i+1} + u_{i-1}) | \leq 0,016 l_k , \quad (2.17)$$

де l_k - відстань між двома поруч розташованими точками;

$i-1, i, i+1$ – індекси точок, у яких вимірюються вертикальні зсуви u_{i-1}, u_i і u_{i+1} , відповідно.

Істотний вплив на напружений стан може справляти лише нерівномірна складова осідання основи, що викликає самоурівноважений напружений стан у стінці резервуара. Ця складова відповідає другій і вищій гармонікам розкладання в ряд Фур'є наявних осідань основи. Зсуви за допомогою рядів Фур'є представляються у виді суми трьох складових:

- 1) рівномірних по периметру зсувів краю оболонки (нульова гармоніка);
- 2) нерівномірних зсувів краю, зв'язаних з поворотом торця (перша гармоніка);

3) нерівномірних зсувів краю, що виходять із площини торця оболонки (друга і наступна гармоніки).

Таким чином, якщо необхідно зробити аналіз впливу осідань основи резервуара на його НДС, необхідно, насамперед, виконати розкладання цих осідань у ряд Фур'є, а потім уже, виходячи з отриманих компонентів осідань (рівномірного зсуву, крену, нерівномірного зсуву), судити про характер напруженого стану, викликаного ними.

Очевидним є те, що нормативна вимога (2.17) не дозволяє адекватно оцінити вплив осідань на напружений стан резервуара. Для ілюстрації сказаного розглянемо приклад. Нехай у резервуара з радіусом стінки $R = 4,77$ м спостерігається осідання основи. Значення цих осідань були узяті в окремих точках по периметрі стінки резервуара з кроком 6 м. Усього таких точок виявилось $2\pi R / 6 = 30,0 / 6 \approx 5$. Вертикальні переміщення окрайки днища в цих точках склали $u_0 = 0,10$ м, $u_1 = 0,0$ м, $u_2 = -0,10$ м, $u_3 = 0,0$ м, $u_4 = u_0 = 0,10$ м.

Згідно представлених даних для точки $i=2$ дає наступний результат: $\Delta u_2 = 0,10 > 0,096$ - умова не виконується. Однак, якщо виконати розкладання представлених зсувів у ряд Фур'є, виявиться, що дані зсуви викликають лише крен резервуара, що практично не впливає на напруження в стінці резервуара. Нерівномірні зсуви, що відповідають другій і вищій гармонікам, у даному випадку є близькими до нуля. Таким чином, дані осідання практично не будуть впливати на напружений стан стінки резервуара.

Зі сказаного випливає, що умова (2.17) не в змозі адекватно відобразити вплив осідання на напружений стан стінки резервуара. Представляється, що дослідження осідань основи резервуарів повинно бути пов'язане з розкладанням їх у ряд Фур'є. Це дозволить виділити з повного обмірюваного осідання складову, котра буде впливати на напруження в стінці резервуара, і, спираючись вже на неї, будувати подальший аналіз міцнісної надійності резервуара.

Відзначимо, що умова осідання буде коректно відбивати вплив на напружений стан стінки резервуара, якщо вона буде містити в собі характеристику, яка відбиває зміну нерівномірних зсувів нижнього торця циліндричної стінки ($u' = du/d\theta$). У

зв'язку з цим представляється, що вимірювання осідань повинне виконуватися в точках не з деяким фіксованим кроком (наприклад 6 м), а так, щоб вловити максимальне значення u' і потім використовувати його в аналізі. Умовною характеристикою u' може служити і величина Δu_i (2.17), але крок розташування точок, у яких виконується вимірювання осідань, повинен бути максимально збільшений у тих місцях, де спостерігається високий ступінь змінюваності зсувів u_i . Це повинно бути відбите в нормативних вимогах.

Оскільки процес наростання осідання продовжується певний час, то збільшення розриваючих зусиль у корпусі резервуара відбувається так само повільно, як і наростання осідання. При рівномірному осіданні по всій площі днища практично не виникає зміни напруженого стану самого резервуара.

Другою істотною особливістю, на яку повинні спиратися умови по обмеженню осідань основи, є початкові недосконалісті стінки резервуара. Початкові недосконалісті, що мають місце в стінках реальних резервуарів, призводять у порівнянні з ідеальною оболонкою до значної піддатливості такої стінки в поздовжньому напрямку. При кінематичному характері навантаження оболонки ця піддатливість виявляється істотною, оскільки призводить до значного зниження напружень в ній у порівнянні з ідеальною оболонкою.

На сьогодні необхідне уточнення розрахунку конструкцій і споруд як на етапі проектування, так і на етапі аналізу реального напружено-деформованого стану при їх експлуатації. Особливо це стосується таких складних відповідальних об'єктів, як великогабаритні циліндричні вертикальні резервуари для збереження нафти і нафтопродуктів, руйнування яких, поряд з великими матеріальними збитками, може призвести або до людських жертв, або до екологічної катастрофи.

Враховуючи те, що в ряді випадків нерівності основи днища резервуара призводить до неприпустимого рівня розвитку деформацій, було виконане дослідження, коли на ділянці довжиною до 12 м під стінкою резервуара вплив основи не враховувався. Було встановлено, що в цьому випадку контур нижнього пояса залишається недеформованим і напруження в стінці змінюються незначно (до 10%).

У випадку наявності локальної деформації контуру нижнього пояса (довжина ділянки - до 6 м, вид деформації - синусоїда з амплітудою 0,007 м і 0,015 м), спостерігається поява по висоті стінки однієї локальної вм'ятини з максимальним радіальним переміщенням, відповідно рівним 6 і 9 см. Максимальні окружні напруження в зоні вм'ятини відповідно рівні $2\ 200\ \text{кг/см}^2$ і $2\ 600\ \text{кг/см}^2$.

Таким чином, дефекти, пов'язані з осіданням основи легко виявляються і порівняно легко усуваються. Найбільш небезпечними є нерівномірні осідання циліндричного корпусу резервуара. З огляду на широку поширеність і вплив на міцність цього різновиду дефектів, нерівномірні осідання повинні враховуватися при прогнозуванні технічного стану резервуарів, що знаходяться в експлуатації.

2.4. Чисельні дослідження впливу осадки основи на міцність і деформативність резервуарів великих об'ємів

У роботі розглядаються питання, пов'язані з оцінкою впливу нерівномірного осідання основи на несучу здатність резервуарів великих об'ємів, – від $50\ 000\ \text{м}^3$ і вище. Будівництво таких резервуарів активно ведеться як в Україні, так і в країнах Європи і пов'язано з необхідністю оперативного виконання технологічних операцій по прийому, зберіганню і подальшого перекачування нафти в запланованому об'ємі.

Аналіз характерних для резервуарів дефектів і пошкоджень показує, що нерівномірне осідання представляє найбільшу небезпеку для безаварійної експлуатації резервуарів унаслідок виникнення значних зусиль в з'єднанні днища із стінкою та і в самій стінці і характеризується деформацією нижнього контура стінки. В результаті в стінці резервуару розвивається напруга, яка може привести до зміни форми циліндрової оболонки з утворенням випучин і вм'ятин, а в окремих випадках – і до утворення тріщин, які є потенційно найнебезпечнішими дефектами резервуарів для зберігання нафти, особливо якщо вони зосереджені в конструктивних елементах нижніх поясів циліндрового корпусу (рис. 2.3).



Рис. 2.3. Зона з'єднання стінки з днищем резервуару

З метою обмеження додаткової напруги в конструкціях резервуару від нерівномірного осідання основи необхідно визначити допустимі величини осідань і відхилень ділянок стінок від проектного положення (ДСТУ Б В.2.6-183). Існуючі нормативні документи не достатньо обґрунтовано обмежують вказані параметри для резервуарів великих об'ємів.

В даній роботі об'єктами дослідження були надземні вертикальні циліндричні резервуари з плаваючою покрівлею об'ємом 50000, 75000 і 100000 м³, призначені для зберігання нафтопродуктів. Внутрішня і зовнішня стінки резервуарів являють собою тонкостінні конструкції, виконані з металевих листів, товщина яких змінюється по висоті стінок. Для резервуара об'ємом 50000 м³ - від 25 мм біля основи до 10 мм у верхній частині, для резервуара об'ємом 75000 м³ - від 30 мм до 10 мм, для резервуара об'ємом 100000 м³ - від 38 мм до 12 мм. У табл. 2.1 приведені основні геометричні параметри резервуарів, а в табл. 2.2 – сталі, що використовуються для конструкцій.

Загальна стійкість стінок резервуара забезпечується кільцями жорсткості, встановленими на верхньому поясі стінки. Плаваюча покрівля у вигляді листового настилу утримується на плаву понтонним кільцем, зібраним із окремих елементів.

Таблиця 2.1

Основні геометричні параметри резервуарів

№ п/п	Найменування параметра	Величина параметра для					
		внутрішній резервуар об'ємом			зовнішній резервуар об'ємом		
		50000	75000	100000	50000	75000	100000
1	Висота стінки, м	17,92	19,93	19,91	-	16,69	16,67
2	Внутрішній діаметр по нижньому поясу, м	60,70	72,00	88,70	-	78,0	94,70
3	Висота наливу, м	16,68	18,50	18,67	-	-	-

Таблиця 2.2

Використані сталі для конструкцій резервуарів об'ємом 50000, 75000 і 100000 м³

№	Марка	Елемент	Тимчасовий опір розриву,	Границя текучості,

п/п	сталі		Н/мм ²	Н/мм ²
1	06Г2Б-440	Пояса з 1 по 5 внутрішньої стінки Пояса з 1 по 4 зовнішньої стінки Днище (окрайки)	540	440
2	09Г2С	Пояса 6 и 7 внутрішньої стінки Пояса 5 и 6 зовнішньої стінки	325	450
3	Ст3сп5	Пояса 8 и 9 внутрішньої стінки Пояса 7 и 8 зовнішньої стінки Днище (центральна частина) Кільце жорсткості	370÷480	245

Розрахунок напружено-деформованого стану резервуарів виконувався з використанням програмного комплексу SCAD. Скінченноелементні моделі резервуарів (рис. 2.4) побудовані в тривимірній постановці з використанням оболонкових і стрижньових типів скінченних елементів (СЕ).

Стінка, днище і кільце жорсткості резервуарів моделювалися оболонковими СЕ, що мають в кожному вузлі по 6 ступенів свободи (три лінійні і три кутові) і сприймають нормальні, згинальні і дотичні зусилля. Металеві підкоси, розташовані під кільцем жорсткості, і ребро по верхній кромці резервуару моделювалися двовузловими стрижньовими елементами. З метою збереження геометричної незмінності розрахункової схеми вводиться обмеження на горизонтальне переміщення в декількох вузлах в центральній частині днища.

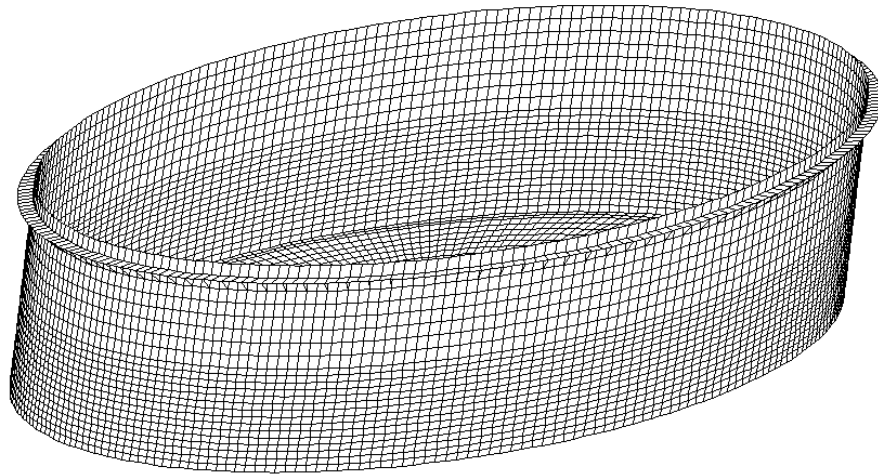


Рис. 2.4. Загальний вигляд скінченноелементної моделі корпусу резервуару
об'ємом 100000 м³

При чисельному моделюванні елементів резервуару було прийнято ряд спрощень. Приймалося, що конструкція внутрішнього резервуару працює незалежно від корпусу зовнішнього резервуару і у зв'язку з цим його вплив в розрахунку не враховувався. Для спрощення геометричної і скінченноелементної моделі конструкція плаваючої покрівлі резервуару була замінена вертикальним рівномірно розподіленим навантаженням.

Максимальне значення гідростатичного тиску на днищі резервуару складає 18,8 т/м², з урахуванням ваги плаваючої кривлі, що складає 309,69т.

У розрахунках розглядається підкріплена кільцем жорсткості циліндрична оболонка, жорстко з'єднана з круглою пластиною (днищем), що спирається на пружну основу.

Приймалось, що природну основу для резервуарів складають крейдові скельні ґрунти товщиною декілька десятків метрів. Коефіцієнт постелі його рівний $80 \cdot 10^6$ кг/м³.

В проведеному дослідженні оцінювався напружено-деформований стан стінки резервуарів з урахуванням нерівності контура при дії як власної ваги конструкції, так і сумісній дії власної ваги і гідростатичного тиску.

Згідно ВБН для резервуарів діаметром днища більше 25 м різниця відміток на довжині 6 м не повинна перевищувати 25 мм при навантаженні від власної ваги і 40 мм для заповненого резервуару, а різниця відміток яких-небудь інших точок по контуру не повинна перевищувати відповідно 45 і 80 мм. В розрахунковій схемі початкові переміщення для контурних точок нижнього поясу стінки враховуються шляхом зміщення вузлів скінченноелементної моделі на відповідні величини як напівхвилі синусоїди з відповідними амплітудами (рис. 2.5).

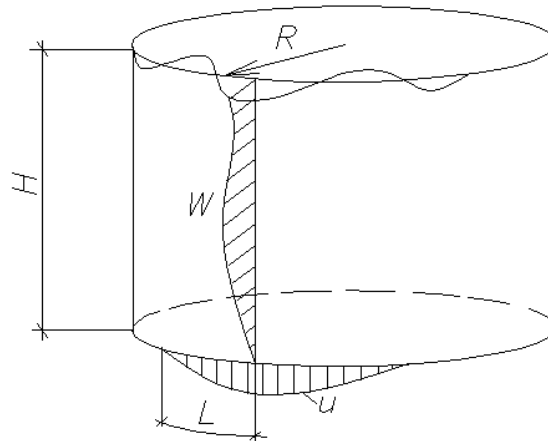
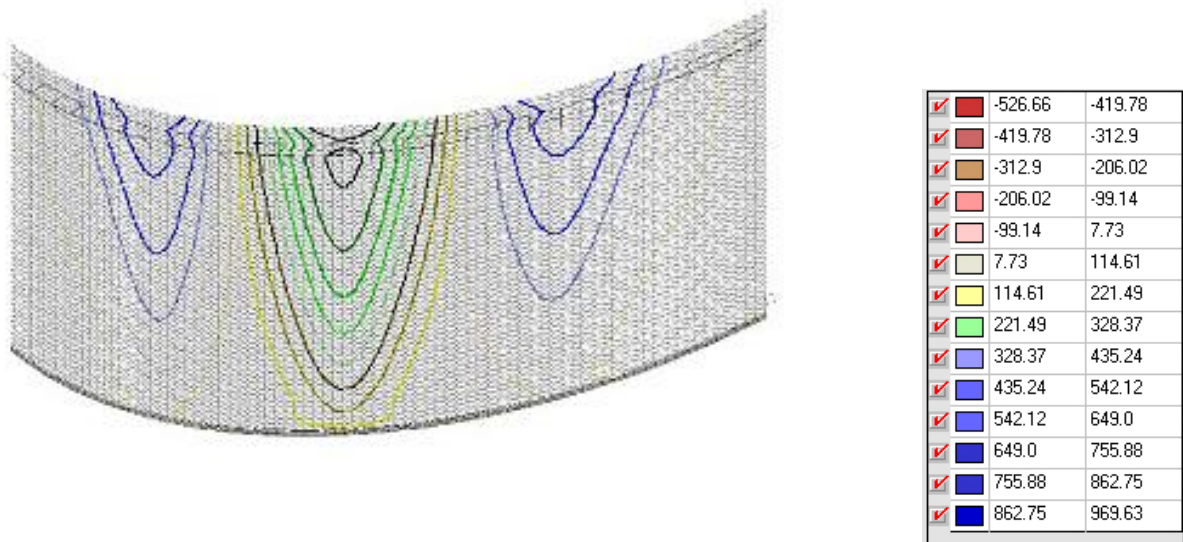


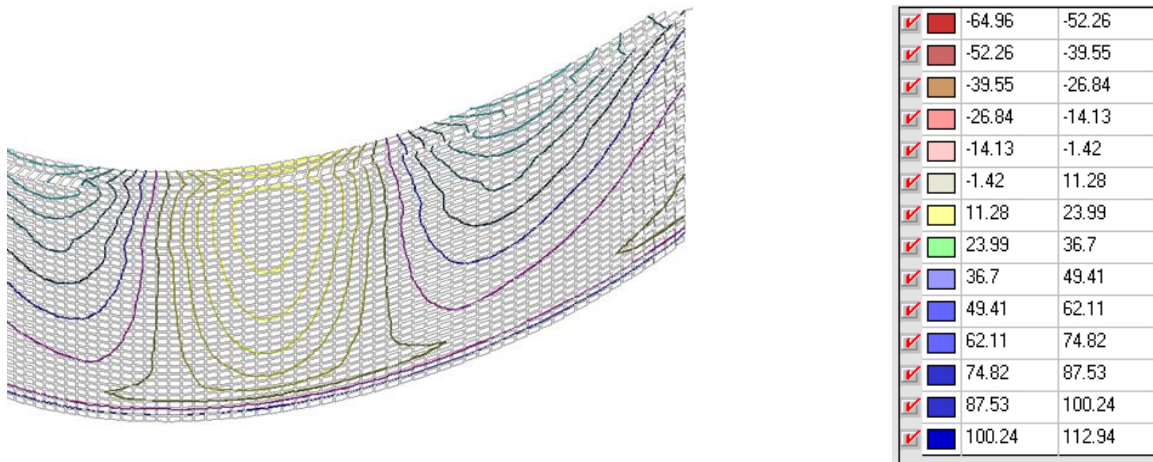
Рис. 2.5. Розрахункова схема резервуара

Для перевірки моделі був виконаний чисельний розрахунок на міцність внутрішнього корпусу кожного з резервуарів як ідеальної циліндричної оболонки при дії гідростатичного тиску з урахуванням моделювання природної основи пружною основою Вінклера. Порівняння отриманих результатів з результатами аналітичного розрахунку згідно ВБН В.2.2-58.2 показали, що радіальні переміщення і окружні напруження, що виникають в стінках резервуарів, для обох розрахунків практично ідентичні.

Для оцінки геометричних зміщень і відповідної напруги, викликаних нерівністю основи, були виконані розрахунки в лінійній і геометрично нелінійних постановках. Результати розрахунку показали необхідність обліку геометричної нелінійності для даної постановки задачі (рис. 2.6).



а



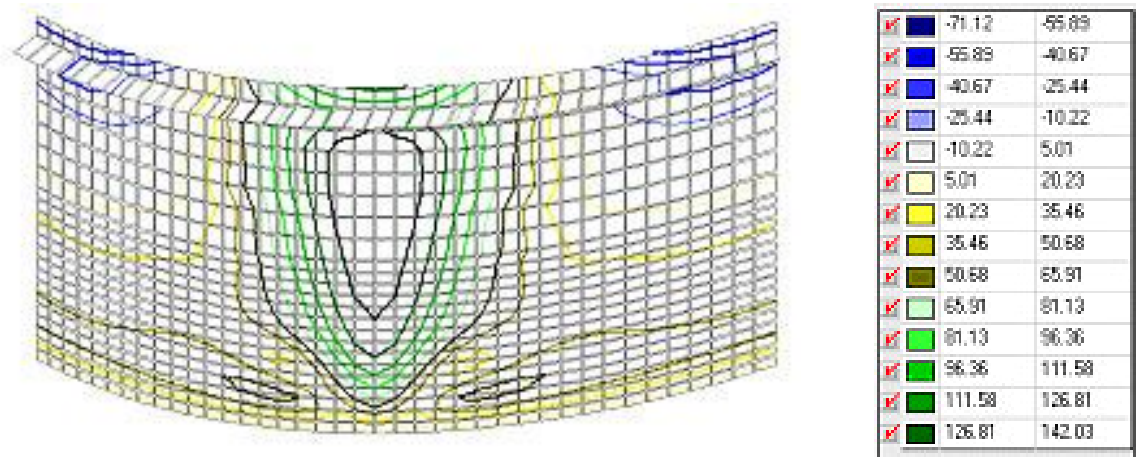
б

Рис. 2.6. Розподіл радіальних переміщень для резервуару об'ємом 75000 м³, мм:

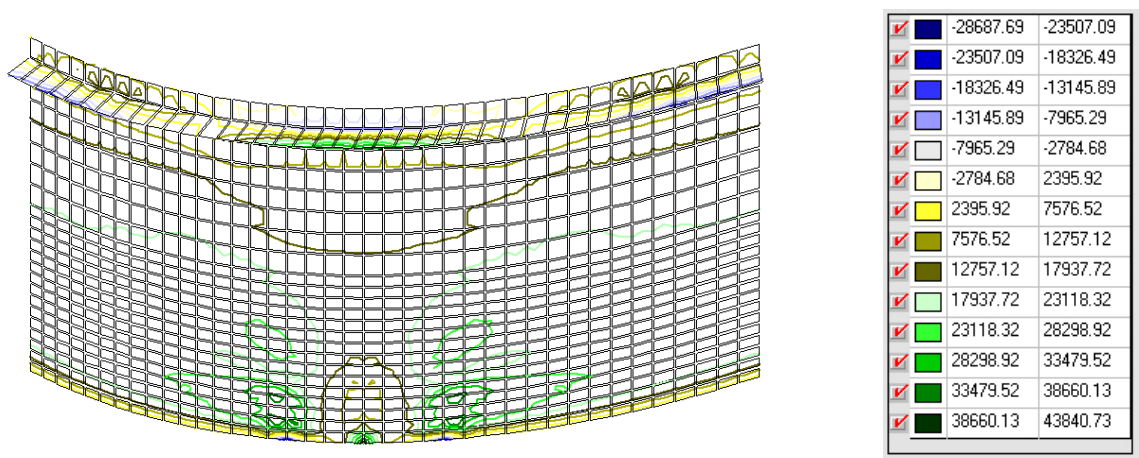
а – при лінійному; б – нелінійному розрахунку

В результаті проведених розрахунків були отримані епюри переміщень і напружень, що виникають в корпусі резервуару під дією осідання основи. В якості прикладу приведений характер розподілу радіальних переміщень і окружних напружень для резервуару об'ємом 100000 м³ при довжині ділянки осідання 6 м і амплітуді синусоїди 40 мм (рис. 2.7).

Результати дослідження резервуарів об'ємом 50000, 75000, 100000 м³ приведені відповідно в табл. 2.3, 2.4, 2.5.



а



б

Рис. 2.7. Результати розрахунку резервуару об'ємом 100000 м³:

а - радіальні переміщення, мм; б – окружні напруження, т/м²

Таблиця 2.3

Результати чисельного розрахунку резервуару об'ємом 50000 м³

При навантаженні від власної ваги					При навантаженні від власної ваги і гідростатичного тиску				
u, мм	L, м	W, мм	N _x , т/м ²	N _y , т/м ²	u, мм	L, м	W, мм	N _x , т/м ²	N _y , т/м ²
25	6	147	51043	65752	40	6	114	59243	62665
45	12	179	55512	75257	80	12	250	58740	50940
15	6	113	23681	27763	30	6	91	34253	52291
10	6	63	13883	11928	20	6	70	28131	34677
30	12	115	22828	25192	15	6	60	24620	30156
20	12	77	14756	15014	45	12	151	32702	31579
					30	12	88	27062	29871

Таблиця 2.4

Результати чисельного розрахунку резервуару об'ємом 75000 м³

При навантаженні від власної ваги	При навантаженні від власної ваги і гідростатичного тиску
-----------------------------------	---

u, мм	L, м	W, мм	Nx, т/м ²	Ny, т/м ²	u, мм	L, м	W, мм	Nx, т/м ²	Ny, т/м ²
25	6	165	62134	75994	40	6	299	145890	121673
45	12	182	41940	45687	80	12	342	138741	106996
10	6	76	18999	24514	15	6	72	25144	28409
20	12	113	12263	9187	30	12	171	25049	21614
10	12	78	21576	25093	20	12	100	23546	17527
					15	12	79	23039	13984

Таблица 2.5

Результати чисельного розрахунку резервуару об'ємом 100000 м³

При навантаженні від власної ваги					При навантаженні від власної ваги і гідростатичного тиску				
u, мм	L, м	W, мм	Nx, т/м ²	Ny, т/м ²	u, мм	L, м	W, мм	Nx, т/м ²	Ny, т/м ²
25	6	142	29361	38570	40	6	132	28333	80181
45	12	216	40078	44692	80	12	288	75741	139703
10	6	76	8999	14514	15	6	70	22046	29006
20	12	105	17079	16376	30	12	130	26300	29552

10	12	58	5617	8443	20	12	96	23347	20079
----	----	----	------	------	----	----	----	-------	-------

В ході аналізу отримані величини напруги і переміщень в стінці і днищі резервуару порівнювались з припустимими. Чорним кольором відмічені граничні значення відхилень стінки резервуару від горизонталі, вказані в нормах ВБН В.2.2-58.2, синім – проміжні значення, які не задовольняють по напрузі або радіальним переміщенням, а червоною – значення амплітуди, які є допустимими для даного об'єму і можуть бути рекомендовані для включення у ВБН.

Також досліджувався вплив гармоніки переміщення контуру резервуару та величини ділянки L на напружено-деформований стан оболонки (рис. 2.8).

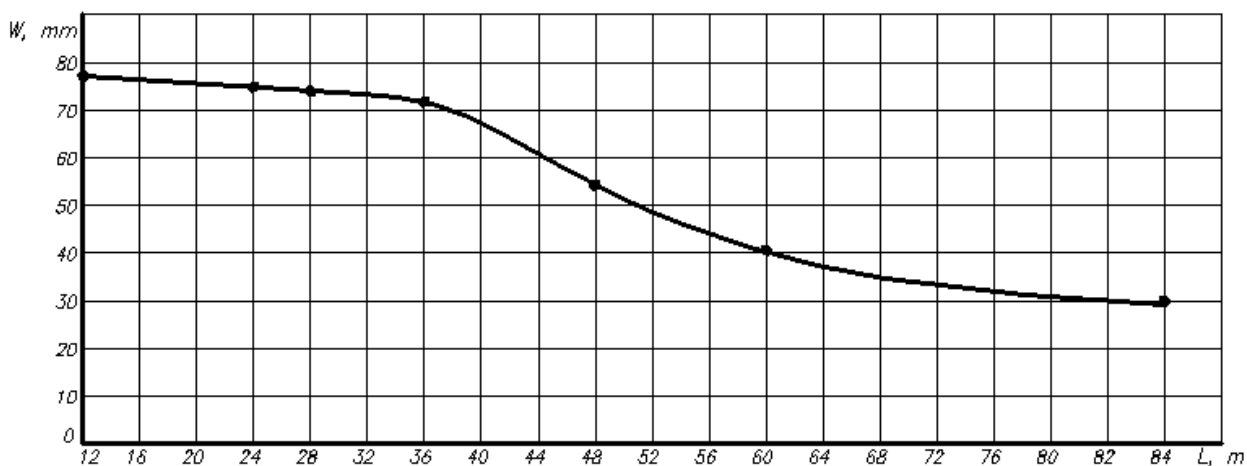


Рис. 2.8. Зміна величини радіальних переміщень W в залежності від величини L

Розрахунок з урахуванням зміщення точок контуру нижнього поясу показав, що нерівність основи під днищем резервуару в значній мірі змінює картину його загального напружено-деформованого стану. При цьому спостерігається утворення на стінці зон випучин і вм'ятин, які є концентраторами напружень.

Найбільші деформації розташовані в середині і верхній частинах корпусу. Слід зазначити, що зони з найбільшими величинами радіальних переміщень розташовані над ділянками з найбільшими відхиленнями контуру від нульової

відмітки. основи показав, що встановлені обмеження нерівномірності основи, закладені в діючих нормах, не забезпечують належної відповідності реальному стану. Проведений аналіз напруженого стану резервуарів з урахуванням осідання резервуарних конструкцій і вимагають істотного корегування, яке можна рекомендувати для використання в нових редакціях нормативних документів.

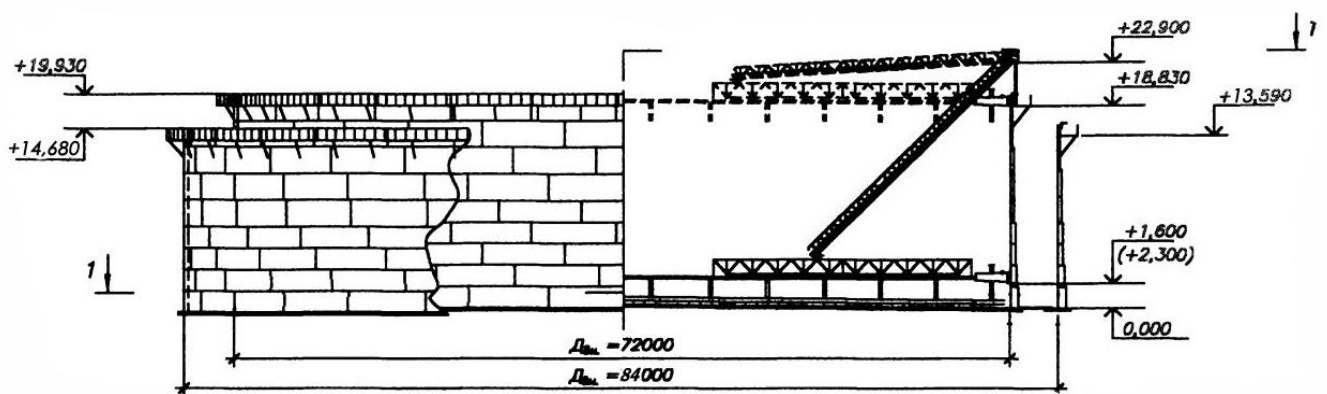
РОЗДІЛ 3

РОЗРАХУНОК ТА КОНСТРУЮВАННЯ РЕЗЕРВУАРУ ОБ'ЄМОМ 75000м³ ДЛЯ ЗБЕРІГАННЯ НАФТИ

3.1 Вихідні дані для розрахунку

3.1.1. Короткий опис об'єкту дослідження

Даний об'єкт є вертикальним циліндричним двостінним резервуаром з кривлею плаваючого типу (рис. 3.1).



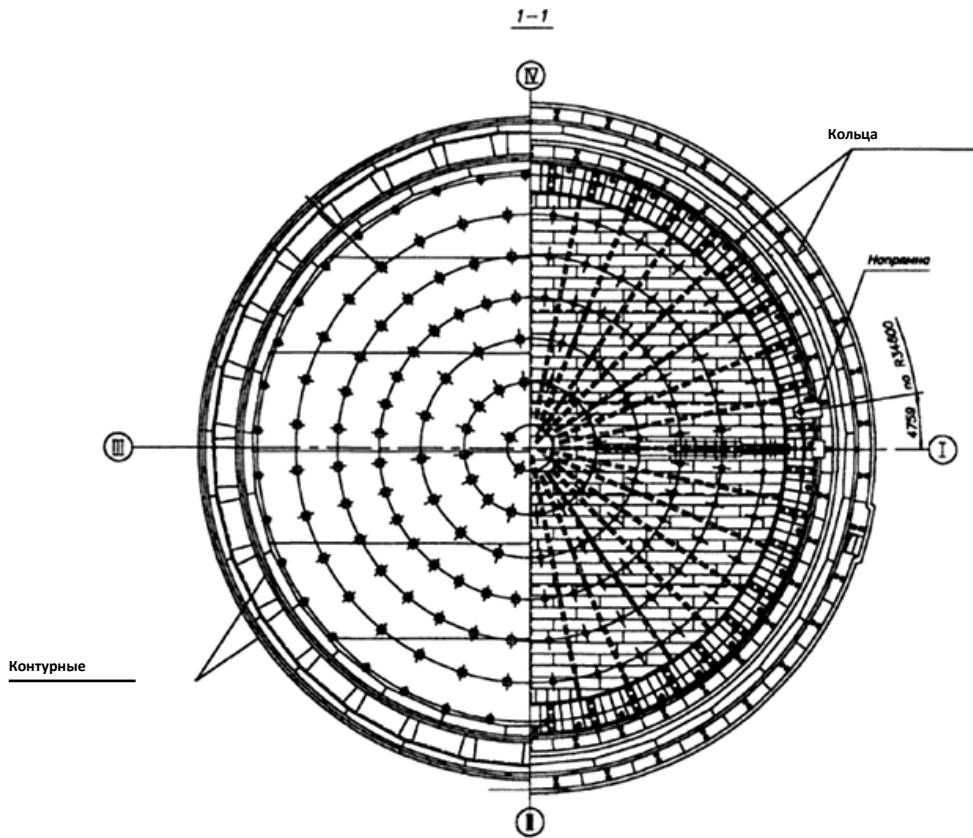


Рис. 3.1. Загальний вид резервуару

Номінальна місткість резервуару 75000 м³. Резервуар призначений для зберігання сирої нафти з щільністю 0,85.0,90 т/м³. Всі елементи резервуару виконані з металу. Внутрішня і зовнішня стінки резервуару є тонкостінними конструкціями, виконаними з металевих листів. Товщина листів змінюється по висоті стінок від 30 мм у основи до 10 мм у верхній зоні (рис. 3.2).

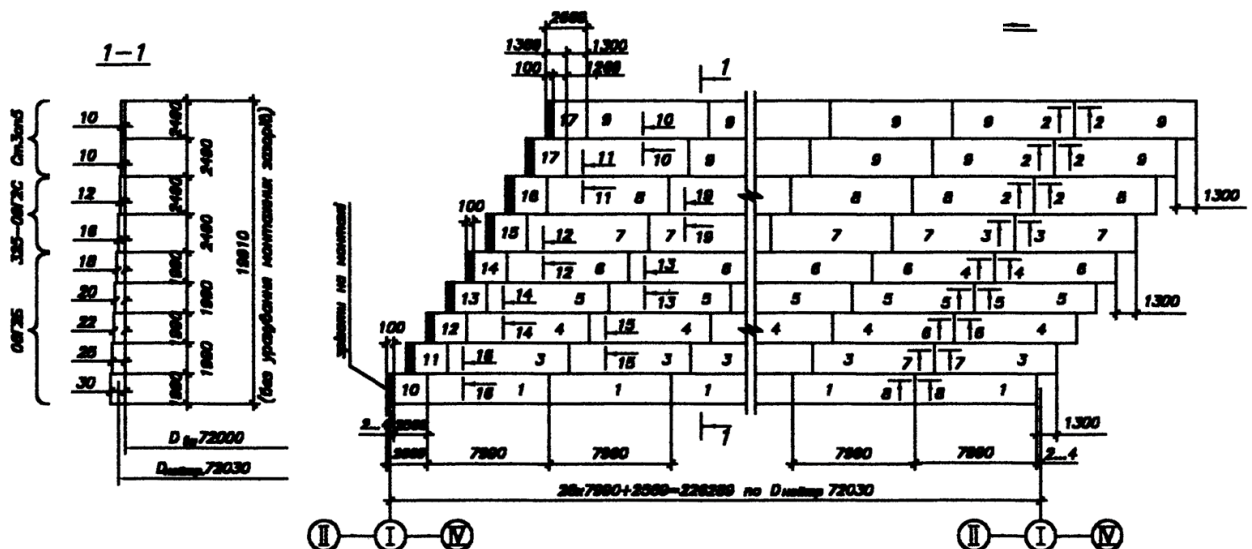


Рис. 3.2. Схема розкладки листів для внутрішньої стінки резервуару

Висота листів рівна 1,99 м і 2,49 м. Велика довжина застосовуємих листів, порядку 8 м, прийнята виходячи із спрощення збірки поясів резервуару. За типом конструкції стінки резервуару є одношаровими.

У таблиці 3.1 приведені основні геометричні параметри резервуару, а в таблиці 3.2 – вага його основних елементів. За умовну відмітку 0,000 прийнята відмітка верху кільцевих контурних листів внутрішнього резервуару.

Основні геометричні параметри резервуару

№ п/п	Найменування параметра	Величина параметра для	
		внутрішнього резервуару	зовнішнього резервуару
1.	Висота стінки, м	19,910	14,680
2.	Внутрішній діаметр по нижньому поясу, м	72,0	84,0
3.	Площа плаваючої кривлі, м ²	4024	–
4.	Корисний об'єм резервуару, м ³	75330	–
5.	Висота наповнення, м	18,50	13,59

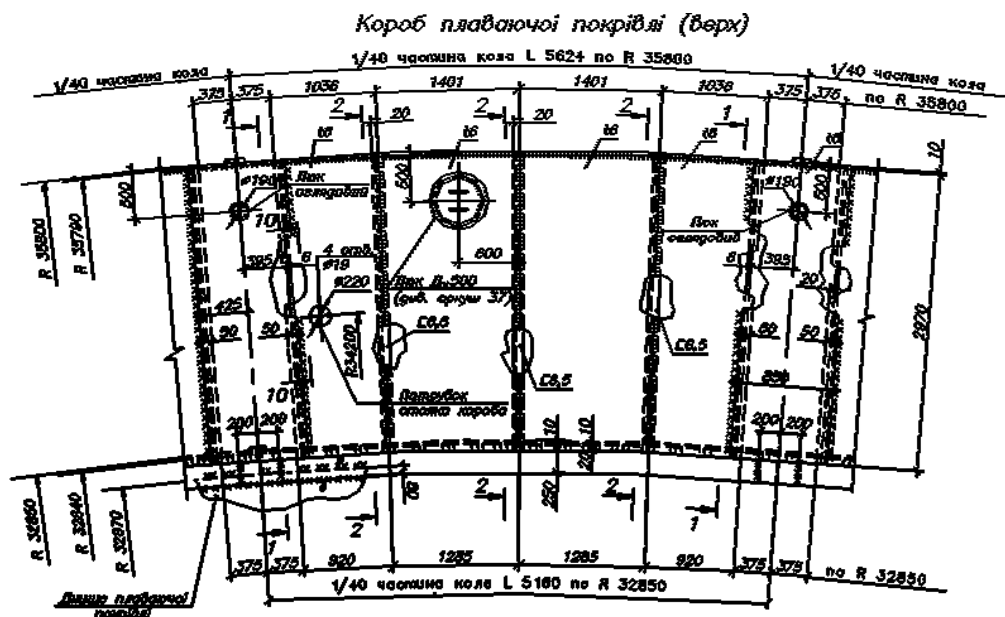
Таблиця 3.2

Вага основних елементів резервуару

№ п/п	Найменування	Маса, т
1.	Днище зовнішнього резервуару	98,72
2.	Днище внутрішнього резервуару	452,50
3.	Стінки внутрішнього і зовнішнього резервуарів	1195,73
4.	Плаваючі покриття і опорні стояки	309,69

5.	Напрямна з майданчиком	3,40
6.	Кільця жорсткості	133,08
7.	Бар'єр для утримання протипожежної піни	5,79
8.	Кільцеві ступені, майданчики	7,66
9.	Люки, лази, патрубки	28,09
10.	Рухливі сходи, опорна ферма	8,14
	Всього:	2242,80

Плаваюча покрівля у вигляді листового настилу утримується на плаву понтонним кільцем (коробом), зібраним з окремих елементів (рис 3.3). Плавучість короба забезпечується герметичними відсіками. Для обслуговування резервуару передбачені ступені і рухливі сходи, які мають можливість переміщатися в діапазоні від 0° до 45° щодо горизонту. Днище резервуару запроектоване подвійним вакуумним, що дозволяє під час експлуатації конструкції постійно контролювати герметичність резервуару для запобігання протіканню продукту до фундаменту. Швидкість наповнення резервуару рівна в початковий момент 2,5 м/год. Максимальна швидкість наповнення резервуару – 6 м/год.



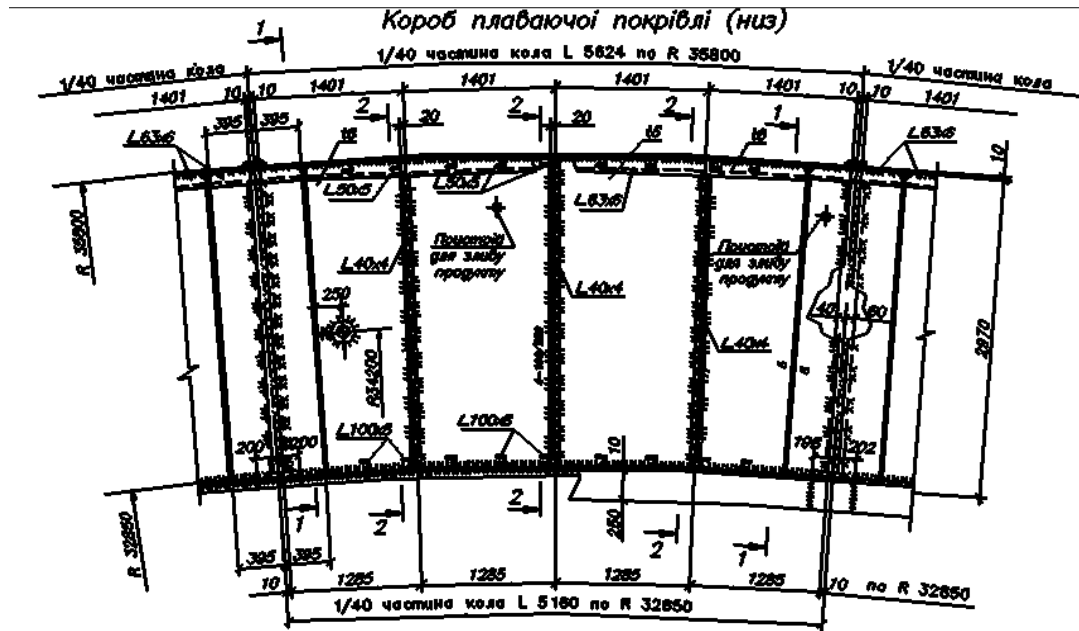


Рис. 3.3. Короб плаваючої покрівлі

Будівельні металоконструкції резервуару запроектовані у відповідність з вимогами ДСТУ Б В.2.6-183 «Резервуари вертикальні сталеві для нафти і нафтопродуктів», ВБН В.2.2-58.2-94, ДБН В.2.6-198:2014 «Сталеві конструкції».

Коефіцієнт умов роботи γ_z прийнятий рівним: нижній пояс (з урахуванням урізування) 0,6; решта поясів – 0,7; з'єднання стінки з днищем – 1,2. Коефіцієнт надійності конструкцій за призначенням γ_n прийнятий рівним 1,0.

Безпосереднім об'єктом дослідження є внутрішній резервуар при експлуатаційному навантаженні. Все нижче приведене відноситься до даного резервуару.

3.1.2. Матеріали конструкцій резервуару

Для зведення подібних об'єктів використовується обмежений набір типів сталей. Це обумовлено високим ступенем вимог по міцності і безпеці експлуатації. Використовувані сталі повинні мати підвищену міцність до механічних і теплових дій, а також мати підвищені величини розрахункових опорів. У таблиці 3.3 наведені марки сталей і їх основні параметри, які застосовувалися в даній споруді.

Використовувані сталі для конструкцій резервуару

№ п/п	Марка сталі	Тимчасовий опір розриву, Н/мм ²	Гранична текучість Н/мм ²	Тип елементу
1.	315-09Г2С	315	440	Пояси з 1 по 5 (стінка внутрішнього резервуару)
2.	325-09Г2С	325	450	Пояси з 6 по 7 (стінка внутрішнього резервуару)
3.	Ст3сп5	370÷480	245	Пояси з 8 по 9 (стінка внутрішнього резервуару)
4.	06Г2Б-440	540	440	Днище (окрайки)
5.	Ст3сп5	370÷480	245	Днище (центральна частка)
6.	Ст3сп5	370÷480	245	Кільця жорсткості

3.1.3. Основа під днищем резервуару

Природну основу на ділянці зведення резервуару складають крейдянні скельні ґрунти. Товщина шару складає декількох десятків метрів. Коефіцієнт постелі його

рівний $80 \cdot 10^6$ кг/м³. Підстилаючим шаром під днищем резервуару служить ущільнений пісок. Товщина шару дорівнює 100 мм.

3.2 Розрахунок внутрішньої стінки резервуару

3.2.1. Навантаження на внутрішній резервуар

У виконаному розрахунку враховувалися наступні навантаження:

- власна вага елементів конструкції;
- внутрішній гідростатичний тиск рідини;
- особливе (від нерівностей основи під днищем резервуару).

3.2.1.1. Власна вага конструкцій.

Вага конструкцій враховується виходячи з того, що щільність матеріалу, використовуваного для конструктивних елементів резервуару, складає 8000 кг/м³. Отримані дані узгоджуються з наведеними в таблиці 3.2.

3.2.1.2. Гідростатичний тиск.

У зв'язку з незначною швидкістю зміни величини внутрішнього гідростатичного тиску (як при заповненні резервуару, так і при його розвантаженні), дане навантаження прийняте в розрахунку статичним.

Гідростатичний тиск на внутрішню сторону стінки резервуару і днища, створюється рідиною з об'ємною вагою, приблизно рівною 1000 кг/м³. Згідно технічної документації максимальна висота наповнення рідиною в резервуарі складає 18,5 м. Вага плаваючої кривлі складає 309,69 т, що еквівалентно тиску, що створюється 30 см рідини в даному резервуарі. Виходячи з цього, висота стовпа рідини, прийнята в розрахунку, дорівнює 18,8 м. Максимальне значення гідростатичного тиску на днищі резервуару складає:

$$P=c \cdot h=1000 \text{ кг/м}^3 \cdot 18,8 \text{ м}=18800 \text{ кг/м}^2, \quad (3.1)$$

де ρ – щільність рідини; h – висота стовпа рідини.

Схема розподілу гідростатичного тиску наведена на рис. 3.4.

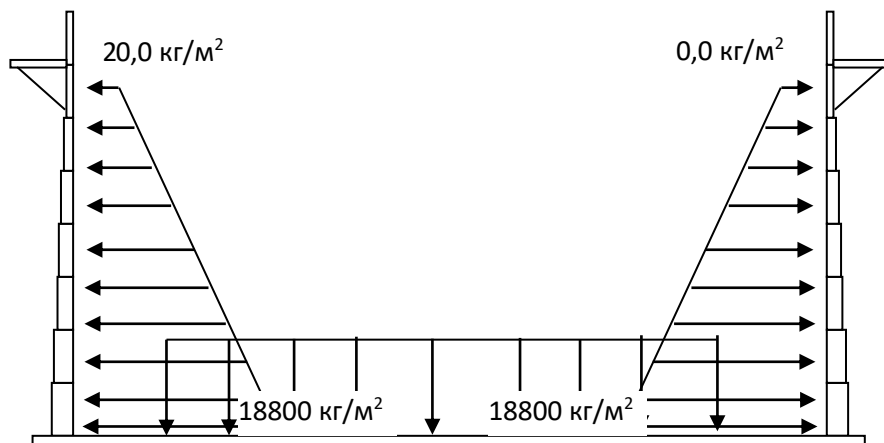


Рис. 3.4. Розподіл гідростатичного тиску на корпус резервуару

3.2.1.3. Особливе навантаження.

При зведенні резервуарних споруд практично неможливо забезпечити абсолютну рівність основи під ними. В результаті завжди існує, хай незначна, нерівність основи під днищем резервуару.

Значення відміток основи під днищем по зовнішньому периметру стінки для даного резервуару, отримані при оцінці розрахункової схеми, наведені на рис. 3.5.

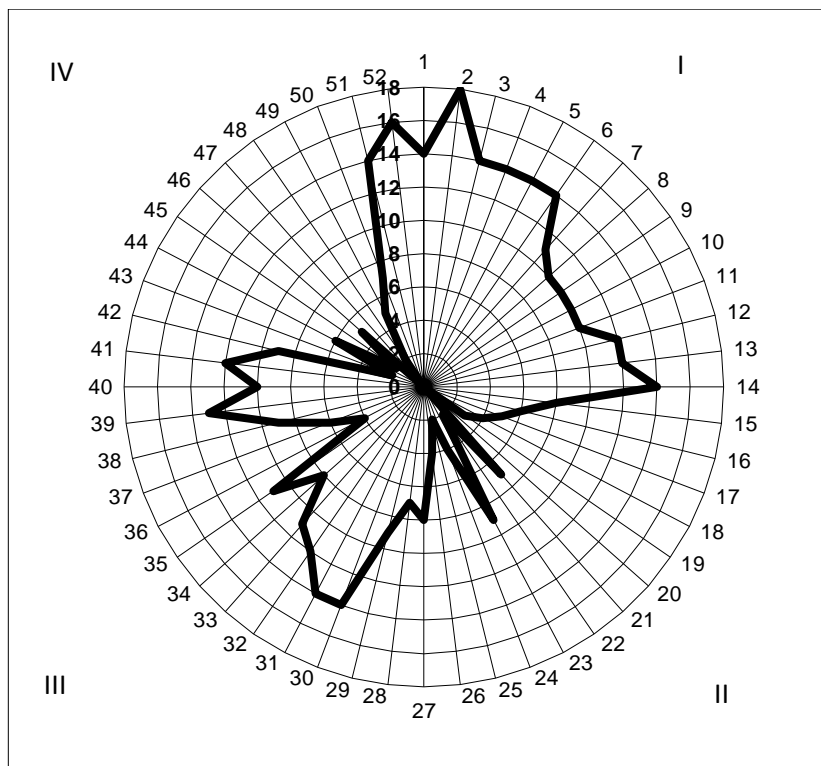


Рис. 3.5. Розподіл відміток (мм) основи під днищем резервуару по зовнішньому периметру стінки, отримане за наслідками вимірів

Рисунок наочно демонструє нерівномірність деформації нижнього контура першого поясу стінки під дією власної ваги (є дві яскраво виражені ділянки, розташовані в першій і третій чвертях).

При виконанні розрахунку резервуару враховувалися приведені вище значення відміток як задані початкові переміщення для контурних точок нижнього поясу стінки.

3.2.2. Варіант розрахунку

Розглядається варіант розрахунку:

–**тестовий розрахунок.** Виконується чисельне дослідження напружено-деформованого стану стінки резервуару як циліндрової оболонки при дії

гідростатичного тиску, відповідного висоті наливання, рівній 18,5 м. Отримані результати співставляються з даними аналітичного розрахунку ВБН В.2.2-58.2.

3.3. Побудова скінченноелементної моделі

3.3.1. Геометрична модель

При чисельному моделюванні елементів резервуару було прийнято ряд допущень і спрощень. Приймалося, що конструкція внутрішнього резервуару працює незалежно від корпусу зовнішнього резервуару і у зв'язку з цим його вплив в розрахунку не враховувався. Прийнято, що сполучення металевих листів поясів виконане по нейтральній осі листів. Елементи споруди, такі як межі безпеки, що не впливають на його міцнісні характеристики, не враховувалися в моделі. Для спрощення геометричної і скінченноелементної моделі, конструкція плаваючої кривлі резервуару замінена вертикальним рівномірно розподіленим навантаженням. Геометрична модель корпусу внутрішнього резервуару наведена на рис. 3.6.

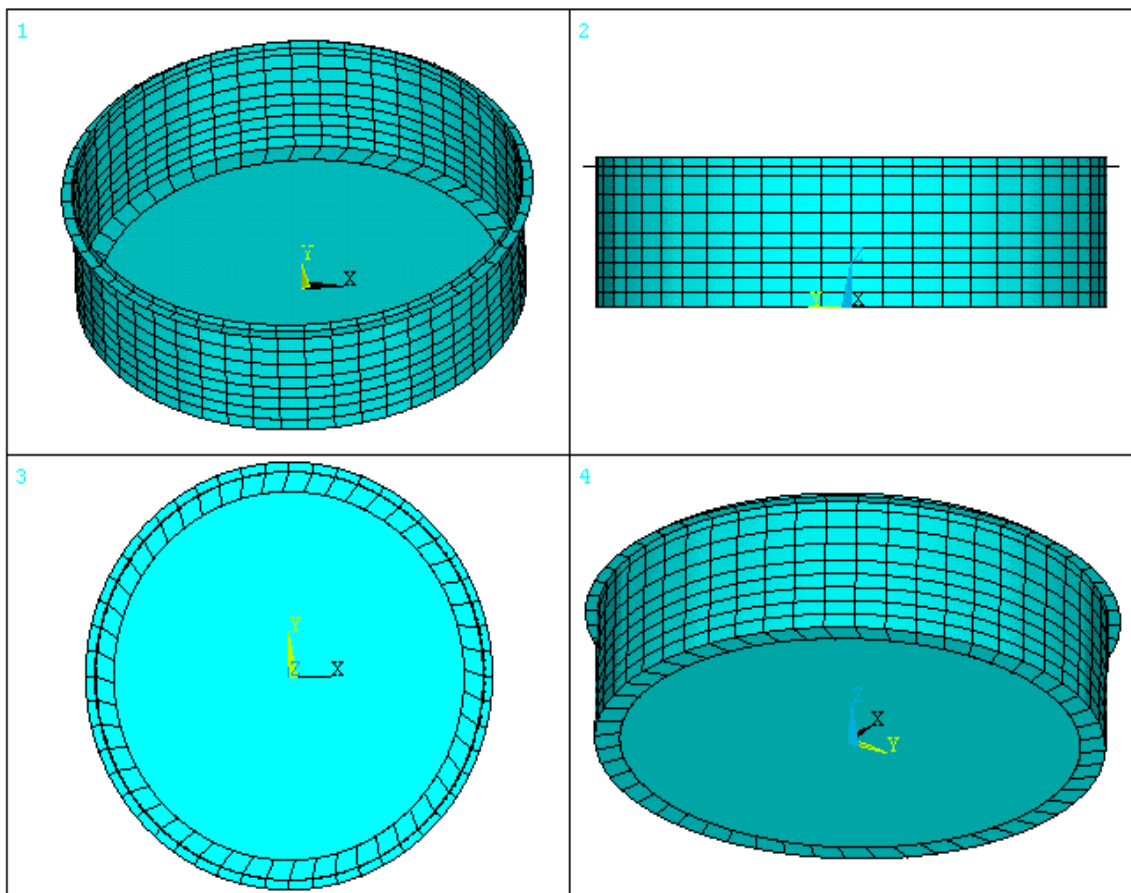
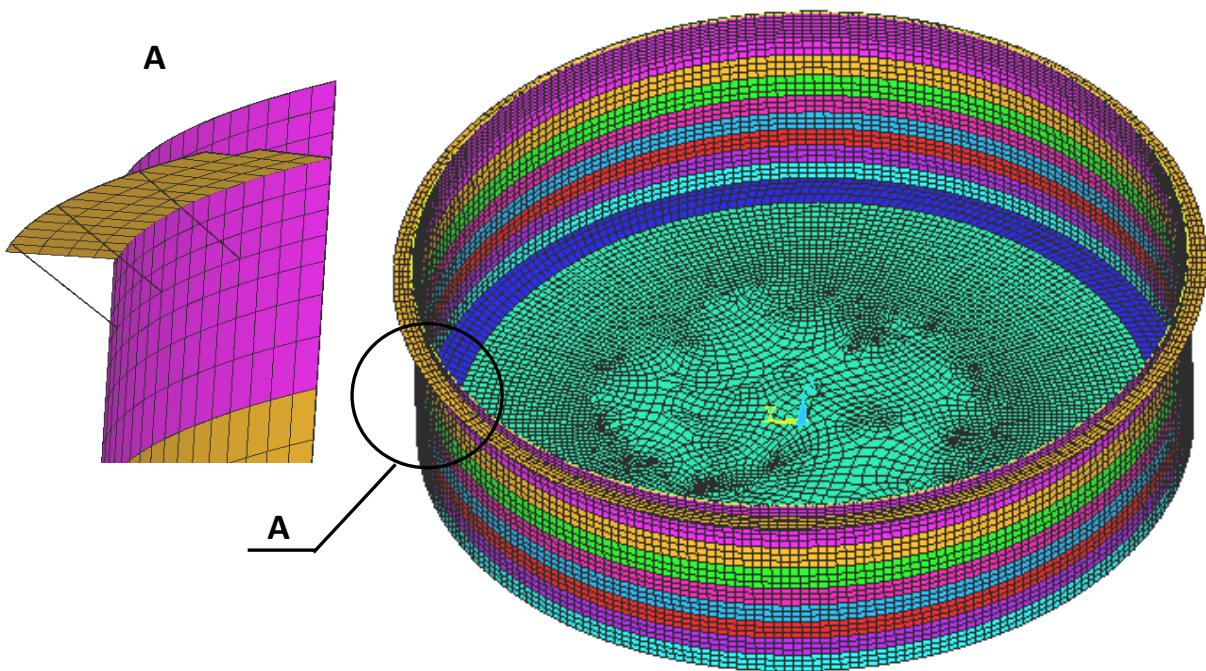


Рис. 3.6. Геометрична модель корпусу резервуару

3.3.2. Опис скінченноелементної моделі і використовуваних типів скінченних елементів

Скінченноелементна модель резервуару виконана в тривимірній постановці з використанням оболонкових і стрижньових скінченних елементів (СЕ). Загальний вид скінченноелементної моделі резервуару наведений на рис. 3.7.



Мал. 3.7. Загальний вид скінченноелементної моделі корпусу резервуару

Стінка, днище і кільце жорсткості резервуару моделювалися оболонковими СЕ. Вживані оболонкові СЕ мають в кожному вузлі по 6 ступенів свободи (три лінійні і три кутові) і сприймають нормальні, згинаючі і дотичні зусилля.

Металеві підкоси, розташовані під кільцем жорсткості, і ребро, що оздоблює верхню кромку резервуару, моделювалися двохвузловими стрижньовими елементами загального вигляду. Використаний стрижньовий СЕ «працює» за просторовою схемою і сприймає подовжню силу N , згинальні моменти M_y і M_z , поперечні сили Q_z і Q_y , а також крутний момент M_k .

Розміри оболонкових елементів дорівнюють 0,8 м в окружному і 0,6-0,66 м в меридіональному напрямках відповідно.

Загальна кількість вузлів в скінченноелементній моделі дорівнює 18564 шт., а число кінцевих елементів – 18643. Кількість невідомих лінійних і кутових переміщень – 111798.

3.3.3. Граничні умови

При тестовому розрахунку розглядається гладка циліндрова оболонка при дії гідростатичного тиску. Для збереження геометричної незмінності розрахункової схеми в одному з контурних вузлів верхнього поясу вводяться обмеження на лінійні зсуву.

У варіантах розрахунку 1-3 розглядається підкріплена кільцем жорсткості циліндрова оболонка, жорстко сполучена з круговою пластиною (днищем), що спирається на пружну основу. З метою збереження геометричної незмінності розрахункової схеми вводиться обмеження на горизонтальний зсув в декількох вузлах в центральній частині днища. Початкові переміщення для контурних точок нижнього поясу стінки, викликані нерівністю основи, в розрахунковій схемі враховуються шляхом примусового зсуву вузлів скінченноелементної моделі на відповідні величини.

3.4. Результати розрахунку

В результаті розрахунку скінченноелементної моделі споруди на дію прийнятих навантажень визначені величини переміщень і напруги в конструктивних елементах корпусу внутрішнього резервуару.

Розрахунок поперечних елементів покрівлі на міцність і стійкість проводиться згідно ДБН. В табл. 3.4-3.7 наведено результати розрахунку внутрішньої та зовнішньої стінок резервуару на стійкість та міцність.

Результати розрахунку внутрішньої стінки резервуару на стійкість

№ пояса	Товщина, мм	Висота пояса, см	Розрахункове напруження, кг/см ²		Критичне напруження, кг/см ²		Коеф. використання несучої здатності
			осьове	кільцеве	осьове	кільцеве	
9	11,2	141	6,73	10,13	35,93	161,82	0,25
8	11,2	249	8,78	10,13	35,93	58,51	0,42
7	11,2	249	10,84	10,13	35,93	35,71	0,59
6	15,2	249	10,04	9,20	35,93	29,65	0,59
5	19,2	199	9,59	8,35	35,93	28,03	0,56
4	23,2	199	9,57	7,53	35,93	27,69	0,54
3	29,1	199	9,27	6,69	35,93	28,61	0,49
2	34,9	199	9,37	5,95	35,93	30,11	0,46
1	40,8	199	9,66	5,31	35,93	31,93	0,43

Таблиця 3.5

Результати розрахунку внутрішньої стінки резервуару на міцність

№ пояса	Товщина, мм	Висота пояса, см	Розрахункове напруження, кг/см ²		Критичне напруження, кг/см ²		Коеф. використання несучої здатності
			осьове	кільцеве	осьове	кільцеве	
9	11,2	108	6,46	10,13	35,93	211,27	0,23
8	11,2	249	8,51	10,13	35,93	63,91	0,40
7	11,2	249	10,56	10,13	35,93	37,65	0,56
6	15,2	249	9,84	9,17	35,93	30,96	0,57
5	19,2	199	9,43	8,30	35,93	29,14	0,55
4	23,2	199	9,44	7,47	35,93	28,71	0,52
3	29,1	199	9,17	6,64	35,93	29,59	0,48
2	34,9	199	9,28	5,90	35,93	31,09	0,45
1	40,8	199	9,58	5,26	35,93	32,91	0,43

Таблиця 3.6

Результати розрахунку зовнішньої стінки резервуару на стійкість

№	Товщина,	Висота пояса,	Розрахункове напруження, кг/см ²	Критичне напруження, кг/см ²	Коеф. використання несучої
---	----------	---------------	---	---	----------------------------

пояса	мм	см	осьове	кільцеве	осьове	кільцеве	здатності
7	11,2	124	4,57	10,15	30,80	170,36	0,21
6	11,2	249	6,62	10,15	30,80	56,63	0,39
5	15,2	249	6,93	8,88	30,80	41,50	0,44
4	15,2	249	8,98	8,43	30,80	32,05	0,55
3	17,2	199	9,58	8,02	30,80	28,12	0,60
2	21,2	199	9,41	7,44	30,80	26,52	0,59
1	27,1	199	9,00	6,74	30,80	26,63	0,55

Таблиця 3.7

Результати розрахунку зовнішньої стінки резервуару на міцність

№ пояса	Товщина, мм	Висота пояса, см	Розрахункове напруження, кг/см ²		Критичне напруження, кг/см ²		Коеф. використання несучої здатності
			осьове	кільцеве	осьове	кільцеве	
7	11,2	240	3,74	10,15	30,80	880,18	0,13
6	11,2	249	5,79	10,15	30,80	77,38	0,32
5	15,2	249	6,32	8,68	30,80	51,24	0,37
4	15,2	249	8,37	8,25	30,80	37,41	0,49
3	17,2	199	9,04	7,85	30,80	32,03	0,54
2	21,2	199	8,98	7,28	30,80	29,78	0,54
1	27,1	199	8,66	6,57	30,80	29,64	0,50

3.4.1. Тестовий розрахунок

Порівняння результатів чисельного розрахунку корпусу внутрішнього резервуару і аналітичного розрахунку на міцність стінки резервуару при дії гідростатичного тиску показує, що радіальні переміщення і окружне напруження, що виникають в стінці резервуару, для обох розрахунків практично ідентичні. На рис. 3.8 наведено порівняння аналітичного і чисельного варіантів розрахунку на міцність стінки резервуару.

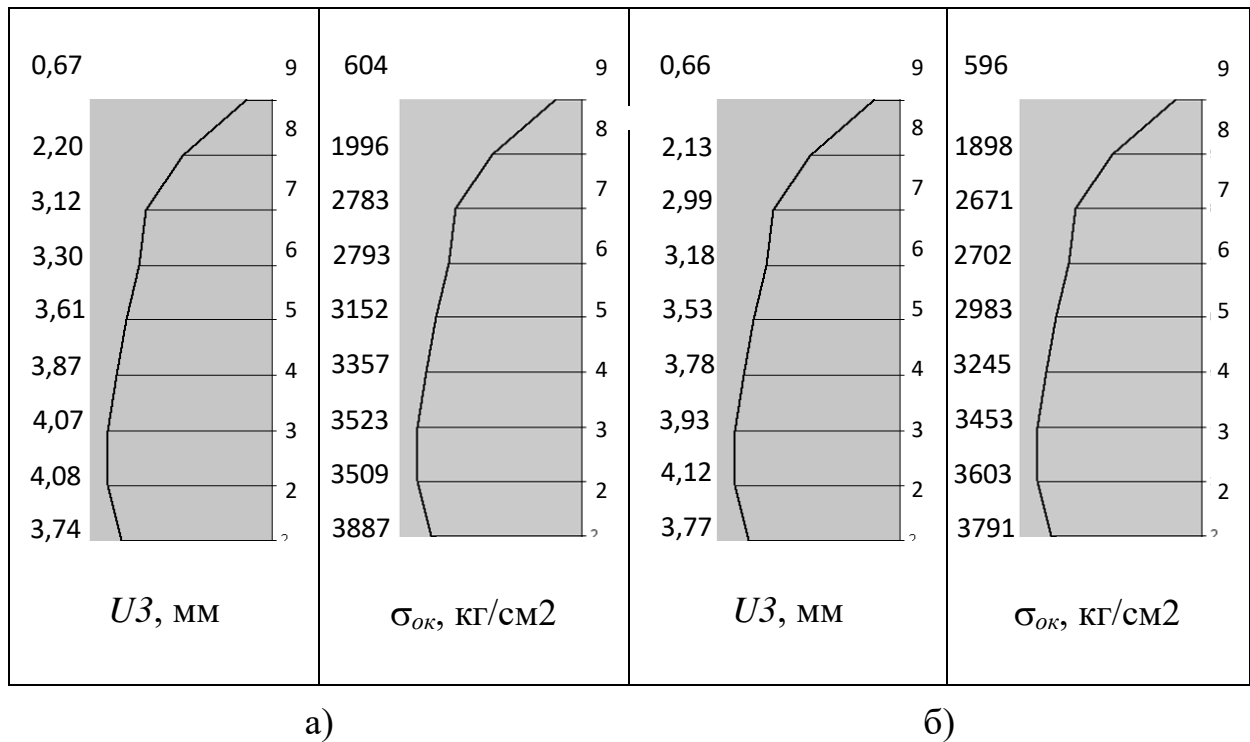


Рис. 3.8. Епюри радіальних переміщень і окружного напруження у стінці резервуару:

а) аналітичний розрахунок; б) чисельний розрахунок

При цьому слід зазначити, що порівняння результатів виконується для перетинів, розташованих на 5 см вище за горизонтальні стики поясів 2 – 9, окрім перетину 1, розташованого на висоті 30 см від стику першого (нижнього) поясу з дном. Крім того, значення напруження, що порівнюються, поділяються на коефіцієнт умови роботи, який для нижнього поясу резервуару прийнятий рівним 0,6, а для решти всіх поясів – 0,7. При визначенні значень напруження в першому поясі враховується допуск на корозію, рівний 1 мм.

Розподіл окружного напруження в стінці резервуару показаний на рис. 3.9.

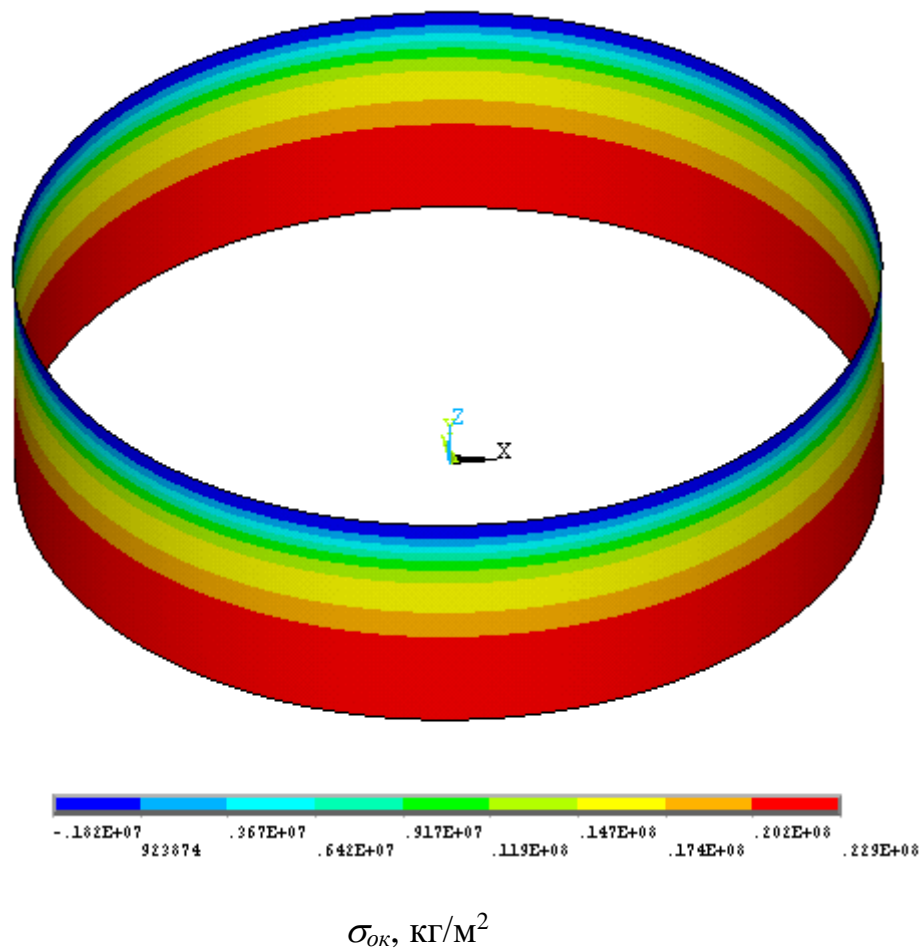


Рис. 3.9. Розподіл окружного напруження в стінці резервуару

Максимальні значення окружного напруження в нижній зоні стінки резервуару не перевищують 2290 кг/см^2 . Слід зазначити, що у верхній частині стінки

резервуару спостерігається утворення зони, що характеризується стискуванням. При цьому значення стискуючого напруження не більше 937 кг/см^2 .

Розподіл меридіональних переміщень рівномірний. Їх значення не перевищують $0,512 \text{ см}$. Максимальні значення меридіонального напруження не перевищують 1270 кг/см^2 .

Розподіл еквівалентного напруження показаний на рис. 3.10.

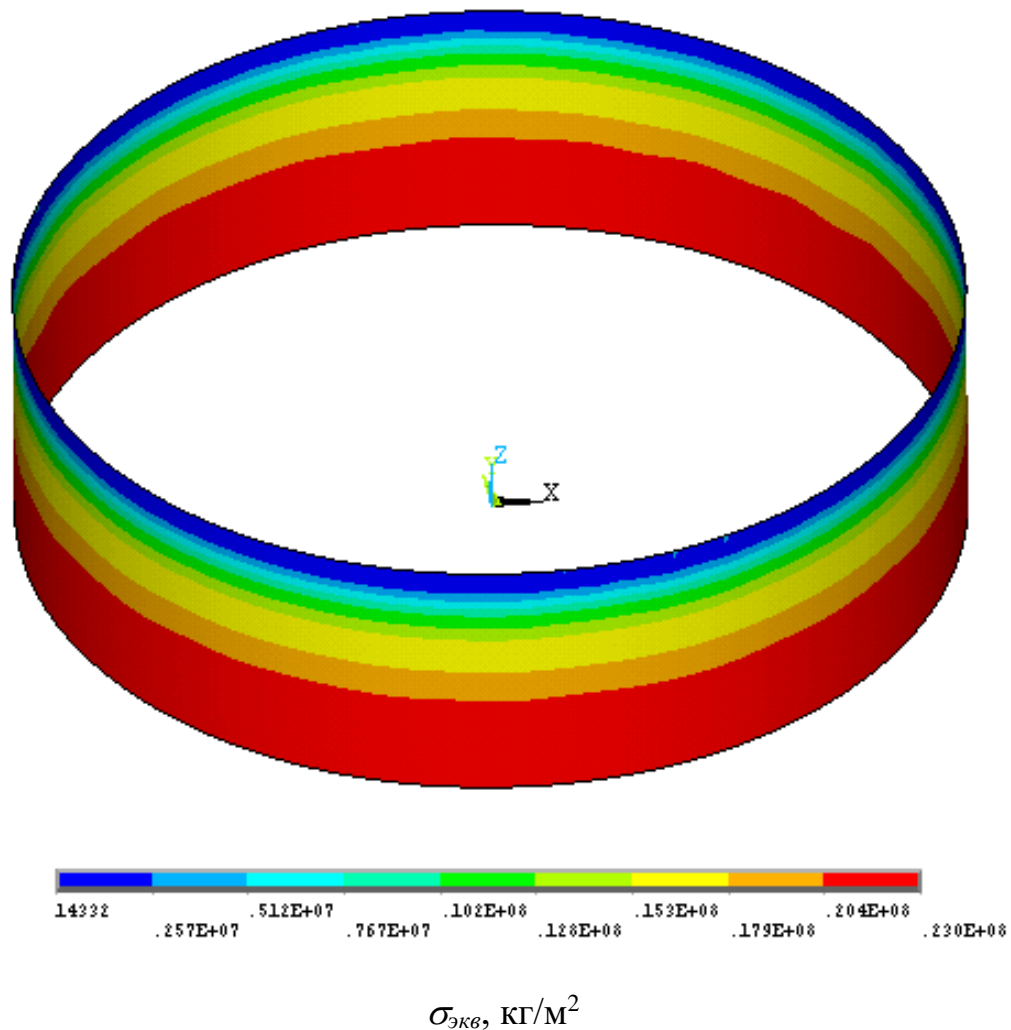


Рис. 3.10. Розподіл еквівалентного напруження в стінці резервуару

Характер розподілу еквівалентного напруження в значній мірі схожий з характером розподілу окружних. Максимальна величина еквівалентного напруження склала 2300 кг/см^2 .

Аналіз отриманих результатів і їх порівняння з даними аналітичного розрахунку дозволяє зробити висновок про достатню точність прийнятої скінченноелементної моделі і про можливість дослідження на її основі процесів деформації резервуару.

3.5. Організація будівництва

При розробці проекту з організації будівництва створюються:

- генплан;
- календарний графік.

При створенні генплану відбувається почергове вирішення певних задач: розробка ґрунта екскаватором, вибір крана, розрахунок необхідних площ та інше. Тобто генплан відображає процеси, які відбуваються на майданчику. На відміну від генплану, календарний графік відображає і регулює рух робочих кадрів по об'єкту.

Організаційними задачами є вибір і розташування об'єктів будівельного господарства :

- складське господарство;
- електропостачання;
- водопостачання;
- енергопостачання;
- адміністративно-побутове господарство;
- організація транспорту;
- забезпечення зв'язку;
- інші тимчасові споруди.

Завершальним проектним документом організації будівництва будівельного майданчика при спорудженні об'єкта є будівельний генеральний план, який розробляється в складі проекту організації будівництва.

Згідно ДБН будівництво об'єкта повинно проводитись на основі попередньо розроблених рішень по організації будівництва і технології виконання робіт, що відображаються в проектно-технологічній документації. До складу проектно-технологічної документації входять: проект організації будівництва і проект виконання робіт.

Прогресивною та ефективною формою організації будівництва є потоковий метод будівництва. Тобто одночасно відбувається послідовне, безупинне і рівномірне виконання однорідних процесів на різних захватках і паралельне ведення різних процесів на кожній з захваток у визначеній технологічній послідовності.

Застосування поточних методів у будівництві показало високу їх ефективність, що виражається в:

- скороченні термінів будівництва за рахунок комплексної механізації виробництва і застосування передових методів організації виробництва;
- зниження вартості будівництва за рахунок зниження трудомісткості і витрат на матеріали внаслідок скорочення їх витрат;
- підвищення продуктивності праці робітників за рахунок зведення до мінімуму простоїв робітників і техніки;
- підвищення рівня майстерності робітників завдяки повторенню операцій і процесів.

При використанні в промисловому будівництві методу комплексного потоку в потік включають зведення всіх будівель та споруд, інженерних мереж та доріг, що входять до складу даного підприємства. В цьому випадку поточним методом необхідно виконувати всі види робіт, включаючи монтаж технологічного, транспортного, електротехнічного та санітарно-технічного обладнання.

Номенклатура робіт та підрахунок об'ємів робіт виконується згідно з характером будівлі по номенклатурі ДБН, після чого здійснюється підрахунок об'ємів робіт.

Об'єм робіт зводимо в відомості підрахунку об'ємів робіт в табл. 3.8.

Таблиця 3.8

Відомість підрахунку об'ємів робіт

Найменування	Одиниця виміру	Об'єм робіт
Підготовчі роботи		
1.Винесення розмірів майданчика в натуру	шт.	
2.Попереднє планування бульдозером Д-535	1000м ²	16,76
3.Кінцеве планування бульдозером Д-535	1000м ²	16,76
4.Зрізка рослинного шару бульдозером Д-535	1000м ³	1,76
5.Влаштування тимчасових доріг	1км	0,42
6.Влаштування тимчасового водопроводу	100пм	2,88
7.Влаштування тимчасового електропостачання	100пм	2,58
8.Влаштування тимчасових будівель	100м ²	2
Підземна частина (нульовий цикл)		
1.Влаштування виїмки екскаватором Е-4321 під фундаменти	100м ³	34,68
2.Доборка ґрунту в ручну	м ³	17,3
3.Влаштування палевого фундаменту	100м ³	635
4.Влаштування фундаментної плити	100м ³	20,8
5.Зворотня засипка виїмки бульдозером Д-535	100м ³	0,14

Влаштування днища		
1. Встановлення колон	шт.	82
2. Встановлення контрфорсів	шт.	36
3. Влаштування з\б днища	100м ²	14,5
Монтаж металевої стіни резервуару		
1.Розвантаження та розкладка металевих листів стіни	100т	1002,24
2.Монтаж листів стіни	шт.	252
3.Монтаж шахтної драбини	шт.	16
Влаштування покрівлі		
1. Розвантаження та розкладка металевих щитів покрівлі	100т	1,29
2. Монтаж щитів покрівлі	шт.	22
3. Монтаж центрального кільця	шт.	1
Оздоблювальні роботи		
1. Влаштування утеплювача	100м ²	71,95
2. Покриття зовнішньої поверхні і покрівлі спеціальними антикорозійними фарбами	100м ²	71,95
Спеціальні роботи		
1.Влаштування водопроводу	100м	2,88
2.Влаштування каналізації	100м	2,88
3.Влаштування освітлення	1 шт	80

4.Вивезення ґрунту, що залишився самоскидами	100м ³	20,8
Здача об'єкта в експлуатацію (люд. змін)	12	

Вибір монтажних кранів для монтажу елементів споруди проводимо на основі їх технічних і техніко-економічних показників у відповідності з їх вагою, габаритами і проектним положенням при будівництві.

Основними технічними параметрами монтажних кранів є: вантажопідйомність, висота підйому крюка, виліт стріли, необхідний для задовольняння відповідних монтажних характеристик елементів конструкцій (максимальна монтажна вага, монтажна висота та необхідний монтажний виліт стріли крану).

Монтажні характеристики елементів конструкції визначаємо наступним чином:

1.Монтажна вага конструкції Q_M :

$$Q_M = Q_e + Q_0, \text{ т} \quad (3.2)$$

де Q_e – вага монтуємих елементів, т;

Q_0 – вага оснастки в залежності від ваги елементів, що монтуємо, т.

Стіновий металевий лист $Q_M = 3,7 + 0,8 = 4,5$ т

Щит покриття $Q_M = 4,4 + 1,45 = 5,85$ т

2. Монтажна висота конструкції H_M :

$$H_M = h_1 + h_2 + h_3 + h_4, \text{ м} \quad (3.3)$$

де h_1 – висота від рівня стояння крану (РСК) до рівня опори монтажного елемента, м

$h_2 = 0,5 \dots 1,0$ м – висота підйому елемента над опорою при його монтажі

h_3 – власна висота монтажного елемента, м

h_4 – висота захватного обладнання над конструкцією, що монтується, м

Стіна $H_M = h_1 + h_2 + h_3 + h_4 = 1,15 + 0,6 + 46 + 1,5 = 49,25$ м

Покриття $H_M = h_1 + h_2 + h_3 + h_4 = 47,15 + 0,6 + 5,59 + 1,5 = 54,84$ м

Необхідний виліт стріли крана Z залежить від використовуваної схеми монтажу. Виліт стріли крана Z визначається графічно для самої віддаленої точки від осі повороту крана конструкції, що монтується.

Вибір кранів проводимо згідно табл. 3.9.

Таблиця 3.9

Вибір кранів за необхідними параметрами монтажу конструкцій

Параметри		Од. в-ру	Найменування основних конструктивних елементів	
			Стіна	Покриття
Необхідні параметри	Довжина стріли	м	50,16	55,76
	Виліт стріли	м	9,5	10,1
	Висота підйому крюка	м	49,25	54,84
	Монтажна вага конструкції	т	4,5	5,85
Прийнятні параметри кранів	Довжина стріли	м	30 + гусьок30	40 + гусьок25
	Виліт стріли			
	<i>максимальний</i>	м	31	27
	<i>мінімальний</i>	м	12,5	12

<i>робочий</i>	м	27	16,5
Висота підйому крюка			
<i>максимальна</i>	м	54	61,5
<i>мінімальна</i>	м	33,5	42,1
<i>робоча</i>	м	47	54,5
Вантажопідйомність			
<i>максимальна</i>	т	20	25
<i>мінімальна</i>	т	3,5	6
<i>робоча</i>	т	10,8	13,5
Найменування кранів		КС-8362	КС-8362

Обираємо пневмоколісний кран КС-8362 з гуськом, для допоміжних робіт беремо кран СКГ-30.

Вибір захватних пристосувань для збірних елементів об'єкта при їх підйомі і тимчасовому закріпленні проводиться за допомогою альбомів і каталогів.

Вибір транспортних засобів також відбувається за допомогою каталогів, у відповідності з вагою та габаритами елементів конструкцій, що монтуються і зводиться в табл. 3.10. При цьому необхідно максимально використовувати вантажопідйомність транспортних засобів. Ступінь використання вантажопідйомності характеризується коефіцієнтом K_T :

$$K_m = Q/q, \quad (3.4)$$

де Q – вага перевезеного за раз комплекту, т;

q – вантажопідйомність транспортної одиниці, т.

Прийняті транспортні засоби

Найменування елементів, що перевозяться	Вага 1 елементу, т	Тип та марка транспортного засобу	Його вантажо-підйомність, т	Число перевезених за 1 рейс елементів	Коефіцієнт використання вантажо-підйомності, т
Стіновий лист	4,5	МАЗ-200В з 2-ПП-12	12,5	2	0,72
Щит покриття	5,85	Напівпричіп з МАЗ-200В	12,5	2	0,94

Навколо будуємої споруди, розробляємо дороги. Будівельний майданчик повинен мати не менше двох в'їздів. Ширину воріт для в'їздів автотранспорту приймаємо по ширині будівельних машин і транспортних засобів – 4,5 м. Ширина проїзної частини тимчасових доріг приймається 5 м. Радіуси заокруглення доріг приймаємо 4 м.

Тимчасову дорогу від будинку, що будується розташовуємо на відстані 10 м, щоб забезпечити установку або прохід для монтажного крана.

До будинків адміністративного і санітарно-побутового призначення відносяться контори будівельних управлінь, ділянок, виконавців робіт, майстрів, диспетчерські. У групу санітарно – побутових будинків входять гардеробні, душові, умивальні, приміщення для сушки одягу, туалети, приміщення для прийому їжі, буфети, їдальні, медпункти.

Всі ці будинки розраховуються виходячи з графіка руху робочих кадрів по будівельному майданчику. При цьому чисельність ІТП приймається рівною 6 – 8%, а охорони 3%. Конкретні потреби в будинках такого типу розраховуються і заносяться в табл. 3.11.

Таблиця 3.11

Потреби в площах обслуговуючих будинків

Номенклатура Будинків	Одиниця виміру	Нормативний показник	Прийнята площа, м ²
Гардеробна	м ² /10 чол	7	34
Душова з переддушовою	м ² /10 чол	5,7	9
Вмивальня	м ² /10 чол	2	5
Приміщення для просу- шування одягу та взуття	м ² /10 чол	2	6
Приміщення для обігріву працівників (захист від сонячної радіації)	м ² /10 чол	1	4
Їдальня	м ² /10 чол	8,1	30
Приміщення для прийому їжі і відпочинку	м ² /10 чол	10	22
Приміщення для особис- тої гігієни жінок	м ² /100 чол	3,5	8
Медпункт	м ² /300 -1200 чол працюючих	70	10
Туалет	м ² /10 чол	1	9

Також передбачається встановлення контори прораба та субпідрядника площею по 12 м².

Будинки проектується з урахуванням „троянди вітрів” – із навітряної сторони пануючих вітрів.

Відстань між зблокованими тимчасовими будинками приймаємо 12-15 м.

Складські приміщення і майданчики для складування визначаються нормами запасу матеріалів і виробів на складах в днях.

За формулою визначаємо запас матеріалу для зберігання

$$P_{скл} = \frac{P_{заг}}{T} \cdot H \cdot k_1 \cdot k_2, \quad (3.5)$$

де $P_{заг}$ - загальна потреба в матеріалі;

T – час споживання матеріалу у днях згідно графіку;

H – норма запасу (так як матеріали, вироби та конструкції доставляються на майданчик авто транспортом на відстань 50 км, то $H=7$);

k_1 - коефіцієнт нерівномірності надходження матеріалів (1,1);

k_2 - коефіцієнт нерівномірності споживання матеріалів (1,3).

1. Елементи покрівлі

$$P_{скл} = \frac{71}{10} \times 7 \times 1,1 \times 1,3 = 71 \text{ (необхідна повна кількість 71)}$$

2. Укрупнені щити

$$P_{скл} = \frac{22}{4} \times 7 \times 1,1 \times 1,3 = 55 \text{ (необхідна повна кількість 22)}$$

3. Елементи стінок

$$P_{скл} = \frac{252}{8} \times 7 \times 1,1 \times 1,3 = 315 \text{ (необхідна повна кількість 252)}$$

Отримані дані зводимо в табл. 3.12.

Підрахунок площ складів

Матеріал	Спосіб складування	Висота, м	К-ть по висоті, шт.	Розміри у плані, м
Елементи покрівлі	в штабелях до 2 м	2	-	3 x 7
Укрупнені щити	в штабелях до 2 м	1,87	12	3 x 6
Елементи стінок	в штабелях до 2 м	1,75	18	3 x 7
Інші металеві елементи	в штабелях до 2 м	2	-	4 x 15

Між складаними елементами кладемо дерев'яну прокладку товщиною 0,05 м.

Об'єкти водопостачання і каналізації при розробці генплану призначаються для вирішення питань постачання будівництва водою для виробничих потреб, господарсько – питних і пожежегасіння.

Тимчасове водопостачання майданчика здійснюється від діючих водопроводів, розташованих поблизу району будівництва.

Загальна потреба в енергії будмайданчика може бути встановлена у вигляді табл. 3.13.

Загальна потреба майданчика в енергії

Споживачі	Од. виміру	Кількість	Норми на одиницю встановленої потужності,Вт	Загальні витрати, Вт
Виробничі потреби				
Гусеничний кран СКГ-30	шт.	1	4700	4700
Разом P_c				4700
Електричне освітлення				
<i>Внутрішнє :</i>				
адміністративні приміщення	м ²	38	12	456
побутові приміщення	м ²	144	6	864
Разом $P_{o.в}$				1320
<i>Зовнішнє :</i>				
охоронне	шт.	8	1	8
робоче	шт.	34	2,4	81,6
Разом $P_{o.л.}$				89,6

По закінченню підрахунків робіт на генплані переходять до розробки календарного графіка.

3.6. Технологія монтажу резервуару

Монтаж металоконструкцій резервуару повинний проводитися згідно проекту провадження робіт (ППР) з урахуванням вимог ДБН.

Усі зварені шви стінки та окрайків, люка-лазу виконуються відповідно до проекту зварювальних робіт, що є складовою частиною проекту провадження робіт (ППР).

Стінка резервуару і надбудови, окрайки резервуару виготовляються окремими листами. Листи стінок вальцюються по внутрішньому радіусі.

Відхилення лінійних розмірів від номінальних листової заготівлі корпуса повинно відповідати наступним вимогам:

- по ширині деталі - 0,5 мм;
- по довжині деталі - 1,0 мм;
- різниця діагоналей - не більш 3 мм;
- серповидність прямолінійної крайки (зазор між листом і сталеву лінійкою довжиною 1,0 м) - не більш 1,0мм;
- зазор між шаблоном (довжиною 1,5 м по дузі) і поверхнею звальцьованого листа - не більш 3,0 м.

Кожна заготівля корпуса повинна мати вивідні зварювальні планки з відповідним обробленням фаски, що поставляються комплектно з листовими заготовками.

Підрізи основного металу в зварних швах допускаються не більше наступних величин:

- для вертикальних з'єднань стінки - не допускаються;
- для з'єднання окрайків зі стінкою - 0,4 мм;
- для горизонтальних з'єднань стінки - 0,8 мм;
- для інших з'єднань - 1,0 мм.

Елементи допоміжних конструкцій (площадок, сходів) виготовляються окремими марками габаритних розмірів.

Перед початком монтажу стінки резервуару необхідно виконати виконавчу схему залізобетонної основи з вказівкою різниці відміток по периметру резервуару (через 4,7-5,0м).

Відмітки основи по периметру стінки:

- різниця двох суміжних точок - не більш 12,5 мм;
- різниця будь-яких точок - не більш 25 мм.

Відхилення по вертикалі верха стінки:

- висота стінки $H_{ст}$ (мм) $-0,005 H_{ст}$;
- місцеві відхилення від проектної форми (на довжині 1,0 м) – 12 мм.

Монтаж окрайків необхідно виконувати після завершення всіх робіт з основою резервуару (рис. 3.24).

При монтажі і зварці окрайків особлива увага приділяється послідовності виконання робіт, щоб уникнути значних деформацій.

Після монтажу і зварки окрайків виконується виконавча схема з нівелюванням точок через 4,7.....5,0м.

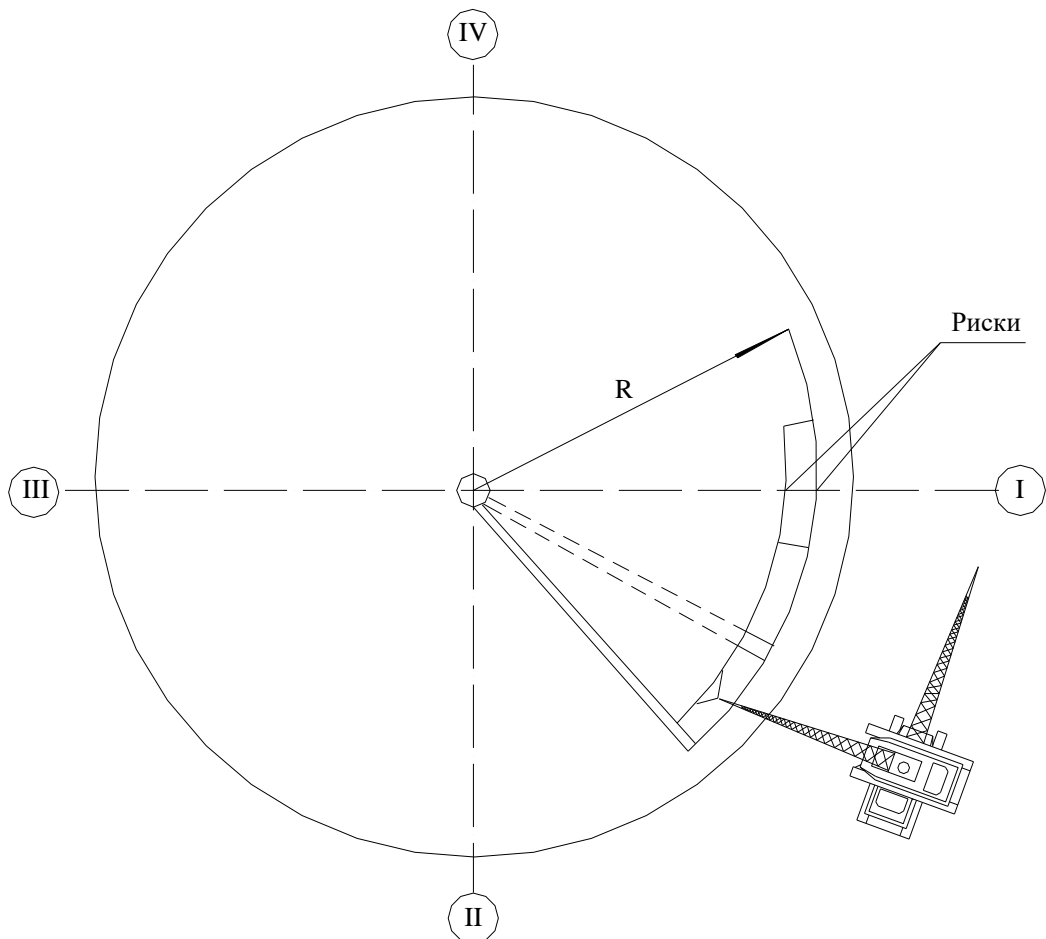


Рис. 3.24. Монтаж окрайків резервуару

Монтаж стінки резервуару виконується методом нарощування. Перед початком монтажу першого пояса необхідно виконати розмітку положення листів і ліній для контролю положення стінки. При монтажі стінки особлива увага

приділяється розкріпленню листів для забезпечення їхньої стійкості від вітрових навантажень.

Для кожного пояса стінки слід робити виконавчу схему положення кожного листа до зварки і після зварки. Вимірювання виконуються по кінцях і в середині кожного листа.

Доцільно після виконання стикових швів I й II поясів зняти концентрацію напруг у цих швах методом підігріву чи зачищення швів. Контроль якості зварних з'єднань виконуються радіографічним методом у наступному обсязі:

- 100% стикових швів окрайок;
- 100% вертикальних стикових швів стінок;
- 100% горизонтальних стикових швів стінок у місцях перехрещування швів (довжина знімка не менш 240мм);
- 100% горизонтальних стикових швів до сьомого пояса резервуару;
- 100% горизонтальних стикових швів до чотирнадцятого пояса ультразвуковим апаратом з письмовою реєстрацією результатів контролю з наступним просвічуванням дефектних місць;
- 50% інших горизонтальних швів виконувати УЗК апаратами з реєстрацією результатів.

Замість радіографічного контролю горизонтальних стикових швів дозволяється виконувати контроль УЗК наступним просвічуванням дефектних місць.

Монтаж конструкцій покрівлі необхідно здійснювати відповідно до ППР, у якому необхідно передбачити центральну стійку, за допомогою якої можливий монтаж укрупнених щитів.

Порядок укладання щитів може бути послідовним (за годинниковою стрілкою), починаючи з першого щита і кінчаючи замикаючим. У цьому випадку центральну стійку розробляють з обліком нерівномірних (однобічних) навантажень. Укладання укрупнених щитів починається в одному секторі, потім у діаметрально протилежному, потім у секторах перпендикулярно розташованим.

Конструкції надбудови і площадок на даху монтуються після вивірки і зварювання всього покриття. При цьому верхні монтажні шви, як і заводські, виконуються щільними.

Здача резервуару в експлуатацію можлива тільки після закінчення всіх монтажних робіт, перевірки якості зварених з'єднань, підписання усіх виконавчих схем і актів.

3.7. Охорона праці

3.7.1. Небезпечні та шкідливі виробничі фактори при будівництві резервуарів.

Охорона праці і безпечне виробництво робіт є основними вимогами при проектуванні і конструюванні несучих конструкцій будівлі, а також при розробці організаційно-технічного проекту.

Усі рішення дипломної роботи ґрунтувалися на нормативній і законодавчій базі охорони праці :

- 1) Закон України "Про охорону праці";
- 2) Закон України "Про пожежну безпеку";
- 3) Кодекс законів про працю України;
- 4) BS OHSAS 18002:2008 Guidelines for the implementation of OHSAS 18001.
Настанова по впровадженню OHSAS 18001;
- 5) OHSAS 18001:2007 Occupational health and safety management systems – Requirements. Системи менеджменту охорони праці – Вимоги.

Суб'єктом дослідження є умови праці будівельника та будівельника-монтажника, адже їхня праця пов'язана з використанням різного роду техніки, а також виконання робіт в екстремальних умовах таких як висота.

Необхідними умовами є дотримання тих правил, які приведені в нормативних документах, адже їх дотримання забезпечує безпечне та зручне перебування працівника на робочому місці. Таким чином, коли суб'єкт знаходиться в сприятливих умовах роботи, його продуктивність зростає.

Об'єктом будівництва є резервуар (металева, листова конструкція для збереження нафти) ємністю 75 тис. м³. В дипломній роботі враховані вимоги Закону України «Про охорону праці», Постанови КМ України «Про питання нагляду за

охороною праці» та забезпеченню дотримання відповідних державних нормативних актів з охорони і безпеки праці, а також інструкцій і вказівок з будівельного проектування і експлуатації резервуарів.

До найбільш небезпечних факторів при будівництві споруди належать:

- електричні мережі на будівельному майданчику, електроприлади (особливо прилади електрозварювання), струмоведучі частини електричного устаткування;
- загазованість та запиленість повітря робочої зони;
- яркість світла при роботах в темноті;
- рівень шуму і вібрації;
- температура поверхні використовуємого обладнання і техніки;
- хімічно небезпечні та шкідливі виробничі фактори.

В процесі будівництва використовуються різноманітні види машин та механізмів (крани, вантажні автомобілі, підйомники і т. д.). При монтажі будконструкцій підвищується запиленість та загазованість повітря в робочій зоні. Це спричинено результатом роботи будівельної техніки та використанням будівельних матеріалів. В зоні будівельних робіт ГДК пилу не повинна перевищувати 1 л мг/м. Дійсне значення ГДК становить 2,1 л мг/м.

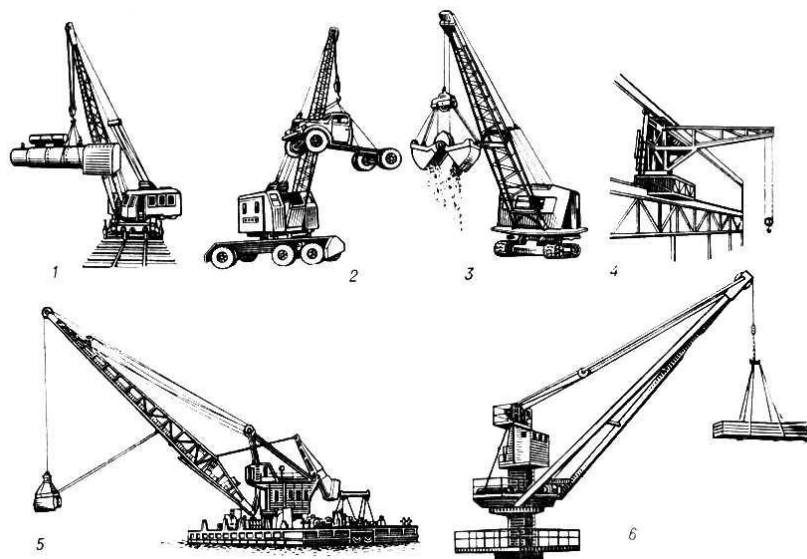


Рис.3.25. Крани при монтажу будівельних конструкцій

Для створення нормальних умов праці необхідно слідкувати за рівнем шуму. Гранично допустимий рівень шуму – 85 дБ.

В процесі монтажу фундаментів для ущільнення ґрунту використовують вібраційні установки, тому рівень вібрації буде збільшений, але не перевищуватиме допустимого значення.



Рис.3.26. Вібрувальні установки

Рухомість повітря – природне явище, яке впливатиме на виконання будівельних робіт. Нормативне значення швидкості вітру для теплої пори року становить 0,4 м/с, температура повітря 18- 20 °С, вологість повітря 40...60 % . Дійсне значення швидкості вітру для теплої пори року становить 0,55 м/с, температура повітря 27 °С, вологість повітря 50 %.

Під час будівництва резервуару підвищений рівень електромагнітного випромінювання від трансформаторної підстанції, що знаходиться поблизу будівельного майданчика.

Небезпека існує також при роботі з машинами, що мають електропривод. Може відбутися ураження електричним струмом.

В процесі виконання будівельно-монтажних робіт, при недостатці природного світла передбачається електричне освітлення створене штучно.

Для будівельних майданчиків і ділянок робіт передбачене рівномірне освітлення, яке повинно бути не менше 2 лм. (дійсне значення дорівнює 3 лм).

Через незадовільні умови праці по оцінках фахівців імовірність одержання травм і професійних захворювань на виробництвах України в 5 - 8 разів вище, ніж у розвинутих країнах. Фахівці переконані в тому, що нещасні випадки на виробництві і професійні захворювання не є чимось неминучим, і багато які з них можна запобігти.

Очевидно, що організація діяльності підприємства в області охорони праці в сьогodнішніх умовах повинна істотно відрізнитися від традиційно сформованих у попередні роки, потрібні нові концептуальні підходи.

Охорона праці повинна вирішувати три головні задачі:

— сформувані в людях принципово нову, позитивну ідеологію творення і законослухняності, тому що альтернативні дії, порушення норм і правил безпеки є деструктивними, антисоціальними, ведучими до поразки, втраті життя і здоров'я працівників у процесі їхньої діяльності. На це повинні бути спрямовані зусилля вчених, фахівців, управлінського персоналу, при цьому соціальна й особистісна спрямованість профілактичної роботи стає найважливішим засобом рішення цільових задач. Поряд з цим важливо, щоб профілактичні міри безпеки логічно впливали зі ступеня небезпеки (ризик) конкретних виробництв і забезпечували безпечне функціонування всіх ланок системи: людина (суб'єкт керування) <-> людин (об'єкт керування) і людина (фактор і об'єкт ризику) <-> умови праці <-> знаряддя праці <-> предмети праці.

— ліквідувати передумови, що формують травмонебезпечні й аварійні ситуації, створити на робочих місцях умови, що зменшували б шкідливий вплив і небезпечний вплив виробничих факторів на працюючого.

— дати реальні гарантії соціальної захищеності людини, якому в процесі трудової діяльності нанесений фізичний чи моральний збиток у результаті отриманої чи травми профзахворювання.

Не слід забувати, що особи, котрі допускаються до робіт при небезпечних факторах повинні бути не молодше 18 років.

Виробничі будівлі, споруди, устаткування, транспортні засоби, що вводяться в дію після будівництва, та технологічні процеси повинні відповідати нормативним актам про охорону праці.

Проектування виробничих об'єктів, розробка нових технологій, засобів виробництва, засобів колективного та індивідуального захисту працюючих повинні провадитися з урахуванням вимог щодо охорони праці. Забороняється будівництво виробничих об'єктів, виготовлення і впровадження нових технологій і вказаних засобів без попередньої експертизи (перевірки) проектної документації на їх відповідність нормативним актам про охорону праці. Фінансування цих робіт може провадитися лише після одержання позитивних результатів експертизи.

Проектні організації зобов'язані здійснювати авторський нагляд за дотриманням проектних рішень з питань охорони праці при будівництві та експлуатації запроектованих ними підприємств і об'єктів. Авторський нагляд здійснюється на підставі договору, який укладається проектною організацією з власником.

Машини, механізми, устаткування, транспортні засоби і технологічні процеси, що впроваджуються у виробництво і в стандартах на які є вимоги щодо забезпечення безпеки праці, життя і здоров'я людей, повинні мати сертифікати, що засвідчують безпеку їх використання, видані у встановленому порядку.

Технологічні процеси, машини, механізми, устаткування, транспортні засоби, придбані за кордоном, допускаються в експлуатацію лише за умови відповідності їх нормативним актам про охорону праці та охорону навколишнього середовища, що діють в Україні.

3.7.2. Технічні та організаційні заходи усунення небезпечних та шкідливих виробничих факторів.

На період виконання будівельно-монтажних робіт з будівництва об'єкту у робочому проекті передбачені необхідні технічні заходи техніки безпеки у

відповідності з вимогами ДСТУ А.3.2-2-2009 ССБП. Охорона праці і промислова безпека в будівництві. Основні положення.

Нижче наведені основні вимоги техніки безпеки при будівництві об'єкту:

- до персоналу, який буде допущено до виконання робіт, повинні застосовуватися вимоги;
- під час роботи будівельних машин та механізмів забороняється перебування робітників у їх небезпечній зоні;
- при розробці траншеї необхідно влаштувати огороження та перехідні містки для пішоходів, а у ви падку потреби, переїзdnі мости для автотранспорту.



Рис.3.27. Огородження будмайданчика при розробці котловану

Пішохідні містки через траншею влаштовують шириною 1,0м з поручнями (дерев'яні або металеві зварені). На огороженнях вивішують попереджувальні написи і знаки, а у нічний час – світлові сигнали;

- місця проведення робіт повинні бути огорожені переносною штахетною або щитовою огорожею висотою від 1,1м до 1,3м;
- переміщення спеціальних будівельних машин та механізмів під повітряними електролініями допускається тільки в ясну погоду та за умов, якщо відстань від проводів до верхньої частини становить не менше 2м. виконання робіт під повітряними електролініями, що перебувають під струмом, забороняється;

- при виконанні земляних робіт повинен бути заборонений доступ людей до вибою в межах призми обвалювання;
- при виконанні робіт в нічну зміну їх територія і сама техніка повинні бути освітлені;
- заборонено вести будівельні роботи, складувати матеріали, влаштовувати стоянки автомашин чи механізмів в охоронній зоні ЛЕП без узгодження з експлуатуючою організацією. При виконанні робіт в охоронній зоні, працюючим повинен бути виданий наряд-допуск, що визначає безпечні умови виконання цих робіт;
- на всіх ділянках будівництва біля машин та механізмів повинні бути вивішені добре видимі та освітлені в нічний час попереджувальні та вказівні знаки-надписи, плакати та інструкції з техніки безпеки;
- будівельні організації повинні забезпечувати робочих спецодягом, спецвзуттям та засобами індивідуального захисту у відповідності з характером виконання робіт;
- на об'єкті повинні бути аптечки з медикаментами та іншими засобами для надання першої медичної допомоги.

При монтажі стінки і купола резервуар стає об'єктом підвищеної небезпеки. В першу чергу слід забезпечити всіх працюючих засобами індивідуального захисту – касками (рис. 3.28).

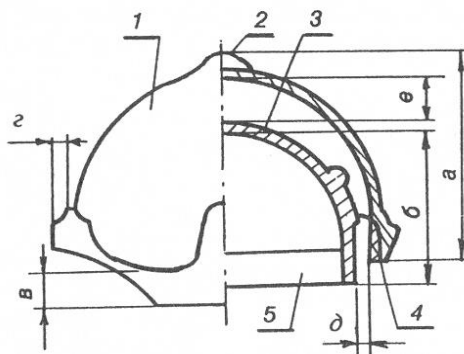


Рис. 3.28. Схематичне зображення конструкції каски: a – висота корпусу; b – глибина внутрішньої оснастки; v – ширина козирка; z – ширина полів, d – кільцевий

зазор; e – вертикальний безпечний зазор; 1 – корпус; 2 – ребро жорсткості; 3 – амортизатор; 4 – підвіска; 5 – несуча стрічка.

Особливу увагу при зведенні резервуару потрібно приділити чиннику високої напруги постійного або змінного струму, замикання яких може статися через тіло людини. Вплив струму може мати місце при випадковому дотику до відкритих струмопровідних частин, наприклад, при пробої ізоляції, обриві, перетиранні проводок та замиканні на корпус і т.п. Особливо даний фактор слід контролювати при зварних роботах, так як вони займають найбільшу частину роботи при зведенні каркасу резервуару.

При роботі з електроінструментами працівники повинні:

- перед використанням перевірити справність, якщо виявлено неполадки – повідомити керівництво;
- перевірити цілісність ізоляції проводу;
- не працювати при високій вологості;
- не працювати при температурі вище $+35^{\circ}$;
- не працювати при наявності провідячого пилу;
- роботи проводити у відведених для них місцях;
- працювати у спецодязі, спецвзутті й інших засобах індивідуального захисту.

До будівельного майданчика електричний струм підводиться з прилеглої території (0,15 км від майданчика)

Електробезпека працюючих забезпечується:

- конструкцією електроустановок;
- технічними способами і засобами захисту;
- організаційними і технічними заходами.

Для забезпечення електробезпеки на території будівництва застосовуються наступні технічні способи і засоби:

- захисне заземлення;

- малі напруги;
- захисне відключення;
- ізоляція струмопровідних частин;
- захисні пристрої;
- попереджувальна сигналізація, блокування, знаки безпеки;
- засоби захисту і запобіжне пристосування,

По всій території об'єкту для запобігання нещасних випадків слід розвісити необхідні попереджувальні таблиці та встановити стенди (місця монтажу, протікання високого струму, робота важкої техніки і т.п.). Деякі, особливо небезпечні ділянки, слід помітити жовтими і червоними фарбами.

Для всіх працюючих на об'єкті, особливо для працюючих з підвищеними фізичними перевантаженнями (монтажники, зварювальники), відповідно до міжгалузевих рекомендацій з розробки раціональних режимів праці і відпочинку, на території майданчика влаштовуються місця відпочинку.

Чисельність служби охорони праці підприємства.

Чисельність працівників служби охорони праці на спеціальних об'єктах із кількістю працівників до 100 осіб розраховується за формулою:

$$M_1 = 2 + \frac{P_{\text{cp}} \cdot K_{\text{в}}}{\Phi} = 2 + \frac{15 \cdot 1,667}{1820} = 2,014 = 2 \text{ людини}$$

де M_1 — чисельний склад служби охорони праці на об'єкті;

P_{cp} — середньооблікова чисельність працівників об'єкта (15 чоловік);

Φ — ефективний річний фонд робочого часу спеціалістів з охорони праці, що дорівнює 1820 годин, який враховує втрати робочого часу на можливі хвороби, відпустку тощо;

$K_{\text{в}}$ — коефіцієнт шкідливості та небезпечності виробництва:

$$K_{\text{в}} = 1 + \frac{P_{\text{в}} + P_{\text{а}}}{P_{\text{cp}}} = 1 + \frac{4 + 6}{15} = 1,667$$

де $P_{\text{в}}$ — чисельність працівників із шкідливими речовинами незалежно від рівня їх концентрації (4 чоловік);

P_a — чисельність працівників на роботах підвищеної небезпеки (що підлягають щорічній атестації з охорони праці) (6 чоловік).

3.7.3. Забезпечення пожежної та вибухової безпеки.

Пожежний захист резервуарів досягається шляхом постійного проведення пожежно-профілактичної роботи з метою своєчасного виявлення та усунення причин, які породжують пожежі.

Згідно з ДБН А.3.2-2-2009 для забезпечення вибухобезпеки необхідно дотримуватись таких правил:

- під час виконання зварювальних робіт, роботи виконувати в місцях ізольованих від складів вибухонебезпечних речовин та матеріалів;
- при виконанні опоряджувальних робіт має бути обмежена концентрація вибухонебезпечних речовин (аміак, ацетилен, пари бензину тощо).

З метою запобігання пожеж при будівництві і обслуговуванню вже існуючої конструкції створюється ряд планувальних заходів. Ціллю планувальних заходів є зведення до мінімуму наслідків аварійних ситуацій, передусім заради порятунку життя людей.

Їх зміст можна звести до наступних вимог:

- створення на території об'єкта місць швидкого реагування;
- вимоги до рівня протипожежного захисту резервуару;
- вимоги до тривалості розгортання пожежно-рятувальної служби;
- вимоги до пожежних транспортних засобів;
- вимоги до засобів зв'язку і сповіщення;
- вимоги до персоналу відповідального за протипожежний стан.

На території вже існуючої конструкції пожежна безпека забезпечується:

- системою запобігання пожежі;

— системою протипожежного захисту;

— організаційно-технічними заходами.

Протипожежний захист забезпечується:

— застосуванням засобів пожежегасіння (спеціальні урни з піском) і відповідних видів пожежної техніки (ПГ);

— застосуванням автоматичних установок пожежної сигналізації і пожежегасіння;

— застосуванням основних будівельних конструкцій об'єктів з регламентованими межами вогнестійкості і межами поширення вогню.

Для кращої вогнестійкості резервуару, задля збереження несучої і захищаючої функцій конструкції при пожежі протягом часу, необхідного для забезпечення безпеки людей і гасіння пожежі, пожежними підрозділами організовується:

— просочення поверхні конструкції антипіренами і нанесенням на їх поверхні вогнезахистних фарб;

— використання пристроїв, що забезпечують обмеження поширення пожежі;

— організація своєчасної евакуації обслуговуючого персоналу;

— застосування засобів колективного і індивідуального захисту людей від небезпечних чинників пожежі;

— застосування систем протидимного захисту.

При проектуванні відповідальної конструкції здійснюються організаційно-технічні заходи, які включають

— організацію пожежної охорони (у встановленому порядку) відповідного виду (професійної, добровільної і т.п.), чисельності і технічної оснащеності;

— паспортизацію речовин, матеріалів, виробів, технологічних процесів і об'єктів в частині забезпечення пожежної безпеки;

- широке залучення громадськості до питань забезпечення пожежної безпеки;
- організацію навчання робітників, службовців, колгоспників і населення правилам пожежної безпеки;
- розробку і реалізацію норм та правил пожежної безпеки, інструкцій про порядок роботи з пожежонебезпечними речовинами і матеріалами, про дотримання протипожежного режиму та про дії людей при виникненні пожежі;
- розробку заходів щодо дій адміністрації, робочих, службовців і населення на випадок виникнення пожежі і організації евакуації людей;
- виготовлення і застосування засобів наочної агітації по забезпеченню пожежної безпеки.

При розробці проекту резервуару увага приділяється забезпеченню нормального теплового режиму роботи схемних елементів і пристрою загалом - монтаж, розміщення елементів, що нагріваються. Контролюється надмірний нагрів приладу, обладнання, горючих сусідніх матеріалів (трансформаторна підстанція, дизель-генераторні станції і т.п.).

Увага також приділяється таким заходам пожежної безпеки, як покриття деталей монтажу, плат спеціальним лаком для усунення попадання на елементи схеми вологи, що спричиняє замикання, корозію і зайняття.

У штати підрозділів охорони вводяться посади пожежних працівників, основне призначення яких полягає в чергуванні в пожежно-рятувальних підрозділах, утриманні в справному стані і постійній бойовій готовності пожежної техніки та обладнання, готовності до негайного виїзду по тривозі у разі виникнення пожежі.

На рис. 3.29 зображено спеціальний генератор піни, який слід використовувати при виникненні особливо небезпечних варіантів виникнення пожежі.

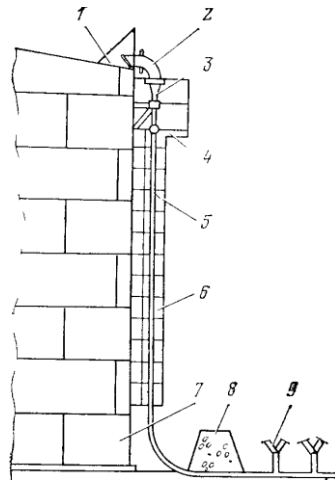


Рис. 3.29. Схема стаціонарної установки генератора піни на резервуарі: 1 – пристосування з легкоплавкими замками, що герметизує пінокамеру; 2 – пінокамера; 3 – піногенератор; 4 – площадка обслуговування генератор піни, 5 – трубопровід для подачі розчину піноутворювача; 6 – драбина для підйому на площадку; 7 – резервуар; 8 – обвалування; 9 – розгалуження трубопроводів для підключення рукавів пожежного автомобіля.

Умови праці на робочому місці, безпека технологічних процесів, машин, механізмів, устаткування та інших засобів виробництва, стан засобів колективного та індивідуального захисту, що використовуються працівником, а також санітарно-побутові умови повинні відповідати вимогам нормативних актів про охорону праці.

3.8. Охорона навколишнього середовища

3.8.1. Визначення факторів експлуатаційної небезпеки на навколишнє природне середовище при будівництві.

Будівництво резервуару виконується з врахуванням екологічних вимог, що викладені в законі України “Про охорону навколишнього природного середовища”, а також розроблені відповідно до нього Земельний, Водний та Лісовий кодекси.

Головними факторами небезпеки при будівництві є:

- джерела викидів забруднюючих речовин в атмосферу (транспортні засоби та механізми);

- джерела шумового забруднення під час перевезення матеріалів та певних процесів робіт (ущільнення ґрунту вібраційною установкою);
- недбалість зі сторони обслуговуючого персоналу (злив відроблених машинних масел поза відведеною зоною утилізації);
- використання хімічних речовин при обробці конструкцій від зовнішніх впливів;
- електромагнітне випромінювання (трансформаторні підстанції та будівельна техніка).

Значного негативного впливу під час будівництва зазнає атмосферне повітря. Суттєвими фактори забруднення є:

- пил при розвантажувальних та завантажувальних роботах ;
- робота автотранспорту з несправними двигунами;
- робота транспорту при завантажувальних та розвантажувальних процесах з ввімкненими двигунами ;
- неорганізовані джерела викидів (в місцях зберігання сипучих будівельних матеріалів).

Як відомо жодне будівництво не може обійтися без використання різних видів машин і механізмів більшість з яких шкідливо впливає на навколишнє середовище.

Шум безпосередньо супроводжує майже всі процеси, які виконуються на будівельному майданчику.

3.8.2. Аналіз впливу техногенних чинників на навколишнє природне середовище.

Кожен з техногенних чинників здійснює негативний вплив на такі компоненти навколишнього природного середовища як водне, атмосферне, ґрунтове та геологічне.

Забруднювачами повітряного басейну є багато джерел, але основними є насамперед теплова енергетика (електростанції), металургійна, хімічна, нафтопереробна промисловість та транспорт. Складність галузевої структури промисловості, характер технологічних процесів призводять до накопичення

викидів від різних джерел, що створює екологічну напруженість у прилеглих територіях.

Ступінь забруднення залежить від природних і антропогенних причин: віддаленості підприємства від побережжя, народногосподарського профілю підприємства, зміни погодних умов взимку і влітку (метеорологічний режим), швидкості вітру, утворення островів тепла і їх впливу на клімат на території підприємства та інше.

З метою зменшення впливу на атмосферне повітря, при будівництві, потрібно зводити до мінімуму дію всіх шкідливих факторів.

Вплив на атмосферне повітря в період будівництва зумовлений викидами забруднюючих речовин від автотранспорту, зварювальних постів та іншої будівельної техніки. Кількість шкідливих речовин, що надходять в атмосферу у складі відпрацьованих газів, залежить від загального технічного стану автомобілів і, особливо, від двигуна - джерела найбільшого забруднення. Так, при порушенні регулювання карбюратора викиди оксиду вуглецю збільшуються в 4 рази.

Шум — одна з форм фізичного (хвильового) забруднення навколишнього середовища. Під шумом розуміють усі неприємні та небажані звуки чи їх сукупність, які заважають нормально працювати, сприймати інформаційні звукові сигнали, відпочивати. Він виникає внаслідок стиснення і розрідження повітряних мас, тобто коливальних змін тиску повітря. Загалом шум — це хаотичне нагромадження звуків різної частоти, сили, висоти, тривалості, які виходять за межі звукового комфорту. Одиницею вимірювання шуму є Бел — відношення діючого значення звукового тиску до мінімального значення, котре сприймається вухом людини. На практиці використовується десята частина цієї фізичної одиниці — децибел (дБ).

Слід зазначити, що шумове забруднення територій пов'язаних з будівництвом на них є серйозною проблемою сьогодення. Саме будівництво супроводжується:

- використання авто транспорту;

- використання залізничного транспорту;
- будівельні процеси (використання техніки);
- рух людей по території будівельного майданчика;
- та інші.

Шумове забруднення навколишнього середовища від транспортних засобів виходять далеко за межі будівельного майданчика (доставка до місця роботи матеріалів, конструкцій, обладнання і т.д.) його значення сягає 74 дБ. При перевезенні шум може з'явитися не тільки від самої машини, але й від недостатнього закріплення вантажу через відсутність прокладок і тоді значення сягатиме 79 дБ, але завдяки однорядним лісосмугам з деревних порід рівень шуму зменшується на 8-9 дБ в залежності від періоду будівництва (весняно-літній або осінньо-зимовий). Граничний рівень шумового забруднення згідно санітарних норм дорівнює 80 дБ.

Важливою задачею в збереженні природних властивостей земель є не тільки збереження існуючого ландшафту, але і забезпечення правильного використання родючого шару ґрунту (зрізування та складування на відведеній території).

Небезпечними геологічними процесами є:

- селі – водні потоки, насичені твердим матеріалом;
- підтоплення – підвищення рівня ґрунтових вод 2,5 м від поверхні землі, на території великих поселень до 1 м;
- затоплення – утворення вільної поверхні води над землею: вихід рік з берегів;
- ерозія – водна та вітрова;
- карстоутворення – крупні пустоти в результаті вилугування розчинних гірських порід (Одеса - катакомби);
- просадки, що характерно для лесових порід;
- абразія - руйнування ґрунту хвилями в береговій зоні моря, озера, водосховища.

Прогнози при забудові територій, розташованих у зоні небезпечних геологічних процесів, розробляються на основі розвитку геологічної моделі

середовища, яка включає комплект карт і розрізів різної специфіки: геологічні, геоморфологічні, гідрогеологічні, інженерно-геологічні. Реалізується прогноз за схемою чи за планом заходів щодо захисту території від небезпечних геологічних процесів.

Для збору, аналізу і представлення інформації відносно геологічного середовища використовують комп'ютерні технології, об'єднані в географічно-інформаційну систему.

Крім екологічних аспектів, при плануванні захисних заходів враховують технологічні і економічні можливості їх реалізації.

Процеси взаємодії літосфери з урбаністичними утвореннями різноманітні як за їх фізичною, хімічною природою, так і часом антропогенних впливів на ґрунтові води і глибинні геологічні структури. Причому тривалий комплексний вплив декількох чинників істотно змінює ділянки літосфери, роблячи їх непридатними для забудови, лісового або сільського господарювання.

Розвиток промислового комплексу призводить до змін рельєфу поверхні землі, фізико-хімічних властивостей ґрунту, гідрологічних умов, спрямованості фізико-геологічних процесів і явищ. Зміна рельєфу відбувається при вертикальному вирівнюванні, забудові і благоустрої території, видобутку корисних копалин. На територіях забудови зазвичай йдуть два процеси. Перший процес пов'язаний зі зрізкою ґрунту, пересуванням схилів, утворенням виїмок, опусканням і просіданням поверхні. Другий – з переміщенням ґрунту, складуванням відвалів, ТПВ і промислових відходів, засипанням ярів.

Зміна фізико-механічних властивостей порід відбувається до глибини 20-50 м, рідше до 100-300 м. Найбільш активно породи змінюються під впливом статичних і динамічних навантажень.

Основний прийом скорочення площі територій, що відводяться під промислову забудову, — це раціональне їх використання. На сьогодні питома вага територій, що не використовуються для міських цілей в сучасних кордонах міських поселень, складає біля 50 %. Така щільність забудови вказує на необхідність

переходу до більш інтенсивного використання міських територій, прискореного освоєння незручних і непридатних земель, надзвичайно жорсткого ущільнення промислової і складської забудови.

Природність трансформованих ландшафтів визначається показником екологічної стабільності K_{ec} трансформованих комплексів:

$$K_{ec} = \frac{\sum_i F_{cn}}{\sum_j F_{нест}}$$

де F_{cn} - площі, зайняті стабільними рослинними угрупованнями, що здійснюють позитивний вплив на ландшафт; $F_{нест}$ - площі, зайняті нестабільними елементами ландшафту (збудовою дорогами тощо).

Під час будівництва резервуару ведуться попередні роботи з метою рекультивації землі – знімання та зберігання родючого шару ґрунту для подальшого його використання. Утворені внаслідок виконання будівельно-монтажних робіт деформації земної поверхні передбачено ліквідувати.

Частину земель, яка була невикористана під час будівництва, можна застосовувати для благоустрою території, насадження дерев та квітів, а решта для виготовлення цегли та інших матеріалів.

Під час виконання будівельно-монтажних робіт відбувається деформація земної поверхні. Ці зміни необхідно ліквідувати після закінчення будівництва.

Через підвищений рівень ґрунтових вод є велика вірогідність зсувних явищ, тому під час будівництва та в процесі експлуатації споруди необхідно здійснювати часткове осушення ґрунту.

Система водовідведення на площадці прийнята відкритою, але стік поверхневих (дощових) вод здійснюється по спланованій поверхні в знижені місця рельєфу. Подальший стік проводиться за межі будівельного майданчика, де є можливість усмоктування в ґрунт та випаровування.

Відходи.

Виробнича та побутова діяльність людини неминуче призводить до утворення твердих відходів. Якщо газоподібні та рідкі відходи порівняно швидко поглинаються природним середовищем, то асиміляція (засвоєння та використання організмом необхідних для його розвитку речовин, що надходять у нього з довкілля) твердих відходів може тривати десятки і сотні років. Відходи поділяються на:

- побутові, що утворюються в результаті життєдіяльності людей та амортизації предметів побуту;

- промислові, що утворюються при виробництві продукту, або виконанні робіт, під час яких вони втратили свої споживні якості;

- сільськогосподарські, що утворились в сільськогосподарському виробництві;

- будівельні (відходи в процесі будівництва будівель і споруд, виробництва будівельних матеріалів);

- споживання (вироби і машини, що втратили свої споживчі властивості в результаті фізичного і морального зносу);

- радіоактивні (невикористані радіоактивні речовини і матеріали, що утворюються при роботі ядерних реакторів, при виробництві та використанні радіоактивних ізотопів).

Серйозну екологічну небезпеку представляють тверді промислові відходи об'єми яких у декілька разів перевищують об'єми тверді побутові відходи.

Промислові відходи небезпечні не тільки тим, що вони займають багато місця, але й передусім тим, що можуть самоzapалюватися, містять отруйні речовини і солі важких металів, які вимиваються опадами, вивітрюються, забруднюючи воду, ґрунт, повітряний басейн.

Утилізація (застосування з користю) сміття у великих містах і міських агломераціях – надзвичайно важлива народногосподарська проблема. Найбільш широко застосовуються компостування, спалення і піроліз твердих побутових відходів.

Найбільш простим способом знешкодження і переробки твердих побутових відходів є компостування. Це аеробний біологічний процес із виділенням тепла під впливом термофільних мікроорганізмів, які окиснюють органічну речовину.

Спалення сміття набуло широкого поширення в останні десятиріччя. Перевагою процесу є можливість використати сміття як енергетичну сировину. До недоліків методу слід віднести утворення великої кількості пилу і шлаку, а також значне забруднення атмосфери.

Найбільш ефективним є піроліз твердих побутових відходів, який включає дроблення і висушування сміття, видалення всіх неорганічних фракцій, нагрівання іншої маси до 485 °С без доступу повітря.

Утилізація твердих відходів промисловості здійснюється, в основному, у двох напрямках:

- використання відходів як сировини в інших галузях промисловості (наприклад, у виробництві будматеріалів);
- включення їх в технологічний процес (маловідходне виробництво).

Будівельне сміття, що утворюється під час будівництва споруди резервуару зберігається у спеціальних контейнерах та спеціально створених для цього ямах та після закінчення робіт буде утилізоване.

Під час будівництва резервуару, на території будівельного майданчика та поблизу нього не допускається злив відпрацьованих машинних масел та інших шкідливих речовин і має бути заборонена неорганізована мийка транспортних засобів. На час будівництва на будівельній площадці відводиться зона санітарно-технічного обслуговування.

Вода входить до складу всіх живих організмів, вона є розчинником і переносником поживних речовин, учасником біохімічних процесів, регулятором теплообміну з довкіллям. Вода – один з найважливіших компонентів регулювання клімату планети та забезпечення господарської та промислової діяльності людей.

Найбільш істотний внесок у забруднення гідросфери на території будує мого об'єкта дає транспорт Перше місце в цьому відношенні належить автомобілям.

Процес забруднення вод відбувається за рахунок стоку з промислових територій, забрудненого нафтопродуктами, маслами, гумовим і асфальтовим пилом тощо (всього 130 складових). Ризик погіршення якості підземних вод внаслідок роботи транспорту може бути постійним через витоки палива, розлив нафтопродуктів, транспортні аварії і стихійні лиха. Забруднення відбувається також внаслідок просочення бензину з ємностей, корозії обладнання, розливу при заправленні автомобілів тощо.

Забруднення поверхневих і підземних вод завдає великого збитку економіці багатьох країн як внаслідок втрат у рибному господарстві, непомірно високих витрат на водоочисні роботи, на захист від корозії частин підводних конструкцій і гідравлічних агрегатів, так і внаслідок підвищеної захворюваності населення, що користується водою недостатньо високої якості.

Однією з важливих водних проблем є визначення ступеня розбавлення побутових і виробничих стоків.

Взаємодія гідросфери і промислових структур в сучасних умовах призвели до наступних наслідків:

- поверхневий стік з промислових територій становить 10-15 % господарсько-побутових стоків. Цей вид стічних вод особливо забруднений, оскільки містить ще і забруднення, що поглинаються з атмосферного повітря. Допустима величина БПК становить 30- 40 мг/л, а в деяких випадках у весняний час досягає 100-200 мг/л;
- у будь-якій системі промисловості існують сотні джерел забруднення водного басейну, що значною мірою ускладнює загальну картину;
- значна рухливість водного середовища сприяє перенесенню забруднення на значні відстані, а каскадне забруднення сприяє збереженню високих рівнів забруднення рік у межах розселення;
- із зростанням інтенсивності забруднення рік різко зростають і зворотні реакції гідросфери. Це виявляється в різкому зниженні якості поверхневих, а в ряді випадків і підземних вод, причому втрата якості не завжди відбувається поступово, цей процес може розвиватися стрибкоподібним шляхом.

Взаємозв'язки розселення з гідросферою значною мірою визначаються здатністю останньої до самоочищення. Це складні процеси біологічного обміну речовин, при яких діють різноманітні фізичні, хімічні і біологічні чинники. Більшість цих процесів пов'язана з життєдіяльністю мікроорганізмів. Враховувати процеси самоочищення води важливо не тільки з економічних міркувань, але і виходячи з загальноекологічних цінностей, оскільки активний процес самоочищення свідчить про зростання споживання кисню, і, отже, про високу життєву здатність водоймища.

Згідно технології очищення стічних вод в технологічному процесі при їх механічному очищенні (на комбінованій установці) вилучаються крупно-дисперсні та мінеральні забруднення, а при біохімічному (в біофільтрах та аеротенках) - утворюється надлишковий активний мул, який після аеробної стабілізації та механічного зневоднення потрапляє на компостні майданчики. Далі цей осад стає придатним для подальшого використання в якості органічних добрив.

Вилучені при механічному очищенні крупно-дисперсні та мінеральні забруднення підлягають:

- органічні - зневодненню та пресуванню (для зменшення об'єму);
- мінеральні - промиванню від органічних домішок. Далі вони збираються в спеціальні герметичні контейнери для подальшого вивезення автотранспортом на полігони твердих побутових відходів.

3.8.3. Методи і засоби захисту навколишнього середовища від впливу техногенних чинників.

Під методами захисту навколишнього природного середовища розуміється комплекс технологічних, технічних і організаційних заходів спрямованих на зниження або повне виключення забруднення біосфери. Універсальних методів немає, тому радикально вирішити проблему забруднення неможливо.

Існує два методи захисту:

1) технологічний – це безпосередній вплив на технологічні процеси, які виступають джерелом забруднення (цей метод вирішує проблему значно ефективніше, але є досить трудомісткий та значно дорожчий: відбувається реконструкція підприємств, закриття старих і будівництво нових з використанням альтернативних технологій);

2) організаційно-технічний – зменшення концентрації та рівня забруднення на шляхах їх розповсюдження від будівництва до біосфери (цей метод є дещо вигідніший, але він має локальний характер дії і не знищує причину, яка викликає забруднення).

Споруди резервуарів забезпечують збереження екологічного середовища регіону при дотриманні вимог, що вказує зону санітарного розриву від границь житлової забудови до блоків.

Відповідно до вимог ДБН А.3.1-5-2009 та Закону України «Про охорону навколишнього природного середовища» передбачено виконувати наступні заходи:

- дотримання вимог місцевих органів охорони;
- влаштування тимчасових доріг без порушення природного стоку дощових та талих поверхневих вод;
- проходи, проїзди та вантажно-розвантажувальні майданчики необхідно регулярно очищати від будівельного та іншого виду сміття;
- оснащення будівельного майданчика контейнерами для побутових та будівельних відходів з регулярним вивезення на звалище.

Найефективнішими та раціональними засобами по захисту повітряного середовища від викидів газу та пилу під час будівництва, являються технологічні заходи, які забезпечують виключення викидів шкідливих речовин, що досягається як покращенням самого технологічного процесу, так і герметизацію обладнання та апаратури. При транспортуванні та збереженні сипучих будівельних матеріалів та порошкових будівельних матеріалів їх влаштовують в спеціально пристосованих складських приміщеннях.

Оскільки споруда будується поблизу житлової зони, особливу увагу необхідно звернути на зниження шуму в джерелі його утворення.

Заходи, які використовують для зниження шуму, це - заміна пристроїв з двигунами внутрішнього згорання на електропровідні (компресори, екскаватори, бульдозери). При неможливості такої заміни встановлюють глушники на вихлопні труби машини з двигунами внутрішнього згорання, що знижує шум на 5дБ в середньому.

Охорону геологічного середовища:

- посилена гідроізоляція стін прийомного резервуару;
- застосування оптимальних розмірів котлованів за рахунок збільшення крутості укосів.

Після закінчення будівництва передбачається озеленення території вільної від забудови та асфальтного покриття, посівом багаторічних трав, а також висадкою дерев та чагарників.

Подальше підтримання озеленення території (догляд та збереження) рослин, знищення бур'яну, внесення добрив, їх поливання, а також захист від механічних пошкоджень та шкідливих хвороб здійснюється службою експлуатації споруд.

Висновки. У розділі розглядаються основні чинники впливу процесу будівництва на оточуюче середовище. Встановлено, що будівництво має значний вплив на повітряне і водне середовище, різко і негативно впливає на стан ґрунтів ділянки будівництва, змінює рослинний покрив та режим випаровування вологи. Джерелом впливу на компоненти навколишнього середовища є будівельні механізми і техніка. При виконанні будівельно-монтажних робіт можливе забруднення ґрунтів, підземних вод будівельними і побутовими відходами.

Виходячи з оцінки впливу об'єкта на атмосферне повітря, ґрунти, водне середовище пропонується ряд заходів по зменшенню цих впливів на навколишнє природне середовище. На об'єкті передбачена сучасна технологія виконання будівельних робіт, яка істотно знижує негативний вплив будівництва на природне середовище. У період згорання будівельних робіт всі будівельні відходи необхідно вивозити з території для подальшої утилізації та проводити ще ряд заходів, запропонованих вище. Особливого значення набуває процес формування

раціональної та дієвої системи державного регулювання та управління природокористуванням і охороною природи, ресурсно-екологічною безпекою на національному, регіональному й місцевому рівнях. Роль державного втручання полягає у контролі за дотриманням вимог екологічного законодавства, яке охоплює всі види й форми життєдіяльності людини. Основним Законом щодо регулювання відносин в цій галузі є Закон України «Про охорону навколишнього природного середовища». Цілий розділ в Законі присвячено засадам економічного механізму забезпечення охорони навколишнього природного середовища. Будівництво, як основна і необхідна частина урбанізації, вимагає продуманого і обґрунтованого підходу.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. ДБН В.2.6.-198:2014. Сталеві конструкції. Норми проектування / Мінрегіонбуд України.– К., 2014 – 122 с.
2. ДБН В.1.2-2:2006. Навантаження і впливи/ Мінрегіонбуд України. Київ, 2011. -75с
3. ДБН В.1.2-14-2009 .Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель, споруд, будівельних конструкцій та основ / Мінрегіонбуд України.- Київ, 2009. – 48с.
4. ДБН В.1.1.7–2002. Пожежна безпека об'єктів будівництва / Мінрегіонбуд України.- Київ, 2003. – 44с.
5. ДСТУ Н В.1.1-27:2010. Будівельна кліматологія / Мінрегіонбуд України. Київ, 2011. -123с.
6. ДБН А.3.1-5-2009. Організація будівельного виробництва/ Мінрегіонбуд України. Київ, 2011-61с.
7. ДБН А.2.2-1-2003. Склад і зміст матеріалів оцінки впливів на навколишнє середовище (ОВНС) при проектуванні і будівництві підприємств, будинків і споруд/ Держбуд України. Київ, 2004. -23с.
8. ДБН А.3.2-2-2009. Охорона праці і промислова безпека у будівництві. Основні положення / Мінрегіонбуд України. Київ, 2012.- 94с.
9. ДБН В.1.1-7-2002. Пожежна безпека об'єктів будівництва / Мінбуд України. Київ, 2002. -70с.
10. ДБН В.2.6-98:2009 «Конструкції будинків і споруд. Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення» /Мінрегіонбуд України.– К., 2011 – 71 с.
11. ДБН В.2.6-160:2010. «Конструкції будинків і споруд. Сталезалізобетонні конструкції. Основні положення» /Мінрегіонбуд України.– К., 2010 – 80с.

- 12.Расчёт стальных конструкций: Справочное пособие / Я.М.Лихтарников, Д.В.Ладыженский, В.М.Клыков. – 2-е изд., перераб. и доп. – К.: Будівельник, 1984. – 368 с.
- 13.Металлические конструкции. Общий курс: Учебник для вузов / Е.И.Беленя, В.А.Балдин, Г.С.Ведеников и др., Под общ.ред. Е.И.Беленя. – 6-е изд., перераб. и доп. – Стройиздат, 1986. – 560 с., ил.
- 14.Справочник конструктора металлических конструкций // В.Т.Васильченко, А.Н.Рутман, Е.П.Лукьяненко. – 2-е изд., перераб. И доп. – К.: Будивельник, 1990. – 312 с.: ил.
- 15.Мандриков А.П, Примеры расчёта металлических конструкций: Учебное пособие для техникумов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Стройиздат, 1991. – 431 с.: ил.
- 16.Клименко Ф.Є., Барабаш В.М. Металеві конструкції: Підручник. – Львів: Світ, 1994. – 280 с.
- 17.Расчёт стальных конструкций: Справочное пособие / Я.М.Лихтарников, Д.В.Ладыженский, В.М.Клыков. – 2-е изд., перераб. и доп. – К.: Будівельник, 1984. – 368 с.
- 18.В.К. Черненко, В.Ф.Баранников. Технология и организация монтажа строительных конструкций. К. , Будівельник, 1988 . - 276 с.
19. В.И. Швиденко. Монтаж строительных конструкций. М., Высшая школа, 1987. - 424 с.
20. ДСТУ Б В.2.6-183:2011. Резервуари вертикальні циліндричні сталеві для нафти та нафтопродуктів.
- 21.М.К.Сафарян. Металлические резервуары и газгольдеры. – М.: Недра, 1987. – 200 с.
- 22.В.С.Корниенко,Б.В.Поповский . Сооружение резервуаров. – М.: Стройиздат, 1981. – 216 с.

23.Відомчі будівельні норми України “Резервуари вертикальні сталеві для зберігання нафти і нафтопродуктів з тиском насичених парів не вище 93,3 кПа”. ВБН В.2.2-58.2-94.

24.Е.А.Егоров. Исследование и методы расчетной оценки прочности, устойчивости и остаточного ресурса стальных резервуаров, находящихся в эксплуатации // Сборник научных трудов ПГАСиА. – Днепропетровск, 1996 . – 99 с.

25.И.Г.Овчинников , Н.Б.Кудайбергенов, А.А.Шеин. Эксплуатационная надежность и оценка состояния резервуарных конструкций. – Саратов: СГТУ, 1999. – 316

26.А.В.Перельмутер. Избранные проблемы надежности и безопасности строительных конструкций. – К.: Укрниипроектсталь- конструкция, 1999.– 212с.

27.С.А.Тимашев. Надежность больших механических систем.–М.:Наука, 1982.–183

28.Е.А.Егоров. Комплексный анализ, оценка и управление надежностью стальных резервуаров для хранения нефтепродуктов // Сборник научных трудов ПГАСиА. – Днепропетровск, 2004 . – 320 с.

29.В.Л.Красовский, Г.В.Морозов. Влияние осадок основания на напряженное состояние стенки стальных вертикальных цилиндрических резервуаров //Труды 5-го Украинско-Польского семинара «Theoretical Foundations of Civil Engineering». – Днепропетровск-Варшава, 1997. –С.133-138.