

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
Національний університет «Запорізька політехніка»

Машинобудівний

(повне найменування інституту, факультету)

Деталі машин і підйомно-транспортні механізми

(повне найменування кафедри)

**Пояснювальна записка**

до дипломного проєкту (роботи)

магістр

(ступінь вищої освіти)

на тему: Розробка методики проєктування траверси для транспортування  
труб як статично-невизначеної системи

Виконав: студент(ка) 2 курсу, групи Мз-311М

Спеціальності: 113-Галузеве машинобудування

(код і найменування спеціальності)

Освітня програма (спеціалізація)

Підйомно-транспортні, дорожні, будівельні,  
меліоративні машини і обладнання

Лазарєв С.С.

(прізвище та ініціали)

Керівник ст. викладач Фролов Р.О.

(прізвище та ініціали)

Рецензент доц. Фролов М.В.

(прізвище та ініціали)

2022

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
Національний університет «Запорізька політехніка»  
(повне найменування закладу вищої освіти)

Інститут / факультет Машинобудівний  
Кафедра / Деталі машин і підйомно-транспортні механізми  
Галузь вищої освіти Магістр  
спеціальність 113-Галузеве машинобудування  
(код і найменування)

Навчальна програма (спеціалізація) Підйомно-транспортні, дорожні, будівельні,  
експлуатаційні машини і обладнання

(назва освітньої програми (спеціалізації))

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри Деталей машин і ПТМ  
доц. Матровицький Л.М.  
«19» 12 2022 року

**ЗАВДАННЯ**  
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТА(КИ)

Ім'я Маріус Сергію Сергійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

Тема проєкту (роботи) Розробка методики проектування траверси для  
переміщення труб як статично-невизначеної системи

Ім'я викладача проєкту (роботи) Лятуринський Василь Олександрович к.т.н., доц.

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Повідомлення наказом закладу вищої освіти від «24» жовтня 2022 року № 391

Трек подання студентом проєкту (роботи)

Вихідні дані до проєкту (роботи) Контейнер являє собою складну просторову  
металеву конструкцію, підвішену на чотирьох провужинах і навантажену  
на трубах через гнучкі елементи – канати. Данна конструкція є статично не  
визначеною. В навчальній літературі відсутні методики розрахунку подібних  
конструкцій.

Містить розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно  
розв'язати) 1) Огляд конструкцій траверс для труб; 2) Побудова кінцево-елементної  
моделі траверси; 3) Аналіз напружено-деформованого стану контейнера та його  
елементів; 4) Заходи із охорони праці.

Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

Підвальне креслення контейнера (1хА0)

Графік до розрахунків до дослідження (1хА1)

анеульанти розділів проєкту (роботи)

дата видачі завдання «                  » 20      року.

Студент

### Керівник проєкту (роботи)

Лазарев С.С.

Фролов Р.О  
(прізвище та піна на)

## РЕФЕРАТ

ПЗ: 64 с., 27 рис., 10 табл., 28 джерел.

Об'єкт дослідження – траверса (контейнер) для транспортування металевих труб довжиною до 11 метрів.

Мета роботи - виконати огляд конструктивних виконань траверс для транспортування труб, розробити методику та провести проектування спеціальної траверси для труб.

Методи дослідження: аналітичний, розрахунковий, метод кінцевих елементів.

В дипломному проекті виконується огляд траверс для труб, розроблюється методика та проектується спеціальна траверса вантажопідйомності 2,5 тон.

КРАН, КАНАТ, ТРАВЕРСА, КОНТЕЙНЕР, ТРУБА, ГАК, ВІЗОК, МЕТОД КІНЦЕВИХ ЕЛЕМЕНТІВ.

## ЗМІСТ

|                                                                                                          |           |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ.....</b>                                                                    | <b>6</b>  |
| <b>ВСТУП .....</b>                                                                                       | <b>7</b>  |
| <b>1 ОГЛЯД КОНСТРУКЦІЙ ТРАВЕРС ДЛЯ ТРУБ .....</b>                                                        | <b>9</b>  |
| <b>2 МОДЕЛЬ КОНТЕЙНЕРА ТА ГРАНИЧНІ УМОВИ.....</b>                                                        | <b>13</b> |
| 2.1 Властивості матеріалу контейнера .....                                                               | 13        |
| 2.2 Характеристики розрахункового випадку.....                                                           | 14        |
| <b>3 НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНИЙ СТАН ГЛОБАЛЬНОЇ МОДЕЛІ<br/>КОНТЕЙНЕРА.....</b>                               | <b>23</b> |
| 3.1 Деформації контейнера під навантаженням .....                                                        | 23        |
| 3.2 Напружений стан прутків контейнера.....                                                              | 24        |
| 3.3 Аналіз результатів розрахунку глобальної моделі.....                                                 | 27        |
| <b>4 ЛОКАЛЬНИЙ ПІДХІД ДО РОЗРАХУНКУ НАЙБІЛЬШ<br/>НАВАНТАЖЕНИХ ВУЗЛІВ МЕТОДОМ КІНЦЕВИХ ЕЛЕМЕНТІВ.....</b> | <b>30</b> |
| 4.1 Твердотільна кінцево-елементна модель та граничні умови .....                                        | 30        |
| 4.2 Результати локального розрахунку напружень .....                                                     | 31        |
| 4.3 Аналіз результатів розрахунку локальних вузлів контейнера .....                                      | 33        |
| <b>5 РОЗРАХУНОК І ВИБІР КАНАТА .....</b>                                                                 | <b>36</b> |
| <b>6 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ....</b>                                           | <b>37</b> |
| 6.1 Аналіз потенційних небезпек.....                                                                     | 37        |
| 6.2 Заходи із забезпечення техніки безпеки.....                                                          | 38        |
| 6.3 Заходи по забезпеченню виробничої санітарії та гігієни праці .....                                   | 47        |
| 6.4 Заходи з пожежної безпеки.....                                                                       | 52        |
| 6.5 Заходи з безпеки в надзвичайних ситуаціях .....                                                      | 55        |
| <b>ВИСНОВКИ.....</b>                                                                                     | <b>60</b> |
| <b>ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ .....</b>                                                                            | <b>61</b> |

## ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

МК - металоконструкція;

МКЕ - метод кінцевих елементів;

$m_{тр}$  - маса труб, підіймається контейнером;

$m_{МК}$  - маса металоконструкції контейнера;

$Q_{тр}$  - вага однієї труби, що піднімається контейнером;

$Q_{тр}^{max}$  - максимальна вага труб, що піднімаються контейнером;

$Q_{МК}$  - вага металоконструкції контейнера;

$\sigma_p$  - межа міцності матеріалу при розтягуванні;

$\sigma_t$  - межа плинності матеріалу при розтягуванні;

$\sigma_{екв}$  - еквівалентні (приведені до нагоди розтягування) напруги;

$[\sigma_{екв}]$  - допустимі еквівалентні напруги;

$\sigma_{ср}$  - напруги зрізу зварного шва;

$[\sigma_{ср}]$  - допустимі напруження зрізу;

$\delta_1$  - відносне подовження матеріалу контейнера;

$k_{п}$  - коефіцієнт запасу міцності;

$k_{д}$  - коефіцієнт динамічності;

$T$  - сила натягу каната;

$R$  - розривне зусилля каната.

## ВСТУП

Контейнер є навісним обладнанням і призначений для транспортування довгомірних труб на Нікопольському трубному заводі.

Основні характеристики контейнера:

- Вантажопідйомність  $m_{\text{тр}} = 2500$  кг;
- Габаритні розміри  $D \times Ш \times B = 10020 \times 800 \times 1490$  мм;
- Призначення - транспортування довгомірних труб, в тому числі їх погруження в спеціальні ванни;
- Сортамент труб, що транспортуються: діаметри  $D_{\text{тр}} = 19 \dots 45$  мм; товщина стінки  $S_{\text{тр}} = 0,5 \dots 3,5$  мм; довжина  $L_{\text{тр}} = 5000 \dots 11000$  мм.

Контейнер являє собою складну просторову зварену металеву конструкцію (МК), підвішену на чотирьох проушинах і навантажену масою труб через гнучкі елементи - канати.

Дана конструкція є статично невизначеною.

Нажаль, в навчальній літературі відсутні методики розрахунку подібних конструкцій. Через малі довжини несучих прутків і жорсткість їх з'єднань (зварних швів), МК не може бути представлена у вигляді стрижневий системи з шарнірними зв'язками. Необхідно розглядати прутки МК як балкові елементи постійного перетину з жорсткими зв'язками. Аналітичне рішення такого завдання є досить трудомістким. Найбільш прийнятним методом для подібних завдань є метод кінцевих елементів (МКЕ). Розрахунок необхідно проводити на двох рівнях деталізації. На глобальному рівні деталізації визначаються зусилля та напружений стан прутків (як елементарних балок) МК, даний розрахунок представлений в розд. 1, 2 роботи. На локальному рівні виконується деталізація геометрії найбільш напружених ділянок конструкції (в тому числі зварних з'єднань), дані розрахунки представлені в розд. 3.

Необхідною умовою є відповідність конструкції основними вимогами при проектуванні і виготовленні траверс (контейнерів) згідно ТУ У 29.2-21674530-026: 2007 Траверси вантажопідіймальні технічні умови.

Додаткові вимоги до виробу:

- Міцність і надійність конструкції;
- Можливість виконувати завантаження та розвантаження без участі стропальників;
- Мінімальна власна вага;
- Зручність в обслуговуванні;
- Простота конструкції;
- Забезпечення схоронності вантажу, що піднімається;
- Відповідність технологічних процесів і проектами виконання робіт.

## 1 ОГЛЯД КОНСТРУКЦІЙ ТРАВЕРС ДЛЯ ТРУБ

Траверси необхідні при перевантаженні труб на залізничні платформи, напіввагони, трубовози та інші транспортні засоби. За допомогою траверс також здійснюється розвантаження з трубовозів і штабелювання трубоукладачами на трубозварювальних заводах.

Основними перевагами роботи з траверсою, можна виділити:

1. Виключення пошкодження вантажу стропами.
2. Збільшення можливої довжини вантажу.
3. Простота робота з вантажем.
4. Можливість піднімати вантаж незбалансованої маси.
5. Виключення гармонійних (маятникових) коливань.

Досить часто траверса є індивідуальним змінним вантажозахоплювальним обладнанням, яке проектується та виготовляється згідно завдання по підйому певного вантажу.

Траверси для транспортування труб здебільшого проектуються у вигляді довгої балки, оснащеної певною кількістю вантажозахоплювальних елементів по своїй довжині (рис. 1.1). Самі труби кріпляться за допомогою стропів та підвішуються до подібної траверси. Траверса рис. 1.1 має шість гаків з замками, необхідних для навішування строп. Кількість та відстань між гаками може бути різною і залежить від геометрії труб..



Рисунок 1.1 – 6-гакова траверса для транспортування труб

При необхідності більш швидкого стропування труб та при невеликій їх довжині використовуються спеціальні траверси (рис. 1.2) із спеціальними

стропами-рушниками (рис. 1.3). Особливістю такої конструкції є швидке стропування та зняття вантажу. Тим не менш, стропувальник є необхідним при перевантаженні труб.



Рисунок 1.2 – Спеціальна траверса для транспортування труб

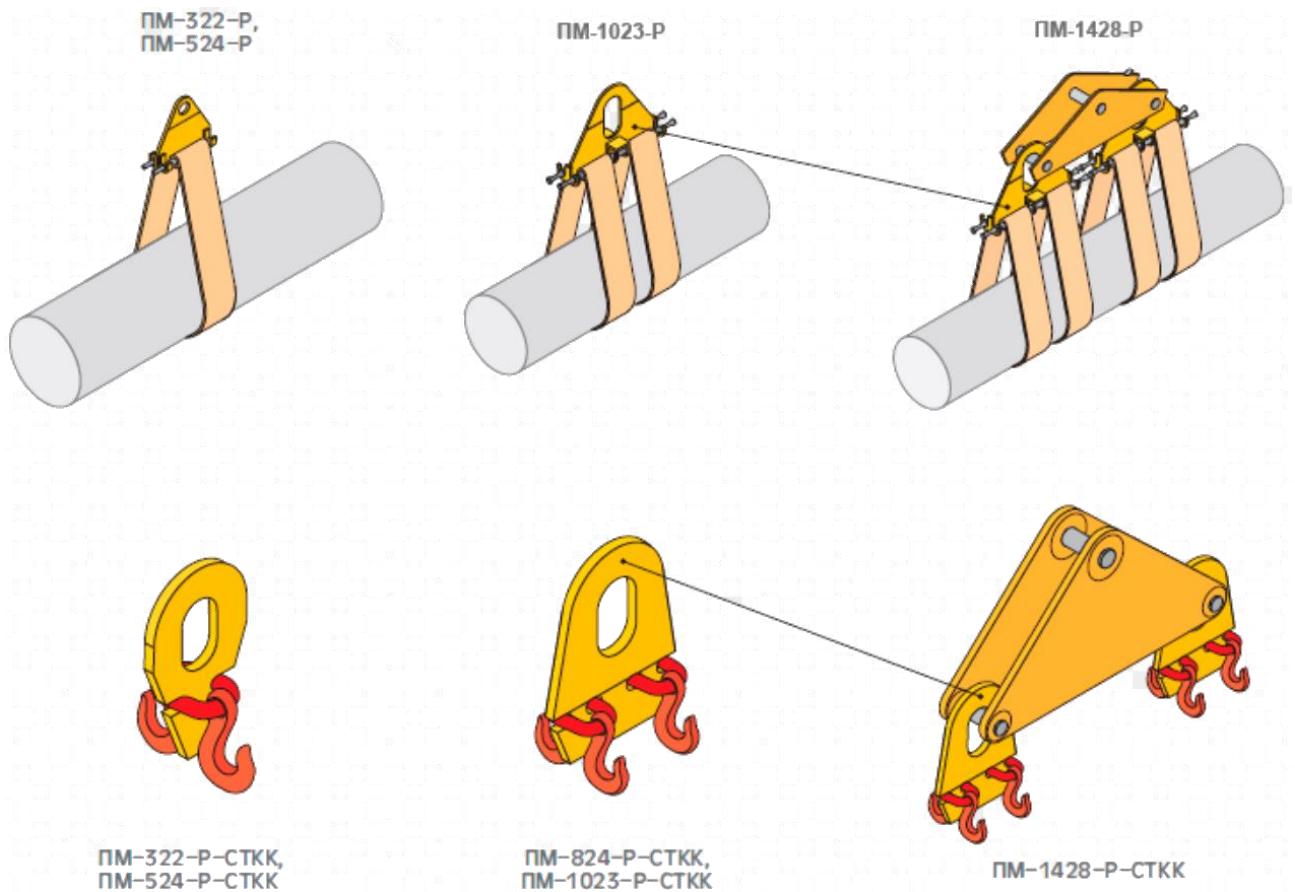


Рисунок 1.3 – Спеціальні стропа-рушники для транспортування труб

За необхідності уникнення процедури стропування використовуються траверси із спеціальними захватами (рис. 1.4), або використовуються спеціальні кліщові захвати (рис. 1.5).



Рисунок 1.4 – Спеціальна траверса зі захватами для транспортування труб



Рисунок 1.5 – Спеціальна траверса зі захватами для транспортування труб

Жодна із розглянутих типових конструкцій траверс (рис. 1.1 – 1.5) не відповідає вимогам замовника. Згідно вимог трубного заводу, контейнер для труб має бути розраховано на транспортування 2-ма гаками із можливістю занурення труб у технологічну ванну гальванізації. Також контейнер має бути

достатньо жорстким для тимчасового складування труб в ньому. Конструкція контейнера має бути такою, щоб уникнути необхідності роботи стропальника при завантаженні / розвантаженні.

Іншою важливою вимогою до контейнера з боку трубного заводу є використання спеціальної корозійно-стійкої сталі 08X18H10T (ГОСТ 7417-75, ГОСТ 5949-75). Нажаль, наявний сортамент прокату із цієї сталі обмежено круглим прутком. Тому контейнер було спроектовано із прута.

Відповідно всім вимогам трубного заводу було запропоновано прототип контейнера, який представлено на рис. 1.6.

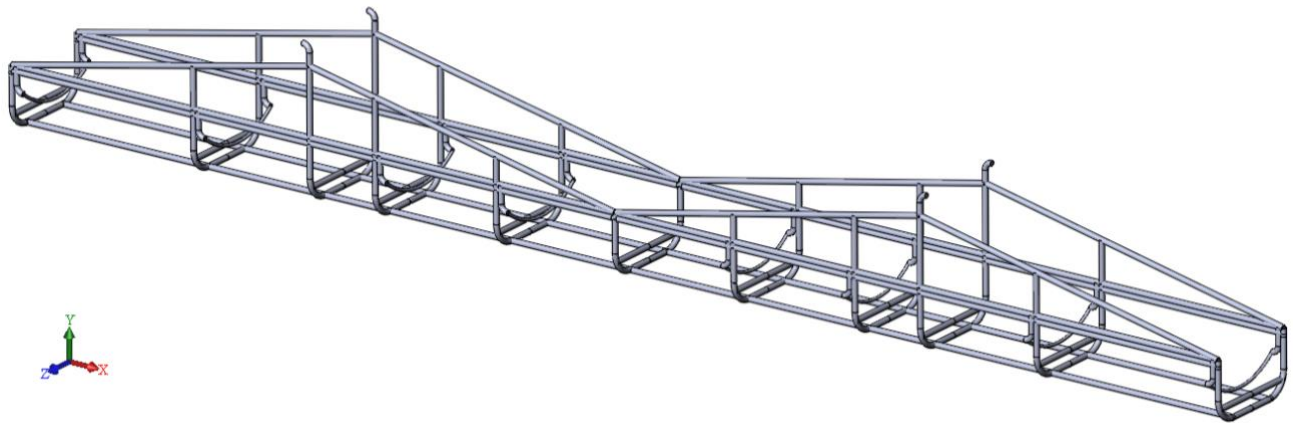


Рисунок 1.6 – Тривимірний прототип контейнеру для труб

Прототип контейнеру було розроблено для використання в якості глобальної твердотільної моделі. Тому для спрощення рішення задачі МКЕ, як системи балок, осі прутків МК на відміну від реальної конструкції тут прийняті пересічними (рис. 1.6). Для розгляду глобальної моделі подалі від зварних з'єднань подібне припущення є прийнятним, бо максимальні кути нахилу стержнів щодо середньої площини (розрахункової) не перевищують  $1^\circ$ .

## 2 МОДЕЛЬ КОНТЕЙНЕРА ТА ГРАНИЧНІ УМОВИ

### 2.1 Властивості матеріалу контейнера

Контейнер виготовляється методом ручної зварки з прутка, діаметром  $d = 40$  мм. Матеріал прутка - Сталь корозійностійка жароміцна 08X18H10T (ГОСТ 7417-75, ГОСТ 5949-75). МК зварюється електродами марки ЦЛ-11 за ГОСТ 9467-75 (або тип Е-04Х20Н9 за ГОСТ 10052-75).

У таблиці 2.1 представлені основні механічні властивості сталі і зварних швів з використовуваних зварювальних електродів [1, 2, 3].

Таблиця 2.1 – Механічні властивості матеріалів, з яких виготовляється контейнер

| №<br>п/п | Параметр                                                    | Позначення   | Величина | Посилання |
|----------|-------------------------------------------------------------|--------------|----------|-----------|
| 1        | Межа міцності матеріалу прутка контейнера, МПа              | $\sigma_p$   | 490      | 1         |
| 2        | Межа текучості матеріалу прутка контейнера, МПа             | $\sigma_t$   | 196      | 1         |
| 3        | Відносне подовження матеріалу прутка контейнера, %          | $\delta_1$   | 40       | 1         |
| 4        | Коефіцієнт запасу міцності (для металургійного виробництва) | $k_p$        | 1,6      | 2         |
| 5        | Коефіцієнт динамічності                                     | $k_d$        | 1,1      | 2         |
| 6        | Межа міцності матеріалу електроду, кг/мм <sup>2</sup>       | $\sigma_p^3$ | 55       | 3         |
| 7        | Межа текучості матеріалу електроду, кг/мм <sup>2</sup>      | $\sigma_t^3$ | 31       | 3         |

Для розрахунку МКЕ властивості пружності сталі були взяті за аналогом - Сталі AISI 321 (США), зокрема, модуль пружності  $E = 1,93 \cdot 10^5$  МПа, коефіцієнт Пуассона  $\mu = 0,27$  [4].

## 2.2 Характеристики розрахункового випадку

Контейнер підвішений на 4-х проушинах (рис. 1.6). Навантаженнями виступають:

1) Власна вага МК контейнера:

$$Q_{МК} = m_{МК} \cdot g; \quad (2.1)$$

$$Q_{МК} = 1228 \cdot 9,81 = 12047 \text{ Н.}$$

2) Максимальна вага труб, що піднімаються:

$$Q_{тр}^{\max} = m_{тр} \cdot g; \quad (2.2)$$

$$Q_{тр}^{\max} = 2500 \cdot 9,81 = 24525 \text{ Н.}$$

Вага труб передається на МК за рахунок гнучких елементів конструкції (канатів), тому активною силою, що діє на МК є сила натягу каната.

При навантаженні гнучкого елемента власною вагою або рівномірно розподіленим навантаженням форма його провисання підпорядковується рівнянню ланцюгової лінії [5]. Однак в даному випадку, через характер розміщення труб в контейнері (рис. 2.2), навантаження передається на канат не рівномірно. Необхідно розглядати найбільш небезпечний варіант навантаження, що призведе до найбільшого значення реакції  $R_T$ .

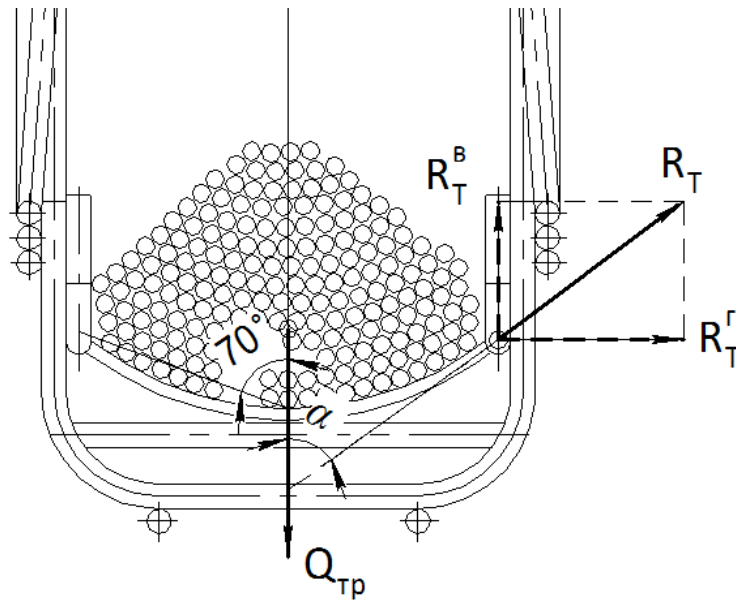


Рисунок 2.2 – Реактивні зусилля гнучкого елемента (каната)

Згідно розрахункової схеми, незалежно від кута нахилу канату  $\alpha$  (рис. 2.2), сумарна вертикальна реакція, яка приходить на половину контейнера  $R_T^B$ , завжди буде:

$$R_T^B = \frac{Q_{\text{тр}}}{2}; \quad (2.3)$$

$$R_T^B = \frac{24525}{2} = 12263 \text{ Н.}$$

Найгіршим є варіант навантаження з максимальним кутом  $\alpha$  нахилу каната в зоні кріплення (рис. 2.2), так як в цьому випадку значення  $R_T$  досягне максимуму. Виходячи з геометрії контейнера, максимальний кут:

$$\alpha = 70^\circ.$$

Саме для цього кута наряду дії реакції канату і буде проводитися подальший розрахунок.

Наступною важливою особливістю труб як вантажу є їх мала жорсткість на згин. Зважаючи на те, що контейнер є значно жорсткішим за трубу, можна вважати що труба опирається на жорстку опору, а фактично на 8 опор (рис. 2.3).

Через нерівномірність розташування канатів-розтяжок (рис. 2.1, 2.3) та через власну пружність труб, що викликає їх провисання (рис. 2.3), навантаження на канати контейнера не є однаковими. Таким чином, задля визначення реакцій канатів необхідно вирішити задачу обпирання гнучкої балки на 8 опор під дією розподіленого навантаження. Дана задача була вирішена МКЕ (рис. 2.3).

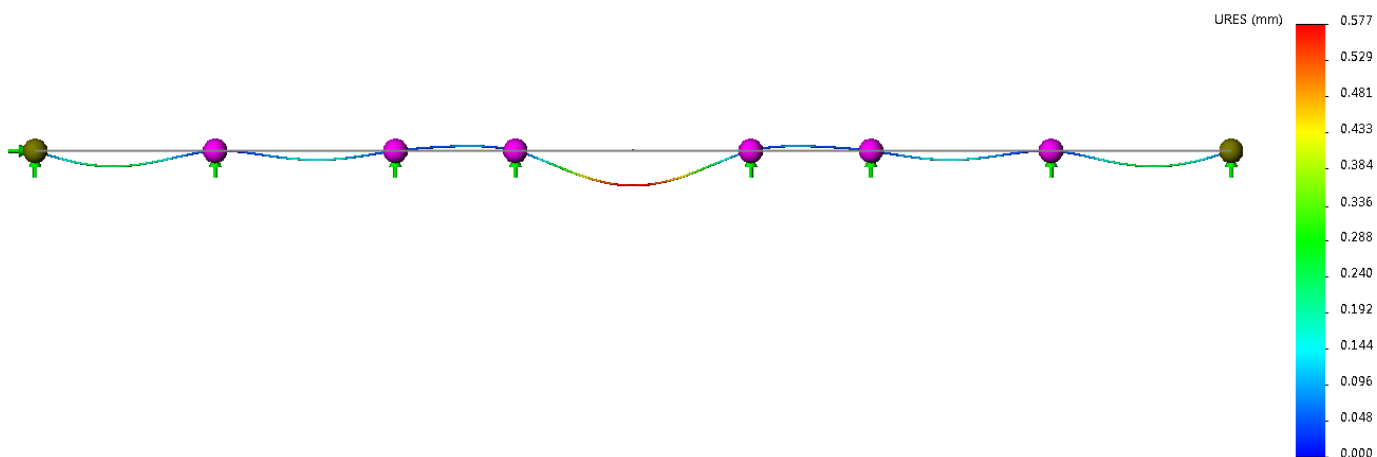


Рисунок 2.3 – Провисання труби 19×0,5 мм на восьми опорах під дією власної ваги, мм (деформації збільшено ×500)

Розглянемо розподіл навантаження на нерухомі опори від вільно опертої труби. Вирішимо задачу МКЕ для крайніх варіантів сортаменту труб, що транспортуються на заводі.

### ***Випадок 1***

Контейнер завантажений трубами  $d_{\text{тр}} = 19$  мм,  $S_{\text{тр}} = 0,5$  мм; нехтуємо силами внутрішнього тертя штабеля.

На рис. 2.4 а представлені реакції опор за відсутності звисання труб за габарити контейнера (довжина труби 10 м). На рис. 2.4 б представлені реакції опор при наявності максимально допустимого звисання труб за габарити контейнера, рівного 1 м. Вага короткої труби (рис. 2.4 а) склала 22,14 Н, вага довгої труби (рис. 2.4 б) склала 26,6 Н.

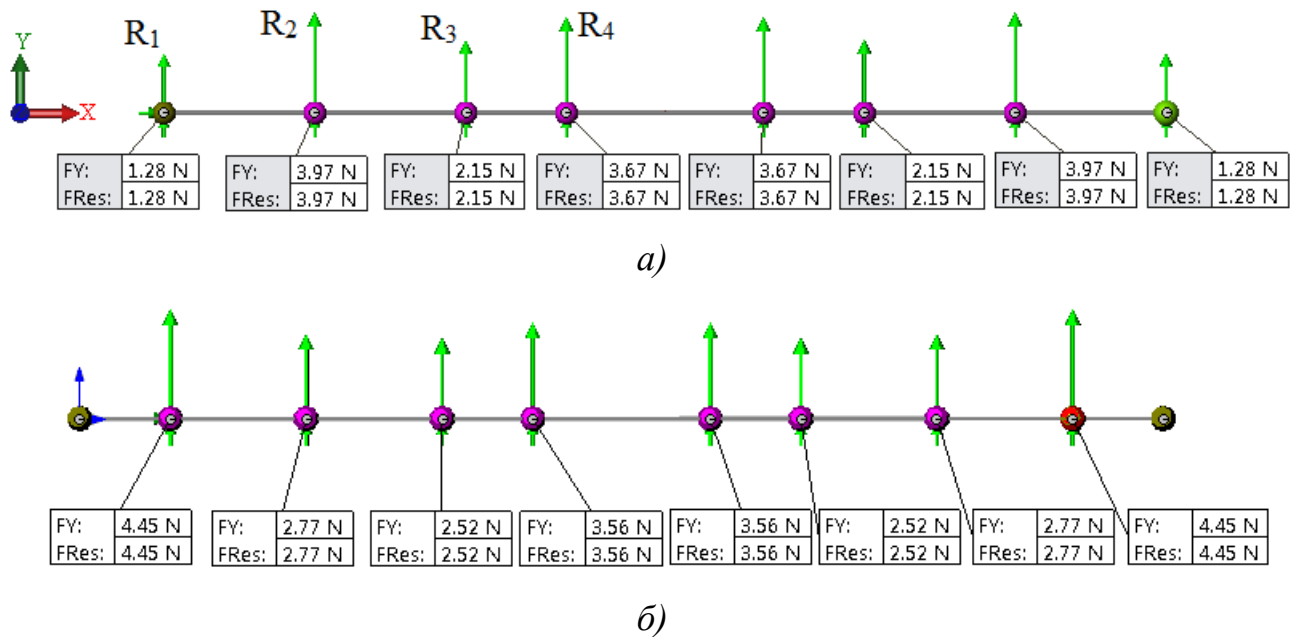


Рисунок 2.4 – Реакції опор вільно опертої труби 19×0,5 мм

Задача симетрична, тому достатньо розглядати половину схеми і відповідно 4 сили вертикальної реакції:  $R_1$ ,  $R_2$ ,  $R_3$ ,  $R_4$  (рис. 2.4 а).

За умови нехтування силами тертя поверхонь труб одна об одну (внутрішнє тертя в штабелі), максимально можливі вертикальні реакції опор від штабеля труб, в частках його ваги, будуть складати:

$$R_1 / Q_{\text{тр}} = 4,45 / 26,60 = 0,17; \quad (2.4)$$

$$R_2 / Q_{\text{тр}} = 3,97 / 22,14 = 0,18; \quad (2.5)$$

$$R_3 / Q_{\text{тр}} = 2,15 / 22,14 = 0,10; \quad (2.6)$$

$$R_4 / Q_{\text{тр}} = 3,67 / 22,14 = 0,17; \quad (2.7)$$

Варто відмітити, що максимальна реакція в крайньому канаті ( $R_1$ ) спостерігається при максимальному звисанні труби за габарит контейнера. А максимальні реакції всіх інших канатів наявні коли труба не виходить за габарити контейнера.

## Випадок 2

Контейнер завантажено трубами  $D_{\text{тр}} = 45$  мм,  $S_{\text{тр}} = 3,5$  мм; сили внутрішнього тертя штабеля відсутні.

На рис. 2.5 а представлені реакції опор при відсутності звисання труб за габарити контейнера. На рис. 2.5 б представлені реакції при наявності максимально допустимого звисання труб за габарити контейнера, що дорівнює 1 м.

Вага короткої труби (рис. 2.5 а) склала 347,8 Н, вага довгої труби (рис. 2.5 б) склала 417,6 Н.

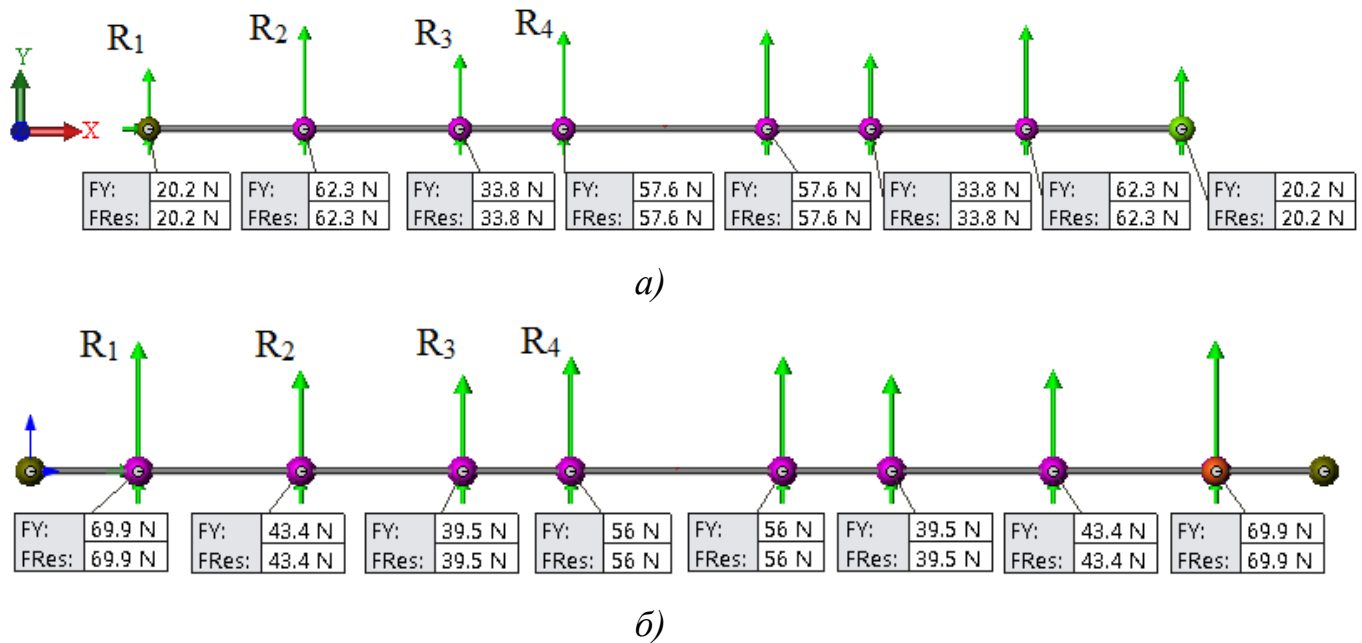


Рисунок 2.5 – Реакції опор вільно опертої труби 45×3,5 мм

За умови нехтування силами тертя поверхонь труб одна об одну, максимально можливі вертикальні реакції опор  $R_1 \dots R_4$  (рис. 2.5) від штабеля труб, в частках його ваги, будуть складати:

$$R_1 / Q_{\text{тр}} = 69,9 / 417,6 = 0,17; \quad (2.8)$$

$$R_2 / Q_{\text{тр}} = 62,3 / 347,8 = 0,18; \quad (2.9)$$

$$R_3 / Q_{\text{тр}} = 33,8 / 347,8 = 0,10; \quad (2.10)$$

$$R_4 / Q_{\text{тр}} = 57,6 / 347,8 = 0,17; \quad (2.11)$$

Наявність сил тертя труб одна об одну викликає той факт, що жорсткість штабеля є вищою ніж арифметична сума жорсткостей труб. Тобто провисання штабелю буде меншим ніж провисання окремої труби. Така поведінка може

викликати зміни в розподілі реакцій опор  $R_1 \dots R_4$  (рис. 2.5). Крайнім випадком такої поведінки є абсолютно жорстке тіло труби / штабеля.

Задача визначення реакцій була вирішена МКЕ для абсолютно жорсткої труби (провисання рис. 2.3 відсутнє). Встановлено, що результати відрізняються від (2.8 ... 2.11) не більш ніж на 1%. Така різниця є несуттєвою при використуваному в (2.8 ... 2.11) округленні результатів до двох значущих цифр.

Таким чином, було доведено що незалежно від сортаменту труб і сил внутрішнього тертя штабеля, при найгіршому для кожного з канатів варіанті навантаження, розподіл ваги штабеля довгих труб, що лежать на 8 канатах-розтяжках, буде відповідати рівнянням (2.8 ... 2.11).

### ***Випадок 3***

Останнім і найгіршим випадком є транспортування коротких труб, мінімальна довжина яких складає  $L_{тр} = 5$  м. При зміщенні штабеля таких труб до одного з кінців контейнера буде проявлятися теоретично можливий (не нормативний) найгірший розрахунковий випадок навантаження – нести на собі все активне навантаження (вантажопідйомність 2500 кг) буде лише половина контейнера, а саме – крайні 4 каната -розтяжки. Розрахунок основних елементів МК на статичну міцність при одноразовому навантаженні необхідно проводити саме для такого випадку.

## **1.3 Навантаження та закріплення глобальної моделі**

Задача є симетричною щодо поздовжньої осі контейнера (рис. 2.1, 2.2), тому досить розглянути лише чверть контейнера, задавши відповідні граничні умови. Такий підхід і буде використано.

Для прутків граничними умовами виступають обмеження обертання торців щодо осей, що лежать в площині симетрії, а також обмеження по нормальному зміщенню торців (рис. 2.6).

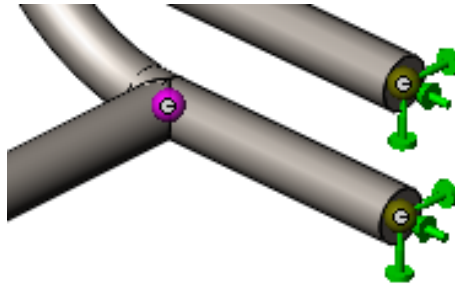


Рисунок 2.6 – Граничні умови закріплення, що відтворюють симетричність моделі відносно площини торця прутка

Для перетину проушини (гака) обмежуємо тільки переміщення по вертикалі (рис. 2.7).

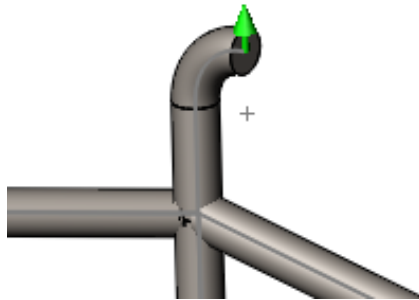


Рисунок 2.7 – Закріплення перетину проушини

Докладемо максимальних навантажень натягу канатів  $T_1 \dots T_4$  під найбільш несприятливим кутом  $\alpha = 70^\circ$  (рис. 2.2, 2.8).

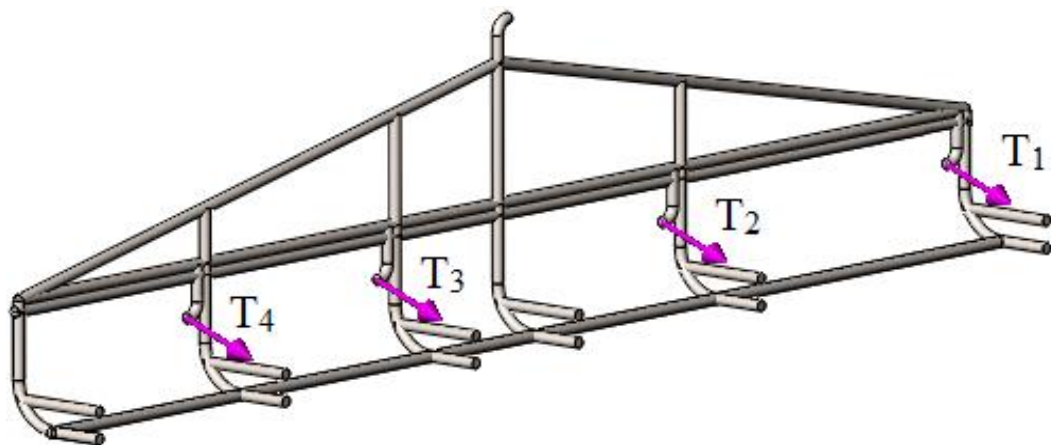


Рисунок 2.8 – Вектори навантаження чверті контейнера від сил натягу канатів для укладки труб

Сумарний натяг чотирьох канатів контейнера:

$$T_{\Sigma} = \frac{Q_{\text{тр}}^{\text{max}}}{2 \cdot \cos \alpha}; \quad (2.12)$$

$$T_{\Sigma} = \frac{24525}{2 \cdot \cos 70} = 35855 \text{ Н}.$$

Найбільші можливі зусилля канатів відповідно (2.8 ... 2.11), в разі утримання штапелю коротких труб тільки чотирма канатами-розтяжками, складуть:

$$T_1 = T_{\Sigma} \cdot 2 \cdot 0,17 = 35855 \cdot 2 \cdot 0,17 = 12191 \text{ Н}; \quad (2.13)$$

$$T_2 = T_{\Sigma} \cdot 2 \cdot 0,18 = 35855 \cdot 2 \cdot 0,18 = 12908 \text{ Н}; \quad (2.14)$$

$$T_3 = T_{\Sigma} \cdot 2 \cdot 0,10 = 35855 \cdot 2 \cdot 0,10 = 7171 \text{ Н}; \quad (2.15)$$

$$T_4 = T_{\Sigma} \cdot 2 \cdot 0,17 = 35855 \cdot 2 \cdot 0,17 = 12191 \text{ Н}; \quad (2.16)$$

Для розрахунку напруженого стану МК, тривимірний прототип чверті контейнера був розбитий на сітку кінцевих елементів балкового типу (рис. 2.9). Сітка була значно згущена в зонах згину прутків МК для адекватного відтворення зміни напрямку осі балок.

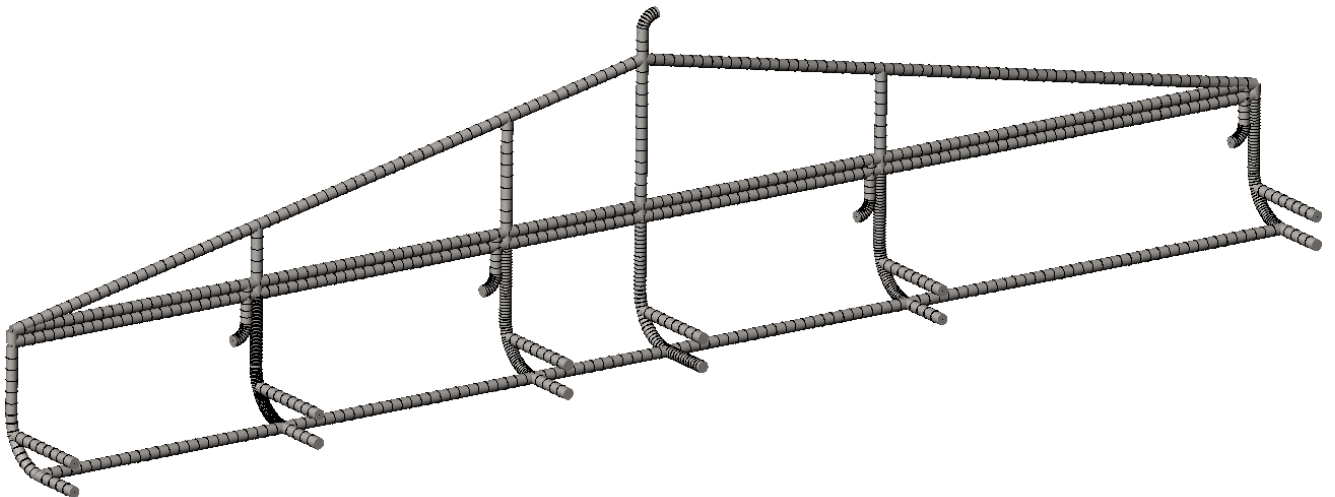


Рисунок 2.9 – Кінцево-елементна модель балкового типу

Напружено-деформований стан моделі (рис. 2.9), закріпленої відповідно рис. 2.6, 2.7, в результаті прикладання навантажень (2.13 ... 2.16) і власної ваги прутків до чверті контейнера (рис. 2.8) деталізовано в розділах 3, 4 дипломного проекту.

## 3 НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНИЙ СТАН ГЛОБАЛЬНОЇ МОДЕЛІ КОНТЕЙНЕРА

### 3.1 Деформації контейнера під навантаженням

За результатами кінцево-елементного розрахунку за методикою та граничними умовами, описаними в розділі 2, максимальні розрахункові переміщення (деформація) моделі склали 10,5 мм (рис. 3.1) і відносяться до вертикального просідання консольної частини кронштейну через значну величину сили  $T_1$  (рис. 2.8), що спостерігається в разі схилю палети труб за габарити контейнера на 1 м (рис. 2.5 б).

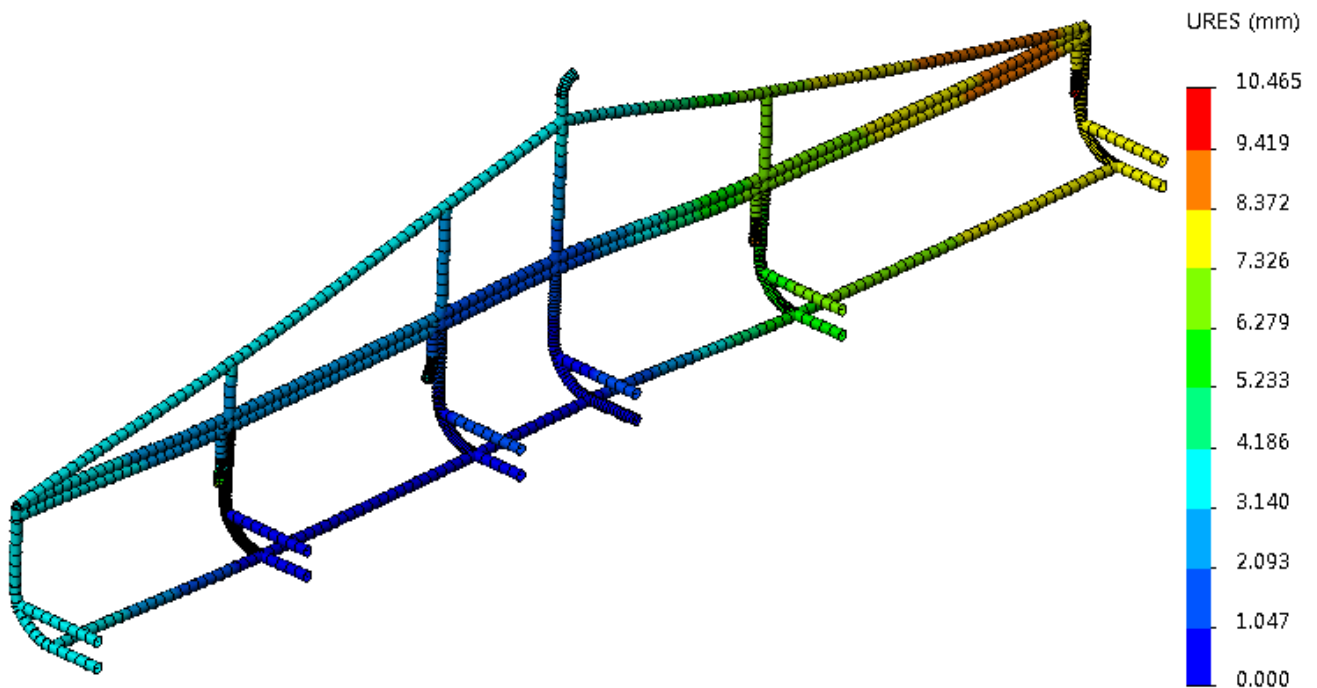


Рисунок 3.1 – Переміщення моделі контейнера  $\times 10$ , мм

З урахуванням габаритів контейнера та типу вантажу, що транспортується, жорсткість конструкції можна вважати прийнятною.

### 3.2 Напружений стан прутків контейнера

Для аналізу запасу міцності прутків під навантаженням розглядалися наступні компоненти напружень в прутках, як в балочних елементах:

- Осьовий розтяг/стиск;
- Кручення;
- Згин.

Максимальні осьові напруження прутків (розтягнення / стиснення прутків по їх перетинах) показують роботу траверси як стрижневої системи. Встановлено, що максимально розтягнутими є верхні похилі прутки траверси, де напруження досягають  $\sigma_{oc} = 20$  МПа (рис. 3.2). Максимальний стиск спостерігається в поперечних прутках, розташованих під розтяжками, в них напруження  $\sigma_{oc} = -22$  МПа (рис. 3.2).

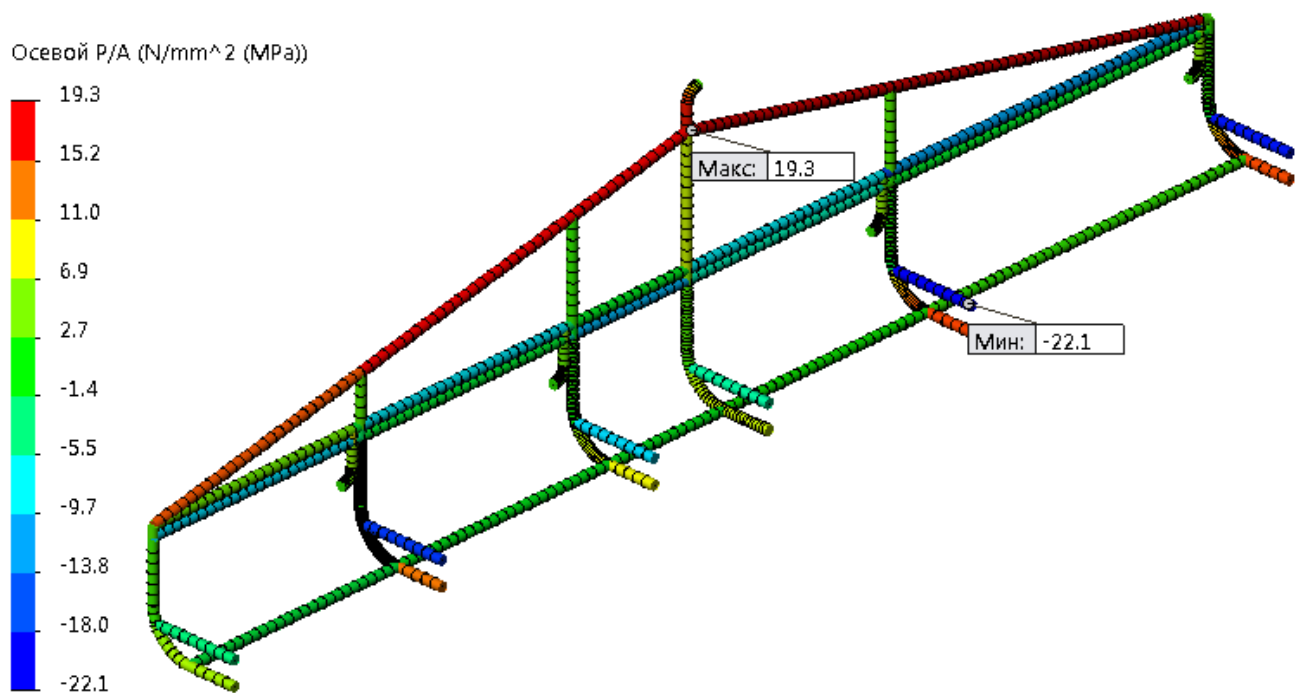


Рисунок 3.2 – Осьові напруження  $\sigma_{oc}$  прутків контейнера, МПа

Розглядалися найбільші напруження скручування балкових елементів. Встановлено, що максимальні напруження від осьового крутного моменту

прутків спостерігаються на гаках підвіски розтяжок і досягають 565 МПа (рис. 3.3).

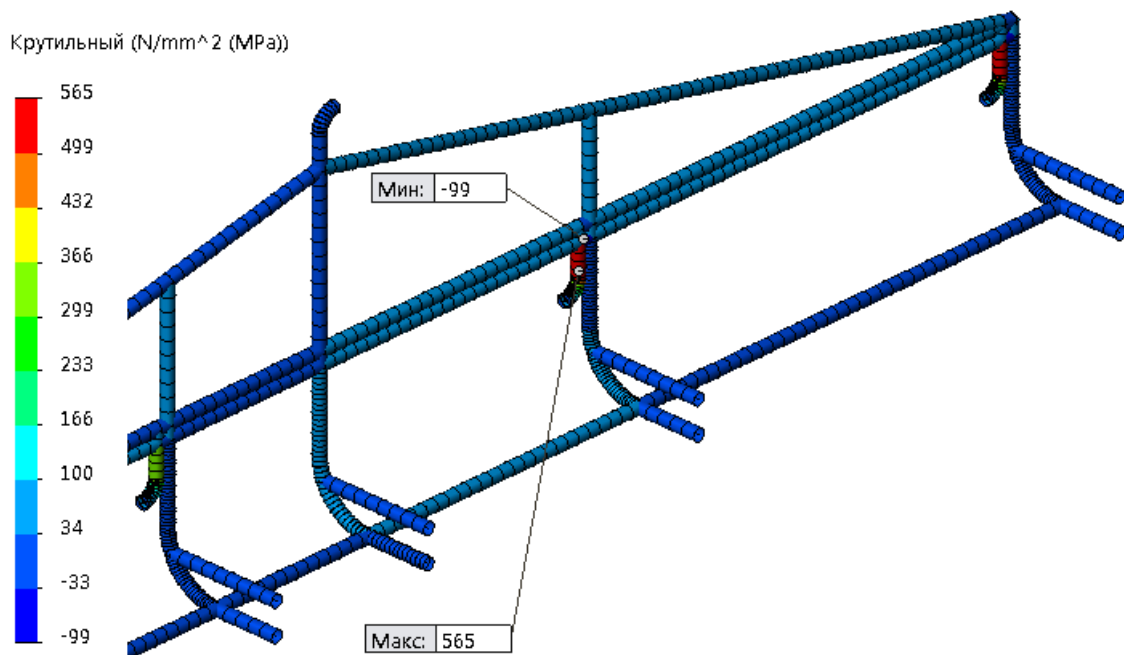


Рисунок 3.3 – Напруження кручення прутків контейнера, МПа

Розгляд наявної глобальної моделі не дозволяє надати обґрунтованих висновків по міцності вказаних гаків (рис. 3.3) через недостатню їх деталізацію. Деталізація перевантаженої зони виконана в розд. 4 дипломного проекту.

Розглядалися напруження, що викликаються згином балкових елементів. Встановлено, що максимальні напруження згину спостерігаються в зонах кріплення гаків підвіски розтяжок, де досягають 290 МПа, а також на вигнутих ділянках вертикальних стійок контейнера близько поперечних перемичок, де досягають 300 МПа (рис. 3.4). Необхідна подальша деталізація цієї зони, що буде проведена в розд. 4 дипломного проекту.

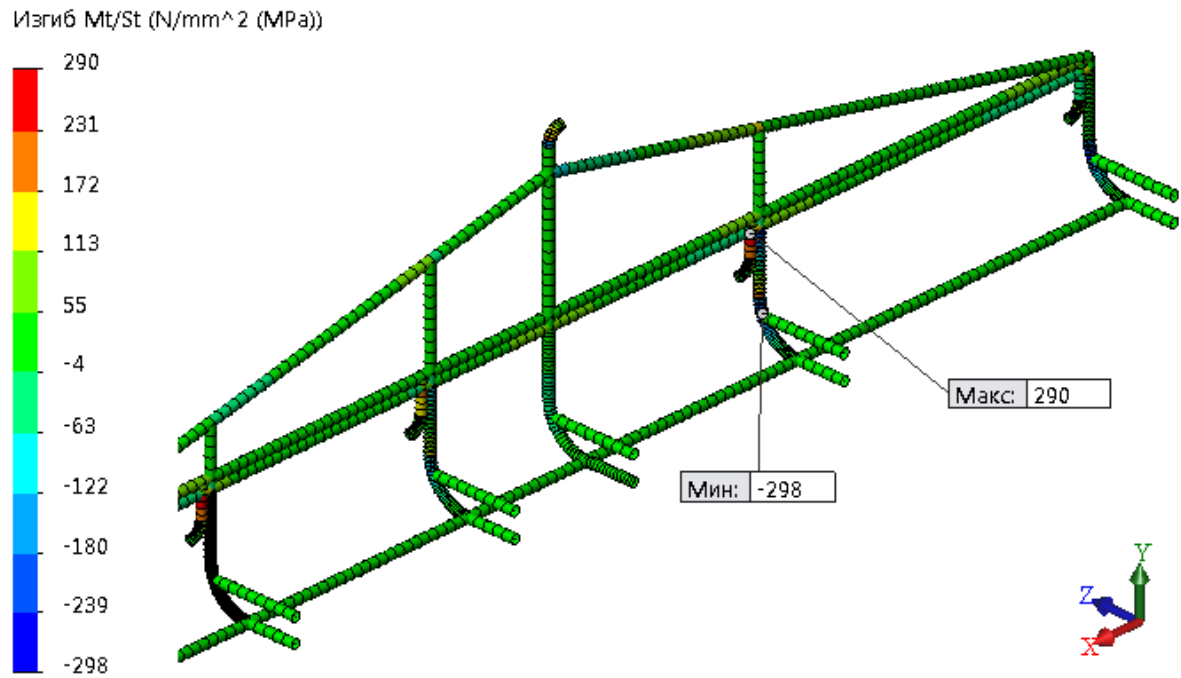


Рисунок 3.4 – Напруження від моменту згину прутків контейнера, МПа

Розглядалися найбільші еквівалентні напруження  $\sigma_{\text{екв}}$  в крайніх волокнах поперечного перерізу балкових елементів, що враховують всі компоненти тензора напружень за енергетичною теорією еквівалентних напружень (теорія Мізеса).

Встановлено, що максимальний рівень еквівалентних напружень спостерігається біля основи кріплення гаків підвіски розтяжок і на вигнутих ділянках вертикальних стійок контейнера (рис. 3.5), в цих зонах перевищується межа текучості основного металу МК.

У перетинах прутків, подалі від їх вигинів і зварних з'єднань, зберігається запас міцності щодо границі текучості більше 2х

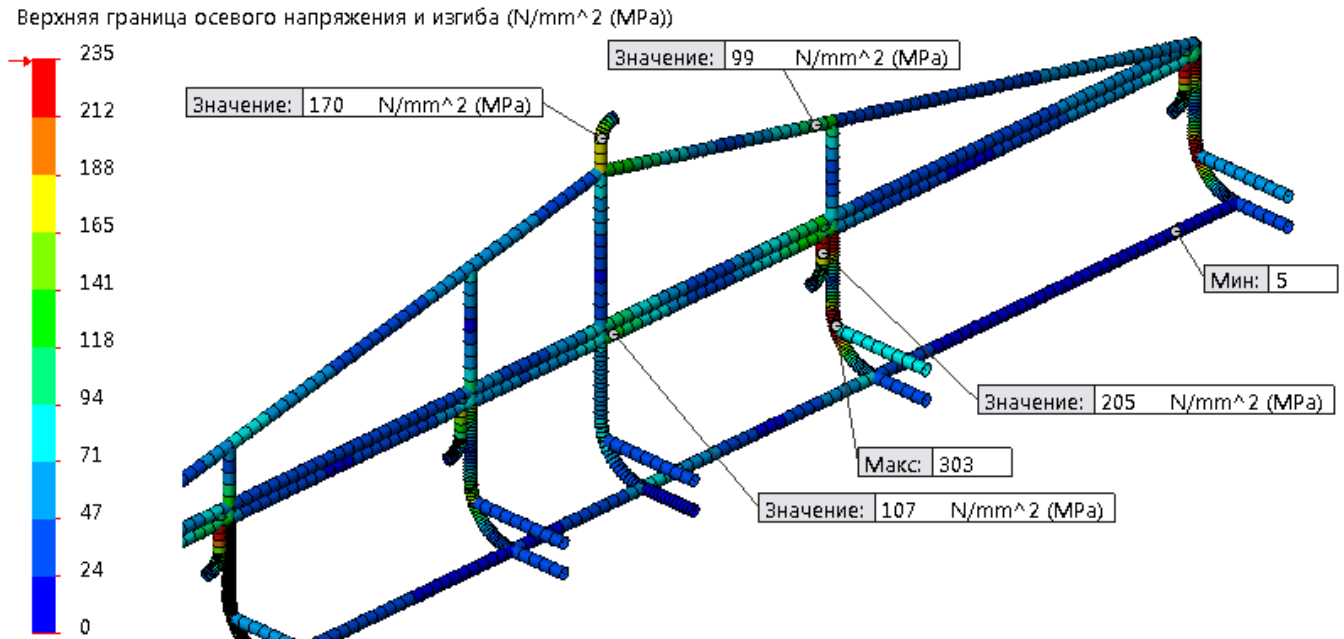


Рисунок 3.5 – Максимальні еквівалентні напруження характерних прутків контейнера, МПа

### 3.3 Аналіз результатів розрахунку глобальної моделі

Допустимі еквівалентні напруги МК (приведені до розтягування) відповідно до табл. 2.1 складають:

$$[\sigma_{\text{екв}}] = \sigma_{\text{т}} / k_{\text{п}}; \quad (3.1)$$

$$[\sigma_{\text{екв}}] = 196 / 1,6 = 122 \text{ МПа.}$$

Встановлено зони максимальних еквівалентних напружень контейнера (рис 3.5), де  $\sigma_{\text{екв}}$  перевищують  $\sigma_{\text{т}}$  металу. Доведено, що подалі від зазначених ділянок, навіть в разі навантаження половини контейнера палетою максимальної маси (2500 кг), спостерігається запас щодо  $[\sigma_{\text{екв}}]$ .

При зазначеному локальному перевантаженні руйнування МК контейнера статися не повинно, проте даний експлуатаційний випадок слід вважати неприйнятним. В експлуатаційній документації необхідно наголосити на неприпустимості навантаження контейнера трубами загальної маси  $m_{\text{тр}} = 2500$  кг, якщо не забезпечено рівномірний розподіл цієї ваги на всі 8 канатів-розтяжок.

При використанні меншої кількості активних розтяжок контейнера його вантажопідйомність знижується пропорційно кількості «холостих» розтяжок.

На рисунку 3.6 представлені еквівалентні напруження моделі при розміщенні палети труб максимальної маси (2500 кг) на всіх восьми розтяжках контейнера. В цьому випадку натяг канатів (за рис. 2.8) складе:

$$T_1 = T_{\Sigma} \cdot 0,17 = 35855 \cdot 0,17 = 6096 \text{ Н}; \quad (3.2)$$

$$T_2 = T_{\Sigma} \cdot 0,18 = 35855 \cdot 0,18 = 6454 \text{ Н}; \quad (3.3)$$

$$T_3 = T_{\Sigma} \cdot 0,10 = 35855 \cdot 0,10 = 3586 \text{ Н}; \quad (3.4)$$

$$T_4 = T_{\Sigma} \cdot 0,17 = 35855 \cdot 0,17 = 6096 \text{ Н}; \quad (3.5)$$

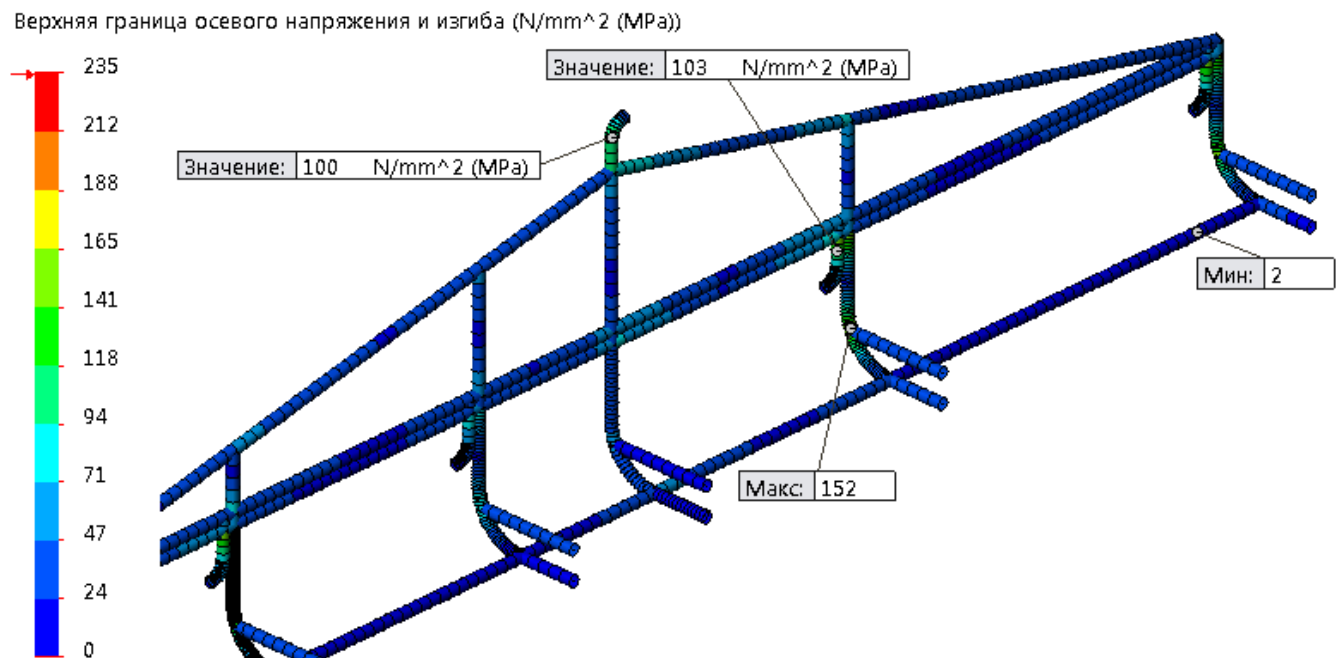


Рисунок 3.6 – Максимальні еквівалентні напруження характерних прутків контейнера при нормальній його експлуатації, МПа

У перетині згину вертикального прутка (рис 3.6) все ще не дотримується умова:

$$\sigma_{\text{ЭКВ}} \leq [\sigma_{\text{ЭКВ}}]. \quad (3.6)$$

Високими також є еквівалентні напруження гаків підвіски розтяжок (рис. 3.6).

Точне визначення напружено-деформованого стану подібних вузлів МКЕ із використанням елементарних балочного типу неможливо через змінність моменту інерції перетинів.

Для уточнення напруженого стану перевантажених вигнутих ділянок прутків (рис. 3.5, 3.6) необхідно провести їх деталізацію МКЕ із використанням локальних твердотільних моделей реальної геометрії, що представлено в розділі 4 проекту.

## 4 ЛОКАЛЬНИЙ ПІДХІД ДО РОЗРАХУНКУ НАЙБІЛЬШ НАВАНТАЖЕНИХ ВУЗЛІВ МЕТОДОМ КІНЦЕВИХ ЕЛЕМЕНТІВ

### 4.1 Твердотільна кінцево-елементна модель та граничні умови

Розрахунок високонавантажених вузлів складної просторової форми, а також їх з'єднань на міцність та жорсткість є можливим із використанням твердотільного кінцево-елементного моделювання. Лише цей метод дозволяє повністю передати складні геометричні форми деталі.

Для розгляду напружено-деформованого стану вузла кріплення гака розтяжки була створена локальна твердотільна кінцево-елементна модель цього вузла (рис. 4.1). Використовувалася сітка на основі кривизни так як більшість поверхонь контейнера є радіусними.

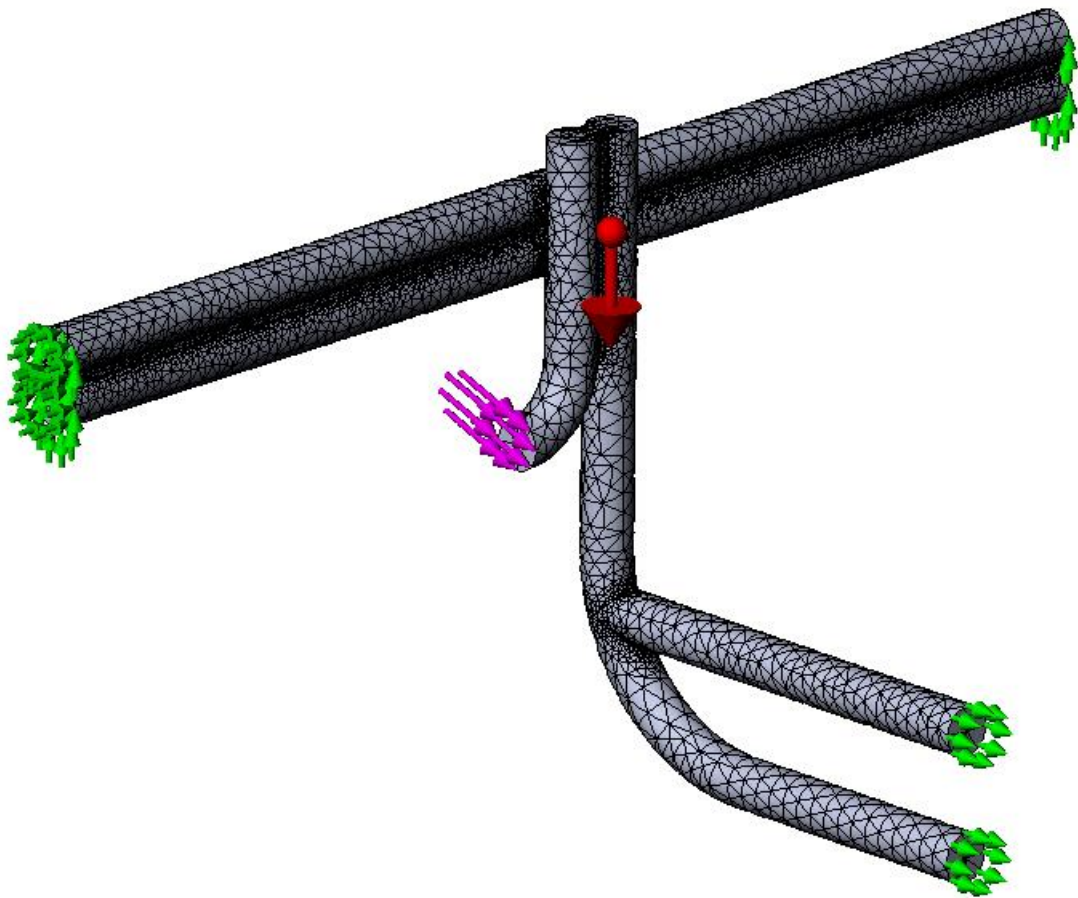


Рисунок 4.1 – Локальна кінцево-елементна модель найбільш навантаженого вузла контейнера

Граничні умови відтворювали розміщення даного вузла в складі цілого контейнера (див. п. 2.3 та рис. 4.1). Навантаженням виступав максимальний натяг каната  $T_2 = 6454 \text{ Н}$ , згідно формули (3.3).

#### 4.2 Результати локального розрахунку напружень

В результаті розрахунку моделі рис. 4.1 отримано епюри розподілу еквівалентних за Мізесом напружень  $\sigma_{\text{екв}}$  вузла (див. рис. 4.2). Епюри компонентів тензору напружень не будуть інформативними, бо маючи справу із м'якою сталлю, єдину об'єктивну оцінку НДС можна отримати із еквівалентних напружень.

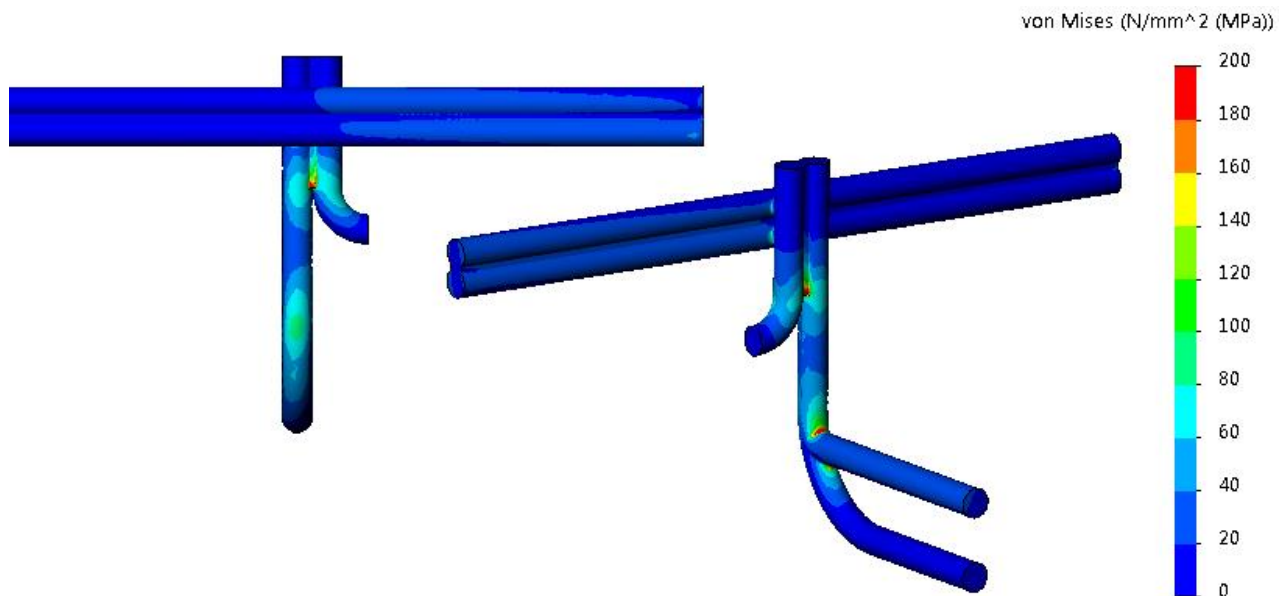


Рисунок 4.2 – Еквівалентні напруження  $\sigma_{\text{екв}}$  вузла контейнера

Як видно із результатів розрахунку (рис. 4.2), максимальні напруження в основному металі вузла не перевищують  $[\sigma_{\text{екв}}] = 122 \text{ МПа}$ . Великі значення спостерігаються в валиках зварних з'єднань (рис. 4.2) де через геометричну концентрацію напружень перевищується рівень допустимих напружень шва  $[\sigma_{\text{шв}}]$ :

$$[\sigma_{\text{шв}}] = \sigma_T^3 / k_{\text{ш}}; \quad (4.1)$$

$$[\sigma_{шв}] = 31 \cdot 9,81 / 1,6 = 190 \text{ МПа.}$$

Концентраторам МК властивий подібний рівень напружень [6], але для забезпечення виконання умови (4.2) рекомендується збільшення катетів зварних швів на ділянках радісних переходів з їх подальшою механічною обробкою.

$$\sigma_{шв} \leq [\sigma_{шв}]. \quad (4.2)$$

Розглянемо випадок радіусної обробки зварного з'єднання. Побудуємо модель із плавним переходом шва до основного металу за рахунок механічної обробки швів (рис. 4.3).

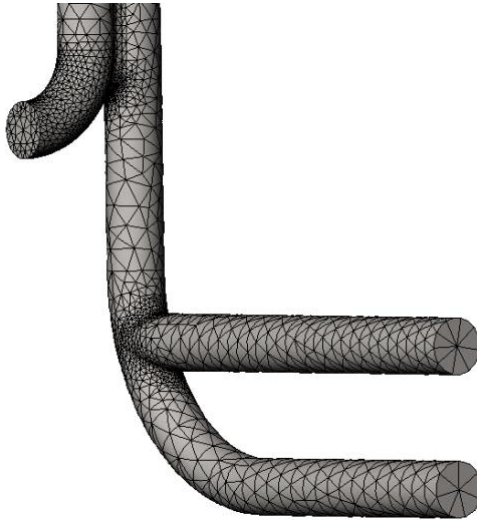


Рисунок 4.3 – Сітка кінцевих елементів зі збільшеними радіусами закруглення зварних швів

Результати розрахунку  $\sigma_{екв}$  показали, що для забезпечення виконання умови міцності (4.2) за методом допустимих напружень, необхідні:

- механічна обробка зварних швів з метою формування радісних переходів (заокруглень)  $R_1$  і  $R_2$  (рис. 4.4);
- використання відповідних для формування  $R_1$  і  $R_2$  значень катетів швів.

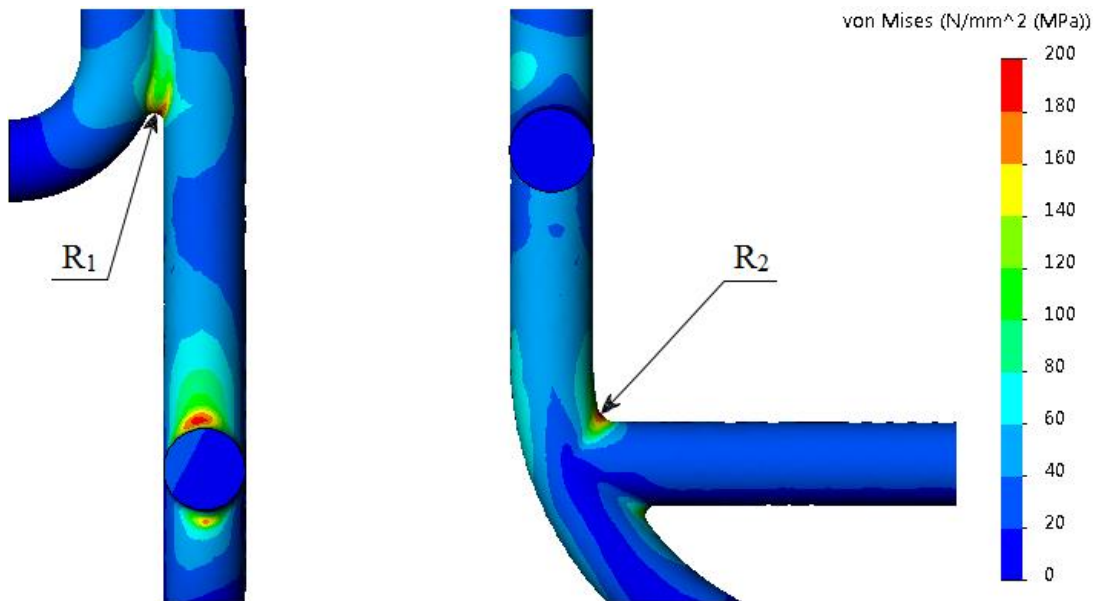


Рисунок 4.4 – Напруження в зонах закруглення зварних швів

Показані (рис. 4.4) зварні шви являються найбільш вірогідними зонами появи руйнувань і тому потребують високої якості виготовлення та контролю неруйнівними методами.

#### 4.3 Аналіз результатів розрахунку локальних вузлів контейнера

В результаті розрахунку ряду розмірів зварних швів встановлено що для забезпечення умови міцності (4.2), мінімальні значення заокруглень зварних швів (рис. 4.4) повинні складати:

$$R_1 = 5 \text{ мм};$$

$$R_2 = 10 \text{ мм};$$

В цьому випадку в зонах концентрації  $\sigma_{\text{скв}}^{\text{шв}} \leq 190 \text{ МПа}$ , що є прийнятнім результатом.

Зусилля, що діють на зварні шви 1 і 2 контейнера (рис. 4.5) значно менші ніж у розглянутих вище швів (рис. 4.4). Тому достатньою буде обробка швів під аналогічні радіуси  $R_1$  і  $R_2$  без деталізованого розрахунку.

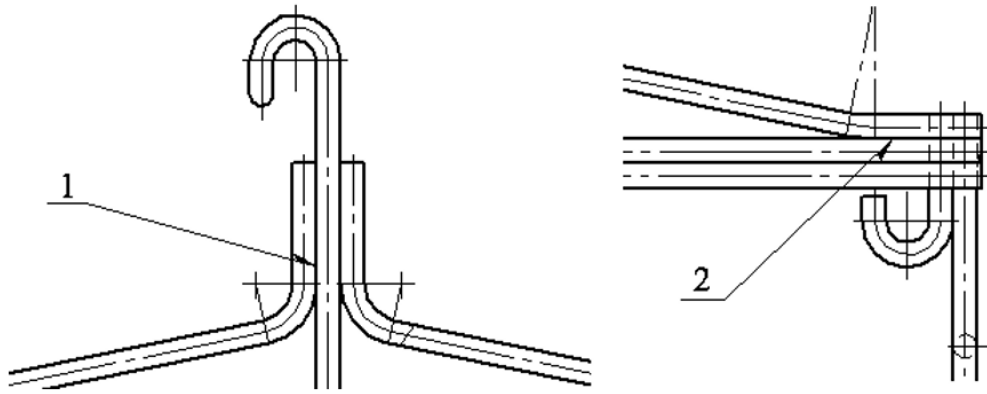


Рисунок 4.5 – Відповідальні зварні шви контейнера

Аналітичним розрахунком перевіriamo запаси даних швів виходячи з їх довжини і катетів (див. збиральне креслення контейнера).

Площа поперечного перерізу зварного шва:

$$S_{\text{ш}} = a \cdot b, \quad (4.3)$$

де,  $a$  і  $b$  - сторони зварного шва (див. збиральне креслення).

Підставивши значення в формулу (4.3) отримаємо:

$$S_{\text{ш}} = 10 \cdot 12 = 120 \text{ мм}^2.$$

Напруження зрізу в одному зварному шві:

$$\sigma_{\text{ср}} = \frac{F}{n \cdot 0,7 \cdot k \cdot l}, \quad (4.4)$$

де,  $F$  - зусилля зрізу зварного шва, Н

$l$  - довжина шва, мм;

$n$  - кількість зварних швів;

$k$  - катет або характерний розмір шва.

Підставивши значення в (4.4), для шва 1 (рис. 4.5) отримуємо:

$$\sigma_{\text{ср}} = \frac{10500}{2 \cdot 0,7 \cdot 12 \cdot 160} = 3,9 \text{ МПа.}$$

Перевіримо умову міцності на зріз зварного шву:

$$\sigma_{\text{ср}} \leq [\sigma_{\text{ср}}]. \quad (4.5)$$

Допустиме напруження зрізу для швів заниженої якості:

$$[\sigma_{\text{ср}}] = 0,5 \cdot [\sigma_{\text{экв}}] = 0,5 \cdot 122 = 61 \text{ МПа}. \quad (4.6)$$

Умова (4.5) виконується:

$$3,9 \leq 61.$$

Підставивши значення в (4.4), для шва 2 (рис. 4.5) отримаємо:

$$\sigma_{\text{ср}} = \frac{13600}{2 \cdot 0,7 \cdot 12 \cdot 160} = 5,1 \text{ МПа}.$$

Умова міцності на зріз зварного шва (4.5) виконується:

$$5,1 \leq 61.$$

Для інших зварних з'єднань контейнера вимоги до механічної обробки не є жорсткими, достатнім є забезпечення плавного переходу посилення шва до основного металу під будь-яким радіусом кривизни.

## 5 РОЗРАХУНОК І ВИБІР КАНАТА

В якості канатів-розтяжок для утримання труб в контейнері застосовується канат поліамідний торосового плетіння згідно ГОСТ 30055-93.

Максимальне зусилля в канаті спостерігаються в розтяжці  $T_2$  (рис. 2.8), де відповідно формулі (3.3):

$$T_{\max} = 6454 \text{ Н.}$$

Визначаємо розривне зусилля каната з урахуванням коефіцієнта запасу міцності по формулі:

$$R = P \cdot z_p \quad (5.1)$$

де,  $z_p$  - коефіцієнт запасу міцності каната.

Для змінного вантажопідйомного пристосування  $z_p = 6$  [7].

Підставивши отримані дані в формулу (5.1) отримаємо:

$$R = 6454 \cdot 6 = 38724 \text{ Н.}$$

Згідно хімічного складу ванни гальванізації необхідно використовувати поліамідний канат. За ГОСТ 30055-93 [8] вибираємо найближчий канат більшого розривного зусилля - Ø16 мм, з розривним зусиллям для групи Г - 5280 кг (51800 Н).

Умовне позначення каната:

ПАТ 16 (50) мм 158 ктекс Г ГОСТ 30055-93.

## **6 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ**

У дипломному проекті розроблено методику та спроектовано спеціальну траверсу-контейнер для транспортування довгих труб спеціальним 2-гаковим мостовим краном або синхронізованою парою мостових кранів, що працюють на трубопрокатному заводі.

Необхідно надати основні заходи з охорони праці при розробці методики проектування траверси.

### **6.1 Аналіз потенційних небезпек**

Виділимо основні потенційні небезпеки, що мають місце при проектуванні та використанні спеціального вантажного обладнання – траверси:

- а) Небезпеки, які пов'язані із порушенням роботодавцями вимог НПАОП 000-7.11-12 стосовно забезпечення охорони праці працівників на робочих місцях, зокрема створення безпечних і нешкідливих умов праці шляхом належного облаштування робочих місць. Такі порушення можуть призвести до травматизму або професійних захворювань.
- б) Незадовільна професійна підготовка дослідника / конструктора, що в кінцевому рахунку може призвести до помилок в проектній та супровідній документації і спричинити аварійні ситуації при виготовленні або експлуатації траверси.
- в) Можливість ураження електричним струмом при виконанні службових обов'язків, що може призвести до електричних травм і навіть летальних наслідків. Це може статися внаслідок порушення правил з електробезпеки, несправності електричного обладнання в приміщенні конструкторського бюро.
- г) Небезпеки, пов'язані із проведенням статичних випробувань траверси перед здачею в експлуатацію, зокрема травмування персоналу від роботи кранового обладнання або від падіння вантажу. В тому числі небезпеки,

пов'язані із неналежною роботою або неврахуванням всіх необхідних запобіжних пристроїв в аварійних ситуаціях при перевантаженні труб за допомогою траверси.

- д) Небезпеки, які пов'язані із обробкою результатів розрахунків та написання звітів із використанням комп'ютерної техніки.
- е) Небезпеки викликані незадовільними параметрами мікроклімату, які повинні відповідати фізіологічним потребам працівників, з врахуванням енергетичних витрат.
- ж) Незадовільний рівень освітлення робочих місць конструкторського бюро відносно вимог ДБН-В.2.5-28:2018. Що може призвести до зниження працездатності.
- з) Небезпеки пов'язані із надзвичайними ситуаціями.

Приведемо основні заходи із забезпечення техніки безпеки щодо перерахованих вище потенційних небезпек.

## **6.2 Заходи із забезпечення техніки безпеки**

**а)** Розглянемо заходи забезпечення охорони праці працівників на робочих місцях (робочих зонах) при проектуванні траверси:

- Конструкція і міцність будівель та споруд, призначених для розміщення робочих зон, повинні відповідати їх призначенню, зокрема забезпечувати: справний робочий стан устаткування і захисних пристроїв у робочих зонах, сприятливі умови для усунення виявлених несправностей, які можуть негативно вплинути на безпеку і здоров'я працівників; регулярне очищення робочих зон і їх устаткування, особливо в закритих робочих приміщеннях, для забезпечення належних санітарно-гігієнічних умов; можливість регулярного контролю і перевірок здатності функціонування захисних засобів і пристроїв, призначених для запобігання небезпеці або її усунення.
- Конструкція та монтаж електричного устаткування повинні

відповідати вимогам протипожежної безпеки, вибухобезпеки та захисту людей від нещасних випадків внаслідок контакту з ним. Під час вибору електричних засобів праці і захисних пристроїв, а також напруги живлення повинні враховуватись вплив зовнішніх умов і професійна кваліфікація персоналу, який матиме доступ до деталей устаткування.

- Шляхи евакуації, аварійні виходи і підходи до них повинні бути вільними від будь-яких предметів, надавати можливість найкоротшого шляху на зовнішній простір або до безпечної зони і мати належні позначення (сигнальними кольорами, дороговказами, написами, знаками безпеки тощо) відповідно до Технічного регламенту знаків безпеки і захисту здоров'я працівників, затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 25.11.2009 № 1262.
- Шляхи евакуації і аварійні виходи мають забезпечуватися евакуаційним освітленням відповідно до вимог будівельних норм та правил улаштування електроустановок. Світильники евакуаційного освітлення повинні вмикатися з настанням сутінків у разі перебування в приміщеннях працівників. Працівникам забезпечується можливість швидко і в повній безпеці залишити всі робочі місця.
- Кількість, розташування і розміри шляхів евакуації і аварійних виходів визначаються відповідно до використання, облаштування і розмірів робочих зон, а також максимально можливої кількості осіб, що можуть там перебувати відповідно до СНиП 2.09.04-87 «Административные и бытовые здания» (далі – СНиП 2.09.04-87) та СНиП 2.09.02-85 «Производственные здания» (СНиП 2.09.02-85). Двері аварійних виходів повинні відкриватись назовні і замикатись так, щоб у випадку необхідності будь-яка особа могла легко і швидко їх відкрити без застосування додаткових засобів.
- Рівень пожежної безпеки робочих зон, приміщень та інженерного

устаткування повинен відповідати вимогам Правил пожежної безпеки в Україні, затверджених наказом МНС України від 19.10.2004 № 126, зареєстрованих в Міністерстві юстиції України 4.11.2004 за № 1410/10009 (НАПБ А.01.001 – 04), та інших нормативно-правових актів з питань пожежної безпеки.

- Облаштування всіх робочих зон повинно проводитись з урахуванням вимог Законів України «Про охорону праці», «Про основи соціального захищеності інвалідів в Україні» та постанови Кабінету Міністрів України від 31.01.2007 № 70 «Про реалізацію статей 19 і 20 Закону України «Про основи соціальної захищеності інвалідів в Україні».
- Доступними для користування працівників з обмеженими фізичними можливостями повинні бути двері, переходи, сходи, душові приміщення, умивальники, туалети, якими вони користуються.

**б)** Розглянемо заходи щодо уникнення неналежної професійної підготовки кадрів.

Для фахового виконання робіт до проекту допускаються особи, які мають професійні знання, що підтверджується документом встановленого зразка. Такий захід забезпечує врахування усіх вимог зазначених в НПАОП 0.00-1.01-07 «Правила будови і безпечної експлуатації вантажопідйомних кранів», та в свою чергу є запобіжником виникнення аварійних ситуацій в процесі експлуатації.

**в)** З метою вирішення можливих питань стосовно електробезпеки, необхідним є знання основних заходів, для попередження уражень електричним струмом.

Організаційні заходи – до виконання робіт допускаються особи не молодше 18 років, які пройшли навчання, та перевірку знань з електробезпеки. Основним нормативним актом є ПУЄ (правовий устрій з електроустанов). Ремонт обладнання повинен здійснювати тільки спеціальний підготовлений персонал. Для кожного електроспоживного обладнання повинно бути складені експлуатаційні схеми нормальної і аварійної роботи.

Технічні заходи – розташування струмоведучих частин на недоступній висоті (до 1000 В – не менше 3,5 м, більше 1000 В – 6 м). Всі не ізольовані струмопровідні лінії повинні бути надійно огороженні суцільними огорожами, відкриття або знімання яких можливий тільки за допомогою спеціальних пристроїв. Опір ізоляції електричних дротів повинен бути не менше 0,5 Ом.

Обов'язковим є захисне заземлення або занурення.

Обов'язковим є використання індивідуальних засобів захисту, зокрема гумовий діелектричний килимок, опір якого слід періодично перевіряти.

Обов'язковим є встановлення автоматичних блокуючих пристроїв, які запобігають небезпечним діям людини, зокрема кінцеві вимикачі. Можуть використовуватися механічні, електричні та електромеханічні блокуючі пристрої.

г) Розглянемо основні заходи із забезпечення техніки безпеки при проведенні пробних випробувань траверси на статичне навантаження.

Статичні випробування траверси підпорядковуються загальним вимогам безпеки при проведенні навантажувально-розвантажувальних робіт, що нормує виділяються за ДНАОП 63.11-7.01-86. Також обов'язковими до виконання є «Правила охорони праці під час експлуатації вантажопідіймальних кранів, підіймальних пристроїв і відповідного обладнання».

Статичне випробування траверси проводиться з метою перевірки міцності обладнання в цілому та його окремих елементів. Статичне випробування траверси проводиться навантаженням, що перевищує вантажопідіймальність на 25 %. Випробувальний вантаж підіймається на висоту від 200 мм до 300 мм з утриманням у такому положенні протягом 10 хвилин. Дозволяється захоплювати частину випробувального вантажу, маса якого має бути не меншою вантажопідіймальності крана, підіймати його на висоту від 200 мм до 300 мм, а потім доводити навантаження до необхідного шляхом додавання решти випробувального вантажу з витримкою в такому положенні протягом 10 хвилин.

Після опускання вантажу перевіряється відсутність залишкової деформації траверси. За наявності залишкової деформації, яка є наслідком випробування, траверса не допускається до роботи до з'ясування причин деформації та можливості подальшої її роботи. Випробування необхідно здійснювати не менше трьох разів.

В цілому, згідно з нормативними документами, навантажувально-розвантажувальні роботи, до яких відноситься і випробування, слід виконувати механізованим способом за допомогою підйомно-транспортного устаткування згідно з проектами проведення робіт та іншими нормативно технічними документами.

Місця проведення навантажувально-розвантажувальних робіт мають бути забезпечені знаками безпеки згідно ГОСТ 12.4.026-76. При переміщенні вантажу підйомно-транспортного устаткування персоналу забороняється знаходитися на вантажі, чи в зоні його можливого падіння. Переміщення вантажу над приміщеннями або транспортними засобами де знаходяться люди забороняється.

Персонал, задіяний на проведенні навантажувально-розвантажувальних робіт, забезпечений санітарно побутовими приміщеннями і якісною питною водою.

Легкодоступні рухливі частини механізмів, які можуть стати причиною нещасного випадку, мають бути закриті металевими огорожами.

Огородженню підлягають:

- зубчасті, ланцюгові і черв'ячні передачі;
- сполучні муфти, з виступаючими болтами, шпонками, а також всі муфти розташовані поблизу місць проходу обслуговуючого персоналу.

Ходові колеса крану оснащені щитками, які виключають попадання під колесо сторонніх предметів. Зазор між рейкою і щитком не повинен перевищувати 10 мм.

Неізольовані частини електроустаткування, які проводять струм,

розташовані в місцях можливого дотику до них, захищені. Все електроустаткування, яке розташоване на пристрої має заземлення.

У приміщенні цеху де проводиться випробування траверси забезпечуються оптимальні параметри мікроклімату згідно ДСН 3.3.6 – 042 – 99 «Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень». Для приміщення цеху (категорія робіт Пб): температура повітря - 17–19° для холодного періоду року й 20–22° Із для теплого періоду року, забезпечується блоком теплообмінних комплексів з використанням трубчастих електронагрівників (ТЭНів); вологість повітря – 40...60%, забезпечується ультразвуковими зволожувачами; швидкість руху повітря - 0.3 м/с. Чистота повітря забезпечується системою вентиляції із природнім порушенням і системою фільтрів.

У приміщенні цеху відповідно до ДБН В.2.5 – 28 – 2006 «Природне й штучне висвітлення» забезпечується 2 виду виробничого освітлення: природне й штучне. Природне освітлення цеху забезпечується використанням вікон із двох сторін цеху й рядом цехових світильників ГСП. Робоче штучне висвітлення місця проведення завантажувально–розвантажувальних робіт забезпечується одним цеховим світильником ГСП, установленим на металоконструкції крана. Робоче штучне освітлення цеху забезпечується комплексом цехових світильників ЖТУ 21 з лампами типу ДНАТ 250 Вт (натрієві лампи високого тиску), розташованих під стелею цеху у два ряди. Така схема розташування світильників і вибраний вид ламп забезпечує світловий потік в 25 клк. Аварійне і евакуаційне освітлення забезпечується лампами розжарювання, які встановлені в найважливіших точках цеху й евакуаційних шляхах. Для аварійного освітлення забезпечується світловий потік в 2лк, для евакуаційного – 0,6 лк. Охоронне й чергове висвітлення забезпечується рядом галогенних ламп, які забезпечують світловий потік в 0,6 лк.

Таблиця 6.1 – Норми освітленості робочих місць згідно ДБН В.2.5 – 28 – 2006 «Природне і штучне освітлення»

| Характеристика роботи | Розміри об'єкта розпізнання, мм | Розряд зорових робіт | Загальне висвітлення |
|-----------------------|---------------------------------|----------------------|----------------------|
| Груба                 | >5                              | 6                    | 150                  |

Виділимо основні вимоги до персоналу при навантажувально-розвантажувальних роботах. До керування вантажопідіймальними кранами і машинами, що керуються з підлоги чи зі стаціонарного поста, можуть допускатися працівники, які користуються цими вантажопідіймальними кранами і машинами на своїх робочих місцях, після навчання в установленому порядку і атестації відповідно до Положення про порядок кваліфікаційної атестації та присвоєння кваліфікації особам, які здобувають професійно-технічну освіту, затвердженого спільним наказом Міністерства праці та соціальної політики України та Міністерства освіти України від 31.12.98 № 201/469, зареєстрованого в Міністерстві юстиції України 01.03.99 за № 124/3417, а також попереднього спеціального навчання та перевірки знань з питань охорони праці відповідно до Положення про навчання, що діє в межах підприємства.

Керування по радіо чи зі стаціонарного поста вантажопідіймальними кранами і машинами, що переміщують небезпечні вантажі (отруйні, вибухові, радіоактивні тощо), мають здійснювати машиністи кранів після навчання відповідно до зазначених вимог.

Згідно вимогам ДНАОП 0.03-4.02-94 «Положення про медичний огляд працівників певних категорій» до керування підйомно-транспортним обладнанням допускаються особи не молодші 18 років, що пройшли медогляд та мають дозвіл на проведення даного виду робіт.

Машиністи кранів, їх помічники, слюсарі-електрики, монтажники, налагоджувальники та працівники, які керують кранами з підлоги або зі стаціонарного пульта, перед призначенням на роботу повинні пройти медичний огляд відповідно до вимог Положення про медичний огляд працівників певних

категорій, затвердженого наказом Міністерством охорони здоров'я України від 31.03.94 № 45, зареєстрованого в Міністерстві юстиції України 21.06.94 за № 136/345 (зі змінами).

Машиністи вантажопідіймальних кранів і машин, їх помічники, допоміжний і ремонтний персонал повинні мати групи з електробезпеки відповідно до вимог ПБЕЕС. Під час роботи кранівник повинен мати при собі посвідчення на право керування краном.

Звукові сигнали небезпеки при проведенні випробувань траверси відповідають загальним вимогам до сигналів небезпеки за ДСТУ EN 457-2001 «Звукові сигнали небезпеки. Загальні вимоги, проектування та випробування». Цей стандарт установлює вимоги безпеки та ергономіки і відповідні методи випробувань сигналів небезпеки, дає рекомендації для розрахунку сигналу, що повинен сприйматися і розрізнятися відповідно до 5.3 EN 292-2.

Зокрема, на крані наявний звуковий сигнал, що визначає початок і, у разі потреби, продовження і кінець небезпечної ситуації. Використовуються попереджувальний звуковий сигнал, що визначає можливість або наявність небезпечної ситуації і вимагає відповідних заходів для її усунення чи контролю і вказівки щодо поведінки і заходів, які повинні бути вжиті.

Природа звукового сигналу небезпеки повинна бути такою, щоб будь-яка людина в зоні приймання сигналу була в змозі розпізнати і прореагувати на нього правильно. Звуковим сигналам небезпеки повинен надаватися пріоритет у розпізнаванні щодо інших сигналів.

Звуковий сигнал має бути ясно чутним. Схований поріг повинен бути перевищений.

З акустичних параметрів сигналів небезпеки (рівень звукового тиску, розподіл за часом, комбінація частот), що впливають на розпізнавання сигналів, принаймні два повинні бути домінуючими для відрізнення від інших сигналів у зоні приймання сигналу і від навколишнього шуму.

Відповідність вимогам згаданим вище може бути перевірена за допомогою вимірювальної апаратури. Для цього необхідно провести:

- а) вимірювання А-зважених рівнів звуку навколишнього шуму і сигналів (цього може бути достатньо, якщо різниця між рівнями звуку більша ніж 15 дБ)
- б) частотний аналіз, якщо за допомогою вимірювань А-зважених рівнів звуку неможливо зробити надійні висновки;
- с) вимірювання розподілу за часом А-зважених рівнів звуку звукових сигналів небезпеки.

Вимірювання проводять устаткуванням, що відповідає ISO 266, IEC60225 і IEC 60651 (вимірники рівня звуку класу 2 чи вище).

д) Розглянемо загальні вимоги до техніки безпеки при роботі на комп'ютері. Персонал, що працює на комп'ютері зобов'язаний дотримуватися вимог інструкції, розробленої на підставі Санітарних норм і правил СанПін 2.2.2.542-96, а також нести особисту відповідальність за дотримання вимог безпеки своєї праці і за створення небезпечного чи шкідливого виробничого фактора для інших працюючих і поломку комп'ютера.

При роботі з комп'ютером шкідливими і небезпечними чинниками є:

- електростатичні поля;
- електромагнітне випромінювання;
- наявність потужних іонізуючих випромінювань;
- локальне стомлення, загальна втома;
- стомлюваність очей;
- небезпека ураження електричним струмом;
- пожежонебезпека.

За основну роботу з комп'ютером слід приймати таку, яка займає не менше 50% часу протягом часу роботи комп'ютера.

Для забезпечення оптимальної працездатності і збереження здоров'я протягом часу роботи з комп'ютером повинні встановлюватися регламентовані перерви. Перед початком роботи необхідно переконатися, що монітори

комп'ютера мають антиблікове покриття з коефіцієнтом відбиття не більше 0,5. Покриття повинне також забезпечувати зняття електростатичного заряду з поверхні екрана, іскріння і накопичення пилу. Корпус монітора повинен забезпечувати захист від іонізуючих та неіонізуючих випромінювань. Необхідно перевірити робоче положення комп'ютера відстань між стіною з віконними прорізами і столом має бути не менше 0,8 м.

При невеликій кількості робочих місць бажано розташовувати столи біля протилежної стіни щодо віконних прорізів. Відстань між робочими столами повинно бути не менше 1,2 м. Не допускається знаходження другого робочого місця з боку задньої стінки комп'ютера. Оптимальними параметрами температури в кабінеті є 19-21, допустимими 18-22, відносна вологість повітря 62-55%.

При роботі на комп'ютері працюючий повинен бути уважним, не відволікатися на побудову справи. Під час роботи комп'ютера забороняється:

- залишати комп'ютер без нагляду;
- проводити ремонт;
- знімати корпус з комп'ютера.

Тривалість безперервної роботи з комп'ютером без регламентованого перерви не повинна перевищувати 2 годин. Під час регламентованого перерви з метою зниження нервово-емоційного напруження, стомлення зорового аналізатора, усунення впливу гіподинамії та гіпокінезії, запобігання розвитку втоми доцільно виконувати комплекси вправ. Рівень шуму в приміщенні під час роботи комп'ютерів не повинен перевищувати 50 дБа. Конструкція відео монітора повинна передбачати заходи, що забезпечують хорошу розбірливість зображення, незалежну від зовнішнього освітлення.

### **6.3 Заходи по забезпеченню виробничої санітарії та гігієни праці**

е) Параметрами мікроклімату повинні відповідати фізіологічним потребам працівників, з врахуванням енергетичних витрат. Забезпечення цих умов

залежить від функціонування систем опалення повітреобміну згідно ДСН 3.3.6.042-99.

Для нормалізації параметрів повітряного середовища в виробничих приміщеннях передбачається використовувати технічні засоби по забезпеченню нормованих параметрів. До них відноситься водяне або парове опалення, природна або штучна вентиляція. В холодний період року штучну вентиляцію, проточну витяжку поєднують з функцією підігріву зовнішнього повітря калорифер. У адміністративних приміщеннях використовується кондиціонери.

**ж)** Освітленість приміщення конструкторського бюро має забезпечувати необхідний рівень зорової доступності інформації.

З метою організації нормованого освітлення виробничого приміщення виконуємо розрахунок освітлення згідно розряду зорової роботи.

Вибираємо комбіновану систему освітлення. У якості джерела штучного освітлення приймемо люмінесцентні лампи. Люмінесцентні лампи у складі світильників при загальному освітленні рекомендовані у приміщеннях висотою до 6 м, ці лампи нам підходять, бо висота нашого приміщення 4 м. Розряд зорової роботи приймаємо 3. Згідно таких умов доцільно обрати лампи ЛЛ, які мають наступні переваги: висока світловіддача (до 75 лм/Вт), висока стабільність світлового потоку, термін експлуатації до 10000 годин, високий індекс кольоропередачі.

Недоліки: висока вартість, повинні обслуговуватись фахівцями, мають складну пускову апаратуру, можливі шум та миготіння, значна пульсація при однофазній схемі підключення.

Вибираємо світильник типу ЛПП (табл. 6.2)

Таблиця 6.2 - Характеристика та призначення світильника ЛПП

| Тип світильника | Світлорозподіл (крива сили світла) | Потужність лампи у світильнику, Вт | Мінімальна висота підвісу світильника над підлогою, м              | Використання світильника                                                                                 | IP | L / h |
|-----------------|------------------------------------|------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|-------|
| ЛПП             | Прямий (косинусна)                 | 2x(18x80Вт)                        | Р <sub>л</sub> = 40Вт <b>3м</b><br>Р <sub>л</sub> = 80Вт <b>4м</b> | Приміщення висотою до <b>6м</b> (адміністративно-конторські, для креслення, учбові, побутові приміщення) | 65 | 1,4   |

Коефіцієнт запасу  $k_z$  враховує зниження рівня освітленості з часом в результаті забруднення та старіння ламп, світильників і поверхонь приміщення, приймаємо для конструкторського бюро  $k_z = 1,4$

Коефіцієнт нерівномірності (мінімального) освітлення  $z$  (відношення середньої освітленості до мінімальної освітленості), дорівнює:

$z = 1,1$  – для люмінесцентних ламп низького тиску;

Визначаємо індекс приміщення за формулою:

$$i = \frac{AB}{h(A+B)} = \frac{7*5}{1,78(7+5)} = 1,63 \quad (6.1)$$

де  $A=7$  – довжина приміщення  $м$ ;

$B=5$  – ширина приміщення,  $м$ ;

$h$  – висота розміщення світильників над робочою поверхнею,  $м$

$$h = H - h_p - h_z = 4 - 0,8 - 1,42 = 1,78 \text{ м} \quad (6.2)$$

де  $H=4$  – висота виробничого приміщення,  $м$ ;

$h_p$  – висота робочої поверхні над підлогою,  $м$ ;

(як правило, висота умовної робочої поверхні  $h_p=0,8 \text{ м}$ )

$h_z$  – висота звисання світильника від стелі,  $м$ . (вибирається за технологічною доцільністю)

Розраховуємо кількість рядів світильників у приміщенні:

$$N_p = \frac{B}{(H-h_p) \cdot \left[\frac{L}{h}\right]} = \frac{5}{(4-0,8) \cdot [1,4]} = 1,11 \quad (6.3)$$

Приймаємо  $N_p = 2$

Визначаємо максимально припустиму відстань між рядами світильників:

$$L_{max} = \frac{B}{N_p} = \frac{5}{2} = 2,5 \quad (6.4)$$

Розраховуємо висоту підвісу світильника над робочою поверхнею:

$$h = \frac{L_{max}}{[L/h]} = \frac{2,5}{1,4} = 1,78 \quad (6.5)$$

Знаходимо висоту звисання світильника від стелі:

$$h_z = H - h_p - h = 4 - 0,8 - 1,78 = 1,42 \quad (6.6)$$

Значення коефіцієнта використання світлового потоку  $\eta$  вибирається в залежності від виду джерела світла, типу обраного світильника, та індексу приміщення (табл. 6.3)

Таблиця 6.3 - Коефіцієнти використання світового потоку світильників

| ТИП<br>СВІТІЛ<br>ЛЬНИ<br>КА           | L/h | θ <sub>ст</sub> ,<br>% | θ <sub>с</sub> ,<br>% | θ <sub>п</sub> ,<br>% | КОЕФІЦІЄНТ ВИКОРИСТАННЯ СВІТЛОВОГО ПОТОКУ, η %<br>ПРИ ІНДЕКСІ ПРИМІЩЕННЯ i |     |     |     |     |     |     |      |     |      |     |      |     |     |     |     |     |
|---------------------------------------|-----|------------------------|-----------------------|-----------------------|----------------------------------------------------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|-----|------|-----|------|-----|-----|-----|-----|-----|
|                                       |     |                        |                       |                       | 0,5                                                                        | 0,6 | 0,7 | 0,8 | 0,9 | 1,0 | 1,1 | 1,25 | 1,5 | 1,75 | 2,0 | 1,25 | 2,5 | 3,0 | 3,5 | 4,0 | 5,0 |
|                                       |     |                        |                       |                       | Світильники з лампами розжарення та компактними люмінесцентними лампами    |     |     |     |     |     |     |      |     |      |     |      |     |     |     |     |     |
| НСП                                   | 0,8 | 70                     | 50                    | 30                    | 22                                                                         | 32  | 39  | 44  | 47  | 49  | 50  | 52   | 55  | 58   | 60  | 62   | 64  | 66  | 68  | 70  | 73  |
|                                       |     | 50                     | 30                    | 10                    | 20                                                                         | 26  | 34  | 38  | 41  | 43  | 45  | 47   | 50  | 53   | 55  | 57   | 59  | 62  | 64  | 66  | 69  |
|                                       |     | 30                     | 10                    | 10                    | 17                                                                         | 23  | 30  | 34  | 37  | 39  | 41  | 43   | 46  | 48   | 51  | 53   | 55  | 58  | 61  | 62  | 64  |
| НПБ                                   | 1,4 | 70                     | 50                    | 30                    | 23                                                                         | 28  | 31  | 38  | 39  | 42  | 43  | 46   | 49  | 52   | 54  | 56   | 58  | 60  | 62  | 63  | 65  |
|                                       |     | 50                     | 30                    | 10                    | 20                                                                         | 25  | 29  | 34  | 36  | 38  | 39  | 41   | 44  | 46   | 48  | 50   | 51  | 53  | 56  | 57  | 58  |
|                                       |     | 30                     | 10                    | 10                    | 17                                                                         | 20  | 25  | 30  | 33  | 34  | 35  | 37   | 39  | 41   | 44  | 45   | 47  | 50  | 52  | 53  | 56  |
| НПО                                   | 1,8 | 70                     | 50                    | 30                    | 10                                                                         | 15  | 19  | 21  | 24  | 26  | 27  | 28   | 31  | 33   | 35  | 37   | 39  | 43  | 45  | 47  | 50  |
|                                       |     | 50                     | 30                    | 10                    | 7                                                                          | 10  | 14  | 16  | 18  | 20  | 21  | 23   | 25  | 27   | 29  | 30   | 32  | 35  | 37  | 39  | 42  |
|                                       |     | 30                     | 10                    | 10                    | 5                                                                          | 7   | 10  | 12  | 15  | 17  | 18  | 19   | 21  | 22   | 23  | 25   | 27  | 29  | 31  | 32  | 35  |
| Світильники з люмінесцентними лампами |     |                        |                       |                       |                                                                            |     |     |     |     |     |     |      |     |      |     |      |     |     |     |     |     |
| ЛПП                                   | 1,4 | 70                     | 50                    | 30                    | 30                                                                         | 34  | 38  | 42  | 45  | 47  | 50  | 53   | 57  | 60   | 62  | 64   | 65  | 67  | 69  | 70  | 72  |
|                                       |     | 50                     | 30                    | 10                    | 25                                                                         | 29  | 33  | 36  | 39  | 42  | 44  | 48   | 52  | 54   | 57  | 59   | 60  | 63  | 65  | 66  | 69  |
|                                       |     | 30                     | 10                    | 10                    | 20                                                                         | 25  | 29  | 33  | 35  | 38  | 40  | 43   | 47  | 51   | 54  | 56   | 57  | 60  | 62  | 64  | 66  |
| ПВЛ                                   | 1,5 | 70                     | 50                    | 30                    | 22                                                                         | 28  | 32  | 35  | 38  | 41  | 43  | 46   | 50  | 53   | 55  | 57   | 59  | 61  | 63  | 65  | 67  |
|                                       |     | 50                     | 30                    | 10                    | 16                                                                         | 21  | 24  | 27  | 30  | 32  | 34  | 37   | 40  | 43   | 45  | 47   | 48  | 50  | 52  | 54  | 56  |
|                                       |     | 30                     | 10                    | 10                    | 14                                                                         | 18  | 21  | 24  | 27  | 29  | 31  | 34   | 37  | 40   | 42  | 44   | 45  | 48  | 50  | 51  | 53  |

Вибираємо для люмінесцентних ламп та індексу приміщення  $\eta = 60\%$

Визначаємо сумарний світловий потік освітлювальної установи в даному приміщенні:

$$\Phi_{\Sigma} = \frac{E_H \cdot A \cdot B \cdot Z \cdot k_z}{\eta} = \frac{500 \cdot 7 \cdot 5 \cdot 1.1 \cdot 1.4}{60} = 449,1 \quad (6.7)$$

де  $\Phi_{\Sigma}$  – розрахункове значення сумарного світлового потоку у приміщенні, лм;

$E_H$  – нормоване значення освітленості, лк;

$S$  – площа освітлюваної поверхні, м<sup>2</sup>;

$k_z$  – коефіцієнт запасу;

$z$  – коефіцієнт нерівномірності (мінімальної) освітленості;

$\eta$  – коефіцієнт використання світлового потоку

Визначаємо максимальну відстань  $L_{max}$  між рядами та сусідніми світильниками у ряду:

$$L_{max} = [L/h] \times h = 1,4 \times 1,78 = 2,49 \text{ м} \quad (6.8)$$

де  $[L/h]$  – числове значення коефіцієнта світильника (табл. 6.3)

Визначаємо кількість рядів світильників у приміщенні:

$$N_p = \frac{B}{L_{max}} = \frac{5}{2.49} = 2 \quad (6.9)$$

Визначаємо умовну загальну кількість світильників у приміщенні, виходячи з позиції розташування їх у вершинах квадрата:

$$N^* = A \times B / L_{max}^2 = 35 / 2.49^2 = 5,6 \quad (6.10)$$

Приймаємо  $N^* = 6$ .

#### **6.4 Заходи з пожежної безпеки**

Після проведення аналізу матеріалів, які використовуються при виробництві в трубному цеху було з'ясовано, що виробничий цех належить до категорії Г підричний, вибухонебезпечності й пожежної небезпеки згідно СНІП 2.09.02 – 85 «Норми проектування. Виробничі будинки промислових підприємств».

Відповідно до ДБН В.1.1.7 – 2002 «Пожежна безпека об'єктів будівництва» і категорії виробництва по пожежній безпеці визначаємо, що даний цех належить до II ступеню вогнестійкості.

У цеху передбачені шляхи евакуації робітників у випадку пожежі. Евакуаційні переходи спроектовані згідно ДБН В.1.1.7 – 2002 без перепадів висот і встаткування, яке не зменшує нормоване поперечне перетинання переходу. Евакуаційні переходи обладнані також вогнестійкими рамами, які є перешкодою до поширення вогню в переходи. Сходові маршрути спроектовані згідно правил: ширина сходового майданчика рівняється 2.5 метра, які більше припустимого; ухил сходів визначений як 1:1, що допускається за технічними нормами; ширина сходів рівняється 0.7 метра, а висота щабля – 0,25 метра. Евакуаційні виходи спроектовані по вимогах правил вищезгаданого ДБН. Цех

має 4 евакуаційних виходу, які розташовані з усіх боків цеху. Ширина й висота просвітів евакуаційних виходів нормується по НД і визначена, як 2,35 і 1.2 метра відповідно. Двері евакуаційних виходів відкриваються убік виходу людей з будинку. Максимальне віддалення від самого віддаленого робочого місця до евакуаційного виходу – 35 метрів.

Устаткування пристрою, освітлювальні й силові мережі повністю відповідають вимогам пожежної безпеки. Легкозаймисті частини пристрою (кранові канати, електродвигуни) відповідають вітчизняним стандартам пожежної безпеки. Силові мережі, максимально захищені від можливості загоряння відповідно до вітчизняних стандартів.

Для виявлення пожежної небезпеки в приміщенні цеху використовується спеціальні системи. У цеху під стелею встановлені уловлювачі диму (прикріплені до стелі на рівні колон), так само датчики встановлені поруч із прокатними станами. При виявленні пожежного диму датчики уловлювачі посиляють сигнал на систему сигналізації про пожежу. У цеху встановлені пожежні сигналізації ( над евакуаційними виходами) і використані масивні сигналізатори цехового планування зі світловим і звуковим оповіщенням.

Враховуючи пожежну небезпеку виробництва передбачена наступна система протипожежних заходів: у проекті будинку передбачене пожежне водопостачання й також установлені вогнегасники, ящики з піском і пожежні щити. Протипожежний водопровід з'єднується з господарсько-питним або виробничим водопроводом. Вільний натиск у мережі протипожежного водопроводу низького тиску при пожежогасінні становить не менш 10 м. Норм витрати води на внутрішнє пожежогасіння ухвалюється з розрахунку двох пожежних струменів продуктивністю не менш 4 л/сек кожна. У будинку встановлено 2 пожежних крана з рукавами та брансбойтами.

На ділянці цеху прийняте:

- Вогнегасник ОП – 4 – 8 шт.;
- ящик з піском 0,5 м – 4 шт;

– пожежний щит з лопатою, багром, цебром і ін. – 4 шт.

Проведемо розрахунок блискавковідводу, який розміщений на даху будівлі блискавковідвід до 2 категорії за рівнем блискавкозахисту (рис. 6.1).

Довжина будинку:  $L = 110 \text{ м}$ ;

Ширина будинку:  $S = 55 \text{ м}$ ;

Найбільша висота будинку:  $h_x = 14 \text{ м}$ ;

Фактична висота будинку:  $h = 16 \text{ м}$ ;

Середня інтенсивність грозової діяльності: більше  $100 \text{ година/рік}$ ;

Середньорічна кількість ударів блискавок на  $1 \text{ км}^2$  поверхні землі:  $8,5 \text{ шт/рік}$ ;

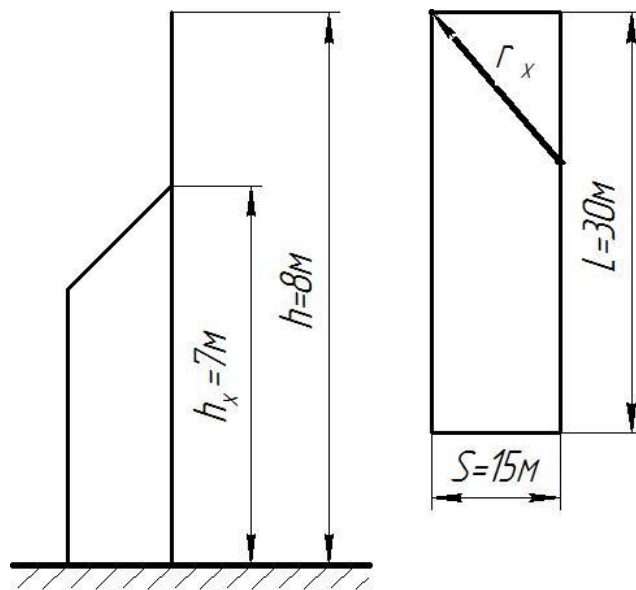


Рисунок 6.1 – Місце розташування блискавковідводу та розміри, що захищають спорудження

Виходячи з умови категорія блискавкозахисту – 2.

Очікувана кількість поразок блискавкою будинку об'єкта без блискавкозахисту за рік:

$$N = [(S + 6h_x) \cdot (L + 6h_x) - 7,7h_x^2] \cdot n10^{-6} \quad (6.11)$$

$$N = [(55 + 6 \cdot 14) \cdot (110 + 6 \cdot 14) - 7,7 \cdot 14^2] \cdot 8,5 \cdot 10^{-6} = 2,16 \cdot 10^{-3} \text{ шт}$$

Відповідно до значення  $N$ , тип зони захисту – Б.

Визначимо  $r_x$  (радіус кола горизонтального перетину на висоті  $h_x$ ) для зони захисту одинарного стрижневого блискавковідводу (рис. 5.1):

$$r_x = \sqrt{S^2 + \left(\frac{L}{2}\right)^2}; \quad (6.12)$$

$$r_x = \sqrt{55^2 + \left(\frac{110}{2}\right)^2} = 77,78 \text{ м.}$$

Необхідна висота блискавковідводу ( для зони Б):

$$h = \frac{(r_x + 1,63 \cdot h_x)}{1,5}; \quad (6.13)$$

$$h = \frac{(77,78 + 1,63 \cdot 14)}{1,5} = 67,07 \text{ м}$$

Висота блискавковідводу недостатня для захисту даного будинку. Найбільш раціональним є установка декількох блискавковідводів або блискавковідводу на більшій висоті.

## 6.5 Заходи з безпеки в надзвичайних ситуаціях

В рамках даної магістерської роботи виконано заходи з цивільної оборони. Розглянуто питання порядок планування, організації, проведення і забезпечення евакуації робітників, службовців промислового об'єкта та населення.

Евакуації підлягає населення, яке проживає в населених пунктах, що знаходяться у зонах можливого катастрофічного затоплення, можливого

небезпечного радіоактивного забруднення, хімічного ураження, в районах виникнення стихійного лиха, аварій і катастроф (якщо виникає безпосередня загроза життю та здоров'ю людей).

Залежно від обстановки, яка склалася на час надзвичайної ситуації техногенного та природного характеру, може бути проведено загальну або часткову евакуацію населення тимчасового або безповоротного характеру.

Загальна евакуація проводиться за рішенням Кабінету Міністрів України для всіх категорій населення і планується на випадок:

Часткова евакуація проводиться за рішенням Кабінету Міністрів України у разі загрози або виникнення надзвичайної ситуації техногенного та природного характеру. Евакуаційні заходи здійснюються Радою міністрів Автономної Республіки Крим, місцевими органами виконавчої влади, органами місцевого самоврядування.

Проведення організованої евакуації з виробничих та інших приміщень і будівель, запобігання проявам паніки і недопущення загибелі людей забезпечується шляхом:

- 1) планування евакуації людей (складання плану евакуації з приміщення);
- 2) визначення зон, придатних для розміщення евакуйованих з потенційно небезпечних зон;
- 3) організації оповіщення керівників підприємств і людей про початок евакуації;
- 4) організації управління евакуацією;
- 5) навчання населення діям під час проведення евакуації.

Евакуація населення з будівель і приміщень проводиться способом, який передбачає організоване виведення основної частини людей із секторів надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру через усі можливі виходи пішим ходом по заздалегідь розроблених маршрутах.

Під час проектування і експлуатації споруд та інших об'єктів господарювання, наслідки діяльності яких можуть шкідливо вплинути на безпеку населення та довкілля, обов'язково розробляються і здійснюються заходи інженерного захисту з метою запобігання виникненню надзвичайної ситуації техногенного та природного характеру.

До всіх будівель і споруд має бути забезпечений вільний доступ. Протипожежні розриви між будинками, спорудами, відкритими майданчиками для зберігання матеріалів, устаткування тощо повинні відповідати вимогам будівельних норм. Їх не дозволяється захаращувати, використовувати для складування матеріалів, устаткування, стоянок транспорту, будівництва та встановлення тимчасових будинків і споруд, у тому числі інвентарних побутових приміщень, індивідуальних гаражів тощо.

Територія підприємств та інших об'єктів повинна мати зовнішнє освітлення, яке забезпечує швидке знаходження пожежних драбин, протипожежного обладнання, евакуаційних виходів будинків та споруд.

На території промислової будівлі чи споруди на видних місцях повинні бути розміщені плани евакуації, встановлені таблички із зазначенням порядку виклику пожежної охорони, знаки місць розміщення первинних засобів пожежогасіння.

У разі перепланування приміщень, зміни їх функціонального призначення, застосування нового технологічного устаткування необхідно дотримуватися протипожежних вимог чинних нормативних документів будівельного та технологічного проектування. Не дозволяється зниження проектних меж вогнестійкості конструкцій та погіршення умов евакуації людей. Стаціонарні зовнішні пожежні сходи, сходи на перепадах висот і огорожі на дахах (покриттях) будівель та споруд повинні утримуватися постійно справними, бути пофарбованими.

У разі необхідності встановлення на вікнах приміщень, де перебувають люди, ґратів, останні повинні розкриватися, розсуватися або зніматися. Під час перебування в цих приміщеннях людей ґрати мають бути відчинені (зняті).

Під час виробничих приміщень з масовим перебуванням людей слід дотримуватись таких вимог - при кількості людей понад 50 осіб використовувати приміщення, забезпечені не менше ніж двома евакуаційними виходами, що відповідають вимогам будівельних норм, не мають на вікнах глухих ґрат і розташовані не вище другого поверху в будівлях з горючими перекриттями.

Евакуаційні шляхи і виходи повинні утримуватися вільними, нічим не зашарашуватися і в разі виникнення надзвичайної ситуації забезпечувати безпеку під час евакуації всіх людей, які перебувають у приміщеннях будівель та споруд.

Кількість та розміри евакуаційних виходів з будівель і приміщень, їхні конструктивні й планувальні рішення, умови освітленості, забезпечення незадимленості, протяжність шляхів евакуації, їх облицювання (оздоблення) повинні відповідати протипожежним вимогам будівельних норм.

У разі розміщення технологічного, експозиційного та іншого обладнання в приміщеннях повинні бути забезпечені евакуаційні проходи до сходових кліток та інших шляхів евакуації відповідно до будівельних норм.

У приміщенні, яке має один евакуаційний вихід, дозволяється одночасно розміщати (дозволяється перебування) не більше 50 осіб.

Двері на шляхах евакуації повинні відчинятися в напрямку виходу з будівель (приміщень).

Допускається влаштування дверей з відчиненням усередину приміщення в разі одночасного перебування в ньому не більше 15 чоловік, а також у санвузлах, з балконів, лоджій, площадок зовнішніх евакуаційних сходів (за винятком дверей, що ведуть у повітряну зону незадимлюваної сходової клітки).

При наявності людей у приміщенні двері евакуаційних виходів можуть замикатися лише на внутрішні запори, які легко відмикаються.

Килими, килимові доріжки й інші покриття підлоги у приміщеннях з масовим перебуванням людей повинні надійно кріпитися до підлоги і бути малонебезпечними щодо токсичності продуктів горіння, а також мати помірну димоутворюючу здатність (за ГОСТ 12.1.044-89). Сходові марші і площадки повинні мати справні огорожі з поручнями, котрі не повинні зменшувати встановлену будівельними нормами ширину сходових маршів і площадок. Сходові клітки, внутрішні відкриті та зовнішні сходи, коридори, проходи та інші шляхи евакуації мають бути забезпечені евакуаційним освітленням відповідно до вимог будівельних норм та правил улаштування електроустановок. Світильники евакуаційного освітлення повинні вмикатися з настанням сутінків у разі перебування в будівлі людей.

Шляхи евакуації, що не мають природного освітлення, повинні постійно освітлюватися електричним світлом (у разі наявності людей).

У виробничих приміщеннях без природного освітлення за наявності більше 50 працюючих (або якщо площа перевищує 150 м), а також в інших випадках, зазначених у нормативних документах, евакуаційні виходи повинні бути позначені світловими покажчиками з написом "Вихід" білого кольору на зеленому фоні, підключеними до джерела живлення евакуаційного (аварійного) освітлення, або такими, що переключаються на нього автоматично в разі зникнення живлення на їх основних джерелах живлення. Світлові покажчики "Вихід" повинні постійно бути справними.

На випадок відключення електроенергії обслуговуючий персонал будівель, де у вечірній та нічний час можливе масове перебування людей (театри, кінотеатри, готелі, гуртожитки, ресторани, лікарні, інтернати, дитячі дошкільні заклади та ін.), повинен мати електричні ліхтарі. Кількість ліхтарів визначається адміністрацією, виходячи з особливостей об'єкта, наявності чергового персоналу, кількості людей у будівлі (але не менше одного ліхтаря на кожного працівника, який чергує на об'єкті у вечірній або нічний час).

## ВИСНОВКИ

Вперше запропоновано методику розрахунку просторових траверс-контейнерів для транспортування труб різних перетинів в умовах металургійного виробництва.

В результаті проведення перевірочних розрахунків металоконструкції контейнера доведена його працездатність за умовою неперевищення рівня допустимих напружень, при експлуатації в умовах металургійних виробництв.

Визначено вимоги до експлуатації контейнера, а саме до рівномірності розподілу вантажу (труб) поміж канатів-розтяжок.

Локалізовані найбільш навантажені вузли МК і встановлені вимоги до механічної обробки їх зварних швів та контролю їх якості.

Зроблено розрахунок і обрана марка канатів-розтяжок контейнера для утримання труб - ПАТ 16 (50) мм 158 ктекс Г ГОСТ 30055-93.

В дипломному проекті розглянуто потенційні небезпеки, пов'язані із проектуванням, випробуванням та експлуатацією траверси. Приведено заходи щодо забезпечення техніки безпеки, санітарних норм, пожежної безпеки та безпеки в надзвичайних ситуаціях.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. ГОСТ 5949-75, Сталь сортовая и калиброванная коррозионно-стойкая, жаростойкая и жаропрочная. Технические условия.
2. Матвеев В.В; Крупин Н. Ф. Примеры расчета такелажной оснастки.: Учеб. Пособие для техникумов. 4-е изд., переаб. и доп. – Л.: Стройиздат. Ленинградское отд, 1987. – 320 с.
3. ГОСТ 10052-75 Electrodes покрытые металлические для ручной дуговой сварки высоколегированных сталей с особыми свойствами. Типы.
4. Электронная библиотека материалов SolidWorks materials. – Dassault systemes, 2015.
5. Меркин Д. Р. Введение в механику гибкой нити. — М.: Наука, 1980. — 240 с.
6. Николаев Г.А. Сварные конструкции. Прочность сварных соединений и деформации конструкций / Г.А. Николаев, С.А. Куркин, В.А. Винокуров. – М.: Высшая школа, 1982. – 272 с.
7. НПАОП 0.00-1.01-07. Правила будови і безпечної експлуатації вантажопідіймальних кранів. – Харків: Індустрія, 2008. – 368 с.
8. ГОСТ 30055-93 Канаты из полимерных материалов и комбинированные. Технические условия.
9. Грузозахватные приспособления и тара. Учебное пособие / М.н. Хальфин и др.; под общ. Ред. М.Н. Хальфина. -Ростов на Дону: Феникс, 2006. – 144с.
10. Сборник задач по сопротивлению материалов под ред. Кагурина В.К., Главная редакция, физико-математической литературы, изд-во «Наука». М., 1970. – 433 стр.
11. ГОСТ 6711-81 Краны мостовые электрические общего назначения грузоподъемностью от 80 до 500 т. Основные параметры и размеры. – М: Издательство стандартов, 1982. – 48 с.

12. Алямовский А.А. Инженерные расчёты в SolidWorks Simulation / А.А. Алямовский. М.: ДМК Пресс, 2010. – 464 с.
13. Алямовский А.А. COSMOSWorks. Основы расчёта конструкций на прочность в среде SolidWorks / А.А. Алямовский. – М.: ДМК Пресс, 2010. – 784 с.
14. Черепашков А.А. Компьютерные технологии, моделирование и автоматизированные системы в машиностроении / А.А. Черепашков, Н.В. Носов. – Волгоград: «Ин-фолио», 2009. – 640 с.
15. SolidWorks 2013. Analysis Solvers. [Электронный ресурс]. – Электрон. текстовые, граф., зв. дан. и прикладная прогр. – Dassault Systemes. – 2013.
16. Абрамович И.И. Грузоподъёмные краны промышленных предприятий : Справочник / И.И. Абрамович, В.Н. Березин, А.Г. Яуре. – М.: Машиностроение, 1989. – 360 с.
17. Справочник по кранам: в 2 т. Т.1 / Александров М.П., Гокберг М.М., Ковин А.А. и др. – Л.: Машиностроение, 1988. – 559 с.
18. Расчеты крановых механизмов и их деталей. ВНИИПТМАШ. – М.: Машиностроение, 1971. – 496 с.
19. Шеффлер М., Пайер Г., Курт Ф. Основы расчета и конструирования подъемно – транспортных машин. – М.: Машиностроение, 1980. – 255 с.
20. Александров М.П. Грузоподъемные машины [Текст] : Учебник для вузов / М.П. Александров. – М.: Высшая школа, 2000. – 552 с.
21. Вайнсон А.А. Подъемно – транспортные машины. – М.: Машиностроение, 1989. – 536 с.
22. Справочник по сопротивлению материалов / Писаренко Г.С., Яковлев А.П., Матвеев В.В. – Киев: Наук. Думка, 1988. – 736 с.
23. НПАОП 0.00-7.11-12. Загальні вимоги стосовно забезпечення роботодавцями охорони праці працівників / Зареєстровано в Міністерстві юстиції України 14 лютого 2012 за № 226/20539, 2012. – 68 с.

24. ДБН В.2.5-28:2018. Інженерне обладнання будинків і споруд / Природне і штучне освітлення. Чинні з 28.02.2019. – 43 с.
25. ДСН 3.3.6.042-99. Санитарные нормы микроклимата производственных помещений. 1999. – 45 с.
26. ДНАОП 63.11-7.01-86. Работы погрузочно-разгрузочные. общие требования безопасности. 1986. – 85 с.
27. НПАОП 0.00-1.30-01. Правила безпечної роботи з інструментом та пристроями. 2001. – 113 с.
28. ДСанПіН 3.3.2-007-98 Державні санітарні правила і норми. Гігієнічні вимоги до організації роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин. 1998. – 115 с.