

Вінницький національний технічний університет

(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет будівництва, теплоенергетики та газопостачання

(повне найменування інституту, назва факультету (відділення))

Кафедра будівництва, міського господарства та архітектури

(повна назва кафедри (предметної, циклової комісії))

Пояснювальна записка до магістерської кваліфікаційної роботи

магістр

(освітньо-кваліфікаційний рівень)

на тему: «Раціональні опорні металокорпуси судноавантажувачів зі стрічковими конвеєрами»

08.08 МКР.008.00.000. ПЗ

Виконав: магістрант 2 курсу, групи Б-18м
спеціальності

192 – Будівництво та цивільна

інженерія

(шифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)

Курдибаха В.М.

(прізвище та ініціали)

Керівник Попов В.О.

(прізвище та ініціали)

Опонент _____

(прізвище та ініціали)

Анотація

У статті виконано скінчено-елементне моделювання напружено-деформованого стану будівельних конструкцій стрічкового суднонавантажувача закордонного виробництва, що зазнав втрат від корозії, від кліматичних та технологічних впливів засобами програмного комплексу SCAD. В результаті аналізу розробленої тривимірної моделі, виявлено найбільш навантажені ділянки металевого каркасу суднонавантажувача, якими, в основному, виявилися елементи верхнього та нижнього поясів стріли та несучі конструкції площадки приводу підйому стріли. Оцінено технічний стан навантажених конструкцій та інших несучих конструктивних елементів. Визначено коефіцієнти запасів міцності та стійкості споруди, виявлено перевантажені ділянки. Визначено, що пульсаційний вітровий вплив може призвести до небезпечних розхитувань споруди, яка знаходиться у робочому стані з горизонтально розташованою стрілою та подаючою голівкою, зафіксованою в положенні для навантаження балкерів. Доведено, що загальна стійкість положення суднонавантажувача може бути порушена внаслідок ковзання по поверхні рейкових колій навіть за умови безвідмовної роботи стоянкових гальмівних систем. На основі принципів раціонального проектування запропоновані рекомендації з подальшої модернізації споруди та раціональні методи підсилення, які полягають у заміні дефектних конструктивних елементів стріли на нові, оброблені цинковмістким покриттям без збільшення загальної ваги стріли. На інших конструктивних елементах суднонавантажувача допускається підсилення дефектних конструкцій нарощуванням перерізу. Рекомендовано на час штормового попередження зберігати споруду у неробочому стані із стрілою, піднятою догори, улаштувати страхувальні розчалки та додаткові якірні системи для недопущення ковзання. Розроблено інші рекомендації з подальшої безпечної експлуатації суднонавантажувача з урахуванням результатів розрахунку.

Abstract

The scientific work contains a finite element modeling of the stress-strain state of the structures of a foreign manufactured belt ships loader, taking into account wear from corrosion, from the effects of climatic and technological impacts of SCAD software systems. As a result of the analysis of the developed three-dimensional model, the most loaded sections of the metal frame of the ship loader were identified, which turned out to be elements of the upper and lower boom belts and supporting structures of the boom lift drive platform. Have been evaluated the technical condition of the loaded structures and other supporting structural elements. Have been determined the factors of safety and stability of the structure were determined, and have been identified its overloaded areas. Have been determined that the pulsation component of the wind pressure can lead to dangerous swinging of the structure, which is in the working position with a horizontal boom and feed head fixed in the position for loading of bulk carriers. Have been proven that the general stability of the position of the ship loader may be impaired due to sliding over the surface of the rails even under the condition of trouble-free operation of the parking systems. In accordance with the principles of rational design, recommendations for further modernization of the structure and rational amplification methods are proposed, the essence of which is to replace defective structural elements of the boom with new ones treated with zinc-containing coating without increasing the total weight of the boom. On other structural elements of the ship loader, it is allowed to reinforce defective structures by increasing the section. It is recommended to keep the structure in a non-working position with the boom raised up in case of a storm warning, to install safety lines and additional anchor systems to prevent slipping. Other recommendations have been developed for the further safe operation of the ship loader based on the results of the calculation.

Зміст листів графічної частини

№ листа	Найменування	Примітка
1	Тема, мета дослідження, Актуальність, Наукова новизна, Практичне значення	
2	Основні задачі досліджень	
3	Загальні відомості про судноавантажувачі	
4	Загальний вигляд і технічні характеристики	
5	Стан питання з дослідження судноавантажувачів	
6	Схема і модель металокаркасу	
7	Загальна схема зношених конструкцій судноавантажувача №7.1	
8	Дефекти і підсилення елементів стріли	
9	Дефекти і підсилення елементів подаючої голівки	
10	Дефекти та підсилення елементів гойдальної опори	
11	Висновки	

ЗМІСТ

ВСТУП.....	3
1. Огляд літературних джерел.....	8
1.1 Характеристика судноавантажувачів.....	8
1.2 Історія виникнення і застосування судноавантажувачів.....	9
1.3 Вітчизняні дослідження в області.....	15
1.4 Класифікація судноавантажувачів.....	21
1.5 Конструктивні рішення.....	27
1.6 Проблеми експлуатації.....	32
1.7 Мета і задачі досліджень.....	34
2. Моделювання напружено-деформованого стану будівельних конструкцій судноавантажувачів.....	35
2.1 Опис методів моделювання.....	35
2.2 Приклад судноавантажувача.....	36
2.2.1 Опис судноавантажувача.....	36
2.2.2 Опис конструкції.....	37
2.3 Сейсмічний вплив.....	44
2.4 Динамічні впливи.....	44
2.5 Висновки по динамічному розрахунку.....	60
2.6 Знос елементів.....	61
2.7 Опис моделі.....	62
2.8 Результати розрахунку.....	67
2.8.1 Перевірочний розрахунок траверси.....	69
2.8.2 Перевірочний розрахунок гойдальної опори.....	69
2.8.3 Перевірочний розрахунок рами порталу.....	70
2.8.4 Перевірочний розрахунок верхньої рами порталу.....	71
2.8.5 Результати розрахунку рами пілону.....	72
2.8.6 Результати розрахунку стріли.....	73
2.9 Висновки моделювання.....	73
3. Конструкторські заходи з підсилення елементів за результатами аналізу.....	76

3.1 Конструктивна характеристика елементів, що підсилюються.....	76
3.1.1 Конструктивна характеристика каркасу.....	76
3.1.2 Конструктивна характеристика стріли.....	78
3.2 Заходи з підсилення елементів конструкції.....	80
3.2.1 Підсилення елементів стріли.....	80
3.2.2 Підсилення елементів подаючої голівки.....	85
3.2.3 Підсилення елементів гойдальної опори.....	90
3.2.4 Підсилення елементів верхньої частини рами порталу.....	93
3.3 Висновки з конструювання.....	95
4. Економічна частина.....	96
5. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях.....	105
5.1 Технічні рішення щодо безпечного виконання робіт.....	105
5.1.1 Безпека щодо організації робочих місць.....	106
5.1.2 Електробезпека.....	108
5.2 Технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії.....	112
5.2.1 Мікроклімат та склад повітря робочої зони.....	112
5.2.2 Виробниче освітлення.....	114
5.2.3 Виробничі віброакустичні коливання.....	116
5.2.4 Психофізіологічні фактори.....	118
5.3 Безпека в надзвичайних ситуаціях.....	120
5.5 Висновки по охороні праці.....	121
ВИСНОВКИ.....	122
ЛІТЕРАТУРА.....	125
ДОДАТКИ.....	128
Додаток А. Завдання на проектування.....	129
Додаток Б. Графічна частина.....	136

ВСТУП

Актуальність теми

В Україні на цей час накопичилася значний обсяг технологічного устаткування, яке обслуговує підприємства хімічної, енергетичної, металургійної промисловості. Одним з типів таких конструкцій є суднонавантажувачі – висотні каркасні споруди, виготовлені, в основному з металу, що відвантажують готову продукцію на судна в умовах порту. Більшість суднонавантажувачів в Україні є зношеними внаслідок тривалої (від 20 до 50-ти років) експлуатації від дії навколишнього середовища та динамічних і вібраційних впливів. Це призводить до небезпеки подальшої експлуатації таких споруд, і, з часом, до виникнення аварійних ситуацій.

Тому доцільним і актуальним є узагальнення інженерного досвіду з проектування суднонавантажувачів, дослідження будівельних конструкцій суднонавантажувачів з метою виявлення найбільш проблемних ділянок шляхом моделювання їх напружено-деформованого стану, а також, розробки методики усунення дефектів.

Грунтовні дослідження впливів збурених вібрації і коливань металокаркасів від приводів машинного відділення суднонавантажувачів та динамічної складової вітрового впливу дозволить раціоналізувати конструктивні рішення підсилення та, в подальшому, оптимізувати проектування нових суднонавантажувачів.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами

Робота виконувалась за одним із напрямків діяльності кафедри БМГА в рамках кафедральної науково-дослідної роботи 6ОК1/14 “Дослідження напружено-деформованого стану системи будівля-фундамент-основа в цілому

та окремих її елементів і інноваційних технологій автоматизованого проектування, документування і управління проектами об'єктів будівництва”, науковий напрямок “Оптимізація металевих, бетонних і сталобетонних конструкцій”, тема “Раціональні опорні металокаркаси судноавантажувачів зі стрічковими конвеєрами”.

Мета дослідження полягає у розробці моделей напружено-деформованого стану судноавантажувачів, що зазнали втрат перерізів від корозії, та зменшення загальної жорсткості системи, з урахуванням зміни амплітудно-частотних характеристик їх власних коливань для раціонального проектування підсилення.

Для досягнення мети необхідним є розв'язок наступних задач:

- проаналізувати світові дослідження в області проектування судноавантажувачів;
- розробити скінчено-елементну модель напружено-деформованого стану будівельних конструкцій металокаркасу судноавантажувача, типового для території України;
- виявити найбільш напружені ділянки моделей, враховуючи нерівномірний корозійний знос елементів споруди, використовуючи інженерний досвід провідних будівельних установ;
- оцінити небезпеку впливу збуреної вібрації від машин та механізмів споруди на стан несучих конструкцій судноавантажувача;
- розробити методика з раціонального підсилення конструкцій подібних судноавантажувачів, яка б базувалась, в основному, на покращенні противібраційних характеристик споруди.

Об'єктом досліджень є опорні металокаркаси судноавантажувачів зі стрічковими транспортерами.

Предметом досліджень є напружено-деформований стан основних несучих конструкцій суднонавантажувачів.

Методи дослідження

Застосовані відомі методи класичної будівельної механіки, опору матеріалів та методу скінчених елементів для дослідження моделей напружено-деформованого стану металевих конструкцій, а також, методи математичного та статистичного аналізу для узагальнення результатів розрахунків.

Наукова новизна отриманих результатів

1. Проведено систематизацію наукових та інженерних відомостей щодо моделювання, розрахунку і конструювання суднонавантажувачів.
2. Розроблена модель напружено-деформованого стану будівельних конструкцій типового суднонавантажувача під дією кліматичних впливів, яка дозволяє локалізувати небезпечні ділянки металокаркасу.
3. Розроблена модель напружено-деформованого стану будівельних конструкцій типового суднонавантажувача, послаблених корозією, під дією збурених вібраційних впливів. Доведено, що корозійний знос елементів не значно впливає на міцнісні характеристики, однак суттєво погіршує динамічні характеристики системи аж до появи небезпечних явищ резонансу.
4. Запропоновані методи раціонального підсилення найбільш проблемних конструкцій, які полягають у зміні форми перерізу цих елементів на більш раціональну без суттєвого збільшення маси споруди.

Практичне значення роботи

1. Виконано узагальнення конструктивних рішень суднонавантажувачів, що використовуються в світі на даний час.
2. Розроблено принципові конструктивні рішення з раціонального підсилення елементів, які можуть бути впроваджені на подібних суднонавантажувачах.
3. Змодельовано металокаркас суднонавантажувача із врахуванням кліматичних і вібраційних впливів.

Апробація результатів магістерської роботи. Основні положення та результати роботи були повідомлені і обговорювались на Міжнародній науково-технічній конференції «Енергоефективність в галузях економіки України» 14 – 14 листопада 2019 р., секція №1.

Публікації

Основний зміст та результати викладені у 3 статтях у наукових збірниках, 2 статті надруковано, 1 готується до друку, а саме:

1. Попов В.О., Курдибаха В.М. Інженерний досвід візуального та інструментального обстеження суднонавантажувачів. Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві. Науково-технічний збірник. Вінниця, ВНТУ, 2018-2. С. 12 - 18.
2. Попов В.О., Курдибаха В.М. Моделювання будівельних конструкцій суднонавантажувача під дією кліматичних впливів. Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві. Науково-технічний збірник. Вінниця, ВНТУ, 2019-1. С. 13 - 20.
3. Попов В.О., Грицун О.В., Курдибаха В.М. Моделювання будівельних конструкцій суднонавантажувача під дією кліматичних впливів. Сучасні

технології, матеріали і конструкції в будівництві. Науково-технічний збірник. Вінниця, ВНТУ, 2019.

Структура і обсяг роботи.

Магістерська дипломна робота складається зі вступу, 3 розділів, висновків, списку використаних джерел та літератури.

РОЗДІЛ 1

ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ

1.1 Характеристика суднонавантажувачів

Суднонавантажувачі – це великі машини, які призначені для завантаження як об’ємних так і сипучих матеріалів, таких як: металева руда, вугілля, добрива, хімікати, зерно, в контейнери або, безпосередньо, на вантажні судна. Зазвичай розміщуються в портах і причалах.

Більшість з них – порталні рейкові споруди, які весь час знаходяться в межах своєї певної зони і сприймають циклічні впливи, але є також мобільні версії.

В основному складаються зі стріли, стрічкового конвеєра, який має рифлене покриття для підняття і перенесення продукту та будівельної конструкції, яка є каркасом машини. Зазвичай встановлюються на рейках, іноді на колесах і можуть переміщуватися, щоб мати можливість покрити всю вантажну площу судна. Верхня частина в залежності від будови також може рухатися вперед і назад, вгору і вниз окремими дисками так, щоб адаптуватися до суден.

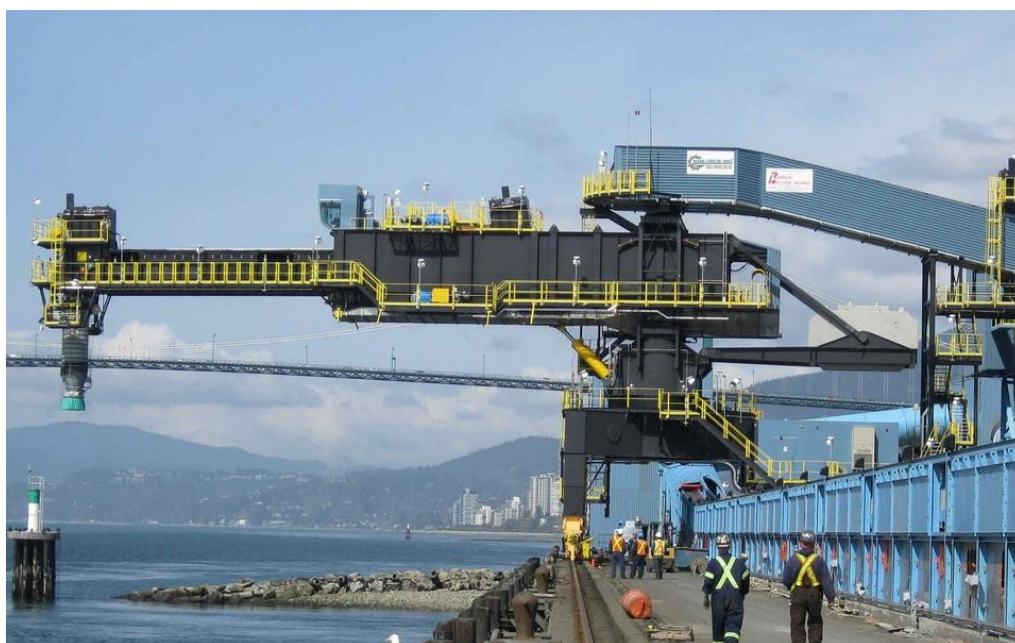


Рис. 1.1 – Загальний вигляд суднонавантажувача фірми «EMS Tech Inc.»

Використовуються у більшості портів світу, як морських, так і річкових в таких країнах, як: в більшій мірі – США, Канада, Бразилія, Швеція, Норвегія, Китай, Японія, Німеччина, Індія, Австралія, країни Африки, менше – Росія, Україна, Португалія, Італія, Іспанія, країни близького сходу, Центральної Америки.

На даний час провідними країнами-виробниками конструкцій суднонавантажувачів є США, Німеччина, Франція, Китай, Нідерланди, Росія.

Провідні німецькі виробники: «Liebherr», «Kranbau Eberswalde», «POHLING-HECKEL-BLEICHERT», «Sennebogen», «AMS GmbH» та інші.

В США виробниками портових конструкцій є «EMS Tech Inc.», «P&H», «ACE», «Deep South Crane and Rigging», «TRANS-SERVICE GEORGIA».

В Нідерландах в основному виробництвом займається фірма «Gottwald».

Провідними виробниками в Китаї є: «Hitachi», «XCMG», «Nucleon», «Xiexing», «Weihua Crane» та «ZPMC», яка займає 80% ринку портових порталних споруд.

В Росії основними виробниками є фірми «СММ» та «Baltcrane».

До основних французьких виробників можна віднести «Joseph Paris» і «SA French».

Історично склалося, що на території України найбільш поширеними є суднонавантажувачі німецьких виробників «POHLING-HECKEL-BLEICHERT» та «Kranbau Eberswalde» виробництва 1960 – 2000 років, які є високопродуктивними, але застарілими. Основні порти їх використання: Миколаїв, Одеса, Іллічівськ, Херсон.

1.2 Історія виникнення і застосування суднонавантажувачів

Перші суднонавантажувачі були з конструкціями з дерева і з'явилися ще в III тисячолітті до н.е. Винахідниками їх були єгиптяни, які завантажували ними кораблі товарами для торгівлі між своїми регіонами та з сусідніми країнами [1].

Перші суднонавантажувачі являли собою стаціонарні споруди, які могли обертатися. Були виготовлені з місцевих порід дерева, а вантажі подавалися за допомогою стріли, яка підтримувалася і переміщувалася системою блоків, тросів і лебідок. Зазвичай це були річкові суднонавантажувачі.

У середньовіччі крани в основному використовувалися на Римських територіях, але вже в сфері морської торгівлі [2]. Це були вдосконалені порівняно з єгипетськими конструкції, частіше з неповоротними стрілами, які могли повертатися тільки по вертикалі. Рух і підйом вантажів здійснювався системою блоків, канатів і важкої лебідки, на за якою одночасно могли знаходитись до 6 людей.

Стрибок у розвитку даних конструкцій відбувся в епоху Відродження завдяки флорентійському винахіднику, художнику і інженеру Леонардо да Вінчі. Він першим запроектував баштову конструкцію крана, завдяки чому можна було завантажувачі судна з високими бортами, які в той час починали широко використовуватись [3]. Також він запропонував більш ефективні блочні системи, що дозволило збільшити масу вантажів і економити час на завантаження. Приклад конструкції крана зображено на рис. 1.2.



Рис. 1.2 – Макет конструкції крана, виконаний по ескізам да Вінчі

Пізніше в 16-17 ст. в розквіт судноплавства і торгівлі в Атлантичному, Індійському і Тихому океанах суднонавантажувачі розповсюдились на порти Англії, Португалії, Іспанії, Франції, Нідерландів, а також їх колоній (Північна Америка, Карибський регіон, Ямайка, Бразилія). Вони були пристосовані до навантаження вантажів меншої маси, а також з'явилась можливість навантаження сипучих матеріалів, як вугілля, зерно, спеції та прянощі.

В добу промислової революції в Англії (друга половина XVIII ст.) був здійснений значний стрибок в технологіях. Це позначилося й на суднонавантажувачах. Для каркасу споруд почали використовувати метал, механізми приводились в дію паровими машинами, що значно підвищило продуктивність праці та міцність конструкцій. В основному використовували для навантаження металевих руд та вугілля. У XIX ст. розповсюдились по всій Європі та Східному побережжі США та активно використовувались в сфері торгівлі і промисловості.

Наприкінці XIX – початку XX століття почали використовувати ефективні фермові та порталні конструкції, також з'явилась можливість пересування кранів і навантажувачів по рейкам, зміни вильоту стріли (див. рис. 1.3). В якості приводу використовували дизельні двигуни. Під час Першої світової війни їх значення в Європі сильно підвищилось, так як була потреба у значній кількості продовольства для країн-союзників, а також частин бронетехніки, яку транспортували в основному морськими шляхами. В період 1918 – 1945 років інженери займалися в основному оптимізацією та підвищенням продуктивності кранів, але інновацій в цій галузі не було. Широко використовувалися США для постачання країн Європи продовольством.

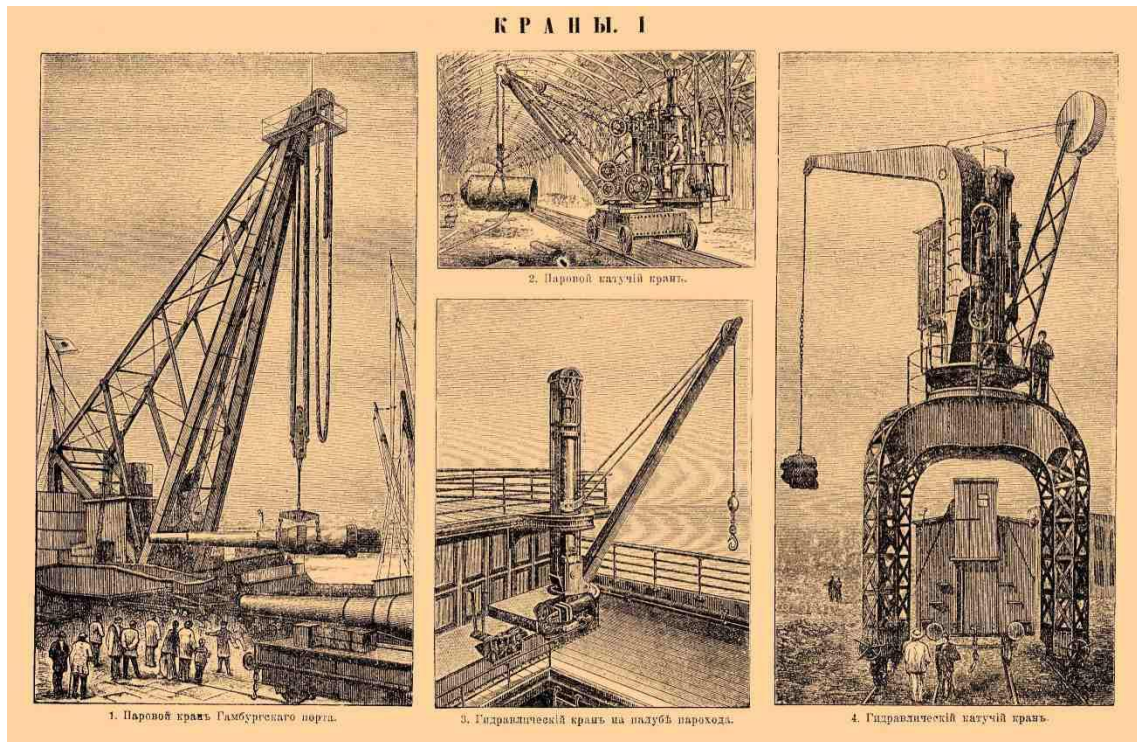


Рис. 1.3 – Портові крани і навантажувачі кінця 19 – початку 20 ст.

В кінці ХХ – на початку ХХІ ст. суднонавантажувачі досягли найвищого свого розвитку, з'явилися нові види, раціонально використовувався матеріал і конструкції, збільшилися розміри, розповсюдження по менш розвиненим країнам, а також почали використовувати електричний привід [4].

З розвитком комп'ютерних технологій почався розвиток моделювання конструкцій. Так, в 1970 – 1995, а також в 2006 роках Ерофєєв Н.І., Лисовий П.Я., Подобєд В.А. займалися розробкою математичних моделей роботи кранових установок і аеродинамічними характеристиками порталних споруд в [5, 6].

Моделювання допомогло вирішити питання стійкості споруд. Цим займалися в 2013 році п'ятеро науковців з Китаю з університету «Tianjin University»: Pengfei Liu, Bin Lin, Xiaofeng Zhang, Xu Zhang і Menglong Zhou, в [7], де проаналізували вплив положення стріли суднонавантажувачів на стійкість конструкції і зміну координат центра ваги за допомогою ПК «Ansys» і «Matlab».

Після розрахунку в програмах 3D моделі суднонавантажувача було зроблено висновок, що найбільш безпечним є кут нахилу, який менший або дорівнює нулю. Але тоді потрібно враховувати проблему стикування

суднонавантажувача з кораблем, так як збільшується висота самої споруди. Якщо кут буде занадто малим, ефект такого з'єднання буде значно меншим. Тому розміщення стріли у горизонтальному положенні є відносно розумним твердженням після розгляду безпеки корабельного навантажувача та положення центру ваги.

Моделюванням дефектів в суднонавантажувачах займалися в 2006 році російські вчені Чурбанов П.В. і Лаврик В.П. в [8]. Було проведено експертне обстеження близько 36 конструкцій портових кранів і класифіковано основні види дефектів в суднонавантажувачах і місця їх виникнення.

В ході дослідження було виявлено:

1) Виникнення втомних тріщин відбувається в місцях концентрації напружень. Явище втомного пошкодження особливо притаманно зварним металевим конструкціям, що володіють підвищеною концентрацією напружень, як через різкі зміни форми поперечних перерізів елементів, так і внаслідок високого рівня залишкових напружень, що утворилися під час зварювання. Час появи і швидкість розвитку втомної тріщини визначаються рівнем навантажень і концентрацією напружень. Внаслідок розвитку втомної тріщини відбувається зменшення площі перерізу конструкції, і, відповідно, зростають діючі в ньому напруження.

2) Особлива небезпека втомного пошкодження полягає в тому, що проміжок від появи видимої тріщини до руйнування металоконструкції становить не більше 10% загального часу зростання тріщини. У разі розташування концентратора напружень на внутрішній поверхні конструкції на цій же поверхні утворюється і починає рости тріщина. Коли тріщина виходить на зовнішню поверхню, ступінь ослаблення перерізу може виявитися близькою до граничної.

3) При збільшенні твердості зменшується пластичність сталей, тому слід підходити з особливою ретельністю до виготовлення деталей і вузлів з високоміцних сталей. Конструкція, виконана з високоміцних матеріалів, може зруйнуватися при напружених, менших максимального робочого напруження, на яке вона була розрахована.

В 2008 у [9] російські науковці Коновалов Д. і Дарюхін О.Б. дослідили остаточний ресурс будівельних конструкцій порталних кранів за допомогою програмного комплексу «APM Structure».

Метою дослідження була необхідність визначення несучої здатності елементів МК порталних споруд, які відпрацювали нормативний термін експлуатації і мають корозійні пошкодження.

Об'єктом досліджень були широко розповсюджені на території України і Росії порталні портові крани. При цьому створювалась повноцінна тривимірна модель судноавантажувача із заданими перерізами і конфігураціями елементів.

Було виконано дослідження порталних кранів на стійкість до різних зовнішніх факторів (дощ, сніг, хімічна активність середовища і т.п.), які викликають корозію.

За результатами розрахунку зроблено висновки, що максимальні напруження з'являються в деформованих місцях і місцях зменшення перерізу внаслідок корозії і запропоновано шляхи вирішення.

Питанням вібраційного впливу від вітру та устаткування на судноавантажувачі займалися в 2015 році польські вчені з «Poland University of Science and Technology»: Mariusz Żółtowski, Michał Liss, Bogdan Żółtowski, Josef Melcer.

В [10] автори намагалися розробити методику для тестування несучої здатності до вібрації окремих частин будівельної конструкції порталу портових споруд за допомогою експериментального аналізу, реалізованого в симуляційних випробуваннях в середовищі Inventor, а також на дослідницьких стендах.

Результати випробувань показали, що вібрація значно впливає на несучу здатність конструкцій, викликаючи резонанс та були запропоновані шляхи запобігання явищам резонансу.



Рис. 1.4 – Навантажувач, що обстежувався в [10]

1.3 Вітчизняні дослідження в області суднонавантажувачів

В Україні перші суднонавантажувачі з'явилися наприкінці XIX ст. в Одесі, Миколаєві, Криму. Активний їх розвиток почався тільки в СРСР в післявоєнний період. Торгівля в основному проводилася в країнами Східної Європи, Туреччиною, Грузією, Близьким Сходом, країнами Середземномор'я.

У період СРСР в Україні проводилися дослідження на предмет стійкості споруд до вітрових навантажень, механічних навантажень, а також спрощене математичне моделювання.

Першими в Україні дослідженнями на предмет стійкості до шкідливих впливів середовища суднонавантажувачів, які в основному використовують в Україні займалися в 2012 і 2016 роках Попов В.О., Хупченко В.А., Романова К.О., Тесля О.А. в [11]. Було проведено обстеження будівельних конструкцій суднонавантажувачів №7.0, 7.1 (див. рис. 1.5) фірми «POHLING-HECKEL-BLEICHERT» Одеського припортового заводу, каркас яких являв собою металеву

рамну конструкцію для завантаження судноплавних засобів сипучими речовинами.



Рис. 1.5 – Суднонавантажувач № 7.1 фірми «POHLING-HECKEL-BLEICHERT» на території Одеського припортового заводу

В ході попереднього дослідження було виконано:

- попередній огляд;
- візуальне обстеження основних будівельних конструкцій;
- огляд механічних частин суднонавантажувача із фіксацією кінематичних схем та оцінкою можливих впливів на будівельні конструкції;
- визначення технічного стану будівельних конструкцій з фіксацією виявлених дефектів та відхилень від вимог чинної нормативної документації;
- виконання обмірних креслень основних будівельних конструкцій споруди;
- складання картограм дефектів металоконструкцій.

При обстеженні було виявлено значні дефекти (корозія, ненадійні з'єднання, деформації елементів) і запропоновано шляхи їх ліквідації.

Також були проведені вібраційні випробування, які показали, що джерелом шкідливої вібрації в конструкції є машинне відділення підйому стріли.

Було змодельовано за допомогою ПК «SCAD» рухомі частини (стріла, стрічковий транспортер), а також нерухомий металокаркас споруди. Це дало можливість виявити найбільш ненадійні зони і перевірити їх придатність до подальшої експлуатації. При цьому враховувалися кліматичні, вібраційні і сейсмічні впливи.

За результатами моделювання зроблено висновок про надмірне зношення елементів конструкції, що не забезпечують стійкість конструкції в цілому, а також запропоновано комплекс робіт по відновленню конструкції шляхом:

- зміцнення болтових з'єднань;
- заміни зношених елементів конструкції;
- забезпечення режиму плавного пуску і зупинки двигуна приводу;
- виконання підсилення розпірок і розкосів.

В 2009 році д.т.н. Семиног М. М. і Голоднов О.І. виконували дослідження на тему «Моделювання напружено-деформованого стану для обґрунтування можливості продовження терміну експлуатації будівельних конструкцій, будівель та споруд». У даній науковій роботі викладена доцільність використання комплексної методики оцінки напружено-деформованого стану будівельних конструкцій із застосуванням методів математичного моделювання.

Моделювання конструкцій виконується за результатами вивчення технічної документації й обстежень. Показана можливість використання методу для оцінки напружено-деформованого стану і розробки проекту підсилення конструкцій.

В ході виконання дослідження передбачалося:

- математичне моделювання конструкцій МСЕ з урахуванням встановленого технічного (деформованого) стану;
- розрахунок конструкцій і визначення зусиль і деформацій в елементах

розрахункової схеми;

– порівняння характеру деформації реального об'єкта і математичної моделі і уточнення, у разі потреби, характеристик жорсткості матеріалів елементів моделі;

– розрахунок уточненої моделі, визначення зусиль і переміщень;

– перевірка дотримання умов, що забезпечують несучу здатність і деформативність будівельних конструкцій будівель і споруд, оцінка їхнього технічного стану;

– коректування розрахункової схеми споруди з урахуванням встановлення елементів підсилення і розрахунок нової моделі;

– проектування підсилення конструкцій.

Отримані в ході проведення обстежень будівель дані були використані при моделюванні будинків як пластинчасто-стрижневих систем, що складаються з скінченних елементів обчислювального комплексу ЛІРА. Характеристики жорсткості елементів приймалися за даними проведених обстежень і за проектними даними.

В результаті роботи було зроблено висновки:

1. Запропонована методика визначення НДС конструкцій будівель та споруд за результатами проведених обстежень і моделювання із застосуванням МСЕ.
2. Виконання розрахунків із використанням запропонованої методики дозволяє визначити комплекс заходів для обґрунтування терміну подальшої експлуатації конструкцій.
3. Розроблена методика пройшла апробацію при вирішеннях практичних завдань, пов'язаних із визначенням НДС і обґрунтуванням можливості продовження терміну експлуатації ряду будинків повоєнної забудови в різних містах України.

В 2019 році Попов В.О., Грицун О.В., Курдибаха В.М. виконували моделювання будівельних конструкцій суднонавантажувачів під дією кліматичних впливів.

У статті було виконано скінченно-елементне моделювання напружено-деформованого стану будівельних конструкцій стрічкового суднонавантажувача закордонного виробництва, що зазнав втрат від корозії, від кліматичних та технологічних впливів засобами програмного комплексу SCAD.

В результаті аналізу розробленої тривимірної моделі, виявлено найбільш навантажені ділянки металевого каркасу суднонавантажувача, якими, в основному, виявилися елементи верхнього та нижнього поясів стріли та несучі конструкції площадки приводу підйому стріли. Оцінено технічний стан навантажених конструкцій та інших несучих конструктивних елементів.

Визначено коефіцієнти запасів міцності та стійкості споруди, виявлено перевантажені ділянки. Визначено, що пульсаційний вітровий вплив може призвести до небезпечних розхитувань споруди, яка знаходиться у робочому стані з горизонтально розташованою стрілою та подаючою голівкою, зафіксованою в положенні для навантаження балкерів.

Доведено, що загальна стійкість положення суднонавантажувача може бути порушена внаслідок ковзання по поверхні рейкових колій навіть за умови безвідмовної роботи стоянкових гальмівних систем. На основі принципів раціонального проектування запропоновані рекомендації з подальшої модернізації споруди та раціональні методи підсилення, які полягають у заміні дефектних конструктивних елементів стріли на нові, оброблені цинковмістким покриттям без збільшення загальної ваги стріли. На інших конструктивних елементах суднонавантажувача допускається підсилення дефектних конструкцій нарощуванням перерізу.

Рекомендовано на час штормового попередження зберігати споруду у неробочому стані із стрілою, піднятою догори, влаштовувати страхувальні розчалки та додаткові якірні системи для недопущення ковзання. Розроблено інші рекомендації з подальшої безпечної експлуатації суднонавантажувача з урахуванням результатів розрахунку.

Після проведення дослідження було зроблено висновки:

1. В процесі виконання цієї наукової роботи було розроблено скінченно-елементну модель суднонавантажувача під дією кліматичних впливів з урахуванням зносів металоконструкцій від корозії. Виявлено, що найбільш не вигідною є основна комбінація навантажень з ураганним вітром перпендикулярно головній вертикальній площині симетрії споруди. Вплив від вітру може спричинити втрату стійкості ковзання суднонавантажувача навіть у випадку безвідмовної роботи гальмівних систем.
2. Локалізовано найбільш небезпечні з точки зору міцності ділянки металокорпусу, якими виявилися: окремі головні та другорядні балки площадки машинного відділення дефектні розпірки та розкоси верхнього та нижнього поясів стріли, локальні ділянки елементів корпусу пересувного перекриття стріли.
3. Модальний аналіз металокорпусу суднонавантажувача під дією пульсаційної складової вітрового навантаження доводить, що, внаслідок понаднормативного корозійного зносу окремих конструктивних елементів і, як наслідок, зменшення загальної жорсткості споруди, частоти власних коливань споруди за 1-ю та 2-ю формами можуть резонувати з вітровою пульсацією та є вкрай небезпечними.

В 2012 році к.т.н. Стариковим М.А. і Никифоровим Ю.А. було виконано дослідження на тему «Оцінка остаточного ресурсу металоконструкцій вантажопідійомних машин». В науковій роботі досліджена можливість застосування в якості показників індикаторів остаточного ресурсу кранових металоконструкцій трьох параметрів:

- твердість матеріалу об'єкта по Бринеллю;
- коефіцієнт варіації твердості матеріалу;
- коерцитивна сила.

Показано, що при експертному дослідженні металоконструкцій вантажопідійомних машин з ціллю визначення їх стану дозволяється використовувати коефіцієнт варіації твердості і коерцитивну силу.

В проведених дослідженнях досліджувалась використання в якості показників індикаторів остаточного ресурсу кранових металоконструкцій. Для

експерименту була вибрана низьколегована сталь 09Г2С. Метою роботи було дослідження зміни параметрів твердості і залежності рівня пошкодженості сталі при багатоцикловогом виснаженні. В результаті досліджень дійшли висновків:

- якщо коефіцієнт варіації твердості відповідальних вузлів буде в діапазоні 2,25...2,56, то можна з ймовірністю 0,9% стверджувати, що в цих вузлах накопичені пошкодження будуть 100%.
- якщо коерцитивна сила для відповідальних вузлів металоконструкцій знаходиться в діапазоні 7...8 А/см, то можна із ймовірністю 90% стверджувати, що накопичені пошкодження в цих вузлах будуть 100%.
- неоднозначність зміни параметру пошкодженості в залежності від напружень і твердості, а також велика відносна похибка їх визначення не дозволяють використовувати твердість при оцінці ступеню накопичених втомних пошкоджень в низьколегованих сталях.

1.4 Класифікація суднонавантажувачів

За рухомістю суднонавантажувачі можна поділити на стаціонарні, з допоміжними візками і пересувні [12].

1.4.1 Стаціонарні являють собою металеву чи бетонну масивну базу, на якій шарнірно обертається верхня частина з висувною стрілою і конвеєром для подачі матеріалу. За рахунок своєї відносної простоти конструкції є найбільш економічним варіантом, тому що відсутні динамічні впливи від переміщення каркасу суднонавантажувача, тим самим конструкції є більш довговічними.

Встановлюються в невеликих портах з розрахунком на завантаження суден в невеликою площею в основному в США, Китаї, Північній Європі.

Недоліком цього типу є обмежена зона дії, яка обмежується вильотом стріли і розміщенням конструкції. Схема зображена на рис. 1.6 – 1.7.

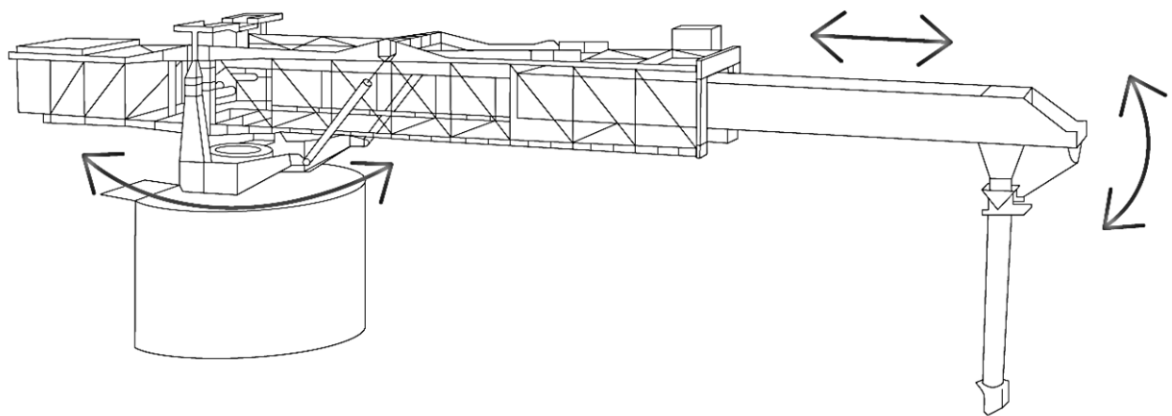


Рис. 1.6 – Схема стаціонарного суднонавантажувача



Рис. 1.7 – Загальний вигляд стаціонарного суднонавантажувача фірми «Тепова»

1.4.2 Суднонавантажувачі з допоміжними візками бувають лінійного і радіального типу пересування. При цьому основа, яка сприймає більше навантаження є нерухою базою з поворотним шарніром, а кінець стріли переміщується за допомогою візка в радіальному чи поступальному напрямках.

Радіальні переміщуються за допомогою рухомого візка на кінці конструкції, протилежному шарніру, який рухається до дугової траєкторії по рейкам. Лінійні також можуть здійснювати поступальний рух. Вони є більш масивними і продуктивними, ніж стаціонарні, але важкими в обслуговуванні. Встановленні у найбільших портах США, Канади, Норвегії, Китаю. Приклади зображені на рис. 1.8 – 1.10.

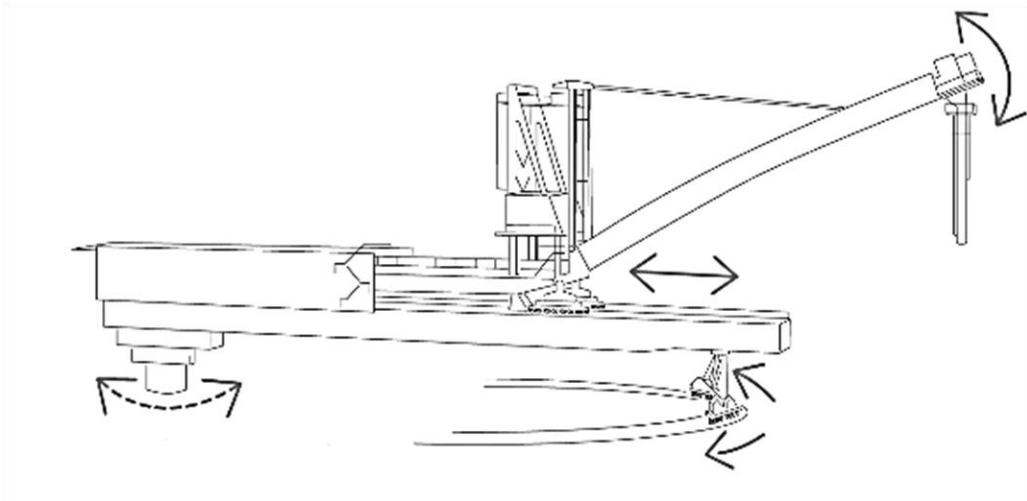


Рис. 1.8 – Схема суднонавантажувача радіального руху



Рис 1.9 – Загальний вигляд суднонавантажувача радіального руху фірми КРС
в порту Швеції

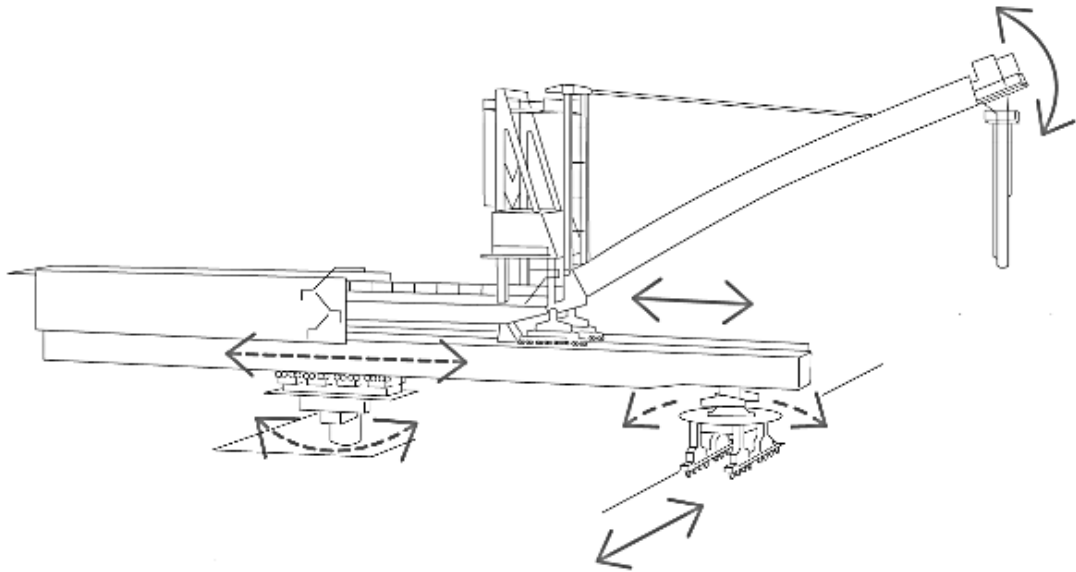
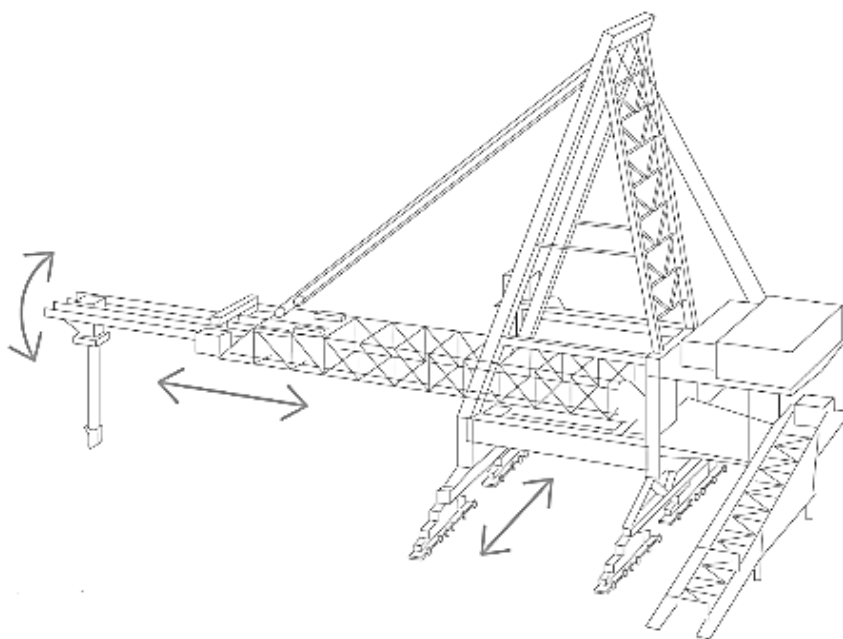


Рис. 1.10 – Схема суднонавантажувача лінійного руху

1.4.3 Пересувні в свою чергу діляться на рейкові і колісні. Рейкові рухаються по певній траєкторії за допомогою спеціальних візків. Мають порталну або баштову несучу конструкцію, стрілу, яка може обертатися та змінювати кут нахилу до горизонту і є найбільш розповсюдженими в т.ч. в Україні в портах м. Одеси, Херсона, Миколаєва. Приклад зображено на рис. 1.11.



а)



б)

Рис. 1.11 – Портальні рейкові навантажувачі: а) схема; б) загальний вигляд суднонавантажувача фірми «POHLING-HECKEL-BLEICHERT» в порту м. Южне Одеської області

Колісні (мобільні) – навантажувачі малих розмірів з невеликою навантажувальною здатністю. Зазвичай мають фермову конструкцію стріли, яка транспортується автомобільним тягачем і забирає матеріал безпосередньо з вантажним автомобілів [13]. Застосовують при навантаженні на невеликі судна і у стиснених умовах. Приклади зображено на рис. 1.12 – 1.13.

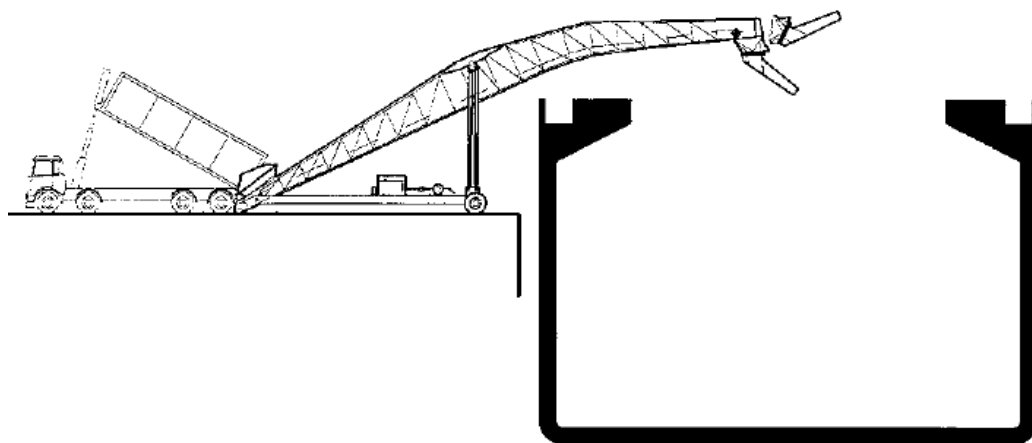


Рис. 1.12 – Схема навантаження мобільним суднонавантажувачем



Рис. 1.13 – Загальний вигляд мобільного суднонавантажувача фірми «Liebherr»

За матеріалом навантаження поділяють на:

- сипучі нешкідливі матеріали (зерно, відсів);
- сипучі шкідливі матеріали (добрива, різні хімічні речовини);
- тверде паливо (кам'яне вугілля).

За типом водойм, де вони розташовуються:

- морські – зазнають значного шкідливого впливу від води, солей та власне речовин, що вони навантажують;
- річкові – є більш довговічними внаслідок відсутності впливу солоної води і повітря.

За типом несучої конструкції:

- фермові;
- баштові;
- порталні.

1.5 Конструктивні рішення

Конструкції суднонавантажувачів є принципово схожими і пов'язані з конструкціями порталних портових кранів, які використовують в тих же місцях. Відмінність від них полягає тільки в підвищеній вібрації внаслідок переміщення транспортером матеріалів.

За своєю конструкцією суднонавантажувачі бувають порталними та баштовими. Портальні в свою чергу можуть бути двохстійковими, а також чотирьохстійковими. Повинні відповідати нормам [14], також захищені спеціальними покриттями згідно до [15].

Портальні конструкції суднонавантажувачів є найбільш розповсюдженими і практичними, так як можуть виконувати весь спектр робіт по навантаженню. Являють собою нижню частину зі стійок, які опираються на рухомі візки, що рухаються по рейкам, а також верхню частину, яка повинна забезпечувати підтримку і регулювання стріли. В результаті досліджень, в тому числі [16], встановлено, що більш надійною чотирьохстійкова система (див.рис. 1.14, а) з рухомими візками, але двохстійкова є простішою і більш розповсюдженою (див. рис.1.14, б).



а)



б)

Рис. 1.14 – Системи стійок порталних суднонавантажувачів:
а) чотирьохстійкова; б) двохстійкова.

Дослідженням систем порталних кранів займався в 1984 році відомий вчений та інженер Нгуен Ким Кхань в [16]. Він розглядав оптимально спроектовані двох- і чотирьохстійкові портали як просторові статично невизначені системи за допомогою плоских схем.

В ході роботи було встановлено, що багато перерізів порталів є неоптимізованими і помітно недовантаженні.

Була розроблена методика силового розрахунку рамних порталів з А-подібними стійками як просторових статично невизначених систем.

Виконавши розрахунки конструкцій порталного крану типу «Фламінго», було показано, що він недовантажений в багатьох місцях, а отже матеріали використані нерационально. Визначена оптимальна форма просторового статично невизначеного рамного порталу при навантаженнях симетричними і асиметричними зовнішніми навантаженнями, а також при комплексному навантаженні порталу довільною системою зовнішніх сил, властивою навантаженню реальної конструкції. Такою формою є статично визначена рівномісна форма з шарнірами в безмоментних точках.

Це дослідження допомогло оптимізувати витрати матеріалів на конструкції порталів суднонавантажувачів в подальшому їх розвитку.

Баштові поділяються на фермові та суцільні. Фермові башти (див. рис. 1.15) – це система стійок, які розкріплені за допомогою системи розкосів [17].



Рис. 1.15 – Баштовий кран з фермовою конструкцією

Така конструкція широко використовується, але є чутливою до корозії внаслідок чого потребує постійного догляду. Дозволяє споруджувати високі (до 40 м) споруди, що підходить для навантаження суден з високим бортом, а також вантажів з великим габаритом по висоті. Мають високі вимоги до стійкості.

Дослідженням і оптимізацією баштових фермових конструкцій займалися вчені Попов В.О., Шимановський О.В., Пермяков В.О., Нілов О.О., Лебедич І.М., Микитаренко М.А., Бабич Є.М., Гордєєв В.М. та інші.

Суцільні являють собою вертикальну стійку у вигляді труби, основа якої закріплена на рухомому візку, а на оголовку шарнірно кріпиться верхня частина зі стрілою [17].

Дослідженням напружено-деформованого стану суцільних баштових конструкцій займався в 2012 році український вчений Сагіров Ю.Г. в [18], де виконав моделювання і запропонував уточнений метод аналізу їх НДС без значного збільшення складності розрахунку.

Конструкції стріли можуть бути фермовими (рис. 1.16), а також коробчастими (рис. 1.17). Фермові являють собою систему з нижнього, верхнього поясів і розкосів [17]. Зазвичай для захисту матеріалів, що транспортуються від опадів та вітру конструкція зі всіх сторін зашивається металевим профілем або тентом. Коробчасті перерізи є більш масивними, але більш міцними і стійкими до вібрації. Також вони дозволяють регулювати виліт стріли. Для захисту від опадів зашивають тільки верхню сторону, так як бокові.



Рис.1.16 – Суднонавантажувач зі стрілою у вигляді ферми



Рис. 1.17 – Суднонавантажувач зі стрілою коробчастого перерізу

Конструкції з'єднань у суднонавантажувачах бувають болтовими, зварними, заклепковими. Найбільш поширеними є болтові з'єднання. Відповідно до [14].

У даній науковій роботі розглянуті будівельні конструкції порталних неповоротних суднонавантажувачів з чотирьохстійковою системою і підйомно-опускною стрілою коробчастого перерізу, так як вони найбільше розповсюджені в Україні.

До цього типу належать суднонавантажувачі для завантаження зерна, добрив, хімічних речовин, а також вугілля дрібної фракції. Відмінності між ними полягають в строковій службі, типу транспортера, розмірі самого навантажувача та різних вібраційних впливах в залежності від матеріалу, який подається машиною.

Згідно з [19], металеві конструкції суднонавантажувачів в агресивних умовах при навантаженні хімічних речовин повинні бути захищені антикорозійним та антихімічним захистом, а також повинні бути заварені торці

замкнених профілів, всі шви повинні бути суцільними.

До суднонавантажувачів, які навантажують зерно пред'являються менші вимоги так як, там відсутній шкідливий хімічний вплив .

Незалежно від типу речовин, які навантажуються, всі конструкції додатково повинні бути захищені від пожежі спеціальними засобами і підлягати вимогам правил [21, 21].

У процесі роботи будуть розглядатися суднонавантажувачі для навантаження сипучих хімічних речовин в умовах морського клімату, що переважають в портах Одеської області.

1.6 Проблеми експлуатації

Несучі конструкції суднонавантажувачів піддаються постійному впливу вітру, солей, вологи, вібрації. Також в процесі дослідження потрібно враховувати сейсмічні впливи, так як в Україні в південній зоні сягає 9-10 балів по шкалі Ріхтера [22].

Вітровий вплив чинить негативний ефект шляхом горизонтального навантаження конструкції, що може призвести до втрати стійкості споруди, особливо при піднятій і висунутій стрілі суднонавантажувача. Також вітер може викликати вібрацію в елементах конструкції.

Дослідженнями ефективності використання портових споруд при вітрових навантаженнях займався в 2006 році в [23] вчений Подобєд В.А. Він розробив науково-обґрунтований метод підвищення ефективності використання портових кранових споруд при швидкості вітру вище нормальних (>15 м/с).

В ході роботи він дослідив існуючі споруди, а також а також розрахував моделі, в результаті чого було розроблено комплекс методів щодо забезпечення нормальної експлуатації при швидкостях вітру більше 15 м/с, але не вищих від тих, що вказані в паспорті навантажувачів.

Внаслідок сумісного шкідливого впливу від середовища, а також механічного навантаження циклічної дії, навантажувачі, що інтенсивно

використовуються зазнають впливу корозії, виникають явища втоми. Наслідком корозії металу є зменшення розмірів перерізів елементів, що негативно позначається на жорсткісних характеристиках конструкції в цілому. Для масивних конструкцій суднонавантажувачів погіршення жорсткісних характеристик, та неправильно налагоджена система приводу роблять можливими явища резонансу, який є небезпечним.

Наслідком втоми металу від постійної роботи машини є тріщини, які з призводять до руйнування конструкцій.

Питання стійкості до втоми металу вирішував в 2002 році в [24] науковець Соколов Ю.Ф. При дослідженні порталних кранів на предмет надійності напружено-деформований стан металоконструкцій було встановлено за допомогою натурних тензометричних випробувань і методу кінцевих елементів.

В результаті була запропонована методика оцінки завантаженості, що базується на застосуванні розрахункових і експериментальних методів, і дозволяє отримати всі вихідні дані по завантаженості, необхідні для оцінки експлуатаційної надійності за критерієм витривалості.

Побудовано стержневі моделі МКЕ, та порівняно з натурними випробуваннями. Розроблено детермінована і стохастична моделі оцінки експлуатаційної надійності металоконструкцій за критерієм витривалості, проаналізована значимість розбіжностей в оцінках за цими моделями. Для інженерної оцінки експлуатаційної надійності за критерієм живучості запропонована детермінована модель розвитку тріщин, що реалізує ряд припущень в запас живучості.

Виконано аналіз впливу експлуатаційних параметрів портового перевантажувального процесу на час розвитку тріщин в елементах металоконструкцій, запропоновані експлуатаційні заходи щодо зміни параметрів перевантажувального процесу для підвищення живучості металоконструкцій, які є основою для наднормативної експлуатації порталних кранів за технічним станом.

Невирішеним залишилось питання дослідження напружено-деформованого стану металевих конструкцій від кліматичного впливу та шкідливого впливу речовин, що навантажуються, тому в даній роботі це питання буде розглянуте.

1.7 Мета і задачі досліджень

За результатами огляду літературних джерел можна сформулювати мету та задачі досліджень.

Метою магістерської роботи є дослідження впливу навколишнього середовища та вібрації на напружено-деформований стан несучих конструкцій суднонавантажувачів зі стрічковими конвеєрами. Для досягнення поставленої мети необхідно розв'язати наступні задачі:

- змоделювати конструкції суднонавантажувача у відповідності до реальних;
- дослідити напружено-деформований стан в елементах конструкції, виявити небезпечні ділянки в елементах механізму;
- розробити заходи щодо попередження руйнування конструкцій;
- оцінити ефективність запропонованих методів моделювання на прикладі реальних споруд суднонавантажувачів.

РОЗДІЛ 2 МОДЕЛЮВАННЯ

2 Моделювання напружено-деформованого стану будівельних конструкцій судноавантажувачів

2.1 Опис методів моделювання

Моделювання – це дослідження, що проводяться на моделях або реальних установках із застосуванням методів теорії подібності при постановці і обробці результатів експерименту. Подібність – це параметри або найважливіші відмінності від параметрів реального явища на незначно.

Моделювання може бути фізичним і математичним. Фізичне моделювання здійснюється методами теоретичної і будівельної механіки, опору матеріалів і враховує геометричні, механічні і фізичні параметри об'єкта дослідження. Математичні (чисельні) методи, наприклад метод скінчених елементів, являють собою громіздкі комбінації систем диференціальних рівнянь, які доцільно вирішувати за допомогою електронно-обчислювальних машин. Розрахунок методом скінчених елементів реалізований в більшості сучасних стандартних програмних комплексів: «SCAD Office», «ЛИРА САПР», «Autodesk Inventor», «Autodesk Revit», «АРК WinMachine».

Особливо велика роль для аналізу міцності і надійності реальних споруд належить моделям споруд. Такі моделі дають змогу визначити напружено-деформований стан в кожному найменшому елементі системи.

Оскільки об'єктом дослідження є будівельні конструкції судноавантажувачів, які складаються з великої кількості елементів різної конфігурації та жорсткості і підлягають складним кліматичним і динамічним впливам, то раціональним буде дослідження чисельним методом, а конкретніше методом скінчених елементів.

2.2 Приклад судноавантажувача

2.2.1 Опис судноавантажувача

Для прикладу побудови скінчено-елементної моделі напружено-деформованого стану взятий металокаркас реальної споруди – судноавантажувач № 7.1 Одеського припортового заводу, який розташований на території ДП «МТП «Южний» поблизу м. Южне Одеської області. Споруда розташована на території державного підприємства «Морський торговельний порт Южний», пересувається вздовж узбережжя по рейкових коліях на території першого та другого причалів. Цей судноавантажувач типовий для морських портів України.

Судноавантажувач № 7.1 являє собою металеву рамну конструкцію, яка призначена для завантаження судноплавних засобів сипучими речовинами (в основному – карбамідом).

Будівельні конструкції судноавантажувача було зведено у 1978 році, у відповідності до комплекту робочих креслень, розроблених у 1975 році фірмою «ROHLING-HECKEL-BLEICHERT Vereinigte Maschinenfabriken Rohrbach (Saar) (РНВ)». У 1979 р. судноавантажувач був запущений у експлуатацію.

Згідно з класифікацією ДБН В.1.2-14 - 2009 “Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель, споруд, будівельних конструкцій та основ” [25, с. 11] клас відповідальності споруди — СС2.

Габаритні розміри:

- ширина металокаркасу на позн. 0.000	~13,640 м
- ширина стріли	4,770...5,850 м
- висота	33,580 м
- довжина:	
- стаціонарної частини по рейках	20 м
- стріли (подаюча голівка всередині)	34 м
- стріли (подаюча голівка ззовні)	45,7 м

2.2.2 Опис конструкції суднонавантажувача

Конструкція суднонавантажувача № 7.1, (рис. 2.1...2.4) являє собою складну металеву систему, яка складається з металевих будівельних конструкцій (металокаркасів) та механічних машинних систем, а саме: опорного металокаркасу, стріли та висувної частини, транспортерів, елементів приводу підйому стріли. За умовну позначку 0.000 прийнято рівень покриття причалу.



Рис. 2.1 – Загальний вигляд суднонавантажувача № 7.1 з південного боку (висувна частина на максимальному вильоті, стріла – горизонтальна).



Рис. 2.2 – Вид суднонавантажувача з південного боку при фіксації стріли в крайньому верхньому положенні



Рис. 2.3 – Загальний вигляд суднонавантажувача № 7.1 з північного боку (висувна частина всередині стріли, стріла – горизонтальна)



Рис. 2.4 – Вигляд суднонавантажувача № 7.1 з північного боку
(висувна частина всередині стріли, стріла – в верхньому робочому положенні)

Основний металокаркас. Навантаження на рейкові колії через ходові візки передають траверса ходового механізму з боку моря “П”- подібної форми, та гойдальна опора, до яких приєднані рейкозахвати (“V”- подібної форми) – по одному на траверсу і гойдальну опору, які, в свою чергу, забезпечують фіксацію суднонавантажувача від зміщень вздовж колій. До гойдальної опори через маятникову опору у вигляді циліндричного шарніру приєднано верхню частину рами порталу (“Г”- подібної форми). До верхньої частини рами порталу з одного боку та траверси ходового механізму – з іншого, приєднано за допомогою зварювання основу рами порталу у вигляді двох похилих балок коробчастого перерізу, які додатково з’єднані розпірною балкою коробчастого перерізу. На балки основи рами порталу за допомогою зварювання приєднано “П”- подібну

похилу раму, яка складається з двох трубчастих стійок та “П”- подібної балки верхніх роликів коробчастого перерізу. Між основою рами порталу та балкою верхніх роликів влаштовано розпірку у вигляді ферми з напіврозкісною системою ґрат, пояси якої складаються з двох зварних двотаврів, з’єднаних розкосами та розпірками хрестоподібного перерізу зі спарених кутників. В верхній частині до пілонів та розпірки за допомогою фланцевих з’єднань приєднано оглядову площадку (перехідний місток). Під площадкою приводу підйому стріли на позн. ~ 10.5 м влаштовано площадку для влаштування транспортерів. До пілонів також приєднано консольні площадки для обслуговування суднонавантажувача.

Стріла та висувна частина. Основним робочим механізмом суднонавантажувача є стріла – піднімально-опускальна частина, яка забезпечує подачу висувної частини в горизонтальне положення для подальшого висування за межі причалу до трюму суден. На відміну від проектного рішення стріла на момент обстеження не може опускатись нижче горизонтального рівня ($\sim +5^\circ$).

Стріла обертається навколо шарнірів п’яти стріли (2 шт.) які є невід’ємною частиною ближніх кінців головних балок стріли (2 шт.) двотаврового перерізу, розкріплених системою ребер жорсткості. В верхній і нижній частині балки стріли з’єднані між собою верхнім і нижнім поясами у вигляді ферм (розкісна система – з кутників, пояси двотаврового або коробчастого перерізу). Поблизу шарнірів п’яти стріли влаштовано прямокутну раму, яка об’єднує балки, верхній та нижній пояси стріли. На нижньому поясі влаштовано металеві рами, на які опираються ролики подаючої голівки. Стріла обшита зверху профільованим листом. Додатковий захист від атмосферних опадів в місці приєднання до опорного металокаркасу суднонавантажувача забезпечує пересувне перекриття стріли. На верхньому поясі влаштовано систему кронштейнів, до яких приєднано опорні ролики. Висувна частина (подаюча голівка) рухається по роликах верхнього та нижнього поясів за допомогою ланцюгової передачі та рейок. Висувна частина (подаюча голівка) складається з двох балок звареного двотаврового перерізу на яких закріплені рейки, що з’єднані між собою

розкiсною системою з кутників. До зовнiшнього кiнця подаючої голiвки приєднано жолоб, який є завершальним елементом системи подачі карбамiду у трюм судна. На вiдмiну вiд вихiдного проектного рiшення у виглядi телескопiчного жолоба, фактично наявний трубчастий жолоб без регулювання довжини.

Транспортери. Призначенi для подачі карбамiду з галереї до жолоба. Складаються з транспортерної рами, що розташована всерединi галереї та шарнiрно приєднана до металокаркасу судноавантажувача з транспортером, що паралельний галереї, транспортерного вiдгалуження, перпендикулярного попередньому, що подає карбамiд до стрiли транспортеру на стрiли подаючої голiвки. Транспортерна рама являє собою систему з двох плоских “П”- подiбних рам, з’єднаних двотавровими балками складної конфiгурації, між якими влаштовано частину конструкції транспортеру, розкриті між собою розпiрками. До рами транспортеру приєднано систему помостiв для обслуговування його конструкції. Кiнематично транспортер вiдгалуження, транспортер подаючої голiвки та транспортер стрiли являють собою одну спiльну нескiнченну стрiчку, яка змiнюється по довжинi та геометрiї за рахунок системи вiдвiдних барабанiв i роликiв.

Схема розташування основних елементiв металокаркасу судноавантажувача наведена на рис. 2.5...2.6.

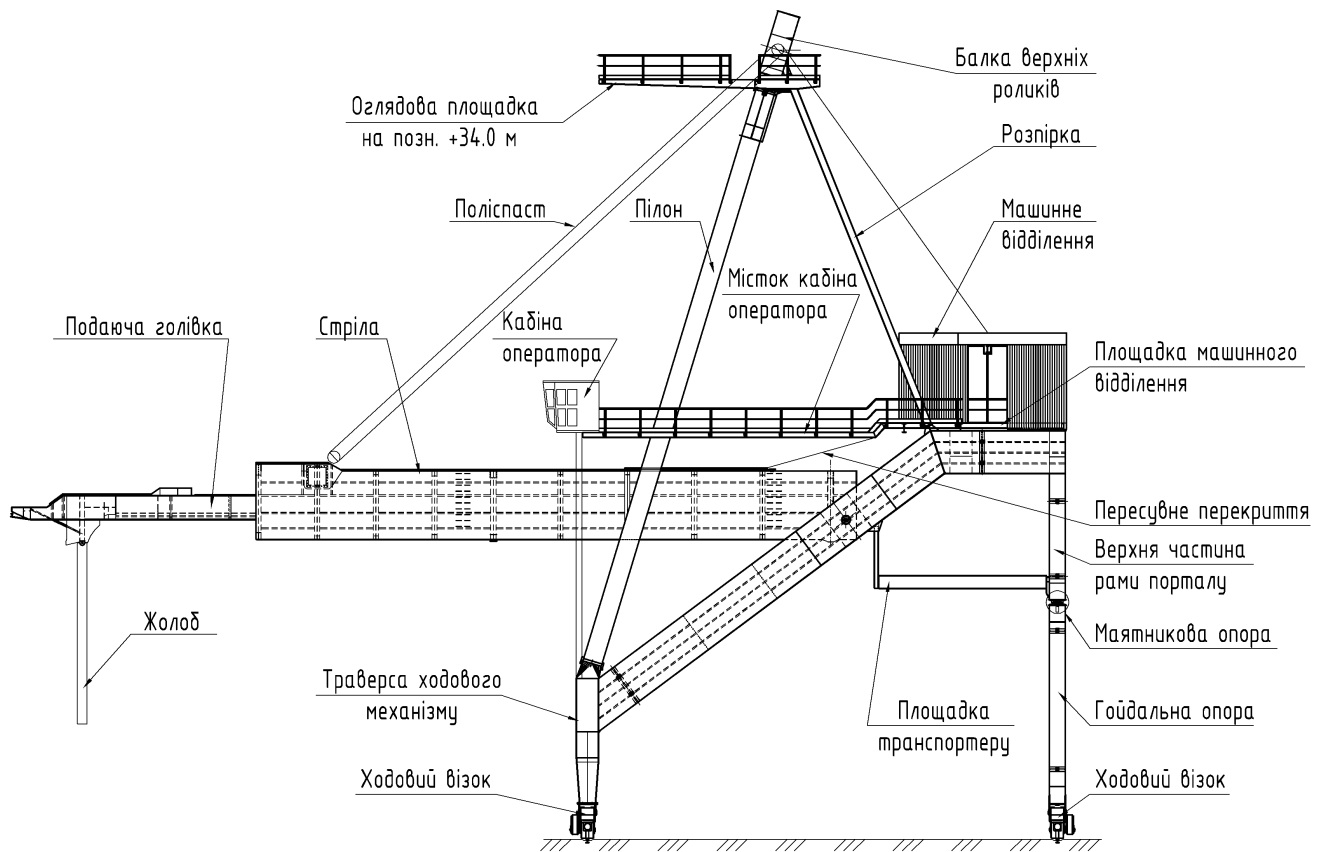


Рис. 2.5 – Схема розташування головних будівельних конструктивних елементів судноавантажувача № 7.1 (вигляд збоку)

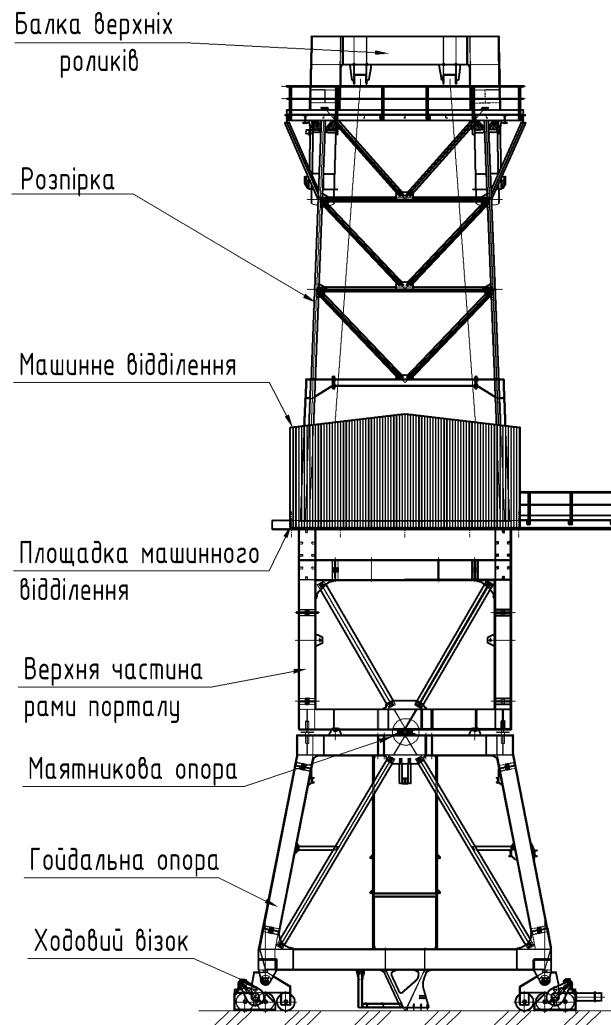


Рис. 2.6 – Схема заднього виду споруди (вид зі сторони, протилежної від моря)

Загальна просторова жорсткість металокаркасу споруди забезпечується жорстким з'єднанням її елементів у просторовий геометрично незмінний блок, який при виключених приводах та зафіксованих гальмах утримується на поверхні рейок силою тертя.

Геометрична незмінність стріли в стаціонарному стані забезпечується шарнірною фіксацією її п'яти з одного боку та кріпленням гаками з іншого та силою тяжіння, геометрична незмінність стріли в робочому стані забезпечується двома тросами, які з допомогою гальмівних барабанів утримуються приводом з одного боку, а з іншого – жорстким запасуванням канату на поліспастовій системі, та силою тяжіння.

Метою моделювання є:

- виявлення найбільш навантажених і відповідно найбільш небезпечних ділянок конструкції;
- розробка ефективних заходів з підсилення елементів, що унеможливають явища резонансу внаслідок вітрового впливу;
- вивчення впливу факторів:
 - стійкості рівноваги;
 - стійкості від ковзання;
 - стійкості до корозії.

2.3 Сейсмічний вплив

У відповідності з рекомендаціями [26, п.1.1] інтенсивність сейсмічних дій у балах для району будівництва при проектуванні та будівництві об'єктів і споруд підвищеного рівня відповідальності, що мають коефіцієнт надійності щодо відповідальності не менше 1.1 слід визначати за картою ЗСР-2004-В. Для м. Южне інтенсивність сейсмічних дій 7 балів. Моделювання дії сейсміки виконується в ПК «SCAD» за допомогою спектрального методу розрахунку, суть якого описано в [26, п.2.3].

2.4 Динамічні впливи

Споруда суднонавантажувача протягом тривалої експлуатації знаходиться під впливом:

- динамічних сил збоку приводів руху самої металоконструкції та інерційних впливів,
- динаміки від приводу підйому стріли та сил інерції руху самої стріли разом із підвішеними на стрілі агрегатами,
- динаміки від висування та повернення подаючої голівки,
- динаміки від транспортерів.

Програмою моделювання рухомих частин споруди передбачається:

- ознайомлення із принципами роботи кожного з рухомих агрегатів суднонавантажувача 7.0;
- визначення технічних (кінематичних та динамічних) характеристик агрегатів;
- складання методики моделювання основних рухомих агрегатів;
- вивчення теоретичних основ динамічного розрахунку агрегатів;
- розроблення методики визначення можливих джерел вібрації;
- визначення частотних параметрів можливих джерел вібрації;
- визначення частотних параметрів

2.4.1 Методика моделювання і розрахунку приводу підйому стріли

Привод підйому стріли – технологічний агрегат, який приймає участь у приведенні стріли у робоче (горизонтальне) положення, де локалізована найбільша за амплітудою та рівнем середньоквадратичної швидкості вібрація. Складається з двигуна, гальмівних систем, циліндричного редуктора та двох механічних (зубчастих) передач, які передають крутільний момент на барабани, а також, з резервної гальмівної системи.

Кожен з цих складових частин приводу працює, генеруючи власний динамічний вплив (вібрацію), яка за рівнем і частотою відрізняється одна від одної. Весь привід, окрім цього, працює у різних режимах при різних швидкостях підйому. Моделювання динамічного впливу від приводу здійснено математичними та скінчено-елементними методами.

Для оцінки впливу на металоконструкцію від можливого збудника вібрації необхідно виконати аналіз напружено-деформованого стану, а також частотних характеристик моделі, що імітують нормальний режим роботи агрегату.

2.4.2 Методика моделювання і розрахунку транспортерів сипучих речовин

Транспортери сипучих речовин – невід’ємна складова суднонавантажувача, яка створює технологічний вплив на споруду та служить одним з джерел динамічних впливів та вібрації. Моделювання цих агрегатів виконано за методикою, викладеною у [13, с. 82 – 95]. При цьому враховано, що розміщення вантажу на стрічці – жолобчасте, максимальний натяг у стрічці визначено за формулою Ейлера:

$$F_{\max} = P_n \cdot e^{f\alpha} / (e^{f\alpha} - 1), \quad (2.1)$$

де $f = 0,35$ – коефіцієнт тертя між стрічкою та барабаном, $\alpha = 180^\circ$ – кут охоплення барабану стрічкою, P_n – потужність приводу конвеєра.

Вертикальне навантаження від роликів опор зібрано згідно з конструкторською документацією заводу-виробника.

В результаті проведення оціночних обчислень, загальна погонна вага від конвеєра на суднонавантажувач прийнята інтенсивністю $q_k = 1,5 \text{ кН/м}$, динамічні впливи враховані коефіцієнтом запасу $k_o = 1,2$.

2.4.3 Моделювання впливу на каркас від механізму підйому стріли

Методика визначення джерел вібрації

1. Виконати верифікацію можливих джерел вібрації.

Основними джерелами вібрації суднонавантажувача №7.0 є:

- електродвигун двигун з пальцевою муфтою, швидкохідний вал циліндричного редуктора;

- зубчасті передачі циліндричного редуктора;
- зубчаста передача на тихохідному валу циліндричного редуктора.

2. Шляхом кінематичного розрахунку оцінено обертові частоти компонент приводу (докладно дивись п.п. 2.3.5). Ймовірними частотними характеристиками динамічних впливів, що можуть спричинити вібрацію агрегатів суднонавантажувача є частоти з такого ряду:

- 16,3 Гц,
- 0,517 Гц,
- 0,092 Гц.

3. Резонування з елементами металоконструкції можливе при співпадінні власних частот коливань будівельних конструкцій у межах $\pm 20\%$, таким чином резонансні явища можливі в таких частотних діапазонах:

- 1 діапазон – (13...20) Гц,
- 2 діапазон – (0,413...0,62) Гц,
- 3 діапазон – (0,074...0,110) Гц.

4. Скласти диференціальне рівняння коливань пружної системи рами приводу разом із можливим джерелом вібрації.

5. Розробити модель опорної рами приводу з врахуванням фактичного зносу її елементів, виявити частоту власних коливань елементів опорної рами методами будівельної механіки та методом скінчених елементів шляхом аналізу матриці жорсткості системи (дивись далі в цьому розділі, підпункт.

7. На модель опорної рами площадки машинного відділення встановити джерело вібрації зі змінними характеристиками циклічного впливу.

8. Оцінити можливість появи резонансних явищ внаслідок збігу частот елементів приводу та власних коливань елементів площадки машинного відділення по трьох перелічених вище діапазонах.

Аналітичні основи динамічного розрахунку

Для аналітичного визначення амплітудно-частотних характеристик системи опорна платформа – привід (джерело циклічних вимушених вібрацій) припустимо, що опорна рама площадки машинного відділення коливається під впливом гармонічної збуджуючої сили виду: $F_{зб} = A_1 \cdot \cos(k \cdot t)$.

Опорна рама площадки машинного відділення – жорстка система, яка являє собою металевий лист товщиною 10 мм, який прикріплений до двох балок трапецеїдальної форми коробчастого перерізу.

Площадку машинного відділення можна вважати системою із ступенем вільності елементів вздовж осі Oz.

В першому наближенні площадку можна вважати жорсткою інерційною системою, у якої вага приводу та вага опорної рами приводу зосереджені в центрі мас, що приблизно знаходиться в геометричному центрі рами, безпосередньо під канатними барабанами.

В першому наближенні диференціальне рівняння руху системи буде описуватись залежністю:

$$z + \omega^2 z = a_1 \cdot \cos(k \cdot t), \quad (2.2)$$

де ω – частота власних коливань системи, a_1 – приведена амплітуда вимушених коливань, яка враховує співвідношення мас збуджувача вібрації та маси системи з приводу і рами (сил інерції).

Загальне рішення такого диференціального рівняння набуде вигляду:

$$z = C \cdot \cos(\omega \cdot t) + B \cdot \sin(\omega \cdot t) + \frac{a_1}{\omega^2 - k^2} \cdot \cos(k \cdot t). \quad (2.3)$$

Складники $C \cdot \cos(\omega \cdot t)$ та $B \cdot \sin(\omega \cdot t)$ характеризують власні коливання системи з одною ступінню вільності, складова $\frac{a_1}{\omega^2 - k^2} \cdot \cos(k \cdot t)$ характеризує збуджені коливання жорсткої системи, що встановилися. Амплітуда коливань такої системи, з врахуванням того, що амплітуда власних коливань незначна, буде $A_m = \frac{a_1}{\omega^2 - k^2}$, як видно ця амплітуда залежить від співвідношення між ω і k .

Явище резонансу може наступити в момент, коли $k \rightarrow \omega$, тобто тоді, коли частота збуджених коливань співпадає із частотою збуджуючої сили (знаменник співвідношення $A_m = \frac{a_1}{\omega^2 - k^2}$ прямує до нуля, а сама амплітуда A_m – до нескінченності).

Таким чином, для знаходження функціоналів віброшвидкості (5.4) та віброприскорення (5.5) продиференціюємо рівняння (5.3):

$$\dot{z} = -C \cdot \omega \cdot \sin(\omega \cdot t) + B \cdot \omega \cdot \cos(\omega \cdot t) - \frac{a_1}{\omega^2 - k^2} \cdot k \cdot \sin(k \cdot t) \quad (2.4)$$

$$\ddot{z} = -C \cdot \omega^2 \cdot \cos(\omega \cdot t) - B \cdot \omega^2 \cdot \sin(\omega \cdot t) - \frac{a_1}{\omega^2 - k^2} \cdot k^2 \cdot \cos(k \cdot t) \quad (2.5)$$

Оскільки величини C і B малі у порівнянні з a_1 , отримуємо наближене значення амплітуд віброшвидкості (5.5) та віброприскорення (5.6):

$$V_m = \dot{z}_{\max} = \frac{a_1}{\omega^2 - k^2} \cdot k, \quad (2.6)$$

$$a_m = \ddot{z}_{\max} = \frac{a_1}{\omega^2 - k^2} \cdot k^2. \quad (2.7)$$

Таким чином, для системи з одним ступенем вільності, отримуємо:

$$\text{Віброамплітуда:} \quad A_m = \frac{a_1}{\omega^2 - k^2};$$

$$\text{Амплітуда віброшвидкості:} \quad V_m = \frac{a_1}{\omega^2 - k^2} \cdot k;$$

$$\text{Амплітуда віброприскорення:} \quad a_m = \frac{a_1}{\omega^2 - k^2} \cdot k^2.$$

Частота вібрації:

$$k = \frac{V_m}{A_m} = \sqrt{\frac{a_m}{A_m}} = \frac{a_m}{V_m}. \quad (2.8)$$

2.4.4 Визначення частоти власних коливань елементів системи

Змодельована споруда металокаркасу судноавантажувача являє собою систему з численних плоских рам, що об'єднані у єдину геометрично незмінювану конструкцію жорсткими та шарнірними зв'язками.

Опис моделі металокаркасу.

Розрахунок тривимірної комп'ютерної моделі металокаркасу судноавантажувача виконаний шляхом моделювання основних елементів за допомогою програмного комплексу «SCAD Office», що є комп'ютерною системою для структурного аналізу та проектування.

Теоретичною основою використаної програми є метод скінчених елементів (МСЕ). Реалізований варіант МСЕ використовує принцип можливих переміщень (більш детально дивись інструкцію до програми).

Елементи судноавантажувача, що розглядаються, являють собою просторову багатоступеневу складну ферму яка складається з системи плоских ферм, які, в свою чергу, моделюють роботу окремих складальних одиниць

судноавантажувача. Всі елементи металокаркасу змодельовані стрижневими скінченими елементами.

Розрахункова схема прийнята у вигляді просторової системи, що складається із стрижневих елементів, які моделюють роботу конструкцій просторової ферми.

Матеріали основних елементів прийняті – низько вуглецева сталь.

При моделюванні враховано втрати перерізу металокаркасу від корозії.

Модель системи, яка взята для розрахунку частотних характеристик показана на рис. 2.7.

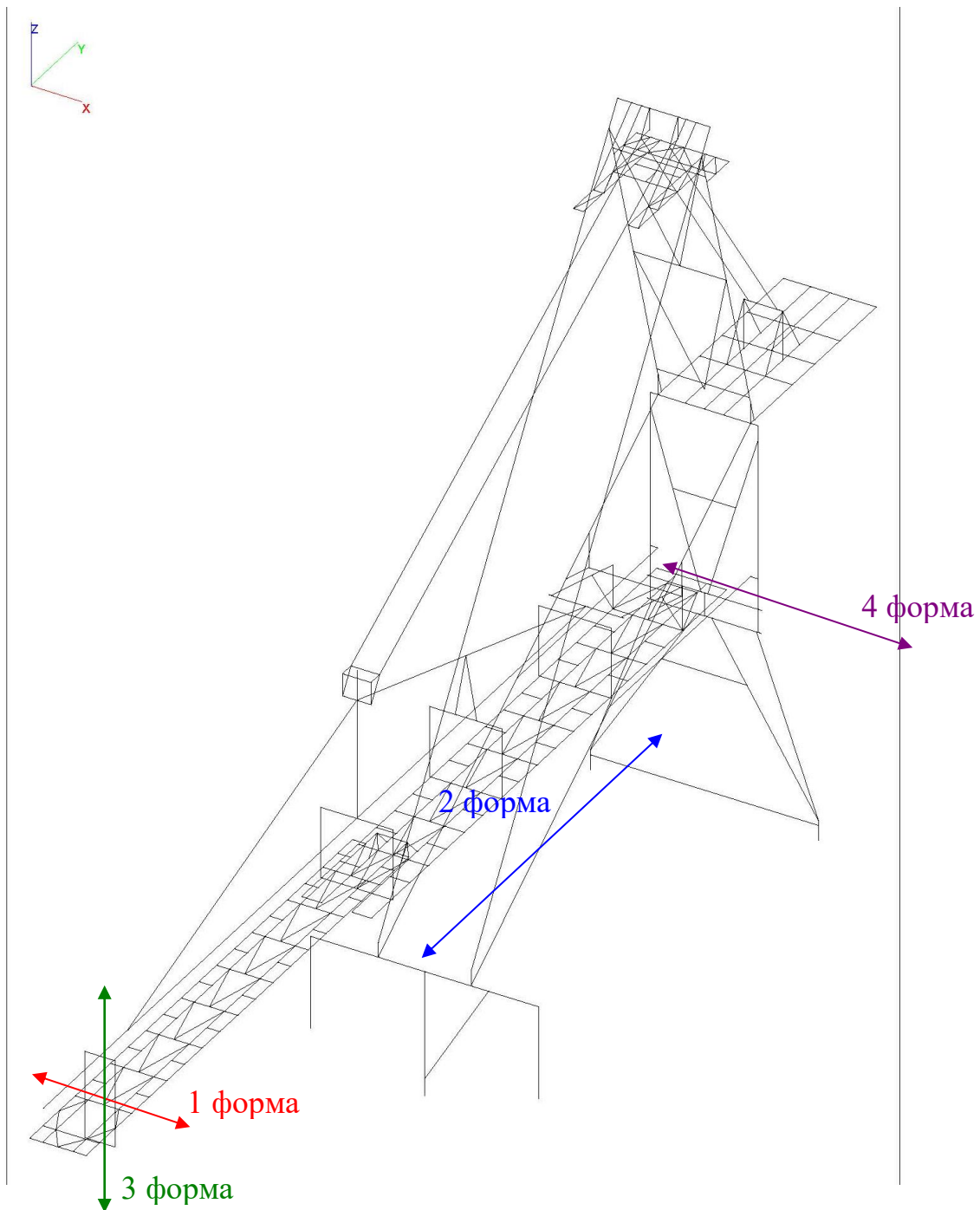


Рис. 2.7 – Скінчено-елементна модель суднонавантажувача для визначення частотних характеристик. Кольоровими стрілками показано найбільш небезпечні форми коливань.

У відповідності до проведеного амплітудно частотного аналізу системи визначені частоти власних коливань. Результати розрахунку показані у табл. 2.1.

Таблиця 2.1 – Частотні характеристики власних коливань елементів досліджуваного суднонавантажувача

№ Завантаження	Власні значення	Частоти		Періоди с
		1/с	Гц	
1	0.383646	2.606564	0.414847	2.410524
2	0.121578	8.225148	1.309073	0.763899
3	0.102974	9.711109	1.545571	0.64701
4	0.0995193	10.04829	1.599236	0.625298
5	0.0853205	11.7205	1.865376	0.536084
6	0.0738224	13.54601	2.155915	0.46384
7	0.0680541	14.69417	2.33865	0.427597
8	0.0672407	14.87192	2.36694	0.422486
9	0.0545065	18.3464	2.919921	0.342475
10	0.0516845	19.34815	3.079354	0.324743
11	0.0447394	22.35165	3.557376	0.281106
12	0.0414962	24.09857	3.835407	0.260728
13	0.0409338	24.42966	3.888102	0.257194
14	0.038153	26.2102	4.171484	0.239722
15	0.0350136	28.56028	4.54551	0.219997
16	0.0332584	30.06757	4.785402	0.208968
17	0.0330303	30.27514	4.818439	0.207536
18	0.0330237	30.28123	4.819407	0.207494
19	0.0307141	32.55826	5.181809	0.192982
20	0.0303011	33.002	5.252431	0.190388
21	0.0285918	34.97499	5.566442	0.179647
22	0.0280198	35.68897	5.680076	0.176053
23	0.0264665	37.78358	6.013444	0.166294
24	0.0262126	38.14958	6.071695	0.164698
25	0.0260947	38.32184	6.09911	0.163958
26	0.0240164	41.63813	6.626914	0.150899
27	0.0239709	41.71718	6.639496	0.150613
28	0.0234097	42.71725	6.798662	0.147087
29	0.023328	42.86693	6.822485	0.146574
30	0.0227363	43.98246	7.000026	0.142856

Роз'яснення стосовно форм коливань системи

Під час динамічного розрахунку металокаркасу навантажувача виявлено, що коливання площадки машинного відділення по формі вверх-вниз гвинтом спостерігається тільки по 22 формі коливань (частотні характеристики 5,68 Гц), що лежить далеко за межами можливих збурюючих частот приводу механізму підйому стріли.

Небезпечними для будівельних конструкцій споруди суднонавантажувача є перші тринадцять форм коливань (період яких менше 0,25 с, що є граничним значенням для умовно жорстких будівельних систем), які детально описані нижче.

1. Найбільш небезпечною формою коливання системи є перша форма (частота 0,414 Гц, період 2,41 с). Фізично це коливання – відхилення елементів стріли та подаючої голівки разом вліво-вправо (тобто, з площини стріли). Небезпека виникає внаслідок можливості резонування цієї форми коливань не з технологічними агрегатами суднонавантажувача, а з пульсаційною складовою вітрових впливів. Частота коливань 0,414 Гц, хоч і потрапляє в можливий поріг резонування 2 діапазону – (0,413...0,62) Гц, однак, фізично, сам елемент, що коливається, знаходиться поза впливом джерела вібрації.

2. Друга форма коливань із частотою 1,3 Гц (період 0,76 с) – вся рама суднонавантажувача відхиляється у площині по напрямку море-берег (в подальшому – вперед-назад). Резонування із технологічним агрегатами по цій формі малоймовірні, самі коливання особливої небезпеки для споруди не становлять за умови фіксації рейкозахватів при вітровому впливі швидкістю більше 15 м/с.

3. Третя форма коливань – стріла разом з подаючою голівкою вверх-вниз – має частотні характеристики 1,54 Гц (період 0,64 с). Резонування з приводом руху подаючої голівки – виключається, резонування з елементами стрічкового транспортера – виключається.

4. Четверта форма коливань – елементи опорного металокаркасу вища площадки машинного відділення – вліво-вправо. Частотні характеристики 1,59 Гц (період 0,62 с). Резонування із технологічним агрегатами по цій формі малоімовірні.

5. П'ята форма коливань – елементи подаючої голівки у зборі зі стрілою – гвинтом. Частотні характеристики 1,86 Гц (період 0,53 с). Резонування з елементами стрічкового транспортера – виключається внаслідок неспівпадіння векторів прикладання зусилля та напрямку коливань.

6. Шоста форма коливань – Елементи подаючої голівки у зборі зі стрілою – вліво-вправо з площини стріли за формою у вигляді півмісяця. Частотні характеристики 2,15 Гц (період 0,46 с). Резонування не спостерігається.

7. Сьома та восьма форми коливань (частоти відповідно 2,33 та 2,36 Гц) пов'язані з відхиленням сервісних площадок подаючої голівки стріли та шляху руху стріли. Конструктивної небезпеки для споруди коливання не становить.

8. Дев'ята форма – коливання головних балок подаючої голівки вверх-вниз. Частотні характеристики – 2,91 Гц (період 0,34 с). Динамічних впливів, що резонували б з цією формою власних коливань немає.

9. Десята форма – коливання металокаркасу суднонавантажувача в цілому відносно умовної вертикальної осі, що проходить через центр мас споруди. Частотні характеристики – 3,07 Гц (період 0,32 с). Ймовірні джерела динамічних впливів не резонують з цією формою коливань.

10. Одинадцята та дванадцята форми – коливання системи агрегатів стріла – подаюча голівка – шлях руху стріли гвинтом. Частотні характеристики відповідно 3,55 та 3,83 Гц. Динамічних впливів, що резонували б з цією формою власних коливань немає.

11. Тринадцята форма – коливання стріли із подаючою голівкою вверх-вниз. Частотні характеристики – 3,88 Гц (період 0,25 с).

Наступні сімнадцять форм не становлять особливої небезпеки для появи можливих резонансних явищ, оскільки їх частотні характеристики відповідають умовно жорстким конструкціям.

2.4.5 Модель опорної рами площадки машинного відділення

Рамна система площадки машинного відділення, закріплена до конструкцій головних балок порталу. Рама являє собою дві трапецеїдальні балки коробчастого перерізу, між якими влаштовано двотаврові дистанційні балки, які підтримують механізми приводу та днище машвідділення. У скінчено-елементній моделі для спрощення трапецеїдальні балки замінені на ступінчасті постійного по довжині коробчастого перерізу по кожній ступені. Точне аналітичне рішення коливачь такої системи є неможливим, тому система апроксимована моделлю із визначеною кількістю ступенів вільності шляхом прийняття низки припущень.

Балочні елементи площадки машинного відділення обперті на конструкції головних балок порталу жорстко оскільки згідно з обмірними кресленнями багатоболтове на високоміцних болтах. Такий вид кріплення найкраще моделюється жорстким защемленням.

Балочні елементи – стрижні, вага яких зосереджена в їх центрах мас. Металевий настил враховано корисним навантаженням, що не збільшує загальну жорсткість площадки.

Привід – система з точкових мас, що встановлена на рамі, точки визначені наступним чином: вага барабанів із канатами врахована в моделі автоматично, вага редуктора – в двох точках по два боки від його осі симетрії, вага двигуна та гальмівних барабанів – аналогічно.

Аналізується перші тридцять форм власних коливачь моделі площадки машинного відділення.

Характер збуджуючої сили (джерела вібрації) – циклічний, з частотою, рівною частотам обертючих механізмів. Збуджуюча сила спрямована в вертикальній площині, що співпадає з головною площиною обертання всіх елементів приводу.

Металокаркас площадки машинного відділення змодельований методом скінчених елементів засобами програмного комплексу SCAD (рис. 2.8). Частотні характеристики перших тридцяти форм власних коливань наведено в таблиці 2.2.

Докладно проаналізовано перші сім форм коливань, які є найбільш небезпечними для площадки машинного відділення.

1. Перша та сьома форми коливань – площадка вліво-вправо частотні характеристики відповідно 5,21 Гц та 35,73 Гц.
2. Друга форма – площадка вверх-вниз частотні характеристики 5,85 Гц.
3. Третя форма – площадка гвинтом (протилежні кути площадки з боку берега вверх-вниз), частотні характеристики 6,94 Гц.
4. Четверта форма відповідає коливанням барабану та у подальшому не розглядається.
5. П'ята та шоста форми – фрагмент площадки разом із приводом вверх-вниз, частотні характеристики 21,21 та 32,61 Гц. Частота по 5-й формі близька до 1-го діапазону вимушених коливань – (13...20) Гц,

На рис. 5.3 показано найбільш небезпечну 5-ту форму коливань. Як бачимо коливання системи супроводжується вигином балок у вертикальній площині разом з рамою приводу.

З цих уточнених розрахунків власних коливань можна зробити висновок про те, що особливу увагу при моделюванні резонансних явищ слід приділяти саме 5-й формі вимушених коливань площадки.

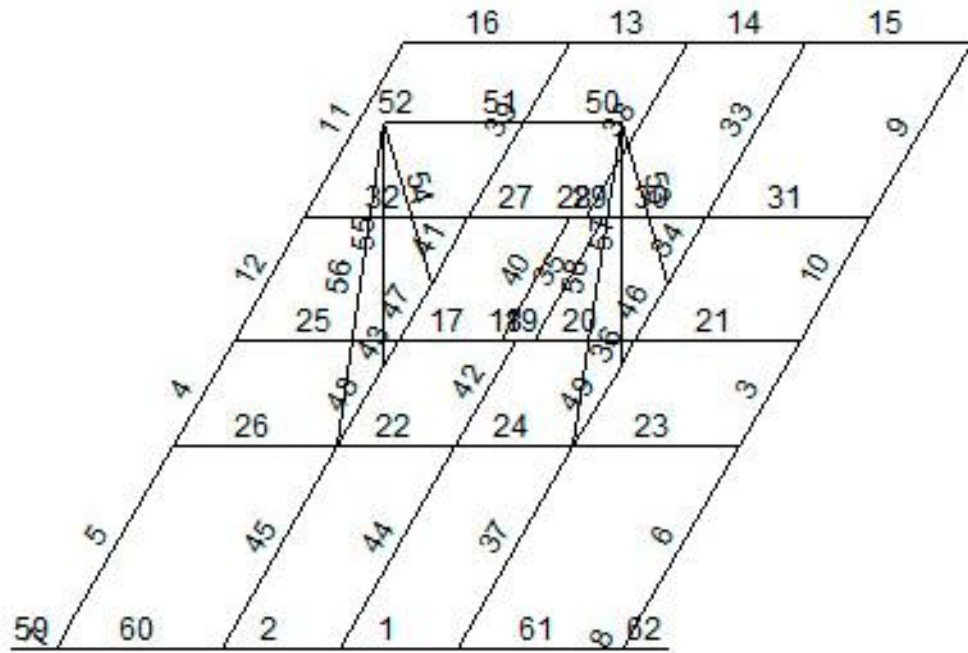


Рис. 2.8 – Модель металокаркасу площадки машинного відділення.

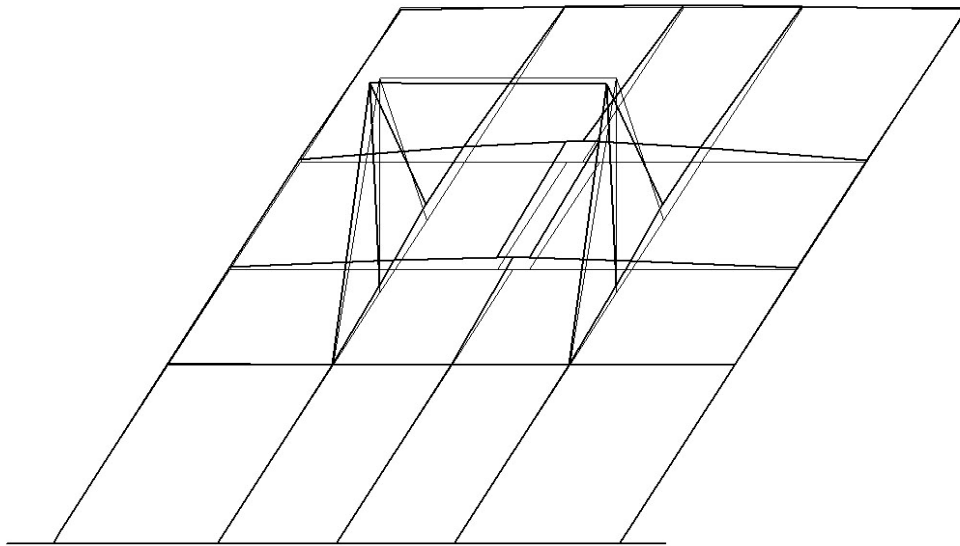


Рис. 2.9 – Ймовірні форми власних коливань площадки приводу, що може резонувати з швидкохідними елементами приводу (п'ята).

Таблиця 2.2 – Частотні характеристики власних коливань площадки машинного відділення.

№ завантаження	Власні значення	Частоти		Періоди с
		1/с	Гц	
1	0.0305429	32.74082	5.210863	0.191906
2	0.0271638	36.81369	5.859081	0.170675
3	0.0229306	43.60979	6.940714	0.144077
4	0.0109394	91.41237	14.54873	0.068734
5	0.0075017	133.3024	21.21574	0.047134
6	0.004879	204.9562	32.6198	0.030656
7	0.0044535	224.5407	35.73677	0.027982
8	0.0039348	254.1391	40.4475	0.024723
9	0.0038024	262.9882	41.85587	0.023891
10	0.0034921	286.356	45.57498	0.021941
11	0.0032862	304.301	48.43101	0.020647
12	0.0030306	329.9623	52.51513	0.019042
13	0.0030145	331.7294	52.79638	0.0189406
14	0.0029138	343.1918	54.62067	0.018308
15	0.0028285	353.5329	56.26651	0.0177725
16	0.0025998	384.6314	61.21599	0.0163355
17	0.0023573	424.2042	67.51419	0.0148116
18	0.002321	430.8428	68.57077	0.0145834
19	0.0017951	557.0508	88.65739	0.0112793
20	0.0016687	599.2346	95.37115	0.0104853
21	0.0014667	681.766	108.5064	0.009216
22	0.0014551	687.1956	109.3705	0.0091432
23	0.0013319	750.7832	119.4908	0.0083688
24	0.0013045	766.5464	121.9996	0.0081967
25	0.001249	800.6042	127.4201	0.007848
26	0.0011416	875.8935	139.4027	0.0071734
27	0.0011406	876.7128	139.5331	0.0071667
28	0.0011359	880.3426	140.1108	0.0071372
29	0.0010194	980.8783	156.1116	0.0064056
30	0.0009805	1019.83	162.311	0.006161

2.5 Висновки по динамічному розрахунку

Частотний розрахунок, виконаний із врахуванням фактичних втрат перерізів елементів, дозволив встановити наступне:

- ймовірну небезпеку для будівельних конструкцій споруди суднонавантажувача 7.0 становлять перші тринадцять форм коливань (період яких менше 0,25 с, що є граничним значенням для умовно жорстких будівельних систем);

- найбільш небезпечною формою коливання системи є перша форма (частота 0,414 Гц, період 2,41 с). Фізично це коливання – відхилення елементів стріли та подаючої голівки разом вліво-вправо (тобто, з площини стріли). Небезпека виникає внаслідок можливості резонування цієї форми коливань не з технологічними агрегатами суднонавантажувача, а з пульсаційною складовою вітрових впливів. Частота коливань 0,414 Гц, хоч і потрапляє в можливий поріг резонування 2 діапазону – (0,413...0,62) Гц, однак, фізично, сам елемент, що коливається, знаходиться поза впливом джерела вібрації;

- коливання по другій – тринадцятій формах були ретельно проаналізовані на предмет можливої небезпеки з появи резонування, небезпеки при аналізі не виявлено;

- коливання по чотирнадцятій – тридцятій формах не становлять небезпеки для наявних збудовуючих динамічних сил, оскільки їх періоди коливань менше 0,25 с;

- під час динамічного розрахунку металокаркасу навантажувача виявлено, що коливання площадки машинного відділення по формі вверх-вниз гвинтом спостерігається тільки по 22 формі коливань (частотні характеристики 5,68 Гц), що лежить далеко за межами можливих збудовуючих частот приводу механізму підйому стріли;

- високі форми власних коливань площадки машинного відділення, що можуть резонувати із швидкохідними джерелами вібрації приводу, відповідають 4-й і 5-й формам (відповідно 14,55 Гц та 21,21 Гц).

2.6 Знос елементів

При постійній активній експлуатації в шкідливих умовах металоконструкції судноавантажувача з часом зношуються, втрачаючи при цьому від корозії частину металу. Внаслідок зменшення перерізів елементів, вони стають вразливими до вібрації і, отже виникають явища резонансу.

ТОВ «Гервін» з метою визначення фактичних значень втрат перерізів основних будівельних металоконструкцій судноавантажувача № 7.1 від корозії з допомогою ультразвукового товщиноміра МХ-3 (DAKOTA ULTRASONICS) було проведено вибірковий контроль товщини стінок основних несучих елементів.

В результаті інструментального обстеження опорного металокаркасу встановлено:

- корозія елементів траверси не перевищує допустимого ступеня, найбільш зношені фланці (2%);
- корозія елементів гойдальної опори, окрім ділянок під кабельростом не перевищує 10 %, під кабельростом локальні ділянки із підвищеним зносом полиць (втрати – до 30 %);
- корозія елементів верхньої частини рами порталу не перевищує гранично допустимих значень (максимальні втрати перерізу до 12%), окрім ділянок під кабельростом, де спостерігаються окремі ділянки із зносом до 30%;
- основа рами порталу – максимальні втрати перерізу до 10%, що не перевищує гранично допустимого значення;
- розпірна балка – значні втрати перерізу нижньої та верхньої полиць (окремими місцями до 32 %);
- елементи пілону – не зношені.

В результаті інструментального обстеження стріли і подаючої голівки встановлено, що найбільш зношеними в окремих місцях є елементи верхнього

поєсу стріли - розпірки з двотавра 160 (знос місцями до 85%), та розкоси (знос місцями до 30%), знос інших елементів не перевищує 15%.

В результаті інструментального обстеження елементів площадки приводу підйому стріли встановлено, що найбільш зношеними є верхній пояс головної балки з двотавра 270 (знос до 30%) та другорядні балки, знос яких місцями перевищує 40% (аж до наскрізних отворів).

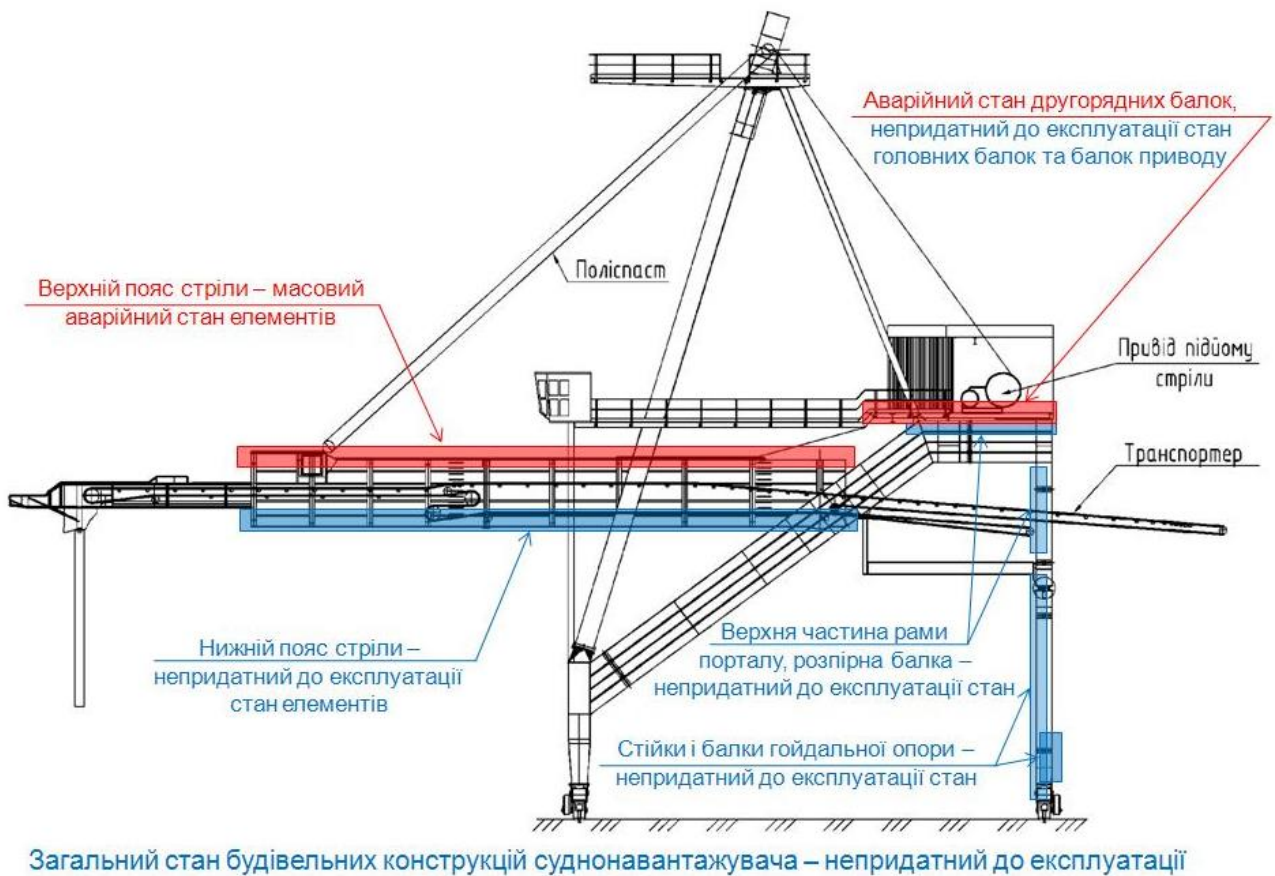


Рис. 2.10 – Схема аварійних (виділено червоним) та непридатних до експлуатації (виділено синім) ділянок судноавантажувача № 7.1.

2.7 Опис моделі

Каркас споруди змодельовано як просторову систему з плоских рам (див. рис. 2.9). При моделюванні каркасу було враховано навантаження від вітру,

ожеледі і сейсмічний вплив. Сніговим навантаженням знехтовано, оскільки при решітчастій системі рам каркасу, площа снігових заметів незначна.

Перелік плоских рам, які було змодельовано (рис.2.11):

1. Траверса ходового механізму (коричнева).
2. Гойдальна опора (синя).
3. Основа рами порталу (червона).
4. Верхня частина рами порталу (фіолетова).
5. Рама пілону (блакитна).
6. Рама розпірки (жовта).
7. Плоска ферма верхнього поясу стріли (зелена).
8. Плоска ферма нижнього поясу стріли (салатова).
9. Балочна конструкція бічних стінок стріли (оранжева).
10. Конструкція подаючої голівки (сіра).
11. Площадка приводу підйому стріли (чорна).
12. Рама оглядової площадки (лілова).

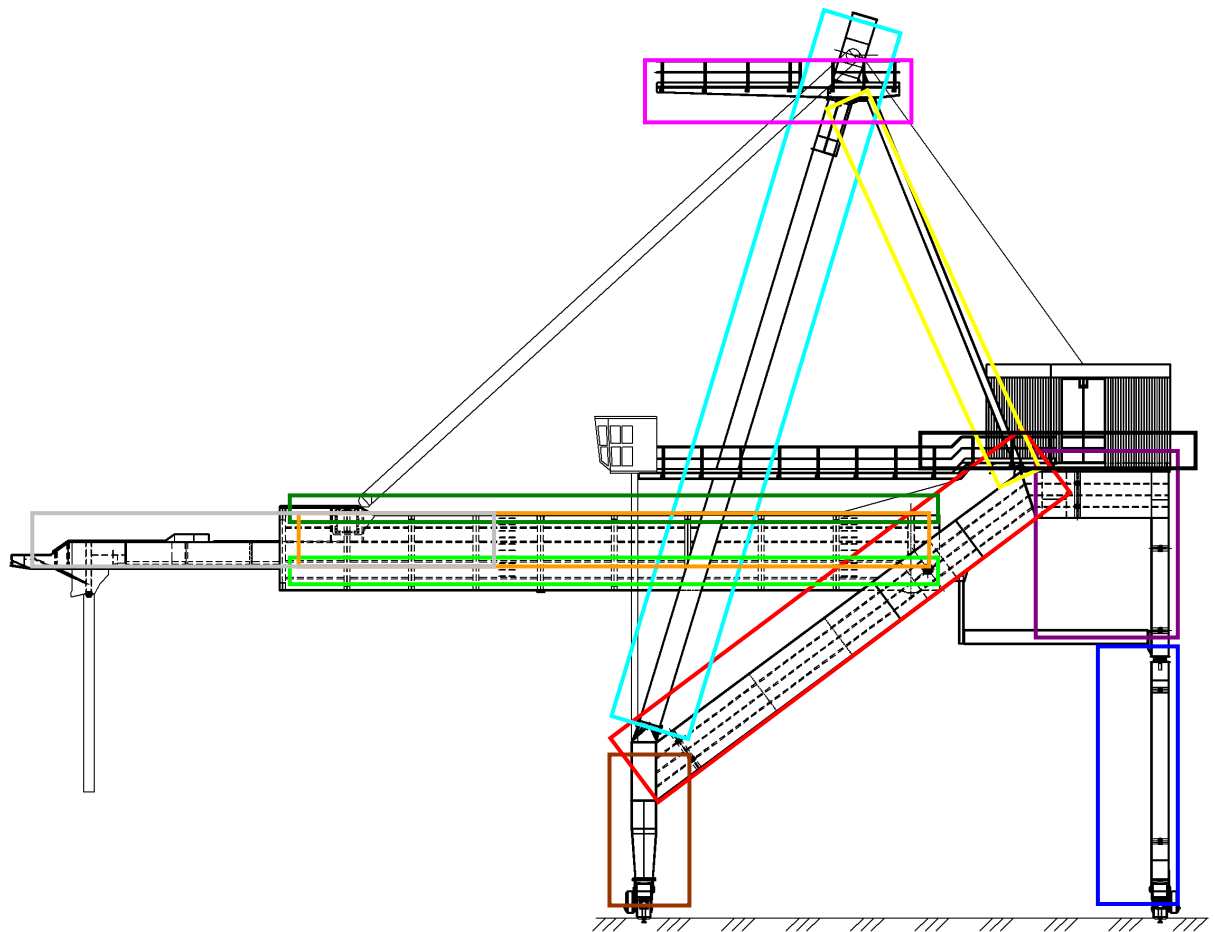


Рис. 2.11 – Схема розташування плоских рам споруди, які розраховуються

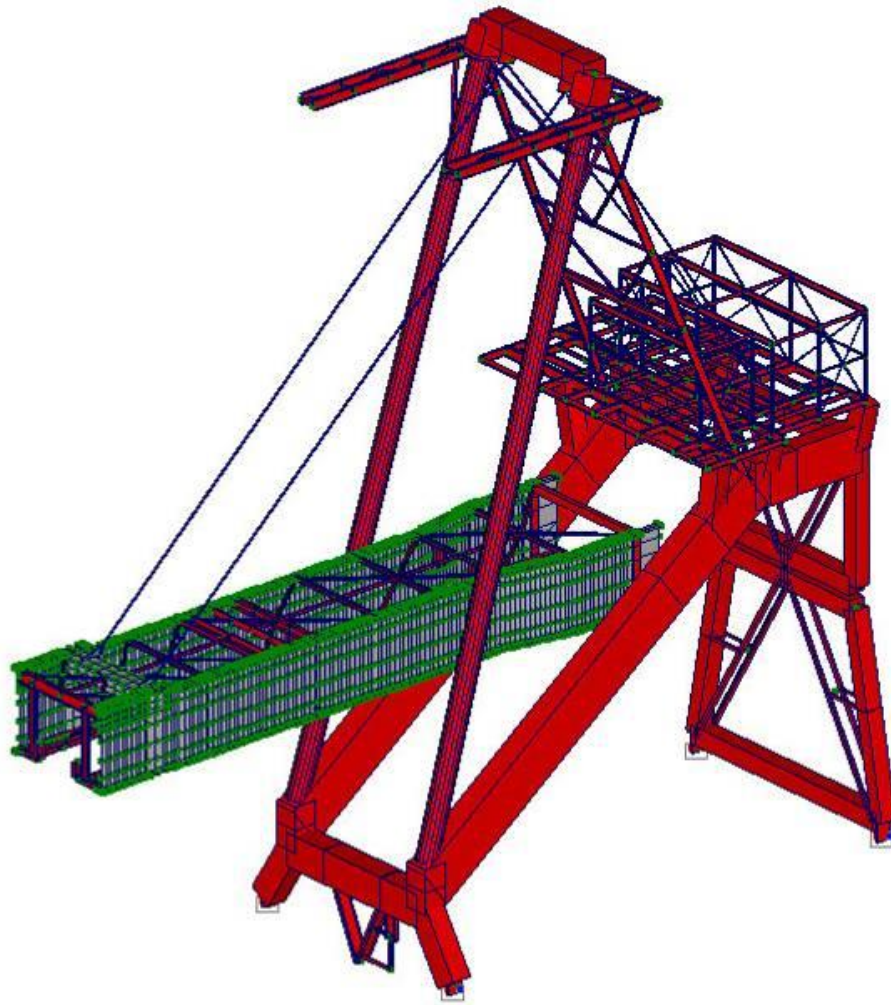


Рис. 2.12 – Модель опорного металокаркасу споруди, що розраховується на кліматичні впливи

Траверсу ходового механізму змодельовано у вигляді “П”- подібного зварного коробчастого перерізу. Стійки мають ухил всередину та змінну по висоті ширину (розширюються догори), виготовлені з металевого листа товщиною 10...12 мм. До верхньої балки траверси за допомогою фланцевих з’єднань приєднано конструкцію рейкозахвату (“V”- подібну раму з листа, який забезпечує фіксацію суднонавантажувача від зміщень вздовж колій).

Гойдальну опору змодельовано як плоску рамну трапецеїдальну конструкцію з двох балок і двох похилих колон з листа 8...10 мм та трикутними зв’язками зі спареного тавра HE 260A (260 x 125 мм), з’єднаного планками у безроскісну ферму висотою 665 мм, які підтримують маятникову опору. До рами приварено внутрішню “Н”- подібну раму з швелера № 16.

До нижньої балки гойдальної опори приварено рейкозахват, аналогічний за конструкцією приєднаному до траверси.

Основу рами порталу змодельовано як похилу балку (всього дві дзеркально симетричні балки на суднонавантажувач) коробчастого перерізу (ширина 1000 мм, висота – 1820 мм), що жорстко з'єднані розпірною балкою коробчастого перерізу 1000x1000 мм, полиці – лист 12 та 14 мм, стінки – лист 10 мм. В середині короба стінки підсилені повздовжніми ребрами з нерівнополичні кутників 100x50x6, розташованих з кроком 450 мм. Верхня та нижня полиці з листа товщиною 10 мм, бокові стінки з листа товщиною 8 мм. Окрім повздовжніх влаштовано систему поперечних ребер з листа товщиною 8 мм з кроком близько 3,645 м. Ці балки з'єднують верхню частину рами порталу з одного боку та траверсу ходового механізму – з іншого. На відстані близько 13,7 м від точки приєднання балок до траверси ходового механізму на бічних гранях балок влаштовано підсилення бічних стінок (лист 10 мм), до яких приєднано потовщення у вигляді листів товщиною 40...65 мм та діаметром 600 мм, що мають зцентровані отвори діаметром 270 мм.

Верхню частину рами порталу змодельовано як просторову рамну нерозрізну конструкцію “Г”- подібної на виді збоку та прямокутної на виді спереду форм, розмірами 7,150 x 7,600 x 3,535 м. Рама складається з верхньої та нижньої балок, з'єднаних між собою двома стійками, на верхівці яких влаштовано коробчасті балочні відгалуження змінного по довжині перерізу 1820 x (1018...600) мм (з листа, полиці – 10 мм, стійки – 8 мм) з внутрішніми повздовжніми ребрами жорсткості з нерівно поличних кутників 100x50x6, влаштованих з кроком 450 мм. Нижня та верхня балки перерізом 720x685 мм (полиці – 10 мм, стійки – 8 мм з листа). Стійки коробчастого перерізу 685x600 мм (бічні грані – з листа 8 мм, інші дві грані – з листа 10 мм).

Пілон змодельовано як похилу “П”- подібну рамну конструкцію, яка складається з трубчастих зварних стійок діаметром 813 мм та товщиною стінки – 8 мм, які за допомогою зварювання приєднані до верхнього поясу нижньої частини основи рами порталу. На трубчасті стійки обпирається “П” - подібна

балка верхніх роликів, яка складається з двох коротких стійок та балки коробчастого перерізу 1000 x 1024 мм (полички – з листа товщиною 12 мм, стінки – з листа 10 мм). До балки приєднано чотири фасонки з листа товщиною 30 мм, які призначені для влаштування роликів поліспаду.

Розпірка змодельована у вигляді похилої металевої ферми між основою рами порталу та балкою верхніх роликів у вигляді ферми з напіврозкісною системою грат, пояси якої складаються з двотаврів № 30 в верхній частині та складеного перерізу з двотавра №30 (I PE 300) та половини двотавра № 50 (1/2 I PE 500) (тавра), з'єднаних зварюванням. Розкоси та розпірки хрестоподібного перерізу зі спарених кутників, розкоси – № 75x7, розпірки – № 80x8, з'єднаних планками з квадратного прокату 15x15 та листів товщиною 8 мм. Нижня перемичка – з двотавра HEA 260.

Металоконструкцію стріли змодельовано як металеву рамну галерею (див. рис. 2.10), яка складається з двох металевих головних балок двотаврового перерізу з металевих листів (полиці – 350 x 12 мм, стійка – 3200 x 6 мм), що з'єднані з допомогою зварювання та розкріплені системою ребер жорсткості.

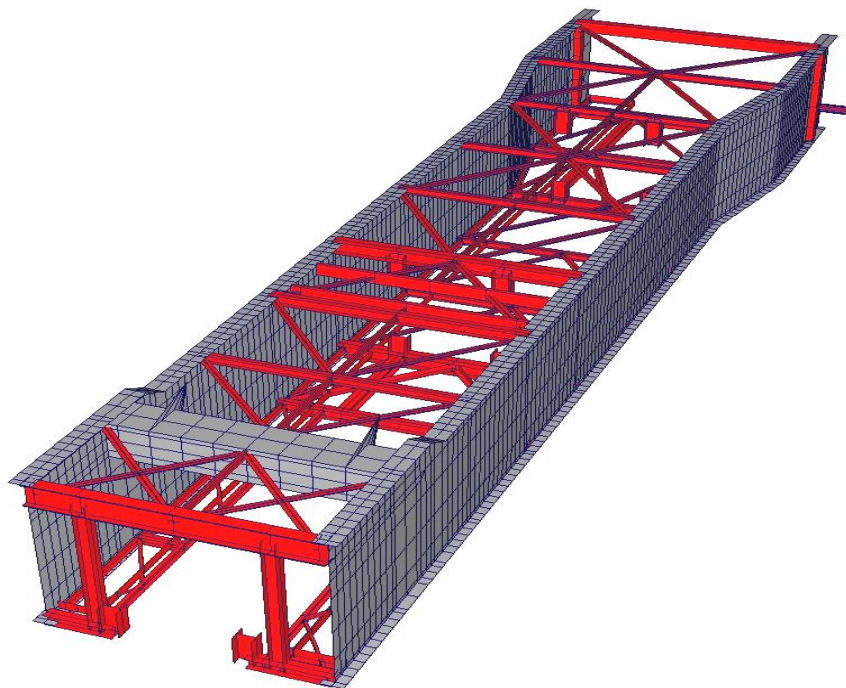


Рис. 2.13 – Модель стріли суднонавантажувача

Вертикальні ребра жорсткості 2500...2900 мм з половини двотавра HE 220А, повздовжні ребра – з кутника 60х60х6, крок – 450...750 мм. В зоні влаштування осі шарніру п'яти стріли на балці влаштовано підсилення стінки з листа у вигляді зварного короба з ребрами жорсткості, до якого приєднано втулку товщиною 100 мм, яка є основою для сферичного шарнірного підшипника типу GE 160 UK-2RS.

2.8 Результати розрахунку

Аналіз результатів розрахунку комп'ютерної моделі показав, що максимальні горизонтальні переміщення вузлів металоконструкцій суднонавантажувача від дії основних комбінації навантажень вздовж розрахункової осі Y дорівнюють 275.92 мм, що менше ніж 1/75 вильоту консолі стріли і становить 333мм (див. рис. 2.14).

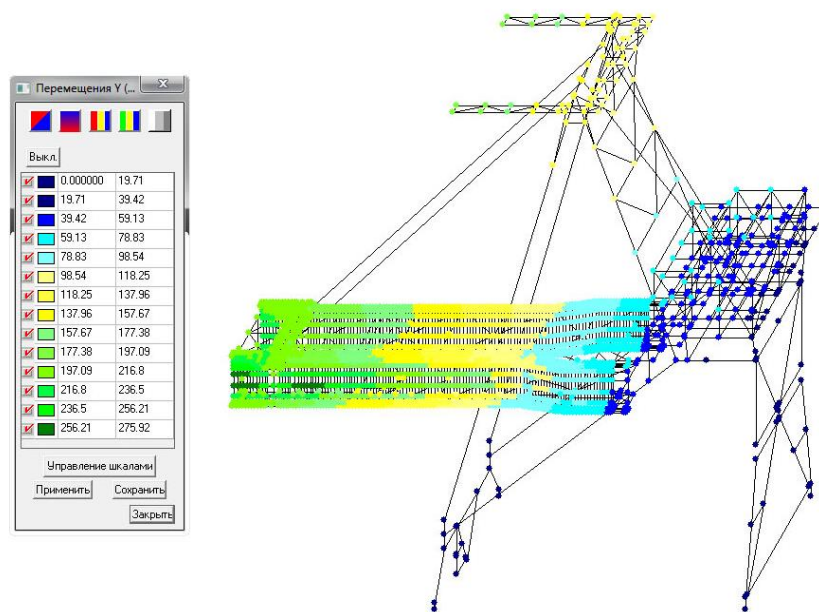


Рис. 2.14 – Ізополя переміщень вздовж осі Y від дії основних сполучень навантажень

Горизонтальні переміщення при аварійних сполученнях навантажень (з врахуванням сейсмічних впливів) вздовж розрахункової осі Y дорівнюють 88.78 мм, що менше ніж 1/75 вильоту консолі стріли і становить 333мм (див. рис. 2.15).

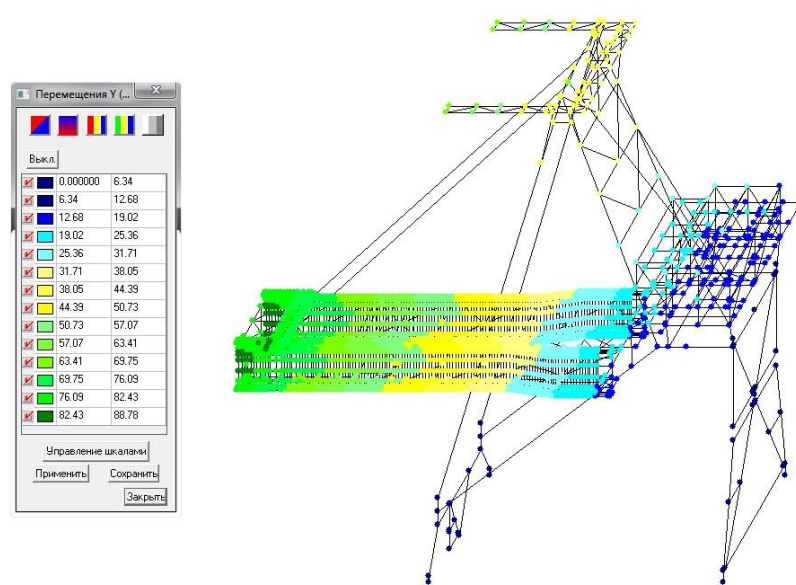


Рис. 2.15 – Ізополя переміщень вздовж осі Y від дії аварійного сполучення навантажень (з врахуванням сейсмічних впливів)

За результатами розрахунку можна зробити висновок, що горизонтальні переміщення не перевищують граничних значень, однак оскільки горизонтальні переміщення є значними, умовами експлуатації передбачити виключно верхнє (неробоче) положення стріли на час вітрових впливів швидкості яких перевищує 15 м/с.

Виконано перевірочний розрахунок найбільш навантажених елементів конструкцій рам для основних і аварійних навантажень.

2.8.1 Перевірочний розрахунок елементів траверси ходового механізму

Аналіз показав, що найбільш не вигідним є основне сполучення навантажень, отже розрахунок виконано для нього.

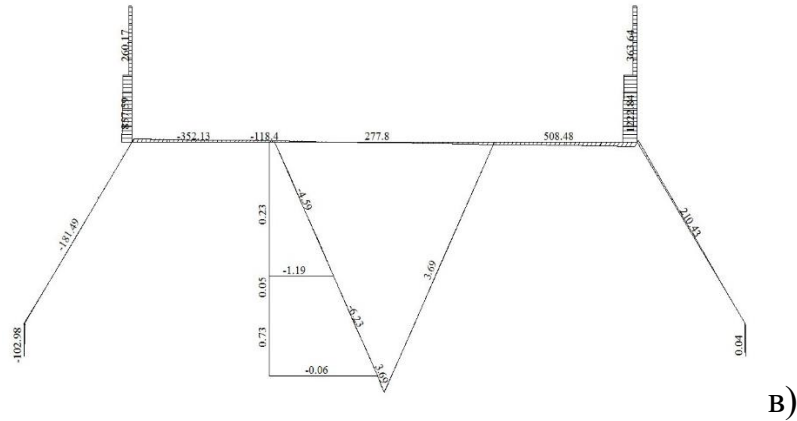


Рис. 2.12 – Епюра моментів в елементах траверси M_z , кНм

Найбільш навантаженою конструкцією є балка. Прогин згідно розрахунку в ПК «SCAD» складає $f = 2.85 \text{ мм}$, що менше допустимого $f_u = \frac{l}{250} = \frac{7000}{250} = 28 \text{ мм}$. Отже, балка траверси ходового механізму з боку моря відповідає умовам міцності і жорсткості. Враховуючи максимальний знос елементів траверси – до 7% міцність і жорсткість зношеної конструкції забезпечена.

2.8.2 Перевірочний розрахунок конструкцій гойдальної опори

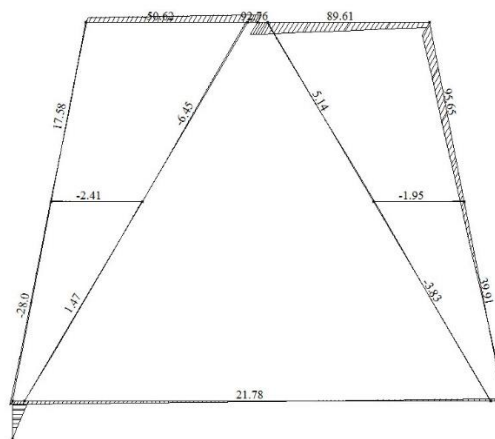


Рис. 2.16 – Епюра моментів в конструкціях гойдальної опори M_z , кНм

Найбільш навантаженими конструкціями гойдальної опори є верхня балка, стійки та розкоси. Розрахунок проведемо для цих елементів.

Перевірочний розрахунок балки в ПК «SCAD» показав, що прогин складає $f = 1.88\text{мм}$, що менше допустимого $f_u = \frac{l}{250} = \frac{7000}{250} = 28\text{мм}$. Отже, верхня балка гойдальної опори відповідає умовам міцності і жорсткості.

Враховуючи фактичний знос стінок балки до 17%, вигини стінок і нижньої полиці нижньої балки, місцева стійкість елементів її перерізу – не забезпечена і потребує підсилення.

Перевірочний розрахунок стійки гойдальної опори в ПК «SCAD» показав, що горизонтальні переміщення складають $f = 20.05\text{мм}$, що менше допустимого $f_u = \frac{l}{250} = \frac{7720}{250} = 30.9\text{мм}$. Отже, стійки гойдальної опори відповідають умовам міцності і жорсткості.

Враховуючи фактичний знос полиць стійки – 30% (місцями до 60%), зношені зони – перевантажені та потребують підсилення.

При розрахунку розкосів визначено, що стійкість забезпечена, в ПК «SCAD» горизонтальні переміщення складають $f = 20.05\text{мм}$, що менше допустимого $f_u = \frac{l}{250} = \frac{8950}{250} = 35.8\text{мм}$. Отже, стійки гойдальної опори відповідають умовам міцності і жорсткості.

2.8.3 Перевірочний розрахунок рами portalу

Аналіз результатів розрахунку показав, що найбільш не вигідним є основне сполучення навантажень, отже розрахунок виконуємо для основного сполучення навантажень (рис. 2.14). В результаті розрахунку міцність балки забезпечена.

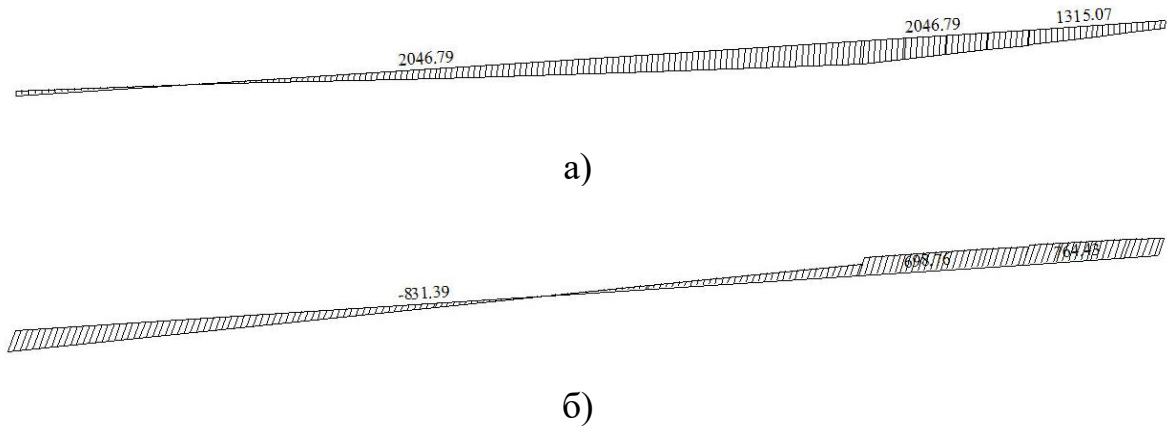


Рис. 2.17 – Епюри внутрішніх зусиль в елементах основи рами порталу для основних сполучень навантажень:

б) – M_y , кНм; в) – M_z , кНм.

Згідно розрахунку в ПК «SCAD» максимальний прогин складає $f = 25.22 \text{ мм}$, що менше допустимого $f_u = \frac{l}{250} = \frac{18590}{250} = 74 \text{ мм}$. Отже, основа рами порталу відповідає умовам міцності і жорсткості.

Враховуючи фактичний знос стінок і полиць основи рами порталу до 10%, її міцність і жорсткість забезпечена.

2.8.4 Перевірочний розрахунок елементів верхньої частини рами порталу

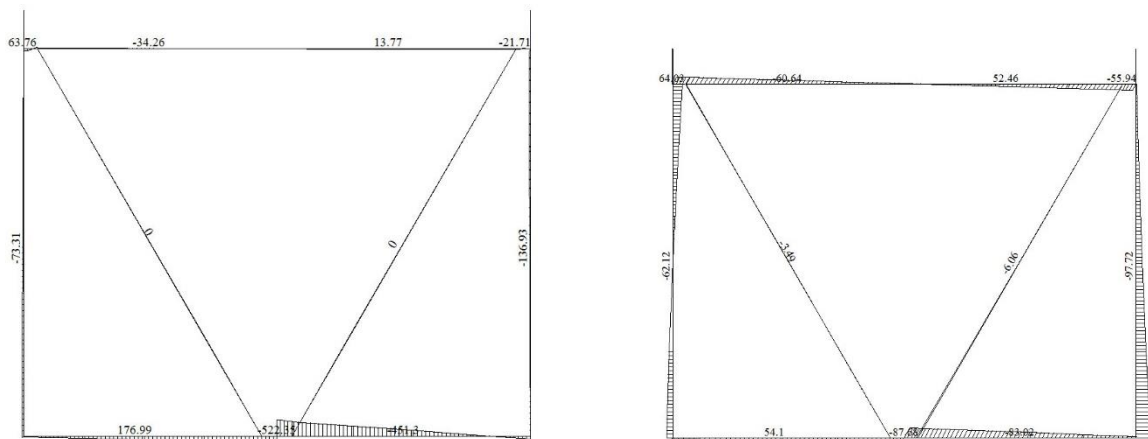


Рис. 2.18 – Епюри моментів в верхній частині рами: а) M_y , кНм; б) M_z , кНм

Аналіз розрахунку показав, що найбільш небезпечним є основне сполучення навантажень. Перевірочний розрахунок виконано для нього.

З рис. 2.18 видно, що найбільш навантаженими конструкціями є нижня балка, стійки і розкоси. Розрахунок ведеться для них.

Прогин балки згідно розрахунку в ПК «SCAD» складає $f = 3.74 \text{ мм}$, що менше допустимого $f_u = \frac{l}{250} = \frac{7000}{250} = 28 \text{ мм}$. Отже, нижня балка верхньої частини рами порталу відповідає умовам міцності і жорсткості.

Враховуючи фактичний знос елементів балок – до 18%, розпірної балки – до 32%, місцева стійкість елементів балок в зношених зонах – не забезпечена. Ці зони потребують підсилення.

Згідно розрахунку стійкість стійки забезпечена, а прогин в ПК «SCAD» складає $f = 20.81 \text{ мм}$, що менше допустимого $f_u = \frac{l}{250} = \frac{5370}{250} = 21.48 \text{ мм}$. Отже, стійки верхньої частини рами порталу відповідають умовам міцності і жорсткості.

2.8.5 Результати розрахунку рами пілону

Розрахунок рами пілону проводився на основне сполучення навантажень.

Згідно з розрахунком міцність забезпечена і прогин балки в ПК «SCAD» складає $f = 8.39 \text{ мм}$, що менше допустимого $f_u = \frac{l}{250} = \frac{5650}{250} = 22.6 \text{ мм}$. Отже, балка верхніх роликів відповідає умовам міцності і жорсткості.

Згідно з розрахунком стійкість стійки забезпечена і прогин в ПК «SCAD» складає $f = 116.58 \text{ мм}$, що більше допустимого $f_u = \frac{l}{250} = \frac{26120}{250} = 104 \text{ мм}$. Отже, переміщення є значними і перевищують допустиме значення.

Враховуючи фактичний знос елементів пілону – до 10%, його міцність, жорсткість і стійкість забезпечена.

2.8.6 Результати розрахунку стріли суднонавантажувача

При розрахунку несучих балок стріли в ПК «SCAD» було побудовано ізополя напружень для основного сполучення навантажень, так як вони є більшими (рис. 2.19).

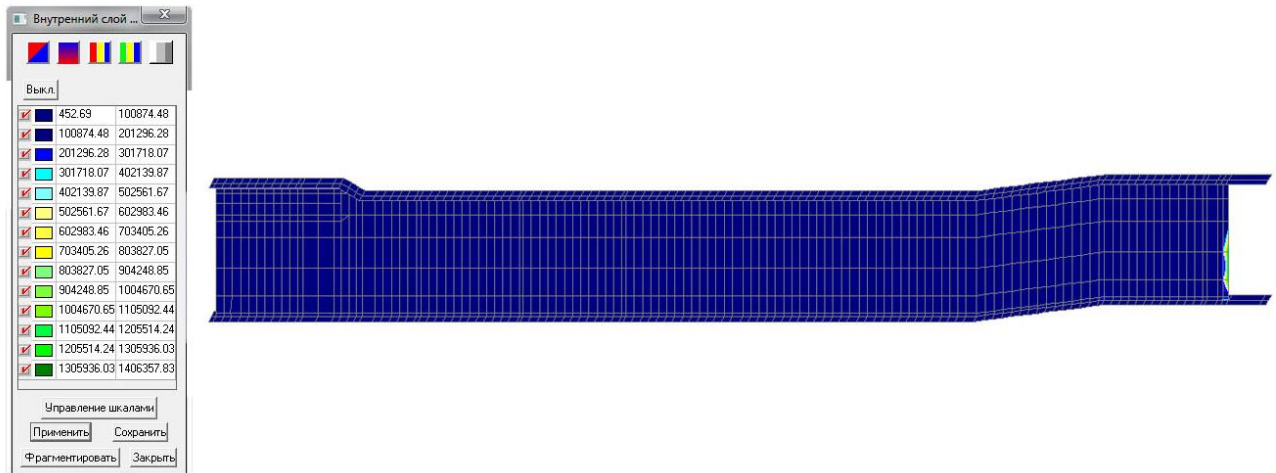


Рис. 2.19 – Ізополя напружень (кПа) в елементах балочної конструкції бічної стінки стріли для основних сполучень навантажень

При основних комбінаціях навантажень напруження складають до 202 МПа, що менше $R_y \gamma_c = 230 \cdot 1.0 = 230 \text{ МПа}$. Прогин згідно розрахунку в ПК «SCAD» складає $f = 25.67 \text{ мм}$, що менше допустимого $f_u = \frac{l}{250} = \frac{25000}{250} = 100 \text{ мм}$. Отже, балочна конструкція бічної стінки стріли відповідає умовам міцності і жорсткості.

Враховуючи фактичний знос полиць – до 21%, стінки – до 7%, місцева стійкість зношених ділянок – не забезпечена. Ці ділянки потребують підсилення.

2.9 Висновки моделювання

В результаті проведеного дослідження було виявлено, що найбільший знос спостерігається в тонких і відкритих елементах каркасу – розкоси, балки, стійки.

Ці елементи виявились найбільше враженими корозією і потребують підсилення, захисту їх поверхні від подальшого впливу клімату.

Більший знос цих елементів пояснюється тим, що вони мають велику площу поверхні при незначній товщині перерізу, а також знаходять в місцях найбільш напружень.

За результатами моделювання напружено-деформованого стану виявлено найбільш навантажені елементи:

- елементи траверси ходових механізмів (максимальний коефіцієнт використання перерізів – 0,3 ... 0,54) – міцність та стійкість забезпечена;
- елементи гойдальної опори (максимальний коефіцієнт використання перерізів – 0,2 ... 0,5) – міцність та стійкість забезпечена;
- елементи основи рами порталу (максимальний коефіцієнт використання перерізів – 0,5 ... 0,59) – міцність та стійкість забезпечена;
- елементи верхньої частини рами порталу (максимальний коефіцієнт використання перерізів – 0,27 ... 0,43) – міцність та стійкість забезпечена;
- елементи рами пілону (максимальний коефіцієнт використання перерізів – 0,18 ... 0,52) – міцність та стійкість забезпечена;
- максимальний коефіцієнт використання перерізів елементів рами розпірки – 0,13 ... 0,54, міцність та стійкість забезпечена;
- елементи плоскої ферми верхнього поясу стріли (максимальний коефіцієнт використання перерізів – 0,28 ... 0,64) – міцність та стійкість забезпечена;
- елементи плоскої ферми нижнього поясу стріли (максимальний коефіцієнт використання перерізів – 0,26 ... 0,42) – міцність та стійкість забезпечена;
- елементи балочної конструкції бічних стінок стріли (максимальний коефіцієнт використання перерізів – 0,2 ... 0,22) – міцність та стійкість забезпечена;
- елементи площадки приводу підйому стріли (максимальний коефіцієнт використання – 0,2 ... 0,42) – міцність та стійкість забезпечена;

- елементи рами оглядової площадки (максимальний коефіцієнт використання – 0,2 ... 0,22) – міцність та стійкість забезпечена;
- стійка рами пілону – деформація при максимальному вітровому впливі складає 117 мм та перевищує гранично допустиме для цієї конструкції значення 104 мм.

На ці елементи в подальшому слід звертати увагу при аналізі міцності надійності споруди.

РОЗДІЛ 3

КОНСТРУКТОРСЬКІ ЗАХОДИ ПІДСИЛЕННЯ ЗА РЕЗУЛЬТАТАМИ АНАЛІЗУ

3.1 Конструктивна характеристика елементів, що підсилюються

3.1.1 Конструктивна характеристика каркасу

Навантаження на рейкові колії від металокаркасу суднонавантажувача № 7.1 передають ходові візки, які являють собою раму з металевих листів до яких закріплені по два візки, на яких, в свою чергу, закріплено по три металевих колеса та привод. Плавний старт та плавна зупинка приводів ходових візків здійснюється частотними перетворювачами. Всього по два привода та по шість коліс на кожному візку. Рами візків закріплена шарнірним вузлом, до “П”- подібної рами, яка, в свою чергу, за допомогою циліндричного шарніра приєднана до ходових балок з боку моря та збоку берега.

З боку моря на візки обпирається ходова балка “П”- подібної форми зварного коробчастого перерізу. Стійки – трапецеїдальної форми та сама балка трапецеїдальної форми, виготовлені з металевого листа товщиною 10 мм та 12 мм. Загальна довжина балки – 16 м, максимальна висота балки – 2 588 мм, ширина балки – 1010 мм. До нижньої поверхні балки за допомогою болтових з'єднань приєднано конструкцію рейкозахвату, який забезпечує фіксацію суднонавантажувача від зміщень вздовж колій. Конструкція рейкозахвату при обстеженні не розглядалася.

З боку берега влаштовано ходову балку загальною довжиною 15,64 м, коробчастим перерізом 516 x 935 мм, виготовлену з листа товщиною 8 мм, яка обпирається на рами візків. Ходова балка з боку берега є основою для нижньої частини гойдальної опори.

Гойдальна опора – плоска рамна конструкція, яка складається з двох частин – нижньої (трапецеїдальної форми) та верхньої (прямокутної форми), які

з'єднані між собою циліндричним шарніром та двома тимчасовими гідравлічними опорами, які спрацьовують в момент активної роботи судноавантажувача (подачі карбаміду) та звільнені від обпирання в момент простою.

Рама нижньої частини гойдальної опори складається з двох балок складеного двотаврового перерізу, елементи якого з'єднані за допомогою зварювання полиці 500 x 15 мм, стінка – 585 x 10 мм. Балки у нижній частині кріпляться високоміцними болтами М24 до ходової балки з боку берега з'єднані у «А»-подібну конструкцію із затяжкою з труби Ø 368 x 10 мм, та у верхній частині – аналогічно – до опорної двотаврової балки у вигляді зварного короба з листа товщиною 8 мм висотою 534 мм. Цю двотаврову балку з двох боків підпирають додаткові підпірки, виготовлені з труби Ø 368 x 10 мм, які, в свою чергу, закріплені до сусідніх складальних одиниць болтовими кріпленнями на болтах М24. На верхній частині балки влаштовано нижню частину циліндричного шарніру з листів товщиною 15 мм.

Рама верхньої частини гойдальної опори складається з металевої балки коробчастого перерізу висотою 534 мм, виготовленої з листа товщиною 8 мм, яка через верхню частину циліндричного шарніру у вигляді листів товщиною 15 мм та опорного пальця, кріпиться до нижньої частини гойдальної опори. На горизонтальну балку обпирається каркас у вигляді перевернутої літери «А», виконаний з двох зварних двотаврів (полиці 500 x 15 мм, стінка – 585 x 10 мм) з розпіркою, виконаною з труби Ø 368 x 10 мм. Двотаври каркаса приєднані до балки на високоміцних болтах М24. Звиси перевернутої літери «А» підкріплені двома стійками з труби Ø 368 x 10 мм, яка нижнім кінцем обпирається на металеву балку коробчастого перерізу та закріплена болтовим полем.

Основа рами порталу являє собою похилу балку коробчастого перерізу (ширина 1010 мм, висота – 2020 мм) з листів товщиною 10 мм, що жорстко з'єднані, з одного боку, з ходовою балкою зі сторони моря, з іншого – з верхньою частиною гойдальної опори через дистанційну балку рами машинного відділення за допомогою болтових кріплень на високоміцних болтах М20. В середині

головні балки порталу розкріплені системою ребер жорсткості товщиною 10 мм. Ближче до берега на головних балках порталу влаштовано циліндричні шарніри, до яких кріпиться стріла.

Між головною балкою порталу та стійкою верхньої частини гойдальної опори влаштовано трубчасті розпірки, які забезпечують геометричну незмінюваність просторового каркасу суднонавантажувача. Трубчасті розпірки закріплені болтовими кріпленнями через листові фасонки.

3.1.2 Конструктивна характеристика стріли

Стріла. Являє собою балочну систему коробчастого профілю перерізом 1,3 x 1,02 м з листів товщиною 10 мм, яка шарнірно кріпиться до головних балок порталу. Всередині коробчастий переріз підсилений ребрами жорсткості у вигляді кутиків L 100 x 65 x 7 та системою діафрагм, встановлених з кроком 1,35 м. Для забезпечення жорсткості стріли в центральній частині стріли влаштовано коробчасту стійку стріли перерізом 1,208 x 0,63 м з листа товщиною 8 мм. В верхній частині стійки стріли влаштовано уширення з листів товщиною 12 мм, до якого кріпиться вісь роликів поліспасти підйому стріли. До стійки стріли жорстко закріплені дві трубчастих розтяжки стріли з круглих труб, які зворотнім боком прикріплені до коробчастої балки стріли подібно до стріл підйомних кранів. Розтяжка стріли з боку моря виготовлена з труби 368 x 12,5 мм, розтяжка стріли з боку берега виготовлена з труби 368 x 10,0 мм (товщина стінки більша за проектну – 6,3 мм). Передня частина стріли вирішена із затупленням у бік моря. Задня частина коробчастої балки стріли виконана із розширенням в бік берега. Основна балка кріпиться до розширення на високоміцних болтах М20. Монтажні одиниці балки стріли по довжині також закріплені між собою на високоміцних болтах М20.

Розширення влаштовано для надійного кріплення напівосей обертання стріли. Посередині розтяжки, ближчої до шарнірного вузла кріплення,

влаштовано додаткову «Л»-подібну підпірку стійки якої являють собою гнучий швелер з листа 100 x 10 мм.

Подаюча голівка. По конструкціям шляху руху стріли (з внутрішнього нижнього боку) та по конструкціях стріли з зовнішнього верхнього боку здійснює переміщення подаюча голівка, яка висувається в бік моря в момент завантаження судна карбамідом та повертається всередину складальної одиниці шлях руху стріли у момент простою. Плавне висування подаючої голівки забезпечується частотними перетворювачами, які організують плавний пуск та зупинку висування.

Передня частина подаючої голівки вирішена у вигляді двох вертикальних суцільнозварних стійок коробчастого перерізу з листа 12 мм, які з обох боків охоплюють передню частину стріли, спрямовану в бік моря. В нижній частині (під стрілою) стійки розкріплені трьома рівнями балок:

- верхній рівень – балка, виготовлена з зігнутого листа товщиною 15 мм (влаштована безпосередньо під стрілою з невеличким зазором);
- середній рівень – балка зі швелера UPN 120, та нижній рівень – коробчаста суцільнозварна балка з листа товщиною 8 мм.

Максимальний шлях пересування подаючої голівки – 27 м, мінімальний – 8 м.

Стійки передньої частини подаючої голівки закріплені через двотаврові суцільнозварні кронштейни з листів товщиною 12 мм болтами до двох повздовжніх балочних конструкцій з двотаврів ІРЕ 550, які, власне, і є основними несучими елементами подаючої голівки.

Двотаврові повздовжні балки подаючої голівки з'єднані між собою напіврозкісною системою ґрат (розкоси – з кутиків L 100 x 8 мм, розпірки – зі швелерів UPN 120). До балок з кроком 1,265 м приварені кронштейни з кутиків L 100 x 65 x 7, L 60 x 6 та швелерів.

3.2 Заходи з підсилення елементів конструкції

Після аналізу найбільш навантажених і зношених елементів було прийнято ряд конструктивних заходів щодо підсилення найбільш небезпечних ділянок в цих елементах.

У цьому розділі запропоновано підсилення таких основних конструкцій:

- стріла – пропонується підсилення розпірок, розкосів, і головних балок;
- подаюча голівка – підсилення розпірок, розкосів і головних балок;
- гойдальна опора – підсилення верхньої балки;
- верхня частина рами порталу – нижня балка та стійки.

Креслення елементів наведено в додатках А...Д.

3.2.1 Підсилення елементів стріли

Розроблено підсилення розкосів (поз. 1, рис. 3.1,) верхнього і нижнього поясів стріли, розпірок (поз. 2, рис 3.1) та головних балок (поз. 3, рис. 3.1).

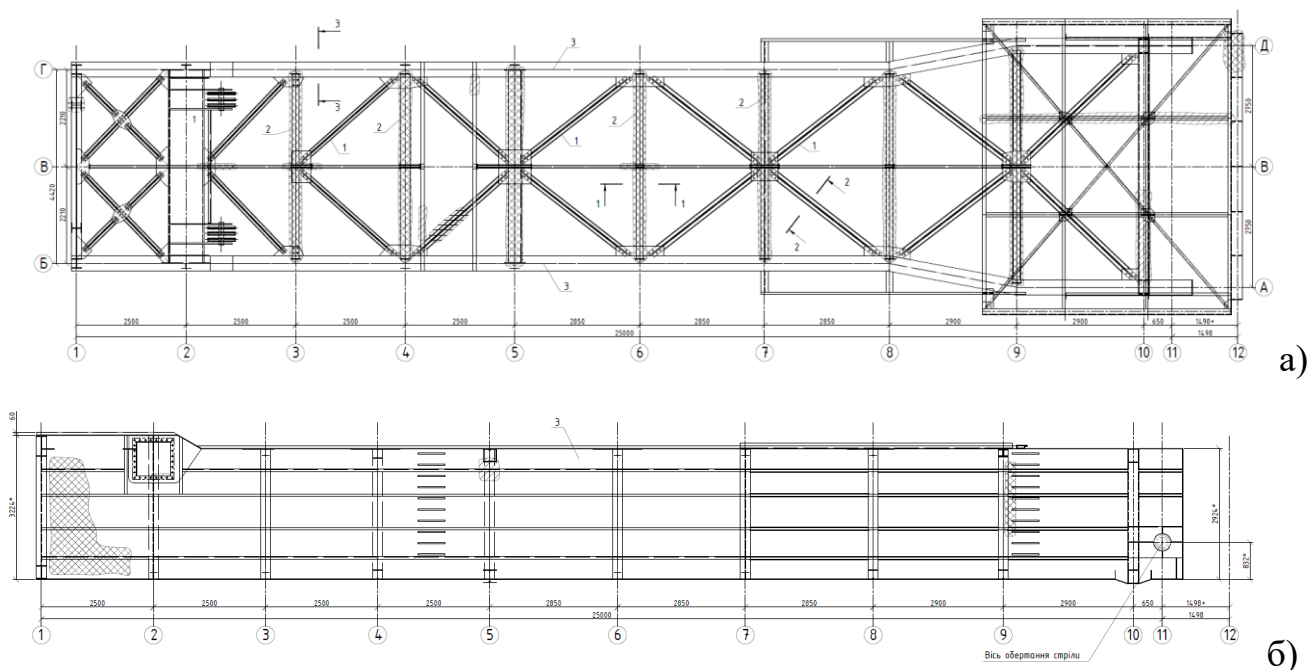


Рис. 3.1 – Конструкція стріли з дефектами:

а) вид зверху; б) вид зліва

Розкоси пропонується підсилювати приварюванням із внутрішньої сторони кута кутика меншого розміру (L 50x50x5), що утворює коробчастий переріз для підвищення корозійної стійкості і геометричних характеристик (рис. 3.2).

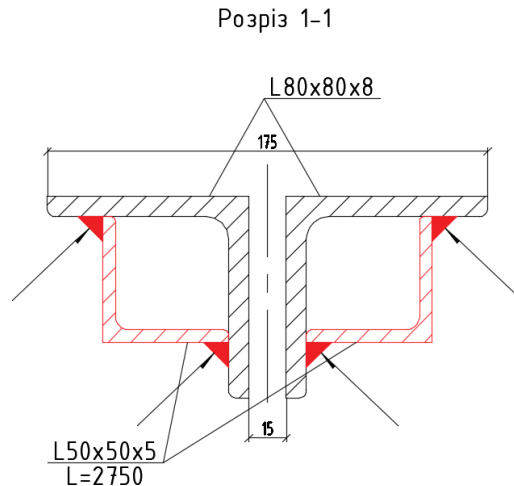


Рис. 3.2 – Схема підсилення розкосів стріли

Маса розкосу до підсилення:

$$M = 2 \times 3.2 \times 9.65 = 61.76 \text{ (кг)}$$

Із врахуванням втрати перерізу від корозії близько 12%:

$$M = 61.76 \times (1 - 0.12) = 54.35 \text{ (кг)}$$

Після підсилення:

$$M = 27.10 + 3.77 \times 2.75 = 37.47 \text{ (кг)}$$

Отже, маса розкосу зросла на:

$$\Delta = \frac{61.76 - 54.35}{61.76} \times 100\% = 12\%$$

Моменти опору перерізу:

Для L 80x80x8 $W_{z1} = 12.8 \text{ (см}^3\text{)}$, $A_1 = 12.3 \text{ (см}^2\text{)}$, для L 50x50x5 $W_{z2} = 3.13 \text{ (см}^3\text{)}$, $A_1 = 4.8 \text{ (см}^2\text{)}$

- початковий момент:

$$W_{заг.} = 2 \times W_{z1} \tag{3.1}$$

$$W_{заг.} = 2 \times 12.8 = 25.6 \text{ (см}^3\text{)}$$

- після підсилення:

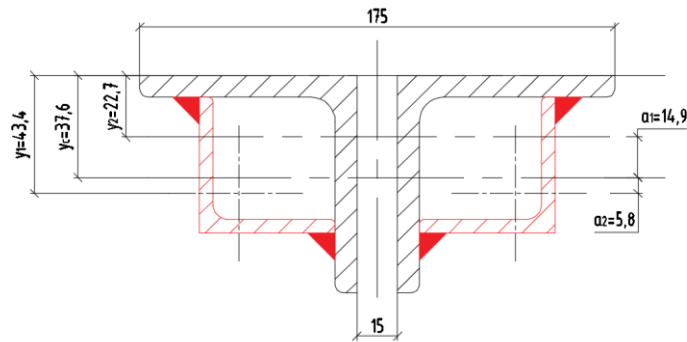


Рис. 3.3 – Розміри перерізу

Знаходимо центр ваги перерізу по осі y за формулою 3.2:

$$y_c = \frac{A_1 \times y_1 + A_2 \times y_2}{A_1 + A_2} \quad (3.2)$$

$$y_c = \frac{12.3 \times 4.34 + 4.8 \times 2.27}{12.3 + 4.8} = 3.76 \text{ (см)}$$

Момент опору складеного перерізу знаходимо за формулою 3.3:

$$W_z = W_{z1} + a_1^2 \times A_1 + W_{z2} + a_2^2 \times A_2 \quad (3.3)$$

$$W_z = 12.8 + 1.49^2 \times 12.3 + 3.13 + 0.58^2 \times 4.8 = 45.16 \text{ (см}^3\text{)}$$

Отже, момент опору перерізу після підсилення змінився на:

$$\Delta = \frac{45.16 - 25.6}{45.16} \times 100\% = 43.3\%$$

За розрахунком можна зробити висновок, що підсилення раціональне.

Розпірки пропонується підсилювати наваренням пластин по боках зношених полицок на всю довжину розпірки (рис. 3.4), для того, щоб утворити закритий герметичний переріз, і збільшити жорсткісні характеристики перерізу. Розпірки виконані з двотаврового прокату НЕА 160, підсилення виконується пластинами перерізом 134x9 мм з кутовим приварюванням до існуючого профілю.

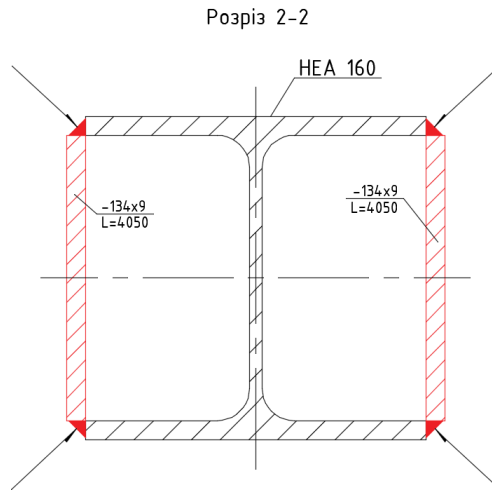


Рис. 3.4 – Схема підсилення розпірок стріли

Маса розпірки до підсилення:

$$M = 4.2 \times 30.4 = 127.68 \text{ (кг)}$$

Із врахуванням втрати перерізу від корозії близько 15%:

$$M = 127.68 \times (1 - 0.15) = 108.53 \text{ (кг)}$$

Після підсилення:

$$M = 108.53 + 2 \times 4.05 \times 9.46 = 185.16 \text{ (кг)}$$

Отже, маса розкошу зросла на:

$$\Delta = \frac{185.16 - 127.68}{185.16} \times 100\% = 31\%$$

Моменти опору перерізу після підсилення:

Для HEA 160 $W_{z1} = 220.1 \text{ (см}^3\text{)}$, $A_1 = 38.77 \text{ (см}^2\text{)}$, для пластини розміром 134x9 $W_{z2} = 26.93 \text{ (см}^3\text{)}$, $A_1 = 12.06 \text{ (см}^2\text{)}$

Момент опору складеного симетричного перерізу знаходимо за формулою 3.4:

$$W_z = W_{z1} + 2 \times W_{z2} \quad (3.4)$$

$$W_z = 220.1 + 2 \times 26.93 = 273.96 \text{ (см}^3\text{)}$$

Отже, момент опору перерізу після підсилення змінився на:

$$\Delta = \frac{273.96 - 220.1}{273.96} \times 100\% = 19.6\% . \text{ За результатами підсилення є раціональним.}$$

Для підсилення головних балок слід виконати підсилення верхньої і нижньої полицок додатковими навареними пластинами розмірів 180x24мм і 420x10 мм відповідно (рис. 3.5).

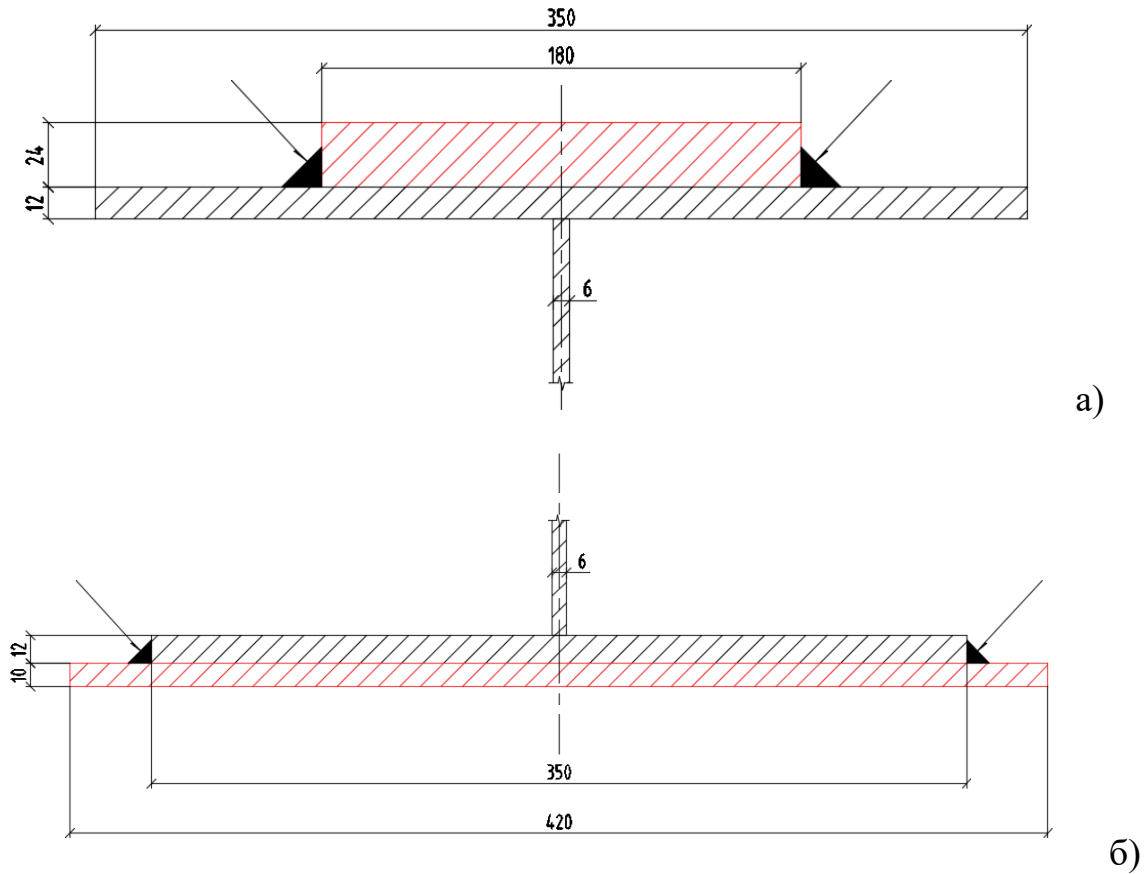


Рис. 3.5 – Схема підсилення полицок головної балки:

а) верхня полицка; б) нижня полицка.

Маса балки до підсилення:

$$M = (25 \times 2.924 \times 0.006 + 2 \times 25 \times 0.012 \times 0.35) \cdot 7850 = 5092 \text{ (кг)}$$

Із врахуванням втрати перерізу від корозії близько 6%:

$$M = 50.92 \times (1 - 0.06) = 4785 \text{ (кг)}$$

Після підсилення:

$$M = 4785 + (0.024 \times 25 \times 0.18 + 0.01 \times 25 \times 0.42) \cdot 7850 = 6457 \text{ (кг)}$$

Отже, маса розкошу зросла на:

$$\Delta = \frac{6457 - 4785}{6457} \times 100\% = 25.8\%$$

Моменти опору перерізу:

$$\text{Для складеного двотавра } W_{z1} = \frac{290^2 \times 0.6}{6} + 2 \times \left(\frac{35 \times 1.2^2}{6} + 145.6^2 \times 42 \right) = 1.7 \times 10^6 \text{ (см}^3\text{)},$$

$$A_1 = 258 \text{ (см}^2\text{)}, \text{ для верхньої пластини } W_{z2} = \frac{2.4^2 \times 18}{6} = 17.28 \text{ (см}^3\text{)}, A_2 = 42 \text{ (см}^2\text{)}, \text{ для}$$

$$\text{нижньої пластини } W_{z3} = \frac{1^2 \times 42}{6} = 7 \text{ (см}^3\text{)}, A_3 = 42 \text{ (см}^2\text{)}.$$

Після підсилення:

Момент опору складеного перерізу знаходимо за формулою 3.3:

$$W_z = 1.7 \times 10^6 + 17.28 + 147.4^2 \times 42 + 7 + 146.7^2 \times 42 = 3.5 \times 10^6 \text{ (см}^3\text{)}$$

Отже, момент опору перерізу після підсилення збільшився на:

$$\Delta = \frac{3.5 - 1.7}{1.7} \times 100\% = 105.9\%$$

За розрахунком можна зробити висновок, що підсилення раціональне.

3.2.2 Підсилення елементів подаючої голівки

Розроблено підсилення розкосів (поз. 1, рис. 3.6.) верхнього і нижнього поясів стріли, розпірок (поз. 2, рис 3.6) та головних балок (поз. 3, рис. 3.6).

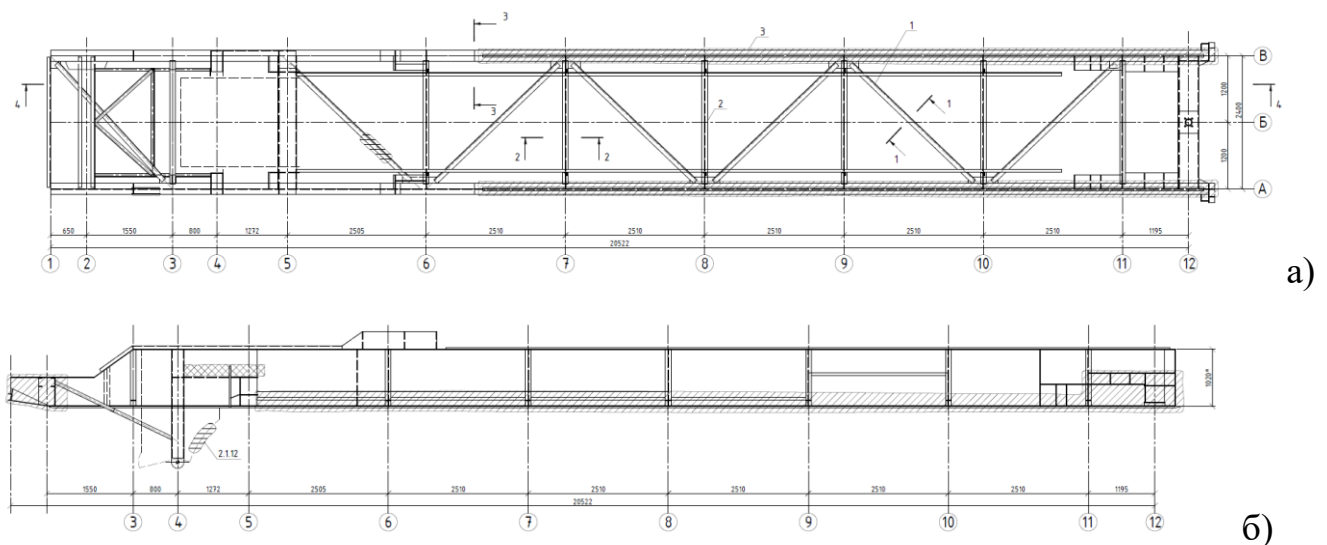


Рис. 3.6 – Конструкція подаючої голівки з дефектами:

а) вид зверху; б) розріз 4-4

Розкоси пропонується підсилювати приварюванням із внутрішньої сторони кута кутика меншого розміру (L 50x50x5), що утворює коробчастий переріз для підвищення корозійної стійкості і геометричних характеристик (рис. 3.7).

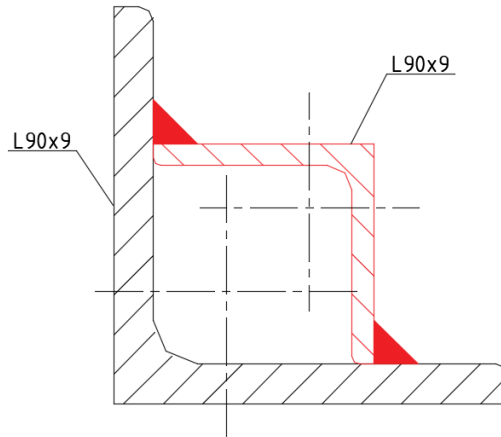


Рис. 3.7 – Схема підсилення розкосів подаючої голівки

Маса розкосу до підсилення:

$$M = 3.05 \times 12.2 = 37.21 \text{ (кг)}$$

Із врахуванням втрати перерізу від корозії близько 10%:

$$M = 37.21 \times (1 - 0.1) = 33.5 \text{ (кг)}$$

Після підсилення:

$$M = 33.5 + 3.77 \times 2.6 = 43.3 \text{ (кг)}$$

Отже, маса розкосу зросла на:

$$\Delta = \frac{43.3 - 37.21}{43.3} \times 100\% = 14\%$$

Моменти опору перерізу:

Для L 90x9 $W_{z1} = 18.3 \text{ (см}^3\text{)}$, $A_1 = 15.6 \text{ (см}^2\text{)}$, для L 50x50x5 $W_{z2} = 3.13 \text{ (см}^3\text{)}$, $A_1 = 4.8 \text{ (см}^2\text{)}$

Після підсилення:

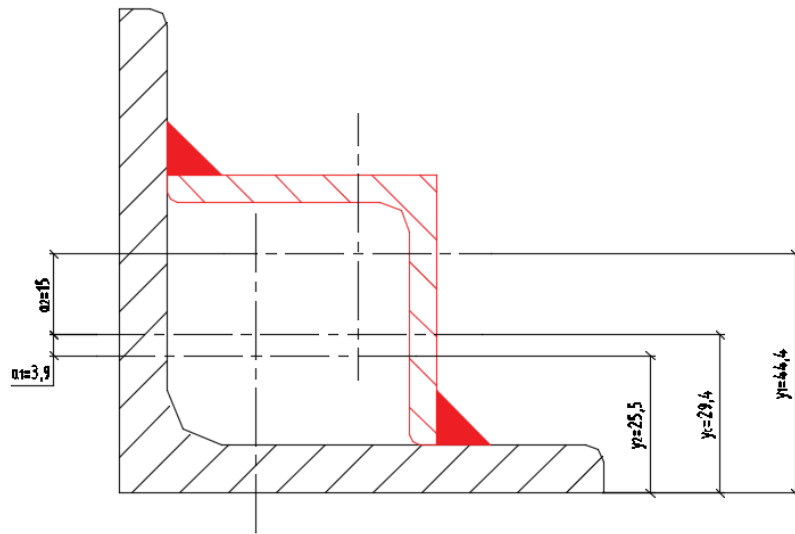


Рис. 3.8 – Розміри перерізу

Знаходимо центр ваги перерізу по осі y за формулою 3.2:

$$y_c = \frac{18.3 \times 2.55 + 4.8 \times 4.44}{18.3 + 4.8} = 2.94 \text{ (см)}$$

Момент опору складеного перерізу знаходимо за формулою 3.3:

$$W_z = 18.3 + 0.39^2 \times 15.6 + 3.13 + 1.5^2 \times 4.8 = 34.6 \text{ (см}^3\text{)}$$

Отже, момент опору перерізу після підсилення змінився на:

$$\Delta = \frac{34.6 - 18.3}{18.3} \times 100\% = 47.1\%$$

За розрахунком можна зробити висновок, що підсилення раціональне.

Розпірки пропонується підсилювати наваренням пластин по боках зношених полицок на всю довжину розпірки (рис. 3.9), для того, щоб утворити закритий герметичний переріз, і збільшити жорсткісні характеристики перерізу. Розпірки виконані з двотаврового прокату НЕА 100, підсилення виконується пластинами перерізом 80x8 мм з кутовим приварюванням до існуючого профілю.

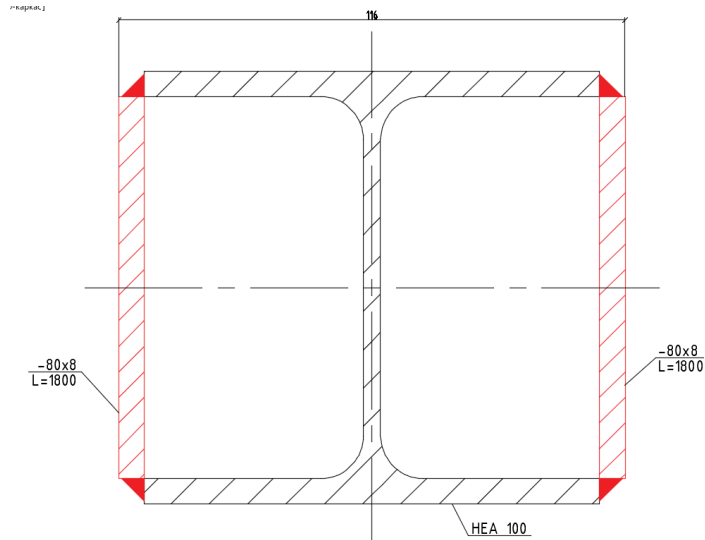


Рис. 3.9 – Схема підсилення розпірок подаючої голівки

Маса розпірки до підсилення:

$$M = 2.2 \times 16.7 = 36.74 \text{ (кг)}$$

Із врахуванням втрати перерізу від корозії близько 15%:

$$M = 36.74 \times (1 - 0.15) = 31.23 \text{ (кг)}$$

Після підсилення:

$$M = 31.23 + 2 \times (1.8 \times 0.008 \times 0.08) \cdot 7850 = 49.32 \text{ (кг)}$$

Отже, маса розкошу зросла на:

$$\Delta = \frac{49.32 - 36.74}{49.32} \times 100\% = 25.5\%$$

Моменти опору перерізу після підсилення:

Для HEA 100 $W_{z1} = 72.76 \text{ (см}^3\text{)}$, $A_1 = 21.24 \text{ (см}^2\text{)}$, для пластини розміром 80x8 $W_{z2} = 8.53 \text{ (см}^3\text{)}$, $A_1 = 6.4 \text{ (см}^2\text{)}$

Момент опору складеного симетричного перерізу знаходимо за формулою 3.4:

$$W_z = W_{z1} + 2 \times W_{z2} \quad (3.4)$$

$$W_z = 72.76 + 2 \times 8.53 = 89.82 \text{ (см}^3\text{)}$$

Отже, момент опору перерізу після підсилення змінився на:

$\Delta = \frac{89.82 - 72.76}{89.82} \times 100\% = 18.9\%$. За результатами підсилення є раціональним.

Для підсилення головних балок слід виконати підсилення верхньої і нижньої полицок додатковими навареними пластинами розмірів 180x24мм і 420x10 мм відповідно (рис. 3.10).

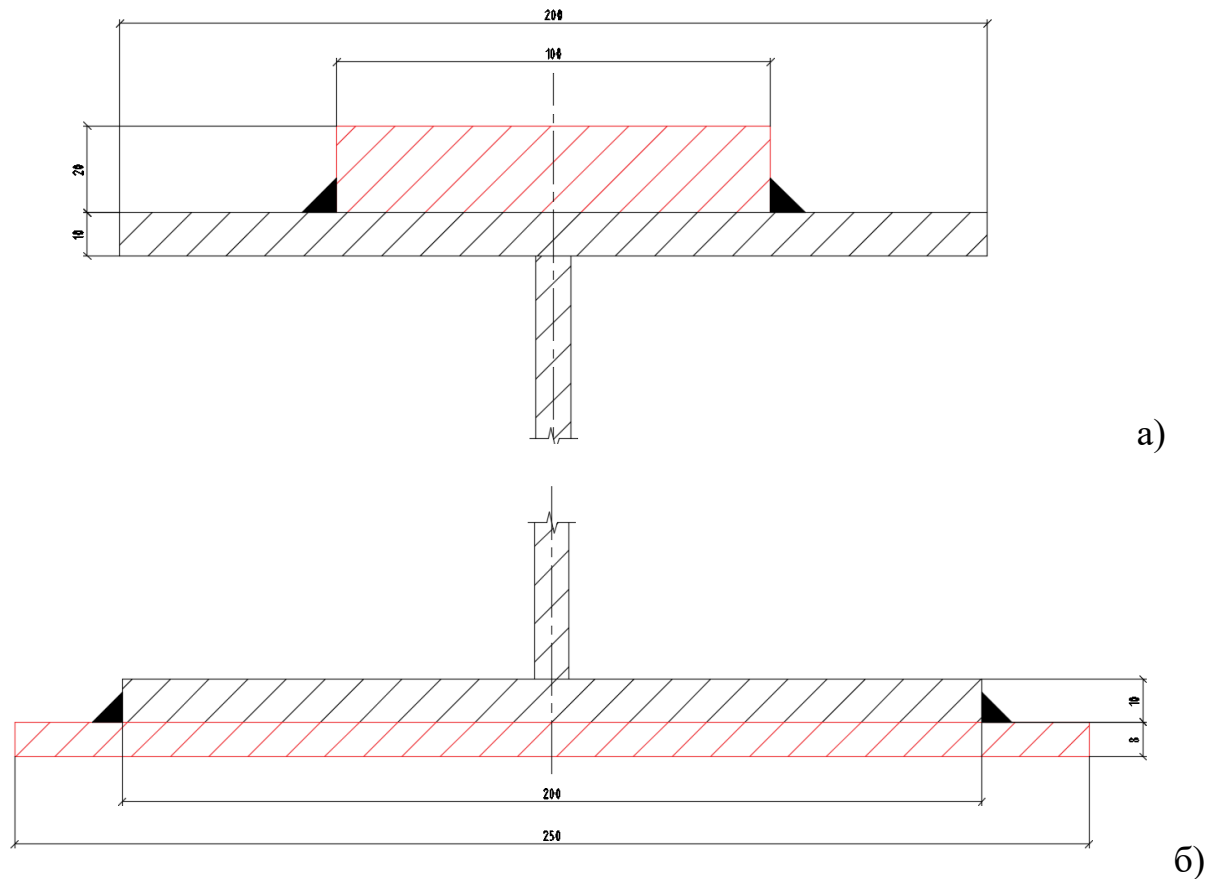


Рис. 3.10 – Схема підсилення полицок подаючої голівки:

а) верхня полицка; б) нижня полицка

Маса балки до підсилення:

$$M = (18.3 \times 1.02 \times 0.008 + 2 \times 18.3 \times 0.01 \times 0.2) \cdot 7850 = 1747 \text{ (кг)д}$$

Із врахуванням втрати перерізу від корозії близько 10%:

$$M = 1747 \times (1 - 0.1) = 1572 \text{ (кг)}$$

Після підсилення:

$$M = 1572 + (0.02 \times 18.3 \times 0.1 + 0.008 \times 25 \times 0.25) \cdot 7850 = 2252 \text{ (кг)}$$

Отже, маса розкошу зросла на:

$$\Delta = \frac{2252 - 1572}{2252} \times 100\% = 30.2\%$$

Моменти опору перерізу:

Для складеного двотавра $W_{z1} = \frac{100^2 \times 0.8}{6} + 2 \times \left(\frac{20 \times 1^2}{6} + 50.5^2 \times 20 \right) = 1.03 \times 10^5 \text{ (см}^3\text{)},$

$A_1 = 120 \text{ (см}^2\text{)},$ для верхньої пластини $W_{z2} = \frac{2^2 \times 10}{6} = 6.66 \text{ (см}^3\text{)},$ $A_2 = 20 \text{ (см}^2\text{)},$ для

нижньої пластини $W_{z3} = \frac{0.8^2 \times 25}{6} = 2.66 \text{ (см}^3\text{)},$ $A_3 = 20 \text{ (см}^2\text{)}.$

Після підсилення:

Момент опору складеного перерізу знаходимо за формулою 3.3:

$$W_z = 1.03 \times 10^5 + 6.66 + 52^2 \times 20 + 2.66 + 51.4^2 \times 20 = 2.09 \times 10^5 \text{ (см}^3\text{)}$$

Отже, момент опору перерізу після підсилення змінився на:

$$\Delta = \frac{2.09 - 1.03}{2.09} \times 100\% = 50.6\%$$

За розрахунком можна зробити висновок, що підсилення раціональне.

3.2.3 Підсилення елементів гойдальної опори

Найбільш зношеним і напруженим елементом гойдальної опори є верхня балка, в зоні закріплення шарнірної опори (рис. 3.11, 3.12).

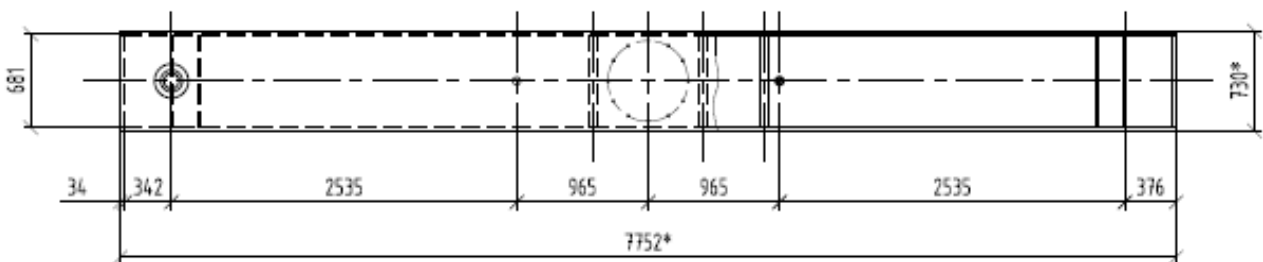


Рис. 3.11 – Верхня балка гойдальної опори (вид зверху)

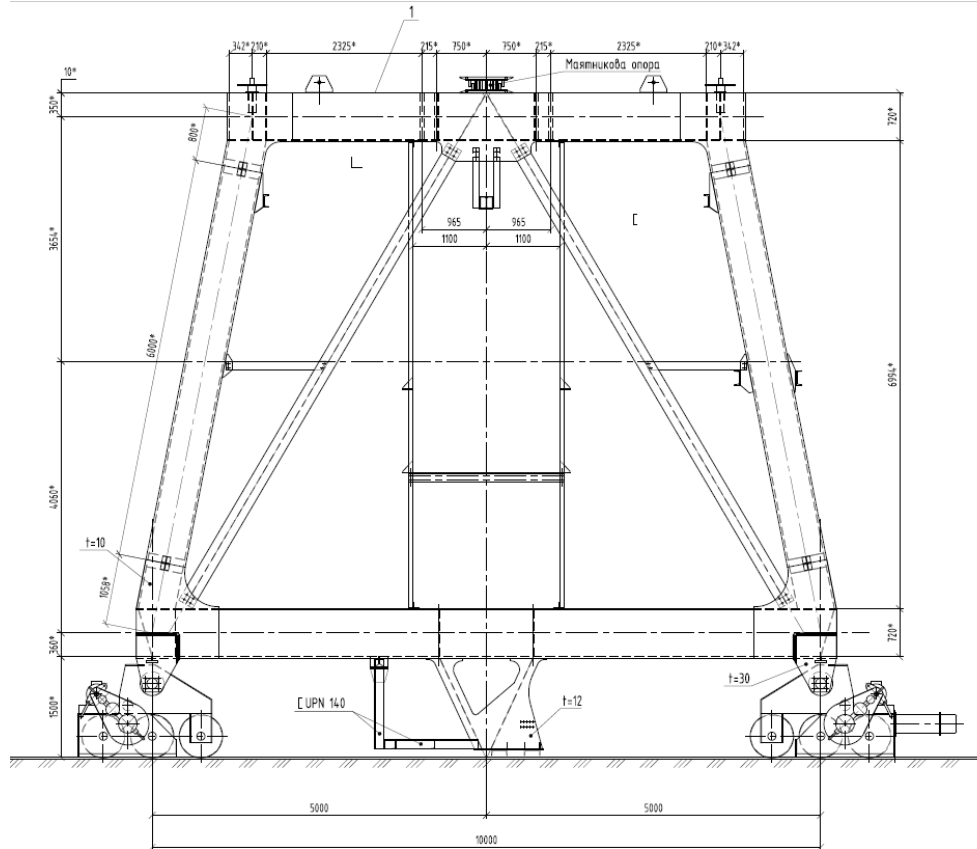


Рис. 3.12 – Гойдальна опора (вигляд збоку)

Для підсилення небезпечної ділянки посередині прольоту балки рекомендується підсилити її за допомогою наварювання на існуючі горизонтальні стінки додаткових пластин в зоні високих напружень, щоб збільшити площу перерізу.

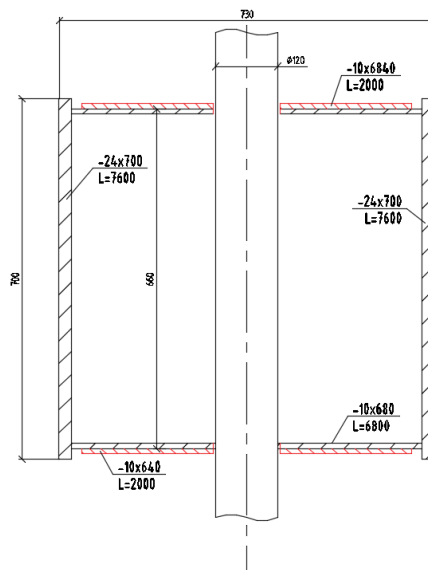


Рис. 3.13 – Схема підсилення перерізу в місці з маятниковою опорою

Маса балки до підсилення:

$$m = 2 \cdot (7.6 \times 0.7 \times 0.024 + 6.8 \times 0.01 \times 0.68) \cdot 7850 = 2730 \text{ (кг)}$$

Із врахуванням втрати перерізу від корозії близько 10%

$$m = 2730 \times (1 - 0.1) = 2457 \text{ (кг)}$$

Після підсилення:

$$m = 2457 + 2 \times (0.01 \times 0.64 \times 2 - \frac{3.14 \times 0.13^2 \times 0.01}{4}) \cdot 7850 = 2657 \text{ (кг)}$$

Отже, маса розкошу зменшилася на:

$$\Delta = \frac{2657 - 2730}{2657} \times 100\% = 2,7\%$$

Моменти опору перерізу:

Для горизонтальних пластин: $W_{z1} = \frac{68 \times 1^2}{6} = 11.33 \text{ (см}^3\text{)}$, $A_1 = 68 \text{ (см}^2\text{)}$, відстань

до центру ваги від осі $a_1 = 32.5 \text{ (см)}$ для вертикальних пластин:

$$W_{z2} = \frac{70^2 \times 2.4}{6} = 1960 \text{ (см}^3\text{)}, A_2 = 168 \text{ (см}^2\text{)}.$$

До підсилення:

Момент опору складеного перерізу знаходимо за формулою 3.3:

$$W_z = 1960 \times 2 + 2 \times (11.33 + 32.5^2 \times 68) = 1.48 \times 10^5 \text{ (см}^3\text{)}$$

Після підсилення:

Для додаткових пластин: $W_{z1} = \frac{64 \times 1^2}{6} = 10.66 \text{ (см}^3\text{)}$, $A_1 = 64 \text{ (см}^2\text{)}$, відстань до

центру ваги від осі $a_1 = 33.5 \text{ (см)}$.

Момент опору складеного перерізу з додатковими накладками знаходимо за формулою 3.3:

$$W_z = 1.48 \times 10^5 + 2 \times (10.66 + 32.5^2 \times 64) = 2.83 \times 10^5 \text{ (см}^3\text{)}$$

Отже, момент опору перерізу після підсилення змінився на:

$$\Delta = \frac{2.83 - 1.48}{2.83} \times 100\% = 46.7\%$$

За результатами розрахунку можна зробити висновок, що підсилення виконано раціонально.

3.2.4 Підсилення елементів верхньої частини рами порталу

Найбільш зношеним і напруженим елементом гойдальної опори є верхня балка, в зоні закріплення шарнірної опори (рис. 3.14).

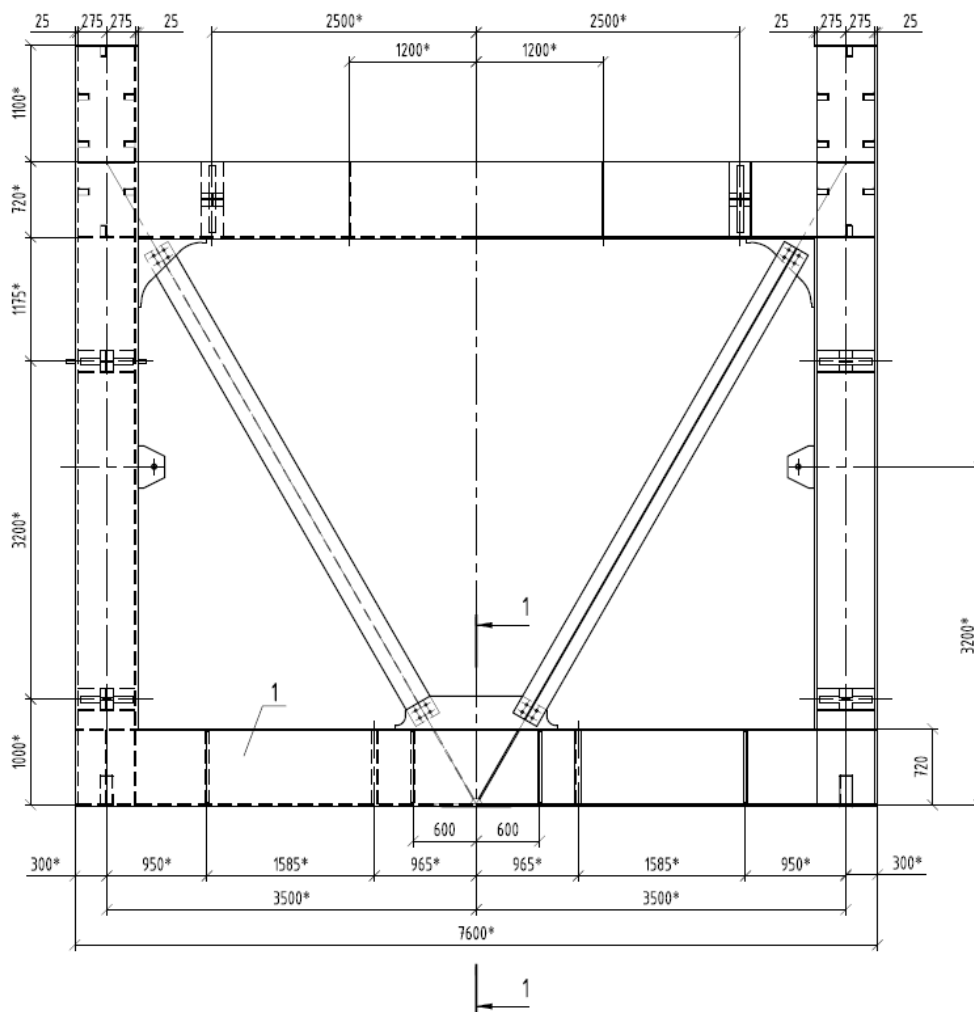


Рис. 3.14 – Верхня балка гойдальної опори

Для підсилення небезпечної ділянки посередині прольоту балки рекомендується підсилити її за допомогою наварювання на існуючі горизонтальні стінки додаткових пластин в зоні високих напружень, аналогічно до підсилення верхньої балки гойдальної опори, щоб збільшити площу перерізу.

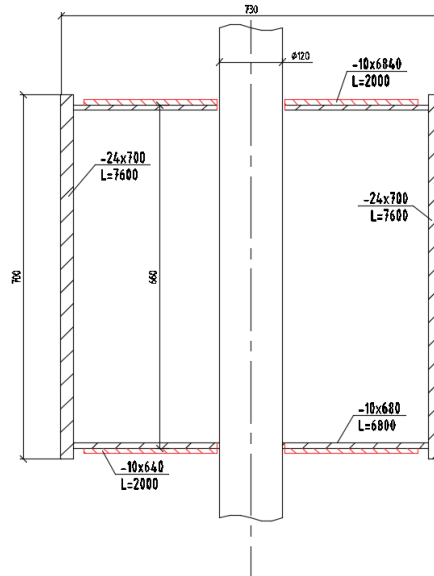


Рис. 3.15 – Схема підсилення перерізу в місці з маятниковою опорою

Маса балки до підсилення:

$$m = 2 \cdot (7.6 \times 0.7 \times 0.024 + 6.8 \times 0.01 \times 0.68) \cdot 7850 = 2730 \text{ (кг)}$$

Із врахуванням втрати перерізу від корозії близько 10%

$$m = 2730 \times (1 - 0.1) = 2457 \text{ (кг)}$$

Після підсилення:

$$m = 2457 + 2 \times (0.01 \times 0.64 \times 2 - \frac{3.14 \times 0.13^2 \times 0.01}{4}) \cdot 7850 = 2657 \text{ (кг)}$$

Отже, маса розкошу зменшилася на:

$$\Delta = \frac{2657 - 2730}{2657} \times 100\% = 2,7\%$$

Моменти опору перерізу:

Для горизонтальних пластин:

$$W_{z1} = \frac{68 \times 1^2}{6} = 11.33 \text{ (см}^3\text{)}, A_1 = 68 \text{ (см}^2\text{)},$$

відстань до центру ваги від осі $a_1=32.5$ (см) для вертикальних пластин:

$$W_{z_2} = \frac{70^2 \times 2.4}{6} = 1960 \text{ (см}^3\text{)}, A_2 = 168 \text{ (см}^2\text{)}.$$

До підсилення:

Момент опору складеного перерізу знаходимо за формулою 3.3:

$$W_z = 1960 \times 2 + 2 \times (11.33 + 32.5^2 \times 68) = 1.48 \times 10^5 \text{ (см}^3\text{)}$$

Після підсилення:

Для додаткових пластин: $W_{z_1} = \frac{64 \times 1^2}{6} = 10.66 \text{ (см}^3\text{)}, A_1 = 64 \text{ (см}^2\text{)}$, відстань до центру ваги від осі $a_1=33.5$ (см).

Момент опору складеного перерізу з додатковими накладками знаходимо за формулою 3.3:

$$W_z = 1.48 \times 10^5 + 2 \times (10.66 + 32.5^2 \times 64) = 2.83 \times 10^5 \text{ (см}^3\text{)}$$

Отже, момент опору перерізу після підсилення змінився на:

$$\Delta = \frac{2.83 - 1.48}{2.83} \times 100\% = 46.7\%$$

За результатами розрахунку можна зробити висновок, що підсилення виконано раціонально.

3.3 Висновки

В результаті проведеного дослідження було запропоновано оптимальне підсилення небезпечних ділянок з умов допустимого збільшення маси елементів, але також і жорсткісних характеристик їх перерізів на предмет динамічних впливів вітру і машинного відділення та результатів впливу клімату на конструкції.

РОЗДІЛ 3

ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

Кошторисна документація на будівництво складена в поточних цінах станом на 2019 рік у відповідності ДСТУ Б Д 1.1.1-2013 “Правила визначення вартості будівництва”.

Кошторисна документація складена із застосуванням програмного комплексу АВК.

Локальний кошторис наведений в табл. 3.1. В локальному кошторисі визначається кошторисна вартість робіт, яка містить в собі прямі витрати та загально виробничі витрати.

Прямі витрати враховують в своєму складі заробітну плату робочих, вартість експлуатації будівельних машин та механізмів, вартість матеріалів, виробів та конструкцій. Вони визначаються шляхом множення визначеного за ресурсними елементними кошторисними нормами (РЕКН) кількості трудових та матеріально-технічних ресурсів на відповідні поточні ціни цих ресурсів. В дипломній роботі визначаються за готовими одиничними розцінками на кожний вид робіт.

Загально виробничі витрати (ЗВВ) – це витрати будівельно-монтажної організації, які входять у виробничу собівартість будівельно-монтажних робіт.

Кошторисна вартість -296,962 тис. грн.

Кошторисна трудомісткість - 1,582 тис. грн.

Кошторисна заробітна плата - 76,211 тис. грн.

Кошторисна документація складена із застосуванням:

- Ресурсних елементних кошторисних норм на будівельні роботи (ДСТУ Б Д.2.2-2012);

Вартість матеріальних ресурсів і машино-годин прийнято за регіональними поточними цінами станом на дату складання документації та за усередненими даними Держбуду України.

Загальновиробничі витрати розраховані відповідно до усереднених показників Додатка Б до ДСТУ-Н Б Д.1.1-3-2013.

При складанні розрахунків інших витрат прийняті такі нарахування:

1. Усереднений показник ліміту коштів на зведення та розбирання титульних тимчасових будівель і споруд ($C_{15} = 1$), ДСТУ Б Д.1.1-1:2013 п.5.8.11 3,10000 %

2. Усереднений показник ліміту коштів на додаткові витрати при виконанні будівельних робіт у зимовий період ($K = 0,9$), ДСТУ Б Д.1.1-1:2013 Дод. К п. 26 1,17000 %

3. Кошти на утримання служби замовника (включаючи витрати на технічний нагляд), ДСТУ Б Д.1.1-1:2013 Дод. К п. 44 2,50 %

4. Вартість проектних робіт, ДСТУ Б Д.1.1-1:2013 Дод. К п. 49 - %

5. Показник витрат на покриття ризику, пов'язаного з проектною документацією, ДСТУ Б Д.1.1-1:2013 п.5.8.16 8,50%

6. Прогнозний рівень інфляції в будівництві першого року будівництва, коефіцієнт, ДСТУ Б Д.1.1-1:2013 п.5.8.16 1,048

8. Кошти на покриття ризику всіх учасників будівництва (P), ДСТУ Б Д.1.1-1:2013 п.5.8.16 - %

9. Усереднений показник для визначення розміру кошторисного прибутку, ДСТУ Б Д.1.1-1:2013 п.5.8.16 7,76грн./люд.-г

10. Усереднений показник для визначення розміру адміністративних витрат, ДСТУ Б Д.1.1-1:2013 п.5.8.16 1,79грн./люд.-г

Загальна кошторисна трудомісткість 1,704 тис.люд.-г

Нормативна трудомісткість робіт, яка передбачається у прямих витратах 1,454 тис.люд.-г

Загальна кошторисна заробітна плата 76,211 тис.грн.

Тарифна сітка для будівельних, монтажних і ремонтних робіт при середньомісячній нормі тривалості робочого часу 166,83 люд.-г та розряді робіт 3,8 8100,00 грн.

Тарифна сітка для робіт на керуванні та обслуговуванні будівельних машин та механізмів при середньомісячній нормі

Кошторисна вартість за зведеним кошторисним розрахунком (таблиця 3.2) на 2019 рік - 545,555 тис. грн. складається з:

- будівельних робіт – 349,3 тис. грн.,
- устаткування, меблі та інвентар – 11812,86 тис. грн.,
- інші витрати – 29,496 тис. грн.

Таблиця 3.1 - Локальний кошторис на будівельні роботи № 2-1-1

Основа:
креслення (специфікації) №

Кошторисна вартість 296,962 тис. грн.
Кошторисна трудомісткість 1,582 тис.люд.-
год.
Кошторисна заробітна плата 76,211 тис. грн.
Середній розряд робіт 4,0 розряд

Складений в поточних цінах станом на "7 11" 2019 р.

№ п/п	Обґрунтування (шифр норми)	Найменування робіт і витрат	Одиниця виміру	Кількість	Вартість одиниці, грн.		Загальна вартість, грн.			Витрати труда робітників, люд.-год.			
					Всього	експлуатації машин	Всього	заробітної плати	експлуатації машин	не зайнятих обслуговуванням машин			
										заробітної плати	в тому числі заробітної плати	тих, що обслуговують машини	
												на одиницю	всього
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
1	E9-70-1	Виготовлення металевих листових конструкцій масою понад 0,5 т [т	4,869	<u>19171,09</u> 7299,94	<u>1730,52</u> 318,20	93344	35543	<u>8426</u> 1549	<u>146,88</u> 15,226	<u>715,16</u> 74,14		
2	E9-75-1	Виготовлення дрібних індивідуальних листових конструкцій масою до 0,5 т [т	1,50082	<u>25417,39</u> 12506,48	<u>2307,39</u> 379,52	38147	18770	<u>3463</u> 570	<u>257,6</u> 18,29	<u>386,61</u> 27,45		
3	E9-16-2	Монтаж пластин 550x20 мм на балку шарніру	т	0,2936	<u>11146,62</u> 1113,28	<u>1009,91</u> 294,94	3273	327	<u>297</u> 87	<u>22,4</u> 14,232	<u>6,58</u> 4,18		
4	E9-16-2	Монтаж пластин 650x8 мм на балку шарніру	т	0,1225	<u>11146,62</u> 1113,28	<u>1009,91</u> 294,94	1365	136	<u>124</u> 36	<u>22,4</u> 14,232	<u>2,74</u> 1,74		
5	E9-16-2	Монтаж пластин 500x10 мм на стійку	т	0,2356	<u>10253,86</u> 1113,28	<u>1009,91</u> 294,94	2416	262	<u>238</u> 69	<u>22,4</u> 14,232	<u>5,28</u> 3,35		

3 Програмний комплекс АВК-5 (3.0.0)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
6	E9-16-2	Монтаж пластин 400x10 мм на балку	т	0,16328	<u>12932,14</u> 1113,28	<u>1009,91</u> 294,94	2112	182	<u>165</u> 48	<u>22,4</u> 14,232	<u>3,66</u> 2,32
7	E9-16-2	Монтаж пластин 400x10 мм на стійку	т	0,30144	<u>13378,52</u> 1113,28	<u>1009,91</u> 294,94	4033	336	<u>304</u> 89	<u>22,4</u> 14,232	<u>6,75</u> 4,29
8	E9-16-2	Монтаж пластин 80*8 мм на розпірки	т	0,211	<u>12753,59</u> 1113,28	<u>1009,91</u> 294,94	2691	235	<u>213</u> 62	<u>22,4</u> 14,232	<u>4,73</u> 3
9	E9-16-3	Монтаж пластин 135x9 мм на розпірки	т	0,5408	<u>14989,83</u> 792,22	<u>725,97</u> 212,95	8107	428	<u>393</u> 115	<u>15,94</u> 10,334	<u>8,62</u> 5,59
10	E9-16-4	Монтаж пластин 180x24 мм	т	1,2276	<u>15530,89</u> 597,89	<u>572,27</u> 168,60	19066	734	<u>703</u> 207	<u>12,03</u> 8,231	<u>14,77</u> 10,1
11	E9-16-4	Монтаж пластин 420x10 мм	т	1,1935	<u>19101,93</u> 597,89	<u>572,27</u> 168,60	22798	714	<u>683</u> 201	<u>12,03</u> 8,231	<u>14,36</u> 9,82
12	E9-16-4	Монтаж пластин 180x24 мм	т	1,2412	<u>15352,34</u> 597,89	<u>572,27</u> 168,60	19055	742	<u>710</u> 209	<u>12,03</u> 8,231	<u>14,93</u> 10,22
13	E9-16-4	Монтаж пластин 420x10 мм	т	1,2067	<u>16423,65</u> 597,89	<u>572,27</u> 168,60	19818	721	<u>691</u> 203	<u>12,03</u> 8,231	<u>14,52</u> 9,93
14	E9-56-1	Монтаж кутиків 50x50x5 мм	т	0,33176	<u>23568,04</u> 4592,97	<u>3070,45</u> 714,94	7819	1524	<u>1019</u> 237	<u>91,04</u> 34,2091	<u>30,2</u> 11,35
15	E9-56-1	Монтаж кутиків 90x90x9 мм	т	0,38064	<u>24014,42</u> 4592,97	<u>3070,45</u> 714,94	9141	1748	<u>1169</u> 272	<u>91,04</u> 34,2091	<u>34,65</u> 13,02
Разом прямі витрати по кошторису							253185	62402	<u>18598</u> 3954		<u>1263,56</u> 190,5
Разом будівельні роботи, грн.							253185				
в тому числі:											
вартість матеріалів, виробів та конструкцій, грн.							172185				
всього заробітна плата, грн.							66356				
Загальноновиробничі витрати, грн.							43777				
трудоємність в загальноновиробничих витратах, люд.год.							127,97				
заробітна плата в загальноновиробничих витратах, грн.							9855				
Всього будівельні роботи, грн.							296962				

3 Програмний комплекс АВК-5 (3.0.0)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
		----- -									
		Всього по кошторису					296962				
		Кошторисна трудомісткість, люд.год.					1582				
		Кошторисна заробітна плата, грн.					76211				

Склав ст. гр. Б-18м Курдибаха В.М.
[посада, підпис (ініціали, прізвище)]

Перевірив к.т.н., доц. Лялюк О.Г.
[посада, підпис (ініціали, прізвище)]

ВНТУ
(назва організації, що затверджує)

Затверджено

Зведений кошторисний розрахунок у сумі 454,555 тис. грн.
В тому числі зворотних сум 1,381 тис. грн.

(посилання на документ про затвердження)

" " _____ 20 р.

ЗВЕДЕНИЙ КОШТОРИСНИЙ РОЗРАХУНОК ВАРТОСТІ ОБ'ЄКТА ПІДСИЛЕННЯ № 1

М

Складений в поточних цінах станом на 7 грудня 2019 р.

№ п/п	Номери кошторисів і кошторисних розрахунків	Найменування глав, будинків, будівель, споруд, лінійних об'єктів інженерно-транспортної інфраструктури, робіт і витрат	Кошторисна вартість, тис.грн.			
			будівельних робіт	устаткування, меблів та інвентарю	інших витрат	загальна вартість
1	2	3	4	5	6	7
1	2-1	Глава 2. Об'єкти основного призначення м м	296,962	-	-	296,962

		Разом по главі 2:	296,962	-	-	296,962
		Разом по главах 1-7:	296,962	-	-	296,962
2	ДСТУ Б Д.1.1-1:2013 п.5.8.11	Глава 8. Тимчасові будівлі і споруди Кошти на зведення та розбирання тимчасових будівель і споруд виробничого та допоміжного призначення, передбачених проектом (робочим проектом)	9,206	-	-	9,206

		Разом по главі 8:	9,206	-	-	9,206
		Разом по главах 1-8:	306,168	-	-	306,168

1	2	3	4	5	6	7
3	ДСТУ Б Д.1.1-1:2013 Дод. К п. 26	Глава 9. Кошти на інші роботи та витрати Додаткові витрати при виконанні будівельних робіт у зимовий період (1,3X0,9)%	3,582	-	-	3,582
		Разом по главі 9:	3,582	-	-	3,582
		Разом по главах 1-9:	309,750	-	-	309,750
4	ДСТУ Б Д.1.1-1:2013 Дод. К п. 44	Глава 10. Утримання служби замовника Кошти на утримання служби замовника (включаючи витрати на технічний нагляд) (2,5 %)	-	-	7,744	7,744
		Разом по главі 10:	-	-	7,744	7,744
5	ДСТУ Б Д.1.1-1:2013 Дод. К п. 49	Глава 12. Проектно-вишукувальні роботи та авторський нагляд Вартість проектних робіт	-	-	13,660	13,660
6	ДСТУ Б Д.1.1-1:2013 Дод. К п. 50	Вартість експертизи проектної документації (K=1,1)	-	-	2,970	2,970
7	ДСТУ Б Д.1.1-1:2013 Дод. К п. 51	Кошти на здійснення авторського нагляду	-	-	-	-
		Разом по главі 12:	-	-	16,630	16,630
		Разом по главах 1-12:	309,750	-	24,374	334,124
	ДСТУ Б Д.1.1-1:2013 п.5.8.16	Кошторисний прибуток (П)	13,221	-	-	13,221
	ДСТУ Б Д.1.1-1:2013 п.5.8.16	Кошти на покриття адміністративних витрат будівельних організацій (АВ)	-	-	3,050	3,050
	ДСТУ Б Д.1.1-1:2013 п.5.8.16	Кошти на покриття ризику всіх учасників будівництва	26,329	-	2,072	28,401
	ДСТУ Б Д.1.1-1:2013 п.5.8.16	Кошти на покриття додаткових витрат, пов'язаних з інфляційними процесами	-	-	-	-
		Разом	349,300	-	29,496	378,796
		Разом крім ПДВ	349,300	-	29,496	378,796

3 Програмний комплекс АВК-5 (3.0.0)

1	2	3	4	5	6	7
	ДСТУ Б Д.1.1-1:2013 п.5.8.16	Податок на додану вартість (ПДВ) (20 %)	-	-	75,759	75,759
		Всього по зведеному кошторисному розрахунку	349,300	-	105,255	454,555
		Зворотні суми	-	-	-	1,381
		у тому числі:				
	ДСТУ Б Д.1.1-1:2013 п.5.8.18.1	- від тимчасових будівель і споруд(15 %)	-	-	-	1,381

Керівник проектної організації _____

Головний інженер проекту
(Головний архітектор проекту) _____

Керівник відділу _____

РОЗДІЛ 5

ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

У випускній кваліфікаційній роботі досліджується вплив динамічних на кліматичних факторів на жорсткість зношених конструкцій суднонавантажувачів за стрічковими конвеєрами. В результаті моделювання рекомендується виконати місцеве підсилення елементів каркасу. Підсилення буде виконуватися шляхом наварювання профілів раціонального перерізу на найбільш небезпечні місця. Згідно ГОСТ 12.0.003-74, діють такі небезпечні та шкідливі виробничі фактори:

1) фізичні:

- підвищена температура повітря;
- підвищений рівень шуму на робочому місці;
- сильний вітровий вплив;
- висока вологість повітря;
- висота, на якій проводяться роботи;
- небезпечний рівень напруги обладнання;
- електрична дуга зварювання;
- незахищені рухомі елементи конструкції об'єкту.

2) хімічні:

- шкідливі гази, що виділяються в результаті зварювання;
- підвищений вміст солей в повітрі.

3) психофізичні:

- фізичні перевантаження (динамічні);
- нервово-психічні (монотонність праці, велика висота робіт).

5.1 Технічні рішення щодо безпечного виконання робіт

В даному розділі описується технічні рішення щодо безпечного виконання робіт, правильна організація робочого місця, розглядається робоче

місце монтажника. Все це виконується для того, щоб максимально підвищити продуктивність праці робітника і зменшити можливість отримання травм під час виконання робочих операцій.

5.1.1 Безпека щодо організації робочих місць

Робоче місце зварювальника по розташуванню робочих поверхонь, органів управління і контролю має відповідати вимогам ергономічним вимогам.

Зварювання відкритою дугою виробів малих і середніх розмірів в стаціонарних умовах повинно проводитися в спеціально обладнаних кабінах. Кабіни повинні бути з відкритим верхом, а між стінками кабіни та підлогою слід залишати зазор не менше 50 мм, а при зварюванні в середовищі захисних газів - не менше 300 мм. Вільна площа в кабіні на один зварювальний пост повинна становити не менш 3м².

При виконанні робіт по дуговому зварюванні на відкритому повітрі над обладнанням та зварювальними постами повинні бути споруджені навіси з негорючих матеріалів. При відсутності навісів, роботи зі зварювання під час атмосферних опадів проводити не допускається.

Розташування обладнання слід проводити таким чином, щоб ширина проходів становила:

- між стіною будівлі і устаткуванням - не менше 0,5 м;
- між стаціонарними джерелами живлення - не менше 0,8 м;
- між обладнанням і місцями складування - не менше 1 м.

Стаціонарні робочі місця при зварюванні металоконструкцій масою понад 15 кг повинні бути обладнані вантажопідйомними пристроями відповідно до СП № 1009.

Стаціонарні робочі місця, пости, стенди дугового зварювання слід обладнати фільтровентиляційними приточно-витяжними пристроями та атестувати їх за ГДК.

При зварюванні виробів з підігрівом, робоче місце має бути обладнане екранами, укриттями для підігрітих виробів, що забезпечують зниження

опромінення зварника. Обладнання для дугового зварювання в захисних газах і газових сумішах повинно мати захисні (переносні або стаціонарні) екрани, що забезпечують захист електрозварювальників від оптичного випромінювання.

Робочі місця, розташовані вище 1,3 м від рівня землі або суцільного покриття, повинні бути обладнані захисними огороженнями висотою не менше 1,1 м.

Для виконання зварювальних робіт на висоті більше 5 м повинні встановлюватися ліса (площадки) з негорючих матеріалів.

Працюючі зобов'язані користуватися вогнестійкими запобіжними поясами і страхувальними фалами з карабінами, а також спеціальними сумками для інструменту та збору недогарків електродів.

Не допускається проведення робіт дугового зварювання без застосування заходів, що виключають можливість виникнення пожежі, як під час зварювання так і по закінченню.

Безпечність технологічного обладнання та процесу

Основні правила поведінки з будівельною технікою:

- огляд всього обладнання лише після його вимкнення (зварювальні апарати, які працюють від однофазної електромережі 220В, потужність 8,0 кВт.);
- усі робітники перед початком робіт проходять інструктаж по правильному виконанню робіт і правильному поведінню на об'єкті при роботі чи іншої робочої установки;
- в зоні роботи машини встановити знаки безпеки та попереджувальні знаки;
- місце роботи машини повинно бути визначено так, щоб було забезпечено простір, достатній для огляду робочої зони та маневрування;
- до роботи з кранами допускаються особи, які мають спеціальні знання та пройшли інструктаж з техніки безпеки та охорони праці.

5.1.2 Електробезпека

Мережа, що використовується однофазна 220В. Роботи, які проводяться на об'єкті, відносяться до категорії особливо небезпечних робіт. Дана категорія характеризується наступними параметрами: підвищення температури та вологості повітря вище допустимих норм; струмопровідні частини; руйнування захисної ізоляції електричних приладів.

Захисне заземлення реалізується у вигляді спеціального електричного сполучення із землею, яке не повинне перебувати під напругою, але в процесі експлуатації може опинитися під напругою, наприклад, у разі пошкодження ізоляції, дефектів дугогасних пристроїв, комутаційних апаратів, в аварійних випадках тощо.

Захисне заземлення є простим, ефективним і поширеним способом захисту людини від ураження електричним струмом при дотику до металевих поверхонь, які виявились під напругою. Опір заземлювача для 220В повинен становити не більше 4 Ом.

Технічні рішення для запобігання електроуражень:

- забезпечення недоступності неізольованих струмоведучих елементів (розміщення їх на недосяжній висоті, в недосяжних місцях, в окремих приміщеннях з обмеженим доступом, закриті клемові з'єднання на ін.);

- для запобігання електротравмам, пов'язаним з пошкодженням ізоляції та переходом напруги на нормально струмоведучі елементи, використовуються захисне заземлення – примусове електричне з'єднання нормального струмоведучих частин електрообладнання із «землею» чи її еквівалентом;

- використання додаткової електроізоляції в мережах з високою напругою;

- розміщення поблизу об'єкту засобів пожежозахисту при пожежах;

- в якості природного заземлювача використана сама конструкція каркасу суднонавантажувача.



Рис. 5.1 – Зварювальний апарат Dnipro-M N 250D

Зварювальний апарат MOS Dnipro-M N 250D (рис 5.1) - це зварювальний апарат професійного призначення, легкий (9 кг) та потужний (8,8 кВт), що дозволяє виконати з його допомогою роботи на висоті. Пристрій має трьохплатну конструкцію, яка подовжує час безперервної роботи, при цьому напруга холостого ходу - 65 В. Сила струму апарату може регулюватися в значенні 20-250 А, що збільшує діапазон використовуваних електродів від 1,6 до 5 мм в діаметрі. Ємність мережевого фільтра становить 1880 мкФ, що дозволяє апарату ефективно працювати при значних просадках і скачках напруги в діапазоні від 160 до 240 В. Апарат працює від однофазної електромережі 220В. Також його корпус є захищеним, що попереджує руйнування у випадку падіння з невеликої висоти.

Розрахунок заземлення

Згідно ПУЕ заземленню підлягає обладнання із струмопровідними частинами електричної мережі з напругою 380/220 В.

Вихідна інформація

1. Грунт – супісок. Виміри проводилися при сухому ґрунті, $\rho_{\text{вим}}=100$ Ом м.
2. Заземлювальний контур – прямокутник з розмірами 2х3 м. Для вертикальних стрижнів беремо кутову сталь розмірами 40х40 мм, довжиною 2,5 м.
3. За з'єднувальна смуга – стальна з перетином 40х4 мм.
4. Нормований показник опору розтікання струму 4 Ом.

Розв'язання

1. Струм замикання на землю для установок з напругою менше 1000 В становить не більше 10 А. Приймаємо 10 А.
2. Визначаємо потрібний опір штучного заземлювача. При використанні природних заземлювачів $R_{\text{ш}}$ дорівнює:

$$R_{\text{ш}}=(R_{\text{н}} \cdot R_3) / (R_{\text{н}} - R_3), \quad (5.1)$$

де $R_{\text{н}}$ – опір розтікання струму природних заземлювачів, Ом;

R_3 – розрахунковий нормативний опір ЗП, Ом .

Приймаємо $R_3=4$ Ом. Тоді згідно формули (4.1):

$$R_{\text{ш}}=(17 \cdot 4)/(17-4)=5,2 \text{ (Ом)}.$$

3. Визначаємо розрахунковий опір землі ρ , Ом м:

$$\rho = \rho_{\text{вим}} \cdot \Psi, \quad (5.2)$$

де $\rho_{\text{вим}}$ – питомий опір землі, визначений у результаті вимірювань, Ом м.

Вибирається в залежності від типу ґрунту .

Ψ – коефіцієнт сезонності, який враховує замерзання або висихання ґрунту.

Тоді згідно формули (5.2) розрахунковий опір землі становить:

$$\rho = 100 \cdot 1,4 = 140 \text{ (Ом м)}.$$

4. Визначаємо опір розтікання струму одиничного вертикального заземлювача $R_{\text{в}}$, Ом:

$$R_B = (0,366 \cdot \rho / l_B) [\lg(2 \cdot l_B / d) + 1/2 \cdot \lg((4 \cdot t_B + l_B) / (4 \cdot t_B - l_B))], \quad (5.3)$$

де ρ – розрахунковий опір землі, Ом м;

l_B – довжина вертикального стрижня, м;

d – діаметр перетину стрижня, м;

t_B – відстань від поверхні ґрунту до середини довжини вертикального стрижня, м.

Згідно формули (5.3):

$$R_B = (0,366 \cdot 140 / 2,5) [\lg(2 \cdot 2,5 / 0,038) + 1/2 \cdot \lg((4 \cdot 2 + 2,5) / (4 \cdot 2 - 2,5))] = 46,4 \text{ (Ом)}.$$

Діаметр кутика $d = 0,95 \cdot b = 0,95 \cdot 0,04 = 0,038$ (м), де b – ширина полиці кутика, м.

$$t_B = t_0 + l_B / 2 = 0,75 + 2,5 / 2 = 2 \text{ (м)}.$$

5. Розраховуємо приблизну кількість стрижнів із врахуванням коефіцієнта використання.

$$n' = R_B / R_{ш}, \quad (5.4)$$

Згідно формули (5.4):

$$n' = 46,4 / 5,2 \approx 9.$$

Виходячи з розмірів контур:

$$n' = P / a = 10 / 2,5 = 4 \text{ (шт)}.$$

6. Визначаємо коефіцієнт використання вертикальних стрижнів: $\eta_B = 0,54$.

7. Розрахунковий опір розтікання струму при вийнятій кількості стрижнів:

$$R_{роз.в.} = R_B / (n' \cdot \eta_B) \quad (5.5)$$

Згідно формули (5.5):

$$R_{роз.в.} = 46,4 / (16 \cdot 0,54) = 5,4 \text{ (Ом)}.$$

8. Розрахунковий опір розтікання струму у з'єднувальній смузі:

$$R_r = (0,366 \cdot \rho / l_r) \lg(2 \cdot l_r^2 / (t \cdot b)), \quad (5.6)$$

Згідно формули (5.6):

$$R_r = (0,366 \cdot 140 / 100) \lg(2 \cdot 100^2 / (0,77 \cdot 0,04)) = 2,97 \text{ (Ом)}.$$

9. Розрахунковий опір розтікання струму у з'єднувальній смузі із врахуванням коефіцієнта екранування:

$$R_{роз.г.} = R_r / (n_c \cdot \eta_c) \quad (5.7)$$

Коефіцієнт використання смуги $n_c = 0,19$. Згідно формули (5.7):

$$R_{\text{роз.г.}} = 2,97 / (1 \cdot 0,19) = 120,89 \text{ (Ом)}.$$

10. Еквівалентний опір розтікання струму групового заземлювача:

$$R = 1 / (1/R_{\text{роз.в.}} + 1/R_{\text{роз.г.}}) \quad (5.8)$$

Згідно формули (5.8):

$$R = 1 / (1/5,4 + 1/120,89) = 3,2 \text{ (Ом)}.$$

11. Опір розтікання струму групового заземлювача менший ніж 4 Ом.

5.2 Технічні рішення з гігієни праці і виробничої санітарії

5.2.1 Мікроклімат та склад повітря робочої зони

Зварювальні роботи виконуються в теплу пору року при сухій погоді.

Характерні такі метрологічні умови:

- для березня температура повітря 6-12 °С, відносна вологість повітря 80-90 %, швидкість руху повітря 1,4 – 2,2 м/с;
- для квітня температура повітря 8-24 °С, відносна вологість повітря 70-90 %, швидкість руху повітря 1,4 – 0,5 м/с;
- для травня температура повітря 10-26 °С, відносна вологість повітря 75-85 %, швидкість руху повітря 1,2 – 0,3 м/с;
- для червня температура повітря 13-30 °С, відносна вологість повітря 60-75 %, швидкість руху повітря 0,3-0,55 м/с;
- для липня температура повітря 18-37 °С, відносна вологість повітря 55-65 %, швидкість руху повітря 0,6 – 1,4 м/с;
- для серпня температура повітря 15-33 °С, відносна вологість повітря 60-70 %, швидкість руху повітря 1,4-2,2 м/с;
- для вересня температура повітря 10-26 °С, відносна вологість повітря 60-75 %, швидкість руху повітря 1,2 – 0,3 м/с.

Роботи з наварювання нових частин металу відносяться до Пб категорії важкості робіт. До даної категорії належать роботи що виконуються стоячи, роботи на висоті, переміщенням невеликих (до 10 кг.) вантажів та супроводжуються помірним фізичним напруженням.

На об'єкті мають передбачатися, в залежності від найбільшої кількості працюючих в зміну, туалети – 1 шт, душові – 1 шт (площею по 9 м²) , кімнати для сушіння одягу – 1 шт (площею 3 м²) , кімнати для обігріву робочих в холодний період року – 1 шт (площею 9 м²), приміщення для прийому їжі – 1 шт (площею 9 м²), гардероб – 1 шт (площею по 9 м²).

Допустимі норми відносної вологості, температури, швидкості руху повітря в робочій зоні при виконанні робіт наведені в таблиці 2.15 ДСН 3.3.6-042-99.

Таблиця 5.1 – Допустимі норми параметрів метеорологічних умов

Період року	Категорія робіт	Температура повітря, °С	Відносна вологість повітря, %	Швидкість руху повітря, м/с
		Допустима	Допустима	Допустима
Теплий	Середня тяжкість Пб	15-29	70 (для 25°С)	0,2-0,5

В умовах, що розглядаються в проекті, можливим забруднювачем може бути неорганічний пил, та зварювальні аерозолі.

Забруднення повітря робочої зони регламентується гранично допустимими концентраціями (ГДК) в мг/м³ ДСН 3.3.6.042-99 (додаток Б).

При зварювальних роботах виділяються такі шкідливі речовини: хромати, біхромати, двоокис азоту, нікель і його оксиди. Їхні ГДК відповідно до ДСН 3.3.6.042-99 наводять у вигляді таблиці 5.2.

Таблиця 5.2 – ГДК шкідливих речовин у повітрі робочої зони

Назва речовини	ГДК, мг/м ³	Клас небезпеки	Агрегатний стан (А-аерозоль, П-пари)
Озон	0,10	1	П
З'єднання марганця	0,20	2	А
Хромати, біхромати	0,01	1	А
Нікель і його оксиди	0,05	1	А
Двооксид азоту	2,0	2	П
Оксид вуглецю	20,00	4	П
Солі фтористогідратної кислоти	0,20	2	А

Нормалізація несприятливих мікрокліматичних умов здійснюється за допомогою комплексу заходів та способів, які включають: будівельно-планувальні, організаційно-технологічні, санітарно-технічні та ін. заходи колективного захисту. Для профілактики перегрівань та переохолоджень робітників використовуються засоби індивідуального захисту та медико-біологічні тощо.

5.2.2 Виробниче освітлення

Нормування параметрів освітлення здійснюється згідно з ДБН. В.2.5-28-2006. Освітлення здійснюється за допомогою комбінованої системи освітлення, тобто за допомогою світлових проємів та штучного освітлення (люмінесцентні лампи).

Природне освітлення забезпечується боковим освітленням, коли світло в приміщення проникає через вікна. Так як природне освітлення змінюється в залежності від часу, доби, погоди, то основною величиною для нормування природного освітлення прийнято коефіцієнт природного освітлення (КПО).

Зорові роботи, які виконуються на об'єкті – це роботи середньої точності, що відносяться до IV розряду, підрозряд “в”; нормативне значення освітленості складає 200 лк. Даного значення освітленості достатньо для розрізнення найменших деталей таких, наприклад, різьба. Контраст об'єкта розрізнення з фоном, тобто показник, який визначає відношення абсолютної величини розрізнення між яскравістю об'єкта і фону до яскравості фону, середній.

Нормовані значення освітлення відповідно до ДБН В.2.5-28-2006 наведено в таблиці 5.3.

Таблиця 5.3 – Норми освітлення природного та суміщеного освітлення

Характеристика зорової роботи	Об'єкт розрізнення, мм	Розряд зорової роботи	Підрозряд зорової роботи	Контраст об'єкта з фоном	Характеристика фону	Штучне освітлення			Природне освітлення	Суміщене освітлення		
						Освітленість, лк				КПО, е %		
						комбіноване		загальне	верхнє або комбіноване	бокове	верхнє або комбіноване	бокове
						всього	у т.ч. від заг.					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Середньої точності	0,5-1 0,1550,3	IV	в	середній	.	400	200	200	4	1,5	2,4	0,9

Для влаштування передбачається освітлення, яке відповідає нормативним показникам, а саме загального штучного 200 лк, а природне 90-100 %.

5.2.3 Виробничі віброакустичні коливання

До виробничих віброакустичних коливань відносяться: шум, вібрація інфразвук та ультразвук. В даному дипломному проєкті основним джерелом шуму є механічний інструмент: дрилі, перфоратори, болгарки.

Класифікація шумів за ДСН 3.3.6-037.99 :

1) По характеру спектра (широкосмугові, тональні);

Шум, що створюється при виконанні зварювальних робіт по характеру спектра широкосмуговий, з безперервним спектром шириною більше однієї октави.

2) По часовим характеристикам (постійні, непостійні);

Шум не постійний, так як рівень звуку за восьмигодинний робочий день, змінюється в часі не більше ніж на 5 дБ.

Допустимі рівні звукового тиску, рівні звуку і еквівалентні рівні звуку на робочих місцях приймаються за вимогами ДСН 3.3.6-037-99 і наведені в табл. 5.4

Таблиця 5.4 – Допустимі рівні звукового тиску, рівні звуку та еквівалентні рівні звуку на робочих місцях

Вид трудової діяльності, робоче місце	Рівні звукового тиску в дБ по октавним полосам									Рівні звуку, дБ (А)
	31,5	63	125	250	500	100 0	200 0	400 0	800 0	
На постійних робочих місцях у виробничих приміщеннях та на території підприємства	107	95	87	82	78	75	73	71	69	80

Для зменшення дії шуму на працюючих передбачено такі заходи:

- використання засобів індивідуального захисту від шуму (протишумні навушники, які закривають вушну раковину; протишумні вкладиші, що перебивають зовнішній слуховий прохід; протишумні шоломи –

закривають усю голову, їх застосовують у сполученні з навушниками; протишумні костюми);

- використання малошумного інструменту.

Вібраційна безпека праці повинна забезпечуватись:

1. Системою технічних, технологічних і організаційних рішень і заходів по виготовленню машин і обладнання з низькою вібраційною активністю;
2. Системою проектних і технологічних рішень виробничих процесів і елементів виробничого середовища, які знижують вібраційне навантаження на оператора.

Основним джерелом вібрації є технологічне обладнання, що відносяться до 3-технологічної категорії вібрації, типу “а”.

Для умов, що розглядаються в роботі, згідно ДСН 3.3.6.039-99 вібрації не повинні перевищувати нормованих значень, наведених у таблиці 5.5. Для нормованих приймаємо еквівалентні коректовані рівні частот.

Таблиця 5.5 – Гранично допустимі рівні загальної вібрації категорії 3 (технологічна типу “а”)

Середньо-геометричні частоти смуг, Гц	Гранично допустимі рівні по осях X_3 , Y_3 , Z_3							
	віброприскорення				віброшвидкості			
	м/с ²		дБ		м/с · 10 ⁻²		дБ	
	1/3 окт.	1/1 окт.	1/3 окт.	1/1 окт.	1/3 окт.	1/1 окт.	1/3 окт.	1/1 окт.
Коректовані, еквівалентні коректовані рівні		0,1		50		0,079		92

Параметри вібрацій, виходячи з вібраційних характеристик відповідно до технічного паспорту технологічного обладнання, знаходяться в межах, що наведені в таблиці 5.6.

Таблиця 5.6 – Рівні загальної вібрації

Середньо-геометричні частоти смуг, Гц	Гранично допустимі рівні по осях X_3 , Y_3 , Z_3							
	віброприскорення				віброшвидкості			
	м/с ²		дБ		м/с · 10 ⁻²		дБ	
	1/3 окт.	1/1 окт.	1/3 окт.	1/1 окт.	1/3 окт.	1/1 окт.	1/3 окт.	1/1 окт.
Коректовані, еквівалентні рівні		0,08		47		0,077		91

Наведені рівні загальної вібрації обладнання задовольняють вимоги.

5.2.4 Психофізіологічні фактори

Психофізіологічні фактори вибираються відповідно з Гігієнічною класифікацією праці за показниками шкідливості та небезпечності виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу, затвердженої Наказом Міністерства охорони здоров'я №528 від 27 грудня 2001 року.

а) Класи умов праці за показниками важкості праці:

Загальні енерговитрати організму (кг/м);

Зовнішнє фізичне динамічне навантаження, виражене в одиницях механічної роботи за зміну, кг(Вт);

При регіональному навантаженні (для чоловіків) – 1200 (4);

При загальному навантаженні (за участі м'язів рук, тулуба) – 4000 (8);

Маса вантажу, що постійно підіймається – до 25.

Стереотипні робочі рухи:

- при локальному навантаженні (участь м'язів кистей та пальців рук) – до 6000.

- при регіональному навантаженні (участь плечових рук та плечового суглоба) - до 3000;

Статичне навантаження (кг/с):

Двома руками (чоловіки) – до 7000;

За участю м'язів тулуба та ніг – до 20000.

Робоча поза:

періодичне перебування в незручній позі (робота з поворотом тулуба, незручним розташуванням кінцівок) до 25% часу зміни).

Нахил тулуба:

вимушені нахили протягом зміни – 150 разів;

Переміщення у просторі (переходи задля технологічного процесу) – більше 10.

б) Класи умов праці за показниками напруженості праці:

Інтелектуальні навантаження:

Зміст роботи – рішення складних завдань з вибором за алгоритмом;

Сприймання інформації та їх оцінка – сприймання інформації з наступною корекцією дій та операцій;

Розподіл функцій за ступенем складності завдання – обробка, контроль, перевірка завдання.

Сенсорні навантаження:

Зосередження (% за зміну) – до 70;

Щільність сигналів (звукові за 1 год) – до 50;

Навантаження на слуховий аналізатор (%) – розбірливість слів та сигналів від 50 до 80;

Навантаження на голосовий апарат (протягом тижня) – від 20 до 25.

Емоційне навантаження:

Ступінь відповідальності за результат своєї діяльності – є відповідальним за функціональну якість основної роботи; Ступінь ризику для власного життя – вірогідний;

Ступінь відповідальності за безпеку інших осіб – є відповідальним за безпеку інших.

Режим праці:

Тривалість робочого дня – 8 год.

Змінність роботи – однозмінна (без нічної зміни).

5.3 Додаткові заходи та засоби безпеки під час виконання робіт при сильному вітрі

Сильний вітер – це рух повітря відносно земної поверхні із швидкістю або горизонтальною складовою швидкості понад 15 м/с. За руйнівною силою може зрівнятися з легким землетрусом. при даній швидкості вітру забороняється експлуатація суднонавантажувача, що розглядається.

Часто вітер і його пориви є недооціненими факторами при нещасних випадках з крановими конструкціями, до яких відноситься досліджуваний суднонавантажувач. При підйомі вантажів з великою парусністю, необхідно оцінювати ризики, оскільки при сильному вітрі необхідно буде вживати заходів з додаткового закріплення елементів, що подаються на висоту.

Однак при необхідності виконання монтажу при таких умовах потрібно вжити таких заходів:

- закріпити гальмівні механізми судноавантажувача до колії для виключення можливості випадкового переміщення об'єкта під час виконання монтажу;
- підняти стрілу в неробоче положення, а в разі опускання для виконання робіт з її підсилення, необхідно розкріпити її з площини тросами з обох сторін;
- повністю вимкнути привід руху споруди;
- всі працівники повинні бути додатково закріплені на робочих місцях засобами захисту (карабіни, троси);
- обладнання, з допомогою якого виконуються роботи повинне бути надійно закріплене на конструкціях судноавантажувача, що виключить можливість його падіння чи пошкодження.

Працівникам, які виконують верхолазні роботи, робиться відповідний запис у посвідченні про перевірку знань з питань охорони праці.

Виконання робіт на висоті з використанням вантажопідіймальних кранів здійснюється відповідно до вимог чинного законодавства.

Не дозволяється виконувати роботи на висоті у відкритих місцях при ожеледиці, грозі або тумані, який затрудняє видимість в межах фронту робіт, а також у нічний час при недостатній освітленості та якщо температура повітря вище плюс 35° С або нижче мінус 20° С. Невідкладні роботи на висоті в більш складних погодних умовах (при інших температурах тощо), виконуються за рішенням роботодавця. При цьому в ПВР слід передбачити додаткові заходи безпеки, що відповідають цим умовам.

Під час виконання робіт на висоті для запобігання можливому падінню інструменту, матеріалів тощо слід використовувати спеціальні сумки або пристрої для їх надійного зберігання (тримання).

Вимоги до безпеки:

- Огородження, що встановлюються на робочих місцях, і проходи до них на висоті мають відповідати вимогам ГОСТ 12.4.059-89.

- Межі небезпечних зон поблизу частин машин, що рухаються, визначаються відстанню не менше 5 м, якщо немає інших підвищених вимог у документах з експлуатації виробників.
- У разі одностороннього примикання настилів (перекриття) до стін, слід огороджувати прорізи в стінах, якщо їх нижній край розташований на висоті менше 0,7 м від рівня настилу (перекриття).
- Межі небезпечних зон в місцях, над якими переміщуються вантажі вантажопідіймальними кранами, а також поблизу будівель і споруд під час здійснення будівництва, монтажу (демонтажу) конструкцій і обладнання, ремонту, реконструкції, експлуатації тощо об'єктів та під час виконання електрозварювальних робіт на висоті зазначені у СНиП III-4-80*.
- Кожна драбина повинна бути міцною, надійно закріпленою і мати достатню довжину, щоб забезпечувати надійну опору для рук та ніг працівників у будь-якому робочому положенні.
- Настили площадок і переходів, а також поручні до них надійно закріплюються. На період проведення ремонтних робіт замість знятих поручнів слід установлювати тимчасові справні огороження.
- На робочих місцях не допускається розміщувати та накопичувати матеріали, що не використовуються для роботи. Матеріали, вироби, елементи конструкцій тощо під час приймання і складування на робочих місцях, що знаходяться на висоті, знаходяться у кількості, яка необхідна для поточної роботи, і складається таким чином, щоб не захаращувати робочі місця і підходи до них. При цьому враховуються розрахункові значення допустимих навантажень на настили, площадки тощо.

5.4 Висновки

В магістерській кваліфікаційній роботі було представлено наукову частину об'єкту, на якому проводились дослідження з раціонального підсилення каркасу споруди. Було проаналізовано шкідливі та небезпечні фактори під час будівництва, розроблені заходи з охорони праці та безпеки життєдіяльності та заходи під час надзвичайних ситуацій.

ВИСНОВКИ

В результаті виконання бакалаврської роботи, було оглянуто питання дослідження суднонавантажувачів і світовій практиці.

При аналізі скінчено-елементної моделі в ПК «SCAD» було визначено найбільш навантажені ділянки, а також за результатами вимірювальних випробувань оцінено втрати перерізів елементів металокаркасу внаслідок кліматичних впливів. Місця суміщення високого зносу і значних напружень були розглянуті і розраховані більш детально.

На основі аналізу і розрахунків було сформовано методику для раціонального підсилення небезпечних ділянок наварюванням найменшої необхідної маси металу, оскільки при збільшенні маси, збільшується період коливань елементів, зменшується частота і можливий резонанс конструкції з вітром.

В цілому металокаркас внаслідок корозії значно втратив свою жорсткість і знаходиться в непридатному до нормальної експлуатації стані з окремими аварійними конструкціями, які потребують підсилення. Експлуатація можлива при швидкості вітру до 15 м/с, а також додатковому розкріпленні споруди і підсиленні гальмівного механізму.

Причини виникнення аварійних ділянок:

1) Непридатними до експлуатації є елементи гойдальної опори та верхньої частини рами порталу, особливо під кабельростом. В них виявлені ділянки із значними втратами перерізів від корозії (масово до 30%, місцями до 60%). Причиною цього явища є закриті перерізи елементів, велика площа поверхні, знос захисного покриття, а також значні напруження, що призвели до місцевих вигинів полиці нижньої балки до 50 мм.

2) Значний знос полиць (15 – 32%) із локальними осередками із втратами від корозії на розпирній балці означає, що вона є непридатною до нормальної

експлуатації. Причиною зносу є малі перерізи елементів балки, знос непридатне захисне покриття, а також великі місцеві напруження.

3) В аварійному стані знаходяться нижні розкоси ферми розпірки із викривленням з площини до 30 мм, а також ділянками поверхневої корозії, що призводить до втрати стійкості розпірки в цілому. Причиною викривлення є втрата перерізу, внаслідок чого зменшилась стійкість розкосів.

4) В аварійному стані перебувають розпірки верхнього поясу стріли. На них виявлені осередки щілинної, шаруватої та виразкової корозії із втратою перерізу локальних ділянок верхніх полиць від 30 до 85%. Причиною виникнення дефектів є контакт елементів з вологим морським повітрям.

5) Непридатними до експлуатації є також розкоси верхнього поясу, які місцями зазнали значних втрат від корозії (локальні ділянки вражені шаруватою корозією із втратою до 30%) внаслідок постійного впливу вологого повітря.

6) На консольному кінці головної балки стріли виявлені масові механічні пошкодження із викривленням нижнього листа полиць стрілою до 70 мм внаслідок концентрації напружень. Це робить його непридатним до нормальної експлуатації.

Також значний вплив на розповсюдження і швидкість корозії елементів нижче рівня стріли викликають осередки розсипаного карбаміду при завантаженні суден.

На основі аналізу дефектів типового для портів України суднонавантажувача розроблено методику для попередження виникнення аварійного стану.

В подібних конструкціях слід виконати ряд заходів:

- здійснити захисне пофарбування всіх елементів для захисту від корозії;
- збільшити товщину елементів в місцях з підвищеними напруженнями;
- підсилити зношені елементи шляхом збільшення перерізу тільки в місцях, де спостерігаються більші напруження;

- здійснити захист шляхом холодного цинкування пластин, фасонки та інших елементів, де спостерігається концентрація напружень.

Після підсилення елементів їх маса збільшується незначно порівняно зі зростанням жорсткості, а також перерізи стають закритими і краще захищені від корозії, тому можна зробити висновок, що розроблені методи з підсилення зношених елементів є оптимальними і рекомендуються до застосування у принципово подібних спорудах в Україні.

В розділі економіки розглянуто найбільш економічно вигідний варіант підсилення і складено кошторис.

В розділі охорони праці було розроблено заходи безпеки робітникам, які будуть виконувати роботи по підсиленню металокаркасу згідно з розробленою методикою. Зокрема для безпеки працюючих по роботі на висоті, а також заходів безпеки при зварюванні у важких умовах, освітлення.

ЛІТЕРАТУРА

1. Маргарет Мюррей. Величие Древнего египта. — Москва: ЗАО Центрполиграф, 2009. — С. 102-104. — 319 с. — ISBN 978-5-9524-44829.
2. History of Mechanisms: [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.skif-m.org/texnika/4550-srednevekovye-i-sovremennye-podemnye-mehanizmy.html>
3. Da Vinci's Inventions [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://artchive.ru/artists/467~Leonardo_da_Vinchi/works/308477~Oborotnyj
4. Портовые сооружения [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://stroy-technics.ru/article/portovye-portalnye-kranu>
5. Подобед В.А. Математическое моделирование ветровых нагрузок. – Москва - Набережные Челны: Acceleration, 2010-2014. - 36 с.
6. Ерофеев Н.И. Математическая модель режима работы крановых установок. Автоматика и телемеханика, № 3, с.160-166, 1967.
7. Liu Pengfei, B. Lin. (2013). Safety and stability analysis of the ship loaders during shipping, pp. 215-224.
8. Чурбанов П.В., Лаврик В.П. Анализ возникновения дефектов в несущей металлоконструкции порталных кранов. - М.: ДМК Пресс, 2011,- 392 с.
9. Коновалов Д.М., Дарюхин А.О. Использование программного комплекса АРМ WinMachine для исследования остаточного ресурса порталных кранов,- М.: МГАВТ, 2013,- 39 с.
10. Mariusz Żółtowski, Ph. D. Michał Liss, Ms. C. Truss harbor cranes modal design elements research. -Polish Maritime Research 4(88) 2015 Vol. 22; pp. 84-92
11. Siwertell Cargotec Sweden AB Bulk Handling [Электронный ресурс] Режим доступа: www.cargotec.com/bulk-handling.html
12. ДСТУ Б. В.2.6-200:2014. Конструкції металеві будівельні. Вимоги до монтажу.
13. ДБН В.1.1-7-2002. Пожежна безпека об'єктів будівництва
14. Невзоров Л.А. Баштові крани. - М.: Вища школа, 1980.

15. Sagyrov U.G. Statics and dynamics of machines / B.L. Davidov, B.A. Skorodumov. – М.: ПрДТУ, 2012. – 58 р. (Ukr.)
16. ДСТУ Б В.2.6-193:2013. Захист металевих конструкцій від корозії. Вимоги до проектування
17. ДСТУ EN 1459:2014 Безпечність промислових навантажувачів. Самохідні навантажувачі з видвижним вантажопідйомником
18. ДНАОП 0.00-1.03-02. Правила будови і безпечної експлуатації вантажопідіймальних кранів.
19. ДБН В.1.1-12:2006. Ч. 2. Додатки. Будівництво у сейсмічних районах України
20. Повышение эффективности использования портовых кранов при ветровых нагрузках
21. Оценка эксплуатационной надежности порталных кранов
22. ДБН А.2.2.-3-2012. Склад та зміст проектної документації на будівництво: [Чинний з 1 липня 2012 р.] / Мінрегіонбуд України. – К., 2012. – 26 с.
23. ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010. Будівельна кліматологія: [Чинний з 1 листопада 2011 р.] / Мінрегіонбуд України. – К., 2011. – 123 с.
24. ДБН В.1.2-2-2006 Навантаження і впливи. Норми проектування. Введ. З 1 січня 2007 р. на заміну СНиП 2.01.07-85 (крім розділу 10). К.: Мінбуд України, 2006. – 71 с.
25. ДБН В.2.6-163:2010. Конструкції будівель і споруд. Сталеві конструкції. Норми проектування, виготовлення і монтажу. На заміну СНиП II-23-81*, окрім розділів 15*-19. [Остаточна редакція. Дата надання чинності 01.09.2011 р.] – К.: Мінрегіонбуд України, 2010. – 202 с.
26. СНиП II-23-81*. Строительные нормы и правила. Стальные конструкции. Нормы проектирования / Госстрой СССР. – Взамен СНиП II-В.3-72; СНиП II-И.9-62; СН 376-67 Введ. 01.01.82. – М.: ЦИТП Госстроя СССР. 1991. – 96 с.
27. ДСТУ Б В.1.2-3:2006. Прогини і переміщення. Вимоги проектування. Введ. З 1 січня 2007 р. на заміну розділу 10 СНиП 2.01.07-85. К.: Мінбуд України, 2006. – 10 с.

28. СНиП 3.04.03-85. Защита строительных конструкций от коррозии / Госстрой СССР. – М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1986. – 48 с.
29. СНиП 2.09.03-85. Строительные нормы и правила. Сооружения промышленных предприятий. Введ. с 1 января 1987 г. Взамен СНиП II-91-77,
30. СН 302-65, СН 471-75. – М.: ЦИТП Госстроя СССР. 1986. – 58 с.
31. СНиП III- 4-80* (1989) Техника безопасности в строительстве.
32. Барашиков А.Я., Малышев О.М. Оценка технического состояния строительных конструкций, зданий и сооружений. – К.: НМЦ Держнаглядохоронпраці України, 1998. – 23 с.
33. "Нормативні документи з питань обстежень, паспортизації, безпечної та надійної експлуатації виробничих будівель та споруд", затверджених Державним комітетом будівництва, архітектури та житлової політики України, К., 1997 рік.
34. ДБН В.3.1-1-2002. Ремонт і підсилення несучих і огорожувальних будівельних конструкцій і основ промислових будинків та споруд. Держкомітет України з будівництва і архітектури. Київ. 2003, – 82 с.
35. ДБН 362-92. Оцінка технічного стану сталевих конструкцій виробничих будівель і споруд, що знаходяться в експлуатації. Введ. 1.06.1992. Держбуд України, 1992. – 46 с.
36. ДБН В.1.1.12:2006. Захист від небезпечних геологічних процесів, шкідливих експлуатаційних впливів, від пожежі. Будівництво в сейсмічних районах України. Введ. 3 2 січня 2007 р. на заміну СНиП II-7-81*. К.: Мінбуд України, 2006. – 77 с.
37. ДБН В.1.2-14-2009. Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель, споруд, будівельних конструкцій та основ. – К.: Мінрегіонбуд України, 2009. – 37 с.
38. Додонов Б. П. Грузоподъемные и транспортные устройства / Б. П. Додонов, В. А. Лифанов / – М.: Машиностроение, 1984. – 136 с.

ДОДАТКИ

ДОДАТОК А

Завдання на проектування

Міністерство освіти і науки України
Вінницький національний технічний університет

ЗАТВЕРДЖЕНО
Завідувач кафедри БМГА,
д.т.н., проф. _____ А.С.Моргун

**ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ
НА НАУКОВО-ДОСЛІДНУ РОБОТУ
“РАЦІОНАЛЬНІ ОПОРНІ МЕТАЛОКАРКАСИ
СУДНОАВАНТАДУВАЧІВ ЗІ СТРІЧКОВИМИ
КОНВЕЄРАМИ“**

ПОГОДЖЕНО
Керівник МКР,
к.т.н., доц. _____ В. О. Попов
Відповідальний виконавець,
магістрант _____ В.М. Курдибаха

Підстава для виконання роботи

Робота проводиться на підставі наказу ВНТУ від ____ . ____ 2019 року № ____
Дата початку роботи - 01.09.2019 р.
Дата закінчення роботи - 29.11.2019 р.

1. Мета і призначення НДР

В Україні на цей час накопичилася значний обсяг технологічного устаткування, яке обслуговує підприємства хімічної, енергетичної, металургійної промисловості. Одним з типів таких конструкцій є суднонавантажувачі – висотні каркасні споруди, виготовлені, в основному з металу, що відвантажують готову продукцію на судна в умовах порту. Більшість суднонавантажувачів в Україні є зношеними внаслідок тривалої (від 20 до 50-ти років) експлуатації від дії навколишнього середовища та динамічних і вібраційних впливів. Це призводить до небезпеки подальшої експлуатації таких споруд, і, з часом, до виникнення аварійних ситуацій.

Тому доцільним і актуальним є узагальнення інженерного досвіду з проектування суднонавантажувачів, дослідження будівельних конструкцій суднонавантажувачів з метою виявлення найбільш проблемних ділянок шляхом моделювання їх напружено-деформованого стану, а також, розробки методики усунення дефектів.

Мета роботи – полягає у розробці моделей напружено-деформованого стану суднонавантажувачів, що зазнали втрат перерізів від корозії, та зменшення загальної жорсткості системи, з урахуванням зміни амплітудно-частотних характеристик їх власних коливань для раціонального проектування підсилення.

Для досягнення мети необхідним є розв'язок наступних задач:

1. проаналізувати світові дослідження в області проектування суднонавантажувачів;

2. розробити скінчено-елементну модель напружено-деформованого стану будівельних конструкцій металокаркасу суднонавантажувача, типового для території України;
3. виявити найбільш напружені ділянки моделей, враховуючи нерівномірний корозійний знос елементів споруди, використовуючи інженерний досвід провідних будівельних установ;
4. оцінити небезпеку впливу збуреної вібрації від машин та механізмів споруди на стан несучих конструкцій суднонавантажувача;
5. розробити методику з раціонального підсилення конструкцій подібних суднонавантажувачів, яка б базувалась, в основному, на покращенні противібраційних характеристик споруди.

Об'єкт дослідження – опорні металокаркаси суднонавантажувачів зі стрічковими транспортерами.

Предмет дослідження – напружено-деформований стан основних несучих конструкцій суднонавантажувачів.

Узагальнений науковий результат

- Проведено систематизацію наукових та інженерних відомостей щодо моделювання, розрахунку і конструювання суднонавантажувачів.
- Розроблена модель напружено-деформованого стану будівельних конструкцій типового суднонавантажувача під дією кліматичних впливів, яка дозволяє локалізувати небезпечні ділянки металокаркасу.
- Розроблена модель напружено-деформованого стану будівельних конструкцій типового суднонавантажувача, послаблених корозією, під дією збурених вібраційних впливів. Доведено, що корозійний знос елементів не значно впливає на міцнісні характеристики, однак суттєво погіршує динамічні характеристики системи аж до появи небезпечних явищ резонансу.
- Запропоновані методи раціонального підсилення найбільш проблемних конструкцій, які полягають у зміні форми перерізу цих елементів на більш раціональну без суттєвого збільшення маси споруди.

Узагальнений практичний результат

1. Виконано узагальнення конструктивних рішень суднонавантажувачів, що використовуються в світі на даний час.
2. Розроблено принципові конструктивні рішення з раціонального підсилення елементів, які можуть бути впроваджені на подібних суднонавантажувачах.
3. Змодельовано металокаркас суднонавантажувача із врахуванням кліматичних і вібраційних впливів.

2. Вихідні дані для проведення НДР

1. Дані технічного обстеження будівельних конструкцій суднонавантажувача №7.1 в м. Южне.
2. Габаритні розміри суднонавантажувача.

Розрахунки будуть проводитись у програмному комплексі “ SCAD Office”.

Під час проведення НДР будуть використані матеріали таких публікацій:

Попов В.О., Курдибаха В.М. Інженерний досвід візуального та інструментального обстеження суднонавантажувачів. Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві. Науково-технічний збірник. Вінниця, ВНТУ, 2018-2. С. 12 - 18.

Попов В.О., Курдибаха В.М. Моделювання будівельних конструкцій суднонавантажувача під дією кліматичних впливів. Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві. Науково-технічний збірник. Вінниця, ВНТУ, 2019-1. С. 13 - 20.

Попов В.О., Грицун О.В., Курдибаха В.М. Моделювання будівельних конструкцій суднонавантажувача під дією кліматичних впливів. Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві. Науково-технічний збірник. Вінниця, ВНТУ, 2019.

6. Виконавці НДР

Організація-виконавець – кафедра БМГА ВНТУ.

Відповідальний виконавець – магістрант Курдибаха В.М.

7. Вимоги до виконання НДР

У процесі виконання НДР слід використовувати програмні комплекси, які реалізують методи числового аналізу, що пройшли сертифікацію.

Вимоги нормативних матеріалів ДБН та ДСТУ до розрахунку ґрунтових основ та будівельних конструкцій повинні бути враховані в процесі теоретичних досліджень.

8. Етапи НДР і терміни її виконання

Етап	Назва та зміст етапу	Терміни виконання		Очікувані результати	Звітна документація
		початок	закінчення		
1	Складання ТЗ та вступу	05.10.2019	08.10.2019	Визначення ступеню вивченості проблеми	Текст ПЗ МКР
2	Розробка розділу 1. Огляд літературних джерел	05.10.2019	13.10.2019	Збір і аналіз інформації про дослідження в галузі	Текст ПЗ МКР, плакати
3	Розробка розділу 2 Моделювання	14.10.2019	20.10.2019	Дослідження моделі	Текст ПЗ МКР, плакати
4	Розробка розділу 3 Конструктивні рішення	20.10.2019	27.10.2019	Визначення наявних конструктивних рішень. Аналіз НДС	Текст ПЗ МКР, плакати
5	Розробка економічної частини МКР	28.10.2019	06.11.2019	Оцінка економічної ефективності підсилення	Текст ПЗ МКР, плакати
6	Розробка розділу ОП та ЦЗ	07.11.2019	12.11.2019	Розробка заходів безпеки при виконанні робіт з підсилення	Текст ПЗ МКР, плакати
7	Оформлення текстової і графічної частини	13.11.2019	20.11.2019	Готові аркуші з кресленнями	Плакати

9. Очікувані результати та порядок реалізації НДР

Аналіз і систематизація з подальшим моделюванням і конструктивними рішеннями з підсилення важливими основами для розроблення методик з підсилення судноавантажувачів по всій Україні

10. Матеріали, які подаються під час закінчення НДР та її етапів

Текст пояснювальної записки МКР та ілюстраційний матеріал у вигляді плакатів.

Підготовлені статі і доповіді на науково-технічні конференції.

11. Порядок приймання НДР та її етапів

Подання результатів кожного етапу на розгляд наукового керівника.

Представлення остаточної редакції МКР на розгляд зав. кафедри БМГА та рецензента.

Захист МКР на засіданні ДЕК.

12. Вимоги до розроблення документації

Звітна документація повинна містити: результати огляду літературних джерел, результати просторового моделювання висотної димової труби, результати визначення напружено-деформованого стану каркасу суднонавантажувача, результати дослідження місцевих пошкоджень і зусиль, аналіз одержаних результатів, визначення економічного ефекту від підсилення конструкцій суднонавантажувача.

13. Вимоги щодо технічного захисту інформації з обмеженим доступом

У зв'язку з тим, що інформація не є конфіденційною, заходи з її технічного захисту не передбачаються.