

Міністерство освіти і науки України
Центральноукраїнський національний технічний університет
Факультет будівництва, транспорту та енергетики
Кафедра будівельних, дорожніх машин і будівництва

Допустити до захисту

зав. кафедрою БДМБ
канд. техн. наук, професор

Настоящий В.А.
" " 2024р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА

на тему:

«Вплив викривлення стержнів на несучу здатність кранових ферм»

ВВС 2213313 А

Альбом документів

Виконав здобувач освіти гр. ГМ-22М-2(1,9)
спеціальності
спеціальності 133 "Галузеве
машинобудування"

Чабан О. Г.
" " 2024 р.

Керівник магістерської роботи
канд. техн. наук, доцент

Портнов Г.Д.
" " 2024 р.

Кропивницький - 2024рік

Центральноукраїнський національний технічний університет

(повне найменування вищого навчального закладу)

Інститут, факультет, відділення **БТ**

Кафедра, циклова комісія **будівельні, дорожні машини і будівництво**

Освітньо-кваліфікаційний рівень **магістр**

Спеціальність **133 "Галузеве машинобудування"**

(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри БДМБ
к.т.н. проф. Настоящий В.А.

“ ____ ” _____ 2024 року

З А В Д А Н Н Я

на кваліфікаційну магістерську роботу

Чабан Олег Григорович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) **«Вплив викривлення стержнів на несучу здатність кранових ферм»**

керівник проекту (роботи) *канд. техн. наук, доцент Портнов Г.Д. ,*

затверджені наказом вищого навчального закладу від “ ____ ” ____ 2024 року

№ _____

2. Строк подання студентом проекту (роботи) **25.05.2024**

3. Вихідні дані до проекту (роботи): **: паспорт баштового крана КБ-403.**

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) **1. Науково-дослідний розділ. 2. Охорона праці.**

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

Не менше 10 аркушів графічного матеріалу

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Науково-дослідний розділ	доцент Портнов Г.Д.		
Охорона праці	доцент Скриннік І.А.		

7. Дата видачі завдання 10. 01. 2024 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	Виконання науково-дослідного розділу	10. 01 - 10. 05.24	
2	Розробка заходів з охорони праці	10. 04 - 05. 05.24	
3	Оформлення альбому документів	10. 05 - 25. 05.24	

Студент Чабан О.Г.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник проекту (роботи) Портнов Г.Д.
(підпис) (прізвище та ініціали)

[illegible]

АНОТАЦІЯ

Дана робота включає дослідження оцінки впливу місцевого вигину в стрижнях баштового крана КБ-403, що виникає при виготовленні, та оцінці його впливу на міцність та опір втоми фермової конструкції башти. Отримані результати дають змогу обґрунтувати норми допустимих технологічних та експлуатаційних дефектів.

У роботі представлений аналіз існуючих методів розрахунку фермових конструкцій та огляд результатів досліджень щодо міцності та довговічності елементів ферм.

Розглянуто нормативні вимоги до допустимих відхилень елементів кранових фермових конструкцій.

Викладено результати дослідження впливу місцевого вигину стрижнів секції ферми башти крана КБ-403, що виникає в результаті відхилення від прямолінійності на міцність і довговічність конструкції при циклічному навантаженні.

Надаються рекомендації для застосування одержаних результатів у розробці нормативної документації.

Робота спрямована на підвищення достовірності прогнозування довговічності кранових фермених конструкцій.

Практична цінність роботи полягає у запропонованих інженерних методах обліку впливу відхилення від прямолінійності осі стрижнів щодо меж міцності витривалості елементів ферм, а також рекомендаціях щодо її нормування з позиції забезпечення довговічності ферм.

У першому розділі представлений аналіз пошкоджень кранових фермених конструкцій, що зустрічаються на практиці, а також огляд існуючих методів оцінювання їх впливу.

Формуються завдання дослідження.

У другому розділі наводиться методика дослідження напруженого стану стрижнів 3D моделі секції башти баштового крана КБ-403, що виникає в результаті їх жорсткого з'єднання у вузлу та наявності ексцентриситетів.

У третьому розділі викладено результати дослідження з оцінкою впливу фактору викривлення стійок башти на міцність та довговічність конструкції.

Метою даної роботи є розробка методики оцінки впливу відхилення осей прямолінійних стрижнів ферми від проектних параметрів кранових ферм на міцність та довговічність конструкції з використанням методу скінчених елементів.

В роботі показано, що:

- 1 Вплив викривлення стрижнів кранових фермених конструкції на міцність і витривалість крана залежить від індивідуальних проектних характеристик конструкції, умов виготовлення і експлуатації.
- 2 Встановлення викривлених стержнів впливає на міцність та витривалість ферменої конструкції крана.
- 3 В умовах робочого режиму баштового крану для башти найбільш небезпечними є викривлення стійок секцій.
- 4 Збільшення відносної стріли прогину ділянки стійки між вузлами решітки від $f = 0$ до $f = 0,005$ при технологічно обумовлених ексцентриситетах поєднання стержнів у вузлу $e = 20 \dots 50\text{мм}$ призводить к суттєвому зменшенню міцності і витривалості конструкції.
- 5 Допустимим можна вважати встановлення на башті крану КБ -403 стійок з викривленням ділянки стійки між вузлами решітки до $f = 0,0025$.

Ключові слова: фермова металева конструкція, вузол ферми, баштовий кран, викривлення стрижня, ексцентриситет у вузлу, напружений стан, витривалість.

SUMMARY

This work includes a study of the impact of local bending in the rods of the KB-403 tower crane, which occurs during manufacture, and the assessment of its impact on the strength and fatigue resistance of the truss structure of the tower. The obtained results make it possible to substantiate the norms of permissible technological and operational defects.

The work presents an analysis of existing methods of calculating truss structures and an overview of the results of research on the strength and durability of truss elements. Regulatory requirements for permissible deviations of elements of crane truss structures are considered.

The results of the study of the influence of the local bending of the rods of the KB-403 crane tower truss section, which occurs as a result of the deviation from straightness on the strength and durability of the structure under cyclic loading, are presented.

Recommendations are provided for the application of the obtained results in the development of regulatory documentation.

The work is aimed at increasing the reliability of predicting the durability of crane truss structures.

The practical value of the work lies in the proposed engineering methods of accounting for the influence of the deviation from the straightness of the axis of the rods in relation to the endurance strength limits of truss elements, as well as recommendations for its standardization from the standpoint of ensuring the durability of trusses.

The first chapter presents an analysis of the damage to crane truss structures encountered in practice, as well as an overview of existing methods for assessing their impact.

Research tasks are formulated.

In the second section, the method of researching the stress state of the rods of the 3D model of the tower section of the KB-403 tower crane, which occurs as a result of their rigid connection at the node and the presence of eccentricities, is given.

The third chapter presents the results of the study with an assessment of the influence of the tower struts distortion factor on the strength and durability of the structure.

The goal of the work. The purpose of this work is to develop a methodology for assessing the influence of the deviation of the axes of the straight rods of the truss from the design parameters of the crane trusses on the strength and durability of the structure using the finite element method

The work shows that:

1 The effect of the curvature of the rods of the crane truss structure on the strength and durability of the crane depends on the individual design characteristics of the structure, manufacturing and operating conditions.

2 The installation of curved rods affects the strength and durability of the truss structure of the crane.

3 Under the operating conditions of the tower crane, the most dangerous for the tower are the distortions of the racks of the sections.

4 An increase in the relative arrow of the deflection of the section of the strut between the grid nodes from $f = 0$ to $f = 0.005$ at technologically determined eccentricities of the combination of rods at the node $e = 20 \dots 50$ mm leads to a significant decrease in the strength and durability of the structure.

5 It can be considered permissible to install on the tower of the KB-403 crane racks with a curvature of the rack section between the grid nodes up to $f = 0.0025$.

Key words: truss metal structure, truss node, tower crane, rod curvature, eccentricity at the node, stress state, endurance.

З М І С Т

ВСТУП	4
<u>Розділ 1 ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ.....</u>	<u>8</u>
1.1 Загальна характеристика фермених конструкцій вантажопідйомних кранів	8
1.2 Особливості фермених металоконструкцій кранів	8
1.3 Недоліки фермених конструкцій.....	9
1.5 Вплив місцевого вигину на працездатність конструкції	10
1.6 Методи врахування викривлень	12
1.7 Огляд конструкцій баштових кранів	13
1.8 Дефекти фермових металевих конструкцій баштових кранів	21
1.9 Висновки за розділом	25
<u>Розділ 2 МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕННЯ.....</u>	<u>16</u>
2.1 Загальний алгоритм розрахунку	27
2.2 Побудова 3D моделі секції башти.....	28
2.3 Статичний розрахунок.....	37
2.4 Визначення місцезнаходження найбільш напруженої стойки....	40
2.5 Визначення форми коливань. Розрахунок втрати стійкості.....	40
2.6 Визначення взаємозв'язків між геометричними параметрами викривленої стойки і характеристиками міцності моделі	41
2.7 Дослідження витривалості моделі з викривленою стойкою	42
<u>Розділ 3 РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ.....</u>	<u>44</u>
3.1 Результати статичного розрахунку	44
3.2 Розрахунок стійкості. Визначення форми вигину	46

					<i>BBC 2213313 ПЗ</i>			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.	Чабан				<i>Вплив викривлення стержнів на несучу здатність кранових ферм <u>Пояснювальна записка</u></i>	Літ.	Аркуш	Аркушів
Перевір.	Портнов					М	2	134
Рецензент						ЦНТУ гр. ГМ -22М-2(1,9)		
Н.контр.	Яцун							
Затвер.	Настоящий							

3.3 Дослідження проектування. Визначення значення критичного кута β , відповідного до мінімального значення K	46
3.4 Визначення впливу значення стріли прогину стойки s на несучу здатність моделі.....	48
3.5 Дослідження впливу стріли прогину стойки на витривалість моделі	49
3.6 Висновки з розділу	52
<u>ВИСНОВКИ ЗА РЕЗУЛЬТАТАМИ ДОСЛІДЖЕНЬ</u>	<u>54</u>
<u>CONCLUSIONS RESULTS OF RESEARCH</u>	<u>55</u>
<u>СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ</u>	<u>56</u>
ДОДАТОК 1 Статистичне дослідження	57
ДОДАТОК 2 Дослідження втоми	98
ДОДАТОК 3 Втрата стійкості	106
ДОДАТОК 4 ОХОРОНА ПРАЦІ	121

ВСТУП

Актуальність теми.

Кранові конструкції є важливим засобом механізації вантажних робіт. Показники їхньої надійності залежать від міцності та довговічності несучої конструкції.

Несучі конструкції кранів бувають трьох видів: листові, фермові та змішаного типу. Фермові конструкції мають меншу масу при великих прольотах та відносно невеликих навантаженнях, що забезпечує застосування цього виду конструкцій у будівництві. При цьому ферми мають такі недоліки, як висока трудомісткість виготовлення і схильність до втомного і тендітного ушкоджень. В даний час фермові конструкції широко використовуються в баштових та козлових кранах, стрілових кранах великої вантажопідйомності.

Великий внесок у розвиток науки про працездатність зварних конструкцій зробили Н.С.Стрелецький, В.А.Винокуров, С.В.Серенсен, М.М.Гохберг, В.Н.Юшкевич, В.А. І.Брауде, АА.Зарецький, В.А.Ряхін, В.І.Труфяков, А.І.Кікін та ін. Дослідженню міцності та довговічності конструкцій у процесі проектування, виготовлення та експлуатації присвячені роботи [4, 7, 10,18,29,42,48,56,58 та ін].

Дана робота присвячена дослідженню фермової конструкції баштового крана КБ-403 засобами ПК SolidWorks. У разі виробництва неминуче виникнення таких дефектів конструкції, як відхилення осей прямолінійних стрижнів ферми від проектних параметрів. При цьому у вузлах ферм з'являється значна нерівномірність розподілу напружень, що призводить до зниження опору втомному і крихкому руйнуванню.

Нерівномірність розподілу напружень по перерізу елемента ферми пов'язана:

- з концентрацією напружень та полями залишкових напружень у зоні приєднання стрижня до вузла;

					ВВС 2213313 ПЗ	Арк.
						4
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- з місцевим вигином стрижнів, що виникає в результаті їх жорсткого з'єднання у вузлу;

- наявності ексцентриситету їх з'єднання;

- непрямолінійності стрижнів.

Перелічені фактори призводять до виникнення значних напружень вигину.

Для розтягнутих тонкостінних стрижнів із пластичного матеріалу місцевий вигин стрижнів не впливає на їхню несучу здатність, якщо вона визначається міцністю за умовою в'язкої руйнації. Однак місцевий вигин може істотно впливати на несучу здатність і ресурс розтягнутого елемента конструкції за критеріями втоми або крихкого руйнування.

Для стиснених стрижнів місцевий вигин призводить до зниження стійкості.

У існуючих інженерних методиках проектних розрахунків фермених конструкцій зазначені чинники враховуються із значними застереженнями. Це складністю створення математичних моделей просторових фермених конструкцій.

Зміст роботи. Дана робота включає дослідження оцінки впливу місцевого вигину в стрижнях баштового крана КБ-403, що виникає при виготовленні, та оцінці його впливу на міцність та опір втоми фермової конструкції башти. Отримані результати дають змогу обґрунтувати норми допустимих технологічних та експлуатаційних дефектів.

У роботі представлений аналіз існуючих методів розрахунку фермових конструкцій та огляд результатів досліджень щодо міцності та довговічності елементів ферм.

Розглянуто нормативні вимоги до допустимих відхилень елементів кранових фермових конструкцій.

Викладено результати дослідження впливу місцевого вигину стрижнів секції ферми башти крана КБ-403, що виникає в результаті відхилення від прямолінійності на міцність і довговічність конструкції при циклічному навантаженні.

					ВВС 2213313 ПЗ	Арк.
						5
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Надаються рекомендації для застосування одержаних результатів у розробці нормативної документації.

Робота спрямована на підвищення достовірності прогнозування довговічності кранових фермених конструкцій.

Практична цінність роботи полягає у запропонованих інженерних методах обліку впливу відхилення від прямолінійності осі стрижнів щодо меж міцності витривалості елементів ферм, а також рекомендаціях щодо її нормування з позиції забезпечення довговічності ферм.

У першому розділі представлений аналіз пошкоджень кранових фермених конструкцій, що зустрічаються на практиці, а також огляд існуючих методів оцінювання їх впливу.

Формулюються завдання дослідження.

У другому розділі наводиться методика дослідження напруженого стану стрижнів 3D моделі секції башти баштового крана КБ-403, що виникає в результаті їх жорсткого з'єднання у вузлу та наявності ексцентриситетів.

У третьому розділі викладено результати дослідження з оцінкою впливу фактору викривлення стійок башти на міцність та довговічність конструкції.

Мета роботи. Метою даної роботи є розробка методики оцінки впливу відхилення осей прямолінійних стрижнів ферми від проектних параметрів кранових ферм на міцність та довговічність конструкції з використанням методу скінченних елементів

Предмет дослідження: металева конструкція ферми башти крана КБ-403

Метод дослідження: аналіз статичного дослідження і дослідження на втому засобами ПК SolidWorks.

Наукова та технічна новизна одержаних результатів: розроблена методика дослідження фермової металоконструкції баштового крану з врахуванням викривлень елементів башти.

Практичне значення одержаних результатів. Практична цінність роботи полягає в запропонованому методі оцінки впливу викривлень стрижнів фермених

					BBC 2213313 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		6

конструкцій кранів на їх несучу здібність, а також рекомендаціях щодо нормування допустимих викривлень стрижнів.

Апробація та публікація результатів роботи.

Основні положення магістерської роботи доповідалися на III Всеукраїнській студентській науково-практичній конференції «Досвід впровадження в навчальний процес сучасних комп'ютерних технологій» (Кропивницький, квітень 2023 року).

Структура роботи. Робота містить анотації українською та англійською мовами, пояснювальну записку на 134 сторінках, у тому числі 2 таблиці, 38 рисунків, список з 73 використаних джерел, а також мультимедійну презентацію з 24 слайдів. Текст роботи містить зміст, вступ, 3 розділи, висновки і рекомендації за результатами досліджень (українською та англійською мовами).

					ВВС 2213313 ПЗ	Арк.
						7
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 1

ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

1.1 Загальна характеристика фермених конструкцій вантажопідйомних кранів

В даний час у кранових несучих конструкціях ферми використовуються обмежено, в першу чергу через більшу трудомісткість виготовлення та менший опір втоми порівняно з листовими конструкціями. Ферми представлені в конструкціях, що розробляються за критерієм "мінімальна маса при великих розмірах". Це башти і стріли баштових кранів, конструкцій козлових кранів, що несуть, стріли деяких стрілових самохідних кранів. Крім того, в експлуатації знаходиться велика кількість мостових, порталних та плавучих кранів з фермовою стрілою та порталом, виготовлених до 60-70-х років.

1.2 Особливості фермених металоконструкцій кранів

Для виготовлення стрижнів ферм використовують різні профілі. У старих конструкціях найчастіше зустрічаються стрижні з кутового профілю, який порівняно технологічний для формування вузлів на косинках (рис. 1. а).

У конструкціях баштових кранів та сучасних стрілових гусеничних кранів у більшості випадків використовуються трубчасті профілі. Їхнє з'єднання у вузлу здійснюється через косинку або безпосередньо, шляхом приварювання розплющеної або фігурно обрізаної кінцевої частини розкосу або стойки до поясу (рис. 1.1,6,в). Така технологія дещо дорожча, але застосування трубчастих профілів забезпечує найкращу стійкість стрижнів при стисканні, мінімальне вітрове навантаження та більшу корозійну стійкість.

					ВВС 2213313 ПЗ	Арк.
						8
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

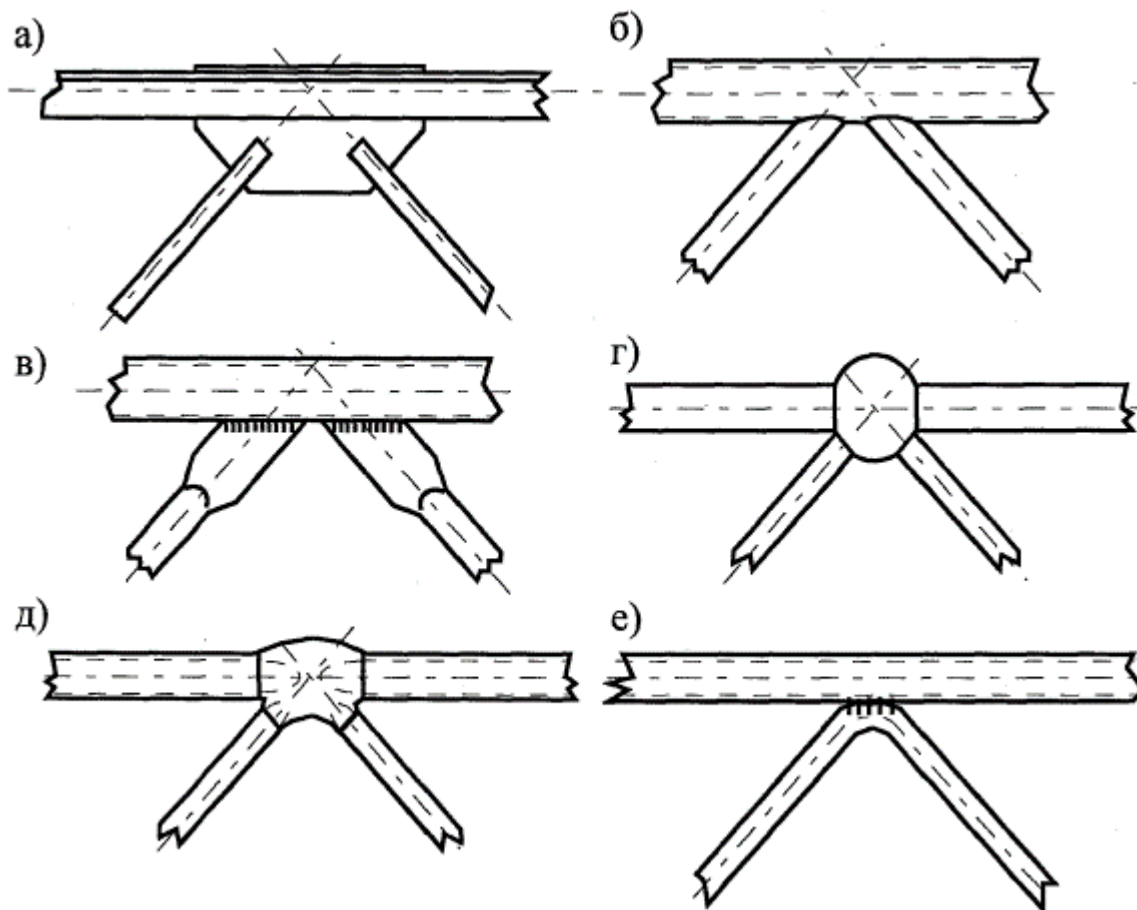


Рис. 1.1 Приклади конструкцій вузлів кранових ферм

Відповідно до класичної шарнірної розрахункової схеми ферми при її проектуванні та виготовленні прагнуть такого з'єднання стрижнів у вузлах, при якому осі всіх стрижнів перетинаються в одній точці. Однак у більшості випадків з метою зниження трудомісткості виготовлення конструкції та її здешевлення проектувальники допускають розцентрування вузлів.

1.3 Недоліки фермених конструкцій

Недоліком фермених конструкцій є їх низький опір втоми, зумовлений концентрацією напружень, що виникає у вузлах. У балочно-фермених мостах втомні тріщини з'являються у вузлах допоміжної ферми. У фермених конструкціях будівельних козових кранів втомні тріщини виникають у зоні приєднання жорсткої ноги.

Концентрація напруження від зовнішнього навантаження пов'язана з конфігурацією вузла, тобто способом з'єднання стрижнів, і їх місцевим вигином. У багатьох випадках в районі вузла згинальні моменти мають максимальні

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ВВС 2213313 ПЗ

Арк.

9

значення, при цьому додаткові згинальні напруження множаться на коефіцієнт концентрації.

Зниження концентрації напруження у вузлах від місцевого вигину можна забезпечити конструктивними способами (рис.1.1, г, д), що вимагають додаткових витрат. У ряді випадків застосовуються більш технологічні конструкції (рис. 1.1, а, б, в, е), що призводять до підвищеної концентрації напружень [41].

Місцевий вигин виникає у будь-якій зварній фермі з жорсткими вузлами, як багаторазово статично невизначеною конструкцією. Вигин стрижнів зростає, коли їх осі не перетинаються в одній точці. Це може відбуватися в результаті похибки виготовлення або при здійсненні проектного рішення, що дає певні конструктивні або технологічні переваги (рис. 1.2).

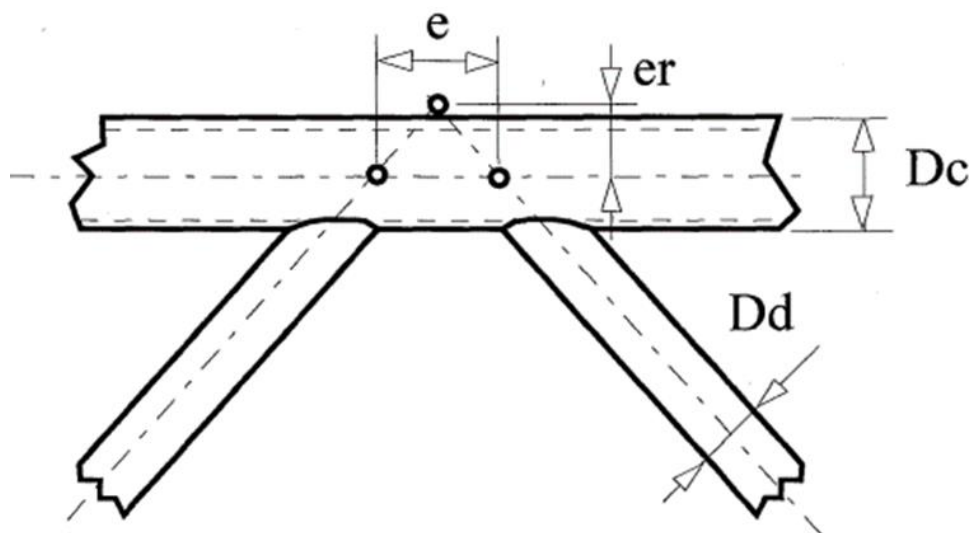


Рис. 1.2 Схема ексцентриситету з'єднання стрижнів

1.4 Вплив місцевого вигину на працездатність конструкції

Вплив місцевого вигину на працездатність конструкції може бути різним і залежить від умов навантаження елементів та виду можливого граничного стану. Так при малій кількості циклів навантаження конструкції несуча здатність розтягнутих стрижнів мало залежить від місцевого вигину, якщо матеріал

конструкції та зварних з'єднань при температурі експлуатації має достатній запас пластичності.

У тих самих умовах стійкість стиснутих стрижнів може знижуватися внаслідок місцевого вигину. Крім того, місцевий вигин може призводити до зниження довговічності конструкції при циклічних навантаженнях [72,73] та виникнення крихкого руйнування.

Відповідно до Посібника [43] вплив місцевого вигину в трубчастих фермах можна не враховувати в розрахунку, якщо поперечний ексцентриситет не перевищує наступних меж: $-0,55D_e < e_r < 0,5 D_e$,

Для будівельних конструкцій у нормах СНиП П-23-81* також встановлюється обмеження ексцентриситету у вузлу. При цьому зазначається, що «за наявності ексцентриситетів у вузлах елементи ферм слід розраховувати з урахуванням відповідних моментів, що згинають».

Ще одним характерним видом ушкодження фермених конструкцій є викривлення стрижнів [32]. Воно відбувається в процесі виготовлення через порушення технології монтажу, експлуатації або ремонту.

Викривлення стрижня, як і ексцентриситет, є причиною виникнення згинальних моментів, які призводять до підвищення напружень в різних точках стрижня і зниження його стійкості.

У нормативно-технічній літературі щодо обстеження конструкцій у процесі експлуатації є вимоги, що обмежують можливе викривлення осі стрижня, що свідчить про визнання небезпеки цього виду ушкодження. Так згідно з Керівним документом [51] для фермових конструкцій стрілових самохідних кранів вважається гранично допустимим викривлення поясу зі стрілою прогину $f = 0,0015$ і розкосу $f = 0,004$, для кранів мостового типу аналогічні обмеження встановлені для стрижнів всіх типів на рівні $f = 0$ розтягнутих та $f = 0,002$ для стиснутих [52].

За даними обстежень будівельних конструкцій викривлення стрижнів є типовим видом ушкодження. Причому стріла прогину викривлень сягає $f = 1/600$ і більше; найчастіше викривлення зустрічаються у стислих розкосах [42].

					ВВС 2213313 ПЗ	Арк.
						11
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Нині діючі методики розрахунку фермових конструкцій на опір втоми не враховують впливу місцевого вигину. Так у довідниках та нормах [31,53,61, 67,74 та ін.] встановлені значення меж витривалості, які залежать тільки від конструкції приєднання стрижня до вузла, але не залежать від викривленості стрижня та ексцентриситету з'єднання.

Необхідність обліку цих чинників виникає як на стадії проектування, а й при оцінці залишкового ресурсу експлуатованих конструкцій. При цьому одним із основних критеріїв досягнення граничного стану є втомне ушкодження конструкції.

Таким чином, необхідність визначення впливу викривлень у стрижнях ферм є актуальною як на стадії проектування, так і при оцінці можливості подальшої експлуатації машини. У нормативних документах та довідниках методики таких розрахунків відсутні.

1.5 Методи врахування викривлень

Як базовий метод розрахунку просторових ферм використовується метод скінченних елементів (МКЕ), який для стрижневих моделей забезпечує врахування всіх суттєвих геометричних характеристик конструкції та умов навантаження.

Основою розрахунку фермових металоконструкцій є класична будівельна механіка стрижневих систем [130,47]. На її основі розроблено відомі статичні та динамічні розрахунки металоконструкцій кранів. Однак на практиці методи будівельної механіки через обчислювальну складність не застосовуються до розрахунків просторових схем металоконструкцій ферм з дефектами.

Виникає необхідність застосування універсальних методів розрахунку металоконструкцій ферм кранів зі складними просторовими розрахунковими схемами. У зв'язку з цим найбільшого поширення набули чисельні методи.

В даний час поширення набули такі з них: метод сіток або метод скінченних різниць [84], варіаційно-різницеви́й метод [84] та МСЕ [84,101].

					ВВС 2213313 ПЗ	Арк.
						12
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Перелічені методи ефективні для розрахунку окремих елементів конструкцій з метою оцінки міцності, стійкості, жорсткості та відносяться до методів розрахунку просторових конструкцій.

Найбільшого поширення при розрахунку кранових металоконструкцій набув МСЕ. Виникнення цього пов'язані з ідеєю застосування розрахунку статично невизначених стрижневих систем на вирішення двох і тривимірних завдань теорії пружності. Перевагою даного методу є зручність його реалізації на ЕОМ.

В даний час існує безліч розрахункових програм САЕ-класу, які використовують апарат МСЕ.

До них відносяться програми "MSC.Nastran" "ANSYS", "CalculiX", "Lusas", "Marc", "Abaqus", "ПК Ліпа", "Scad Office", "NormCAD". Найбільш потужними серед них є "MSC.Nastran" фірми "MSC.Software Corporation" та "ANSYS" фірми "ANSYS Inc."

Дане дослідження виконано в середовищі ПК SolidWorks. Високий рівень розвитку даного ПК, наявність великої кількості експериментальних даних, що підтверджують точність та адекватність одержуваних результатів, визначають SolidWorks як зручний для аналізу ПДВ металоконструкцій кранових ферм з урахуванням експлуатаційних дефектів.

При використанні SolidWorks для розрахунку фермених металевих конструкцій переважне розв'язання отримав статичний скінчено-елементний аналіз крана, що представляється стрижневою просторовою моделлю [128].

Цей метод використовується для дослідження ПДВ ферм з формуванням моделі зі стрижневих елементів з жорстким з'єднанням стрижнів у вузлах.

Термін служби ферменої металоконструкції визначається розвитком втомних ушкоджень при знакозмінному нестационарному експлуатаційному навантаженні з числом циклів більше 2×10^6 (багатоциклова втома).

1.7 Огляд конструкцій баштових кранов

Завдання оцінки ресурсу металевих конструкцій у рамках моделі багатоциклової втоми розглянуто на роботах [10,17,49,52,85,116]. Фермена

					BBC 2213313 ПЗ	Арк.
						13
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

металоконструкція крана при тривалій експлуатації значно відрізняється від вихідної, так як в ній присутні різні дефекти, пошкодження та відхилення від проектних значень.

Завдання обліку впливу дефектності кранових ферм конкретних кранів на їхню здатність і втомну довговічність залишається невирішеною.

Згідно з довідкою Держгірпромнагляду України, опублікованою в журналі «Підйомні споруди. Спеціальна техніка» № 4, 2007 р., в Україні станом на 01.01.2007 р. експлуатується 5090 кранів баштових, з яких 4406 кранів відпрацювали свій нормативний термін. Основу цього парку складають крани, виготовлені ще у 80-х роках / Іванов В.М. «Стан парку сучасних баштових кранів в Україні»/.

Це крани Нікопольського кранобудівного заводу (типу КБ-308, КБ-572, КБ-674, КБ-675, КБ-676 та ін.), Нязепетровського кранового заводу (типу КБ-403, КБ-408, КБ-578 та ін.), Ржевського кранобудівного заводу (типу КБ-401, КБ-405 та ін.), Карачарівського механічного заводу (типу КБ-411, КБ-504 та ін.), модифікації цих кранів і зараз випускаються цими та іншими заводами.

Наразі в Україну надходять баштові крани з країн Європи. Непоодинокі випадки експлуатації баштових кранів, які не пройшли сертифікацію та реєстрацію в органах Держгірпромнагляду.

Будівельні баштові крани класифікуються в основному за конструктивними ознаками, за вантажним моментом, по монтажу та перевезенню, за способом нарощування вежі, за приводом і т.п.

За конструктивними ознаками баштові крани поділяються:

- на стаціонарні, які у свою чергу можуть бути вільними рис.1.3 і приставними рис.1.4.

- пересувні, які за конструкцією ходового пристрою можуть бути на рейковому ходу (крани типу КБ – різних розмірних груп, а також крани Liebherr, Wolff та ін.); на гусеничному (типу МКГ, ДЕК тощо) або пневмоколісному ходу (АБКС-6 та ін.);

					ВВС 2213313 ПЗ	Арк.
						14
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

-переставні (вертикально-рухливі) самопідйомні, що встановлюються, наприклад, усередині шахти ліфта будівлі, що зводиться;

- з поворотною або неповотною вежею, а також з вежею, що нарощується або підрощується (класифікація за типом вежі);

- з підйомною стрілою, з балочною стрілою або шарнірно-зчленованою стрілою рис. 1.5);



Рис. 1.3 Вільнорозташований кран WK 5520 SL-6 з неповотною баштою

					BBC 2213313 ПЗ	Арк.
						15
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рис. 1.4 Приставний нарощуваємий баштовий кран фірми Liebherr



Рис. 1.5 Приставний нарощуваємий баштовий кран фірми Kaiser

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

BBC 2213313 ПЗ

Арк.

16

- з молотковою стрілою (без традиційного оголовка башти). Ці крани виробляють, наприклад, іспанська фірма Linden-Comansa (кран 10 LC 140, рис. 1.6), німецька Liebherr (кран ЕС 8), а також французька POTAİN



Рис. 1.6 Стационарний баштовий кран із плоским верхом фірми Linden-Comansa

Також баштові крани можуть відрізнятися за способом кріплення, на кшталт шасі і т.п. Наприклад, башти стаціонарних кранів встановлюються на анкерному фундаменті або на опорній рамі, а крани на пневмоколісному ході можуть встановлюватися на автомобіль або спеціальне самохідне шасі і т.п.

Вантажні моменти є основним параметром, що характеризує технічні можливості баштових кранів. Він вказується в позначенні більшості моделей цих кранів. Наприклад, в індексації кранів КБ відповідно до ГОСТ 13556-91 вантажний момент пов'язаний із розмірною групою базової моделі крана.

По монтажу та перевезенню баштові крани поділяються на:

- малогабаритні швидко монтовані крани, що перевозяться у складеному вигляді на одній машині без демонтажу будь-яких елементів;
- крани, що перевозяться у складеному вигляді на одній машині або трейлері та монтуються за допомогою власних кранових механізмів з обмеженою участю монтажного крана. До цієї категорії належать крани типу КБ-100, КБ-308;

					ВВС 2213313 ПЗ	Арк.
						17
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- крани з вежею, що підрощується, що перевозяться окремими складальними одиницями на декількох машинах і монтуються за допомогою монтажного крана і власних кранових механізмів. До цієї категорії належать крани типу КБ-401, КБ-403, КБ-504 тощо;

- крани з вежею, що нарощується (за допомогою лебідки, встановленої на монтажній стойці). До цієї категорії належать крани типу КБ-673, КБ-676 тощо. Крани перевозяться окремими складальними одиницями на кількох машинах. Монтаж таких кранів провадиться також з обмеженою участю монтажного крана;

- крани, що швидко монтуються для висотного будівництва, що перевозяться в розібраному вигляді на декількох машинах. Монтаж таких кранів провадиться за допомогою монтажного крана, а нарощування вежі ведеться за допомогою власного гідрообладнання, встановленого на монтажній обоймі. До цієї категорії належать крани типу КБ-371, КБ-471, QTZ 80, Liebherr 140 EC-H6, Linden-Comansa 10 LC 140.

Сучасні баштові крани для висотного будівництва мають модульну конструкцію вежі і здебільшого допускають нарощування вежі в процесі будівництва будівлі. При цьому нарощування вежі може значно відрізнятись за технологією монтажу, але в більшості випадків здійснюється за допомогою власних (кранових) гідравлічних монтажних механізмів.

Як об'єкт дослідження фермової конструкції нами прийнято баштовий кран КБ-403. Він використовується там, де потрібні великі обсяги будівельних та монтажних робіт,

Конструктивні особливості фермових металевих конструкцій баштових кранів типу КБ-403 та його модифікації.

Баштовий кран КБ-403 (рис. 1.1) є вантажопідйомним агрегатом, що самомонтується, з електричним управлінням, здатним пересуватися на колісно-рейковому ходу.

					BBC 2213313 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18



Рис. 1.7 Баштовий кран КБ-403

Він оснащений рухомою балковою стрілою, закріпленою на такій же решітчастій поворотній башті, і керованою за допомогою системи канатів.

Баша складається з кількох висувних секцій із розбірною головною секцією та можливістю підрозування знизу.

Балкова стріла має також секційну конструкцію.

Основні технічні характеристики баштового крана:

- Висота у вільному положенні 37,9-54,7 м;
- База секцій 1,8 м;
- кількість секцій вежі до 5 штук;
- загальна маса конструкції 76,6-80,5 т;

					BBC 2213313 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

- Маса противаги: 30 т;
- Виліт стріли (мінімальний/максимальний) 5,6/30 м;
- Виліт стріли при максимальному вантажопідйомі 16,5 м; - максимальна вантажопідйомність 8 т;
- вантажопідйомність при максимальному вильоті стріли 3т;
- максимальний вантажний момент 120 тм.

Несучими конструкціями крана є металеві ферми (рис. 1.8).

Матеріалом є сталь марок Ст.2, Ст.3, Ст.4 згідно з ГОСТ 380-2005 «Сталь вуглецева звичайної якості. Марки »[39,43].

Для з'єднання стрижнів використовується електродугова: автоматична та напівавтоматична під флюсом, електродугова у захисних газах та ручна.

1.8 Дефекти фермових металевих конструкцій баштових кранів

Розгляд даних з аварій за участю вантажопідйомної техніки, з 2000 по 2010 роки, показує, що кран КБ-403 та його модифікації відносяться до вантажопідйомних машин з підвищеною аварійністю. Аналіз причин аварій показує, що близько половини аварій сталося через наявність дефектів у несучих металевих конструкцій.

Відсоткове співвідношення дефектів у несучих металевих конструкціях представлено у табл. 1.1.

Питання впливу експлуатаційних дефектів на надійність несучих металоконструкцій технічних систем розглянуто у низці робіт [10,17,61,65,44]. Стосовно металоконструкцій ферм БК дефекти розглядається як накопичені в процесі експлуатації пошкодження та відхилення, викликані перебігом у них процесів, наслідком яких є виникнення локальних концентраторів напружень, місцевих відхилень форми елементів, зміна характеристик їх жорсткості та міцності.

					ВВС 2213313 ПЗ	Арк.
						20
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

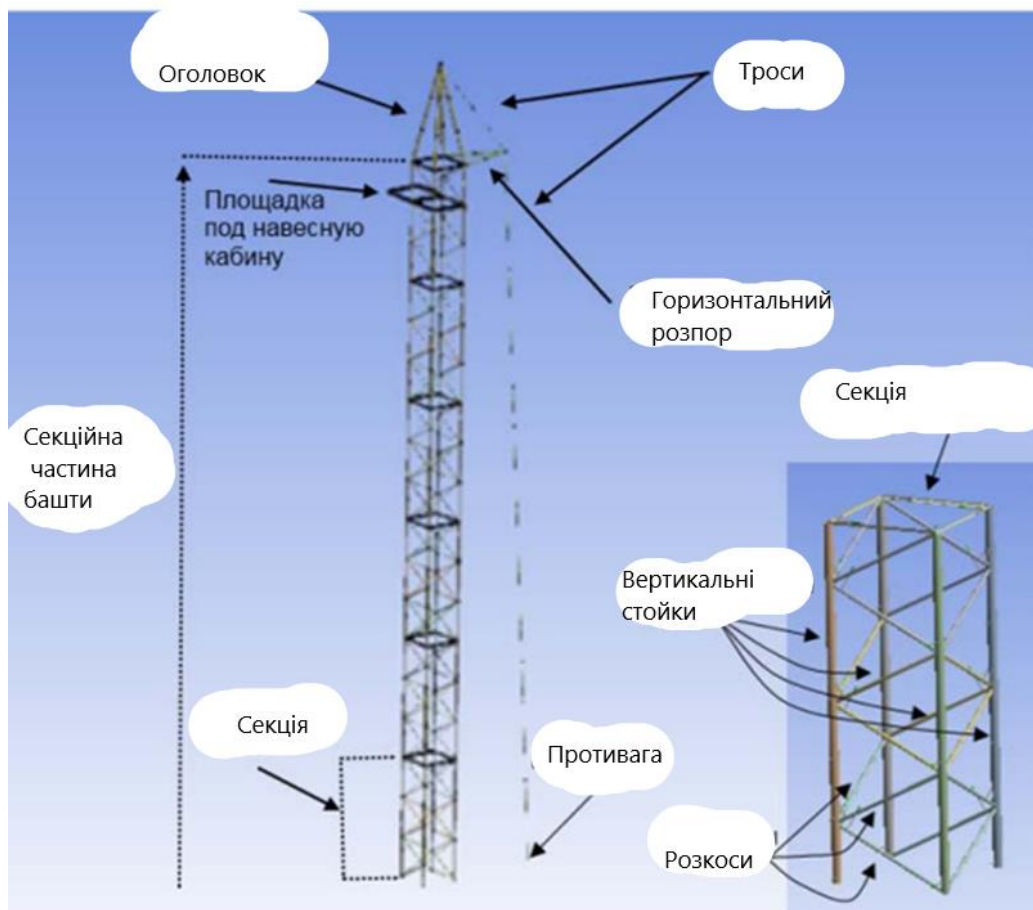


Рис. 1.8 Фермені конструкції баштового крану КБ-403

Табл. 1.1 Статистичне розподілення видів дефектів в несучих металлоконструкціях кранів КБ.

Вид дефекту	Доля дефекту від загального числа, %
Дефекти зварювання	36
Трещиноподібні дефекти в основному металі	40
Несоосність з'єднання стрижнів в вузлах	4
Відхилення від прямолінійності стрижнів ферм	2
Місцева втрата стійкості стрижнів ферм із відкритим перетином	4
Обриви стрижнів	1

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ВВС 2213313 ПЗ

Арк.

21

Локальні відхилення форми перерізів стрижнів ферм (вм'ятини)	6
Дефекти корозії	8

Найбільш значимі види дефектів.

1. Застосування невідповідних типів сталей. Можливе на стадії виготовлення чи ремонту металоконструкції ДПМ.

2. Дефекти зварних з'єднань. Виникають при виготовленні та ремонті конструкцій кранових ферм. Використання зварювання породжує ряд технологічних дефектів, що виникають у складних полях пружнопластичних напружень та деформацій у районі зварного шва [59,77,83].

3. Втомні пошкодження елементів ферм. Виявляються у вигляді втомних тріщин. У фермених металоконструкціях виникають поблизу концентраторів місцевих напружень.

4. Дефекти вм'ятини у стрижнях фермених металоконструкцій є наслідком місцевої пластичної деформації їх поперечного перерізу внаслідок зіткнення частин крана або ударного застосування зовнішнього навантаження в процесі експлуатації або внаслідок аварійних ситуацій. Дефект має локальний характер, його розміри можна порівняти з розмірами перерізу стрижня. Загальна риса всіх дефектів даного виду – наявність на кромках плавних вигинів, що пояснюється пружнопластичним характером деформування матеріалу стрижня.

5. Дефект погиби є результатом місцевої втрати стійкості однієї або декількох граней стрижня, переріз якого складено з прокату кутового, таврового або двотаврового профілю. Погиб не створює локальної концентрації напружень, але негативно впливає на несучу здатність і стійкість стисненого стрижня. Погиб допускається у металевих конструкціях у разі, якщо відносний розмір дефекту не перевищує допустиме значення.

6. Помилки складання та монтажу. При заводському виготовленні та подальшому ремонті фермових металоконструкцій помилки збирання ферм полягають у розцентруванні розкосів, стійок та діагоналей та поясів ферм, у

					BBC 2213313 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

неправильному виконанні накладок та косинок. Норми з виготовлення та ремонту баштових кранів обумовлюють гранично допустиму величину ексцентриситету [72,42].

7. Корозійні ушкодження елементів ферм. Відповідно до нормативних матеріалів максимально допустимі втрати перерізу від корозії в кранових металоконструкціях не повинні перевищувати 5% товщини елемента.

8. Дефекти загальної геометрії фермених металоконструкцій (рис. 1.10). Виникають у процесі виготовлення та експлуатації від дії наднормативних навантажень, при демонтажі, монтажі та транспортуванні елементів крана, в результаті зіткнення частин крана з вантажем або один з одним [72,50].

Відхилення від прямолінійності стрижнів решіт веж і стріл впливає переважно на умови роботи стрижня. За наявності відхилення від прямолінійності стрижень решітки під навантаженням відчуває як напруження від стиску, а й напруження вигину, що знижує його несучу здатність. Одночасно у вузлах з'єднання деформованого елемента виникають додаткові згинальні моменти. Відповідно до вимог до розрахунку стрижневих металевих конструкцій БК стрижні з відхиленням від прямолінійності $f = \frac{\Delta l}{L}$ менше за допустиме значення, яке становить $f = 1/600$, розраховуються без урахування дефекту [43].

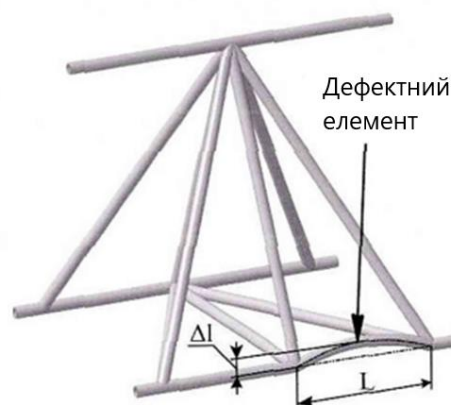


Рис. 1.10 Дефект елемента ферми (відхилення від прямолінійності осі стрижня)

					ВВС 2213313 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

Основним видом деградації металу ферм баштових кранів є механічна втома, що характеризується поступовим порушенням структури металу. Є результатом накопичення розривів міжатомних зв'язків є зародження мікротріщин і, при досягненні останніми критичних розмірів, незворотної ушкоджуваності металу [5,18,72].

Сукупність зовнішніх факторів, що впливають, і пошкодження, що накопичилися в металоконструкціях, є унікальними для кожної машини.

Для оцінки показників надійності фермових конструкцій кранів типу КБ-403 на етапі експлуатації найбільш прийнятним є апарат теорії надійності механічних систем. [3,6,10,14,50,82]. Основним висновком досліджень є те, що достовірні оцінки показників надійності можливі на основі спільного вивчення законів розвитку окремих ушкоджень, дефектів та математичних моделей міцності конструкцій машин. Індивідуальні особливості фермових конструкцій кранів даного виду полягають у специфіці експлуатаційного навантаження, конструкції ферм, способах їх виготовлення, монтажу та характеристиках зовнішніх впливів.

Основними елементами, що забезпечують статичну та втомну міцність ферм баштових кранів є стрижневі елементи та вузлові з'єднання ферм. Надійність вузлів визначається статичною та циклічною міцністю зварних з'єднань.

Надійність стрижнів решіток фермених металоконструкцій забезпечується їхньою несучою здатністю. Розрахунковим параметром є розрахункове напруження, а граничними величинами – межі міцності, плинності, витривалості [119]. Питання оцінки статичної та циклічної міцності, а також стійкості стрижнів фермених металевих конструкцій висвітлені у роботах [42].

Циклічну міцність несучих металоконструкцій прийнято розглядати у рамках моделі багатоциклової втоми [42]. Гіпотези накопичення втомних ушкоджень, засновані на лінійному законі підсумовування втомних ушкоджень (лінійна гіпотеза Пальмгрена-Майнера, скоригована лінійна гіпотеза В. П.

					ВВС 2213313 ПЗ	Арк.
						24
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Когаєва [61,65]) набули найбільш широкого поширення в інженерних розрахунках на втому. Застосування даних гіпотез в інженерних розрахунках проблематичне через відсутність перевірки їх адекватності в натурних експериментах.

1.9 Висновки за розділом

Розгляд найбільш поширених видів дефектів фермених металоконструкцій кранів типу КБ-403 показав, що надійність фермених металевих конструкцій баштових кранів обумовлюється здатністю їх несучих елементів - стрижнів решіток і зварних з'єднань стрижнів у вузлах. Дослідження несучої здатності стрижнів кранових ферм з дефектами відхилення форми дозволить розробити розрахункові методики з метою оцінки надійності фермових металоконструкцій. Завдання оцінки надійності фермових металоконструкцій кранів типу КБ-403 за критеріями несучої здатності має ґрунтуватися на застосуванні МСЕ з використанням стрижневих просторових моделей.

Постановка завдань подальших досліджень.

Для визначення впливу викривлення стержнів на несучу здатність кранових ферм потрібно:

1. Дослідити міцність стрижнів ферменої металевої конструкції секції башти крана КБ-403 з дефектами викривлення та оцінити несучу здатність та втомну міцність конструкції з даними дефектами.

2. Розробити методику оцінки несучої здатності та залишкового ресурсу фермених металоконструкцій башт кранів типу КБ-403 під дією експлуатаційних факторів та навантажень з використанням сучасних чисельних методів розрахунку.

Розділ 2

МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕННЯ

На етапі препроцесінга в програмі SOLIDWORKS створювалася параметризована 3D модель секції башти крану, задавалися її фізичні властивості, навантаження і обмеження. Потім відбувався запуск моделі на розрахунок з використанням додатку SOLIDWORKS SIMULATION. На етапі постпроцесінгу проводився аналіз отриманих даних.

2.1 Загальний алгоритм розрахунку

Алгоритм включає наступні етапи.

1. Створення базової геометричній моделі.

2. Статичне дослідження

2.1 Визначення типу розрахунку.

2.2 Визначення властивостей матеріалу.

2.3 Створення скінчено елементної сітки.

2.4 Визначення властивостей скінчених елементів.

2.5 Визначення кінематичних граничних умов (закріплень моделі в вузлах або по геометричних об'єктів).

2.6 Визначення силових граничних умов (зовнішніх навантажень, силових полів, температури).

2.7 Розрахунок конструкції.

2.8 Читання результатів розрахунку.

2.9 Перегляд результатів.

2.10 Аналіз результатів.

3. Дослідження втоми.

Виконується на базі статичного дослідження

					BBC 2213313 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

2.2 Побудова 3D моделі секції

Секція є балочною конструкцією висотою 6 м, довжиною і шириною по 1,8 м.

Секція складається з чотирьох вертикальних сталевих порожніх труб діаметром 140 мм і товщиною стінки 8 мм, а також розкосів - сталевих порожнистих труб розкосів діаметром 60 мм та товщиною стінки 5 мм.

1. Ескіз основи (рис.2.1)

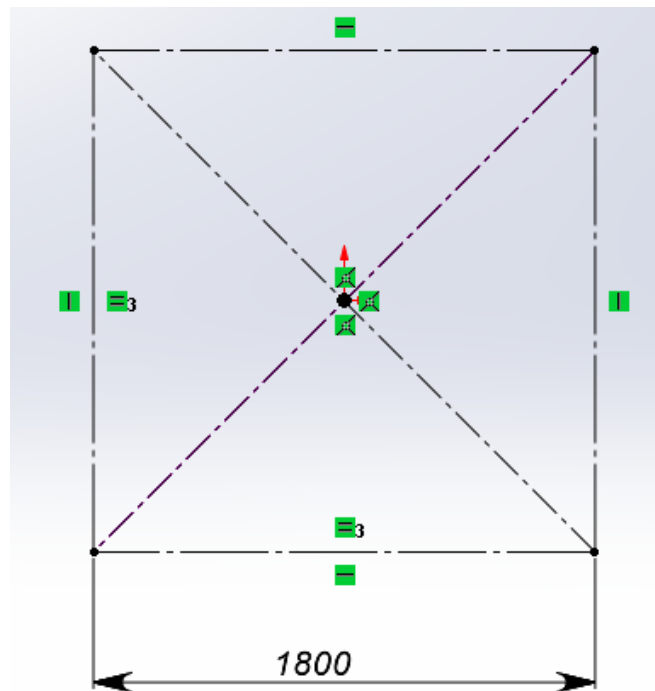


Рис. 2.1

3. Тривимірний ескіз ферми представлений на

- рис. 2.2 Параметричний ескіз;
- рис 2.3 Фрагмент проміжного вузла з повздовжнім і радіальним ексцентриситетами;
- рис. 2.4 Фрагмент кінцевого вузла

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ВВС 2213313 ПЗ

Арк.

27

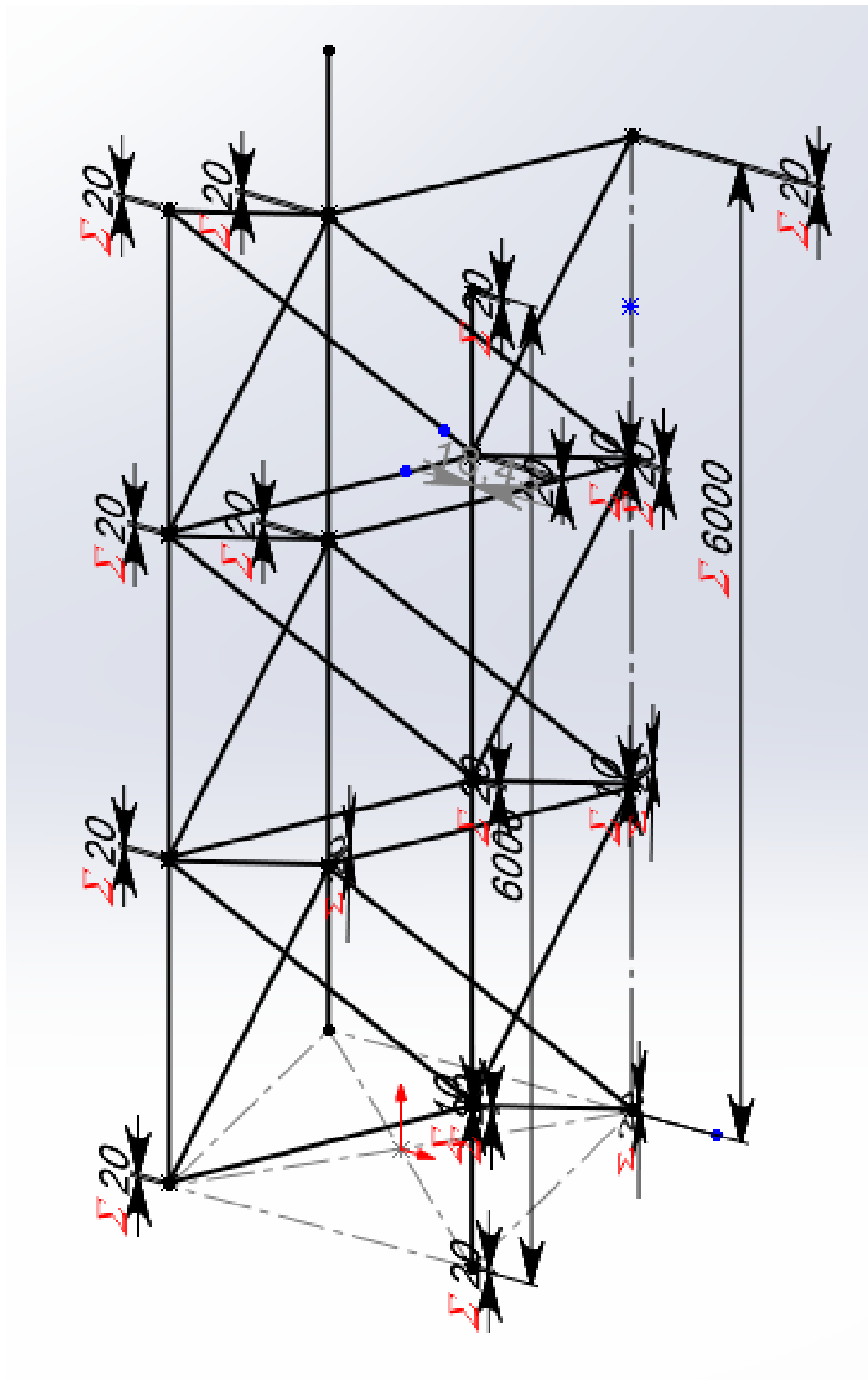


Рис. 2.2

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ВВС 2213313 ПЗ

Арк.

28

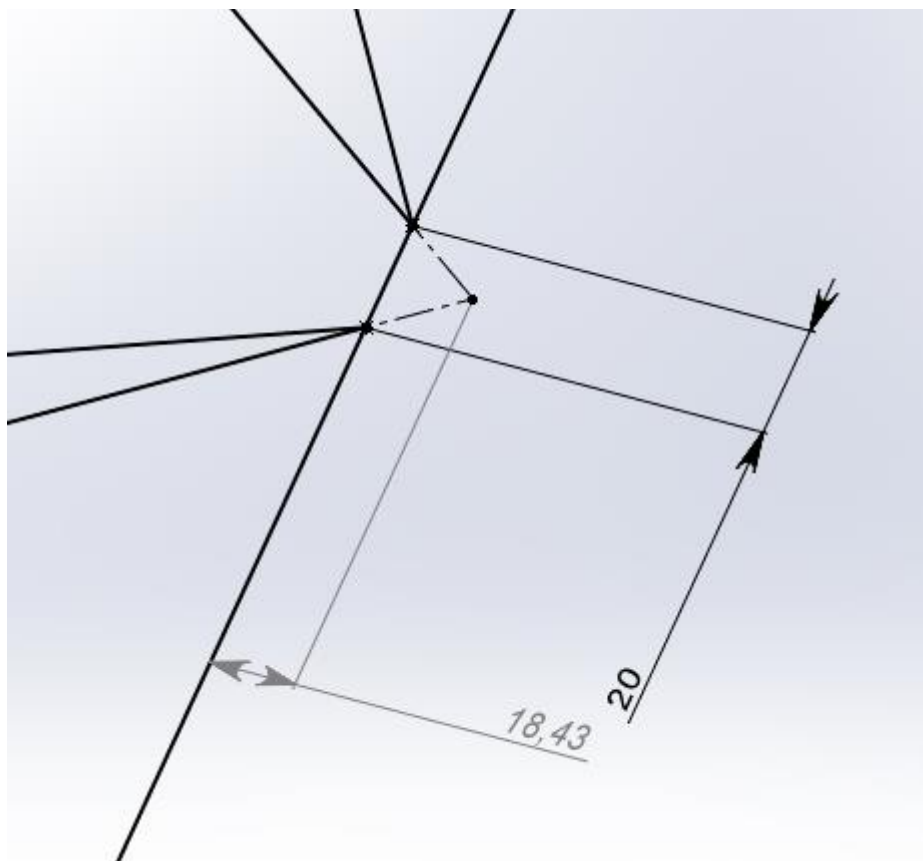


Рис. 2.3

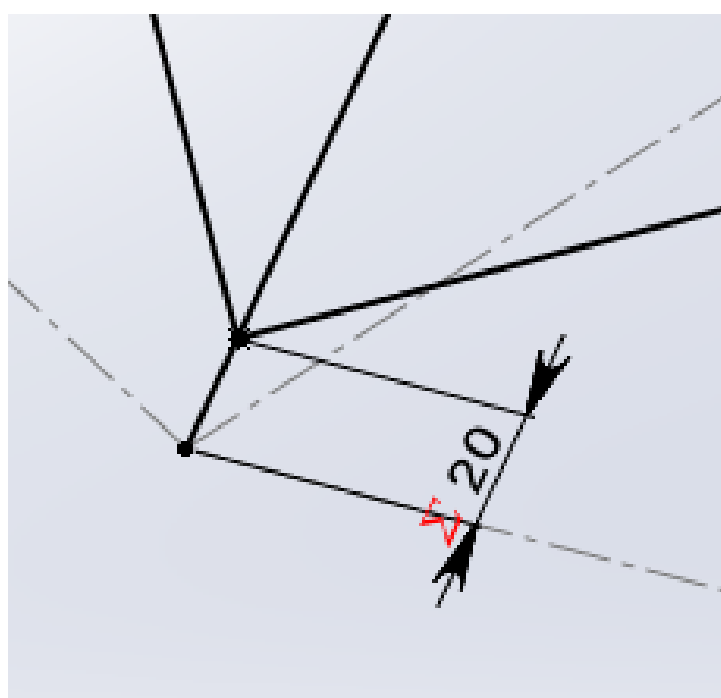


Рис. 2.4

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ВВС 2213313 ПЗ

Арк.

29

3. Встановлення стоек без прогинів (рис. 2.5)

- ▶  Трубы х-к гост 8734-75 ТРУБА 140X8(4)
- ▶  Трубы х-к гост 8734-75 ТРУБА 140X8(5)
- ▶  Трубы х-к гост 8734-75 ТРУБА 140X8(6)

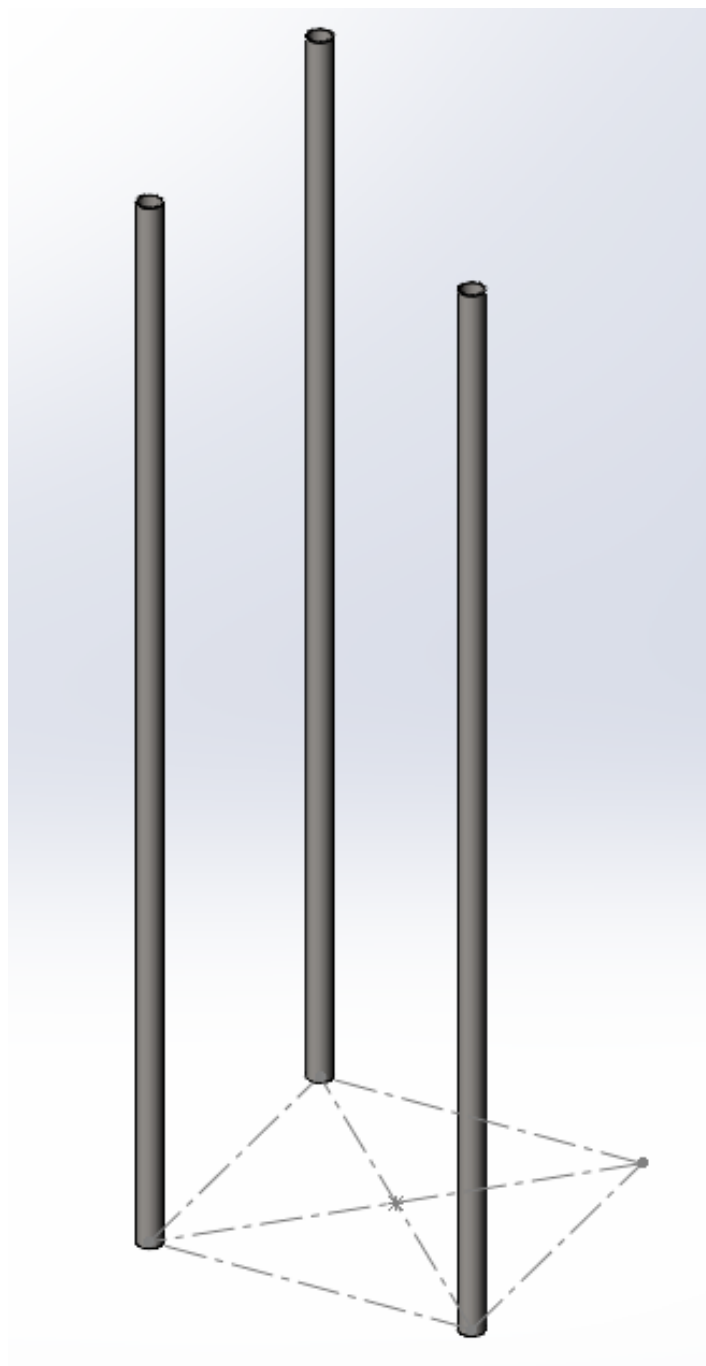


Рис. 2.6

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ВВС 2213313 ПЗ

Арк.

30

4. Побудова скінченних елементів секції (рис.2.7)

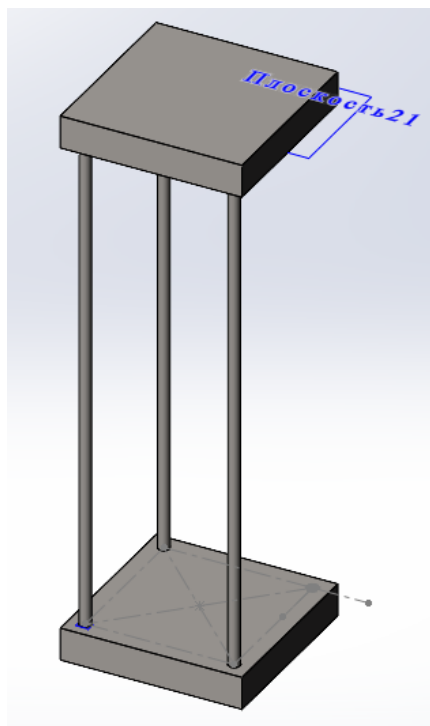


Рис. 2.7

5. Побудова осей дії зусиль (рис. 2.8)

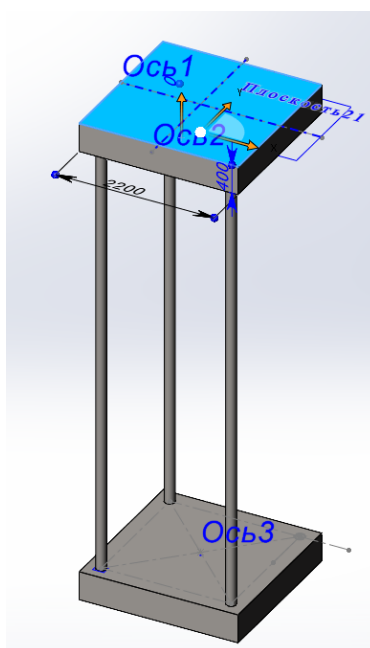


Рис. 2.8

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

BBC 2213313 ПЗ

Арк.

31

6. Побудова площини ескізу профіля стойки з викривленням (рис. 2.9)

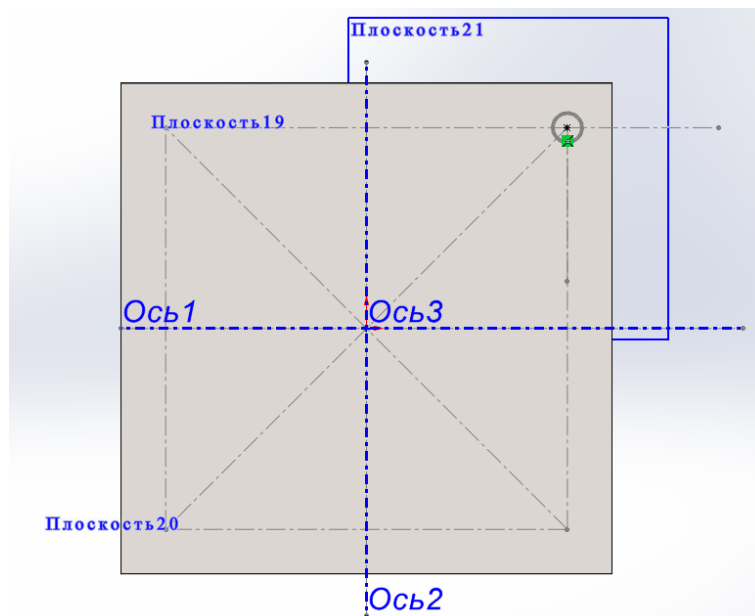


Рис. 2.9

7. Побудова площини стріли прогину стойки

а) ескіз профіля стойки з осями орієнтації (рис. 2.10)

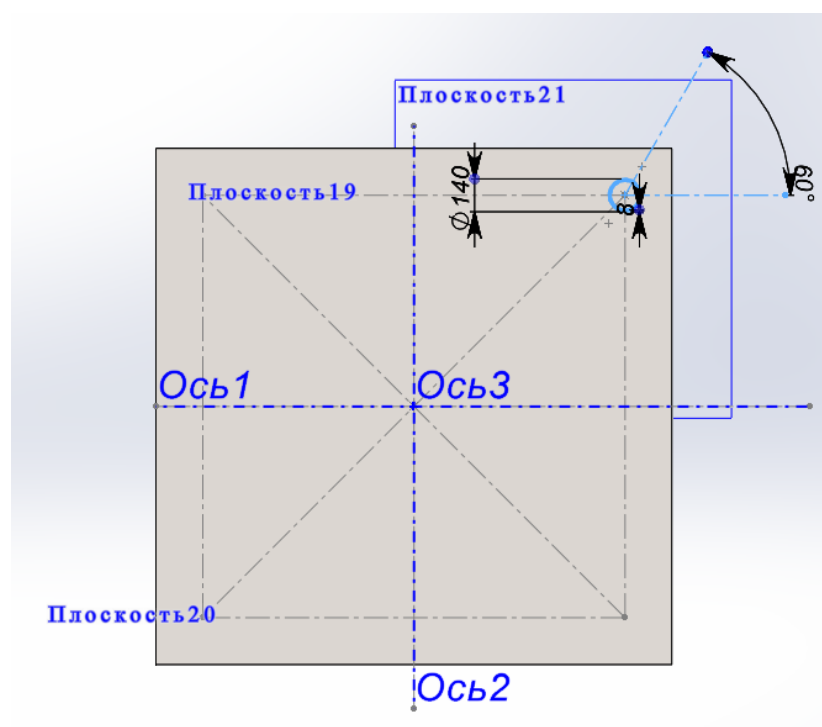


Рис. 2.10

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ВВС 2213313 ПЗ

Арк.

32

б) площина стріли прогину стойки (рис. 2.11)

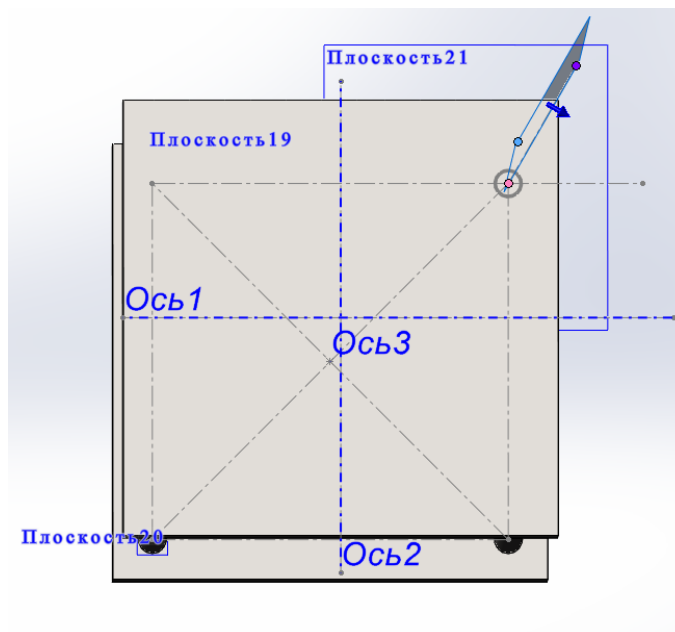


Рис. 2.11

8. Ескіз викривленої стойки

а) параметричний ескіз (2.12)

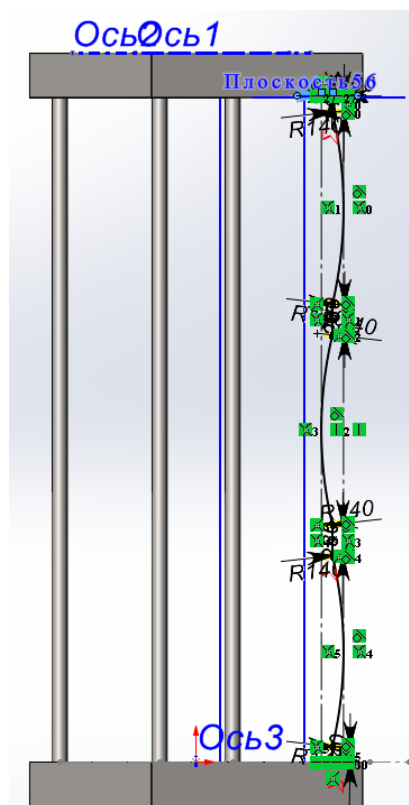


Рис. 2.12

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

BBC 2213313 ПЗ

Арк.

33

б) фрагмент ескізу (рис. 2.13)

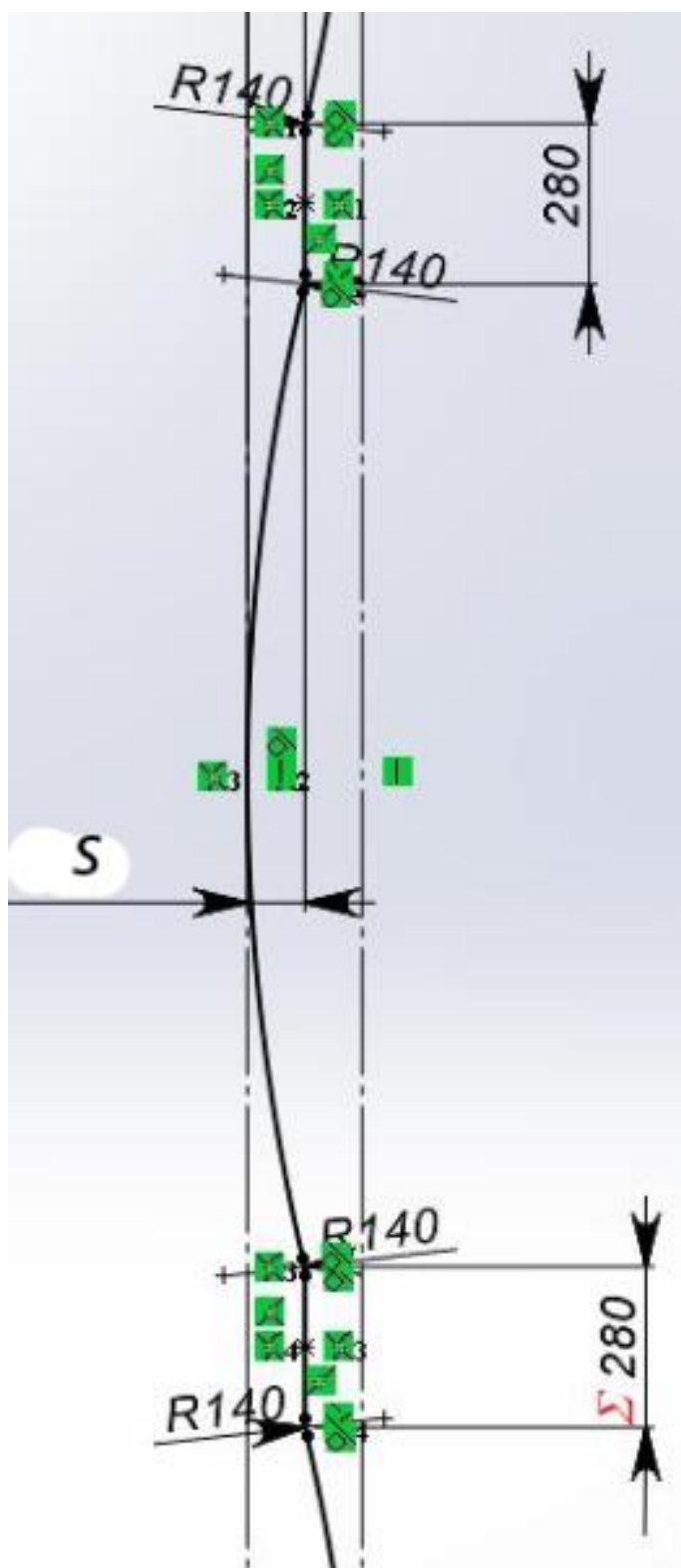


Рис. 2.13

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ВВС 2213313 ПЗ

Арк.

34

9. Утворення твердотільного елемента викривленої стойки (рис. 2.14)



Рис. 2.14

9. Побудова решітки (рис. 2.15)

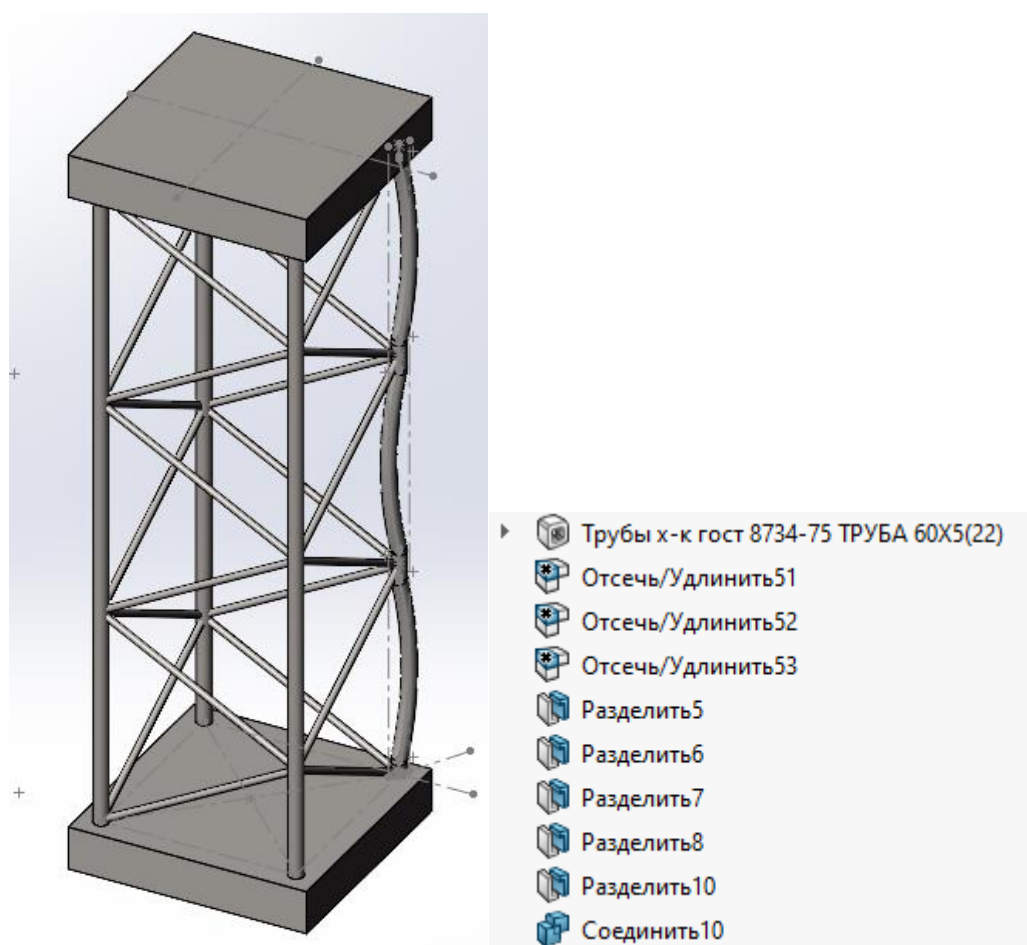


Рис. 2.15

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

BBC 2213313 ПЗ

Арк.

35

10. Утворення округлень в місцях перетину елементів (рис. 2.16)

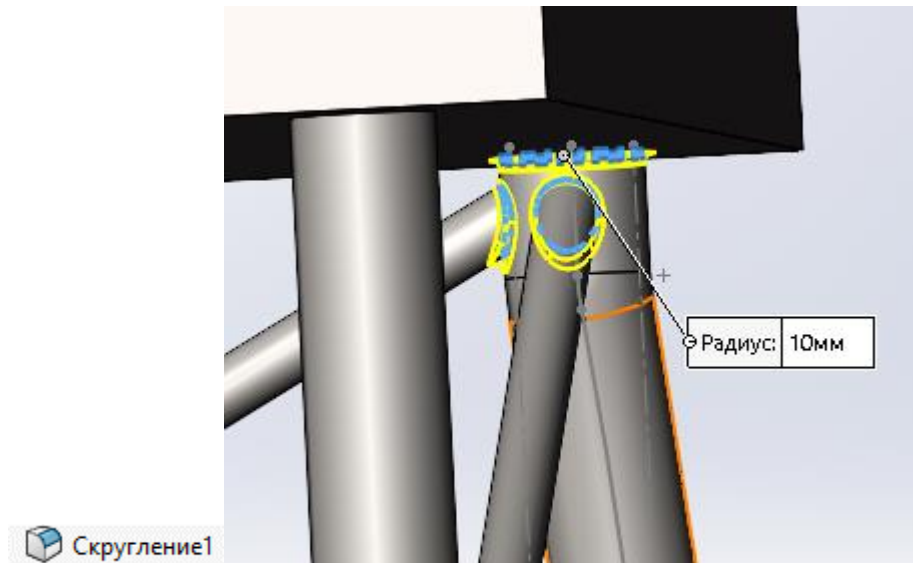


Рис. 2.16

2.3 Статичний розрахунок

Виконується на основі даних, представлених в /Ухов О. В., Дащенко О. Ф, Коломісць Л. В. Розрахунок і проектування металоконструкцій мобільних машин і механізмів: У 4-х кн. — Кн. 4. Розрахунки металевих конструкцій козлових та баштових кранів. — Одеса: Астропринт, 1998. — 108 с./

У розрахунковій моделі було враховано такі види навантажень:

- власну вагу фермових металевих конструкцій;
- вага вантажу;
- вага опорно-поворотного пристрою разом із встановленим на ньому обладнанням;
- вага настилу, електропроводки та силових кабелів, розподілених по довжині противаги та стріли;
- вага баласту противаги; - інерційне навантаження від маси вантажу та стріли при повороті;

					BBC 2213313 ПЗ	Арк.
						36
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- інерційне навантаження від маси противаги та фермових конструкцій консолю противаги при повороті;

- інерційне навантаження від маси вантажу та стріли на початку переміщення крана;

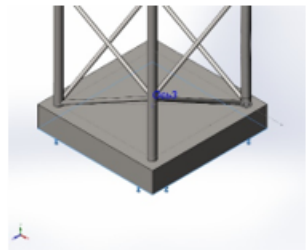
- інерційне навантаження від маси противаги та маси фермової конструкції консолю противаги на початку переміщення крана;

- навантаження, що виникає при наїзді на нерівності кранового шляху під час переміщення крана.

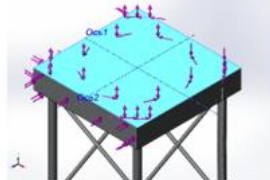
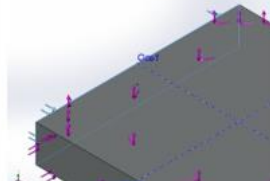
1. Інформація о моделі: розглядається як тверде тіло.

2. Властивості матеріалу: проста вуглецева сталь; тип моделі: лінійна, пружна, ізотропна.

3. Кріплення:

Имя крепления	Изображение крепления	Данные крепления				
Зафиксированный-5		<table><tr><td>Объекты:</td><td>1 грани</td></tr><tr><td>Тип:</td><td>Зафиксированная геометрия</td></tr></table>	Объекты:	1 грани	Тип:	Зафиксированная геометрия
Объекты:	1 грани					
Тип:	Зафиксированная геометрия					

4. Навантаження

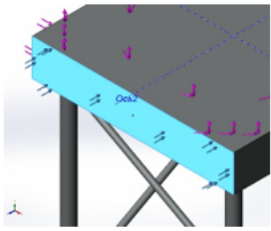
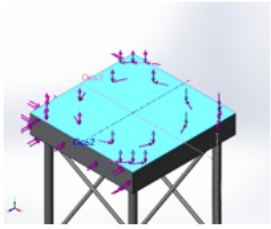
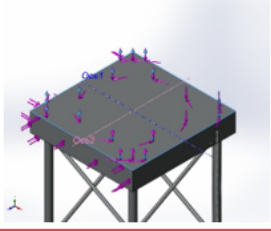
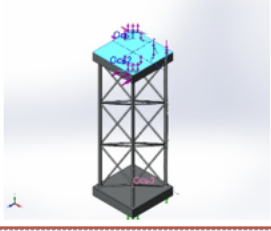
Сила-1		<table><tr><td>Объекты:</td><td>1 грани</td></tr><tr><td>Тип:</td><td>Приложить нормальную силу</td></tr><tr><td>Значение:</td><td>300 000 N</td></tr></table>	Объекты:	1 грани	Тип:	Приложить нормальную силу	Значение:	300 000 N
Объекты:	1 грани							
Тип:	Приложить нормальную силу							
Значение:	300 000 N							
Сила-3		<table><tr><td>Объекты:</td><td>1 грани</td></tr><tr><td>Тип:</td><td>Приложить нормальную силу</td></tr><tr><td>Значение:</td><td>1 000 N</td></tr></table>	Объекты:	1 грани	Тип:	Приложить нормальную силу	Значение:	1 000 N
Объекты:	1 грани							
Тип:	Приложить нормальную силу							
Значение:	1 000 N							

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

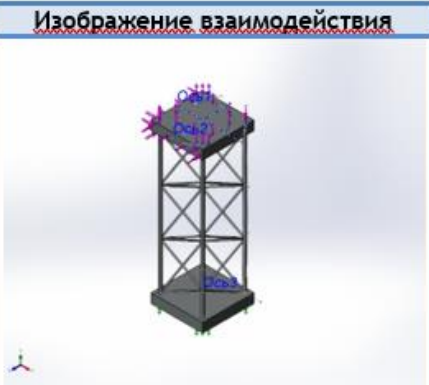
BBC 2213313 ПЗ

Арк.

37

Сила-4		Объекты: 1 грани Тип: Приложить нормальную силу Значение: 3 400 N
Вращающий момент-1		Объекты: 1 грани Справочный: Ось1 Тип: Приложить вращающий момент Значение: -82 000 N.m
Вращающий момент-2		Объекты: 1 грани Справочный: Ось2 Тип: Приложить вращающий момент Значение: 700 000 N.m
Вращающий момент-3		Объекты: 1 грани Справочный: Ось3 Тип: Приложить вращающий момент Значение: -33 800 N.m

5. Взаємодія компонентів:

Взаимодействие	Изображение взаимодействия	Свойства взаимодействия
Глобальное взаимодействие		Тип: Связанные Компоненты: 1 компоненты Параметры: Независимая сетка

6. Інформація о сітці:

Тип сетки	Сетка на твердом теле
Используемое разбиение:	Сетка на основе смешанной кривизны
Точки Якобиана для сетки высокого качества	16 Точки
Максимальный размер элемента	317,225 mm
Минимальный размер элемента	16,4587 mm
Качество сетки	Высокая

7. Інформація о керуванні сіткою: діагностика активних точок напруження, діагностика сингулярності напружень, перезапис існуючої сітки та результатів налаштуваннями кінцевого рівня.

Результат:  Сингулярности напряжений не обнаружены. При последовательной детализации сетки расчетные напряжения сходятся в конечное значение.

2.4 Визначення місцезнаходження найбільш напруженої стойки

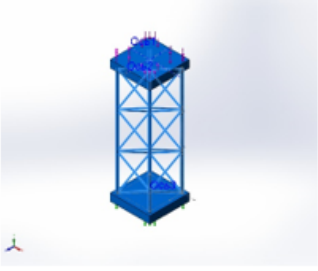
Визначення найбільш напружених ділянок моделі інструментом Design Insight

2.5 Визначення форми коливань. Розрахунок втрати стійкості

1. Властивості дослідження (рис.)

Имя исследования	Потеря устойчивости 1
Тип анализа	Потеря устойчивости
Тип сетки	Сетка на твердом теле
Количество узлов	1
Тип решающей программы	FFEPlus
Несовместимые параметры связи	Авто

2. Властивості матеріалу

Ссылка на модель	Свойства	Компоненты
	Имя: Простая	Твердое тело 141(Трубы х-к гост 8734-75 ТРУБА 140X8(Трубы х-к гост 8734-75 ТРУБА 140X8(Трубы х-к гост 8734-75 ТРУБА 140X8(Скругление18)(20RC 10)
	Тип модели: Линейный Упругий	
	Критерий прочности по умолчанию: Известно	
	Предел текучести: 2,20594e+08 N/m^2	
	Предел прочности при растяжении: 3,99826e+08 N/m^2	
	Массовая плотность: 7 800 kg/m^3	
	Модуль упругости: 2,1e+11 N/m^2	
	Коэффициент Пуассона: 0,28	
	Коэффициент теплового расширения: 1,3e-05 /Kelvin	
	Данные кривой: N/A	

3. Навантаження і кріплення (див. п. 3.2)

4. Інформація о сітці

Тип сетки	Сетка на твердом теле
Используемое разбиение:	Сетка на основе смешанной кривизны
Точки Якобиана для сетки высокого качества	16 Точки
Максимальный размер элемента	317,265 mm
Минимальный размер элемента	15,8632 mm
Качество сетки	Высокая

Информация о сетке - Детализация

Всего узлов	307976
Всего элементов	154937
Максимальное соотношение сторон	166,15
% элементов с соотношением сторон < 3	23,9
Процент элементов с соотношением сторон > 10	6,35
Процент искаженных элементов	0

2.6 Визначення взаємозв'язків між геометричними параметрами викривленої стойки і характеристиками міцності моделі

1. Властивості дослідження

Имя исследования	Исследование проектирования
Тип анализа	Исследование проектирования
Качество исследования проектирования	Высокое качество (медленное)

2. Розрахункові параметри:

а) Стріла прогину s (рис. 2.13).

					BBC 2213313 ПЗ	Арк.
						40
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

б) Кут розташування площини ескізу викривленої стойки (рис.2.10, 2.11).

в) Датчик – запас міцності.

2.7 Дослідження витривалості моделі з викривленою стойкою

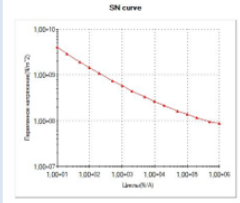
Ресурс ферменої металоконструкції на етапі накопичення втомних ушкоджень розраховується в рамках моделі багато циклової втоми на основі лінійної гіпотези підсумовування втомних ушкоджень при випадковому нестационарному режимі навантаження [61].

Основною функцією модуля оцінки міцності втоми фермених металоконструкцій є перевірка збереження несучої здатності за критерієм втоми в найбільш небезпечних розрахункових перерізах стрижнів, а також розрахунок залишкового ресурсу в циклах

1. Властивості дослідження

Имя исследования	Усталость 1
Тип анализа	Усталость(Постоянная амплитуда)
Взаимосвязь событий	Случайно
Вычисление альт. напряжения, используя	Интенсивность напряжения (P1-P3)
Грань оболочки	Верхняя грань
Коррекция среднего напряжения	Нет
Коэффициент местной концентрации напряжений	1
Неограниченный срок службы	Выкл

2. Властивості матеріалу

Ссылка на модель	Свойства	Компоненты
	Имя: Простая Тип модели: углеродистая сталь Критерий прочности по умолчанию: Линейный Упругий Максимальное напряжение von Mises	Твердое тело 1(Скругление1)(20-5)
Данные кривой:  SN curve		

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

BBC 2213313 ПЗ

Арк.

41

3. Параметры навантаження

Имя события	Количество циклов	Тип нагрузки	Объединение исследований		
Событие-1	100000000	Полностью реверсировано (LR=-1)	Имя исследования	Коэффициент масштабирования	Шаг
			Статический 1	1	0

Розділ 3

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

У цьому розділі представлені результати розрахункового дослідження впливу місцевого вигину стрижнів, що виникає в результаті їх попереднього викривлення на міцність і витривалість моделі секції башти крана КБ-403.

Приклад звіту зі статичного розрахунку моделі представлений в Додатку 1.

Форма вигину стойки визначалася розрахунком стійкості моделі.

Приклад звіту з розрахунку стійкості представлений в Додатку 2

Приклад звіту з розрахунку витривалості моделі представлений в Додатку 3.

3.1 Результати статичного розрахунку

Статичний розрахунок моделі проведений для варіантів з різними значеннями стріли вигину найбільш навантаженої стойки ($s = 0 \dots 10\text{мм}$, рис. 2.12) з різним розташуванням площини вигину ($\beta = 0 \dots 360^\circ$, рис.2.11) при ексцентриситетах з'єднання стрижнів $e = 20$ і 50мм .

Найбільш навантажена стойка визначена інструментом Design Insight.

3.1.1 Визначення довірчого інтервалу коефіцієнту запасу міцності K

Виконується на основі статичної обробки даних машинного експерименту обчислення значень K для моделі з параметром $s = 0\text{мм}$ для значень кута β положення площини згину стойки (рис.2.10) в діапазоні $0 \dots 360^\circ$.

За результатами статистичного розрахунку приймаємо довірчий інтервал K :

$\pm 0,05$ (рис. 3.1)

					BBC 2213313 ПЗ	Арк.
						43
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

β°	K		
0	1,6		
30	1,7	Столбец1	
60	1,7		
90	1,8	Среднее	1,716667
120	1,7	Стандартная ошибка	0,026695
150	1,8	Медиана	1,725
180	1,6	Мода	1,79
210	1,6	Стандартное отклонен	0,092474
240	1,7	Дисперсия выборки	0,008552
270	1,8	Эксцесс	-0,86071
300	1,8	Асимметричность	-0,62394
330	1,8	Интервал	0,27
		Минимум	1,56
		Максимум	1,83
		Сумма	20,6
		Счет	12
		Наибольший(1)	1,83
		Наименьший(1)	1,56
		Уровень надежности(9	0,058755

Рис. 3.1

3.1.2 Визначення найбільш навантаженої стойки

Найбільш навантажена стойка показана на рис. 3.2

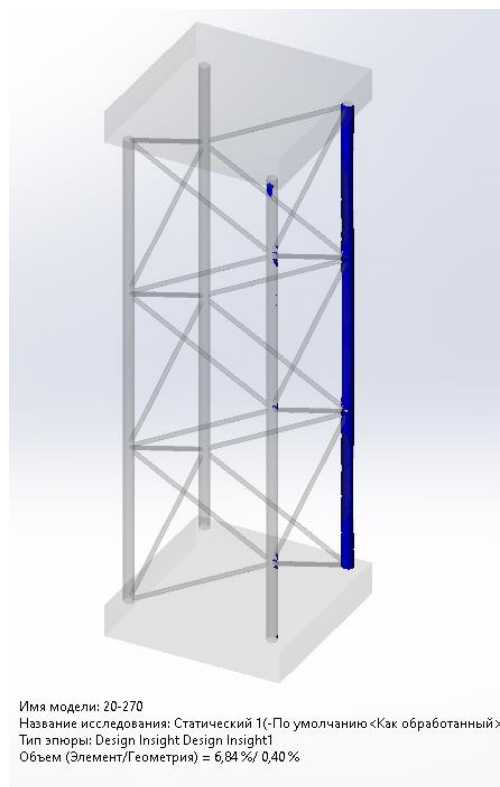


Рис. 3.2

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

BBC 2213313 ПЗ

Арк.

44

3.2 Розрахунок стійкості. Визначення форми вигину

Форма вигину стойки показана на рис. 3.3

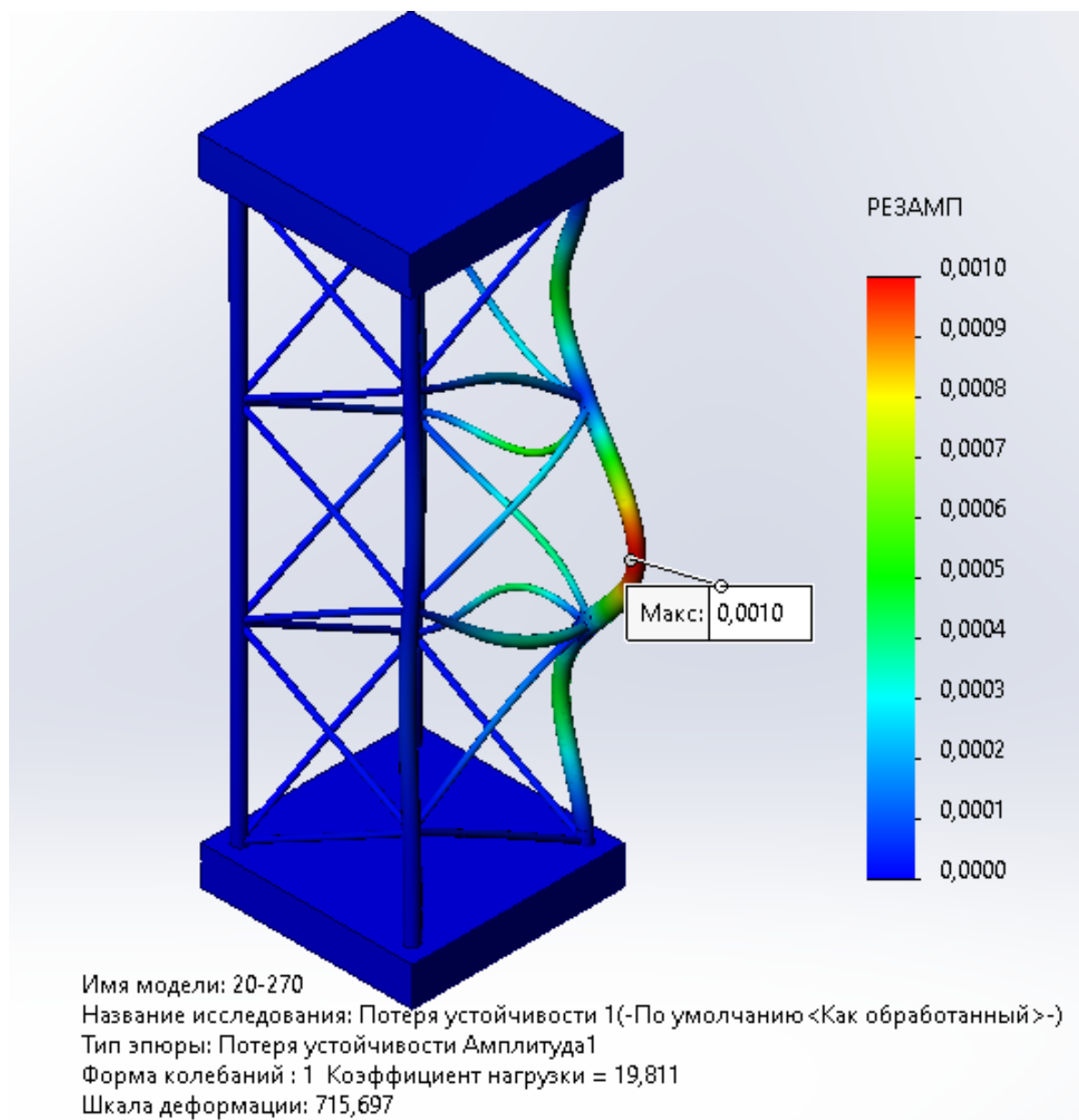


Рис. 3.3

3.3. Дослідження проектування. Визначення значення критичного кута β , відповідного до мінімального значення K

Залежність K від $\beta = 0^\circ \dots 330^\circ$ (крок 30°) для стріл прогину $s = 1, 2 \dots 10\text{мм}$, $e = 20\text{мм}$ представлена в табл. 3.1 і на рис. 3.4.

					BBC 2213313 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45

Табл. 3.1

β°	S, мм									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	1,63	1,6	1,57	1,67	1,64	1,61	1,59	1,59	1,54	1,54
30	1,72	1,77	1,76	1,71	1,72	1,8	1,71	1,74	1,73	1,75
60	1,69	1,76	1,76	1,9	1,74	1,9	1,66	1,85	1,66	1,83
90	1,58	1,57	1,58	1,59	1,53	1,51	1,5	1,52	1,49	1,47
120	1,74	1,75	1,69	1,7	1,66	1,67	1,64	1,64	1,56	1,63
150	1,75	1,74	1,7	1,77	1,74	1,74	1,67	1,62	1,64	1,56
180	1,59	1,57	1,62	1,54	1,44	1,5	1,5	1,42	1,39	1,39
210	1,68	1,63	1,71	1,71	1,68	1,67	1,64	1,66	1,64	1,6
240	1,73	1,77	1,5	1,58	1,64	1,46	1,6	1,56	1,51	1,5
270	1,52	1,51	1,55	1,36	1,46	1,44	1,37	1,36	1,32	1,29
300	1,65	1,68	1,59	1,62	1,66	1,63	1,61	1,57	1,55	1,53
330	1,84	1,74	1,72	1,73	1,7	1,68	1,69	1,64	1,64	1,61

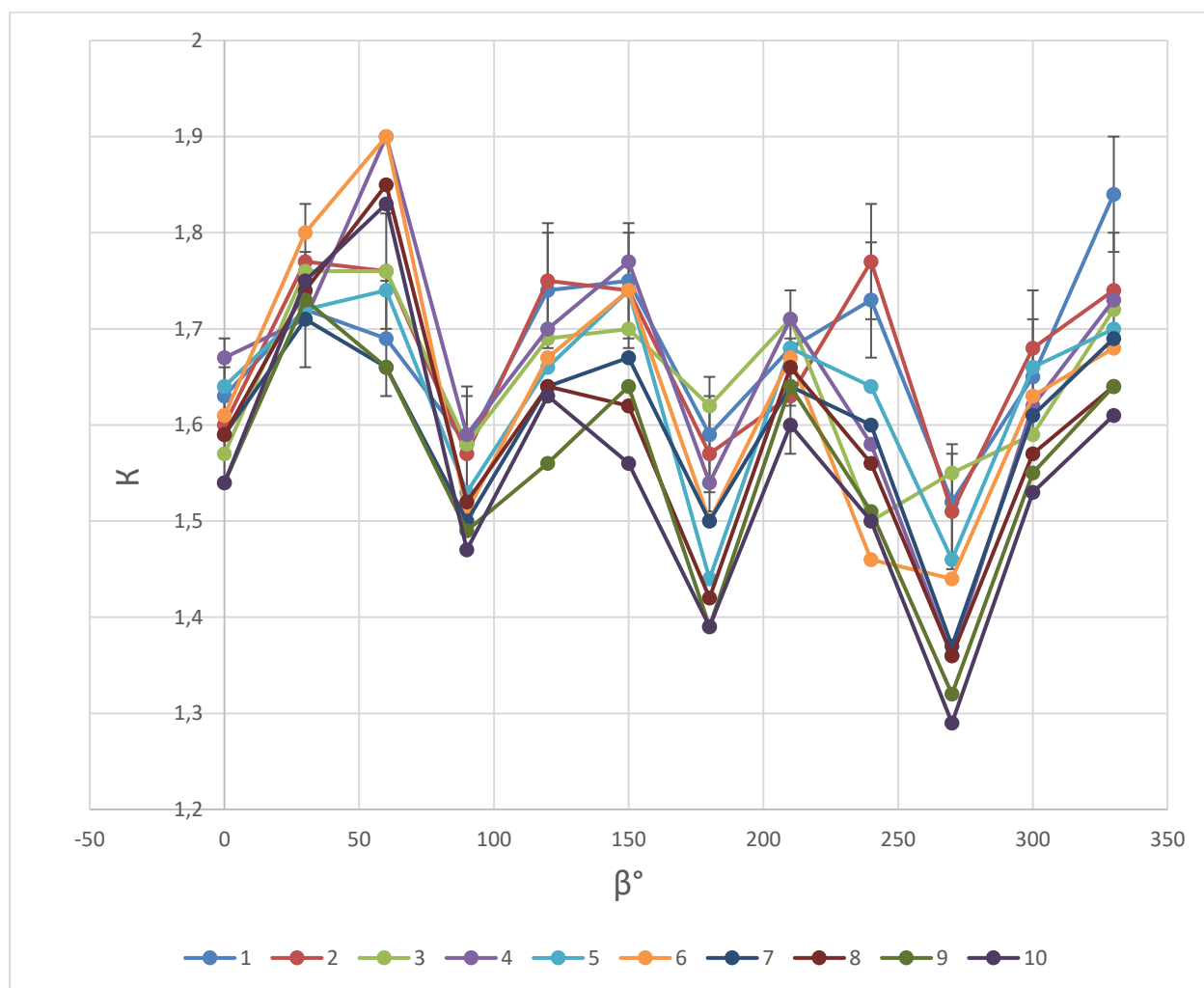


Рис. 3.4

Залежність K від $\beta = 260^\circ \dots 280^\circ$ (крок 5°) для стріли прогину $s = 10\text{мм}$ в дослідженні проектування SolidWorks представлена на рис. 3.5.

Имя компонента	Единицы	Текущее	Начальное	Оптимальная	Сценарий1	Сценарий2
Угол	deg	270°	270°	270°	260°	265°
Датчики8		1.294563	1.294563	1.291489	1.575599	1.414314
Датчики10	kgf/cm^2	1737.6	1737.6	1741.7	1427.7	1590.5
Датчики9		1.294563	1.294563	1.291489	1.575599	1.414314

Имя компонента	Единицы	Сценарий3	Сценарий4	Сценарий5
Угол	deg	270°	275°	280°
Датчики8		1.291489	1.439772	1.409825
Датчики10	kgf/cm^2	1741.7	1562.3	1595.5
Датчики9		1.291489	1.439772	1.409825

Рис. 3.5

Прийнято, що критичним для стойки є значення $\beta = 270^\circ$.

3.4 Визначення впливу значення стріли прогину стойки s на несучу здатність моделі

Залежність K від значення стріли прогину стойки s для $\beta = 270^\circ$, $e = 20\text{мм}$ представлена на рис. 3.6.

$\beta = 270^\circ$.

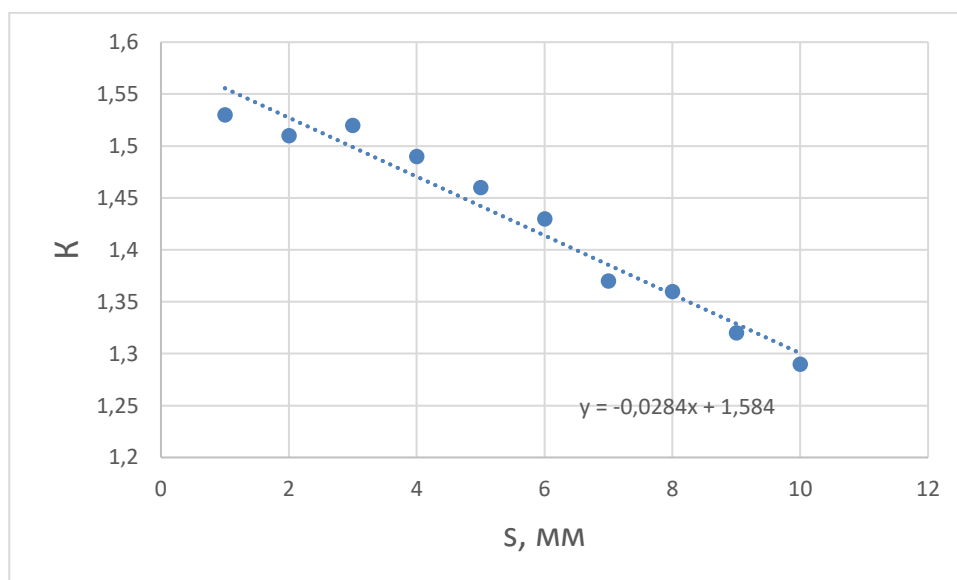


Рис. 3.6

Збільшення стріли прогину стойки s з 1 до 10 мм призводить до пропорційного зменшення K на 16%.

Залежність K від значення стріли прогину стойки s для $\beta = 270^\circ$, $e = 50$ мм представлена на рис. 3.7.

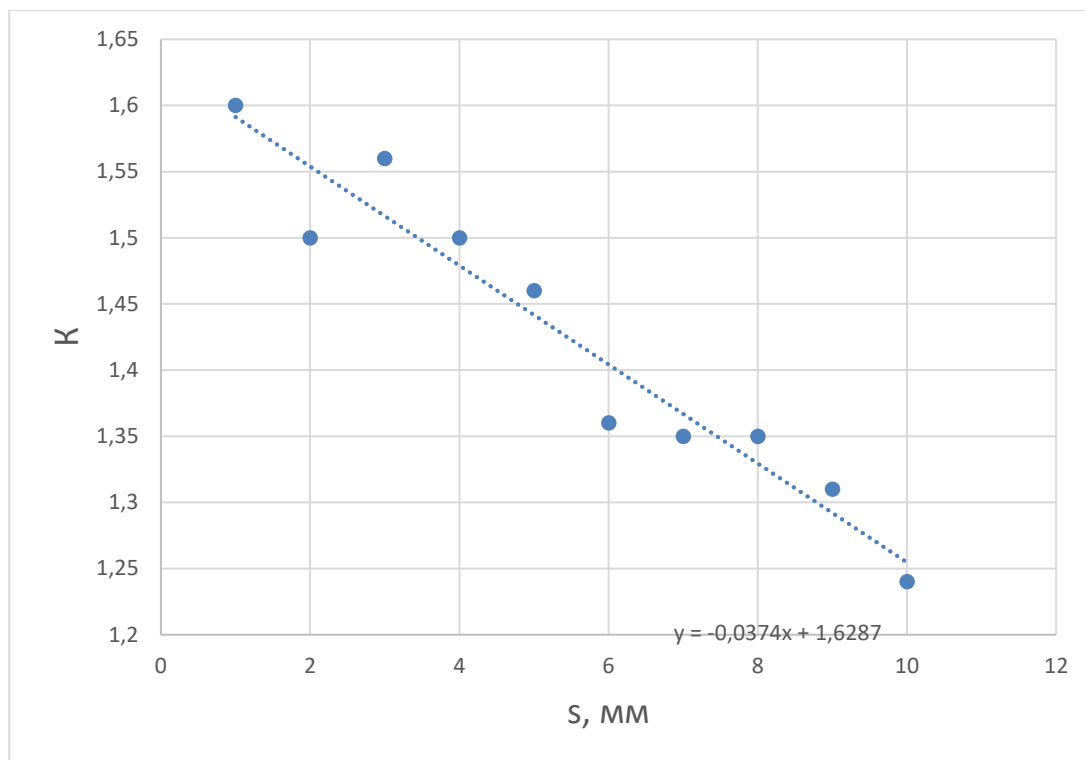


Рис. 3.7

Збільшення стріли прогину стойки s з 1 до 10 мм призводить до пропорційного зменшення K на 22%.

3.5 Дослідження впливу стріли прогину стойки на витривалість моделі

Зі збільшенням стріли прогину стойки в досліджених межах $s = 1 \dots 10$ мм витривалість моделі C зменшується на 20 ... 25% в залежності від обраної моделі апроксимації (рис. 3.8 ... 3.11) для $e = 20 \dots 50$ мм.

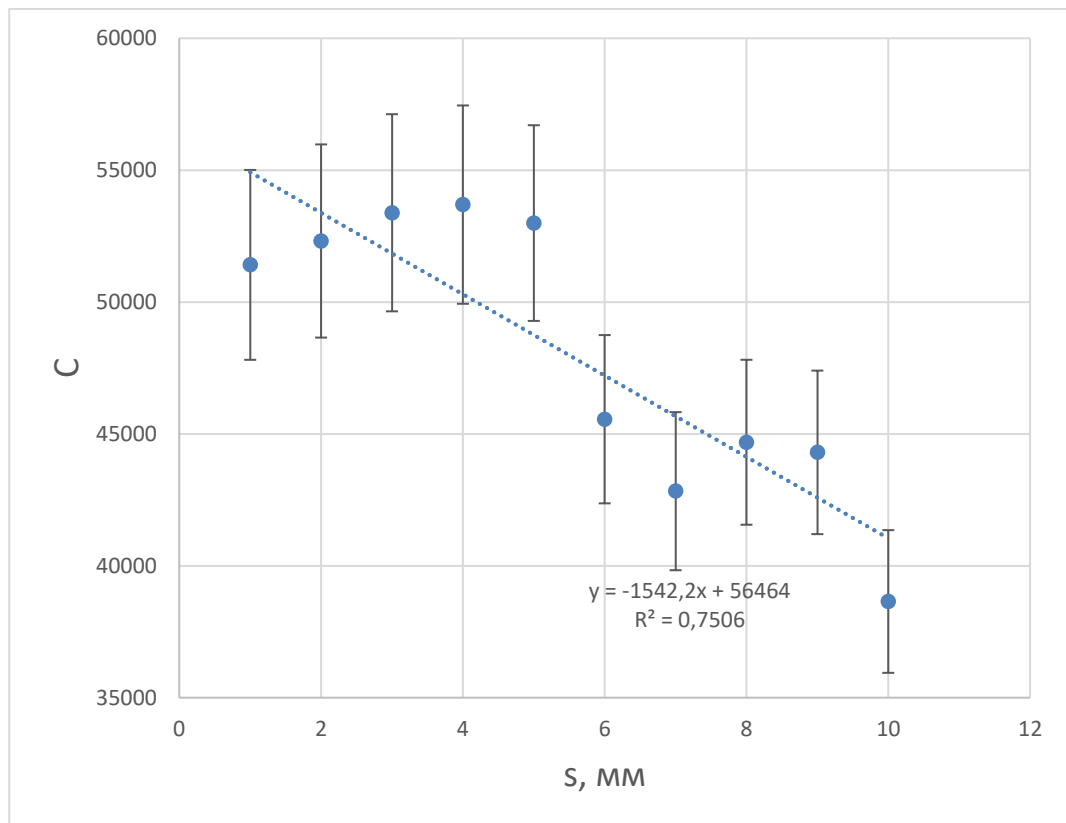


Рис. 3.8 Лінійна модель, $e = 20\text{mm}$

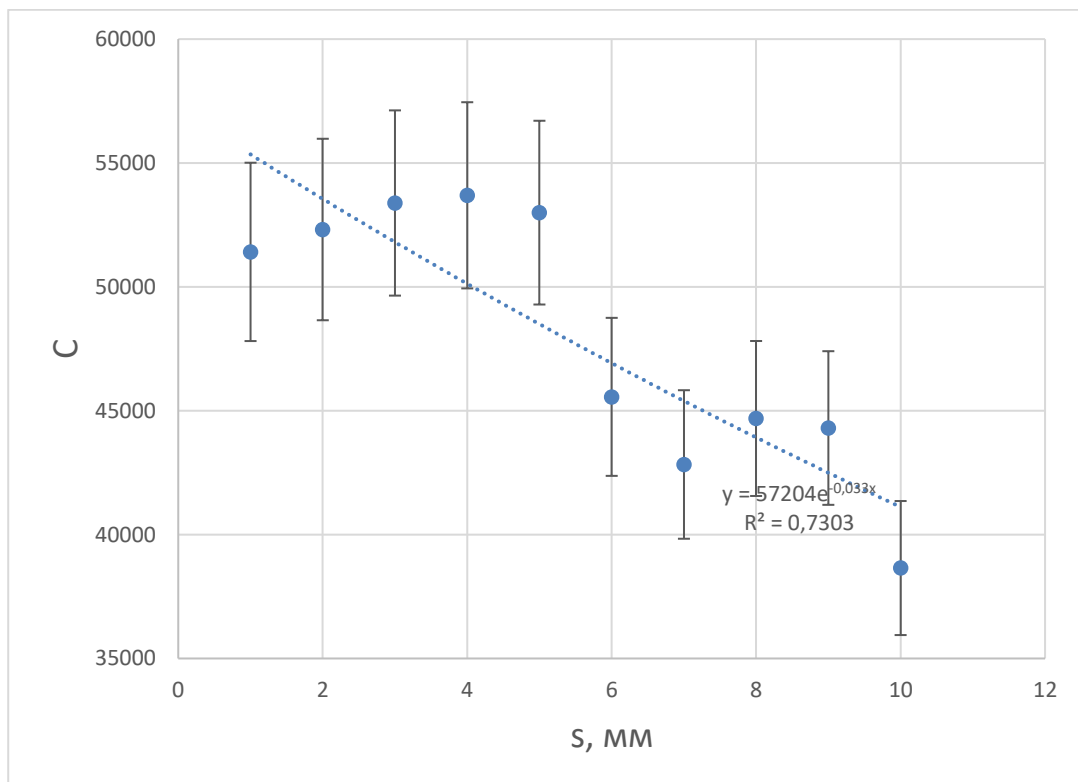


Рис. 3.9 Експоненціальна модель, $e = 20\text{mm}$

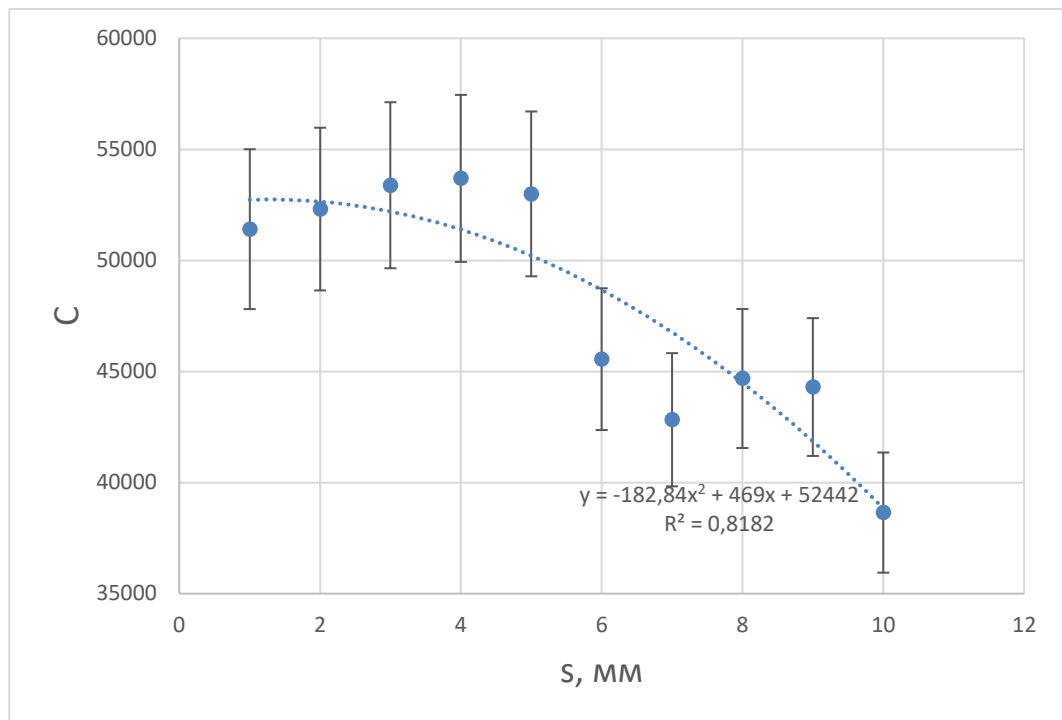


Рис. 3.10 Поліноміальна модель (ступінь 2, $e = 20\text{мм}$)

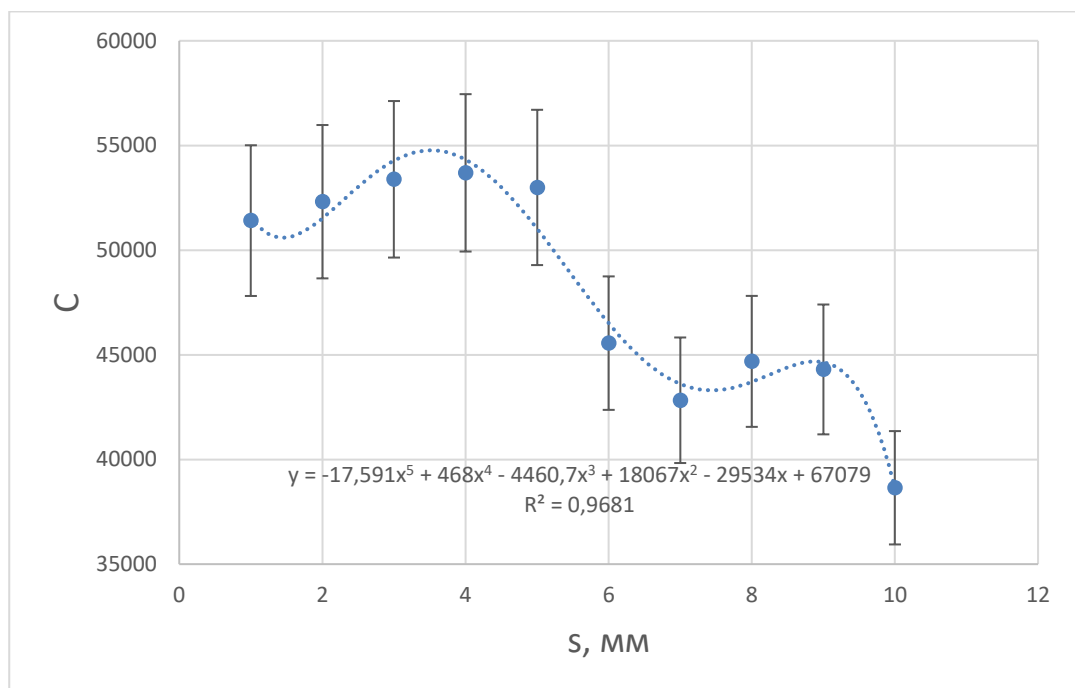


Рис. 3.11 Поліноміальна модель (ступінь 5, $e = 20\text{мм}$)

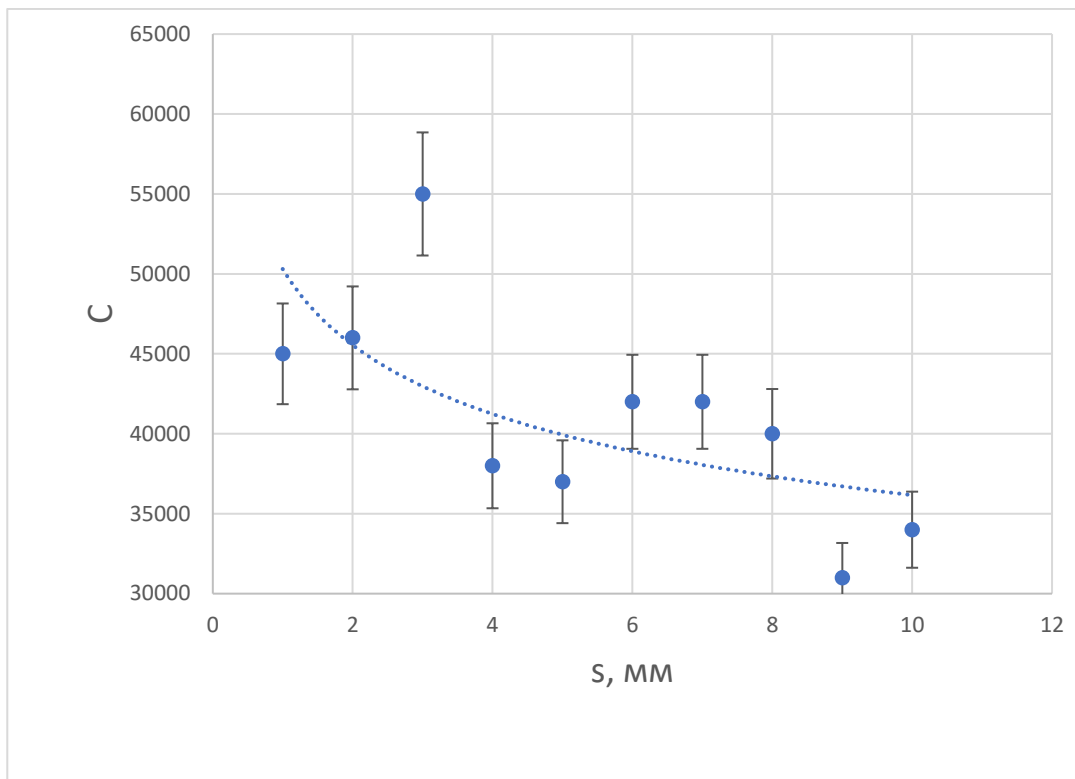


Рис. 3.12 Поліноміальна модель, $e = 50\text{ мм}$

3.6 Висновки за розділом

3.6.1 Висновки за статичним дослідженням

1. Похибка визначення коефіцієнта запасу міцності моделі, отриманого в результаті машинного експерименту оцінюється в межах $\pm 3\%$.
2. Найбільш напруженим елементом моделі секції башти є стойка.
3. Форма найбільш небезпечного поєднання викривлення стойки S-образна.
4. Значення коефіцієнта запасу міцності моделі залежить як від стріли прогину ділянки стойки між вузлами решітки, так і від розташуванні вектору прогину в просторі.
5. Найбільш небезпечна площа викривлення стойки при наведеному поєднанні зусиль знаходиться в діапазоні $265 \dots 275^\circ$.

6. Зі значення збільшенням відносної стріли прогину ділянки стойки між вузлами решітки до $f = 0,005$ коефіцієнт запасу міцності моделі зменшується на 16 ... 22% для зміни ексцентриситету поєднання стрижнів у вузлу з $e = 20\text{мм}$ до $e = 50\text{мм}$. Різниця між цими значеннями статистично не суттєва.
7. Збільшення відносної стріли прогину ділянки стойки між вузлами решітки від $f = 0$ до $f = 0,0025$ не призводить к статистично значущим змінам коефіцієнта запасу міцності моделі.

3.6.2 Висновки за дослідженням витривалості

- 1 Зі значення збільшенням відносної стріли прогину ділянки стойки між вузлами решітки до $f = 0,005$ прогнозуємий строк життя моделі зменшується на 20 ... 25% для зміни ексцентриситету поєднання стрижнів у вузлу з $e = 20\text{мм}$ до $e = 50\text{мм}$. Різниця між цими значеннями статистично не суттєва.
- 2 Збільшення відносної стріли прогину ділянки стойки між вузлами решітки від $f = 0$ до $f = 0,0025$ не призводить к статистично значущим змінам прогнозованого строку життя моделі

ВИСНОВКИ ЗА РЕЗУЛЬТАТАМИ ДОСЛІДЖЕНЬ

- 1 Вплив викривлення стрижнів кранових фермених конструкції на міцність і витривалість крана залежить від індивідуальних проектних характеристик конструкції, умов виготовлення і експлуатації.
- 2 Встановлення викривлених стержнів впливає на міцність та витривалість ферменої конструкції крана.
- 3 В умовах робочого режиму баштового крану для башти найбільш небезпечними є викривлення стоек секцій.
- 4 Збільшення відносної стріли прогину ділянки стойки між вузлами решітки від $f = 0$ до $f = 0,005$ при технологічно обумовлених ексцентриситетах поєднання стержнів у вузлу $e = 20 \dots 50$ мм призводить к суттєвому зменшенню міцності і витривалості конструкції.
- 5 Допустимим можна вважати встановлення на башті крану КБ -403 стоек з викривленням ділянки стойки між вузлами решітки до $f = 0,0025$.

CONCLUSIONS RESULTS OF RESEARCH

1 The effect of the curvature of the rods of the crane truss structure on the strength and endurance of the crane depends on the individual design characteristics of the structure, manufacturing and operating conditions

2 The installation of curved rods affects the strength and durability of the truss structure of the crane.

3 Under the operating conditions of the tower crane, the most dangerous for the tower are the distortions of the racks of the sections.

4 An increase in the relative arrow of the deflection of the section of the strut between the grid nodes from $f = 0$ to $f = 0.005$ at technologically determined eccentricities of the combination of rods at the node $e = 20 \dots 50$ mm leads to a significant decrease in the strength and durability of the structure.

5 It can be considered permissible to install on the tower of the KB-403 crane racks with a curvature of the rack section between the grid nodes up to $f = 0.0025$.

					<i>BBC 2213313 ПЗ</i>	Арк.
						54
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Абрамович І.І., Березін В.М., Яур А.Г. Вантажопідйомні крани промислових підприємств. Довідник -М. Машинобудування, 1989.-360с.
2. Багдаді Ш.З., Кім Є.Ч., Соколов С.А. Дослідження коефіцієнтів інтенсивності напружень в елементах кранових конструкцій. Изв. ТулДУ, Серія Підйомно-транспортні машини та обладнання. Вип.2, Вид-во Тул ГУ, Тула 1999, с.275-280.
3. Баранов Н.А., Пясецький В.В. Установка на дослідження втомної міцності вузлів ферм//Заводская лаборатория.-1961.-№4.
4. Баштові крани. / Л. А. Невзоров, А. А. Зарецький, Л. М. Волін та ін -М /. Машинобудування, 1979. -292с.
5. Бененсон І.І., Кінцевий Є.М. Пошкодження металоконструкцій кранових мостів в експлуатації та способи їх усунення. Тр.ВНДІПТМАШ, -М. 1967, N01 (74), с.36-88.
6. Бірюлев В.В., Чернов І.М. Сталеві ферми з коробчастими перерізами стрижнів, зварених із прокатних куточків. / Изв. вузів, Сер. Стр-во і архіт. 1973 №4. С.8-14.
7. Болотін В.В. Прогнозування ресурсу машин та конструкцій. -М: Машинобудування, 1984. -312с.
8. Брауде В.І., Семенов Л.М. Надійність підйомно-транспортних машин. - Л.: Машинобудування, 1986, -183с.
9. Броїк Д. Основи механіки руйнування. -М.: Вища школа, 1980, 368с.
- Ю.Вершинський А.В. Технологічність і здатність кранових металоконструкцій. -М: Машинобудування, 1984,167с.
11. Вершинський А.В., Гохберг М.М., Семенов В.П. Будівельна механіка та металеві конструкції. -Л.: Машинобудування. 1984. 231с.
12. Винокурський Х.А., Осипов Б.Г. Розрахунок машинобудівних металоконструкцій на змінні навантаження. У сб. Дослідження робочих пара-

					ВВС 2213313 ПЗ	Арк.
						55
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

-132- метрів та вдосконалення конструкцій екскаваторів і дробарок, що випускаються Уралмашзаходом. М. 1980, с. 10-49.

13 . Витривалість зварних з'єднань низьколегованих сталей / В.І.Труфяков, Ю.А.Стеренбоген, Міхєєв П.П. та ін// Автоматична зварювання, 1966 № 11, с.1-6.

14. Гарф Е. Ф., Новіков В. І. Дослідження міцності та розробка методу розрахунку вузлів з примиканням до пояса одного елемента // Автоматична зварювання.-1968.-№ 4 (181).-с.31-35.

15. Гохберг М. М. Дослідження втомної міцності зварних з'єднань сталевих труб // Тр. ЛПП.- 1961.- № 216,- с.32-47.

16. Гохберг М.М. Металеві конструкції кранів. Розрахунок з урахуванням явищ втоми.-М.: Машгіз, 1959.-182с.

17, Гохберг М.М. Втомна міцність елементів металевих конструкцій//Тр. ЛПП, - 1964. - №236.

18. Гохберг М.М. Металеві конструкції підйомно-транспортних машин. Вид. 3-тє, дод. і перераб.-Л., машинобудування (Ленінгр.відд-ня), 1976 -456с.

19. Гохберг М.М., Рутман А.З. розрахунок на кручення просторових ґрат стріл//Тр. ЛПП.-1971. - №321.

20 . Діагностування вантажопідйомних машин. / В.І.Сероштан, Ю.С.Огар, А.І.Головін та ін.: За ред. В.І.Сероштана та Ю.С.Огаря-М.: Машинобудування, 1992, 192с.

21. Євграфов Г.К., Осипов В.О. Про дослідження залишкових напружень підвищення втомної міцності зварних конструкцій// Зварювальне виробництво.- 1960.-№10.

22. Зарецький А.А. Розрахунок металевих конструкцій кранів на втому по граничним станам. Вісник машинобудування. 1987, N07, с.4243.

1 3, Ільянсевич С. І., Горпинченко В. М. Втомна міцність вузлів трубчастих зварних конструкцій // Автоматичне зварювання.-1970. - №8 (209).- с. 32-36.

24. Ільясевич С.А., Горпинченко В.М., Смородінські І.М. Дослідження втомної міцності зварних з'єднанні трубчастих ґратчастих конструкцій баштових кранів//Будівельні та дорожні машини.-1997 О.-№2.

					ВВС 2213313 ПЗ	Арк.
						56
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

25. Когаєв В.П. Розрахунки на міцність при напруженнях, змінних у часі. - М: Машинобудування, 1977. с.232.

26. Коган І.Я. Будівельні баштові крани, - 2-ге вид. Перероб. І до,- М.: Изд-во Машинобудування, 1964.-379с.

27. Кой Бунтхорн, Соколов С.А. Дослідження місцевого вигину в стрижнях фермових кранових конструкцій. // Молодіжна наукова конференція (у рамках двадцять шостого Тижня науки СПбГТУ). Матеріали доповідей. Ч. І. – СПб.: СПбДТУ, 1998. – С. 147 – 148.

28. Кой БунТхорн, Соколов С.А. Дослідження місцевого вигину стрижнів ферм, що виникає внаслідок їх викривлення. // XXVII Тиждень науки СПбГТУ (7-12 Грудня 1998). Ч. II: Матеріали міжвузівської наукової конференції (механіко-машинобудівний факультет та факультет технології та дослідження матеріалів). - СПб.: Изд-во СПбГТУ, 1999. - З. 83 - 84.

29. Концевий Є.М., Розеншейн Б.М. Ремонт кранових металоконструкцій. - М: Машинобудування, 1979. -206с.

30. Копельман Л.О. Опірність зварних вузлів крихкому руйнуванню. Л.: Машинобудування, 1978, 232с.

31. Крани вантажопідйомні промислового призначення. Норми та методи розрахунку елементів сталевих конструкцій. СТО 24.09-5821-01-93. ВНІ-ІПТМАШ-Підйомтранстехніка. 1993.135с.

32. Круль К. Оцінка працездатності металоконструкцій будівельних машин з дефектами. Автореф. дис... канд. техн, наук, - М., 1999.-46с.

33. Кудрявцев І.В., Наумченко Н.Є. Втома зварних конструкцій. - М: Машинобудування, 1976.-270с. •

34. Ланг А.Г., Мазовер І.С., Майзель В.С. Портальні крани. -М. Вид-во Машгіз. 1962.

35. Лесняк А.Г. Зниження ваги кранних конструкцій// Будівельні та дорожні машини.-1967.-№3.

36. Лесняк З.К. Вібраційні випробування поясів із привареними косинками// Зварювальне виробництво.-1960, - №11.

					ВВС 2213313 ПЗ	Арк.
						57
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

37. Макаров І.І. Вібраційна міцність зварних з'єднанні тонкостінних труб.
38. Міцність зварних конструкцій.-М.-Л.: Машгіз.-1966.
39. Новіков В.І., Ковтуненко В.А. Безфасоночні вузли з примиканням двох трубчастих елементів// Автоматичне зварювання.-1968.-№2.
40. Новіков В.І., Ковтуненко В.А., Шумицький О.І. Прикріплення трубчастих елементів решітки до вузлових фасонки // Автоматичне зварювання. - 1959. - № 4 (73). - С.3-13.
41. Новіков В.І., Ковтуненко В.А., Шумицький О.І. Прикріплення елементів трубчастого перерізу безпосередньо друг до друга // Автоматична зварювання. - 1959.-№ 9(78).- с. 45-49.
42. Підвищення довговічності металевих конструкцій промислових будівель / А. І. Кікін, А. А. Васильєв, Б. Н. Кошутін та ін; Під ред.А.І.Кікіна. - 2-ге вид., перераб. та дод. -М.: Будвидав, 1984. -301с.
43. Допомога з розрахунку елементів сталевих конструкцій вантажопідіймальних кранів (до СТО 24.09-5821-01-93). ВНДПТМАШ. 1993.118с.
44. Пригоровський Н.І. Методи та засоби визначення полів деформацій та напружень. Довідник -М: Машинобудування. 1983. -248с.
45. Проектування металевих конструкцій. Спец. курс. / В.В.Бірюлев, І.І.Кошин, І.І.Крилов, А.В.Сильвестров. - Л.: Будвидав, 1990. -432с.
46. Міцність зварних з'єднань при змінних навантаженнях. АН УРСР, ІЕС ім.Є.О.Патона: Під ред.В.І.Труфякова.-Київ: Наукова думка. 1990.-256с.
47. Пустовий В.М. Металоконструкції вантажопідійомних машин. Руйнування і прогнозування залишкового ресурсу. -М.: Транспорт, 1992. -256с.
48. Розвиток металевих конструкцій. Роботи школи Н.С.Стрелецького./ В.В.Кузнєцов, Е.І.Беленя, Н.Н.Стрелецький та ін; За ред. В.В.Кузнєцова; ЦНИИпроектсталь-конструкція та інших. -М.: Стройиздат, 1987. -576с.

					ВВС 2213313 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		58

49. Розрахунок кранових конструкцій методом скінченних елементів/В.Г.Піскунов, І.М.Бузун, А.С.Городецький та ін. Машинобудування. 1991. – 240с.

50. РД 09-102-95 Методичні вказівки щодо визначення залишкового ресурсу потенційно небезпечних об'єктів, піднаглядних Держгіртехнагляду Росії.

51.РД 10-112-2-97 Методичні вказівки з обстеження вантажопідйомних машин з терміном служби, що минув. Частина 2 Стрілові самохідні крани.

52.РД 10-112-5-97 Методичні вказівки з обстеження вантажопідйомних машин з терміном служби, що минув. Частина 5 Крани мостові та козлові.

53. РД 50-551-85 Методичні вказівки. Розрахунки та випробування на міцність. Розрахунково-експериментальні методи оцінки опору втоми зварних з'єднань. Держ.ком.СССР за стандартами. Вид-во стандартів. М.1986.

54.Рекомендації з проектування сталевих ферм з поясами з широкополичних двотаврів і ґратами з гнutoзварних профілів. -М. 1988. 48с.

55. Ржаніцин А.Р. Будівельна механіка. -2-ге вид., перераб. -М: Вища, шк., 1991. -439с.

56. Рутман А.З. Дослідження ґратчастих стріл порталних кранів. Дисерт. ..канд.техн.наук.-Л., 1971.-226с.

57. Рутман А.З. Центр вигину кранових ферм та балок//Тр. ЛПІ.-1971, - №321.

58. Ряхін В.А., Мошкар'ов Г.М. Довговічність та стійкість зварних конструкцій будівельних та дорожніх машин. -М: Машинобудування, 1984. - 232с.

59. Сіраторі М., Мієсі Т., Мацусіта Х. Обчислювальна механіка руйнування. Пров. з японськ. -М: Світ, 1986, 334с.

60. Смородинський І.М. Про застосування труб у металоконструкціях баштових будівельних кранів/ТМеханізація будівництва.-1965.-№5.

61. СНіП П-23-81 *. Сталеві конструкції / Держбуд СРСР. -М.: Будвидав, 1982.-96с.

					ВВС 2213313 ПЗ	Арк.
						59
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

62. Соколов С.А. Методологічні основи прогнозування довговічності металевих конструкцій вантажопідйомних машин. Автореф. дис... докт. техн, наук. - С.-Пб., 1995.-32 с.

63. Соколов С.А. Загальні принципи прогнозування залишкового ресурсу кранових металевих конструкцій. Тез. Міжнародної наук.-тех. конф. "ТРАНСЬКОМ-97", С.Пб, 14-16 окт.1997. С.Пб. 1997. с.42-44.

64. Соколов С.А., Морозов А.Л. Вплив якості зварних з'єднань сталевих конструкцій з їхньої опір втоми. Міжвузівський зб. навч. тр. Підвищення якості виготовлення виробів у машинобудуванні. - Л.ЛПІ. 1990, с.79-85.

65. Спіцин Д.М. Будівельна механіка стрижневих машинобудівних конструкцій. -М. «Вища, школа», 1977. -248с.

66. Довідник за коефіцієнтами інтенсивності напружень: у 2-х т. пров. з англ. / За ред. Ю.Мураками.-М.: Світ, 1990.

67. Довідник з кранів: У 2т. Т.1./В.І.Брауде, М.М.Гохберг, І.Е.Звягін та ін; За заг. ред. М.М.Гохберга.-Л.Машинобудування. Ленінгр. отд-ня, 1988.-536с

68. Сухарєв І.П. Експериментальні методи дослідження деформацій та міцності. -М/. Машинобудування. 1987. -216с.

69. Хечумов Р.А., Кеплер Х., Прокоп'єв В.І. Застосування методу скінченних елементів до розрахунку конструкцій. -М. Вид-во АСВ, 1994. -353с.

70. Шейнфельд Н.М., Кисельов Б.Є., Євінтов В.А., Смородинський І.М. Дослідження міцність вузлів трубчастих конструкції баштового крана// Будівельні та дорожні машини.-1966.-№12.

71. Шмультський М.Д. Розрахунок металевих баштових конструкцій на кручення// Тр. інституту будівельної механіки АН УРСР.-1950. - №41.

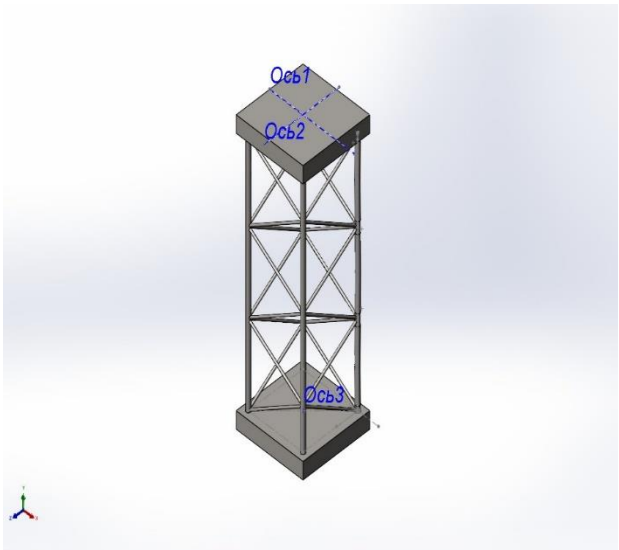
72. Юшкевич В.М. Дослідження кранових балок із рейкою над стінкою. Дисерт. ..канд.техн.наук.-Л., 1969.-251с.

73. Юшкевич В.М. Метод розрахунку меж витривалості елементів металоконструкцій. Проблеми міцності. 1984, №9, с.13-18.

					ВВС 2213313 ПЗ	Арк.
						60
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Симуляция 20-
270

Имя исследования: Статический 1
Тип анализа: Статический



Содержание

Описание **Ошибка!**

Закладка не определена.

Допущения **Ошибка!**

Закладка не определена.

Информация о модели 64

Свойства исследования 66

Единицы 67

Свойства материала 67

Нагрузки и крепления 69

Определения соединителей

Ошибка! Закладка не определена.

Информация о
взаимодействии 72

Информация о сетке 73

Данные датчиков 78

Результирующие силы 83

Балки**Ошибка! Закладка не определена.**

Результаты исследования
84

Вывод **Ошибка!**
Закладка не определена.

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

BBC 2213313 ПЗ

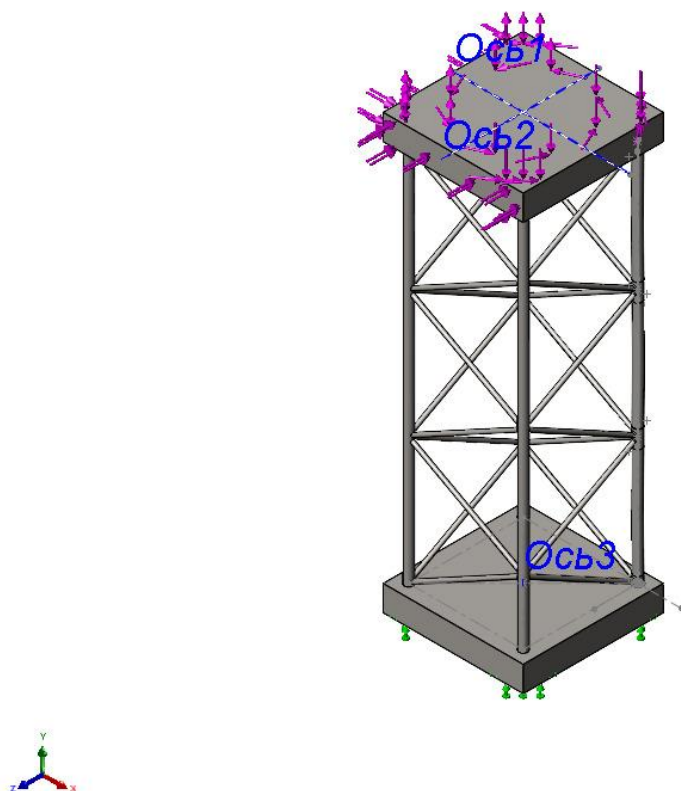
Арк.

62

					BBC 2213313 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		63

ИНФОРМАЦИЯ О МОДЕЛИ

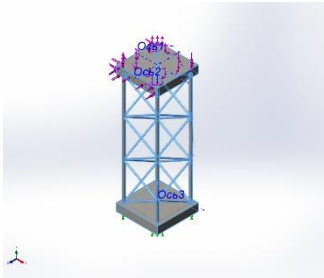
					BBC 2213313 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		64



Имя модели: 20-270

Активная конфигурация: По умолчанию<Как обработанный>

Твердые тела

Имя и ссылки документа	Рассматривается как	Объемные свойства	Путь документа/Дата изменения
Скругление1 	Твердое тело	Масса:31 129,5 kg Объем:3,99096 m³ Плотность:7800 kg/m³ Масса:305 069 N	

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

BBC 2213313 ПЗ

Арк.

65

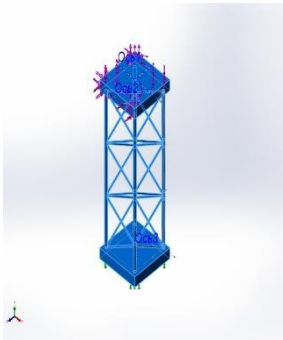
СВОЙСТВА ИССЛЕДОВАНИЯ

Имя исследования	Статический 1
Тип анализа	Статический
Тип сетки	Сетка на твердом теле
Тепловой эффект:	Вкл
Термический параметр	Включить тепловые нагрузки
Температура при нулевом напряжении	298 Kelvin
Включить эффекты давления жидкости из SOLIDWORKS Flow Simulation	Выкл
Тип решающей программы	Авто
Влияние нагрузок на собственные частоты:	Выкл
Мягкая пружина:	Выкл
Инерционная разгрузка:	Выкл
Несовместимые параметры связи	Авто
Большие перемещения	Выкл
Вычислить силы свободных тел	Вкл
Трение	Выкл
Использовать адаптивный метод:	Выкл

ЕДИНИЦЫ

Система единиц измерения:	СИ (MKS)
Длина/Перемещение	mm
Температура	Kelvin
Угловая скорость	Рад/сек
Давление/Напряжение	N/m^2

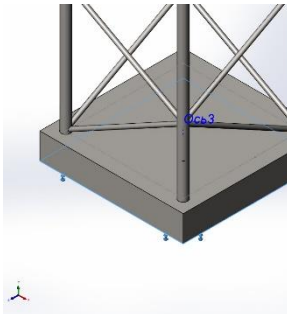
СВОЙСТВА МАТЕРИАЛА

Ссылка на модель	Свойства	Компо
	Имя: Простая углеродистая сталь Тип модели: Линейный Упругий Изотропный Критерий прочности по умолчанию: Неизвестно Предел текучести: 2,20594e+08 N/m^2 Предел прочности при растяжении: 3,99826e+08 N/m^2 Модуль упругости: 2,1e+11 N/m^2 Коэффициент Пуассона: 0,28 Массовая плотность: 7 800 kg/m^3 Модуль сдвига: 7,9e+10 N/m^2 Коэффициент теплового расширения: 1,3e-05 /Kelvin	Твердое 1726(Скруглен 270)
Данные кривой:N/A		

					BBC 2213313 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		67

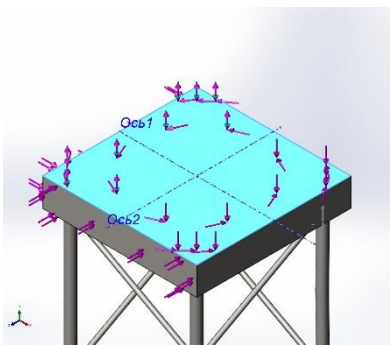
					BBC 2213313 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		68

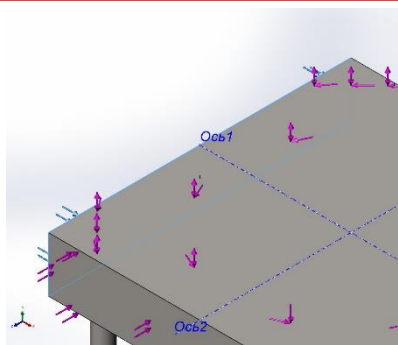
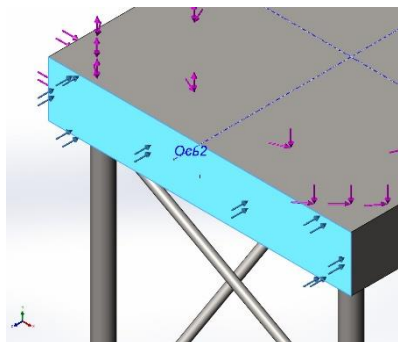
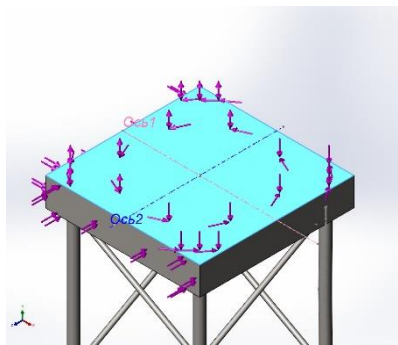
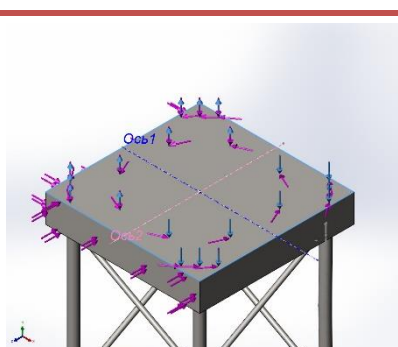
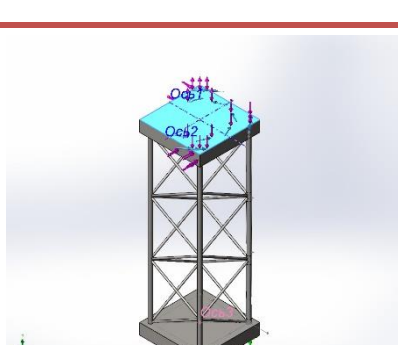
НАГРУЗКИ И КРЕПЛЕНИЯ

Имя крепления	Изображение крепления	Данные крепления
Зафиксированный-5		Объекты: 1 грани Тип: Зафиксированная геометрия Значение: 300 000 N

Результирующие силы

Компоненты	X	Y	Z	Результирующая
Сила реакции(N)	- 1 041,18	259 892	3 213,55	259 914
Реактивный момент(N.m)	0	0	0	0

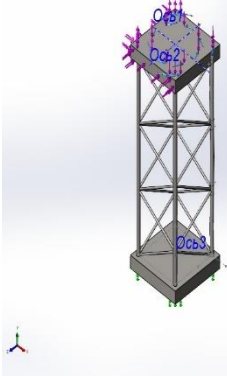
Имя нагрузки	Загрузить изображение	Загрузить данные
Сила-1		Объекты: 1 грани Тип: Приложенная нормальная сила Значение: 300 000 N

Сила-3		Объекты: 1 грани : Тип: Приложение Значение: 1 000 N :
Сила-4		Объекты: 1 грани : Тип: Приложение Значение: 3 400 N :
Вращающий момент-1		Объекты: 1 грани Справочный: Ось1 Тип: Приложение Значение: -82 000 N.m
Вращающий момент-2		Объекты: 1 грани Справочный: Ось2 Тип: Приложение Значение: 700 000 N.m
Вращающий момент-3		Объекты: 1 грани Справочный: Ось3 Тип: Приложение Значение: -33 800 N.m

					BBC 2213313 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		70

					BBC 2213313 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		71

ИНФОРМАЦИЯ О ВЗАИМОДЕЙСТВИИ

Взаимодейст вие	Изображение взаимодействия	Свойства взаимодействия
Глобальное взаимодействие		Тип: Связанные Компоненты: 1компонент Параметры: Независимая сетка

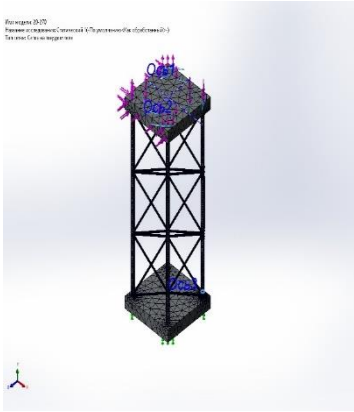
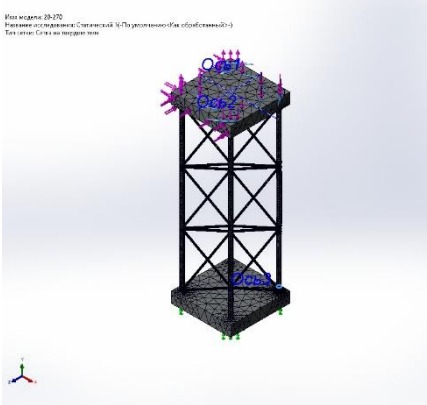
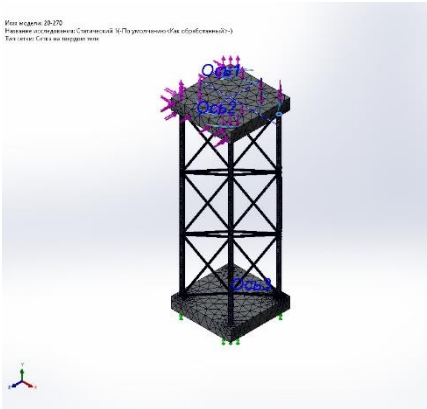
ИНФОРМАЦИЯ О СЕТКЕ

Тип сетки	Сетка на твердом теле
Используемое разбиение:	Сетка на основе смешанной кривизны
Точки Якобиана для сетки высокого качества	16 Точки
Максимальный размер элемента	317,225 mm
Минимальный размер элемента	8,06474 mm
Качество сетки	Высокая

Информация о сетке - Детализация

Всего узлов	300895
Всего элементов	151679
Максимальное соотношение сторон	166,15
% элементов с соотношением сторон < 3	25,4
Процент элементов с соотношением сторон > 10	5,56
Процент искаженных элементов	0
Время для завершения сетки (hh:mm:ss):	00:00:22
Имя компьютера:	

Информация по управлению сеткой:

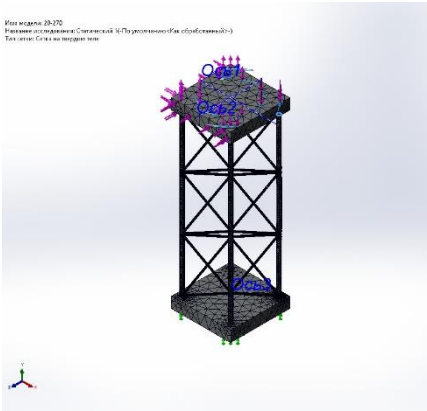
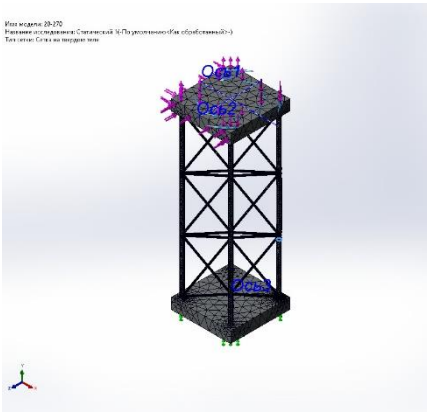
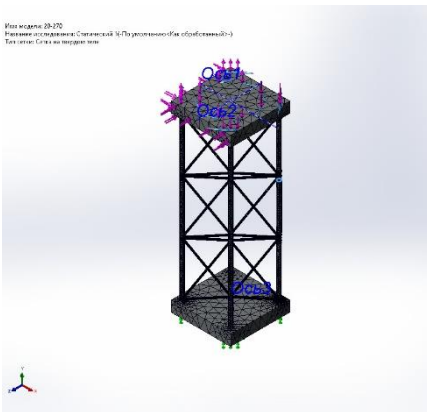
Имя управления сеткой	Изображение управления сеткой	Сведения об управлении сеткой
Управление-198		Объекты: 1 кромки Единицы измерения: m Размер: 0,0761658 Пропорция: 0,0761658
Управление-199		Объекты: 1 : кромки Единицы измерения: m Размер: 0,0761658 Пропорция: 0,0761658
Управление-200		Объекты: 1 : кромки Единицы измерения: m Размер: 0,00896083 Пропорция: 0,00896083

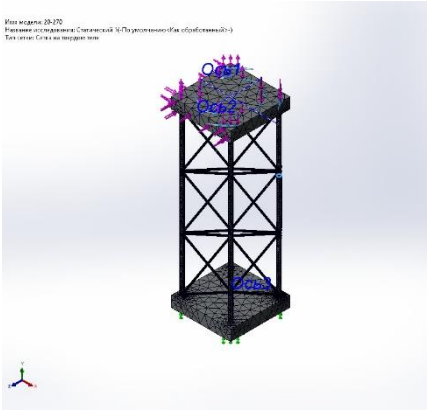
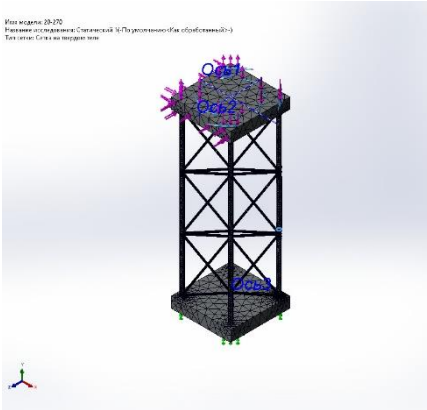
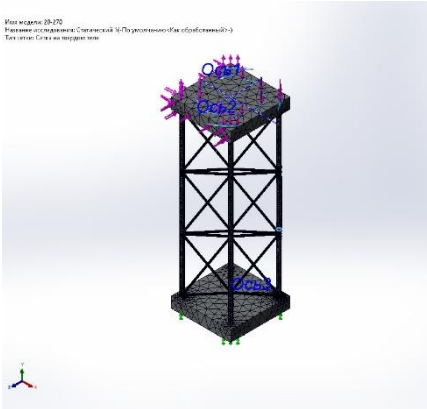
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

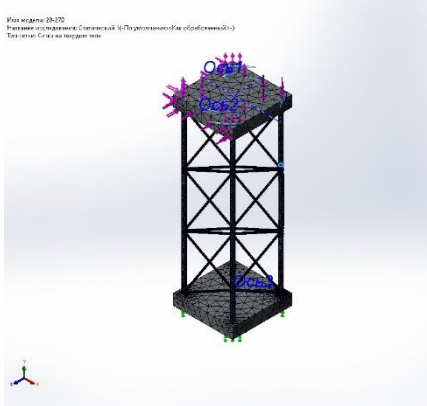
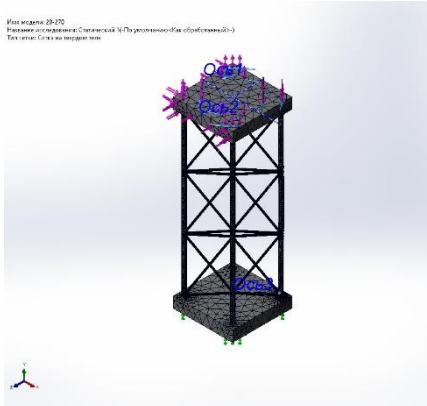
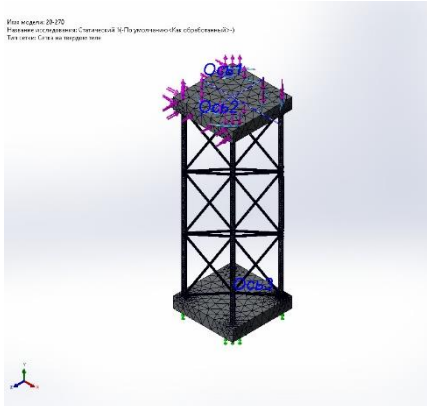
BBC 2213313 ПЗ

Арк.

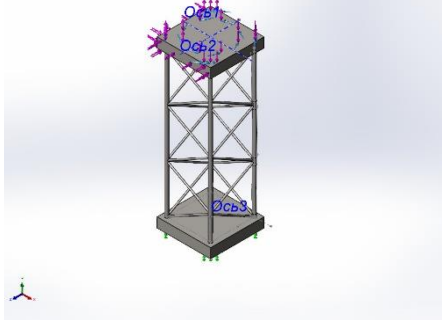
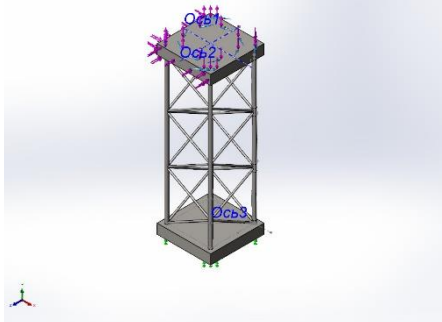
74

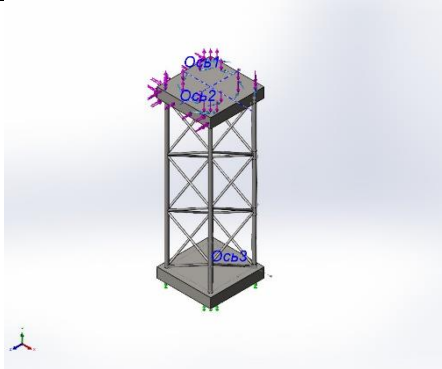
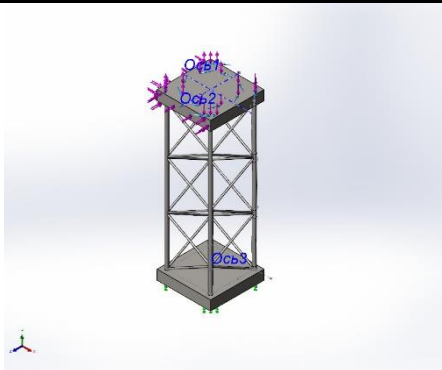
Управле ние-201	Имя модели: 19-270 Размер: 0,03732 Текст: Сетка на вершине тела 	Объекты: 1 : кромк Единиц: m ы измерения: Размер: 0,03732 12 Пропорц: 0,03732 ия: 12
Управле ние-202	Имя модели: 19-270 Размер: 0,1554 Текст: Сетка на вершине тела 	Объекты: 1 : кромк и Единицы: m измерения: Размер: 0,1554 4 Пропорци: 0,1554 я: 4
Управле ние-203	Имя модели: 19-270 Размер: 0,1554 Текст: Сетка на вершине тела 	Объекты: 1 : кромк и Единицы: m измерения: Размер: 0,1554 4 Пропорци: 0,1554 я: 4

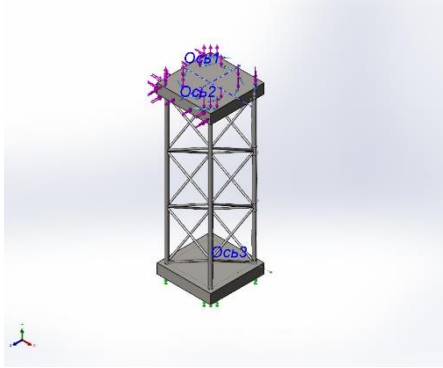
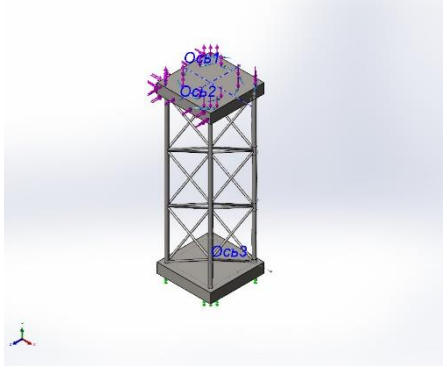
Управле ние-204		Объекты: 1 Единицы измерения: m Размер: 0,1554 Пропорция: 4
Управле ние-205		Объекты: 1 Единицы измерения: m Размер: 0,1554 Пропорция: 4
Управле ние-206		Объекты: 1 Единицы измерения: m Размер: 0,1554 Пропорция: 4

Управление-207		Объекты: 1 Единицы измерения: m Размер: 0,1554 4 Пропорция: 0,1554 4
Управление-208		Объекты: 1 Единицы измерения: m Размер: 0,1554 4 Пропорция: 0,1554 4
Управление-209		Единицы измерения: m Размер: 0,1554 4 Пропорция: 0,1554 4

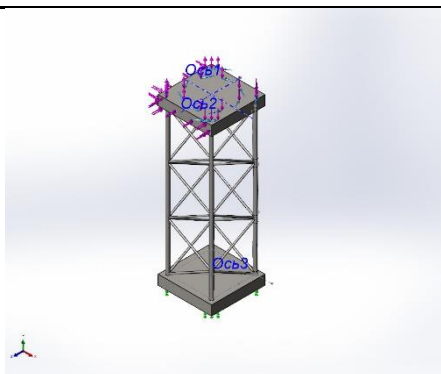
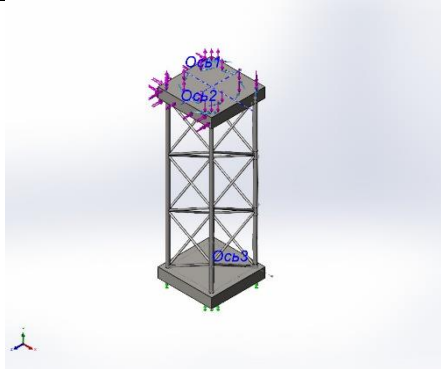
ДАННЫЕ ДАТЧИКОВ

Имя датчика	Местоположение	Данные датчиков
Датчики1		Значение: Объекты : Результат :Запас прочности при потере устойчивости Компонент :Форма колебаний Критерий :Макс модели Критерий шага: В определенной форме колебания Шаг №:1 Сигнальное значение: NA
Датчики2		Значение: Объекты : Результат :Запас прочности при потере устойчивости Компонент :Форма колебаний Критерий :Мин модели

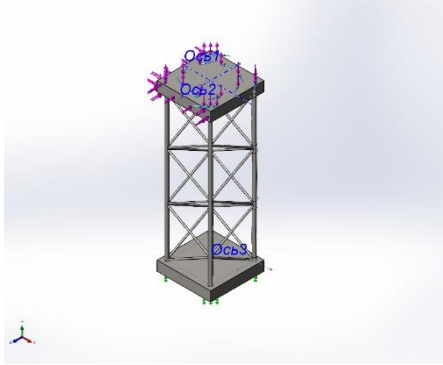
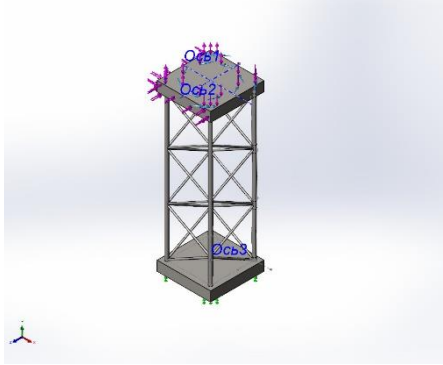
		Критерий шага: В определенной форме колебания Шаг №:1 Сигнальное значение: NA	
Датчики3		Значение: Объекты : Результат :Напряжение Компонент :VON: Напряжение Von Mises Критерий :Макс модели Критерий шага: Во всех шагах Шаг №:1 Сигнальное значение: NA	
Датчики4		Значение: Объекты : Результат :Напряжение Компонент :VON: Напряжение Von Mises Критерий :Макс модели	

		Критерий шага: Во всех шагах Шаг №:1 Сигнальное значение: NA
Датчики5		Значение: Объекты : Результат :Напряжение Компонент :VON: Напряжение Von Mises Критерий :Макс модели Критерий шага: Во всех шагах Шаг №:1 Сигнальное значение: NA
Датчики6		Значение: Объекты : Результат :Запас прочности Компонент :Авто Критерий :Мин модели Критерий шага: Во всех шагах Шаг №:1

					BBC 2213313 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		80

		Сигнальное значение: NA
Датчики7		Значение: Объекты : Результат :Запас прочности Компонент :Авто Критерий :Мин модели Критерий шага: Во всех шагах Шаг №:1 Сигнальное значение: NA
Датчики8		Значение: 1,405e+00 Объекты : Результат :Запас прочности Компонент :Авто Критерий :Мин модели Критерий шага: Во всех шагах Шаг №:1 Сигнальное значение: NA

					BBC 2213313 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		81

Датчики9		Значение: Объекты : Результат :Запас прочности Компонент :Авто Критерий :Мин модели Критерий шага: Во всех шагах Шаг №:1 Сигнальное значение: NA
Датчики10		Значение: 1,601e+03 kgf/cm ² Объекты : Результат :Напряжение Компонент :VON: Напряжение Von Mises Критерий :Макс модели Критерий шага: Во всех шагах Шаг №:1 Сигнальное значение: NA

РЕЗУЛЬТИРУЮЩИЕ СИЛЫ

Силы реакции

Выбранный набор	Единицы	Сумма X	Сумма Y	Сумма Z
всей модели	N	-1 041,18	259 892	

Моменты реакции

Выбранный набор	Единицы	Сумма X	Сумма Y	Сумма Z
всей модели	N.m	0	0	

Силы свободных тел

Выбранный набор	Единицы	Сумма X	Сумма Y	Сумма Z
всей модели	N	350,844	227,279	

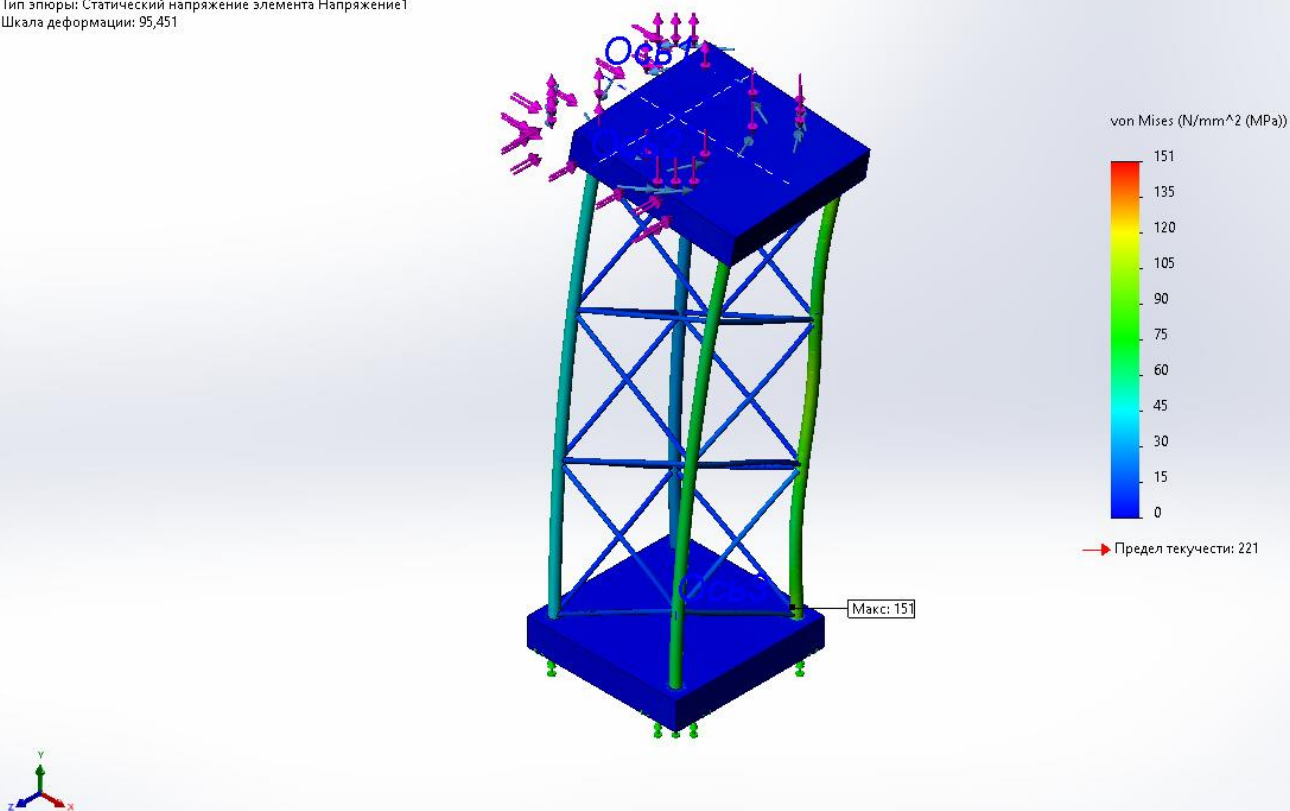
Моменты свободных тел

Выбранный набор	Единицы	Сумма X	Сумма Y	Сумма Z
всей модели	N.m	0	0	

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Имя	Тип	Мин	Макс
Напряжение1	VON: Напряжение Von Mises	0N/mm^2 (MPa) Элемент: 12335	151N/mm^2 (MPa) Элемент: 115692

Имя модели: 20-270
Название исследования: Статический 1(-По умолчанию<Как обработанный>-)
Тип эпюры: Статический напряжение элемента Напряжение1
Шкала деформации: 95,451

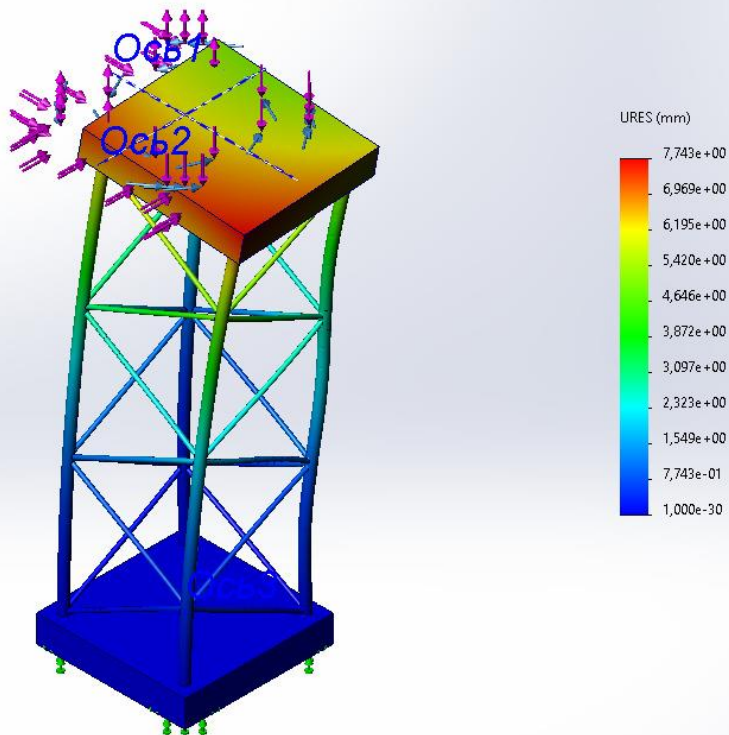


20-270-Статический 1-Напряжение-Напряжение1

Имя	Тип	Мин	Макс
Перемещение1	URES: Результирующее перемещение	0,000e+00mm Узел: 109	7,743e+00mm Узел: 119

					BBC 2213313 ПЗ	Арк.
						84
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

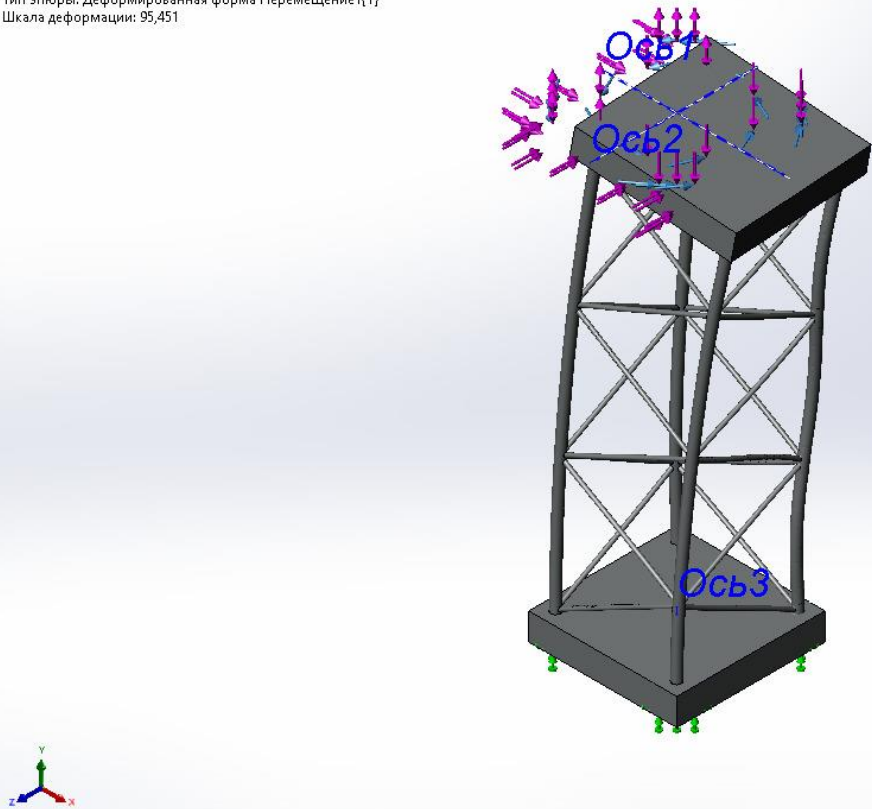
ели: 20-270
 : исследования: Статический 1(-По умолчанию<Как обработанный>-)
 ы: Статическое перемещение Перемещение1
 формации: 95,451



20-270-Статический 1-Перемещение-Перемещение1

Имя	Тип
Перемещение1{1}	Деформированная форма

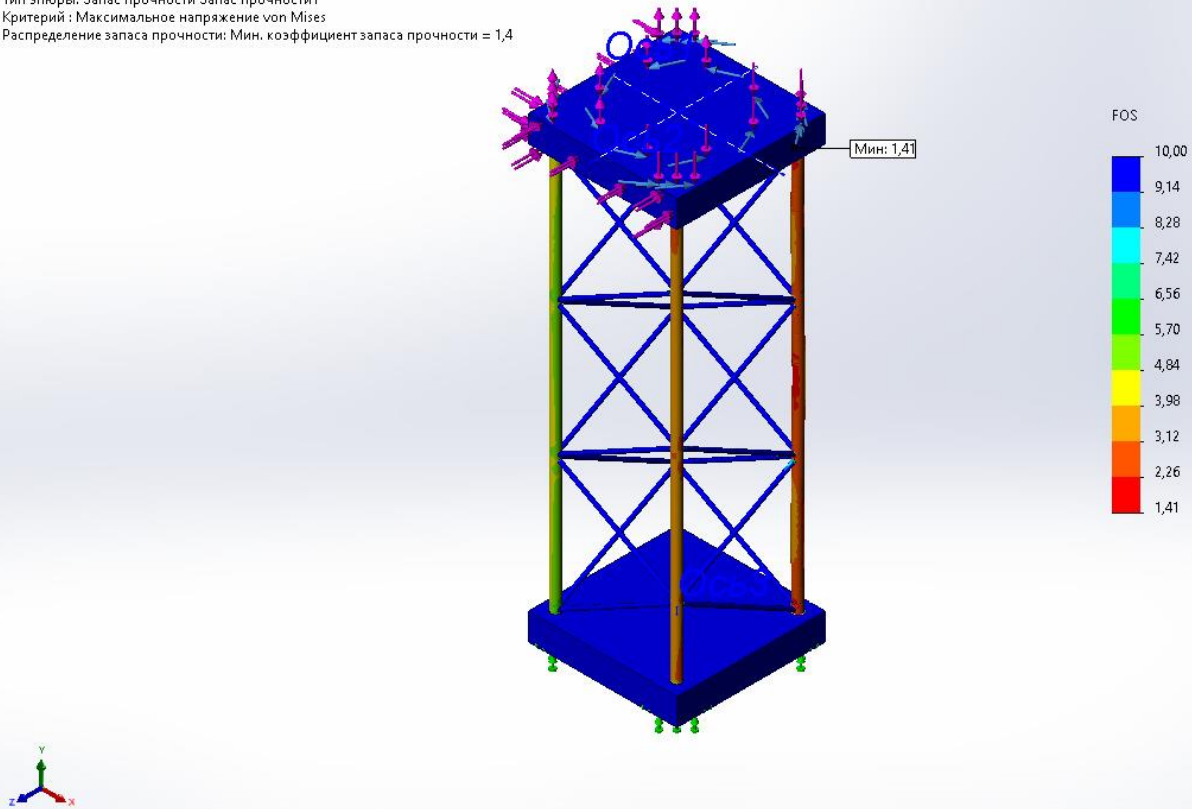
Имя модели: 20-270
Название исследования: Статический 1(-По умолчанию <Как обработанный>-)
Тип эпюры: Деформированная форма Перемещение1{1}
Шкала деформации: 95,451



20-270-Статический 1-Перемещение-Перемещение1{1}

Имя	Тип	Мин	Макс
Запас прочности1	Максимальное напряжение von Mises	1,41 Узел: 5127	91 724,01 Узел: 64582

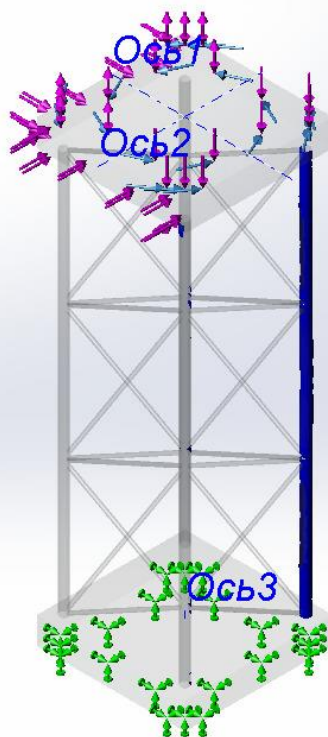
Имя модели: 20-270
Название исследования: Статический 1(-По умолчанию <Как обработанный>)
Тип элюры: Запас прочности Запас прочности1
Критерий : Максимальное напряжение von Mises
Распределение запаса прочности: Мин. коэффициент запаса прочности = 1,4



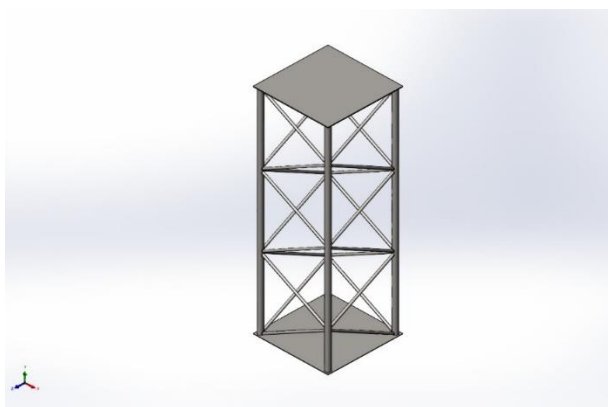
20-270-Статический 1-Запас прочности-Запас прочности1

Имя	Тип
Design Insight1	Design Insight

0
 ания: Статический 1(-По умолчанию «Как обработанный»-)
 Insight Design Insight1
 симетрия) = 6,84 %/ 0,40 %



20-270-Статический 1-Design Insight-Design Insight1



Симуляция Секция P20 - 1

Создатель:: Solidworks

Имя исследования: Статический 1

Тип анализа: Статический

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

BBC 2213313 ПЗ

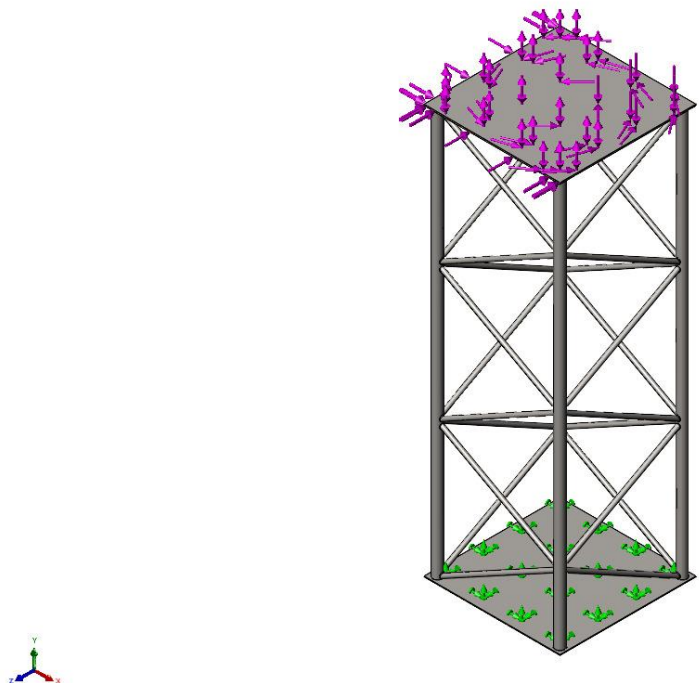
Арк.

88

Содержание

Розділ 1	8
Информация о модели	90
Свойства исследования	91
Единицы	92
Свойства материала	92
Нагрузки и крепления	93
Информация о взаимодействии	95
Информация о сетке	96
Результирующие силы	97
Результаты исследования	98

ИНФОРМАЦИЯ О МОДЕЛИ



Имя модели: Секція Р20 - 1

Активная конфигурация: По умолчанию<Как обработанный>

Твердые тела			
Имя и ссылки документа	Рассматривается как	Объемные свойства	Путь документа/Дата изменения
Отсечь/Удлинить13	Твердое тело	Масса:1 238,18 kg Объем:0,158741 m^3 Плотность:7 800 kg/m^3 Масса:12 134,2 N	

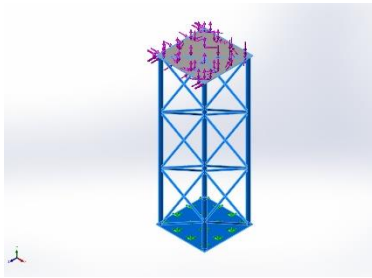
СВОЙСТВА ИССЛЕДОВАНИЯ

Имя исследования	Статический 1
Тип анализа	Статический
Тип сетки	Комбинированная сетка
Тепловой эффект:	Вкл
Термический параметр	Включить тепловые нагрузки
Температура при нулевом напряжении	298 Kelvin
Включить эффекты давления жидкости из SOLIDWORKS Flow Simulation	Вимкн.
Тип решающей программы	Авто
Влияние нагрузок на собственные частоты:	Вимкн.
Мягкая пружина:	Вимкн.
Инерционная разгрузка:	Вимкн.
Несовместимые параметры связи	Авто
Большие перемещения	Вимкн.
Вычислить силы свободных тел	Вкл
Трение	Вимкн.
Использовать адаптивный метод:	Вимкн.

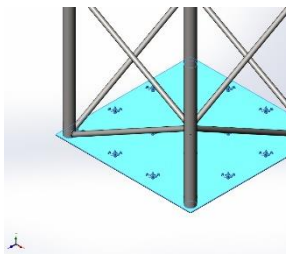
ЕДИНИЦЫ

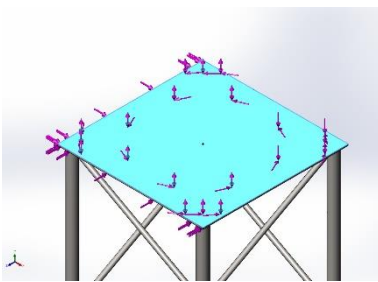
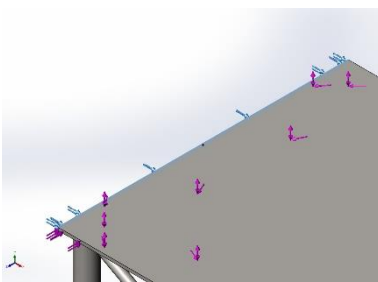
Система измерения:	единиц	СИ (MKS)
Длина/Перемещение		mm
Температура		Kelvin
Угловая скорость		Рад/сек
Давление/Напряжение		N/m^2

СВОЙСТВА МАТЕРИАЛА

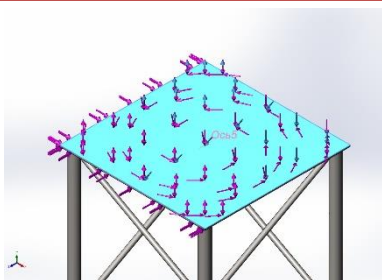
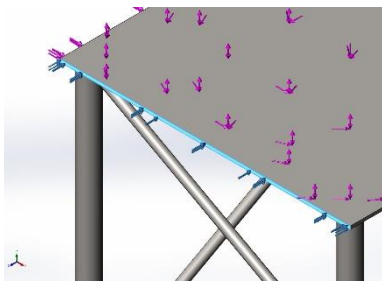
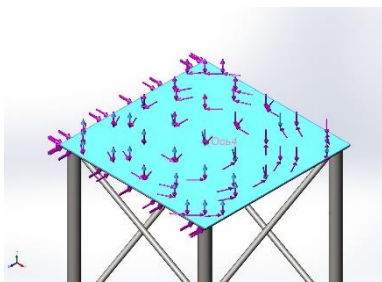
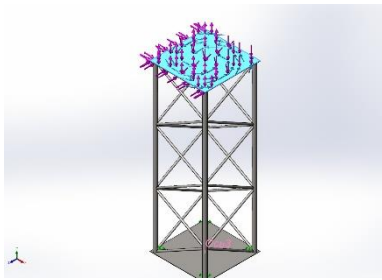
Ссылка на модель	Свойства	Компоне нты
	Имя: Простая углеродистая сталь Тип модели: Линейный Упругий Изотропный Критерий прочности по умолчанию: Незвестно Предел текучести: 2,20594e+08 N/m^2 Предел прочности при растяжении: 3,99826e+08 N/m^2 Модуль упругости: 2,1e+11 N/m^2 Коэффициент Пуассона: 0,28 Массовая плотность: 7 800 kg/m^3 Модуль сдвига: 7,9e+10 N/m^2 Коэффициент теплового расширения: 1,3e-05 /Kelvin	Твердое тело 1(Отсечь/Удлинить)(Секция Р20 - 1), Твердое тело 9(Бобышка-Вытянуть3)(Секция Р20 - 1)
Данные кривой:N/A		

НАГРУЗКИ И КРЕПЛЕНИЯ

Имя крепления	Изображение крепления	Данные крепления		
Зафиксирован ный-1		Объ екты: Тип : ованная геометрия	1 грани Зафиксир	
Результирующие силы				
Компонен ты	X	Y	Z	Результирую щая
Сила реакции(N)	36 26 0,9	279 5 46	423,5 07	281 888
Реактивн ый момент(N.m)	0	0	0	1e-33

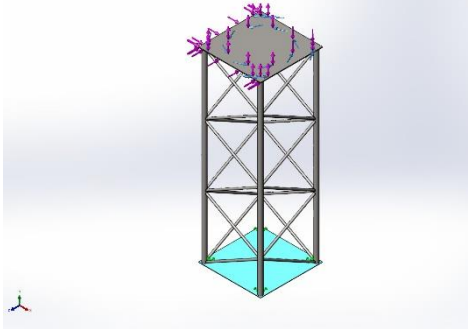
Имя нагрузки	Загрузить изображение	Загрузить данные	
Сила-1		Объекты:	1 грани
		Тип:	Приложить нормальную силу
		Значение:	300 000 N
Сила-2		Объекты:	1 грани
		Тип:	Приложить нормальную силу
		Значение:	1 000 N

					ВВС 2213313 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		93

Вращающий момент-1		Объекты: 1 грани Справочный: Ось5 Тип: Приложить вращающий момент Значение: -700 000 N.m
Сила-3		Объекты: 1 грани Тип: Приложить нормальную силу Значение: 3 400 N
Вращающий момент-2		Объекты: 1 грани Справочный: Ось4 Тип: Приложить вращающий момент Значение: 82 000 N.m
Вращающий момент-3		Объекты: 1 грани Справочный: Ось3 Тип: Приложить вращающий момент Значение: -33 800 N.m

					<i>BBC 2213313 ПЗ</i>	Арк.
						94
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ИНФОРМАЦИЯ О ВЗАИМОДЕЙСТВИИ

Взаимодействие	Изображение взаимодействия	Свойства взаимодействия						
Глобальное взаимодействие		<table><tr><td>Тип:</td><td>Связанные</td></tr><tr><td>Компоненты:</td><td>компоненты</td></tr><tr><td>Параметры:</td><td>Независимая сетка</td></tr></table>	Тип:	Связанные	Компоненты:	компоненты	Параметры:	Независимая сетка
Тип:	Связанные							
Компоненты:	компоненты							
Параметры:	Независимая сетка							

ИНФОРМАЦИЯ О СЕТКЕ

Тип сетки	Комбинированная сетка
Используемое разбиение:	Сетка на основе смешанной кривизны
Точки Якобиана для сетки высокого качества	16 Точки
Проверка Якобиана для оболочки	Вкл
Максимальный размер элемента	287,388 mm
Минимальный размер элемента	14,3694 mm
Качество сетки	Высокая

Информация о сетке - Детализация

Всего узлов	284721
Всего элементов	142777
Время для завершения сетки (hh:mm:ss):	00:00:22
Имя компьютера:	

РЕЗУЛЬТИРУЮЩИЕ СИЛЫ

Силы реакции

Выбранный набор	Единицы	Сумма X	Сумма Y	Сумма Z
всей модели	N	36 260,9	279 546	

Моменты реакции

Выбранный набор	Единицы	Сумма X	Сумма Y	Сумма Z
всей модели	N.m	0	0	

Силы свободных тел

Выбранный набор	Единицы	Сумма X	Сумма Y	Сумма Z
всей модели	N	0,00260925	- 0,103027	

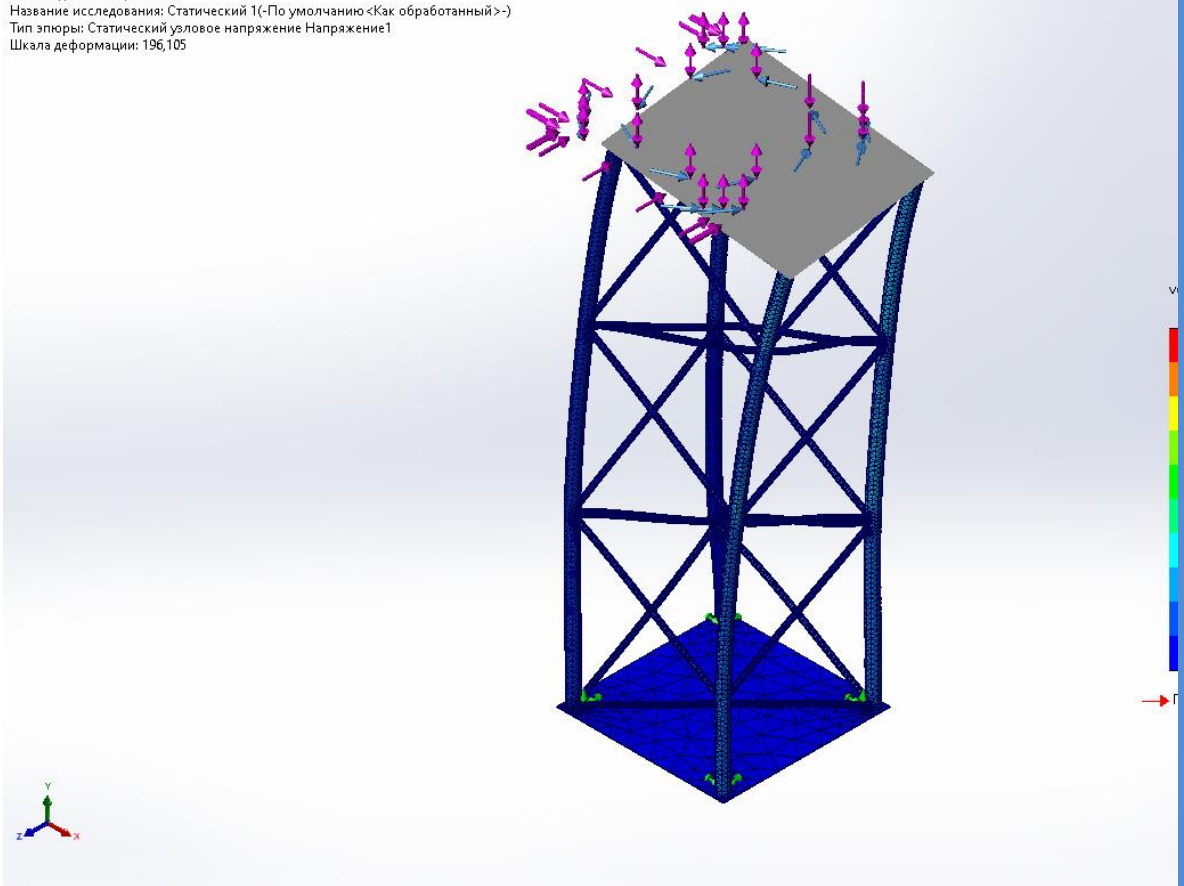
Моменты свободных тел

Выбранный набор	Единицы	Сумма X	Сумма Y	Сумма Z
всей модели	N.m	172,45	149,391	

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Имя	Тип	Мин	Макс
Напряжени е1	VON: Напряжение Von Mises	0,000N/m m^2 (MPa) Узел: 284112	213,816N/m m^2 (MPa) Узел: 109

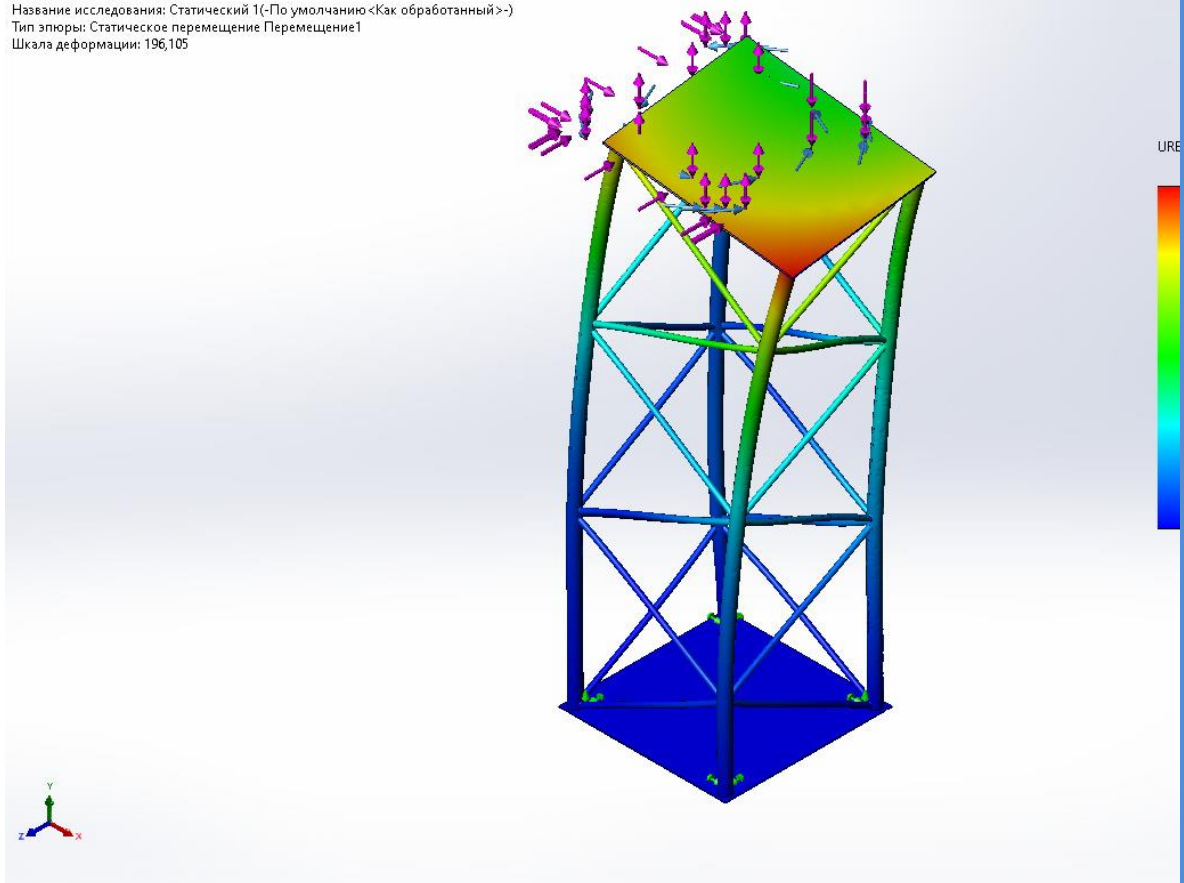
Имя модели: Секція Р20 - 1
Название исследования: Статический 1(-По умолчанию «Как обработанный»-)
Тип эпюры: Статический узловое напряжение Напряжение1
Шкала деформации: 196,105



Секція Р20 - 1-Статический 1-Напряжение-Напряжение1

Имя	Тип	Мин	Макс
Перемещен ие1	URES: Результирующее перемещение	0,000e+00 mm Узел: 27	3,716e+00 mm Узел: 284115

Имя модели: Секція Р20 - 1
 Название исследования: Статический 1(-По умолчанию «Как обработанный»-)
 Тип эпоры: Статическое перемещение Перемещение1
 Шкала деформации: 196,105



Секція Р20 - 1-Статический 1-Перемещение-Перемещение1

Имя	Тип	Мин	Макс
1 Деформация	ESTRN: Эквивалентная деформация	0,000e+00 Элемент: 142474	7,269e- 04 Элемент: 120252

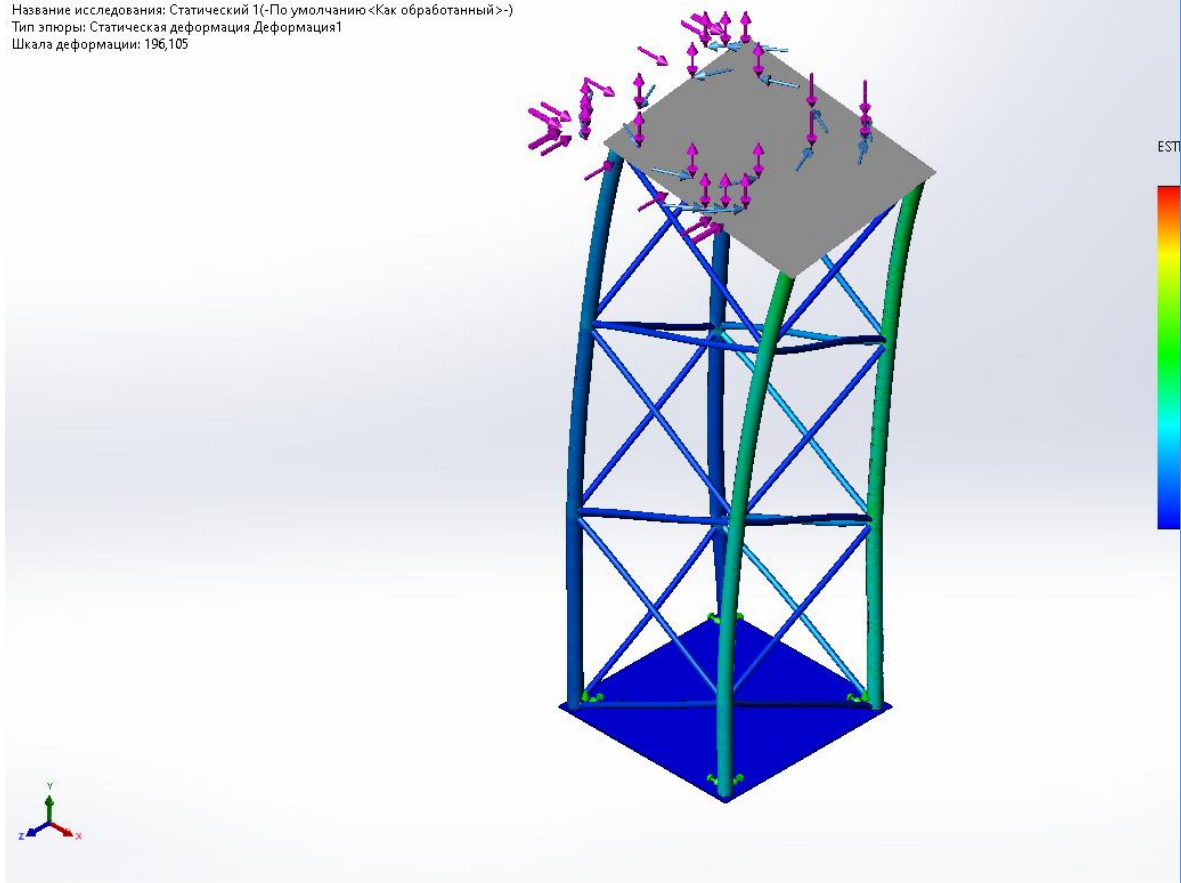
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

BBC 2213313 ПЗ

Арк.

99

Имя модели: Секція Р20 - 1
 Название исследования: Статический 1(-По умолчанию «Как обработанный»-)
 Тип эпюры: Статическая деформация Деформация1
 Шкала деформации: 196,105



Секція Р20 - 1-Статический 1-Деформация-Деформация1

Имя	Тип	Мин	Макс
Запас прочности1	Максимальное напряжение von Mises	1,03 Узел: 109	3,00 Узел: 1

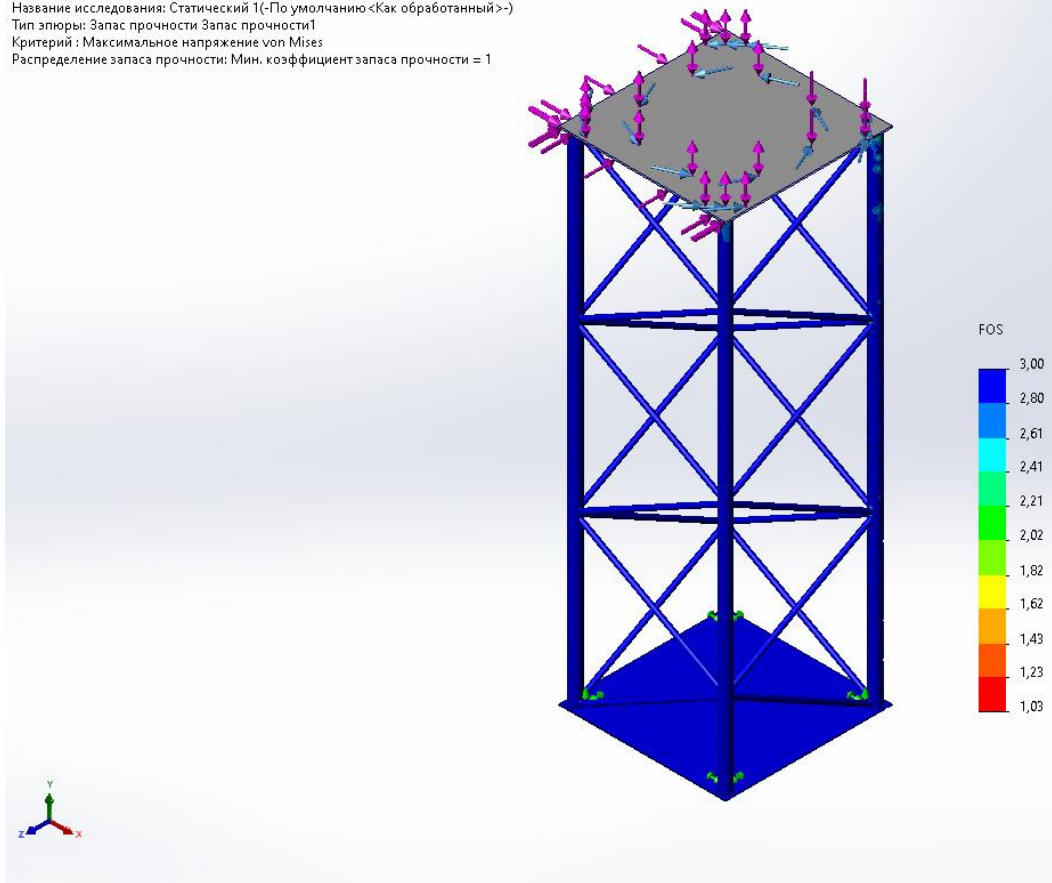
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ВВС 2213313 ПЗ

Арк.

100

Имя модели: Секція P20 - 1
 Название исследования: Статический 1(-По умолчанию «Как обработанный»-)
 Тип элюры: Запас прочности Запас прочности1
 Критерий : Максимальное напряжение von Mises
 Распределение запаса прочности: Мин. коэффициент запаса прочности = 1



Секція P20 - 1-Статический 1-Запас прочности-Запас прочности1

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

BBC 2213313 ПЗ

Арк.

101

Симуляция Секція

H20 - 1

Создатель:: Solidworks

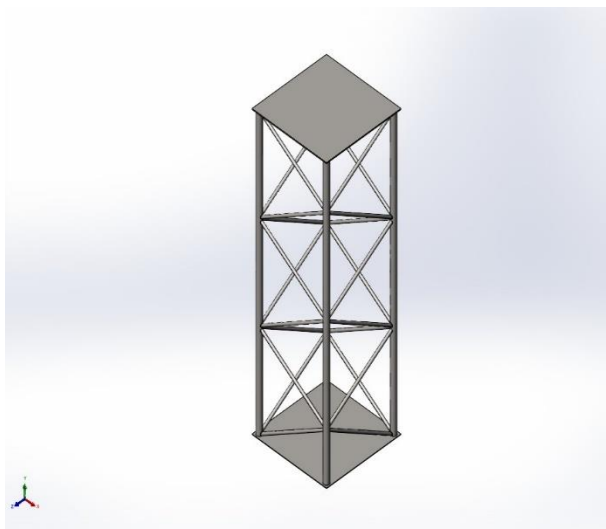
Имя исследования: Усталость 1

Тип анализа:

Усталость(Постоянная амплитуда)

Содержание

Розділ 1	8
Информация о модели	90
Свойства исследования	91
Единицы	92
Свойства материала	92
Нагрузки и крепления	93
Информация о взаимодействии	95
Информация о сетке	96
Результирующие силы	97
Результаты исследования	98
Информация о модели	103
Свойства исследования	104
Единицы	104
Свойства материала	105
Параметры нагрузки	106
Результаты исследования	107



ИНФОРМАЦИЯ О МОДЕЛИ



Имя модели: Секція Н20 - 1

Активная конфигурация: По умолчанию<Как обработанный>

Твердые тела			
Имя и ссылки документа	Рассматриваетс я как	Объемные свойства	
Отсечь/Удлинить13	Твердое тело	Масса:1 238,18 kg Объем:0,158741 м^3 Плотность:7 800 kg/м^3 Масса:12 134,2 N	

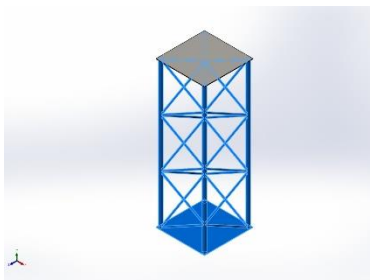
СВОЙСТВА ИССЛЕДОВАНИЯ

Имя исследования	Усталость 1
Тип анализа	Усталость(Постоянная амплитуда)
Взаимосвязь события	Случайно
Вычисление альт. напряжения, используя	Интенсивность напряжения (P1-P3)
Грань оболочки	Верхняя грань
Коррекция среднего напряжения	Нет
Коэффициент местной концентрации напряжений	1
Неограниченный срок службы	Выкл
Папка результатов	

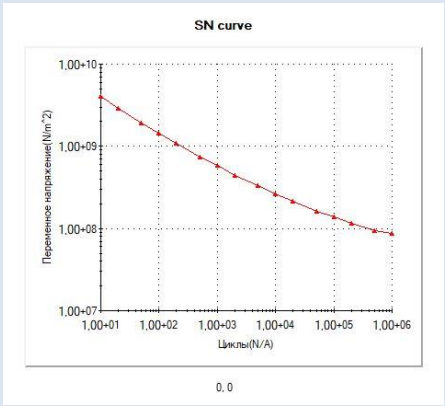
ЕДИНИЦЫ

Система единиц измерения:	СИ (MKS)
Длина/Перемещение	mm
Температура	Kelvin
Угловая скорость	Рад/сек
Давление/Напряжение	N/m^2

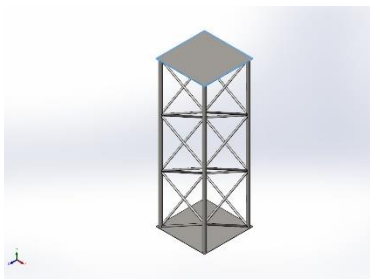
СВОЙСТВА МАТЕРИАЛА

Ссылка на модель	Свойства	Компоненты
	Имя: Простая углеродистая сталь 1(Отсечь/Удлинить13)(С Тип: Линейный Упругий модели: Изотропный Критерий: Максимальное прочности по: напряжение von умолчанию: Mises	Твердое тело Секція Н20 - 1)

Данные кривой:



SN curve

	Имя: Простая углеродистая сталь 2(Бобышка- Тип: Линейный Упругий модели: Изотропный Критерий: Неизвестно прочности по умолчанию:	Твердое тело Вытянуть3)(Секція Н20 - 1)
---	--	--

Данные кривой:N/A

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

BBC 2213313 ПЗ

Арк.

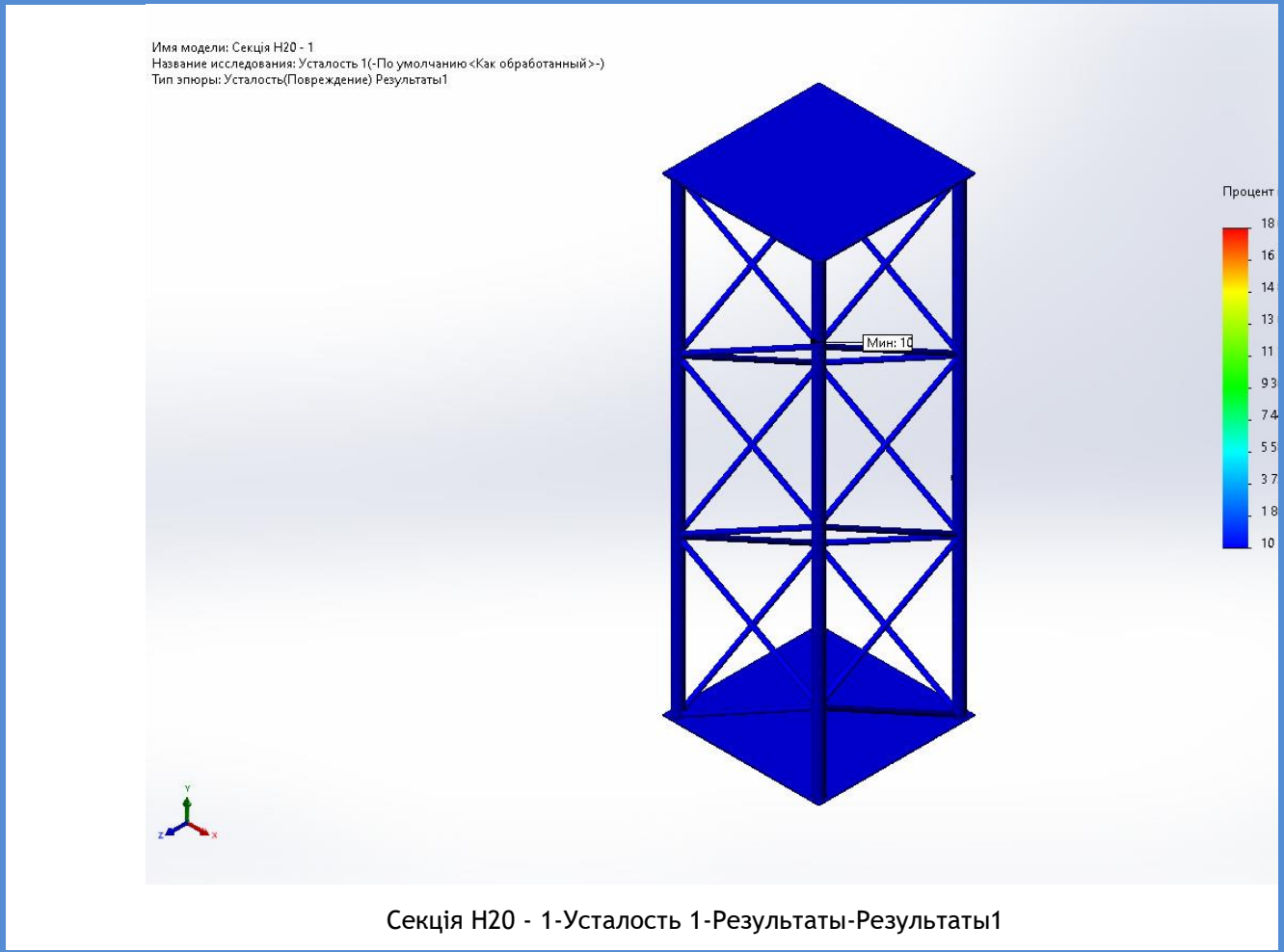
105

ПАРАМЕТРЫ НАГРУЗКИ

Имя события	Колич ество цикл.ов	Тип нагрузки	Объединение исследований		
Соб ытие-1	100000	Полн остью реверсирован о (LR=-1)	Имя исследов ания	Коэффициен т масштабиров ания	Шаг
			Статически й 1	1	0

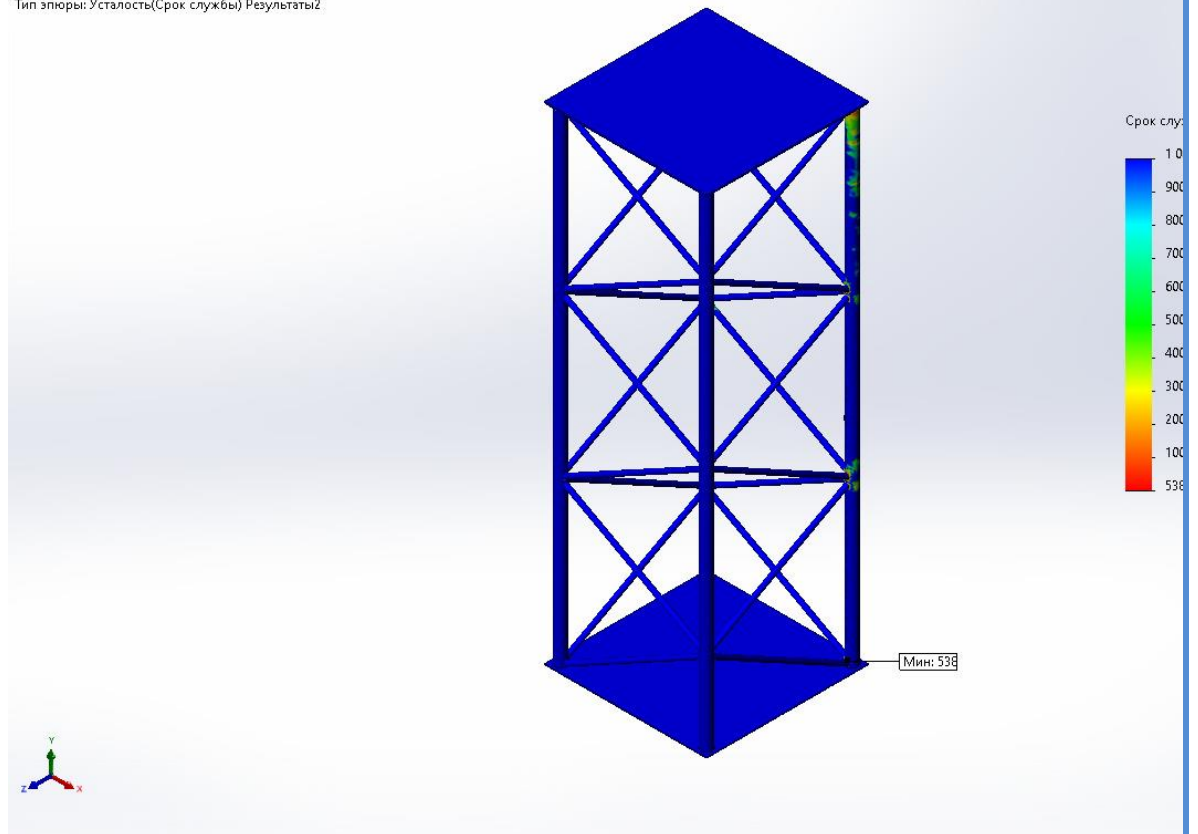
РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Имя	Тип	Мин	Макс
Результаты1	Эпюра повреждения	10 Узел: 2	18 604 Узел: 256846



Имя	Тип	Мин	Макс
Результаты2	Эпюра срока службы	538цикл Узел: 256846	1 000 000цикл Узел: 2

Имя модели: Секція Н20 - 1
 Название исследования: Усталость 1(-По умолчанию «Как обработанный»-)
 Тип эпюры: Усталость(Срок службы) Результаты2



Секція Н20 - 1-Усталость 1-Результаты-Результаты2

Имя	Тип	Мин	Макс
Результаты3	Эпюра срока службы	538цикл Узел: 256846	1 000 000цикл Узел: 2

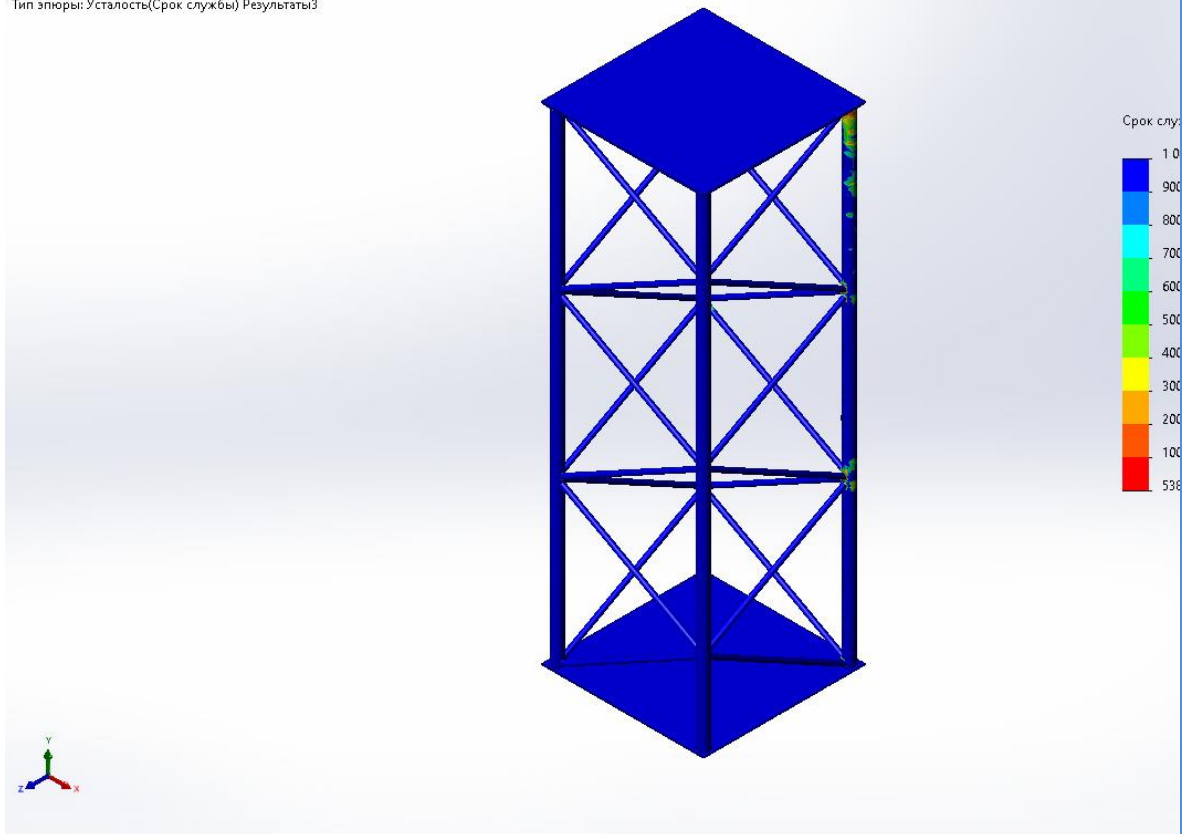
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

BBC 2213313 ПЗ

Арк.

108

Имя модели: Секція Н20 - 1
 Название исследования: Усталость 1(-По умолчанию «Как обработанный»-)
 Тип эпюры: Усталость(Срок службы) Результаты3



Секція Н20 - 1-Усталость 1-Результаты-Результаты3

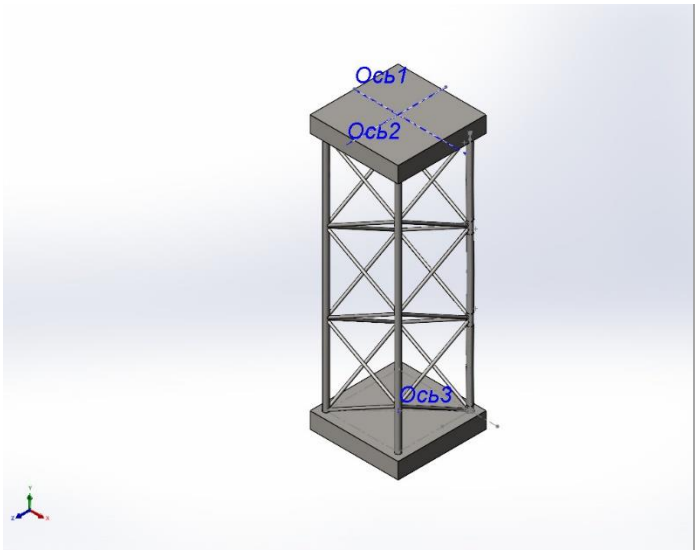
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

BBC 2213313 ПЗ

Арк.

109

Симуляция 20-27



Date: 20 апреля 2024

Создатель:: Solidworks

Имя исследования: Потеря устойчивости 1

Тип анализа: Потеря устойчивости

					ВВС 2213313 ПЗ	Арк.
						110
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Содержание

Описание **Ошибка! Закладка не определена.**

Допущения **Ошибка! Закладка не определена.**

Информация о модели 113

Свойства исследования 115

Единицы 116

Свойства материала 117

Нагрузки и крепления 118

Определения соединител
Ошибка! Закладка не определена.

Информация о взаимодейств
Ошибка! Закладка не определена.

Информация о сетке 120

Данные датчиков 121

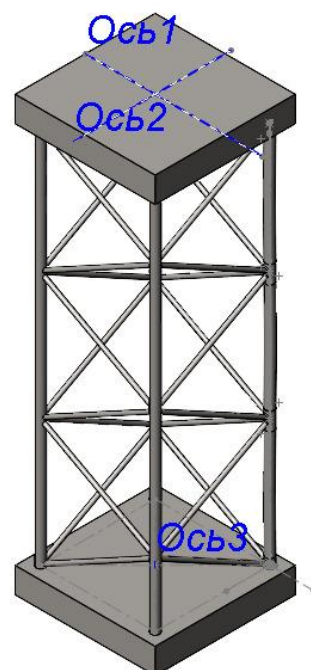
Результаты исследован
Ошибка! Закладка не определена.

Вывод **Ошибка! Закладка не определена.**

					BBC 2213313 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		112

ИНФОРМАЦИЯ О МОДЕЛИ

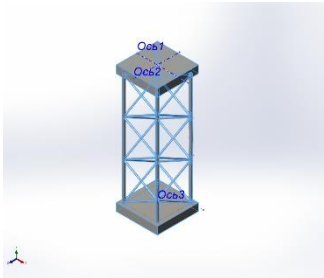
					<i>BBC 2213313 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		113



Имя модели: 20-270

Активная конфигурация: По умолчанию<Как обработанный>

Твердые тела

Имя и ссылки документа	Рассматривается как	Объемные свойства	Путь документа/Дата изменения
Скругление18 	Твердое тело	Масса:31 129,5 kg Объем:3,99096 m³ Плотность:7800 kg/m³ Масса:305 069 N	

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

BBC 2213313 ПЗ

Арк.

114

СВОЙСТВА ИССЛЕДОВАНИЯ

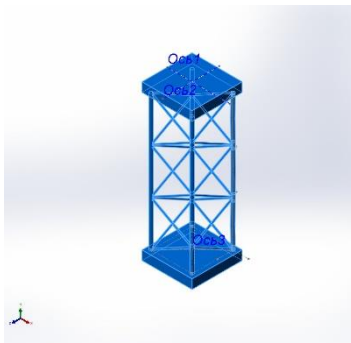
Имя исследования	Потеря устойчивости 1
Тип анализа	Потеря устойчивости
Тип сетки	Сетка на твердом теле
Количество узлов	1
Тип решаемой программы	FFEPlus
Несовместимые параметры связи	Авто
Тепловой эффект:	Вкл
Термический параметр	Включить тепловые нагрузки
Температура при нулевом напряжении	298 Kelvin
Включить эффекты давления жидкости из SOLIDWORKS Flow Simulation	Выкл
Мягкая пружина:	Выкл
Папка результатов	Документ SOLIDWORKS (E:\Работа\Дипломники\Магистр 2024\№3\15.04)

ЕДИНИЦЫ

Система измерения:	единиц	СИ (MKS)
Длина/Перемещение		mm
Температура		Kelvin
Угловая скорость		Рад/сек
Давление/Напряжение		N/m ²

					BBC 2213313 ПЗ	Арк.
						116
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

СВОЙСТВА МАТЕРИАЛА

Ссылка на модель	Свойства	Компоненты
	Имя: Простая углеродистая сталь Тип модели: Линейный Упругий Изотропный Критерий прочности по умолчанию: Незвестно Предел текучести: 2,20594e+08 N/m^2 Предел прочности при растяжении: 3,99826e+08 N/m^2 Массовая плотность: 7 800 kg/m^3 Модуль упругости: 2,1e+11 N/m^2 Коэффициент Пуассона: 0,28 Коэффициент теплового расширения: 1,3e-05 /Kelvin	Твердое тело 141(Трубы х-к гост 8734-75 ТРУБА 140X8(Трубы х-к гост 8734-75 ТРУБА 140X8(Трубы х-к гост 8734-75 ТРУБА 140X8(Скругление 18)(20RC 10)

Данные кривой:N/A

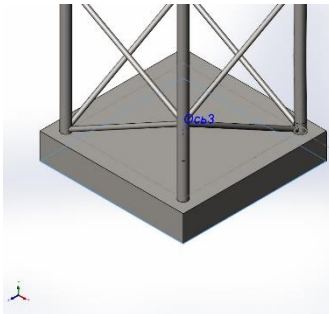
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

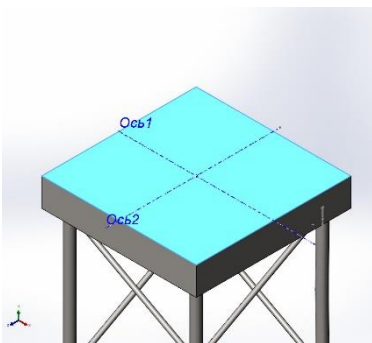
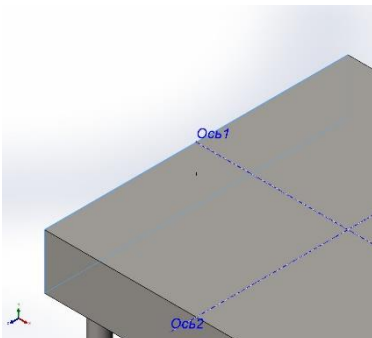
BBC 2213313 ПЗ

Арк.

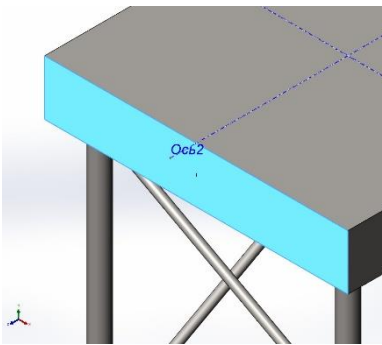
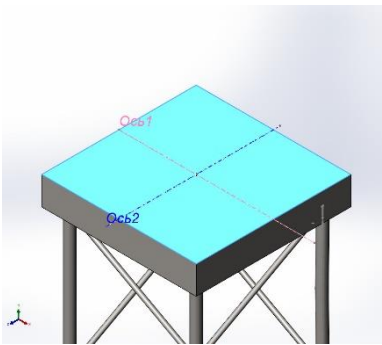
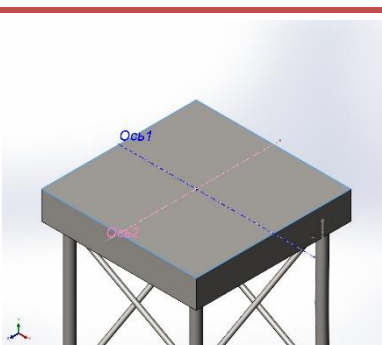
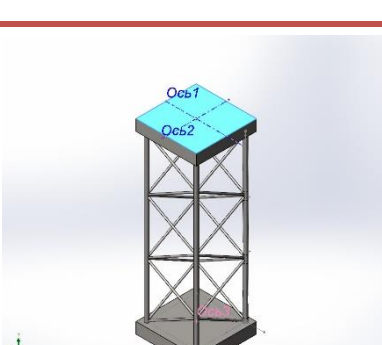
117

НАГРУЗКИ И КРЕПЛЕНИЯ

Имя крепления	Изображение крепления	Данные крепления
Зафиксированный-1		Объекты: 1 грани Тип: Зафиксированная геометрия

Имя нагрузки	Загрузить изображение	Загрузить данные
Сила-1		Объекты: 1 грани Тип: Приложена нормальная сила Значение: 300 000 N
Сила-3		Объекты: 1 грани Тип: Приложена нормальная сила Значение: 1 000 N

					ВВС 2213313 ПЗ	Арк.
						118
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Сила-4		Объекты: 1 грани Тип: Приложить нормальную силу Значение: 3 400 N
Вращающий момент-1		Объекты: 1 грани Справочный: Ось1 Тип: Приложить вращающий момент Значение: -82 000 N.m
Вращающий момент-2		Объекты: 1 грани Справочный: Ось2 Тип: Приложить вращающий момент Значение: 700 000 N.m
Вращающий момент-3		Объекты: 1 грани Справочный: Ось3 Тип: Приложить вращающий момент Значение: -33 800 N.m

ИНФОРМАЦИЯ О СЕТКЕ

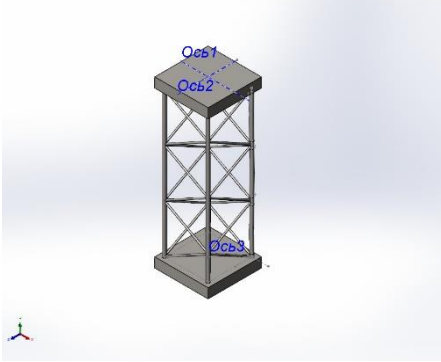
Тип сетки	Сетка на твердом теле
Используемое разбиение:	Сетка на основе смешанной кривизны
Точки Якобиана для сетки высокого качества	16 Точки
Максимальный размер элемента	317,265 mm
Минимальный размер элемента	15,8632 mm
Качество сетки	Высокая

Информация о сетке - Детализация

Всего узлов	307976
Всего элементов	154937
Максимальное соотношение сторон	166,15
% элементов с соотношением сторон < 3	23,9
Процент элементов с соотношением сторон > 10	6,35
Процент искаженных элементов	0
Время для завершения сетки (hh:mm:ss):	00:00:21
Имя компьютера:	

					BBC 2213313 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		120

ДАННЫЕ ДАТЧИКОВ

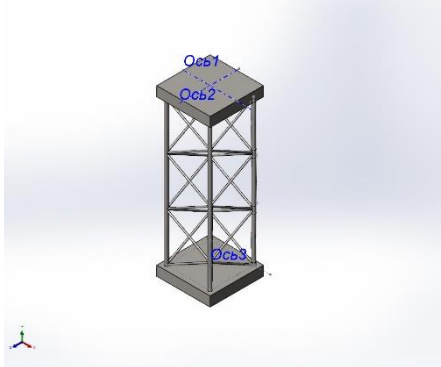
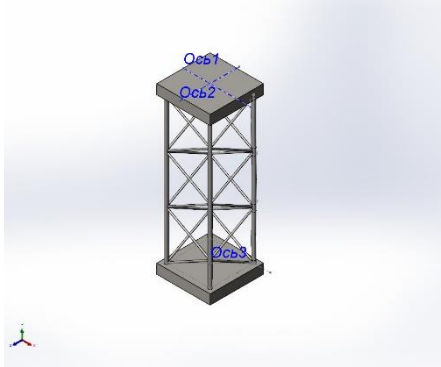
Имя датчика	Местоположение	Данные датчиков
Датчики1		Значение: 1,981e+01 @Режим 1 Объекты : Результат :Запас прочности при потере устойчивости Компонент :Форма колебаний Критерий :Макс модели Критерий шага: В определенной форме колебания Шаг №:1 Сигнальное значение: NA

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

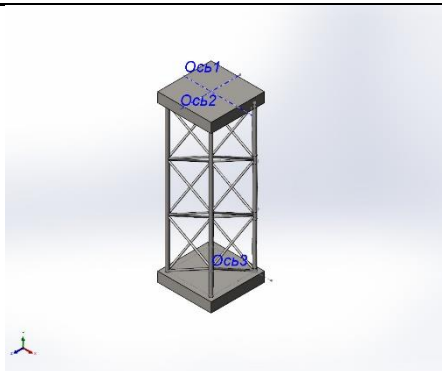
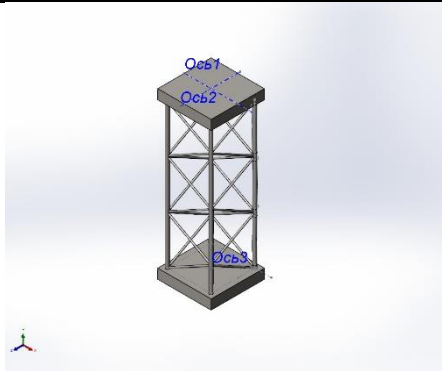
ВВС 2213313 ПЗ

Арк.

121

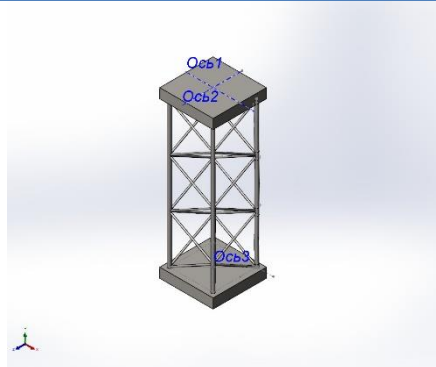
Датчики2		Значение: 1,981e+01 @Режи 1 Объекты : Результат :Запас прочнос при поте устойчивости Компонент :Форма колебаний Критерий :M модели Критерий шага: определенной форме колебания Шаг №:1 Сигнальное значение: NA
Датчики3		Значение: Объекты : Результат :Напряжение Компонент :M Критерий :Макс модели Критерий шага: Во всех шага Шаг №:1

					BBC 2213313 ПЗ	Арк.
						122
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

		Сигнальное значение: NA
Датчики4		Значение: Объекты : Результат :Напряжение Компонент :M Критерий :Макс модели Критерий шага: Во всех шагах Шаг №:1 Сигнальное значение: NA
Датчики5		Значение: Объекты : Результат :Напряжение Компонент :M Критерий :Макс модели Критерий шага: Во всех шагах Шаг №:1 Сигнальное значение: NA

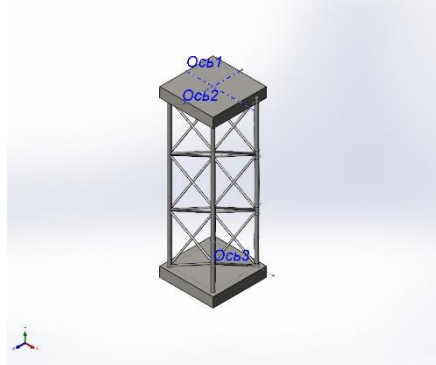
					BBC 2213313 ПЗ	Арк.
						123
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Датчики6



Значение:
Объекты :
Результат
:Запас прочности
Компонент
:Авто
Критерий :Мин
модели
Критерий
шага: Во всех шагах
Шаг №:1
Сигнальное
значение: NA

Датчики7



Значение:
Объекты :
Результат
:Запас прочности
Компонент
:Авто
Критерий :Мин
модели
Критерий
шага: Во всех шагах
Шаг №:1
Сигнальное
значение: NA

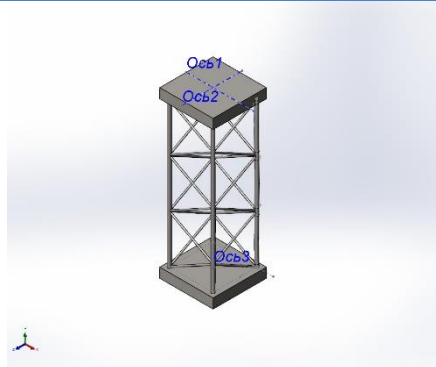
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

BBC 2213313 ПЗ

Арк.

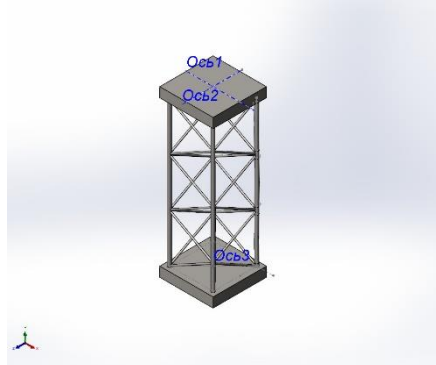
124

Датчики8



Значение:
Объекты :
Результат
:Запас прочности
Компонент
:Авто
Критерий :Мин
модели
Критерий
шага: Во всех шагах
Шаг №:1
Сигнальное
значение: NA

Датчики9



Значение:
Объекты :
Результат
:Запас прочности
Компонент
:Авто
Критерий :Мин
модели
Критерий
шага: Во всех шагах
Шаг №:1
Сигнальное
значение: NA

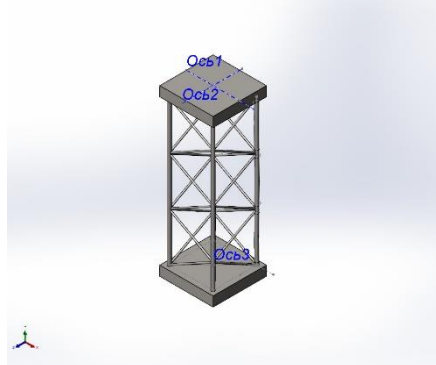
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

BBC 2213313 ПЗ

Арк.

125

Датчики10



Значение:
 Объекты :
 Результат
 :Напряжение
 Компонент :NA
 Критерий
 :Макс модели
 Критерий
 шага: Во всех шагах
 Шаг №:1
 Сигнальное
 значение: NA

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

BBC 2213313 ПЗ

Арк.

126

ОХОРОНА ПРАЦІ

Фермена металоконструкція баштового крану складена з труб, які з'єднуються між собою зварюванням. Нижче приведені специфічні вимоги до забезпечення безпечного виготовлення елементів МК з труб в умовах дрібносерійного виробництва /Правила по охороні праці при виробництві котельних робіт і металевих конструкцій ППТ РО- 14000-003-98/.

1 Охорона праці при монтажі металевих конструкцій**1.1 Загальні вимоги**

1. Основними небезпечними і шкідливими виробничими чинниками, характерними для виробничих процесів при виготовленні металевих конструкцій, є:

машини, які рухаються, механізми, відкриті рухливі елементи виробничого устаткування, переміщувані вироби, заготівлі, матеріали; підвищена загазованість повітря робочої зони, особливо в місцях виробництва зварювальних робіт.

підвищені рівні шуму на робочих місцях при рихтуванні, зачищенні зварених швів.

підвищені рівні вібрації при роботі ручним пневмоінструментом;

підвищені або понижені температури повітря робочої зони;

гострі краї, задирки, шорсткість поверхонь оброблюваних заготівель та ін.

2. Санітарно-гігієнічні умови праці при зварюванні, наплавленні, пайку характеризуються підвищеною запиленістю і загазованістю повітря робочої зони,

					ВВС 2213313 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		127

ультрафіолетовими, видимими і інфрачервоним випромінюваннями зварювальної дуги, електромагнітними полями, які іонізують випромінюваннями, підвищеними рівнями шуму, ультразвуку та ін., при цьому:

3. Узону дихання зварювальника можуть поступати зварювальні аерозолі, які містять оксиди марганцю, хрому, нікелю, міді, титану, алюмінію, заліза, вольфраму та ін., а також токсичні гази - окисел вуглецю, озон, фтористий водень, оксиди азоту та ін. Їх вплив на організм може з'явитися причиною гострих і хронічних професійних захворювань і отруєнь;

4 При ручних і напівавтоматичних видах зварювання можуть виникати захворювання нервово-м'язового апарату плечового поясу як результат статичного навантаження на руки;

5 До небезпечних виробничих чинників при зварювальних роботах відносяться також;

вплив електричного струму;

іскри, бризки і викиди розплавленого металу і шлаків;

небезпека вибуху балонів і систем, які знаходяться під тиском;

механізми, які рухаються, і вироби; небезпека падіння при виконанні робіт на висоті;

6. Виробничі процеси повинні відповідати вимогам пожежо- і вибухонебезпеці., при цьому Зниження небезпеці виникнення пожеж і вибухів при електродуговому зварюванні і киснево-ацетиленовому різанні металів повинно досягатися:

6.1. Узгодженням виробництва зварювальних робіт з пожежною охороною;

6.2. Недопущенням зварювальних робіт на свіжопофарбованих виробах до повного висихання фарби, знайдених під тиском або заповнених горючими або токсичними матеріалами посудинах, апаратах, трубопроводах;

6.3. Належною підготовкою місць виробництва зварювальних робіт з очищенням їх в радіусі не менше 5 м від легкозаймистих матеріалів та ін.

1.2 Вимоги до виробничого процесу

					BBC 2213313 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		128

1. Вимоги безпеки до технологічного процесу повинні бути викладені в технологічній документації.

2. При розробці технологічних процесів і при організації робіт з гибу труб і трубних заготівель необхідно передбачати наступні міри безпеки:

3. Очищення старих труб від накипу повинна вироблятися вологим способом у спеціальному приміщенні. Якщо за умовами виробництва очищення вологим способом зробити неможливо, допускається сухе очищення в приміщенні з місцевою витяжною вентиляцією;

4. Труби перед заливанням їхньою гарячою каніфоллю для холодної гнучкості повинні бути усередині ретельно просушені. Труби перед гарячою гнучкою повинні заповнюватися тільки сухим піском;

5. Перед ручний холодної гнучкості труб необхідно робити ретельну перевірку надійності й придатності оснащення: штирових опор, гибочной плити, обкатаних роликів, гибочных важелів, болтових з'єднань трубогибочного пристосування;

6. Верстати для гнучкості труб повинні бути обладнані пристроями, забезпечують автоматичне припинення роботи верстата у випадку зниження тиску або припинення подачі повітря, рідини;

7. Пускові кнопки (важелі) затискних пристосувань повинні бути надійно заблоковані з пусковими пристроями верстата так, щоб не можна було включити верстат, якщо труба не закріплена;

8. Під час гнучкості труб працівник, керуючий верстатом, повинен здійснювати постійний візуальний контроль за процесом гнучкості;

9. Звільнення вигнутої труби із трубогибочного верстата необхідно робити тільки за підтримкою труби;

10. При прогоні контрольної кулі необхідно використати спеціальні шароуловлювачі для вловлювання кулі й збору пилу.

11. При розробці технологічних процесів і при організації електро- і газозварочних робіт для забезпечення безпеки необхідно передбачати:

11.1. Приєднання джерел зварювального струму до розподільних електричних мереж напругою не вище 660 В;

					BBC 2213313 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		129

11.2. Неприпустимість живлення зварювальної дуги безпосередньо від силової, освітлювальної або контактної мереж;

11.3. Обмеження довжини первинного ланцюга між пунктами харчування й пересувною зварювальною установкою в 10 м з обов'язковим захистом ізоляції проводів від механічних ушкоджень;

11.4. Виключення можливості одержання напруги між зварваним виробом, що, і електродом, що перевищує найбільшу напругу холостого ходу одного із джерел зварювального струму при роботі на одну зварювальну дугу декількох джерел зварювального струму;

11.5. Застосування джерел зварювального струму, обладнаних обмежниками напруги холостого ходу при ручному електродуговому зварюванні;

11.6. Видалення шкідливих виділень із зони зварювання з використанням місцевих витяжних систем вентиляції;

11.7. Заходу щодо виключення витоку газів і влучення їх у суміжні й нижчерозташовані приміщення при аргоно-дуговому зварюванні й зварюванні в середовищі вуглекислого газу;

11.8. Захист працівників, не зв'язаних зі зварюванням, від променів електричної дуги шляхом огороження робочих місць зварників екранами з негорючих матеріалів.

12. При розробці технологічних процесів необхідно передбачати наступні основні міри електробезпеки:

12.1. Електричне устаткування повинне мати виконання, що відповідає умовам його застосування;

12.2. Як джерело зварювального струму повинні застосовуватися задовольняючим вимогам діючих стандартів зварювальні трансформатори, перетворювачі або випрямлячі;

12.3. Корпус будь-якої електрозварювальної установки повинен бути заземлений;

					BBC 2213313 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		130

12.4. Дверцята електророзподільних щитів повинні бути обладнані замками й перебувати постійно закритими. На дверцятах шаф повинен бути нанесений попереджувальний знак електричної напруги;

12.5. Електродотримачі, електрогрелки, електрорезаки не повинні мати не передбачених конструкцією відкритих струмоведучих частин, а рукоятки їх повинні бути виготовлені з струмоізолюючих матеріалів;

12.6. Струмоведучі частини електричних печей і іншого електротехнічного устаткування повинні бути ізольовані й обгороджені. Огородження й інші металеві неструмоведучі частини устаткування повинні бути заземлені;

12.7. Забороняється залишати на робочому місці електрозварювальний інструмент, що перебуває під напругою;

1.2.12.8. Пересувні електрозварювальні установки під час їхнього пересування повинні бути відключені від мережі;

12.9. Зварювальні установки повинні бути захищені запобіжниками або автоматами захисту з боку живильної мережі. Багатопостові зварювальні агрегати крім захисту з боку живильної мережі повинні мати автомат, що відключає, у загальному проведенні живильного ланцюга й запобіжники на кожному проведенні й зварювальному пості;

13. Кантування виробів допускається тільки за допомогою спеціальних роlikоопор, кантователів або маніпуляторів. Кантування виробів краном повинне вироблятися на спеціально виділеній площадці й під безпосереднім керівництвом відповідальної особи (майстри).

14. При зборці великогабаритних виробів, при розташуванні працюючих на висоті обов'язкове застосування монтажних запобіжних поясів.

15. Всі такелажні й стропальні роботи при зборці встаткування повинні виконуватися такелажниками або стропальниками, що мають посвідчення на право виконання цих робіт. У випадку, коли такелажні або стропальні роботи виконуються складальниками, останні повинні бути спеціально навчені й мати відповідне посвідчення.

					BBC 2213313 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		131

16. При спільній роботі складальника й стропальника по зачіпці й обв'язці вантажу старшим повинен бути стропальник.

1.3 Вимоги до виробничих приміщень

1. Обсяг виробничого приміщення на один працюючого повинен становити не менш 15 м³, а площа приміщення - не менш 4,5 м², при цьому висота виробничого приміщення, оснащеного виробничим устаткуванням і мостовими кранами, повинна допускати зборку й розбирання найбільш габаритного устаткування і повинна бути не менш 3,5м;

2. У виробничих приміщеннях, де виробляється гаряча обробка труб (подкатка й розкочування кінців, зварювання, гаряча гнучка й т.д.), повинна бути обладнана вентиляція, що забезпечує чистоту повітря в робочій зоні в межах санітарних норм.

3. Припустимий рівень шуму на робочих місцях, його класифікацію, характеристики, загальні вимоги до захисту від шуму встановлює ДЕРЖСТАНДАРТ 12.1.003.

Рівні звукового тиску в дБ в октавних смугах зі среднегеометричeskими частотами в Гц на постійних робочих місцях і в робочій зоні виробничих приміщень не повинні перевищувати відповідно: 99 дБ при 63 Гц; 92 дБ при 125 Гц; 86 дБ при 250 Гц; 83 дБ при 500 Гц; 80 дБ при 1000 Гц; 78 дБ при 2000 Гц; 76 дБ при 4000 Гц; 74 дБ при 8000 Гц.

Еквівалентні рівні звуку при цьому не повинні перевищувати 85 дБа.

Санітарними нормами як припустимий рівень звуку й еквівалентного рівня звуку на постійних робочих місцях для всіх видів робіт у виробничих приміщеннях прийнято 80 дБа як безпечний рівень, що характеризується нульовим ризиком втрати слуху.

Забороняється навіть короточасне перебування в зоні з октавними рівнями звукового тиску понад 135 дБ у будь-якій октавній смузі.

Зони з рівнем звуку або еквівалентним рівнем звуку вище 85 дБа повинні бути позначені знаками безпеки за ДСТ 12.4.026.

					ВВС 2213313 ПЗ	Арк.
						132
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Працюючі в цих зонах повинні бути забезпечені засобами індивідуального захисту органів слуху за ДСТ 12.4.051.

4. Застосування машин, що є джерелом вібрації, що впливає на працівника, що перевищує санітарні норми більш ніж у чотири рази (на 12 дБ), не допускається.

5. У виробничих приміщеннях, де виробляються електрозварювальні роботи, повинна бути обладнана система примусової приточно-витяжної вентиляції;

6. Стіни приміщень і встаткування електрозварювального виробництва для ослаблення контрасту між яскравістю зварювальної дуги й освітленістю приміщення рекомендується офарблювати в сірий, жовтий або голубой кольору фарбами, що поглинають ультрафіолетове випромінювання;

7. Умови мікроклімату в робочій зоні зварювальних і складальних робіт повинні підтримуватися відповідно до норм, установленими для приміщень із незначним тепловиділенням при роботах середньої ваги;

8. Освітлення виробничих приміщень повинне задовольняти вимогам СНіП 23-05-95, при цьому:

9. Вікна й світлові ліхтарі ділянок очищення виробів, зварювання, газового різання й ін., де виробничі процеси супроводжуються яскравим виділенням пилу й кіптяви, повинні очищатися не рідше одного разу в три місяці, в інших приміщеннях не рідше одного разу в шість місяців.

При очищенні стекол повинні прийматися запобіжні заходи на випадок падіння осколків скла. При остекленні ліхтарів звичайним склом під ліхтарями повинні встановлюватися металеві сітки, при остекленні армованим склом установка сіток не потрібно;

10. Загальне висвітлення виробничих приміщень повинне бути організоване таким чином, щоб виключалося осліплення їм крановиків у кабінах кранів;

11. Затемнення робочих місць мостовими кранами повинне бути компенсоване додатковими світильниками, установленими на кранах;

					ВВС 2213313 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		133

1.4 Вимоги до вихідних матеріалів, напівфабрикатів, готовій продукції й відходам виробництва, до способів їхнього зберігання й транспортування

1. Вихідні матеріали: метали, електроди, припої, флюси, зварювальний дріт, гази, рідини й ін., застосовувані при зварюванні, наплавленні й різанні; дихлоретан, трихлоретилен і ін., застосовувані для знежирення; кислоти, лути й реагенти, застосовувані при гальванічній обробці, інші матеріали повинні відповідати маркам і вимогам, зазначеним у технологічній документації, і не повинні робити шкідливої дії на працюючим. Роботи з небезпечними й шкідливими матеріалами, допущеними до застосування у встановленому порядку, повинні виконуватися із застосуванням відповідних запобіжних заходів і захисти. Матеріали повинні мати сертифікати й паспорти постачальників, а небезпечні й шкідливі речовини також супроводжуватися токсикологічною характеристикою.

2. Поверхні заготівель, що зварюють, повинні бути сухими, очищеними від окалини, змащення, іржі й інших забруднень по ширині не менш 100 мм від зони зварювання. Крайки заготівель і деталей повинні бути без заусенцев.

3. Знежирення поверхонь, що зварюють, як правило, повинне вироблятися безпечними водними розчинами. В окремих випадках за узгодженням з органами відповідних федеральних відомств нагляду й контролю може бути допущене застосування ацетону, уайт-спириту, етилового спирту.

Забороняється відкрите застосування для знежирення поверхонь, що зварюють, трихлоретилену, дихлоретану й інших хлорованих вуглеводнів.

4. Розчинники (ацетон, уайт-спирит, етиловий спирт) для провадження робіт повинні бути розфасовані в спеціальні небиткі флакони ємністю не більше 200 м, що дозволяють здійснення примусової подачі розчинника для змочування тампонів.

Видача флаконів повинна вироблятися керівником робіт безпосередньо перед провадженням робіт.

Використані флакони й тампони необхідно збирати в спеціальну тару з небиткого й неспаленого матеріалу із щільно, що закривається кришкою.

					BBC 2213313 ПЗ	Арк.
						134
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5. Застосовувані для зварювання, пайки, різання електроди, флюси й ін. матеріали повинні бути прожарені або просушені при режимах, що рекомендують технічними паспортами на ці матеріали.

6. Не допускаються до застосування матеріали, що не мають паспорти постачальника, сертифіката.

7. Стиснені гази в балонах, застосовувані при зварюванні й різанні, повинні використовуватися з дотриманням вимог Правил пристрою безпечної експлуатації посудин, що працюють під тиском.

8. Балони повинні мати розпізнавальне фарбування й напис:

8.1. Балони з азотом повинні бути пофарбовані в чорний колір із сірою смугою й написом "Азот" жовтого кольору;

8.2. Балони із сірим і технічним аргоном повинні бути пофарбовані в чорний колір, при цьому:

8.2.1. Балони із сірим аргоном повинні мати смугу й напис "Аргон сирий" білого кольору;

8.2.2. Балони з технічним аргоном повинні мати смугу й напис "Аргон технічний" синього кольору;

8.2.3. Балони із чистим аргоном повинні бути пофарбовані в сірий колір і мати

8.3. Балони з ацетиленом повинні бути пофарбовані в білий колір, мати напис "Ацетилен" червоного кольору;

8.4. Балони з бутиленом повинні бути пофарбовані в червоний колір, мати смугу чорного кольору й напис "Бутилен" червоного кольору;

8.5. Балони з бутаном повинні бути пофарбовані в червоний колір, мати чорну смугу й напис "Бутан" білого кольору;

8.6. Балони з воднем повинні бути пофарбовані в темно-зелений колір, мати напис "Водень" червоного кольору;

8.7. Балони з повітрям повинні бути пофарбовані в чорний колір, мати напис "Стиснене повітря" білого кольору;

8.8. Балони з гелієм повинні бути пофарбовані в коричневий колір, мати напис "Гелій" білого кольору;

					BBC 2213313 ПЗ	Арк.
						135
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

8.9. Балони з киснем повинні бути пофарбовані в блакитний колір, мати напис "Кисень" чорного кольору;

8.10. Балони із двоокисом вуглецю повинні бути пофарбовані в чорний колір, мати напис "Вуглекислота" жовтого кольору;

8.11. Балони з усіма іншими негорючими газами повинні бути пофарбовані в чорний колір і мати напис жовтого кольору найменування, що втримується в них газу;

8.12. Балони з іншими (не зазначеними вище) горючими газами повинні бути пофарбовані в червоний колір і мати напис білого кольору найменування, що втримується в них газу.

8.13 Балони для стиснених газів повинні здаватися на наповнення із залишковим тиском не менш 0,05 Мпа, для розчиненого ацетилену - не менш 0,05 Мпа й не більше 0,1 Мпа.

8.14. Балони, що перебувають в експлуатації, повинні піддаватися огляду не рідше одного разу в 5 років.

Забороняється експлуатувати балони з терміном , що закінчився, огляду й без установлених клейм, а також з несправними вентилями, з ушкодженнями корпусу (тріщини, корозія, деформація й ін.), з невідповідної правилам фарбуванням корпусу й написом на ньому.

9. Метал, що надходить у заготівельне відділення, повинен розвантажуватися, піддаватися проміжному складуванню, транспортуванню відповідно до вимог ДЕРЖСТАНДАРТ 12.3.020. Застосування магнітних шайб допускається за умови їхнього переміщення в спеціальній обгородженій зоні, де немає проходів і робочих місць.

10. Метал повинен укладатися в стійкі штабелі висотою не більше 1,7 м з організацією проходів між ними шириною не менш 1 м і не менш 2 м для головного проходу.

11. Сортовий і фасонний прокат повинен зберігатися в штабелях, ялинкових стелажах.

					ВВС 2213313 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		136

12. Листовий метал, упакований у пачки, повинен бути покладений на дерев'яні бруски (підкладки) і укріплений. Висота штабеля укладання пачок листового металу не повинна перевищувати 4 м.

13. Широкополосна сталь повинна зберігатися на спеціальних підставках у рулонах з установкою їх на ребро в 2 або 3 ряди залежно від діаметра. Загальна висота укладання не повинна перевищувати 2 м. Рулони повинні бути обв'язані.

14. Сталеву стрічку в колах масою до 60 кг варто зберігати в штабелях у горизонтальному положенні у два ряди й більше.

15. Матеріал у бунтах масою більше 60 кг необхідно зберігати в штабелях з укладанням бунтів на ребро.

16. Відходи й окалину необхідно зберігати в тарі або спеціально відведеному місці з бетонною або металевою підлогою й забирати не рідше одного разу на місяць.

Місце зберігання відходів повинне бути обгороджене суцільним огородженням висотою не менш 0,5 м.

На ділянках провадження робіт відходи необхідно складировать у тару.

17. Розсув матеріалів, тари із заготівлями, деталями, відходами виробництва повинне бути зручним для їх зачалування.

18. Зварювальні матеріали, припої повинні зберігатися в критих сухих приміщеннях, в атмосфері яких не допускається наявність пар лугів, кислот і інших агресивних речовин.

Умови зберігання зварювального дроту, електродів, флюсів, припоїв повинні відповідати вимогам технічного паспорта на дану марку матеріалу.

19. Перед видачею в роботу зварювальні матеріали повинні бути прожарені або просушені по відповідним для них режимам.

20. У холодний період року матеріали й заготівлі повинні подаватися в цех заздалегідь для того, щоб допочатку зварювання їхня температура була вирівняна з температурою в приміщенні цеху. Матеріали й заготівлі повинні бути сухими й очищені від окалини, іржі, мастильних матеріалів і інших забруднень.

					BBC 2213313 ПЗ	Арк.
						137
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

21. Навантаження, розвантаження й переміщення труб повинні бути механізовані.

22. Складування необхідних для роботи труб повинне вироблятися на спеціально виділених місцях у цеху або на площадці.

Укладання й зберігання труб повинні виключати їхнє розвалювання й розкочування.

6.1.5 Вимоги до розміщення виробничого устаткування й організації робочих місць

1. Зварювальні пости залежно від устаткування й методів зварювання, ступеня пожаро- і вибухонебезпечності повинні перебувати на відстані 4-10 м від місця знаходження горючих матеріалів.

2. На ділянках і в місцях виробництва складально-зварювальних робіт повинні передбачатися проходи, що забезпечують зручність і безпеку при виробництві складальних, зварювальних робіт і транспортуванню заготівель і виробів.

3. При зварюванні виробів з підігрівом робоче місце повинне бути спеціально обладнано екранами, укриттями для підігрітого виробу або панелями охолодження, що забезпечують зниження опромінення зварника відповідно до вимог санітарних норм до мікроклімату робочих місць і виробничих приміщень.

4. При виробництві зварювальних робіт у кабінах вільна площа на один зварювальний пост повинна бути не менш 3 м².

Обшивання кабіни повинна бути виконана з неспалених матеріалів, між обшиванням і підлогою повинен бути зазор не менш 50 мм, а при зварюванні в середовищі захисних газів - не менш 300 мм.

Якщо над кабіною можливий рух мостового крана, верх кабіни повинен бути закритий металевою сіткою з осередками не більше 50x50 мм.

5. Робочі місця зварників повинні бути обгороджені екранами або ширмами з негорючих матеріалів висотою не менш 1,6 м.

При зварюванні в середовищі захисних газів необхідне вживання заходів по виключенню витoku й проникнення цих газів у суміжні й нижчерозташовані приміщення.

					BBC 2213313 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		138

6.1.6 Вимоги до застосування засобів захисту працівників

1. Робітники електрозварювальних професій повинні бути забезпечені засобами індивідуального захисту відповідно до характеру й умовами виконуваних робіт (костюм бавовняний з вогнестійким просоченням, черевики шкіряні, рукавиці брезентові, окуляри захисні. Залежно від специфіки робіт - чоботи гумові, рукавички діелектричні, куртки, штани на підкладці, що утеплює, валянки й ін.);
2. Захист особи й око повинна забезпечуватися щитками за ДСТ 12.4.035 і окулярами за ДСТ 12.4.013;
3. Для захисту органів слуху повинні застосовуватися засоби індивідуального захисту за ДСТ 12.4.051;
4. Для захисту рук працюючі повинні забезпечуватися рукавицями із крагами за ДСТ 12.4.010, при контактному зварюванні й зварюванні в інертних газах - рукавичками типу Тр;
5. При виконанні зварювальних робіт в умовах підвищеної небезпеки поразки електричним струмом працюючі повинні забезпечуватися калошами, ковриками гумовими діелектричними за ДСТ 4997, рукавичками типу Эн або ЭВ;
6. Робітники, що роблять рубання, зачищення швів, клепку, а також працюючі в безпосередній близькості від місць, де виробляються зазначені операції, повинні бути забезпечені засобами індивідуального захисту від шуму (звукоізолюючі напівшоломи, навушники, беруши й т.п.);
7. Для захисту від зіткнення з холодним металом у замкнутих просторах або при проведенні зварювання на великих об'єктах електрозварювачі повинні забезпечуватися повстяними підстилками або матами, що мають гумовий прошарок, наколінниками й підлокітниками, виготовленими із брезенту й вати;
8. Працюючим на зварювальних роботах повинна видаватися спеціальне взуття за ДСТ 12.4.032, що охороняє від опіків бризами розплавленого металу, а також від механічних травм.

1.7 Охорона праці при виконанні монтажних робіт

					ВВС 2213313 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		139

Установка елементів конструкцій виконується у відповідності з проектом виконання робіт або технологічними картами. Перед початком монтажу необхідно попередити працюючих внизу, щоб покинули небезпечну зону. На ділянці будівництва під час ведення монтажних робіт не допускається виконання інших робіт та знаходження сторонніх осіб в зоні монтажу. Переміщення і монтаж елементів конструкцій над перекриттями, під якими перебувають люди, допускаються у виняткових випадках за розпорядженням начальника ділянки.

Монтажнику забороняється:

- піднімати вантаж, підтягуючи його косим натягуванням канату;
- піднімати вантаж, вага якого перевищує граничну вантажопідйомність механізму;
- піднімати примерзлі або засипані землею вантажі;
- перебувати на вантажі під час його піднімання;
- перебувати під вантажем, який піднімається.

Стропування елементів конструкцій необхідно проводити інвентарними стропами, а в окремих випадках – спеціальними вантажозахватними пристроями (наприклад, траверсами). Забороняється користуватися немаркованими, забракованими або пошкодженими вантажозахватними пристроями і тарою. Способи стропування у всіх випадках повинні виключати можливість падіння вантажу. Перед підняттям матеріалів і конструкцій необхідно переконатися у відсутності на них будь-яких сторонніх предметів та інструментів, очистити монтажні елементи від забруднення та намерзання.

Способи стропування елементів конструкцій та обладнання повинні забезпечувати їх подачу до місця встановлення у положенні, близькому до проектного. Стропування конструкцій та обладнання потрібно виконувати вантажозахватними приладами, забезпечуючи можливість дистанційного роз стропування із робочого горизонту у випадках, коли висота до замка вантажозахватного пристрою перевищує 2 м. Кути відхилення від вертикалі вантажних канатів та поліспастів вантажопідйомних приладів в процесі монтажу

					BBC 2213313 ПЗ	Арк.
						140
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

не повинні перевищувати величину, вказану в паспорті, затвердженому проекті або в технічних вимогах на це вантажопідйомне приладдя.

У разі виявлення в процесі роботи будь-яких несправностей у засобах підмоцнування, необхідно припинити роботи і сповістити відповідального керівника для вжиття заходів щодо усунення несправності. При відсутності огороження або недоцільності улаштування засобів підмоцнування під час роботи на висоті монтажник повинен виконувати роботи у запобіжному поясі, причому карабін запобіжного пояса повинен кріпитися до надійних елементів конструкцій або страхувального канату (за вказівкою керівника робіт).

Забороняється залишати підняті елементи конструкцій у підвішеному стані. Розстропування встановлених елементів і конструкцій дозволяється після надійного їх закріплення. Подану конструкцію необхідно опустити над місцем її встановлення не більше ніж на 30 см вище проектного положення і після цього монтажник наводить її на місце встановлення (обпирання), опускає і закріплює.

Забороняється встановлювати руками підкладки під елементи конструкцій, що перебувають на висоті, а також перевіряти збіг отворів пальцями, для цього необхідно користуватися спеціальними оправками.

Виконувати зовнішні монтажні роботи під час ожеледі, грози, туману, швидкості вітру 15 м/сек і більше забороняється.

Під час роботи з електрообладнанням необхідно слідкувати за тим, щоб струмоведучі частини були надійно захищені від випадкового стикання з ним. Усі електричні з'єднання повинні мати надійну ізоляцію. Кабелі електроживлення необхідно укладати без перегинів, а щоб уникнути його пошкодження кабель необхідно підвішувати. Не допускається перетинання електрокабелю електрозварювальними кабелями.

Під час проведення робіт в темну пору дня необхідно забезпечити достатню освітленість робочого місця, забороняється виконувати роботи при поганому освітленні робочого місця. Незалежно від характеру виконуваних робіт усі робітники, які беруть участь у монтажних роботах, повинні носити каски.

					BBC 2213313 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		141

2 Розрахунок двохгілкового гнучкого стропи для монтажу сталевих конструкцій покрівель

Дано: найважча із запроєктованих прокатних балок довжиною 24 м виконана з прокатного двотавра 100Б4, який має погонну масу 314,5 кг/м.

Тоді вага балки дорівнює $314,5 \times 24 = 7548 \text{ кг} = 75,55 \text{ кН}$.

З урахуванням конструктивних деталей приймаємо максимально можливу вагу вантажу рівною 80 кН.

1. Визначаємо силу натягу, що виникає в одній з двох гілок стропи при куті нахилу до напрямку дії розрахункового зусилля $\alpha = 30^\circ$:

$$S = P/m \cdot \cos \alpha = 80/2 \cdot 0,866 = 46,2 \text{ кН}.$$

2. Знаходимо необхідне розривне зусилля в гілці стропи, встановивши коефіцієнт запасу міцності $k_c = 6$:

$$R_0 = S \times k_c = 46,2 \times 6 = 278 \text{ кН}.$$

3. По знайденому розривному зусиллю за ГОСТ 3065-66 підбираємо для стропи канат спіральний типу ТК діаметром $d = 21,5$ мм з тимчасовим опором розриву дротів 140 кгс/мм^2 . Розривне зусилля цього каната в цілому дорівнює $R_0 = 316,5 \text{ кН}$, тобто перевищує необхідне за розрахунком значення.

Отже, для монтажу запроєктованих у роботі кроквяних балок слід використовувати двохгілковий строп зі сталевго каната ТК діаметром 21,5 мм за ГОСТ 3065-66 при куті нахилу гілок 30° .

					ВВС 2213313 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		142