

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ІНЖЕНЕРНИЙ ІНСТИТУТ**

**ФАКУЛЬТЕТ БУДІВНИЦТВА ТА ЦИВІЛЬНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ**

промислового та цивільного будівництва

(повна назва кафедри)

**Кваліфікаційна робота**

другий магістерський

(рівень вищої освіти)

на тему **Інноваційна технологія монтажу огорожувальних конструкцій  
при реконструкції теплоелектростанцій**

Виконав: студент  2  курсу,

групи  БУД-18-4мд

спеціальності  192 «Будівництво та цивільна інженерія»

(код і назва спеціальності)

освітньої програми  «Промислове і цивільне будівництво»

(код і назва освітньої програми)

спеціалізації  -

(код і назва спеціалізації)

Д.В. Качан

(ініціали та прізвище)

Керівник  доцент, к.т.н. Юхименко А.І.

(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Рецензент  доцент, к.т.н. Самченко Р.В.

(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Запоріжжя  
2020

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ІНЖЕНЕРНИЙ ІНСТИТУТ

Факультет Будівництва та цивільної інженерії  
Кафедра Промислового та цивільного будівництва  
Рівень вищої освіти другий магістерський  
Спеціальність 192 «Будівництво та цивільна інженерія»  
(код та назва)  
Освітня програма «Промислове і цивільне будівництво»  
(код та назва)  
Спеціалізація \_\_\_\_\_  
(код та назва)

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри ПЦБ  
проф. Арутюнян І.А.  
«    » 20 року

**ЗАВДАННЯ**  
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Качану Дмитру Володимировичу  
(прізвище, ім'я, по батькові)

1 Тема роботи (проекту) Інноваційна технологія монтажу огорожувальних конструкцій при реконструкції теплоелектростанцій

керівник роботи Юхименко Артем Ігорович, к.т.н.  
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом ЗНУ від «10» вересня 2019 року №1542-с

2 Строк подання студентом роботи 27.12.2019 р.

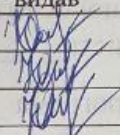
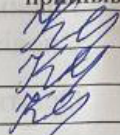
3 Вихідні дані до роботи Актуальність обраного напрямку досліджень, значимість у сучасному житті, можливості розв'язання проблематики, перспективи впровадження майбутніх досягнень, мета роботи, завдання до виконання обраних досліджень, об'єкт досліджень, предмет досліджень

4 Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Провести аналіз умов виробництва робіт на діючих теплоелектростанціях і визначити основні параметри монтажної демонтажної процесу. Розробити нові технологічні рішення заміни огорожувальних конструкцій. Розробити розрахункові схеми монтажних систем, виконати математичне моделювання та розрахунок основних елементів оснащення.

5 Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) Від восьми графічних аркушів із результатами аналітичних обґрунтувань наукового напрямку досліджень, результатами

експериментальних досліджень, доказами оптимальності запропонованих методик, результатами чисельних розрахунків із застосуванням сучасних інформаційних методів досліджень

#### 6 Консультанти розділів роботи

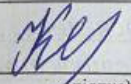
Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Розділ 1	Юхименко А.І., доц.		
Розділ 2	Юхименко А.І., доц.		
Розділ 3	Юхименко А.І., доц.		

7 Дата видачі завдання 30.09.2019 р.

#### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Розділ 1 Стан питання технологій монтажу огорожувальних конструкцій при реконструкції теплоелектростанцій	24 жовтня	
2	Розділ 2 Дослідження теоретичних основ технології безкранових монтажу	15 листопада	
3	Розділ 3 Удосконалення технології безкранового монтажу	20 грудня	

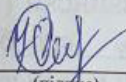
Студент

  
(підпис)

Д.В. Качан

(ініціали та прізвище)

Керівник роботи

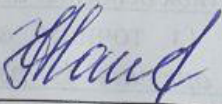
  
(підпис)

А.І. Юхименко

(ініціали та прізвище)

**Нормоконтроль пройдено**

Нормоконтролер

  
(підпис)

Н.О. Данкевич

(ініціали та прізвище)

## АНОТАЦІЯ

Качан Д.В. Інноваційна технологія монтажу огорожувальних конструкцій при реконструкції теплоелектростанцій.

Кваліфікаційна випускна робота для здобуття ступеня вищої освіти магістра за спеціальністю 192 – Будівництво та цивільна інженерія, науковий керівник А.І. Юхименко. Інженерний інститут Запорізького національного університету. Факультет будівництва та цивільної інженерії, кафедра промислового та цивільного будівництва, 2020.

Виконаний аналіз умов виробництва робіт на діючих теплоелектростанціях і визначити основні параметри монтажно-демонтажного процесу. Розроблені нові технологічні рішення заміни огорожувальних конструкцій головного корпусу ТЕС в умовах діючого виробництва, що забезпечують можливість виконання робіт по заміні конструкцій будь-якої частини будівлі. Розроблені розрахункові схеми монтажних систем, виконано математичне моделювання та розрахунок основних елементів оснащення за запропонованою технологією монтажу і демонтажу будівельних конструкцій для різних умов і параметрів будівельного майданчика. Виявлено технологічні можливості і області застосування монтажних систем технології безкранових монтажу в умовах діючих виробництв.

Ключові слова: МОНТАЖ ОГОРОДЖУВАЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ, РЕКОНСТРУКЦІЯ, ТЕПЛОЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ, БЕЗКРАНОВИЙ МОНТАЖ, ТЕХНОЛОГІЧНІ МОЖЛИВОСТІ.

Список публікацій магістранта:

Качан Д.В., Юхименко А.І. Інноваційна технологія монтажу огорожувальних конструкцій при реконструкції теплоелектростанцій. *Проблеми сучасного будівництва, екологічної безпеки та охорони праці*: зб. матеріалів доп. Участв. XXIV наук.-техн. конф. студентів, магістрантів, аспірантів, молодих вчених та викладачів ІІ ЗНУ. Запоріжжя: ІІ ЗНУ, 2019. Т2. С.121.

## АННОТАЦИЯ

Качан Д.В. Инновационная технология монтажа ограждающих конструкций при реконструкции теплоэлектростанций.

Квалификационная выпускная работа для получения степени высшего образования магистра по специальности 192 - Строительство и гражданская инженерия, научный руководитель А.И. Юхименко. Инженерный институт Запорожского национального университета. Факультет строительства и гражданской инженерии, кафедра промышленного и гражданского строительства, 2020.

Выполнен анализ условий производства работ на действующих теплоэлектростанциях и определены основные параметры монтажно-демонтажного процесса. Разработаны новые технологические решения замены ограждающих конструкций главного корпуса ТЭС в условиях действующего производства, обеспечивающие возможность выполнения работ по замене конструкций любой части здания. Разработаны расчетные схемы монтажных систем, выполнено математическое моделирование и расчет основных элементов оснащения по предложенной технологии монтажа и демонтажа строительных конструкций для различных условий и параметров строительной площадки. Выявлены технологические возможности и области применения монтажных систем технологии бескранового монтажа в условиях действующих производств.

Ключевые слова: МОНТАЖ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ, РЕКОНСТРУКЦИЯ, ТЕПЛОЭЛЕКТРОСТАНЦИИ, БЕСКРАНОВЫЙ МОНТАЖ, ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ВОЗМОЖНОСТИ.

Список публикаций магистранта:

Качан Д.В., Юхименко А.И. Инновационная технология монтажа ограждающих конструкций при реконструкции теплоэлектростанций. Проблемы современного строительства, экологической безопасности и охраны труда: сб. материалов докл. участн. XXIV научно-техн. конф. студентов, магистрантов, аспирантов, молодых ученых и преподавателей ИИ ЗНУ. Запорожье: ИИ ЗНУ, 2019. Т2. С.121.

## ANNOTATION

Kachan D.V. Innovative technology for the installation of enclosing structures during the reconstruction of thermal power plants.

Qualification final work for obtaining a higher education degree of a master's degree in specialty 192 - Construction and civil engineering, scientific adviser A.I. Yukhimenko. Engineering Institute of Zaporizhzhya National University. Faculty of Building and Civil Engineering, Department of Industrial and Civil Engineering, 2020.

The analysis of the conditions of work at existing thermal power plants is carried out and the main parameters of the installation and dismantling process are determined. New technological solutions have been developed for replacing the enclosing structures of the main building of TPPs in the conditions of the existing production, which provide the ability to perform work on replacing structures in any part of the building. Design schemes for mounting systems have been developed, mathematical modeling and calculation of the basic equipment elements have been performed according to the proposed technology for mounting and dismantling building structures for various conditions and parameters of the construction site. The technological capabilities and areas of application of installation systems of the technology of craneless installation in the conditions of existing industries have been identified.

Key words: INSTALLATION OF PROTECTIVE FACILITIES, RECONSTRUCTION, HEAT POWER PLANTS, SCREEN-FREE INSTALLATION, TECHNOLOGICAL OPPORTUNITIES.

List of undergraduate publications:

Kachan D.V., Yuhymenko A.I. Innovative technology for the installation of enclosing structures during the reconstruction of thermal power plants. Problems of modern construction, environmental safety and labor protection: Sat. materials dokl. participating XXIV scientific and technical. conf. students, undergraduates, graduate students, young scientists and teachers of EI ZNU. Zaporozhye: EI ZNU, 2019. T2. S.121.

**ЗМІСТ:**

ВСТУП	9
РОЗДІЛ 1 СТАН ПИТАННЯ ТЕХНОЛОГІЙ МОНТАЖУ ОГОРОДЖУВАЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ ПРИ РЕКОНСТРУКЦІЇ ТЕПЛОЕЛЕКТРОСТАНЦІЙ	12
1.1 Аналіз існуючих генеральних планів теплоелектростанцій	12
1.2 Особливості конструктивних рішень головних корпусів ТЕС	17
1.3 Аналіз впливу технологічних процесів на огороджувальні конструкції в період їх експлуатації	21
1.4 Аналіз монтажно-такелажного оснащення яке застосовується при монтажі констру- кцій промислових будівель	26
1.5 Аналіз існуючих технологій монтажу та демонтажу огороджувальних конструкцій при реконструкції ТЕС	28
РОЗДІЛ 2 ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕОРЕТИЧНИХ ОСНОВ ТЕХНОЛОГІЇ БЕЗКРА- НОВИХ МОНТАЖУ	41
2.1 Аналіз складу технологічних процесів демонтажу і монтажу аварійних кон- струкцій в умовах діючих теплоелектростанцій	41
2.2 Особливості проектування монтажно-демонтажних робіт в умовах діючих ТЕС	46
2.3 Обґрунтування технології безкранових монтажу огороджувальних констру- кцій при реконструкції діючих ТЕС	50
2.4 Визначення основних технологічних параметрів монтажних систем техноло- гії безкранових монтажу при реконструкції діючих ТЕС	57
2.5 Моделювання та аналіз навантажень в елементах монтажних систем для різ- них умов виробництва робіт	60
2.5.1 Методика і результати математичного моделювання монтажної системи «Квадро-1»	62
2.5.2 Методика і результати математичного моделювання монтажної системи «Квадро-2»	75

2.6	Перевірочні розрахунки димових труб на дію навантажень від монтажних систем «Квадро-1» і «Квадро-2»	80
2.6.1	Розрахунок димової труби на вітрові навантаження	83
2.6.2	Розрахунок димової труби на дію сейсмічних сил	84
2.6.3	Розрахунок димової труби на вітрові впливи і додаткове навантаження від канатної системи	85
РОЗДІЛ 3 УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ БЕЗКРАНОВОГО		
МОНТАЖУ		
3.1	Визначення технологічних можливостей і області раціонального застосування монтажних систем «Квадро-1» і «Квадро-2»	88
3.2	Застосування димових труб в якості опори для монтажних систем	91
3.3	Використання несучих конструкцій головного корпусу для монтажної системи «Квадро-2»	96
ВИСНОВКИ		99
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ		100



## ВСТУП

**Актуальність теми.** На сьогоднішній момент в Україні основними виробниками електроенергії є теплоелектростанції (ТЕС). Значна частина огорожувальних конструкцій будівель головних корпусів теплоелектростанцій, радянського періоду будівництва знаходиться в обмежено працездатному, або аварійному стані. Для забезпечення нормальної і безпечної експлуатації небезпечних виробничих об'єктів виникає необхідність в капітальному ремонті, модернізації або реконструкції головних корпусів з заміною будівельних конструкцій відпрацьованих і вичерпали свій ресурс [1]. Вирішення питань заміни огорожувальних конструкцій ускладнене великими розмірами головних корпусів, стисненими умовами генерального плану теплоелектростанції і обмеженими можливостями існуючих монтажних кранів. Значно посилює умови виробництва монтажних робіт, необхідність виконання заміни огорожувальних конструкцій без зупинки технологічних процесів енергопідприємства.

Існуючі технології та методи виробництва робіт часто не дозволяють виконати весь обсяг робіт, характеризуються великими фінансовими витратами, низькою ефективністю і продуктивністю робіт. Заміна аварійних конструкцій, за умови забезпечення безпечного проведення робіт, вимагає принципово іншої такелажного оснащення при демонтажних процесі, на відміну від використовуваної на етапі будівництва.

Необхідність розробки нових, науково обґрунтованих технологій монтажу огорожувальних конструкцій головних корпусів діючих теплоелектростанцій, що дозволяють продуктивно і ефективно виконати заміну аварійних конструкцій, з розробкою необхідної монтажно такелажного оснащення визначають актуальність теми кваліфікаційної роботи.

**Метою написання магістерської роботи** є удосконалення технології безкранового монтажу і демонтажу конструкцій при капітальному ремонті або ре-

конструкції головних корпусів ТЕС в умовах діючого виробництва, з визначенням технологічних можливостей і області застосування запропонованих технологічних рішень.

Відповідно до поставленої мети основними **завданнями** були:

- на основі збору і систематизації даних про теплоелектростанціях, зіставлення і узагальнення існуючих технологій монтажу та демонтажу конструкцій головних корпусів ТЕС, необхідно провести аналіз умов виробництва робіт на діючих теплоелектростанціях і визначити основні параметри монтажно-демонтажного процесу;

- розробити нові технологічні рішення заміни огорожувальних конструкцій головного корпусу ТЕС в умовах діючого виробництва, що забезпечують можливість виконання робіт по заміні конструкцій будь-якої частини будівлі;

- розробити розрахункові схеми монтажних систем, виконати математичне моделювання та розрахунок основних елементів оснащення за запропонованою технологією монтажу і демонтажу будівельних конструкцій для різних умов і параметрів будівельного майданчика;

- виявити технологічні можливості і області застосування монтажних систем технології безкранових монтажу в умовах діючих виробництв.

**Об'єкт дослідження** — технологія безкранових монтажу огорожувальних конструкцій головних корпусів ТЕС в умовах діючого виробництва.

**Предмет дослідження** — критерії та параметри технології безкранових монтажу огорожувальних конструкцій в умовах діючої теплоелектростанції. монтажу індустриальних сендвіч-панелей.

**Методи досліджень** включали виявлення умов і основних факторів, що характеризують стан об'єкта капітального ремонту або реконструкції; виявлення основних критеріїв необхідних для виконання робіт з капітального ремонту та реконструкції головних корпусів теплоелектростанцій; визначення технологічних параметрів монтажних систем запропонованої технології безкранових монтажу при виконанні робіт на діючих ТЕС; математичне моделювання технологічних параметрів запропонованих монтажних систем.

**Наукова новизна** досліджень і отриманих результатів полягає в тому, що:

- досліджені умови виконання робіт по заміні огорожуючих конструкцій головного корпусу діючої теплоелектростанції, виділено основні чинники, що характеризують об'єкта реконструкції: однотипність і скрутність генеральних планів ТЕС ; наявність димових труб в складі теплоелектростанції; однотипність конструктивних рішень головних корпусів;

- розроблене нове такелажне оснащення для заміни аварійних стінових панелей, що забезпечує підвищення продуктивності праці і безпеку виконання монтажних робіт.

**Апробація роботи.** Основні положення роботи опубліковані на XXIV науково-технічній конференції студентів, магістрантів, аспірантів, молодих вчених та викладачів ІІ ЗНУ у секції «Проблеми сучасного будівництва екологічної безпеки та охорони праці» (2019, м. Запоріжжя).

**Структура роботи.** Структурно робота складається з вступу, трьох розділів, висновків. Загальний обсяг 104 сторінки. Включає 45 рисунків, 8 таблиць, список використаної літератури з 65 пунктів.

# РОЗДІЛ 1

## СТАН ПИТАННЯ ТЕХНОЛОГІЙ МОНТАЖУ ОГОРОДЖУВАЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ ПРИ РЕКОНСТРУКЦІЇ ТЕПЛОЕЛЕКТРОСТАНЦІЙ

### 1.1 Аналіз існуючих генеральних планів теплоелектростанцій

На сьогоднішній момент в Україні основні виробники тепла і електроенергії є теплоелектроцентралі (ТЕС та вони мають схожі генеральні плани з практично однаковим складом і призначенням будівель і споруд, виробничими лініями і технологічними процесами, що відбуваються в них [10]. Теплоелектростанції відрізняються лише продуктивністю і процентним співвідношенням, що виробляють обсяги тепла і електроенергії.

Функціональне призначення, кількість і розташування будівель і споруд строго залежить від технологічного процесу. У зв'язку з вузькими рамками технологічного процесу, вимог екології та енергозбереження при проектуванні і будівництві генеруючих підприємств застосовуються уніфіковані, типові генеральні плани. Прив'язка і розташування основних будівель і споруд відносно один одного ідентична на всіх теплоелектростанціях. На рис. 1.1 представлений уніфікований, типовий план розташування головного корпусу ТЕС середньої потужності і прилеглої території. До складу основних будівель і споруд ТЕС, в залежності від застосовуваного виробничого процесу і палива входять: головний корпус, димові труби, димососне відділення, відкритий розподільчий пристрій (ВРП), цех хімічної водоочистки і водопідготовки, градирні, допоміжні будівлі і споруди, інженерні комунікації газопостачання, теплопостачання та ін. До переліку енергопідприємств крім теплоелектростанцій входять котельні, призначені для постачання теплом і гарячою водою окремих районів міст і селищ. Як приклад на рис. 1.2 (фото супутника Google) представлена частина генерального плану Харківської ТЕС-5, побудованої в 1970-1975г.г., яку можна віднести до невеликих енергопідприємств. Вона забезпечує теплом і гарячою водою житлові мікрорайони Харкова.

До складу даної котельні входять: основний виробничий корпус (головний корпус), димова залізобетонна труба висотою 150 м, допоміжні будівлі і споруди, що підводять і відводять інженерні комунікації газопостачання, теплопостачання та ін. Димова труба служить для відведення димових газів і розташована в безпосередній близькості від головного корпусу, з боку теплових і водогрійних котлів.

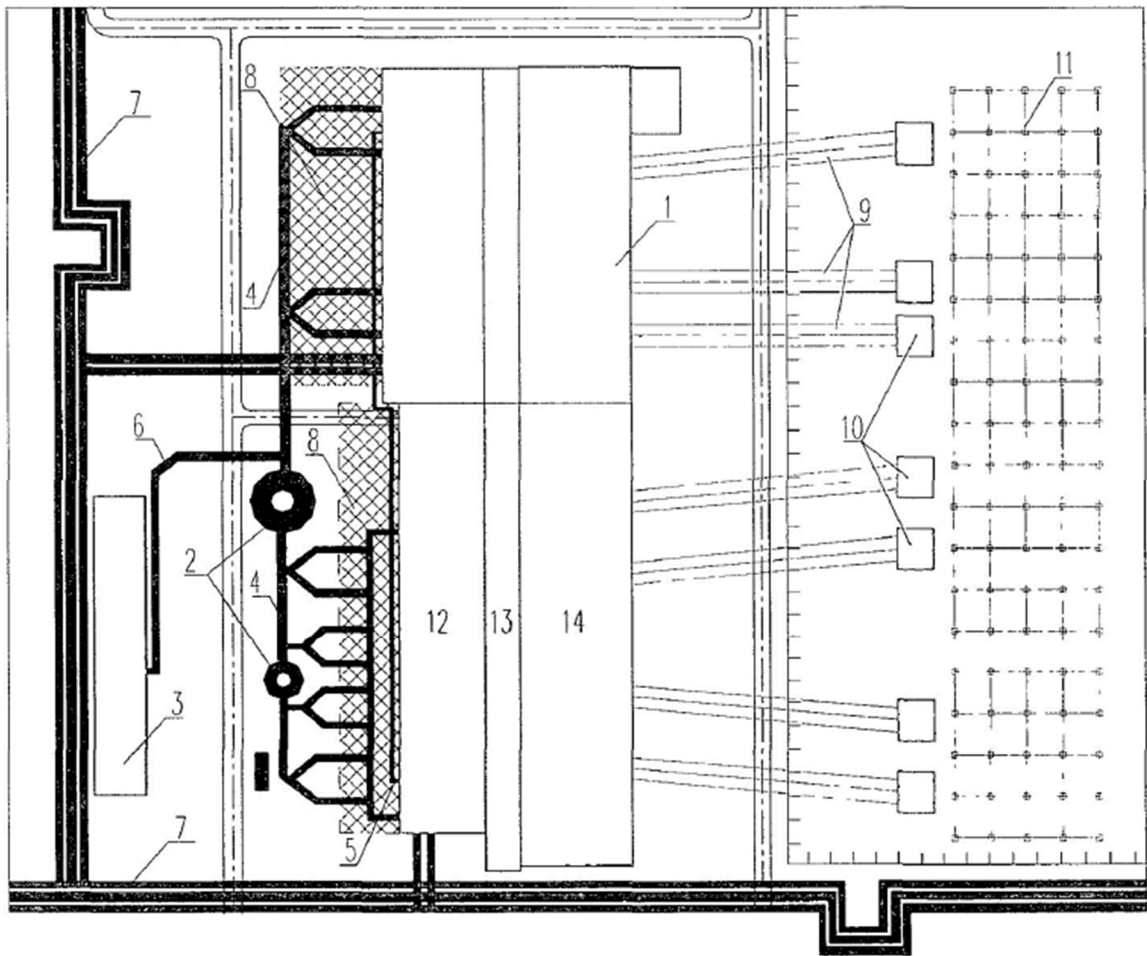


Рисунок 1.1 - Типовий план ТЕС середньої потужності:

1-головний корпус; 2-димові труби; 3-пікова котельня; 4-димоходи; 5-газопровід; 6-димоход пікової котельні; 7- надземні теплопроводи і інженерні комунікації; 8-зони робота мостового або козлового кранів димососним відділення; 9- виводять струмопроводи; 10-трансформаторні підстанції; 11-відкритий розподільчий пристрій (ВРП); 12- котельне відділення головного корпусу; 13-турбінне відділення головного корпусу; 14-деаераторне відділення головного корпусу

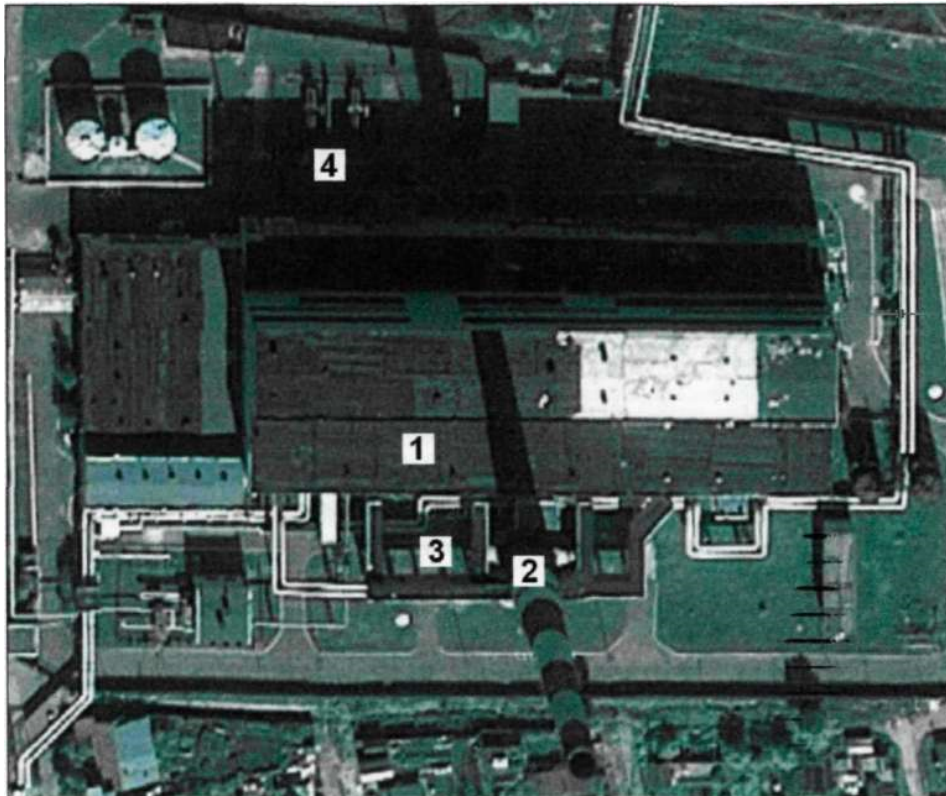


Рисунок 1.2 - Загальний вигляд Харківської ТЕС-5:

1-головний корпус; 2-димова труба; 3-димососним відділення;  
4-теплопроводи і інженерні комунікації

На рис. 1.3 (фото з супутника Google) представлена одна з найбільш "молодих" теплових та електричних станцій Черкаської області - Черкаська ТЕС, введена в експлуатацію в 1972 році. У складі ТЕС налічується 7 технологічних цехів, 9 відділів і 3 лабораторії. Основним видом палива є природний газ, резервним - мазут. Дану електростанцію можна віднести до енергопідприємств середньої потужності. Черкаська ТЕС забезпечує теплом і електроенергією більше половини міста Черкаси з числом жителів більше мільйона чоловік, причому майже 80% споживачів станції - населення, а також вона забезпечує електроенергією і теплом промислові підприємства м.Черкаси. З боку котельного відділення основного виробничого корпусу (головного корпусу), розташовані димові залізобетонні труби висотою 180 і 240 м. Які через систему димоходів відводять димові гази з котлів. Для забезпечення технологічного процесу виробництва те-

пла та електроенергії головний корпус з усіх боків оточений підводять і відводять інженерними комунікаціями. З протилежного боку від димових труб розташовується система токопроводов високої напруги або відкритий розподільчий пристрій (ВРП).

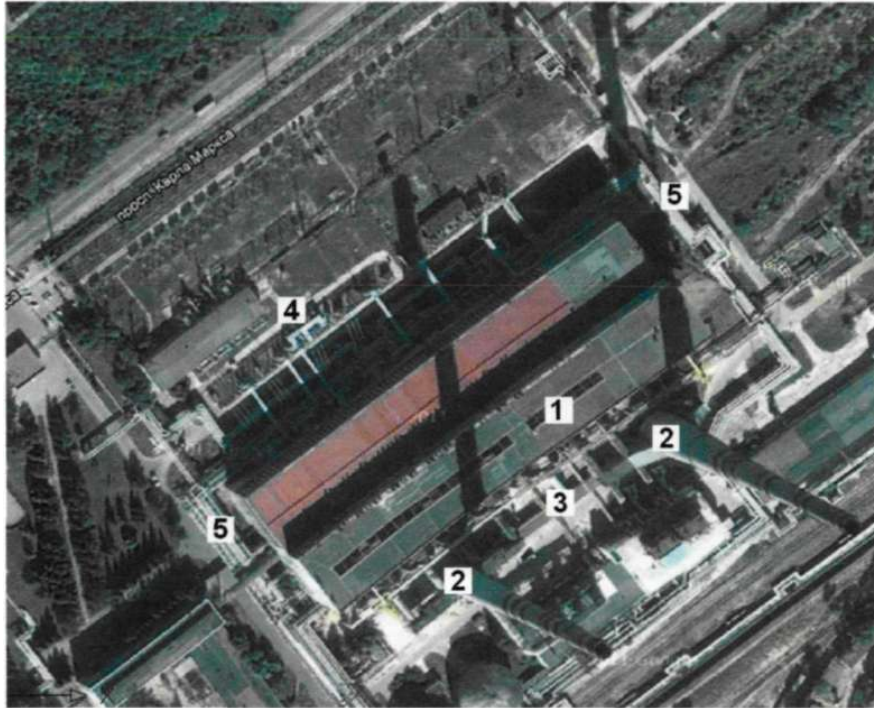


Рисунок 1.3 - Загальний вигляд Черкаської ТЕС:

1 головний корпус; 2 - димові труби; 3 - димососним відділення; 4 - відкритий розподільчий пристрій (ВРП); 5 - теплопроводи і інженерні комунікації

На рис. 1.4 (фото з супутника Google) показана частина генерального плану Київської ТЕС. Електростанція зводилася в три черги з 1965 по 1976 р

Київська ТЕС можна віднести до великих енергопідприємств. Вона забезпечує теплом і електроенергією найбільше виробниче об'єднання ВАТ «Татнефть» і міста Альметьевск, Заїнек і інші, а також дана теплоелектростанція входить до складу стратегічних об'єктів України і є резервною щодо забезпечення електроенергією ближніх регіонів. Загальна довжина головного корпусу більш 500м, електричну енергію виробляє 12 турбін різної потужності.

Для відведення димових газів, з боку котельного відділення, розташовані чотири димових залізобетонних труби висотою від 120м до 240м [61]. Розміщення основних і

допоміжних будівель і споруд, інженерних комунікацій, відкритого розподільчого пристрою (ВРП) обумовлено технологічними вимогами виробництва і подібно раніше розглянутим об'єктам.



Рисунок 1.4 - Загальний вигляд Київської ТЕС:

1 головний корпус; 2 - димові труби; 3 - димососним відділення; 4 - відкритий розподільчий пристрій (ВРП); 5 - теплопроводи і інженерні комунікації

З представленої частини типового плану ТЕС (див. рис.1.1) і фотографій з супутника діючих ТЕС (див. рис.1.2-1.4) видно, що на всіх теплоелектростанціях незалежно від потужності, між димарями і головним корпусом знаходиться димососним відділення, необхідне для транспортування димових газів від котлів до димових труб. У димососним відділенні розташовується підкранова естакада з мостовим або напівкозловим краном вантажопідйомністю 25-50т. Уздовж всього котельного відділення після підкранової естакади розташовується мережу димоходів, які і забезпечують транспортування димових газів до димарів. З цього ж боку головного корпусу здійснюється подача природного газу через магістральні газопроводи для роботи котлів (рідко мазуту



або вугілля). У димососним відділенні також знаходяться висновки теплопроводів для забезпечення споживачів теплом і гарячою водою. З боку турбінного відділення знаходяться висновки силових токопроводов, розташованих на висоті 10-15 м. Вони служать для передачі вироблюваної електричної енергії від турбін в систему трансформаторних підстанцій. Після чого через відкритий розподільчий пристрій (ВРП), електричний струм по високовольтних лініях електропередач розподіляє по споживачах.

З аналізу існуючих генеральних планів ТЕС можна зробити висновок, що димові труби, службовці для видалення димових газів від котлів, завжди розташовані з боку котельного відділення на невеликій відстані від головного корпусу. На сьогоднішній день абсолютна більшість теплоелектростанцій і великих котелень мають від 1 до 4 димових залізобетонних труб висотою 100 м - 430м. Величезна кількість входять і виходять з головного корпусу ТЕС інженерних мереж і комунікацій значно ускладнює, а іноді унеможлиблює виконання будівельно-монтажних робіт в умовах діючого підприємства. Доступ, на рівні землі, до головного корпусу в процесі експлуатації можливий тільки через торці головного корпусу.

## **1.2 Особливості конструктивних рішень головних корпусів ТЕС**

Головний корпус ТЕС спроектований відповідно до завдань і вимог технологічного процесу, по об'ємно-планувальному і конструктивному рішення є технологічною етажеркою павільйонного типу. На рис.1.5 представлений типовий розріз головного корпусу ТЕС з розміщенням основного технологічного устаткування.

Загальні розміри типового головного корпусу в плані залежать від потужності і кількості котлів і турбін і у більшості станцій складають по ширині 60-85 м, по довжині 120-530 м і більше. Будівля головного корпусу ТЕС в абсолютній більшості мають несучі каркаси, виконані у вигляді комбінацій збірних залізобетонних і сталевих конструктивних елементів. У робочих проектах передбачаються типові фундаменти, колони, ригелі, плити перекриття і огорожувальні конструкції із збірних залізобетонних елементів.

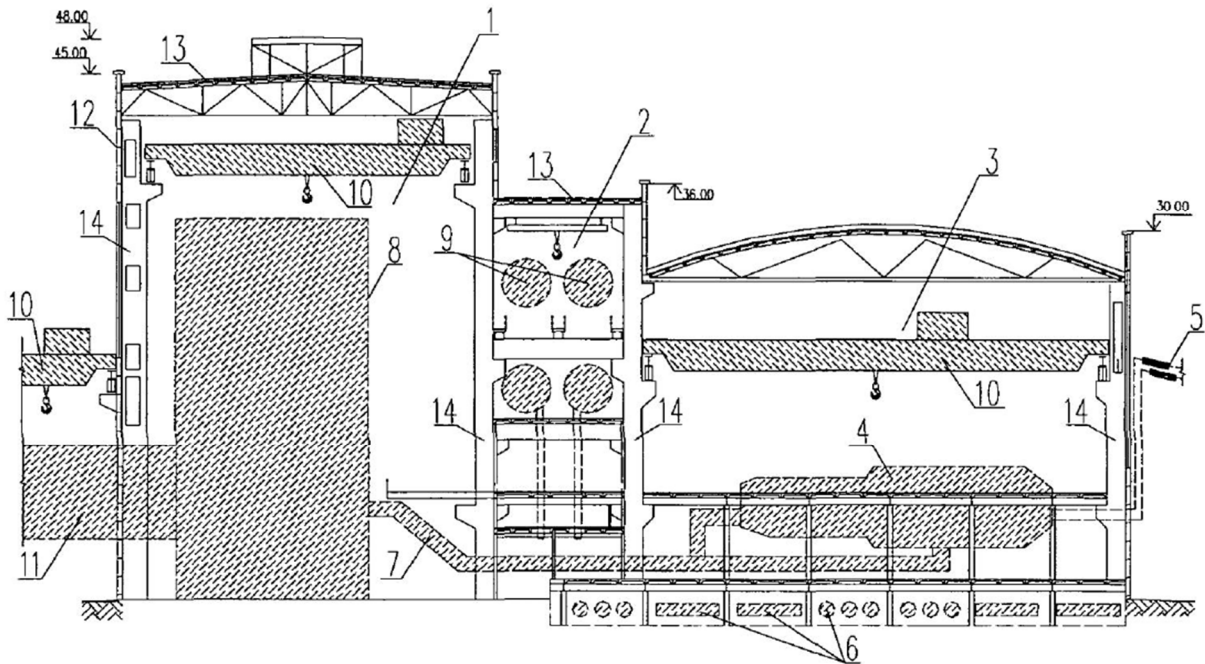


Рисунок 1.5 - Розріз головного корпусу ТЕС:

1-котельне відділення; 2 - деаераторне відділення; 3 - турбінне відділення; 4 електрична турбіна; 5 - виводять струмопроводи; 6 - підводять і виводять інженерні комунікації; 7- паропровід; 8 - котел; 9 - деаератори; 10 - мостові крани; 11- димоходи; 12 - огорожувальні стінові панелі; 13 - плити покриття; 14 - колони каркаса

Каркас складається з ряду багоярусних рам з жорсткими вузлами. Для уніфікації та типізації були розроблені серії будівельних конструкцій, що застосовуються при будівництві промислових будівель, в тому числі і для об'єктів енергетики.

Типове будівля головного корпусу ТЕС має зазвичай три (рідше чотири) прольоту: машинний зал (турбінне відділення) прольотом 30-39м і висотою до 30 м; деаераторне і бункерное відділення (при використанні в якості палива вугілля) прольотом 12м висотою до 48м; котельне відділення прольотом до 30-36м і висотою 52м і більше. Висота і проліт частин будівлі головного корпусу безпосередньо залежать від потужності і типу прийнятого технологічного обладнання.

У зв'язку з дещо іншим технологічним процесом охолодження води основного виробництва, головний корпус відрізняється за складом і розміщення технологічного

обладнання, однак відповідає ТЕС по конструктивно-планувальним рішенням основних конструктивних елементів. Крок колон основного каркаса для ТЕС приймається 6 або 12м. Деаераторне відділення - це багатоповерхова частина головного корпусу, в поперечному розрізі - багатоповерхова рама, турбінне (машинний зал) і котельне відділення - одноповерхові приміщення. Основні частини головного корпусу можуть бути побудовані цілком зі збірних залізобетонних конструкцій. Великі прольоти турбінного і котельного відділень зазвичай перекриваються металевими фермами. Колони основного каркасу зазвичай залізобетонні збірно-монолітні, рідше металеві.

Для обслуговування технологічного обладнання передбачаються мостові крани вантажопідйомністю до 50-100 т і більше, підкранові балки - зазвичай виконані з металевих зварних балок.

В якості огорожувальних конструкцій покриття та перекриття, найбільшого поширення набули ребристі залізобетонні плити, що приймаються в відповідність з кроком несучих стропильних конструкцій,

Залізобетонні ребристі плити для покриття промислових будівель виготовляються довжиною 6 і 12 м і шириною 1,5 і 3м. Плити мають поздовжні ребра висотою 0,3 м при довжині 6м, 0,45 при довжині 12 м і поперечні - висотою до 0,15 м, розташованими через 0,5 або 1м в залежності від снігового навантаження і розмірів плити. Плити шириною 3М і довжиною 12м мають в середині ребро посиленого профілю. Плити армуються стрижневою, дротяної або прядива напруженою арматурою, каркасами і сітками, розташованими в ребрах і полицях і виготовляються з важких бетонів марок 400 і 500 [35]. Маса плит покриття залежить від розмірів і варіюється від 1 до 7 тонн.

При установці в проектне положення плити покриття приварюються не менше ніж в трьох точках до кроквяних конструкцій.

На рис. 1.6 представлений загальний вид найбільш поширених при будівництві виробничих будівель, в тому числі і на підприємствах ТЕС, ребристих плит покриття серії 1.465-3 [25].

В якості огорожувальних конструкцій стін головних корпусів ТЕС найбільшого

поширення набули стінові панелі. По розташуванню вони поділяються на рядові, кутові, перемич, посилені (для сприйняття вітрового навантаження), підкарнизні і парапетні, простінкові (встановлюються між віконними прорізами).

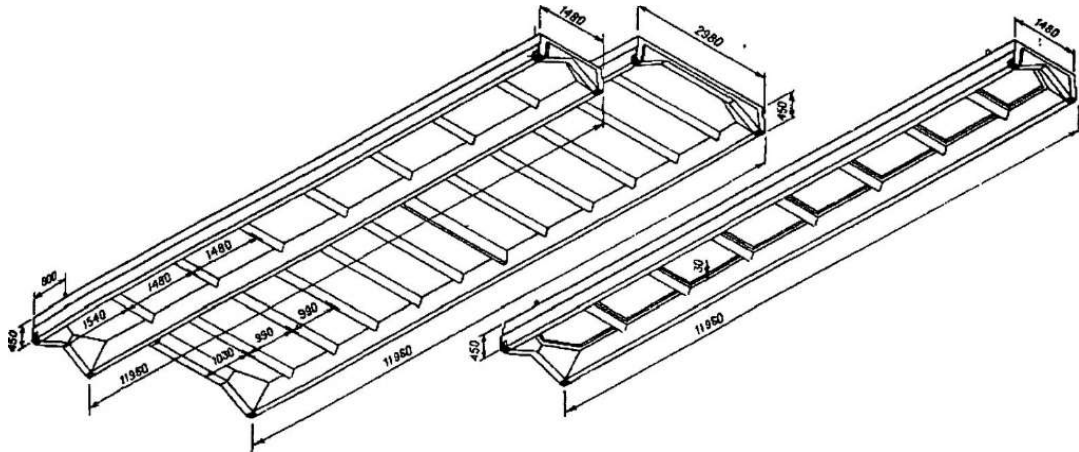


Рисунок 1.6 - Ребриста плита покриття довжиною 12 м по серії 1.465-3; 7

Відповідно до кроком колон номінальна довжина стінових панелей за винятком кутових і простінкових, приймається 6 і 12 м, висота 0,9; 1,2; 1,5 і 1,8 м, товщина в залежності від прийнятих матеріалів і устаткування - 200, 240 і 300 мм.

З прийнятих типорозмірів панелей застосовуються дві конструктивні схеми стіни - навісна і самонесуча. Для першої характерні стрічкова система скління, з роздільними віконними прорізами. У навісних панелях, розташованих над віконними прорізами і внизу ярусів на глухих ділянках, спираються на сталеві консолі, приварені до колон.

Панелі з пористих бетонів суцільні одношарові, в якості основного матеріалу застосовується автоклавний пористий бетон марок М25, М35 з об'ємною масою 550-800 кг / м<sup>3</sup>.

Стінові панелі з легких бетонів теж суцільні, але мають з обох сторін поверхневий шар товщиною 20 мм із цементного розчину марки М100, який утворює щільну і гладку поверхню. В якості основного матеріалу застосовується керамзитобетон, перлитобетон і шлак пемзобетону марки не нижче М50, з об'ємною масою 900-1600 кг / м<sup>3</sup>

Тришарові панелі складаються двох ребристих залізобетонних плит і шару утеплювача між ними, виготовляються з важкого бетону марки М 200, як утеплювач застосовувалися напівтверді мінераловатні плити товщиною 40 і 60мм.

Панелі довжиною 12м виготовляються з попереднім напруженням робочої арматури класу А-Шв. Стінові панелі довжиною 6м армуються зварними каркасами і арматурними сітками з арматури класу А-І, А-Ш. Для кріплення стіновий панелі в проектне положення передбачаються закладні деталі [55].

Загальна вага стіновий панелі різних марок залежить від конструкції, прийнятих матеріалів і габаритних розмірів і становить від 1 до 8 тонн.

### **1.3 Аналіз впливу технологічних процесів на огорожувальні конструкції в період їх експлуатації**

Протягом всього періоду експлуатації ТЕС будівельні конструкції піддаються постійному негативному впливу від виділення великої кількості тепла і вологи всередині головного корпусів, перепаду температур, сезонних змін вологісного режиму, снігових навантажень, впливу агресивних компонентів, що утворюються при горінні палива і ін. Викиди пара і оксиди продуктів горіння в поєднанні з підвищеною температурою сприяють активній корозії бетону та арматури, особливо в зимовий час, коли конденсація пари відбувається або в товщі, або на поверхні конструкцій. До хімічної корозії додаються процеси "заморожування - відтавання". В результаті відбувається деформація або руйнування матеріалу огорожувальних конструкцій будівель і споруд.

У таблиці 1.1 представлена оцінка технічного стану будівельних конструкцій, виконана автором на підставі аналізу чинних нормативних та технічних документів [23], [25], [37]. Залежно від наявних дефектів і пошкоджень технічний стан окремої будівельної конструкції може бути класифікований за 4 категоріями.

Аналізуючи результати даних по експлуатації діючих теплоелектростанцій головного підприємства об'єктів енергетики, ВАТ «Фірма ОРГРЕС» ( «Всесоюзна фірма з організації та раціоналізації районних електростанцій і мереж»), а також результати

комплексних обстежень виконаних автором електричних станцій «Татенерго», «Чувашенерго», « Самаренерго »до найбільш пошкоджує конструкцій головних корпусів ТЕС можна віднести огорожувальні конструкції будівлі головного корпусу: стінові панелі та ребристі плити покриття.

Таблиця 1.1 - Загальна оцінка технічного стану будівельних конструкцій

Категорії	Стан конструкції	Загальні ознаки, що характеризують стан конструкції
1	нормальне	відсутні видимі пошкодження і тріщини, які свідчать про зниження несучої здатності конструкцій
2	задовільне	незначні пошкодження, на окремих ділянках є окремі раковини, вибоїни, волосяні тріщини. Антикоровий захист має часткові пошкодження. Забезпечуються нормальні умови експлуатації
3	незадовільне	є ушкодження, дефекти і тріщини, які свідчать про обмеження працездатності і зниженні несучої здатності конструкцій. Порушено вимоги діючих норм, але відсутня небезпека обвалення і загроза безпеки працюючих
4	аварійне	існуючі пошкодження свідчать про непридатність конструкції до експлуатації і про небезпеку її обвалення, про небезпеку перебування людей в зоні обстежуваних конструкцій

Ступінь зносу конструкцій коливається, в залежності від місця їх розташування і умов експлуатації. Найбільша кількість пошкоджень у вигляді розшарування конструкції, руйнування зовнішнього шару і його обвалення, оголень робочої арматури і наскрізних тріщин силового характеру мають стінові панелі верхніх рядів по периметру

головного корпусу (рис. 1.8, 1.9), плити покриття котельного та деаераторного відділень (рис. 10).

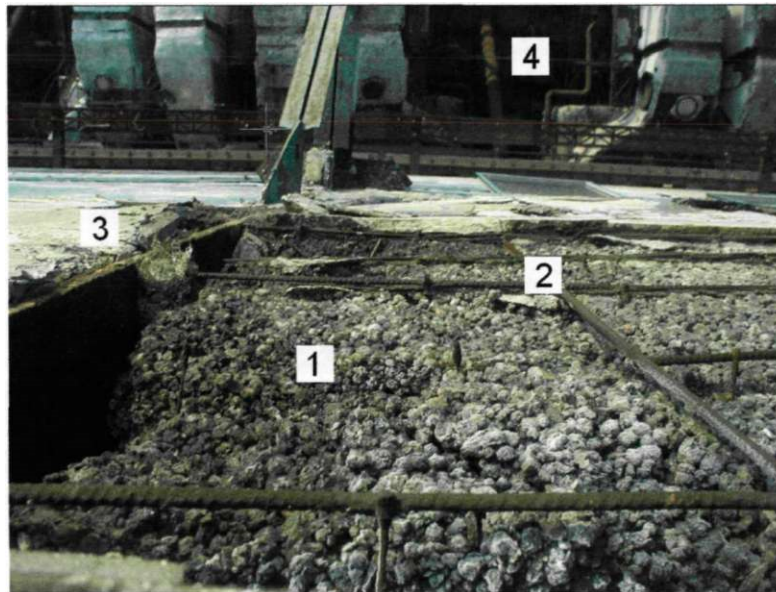


Рисунок 1.8 - Незадовільний стан стіновий панелі з корозією робочої арматури:  
1-руйнування захисного шару стіновий панелі; 2 - корозія і вигин робочої арматури; 3 - випинання захисного шару; 4 - димососним відділення

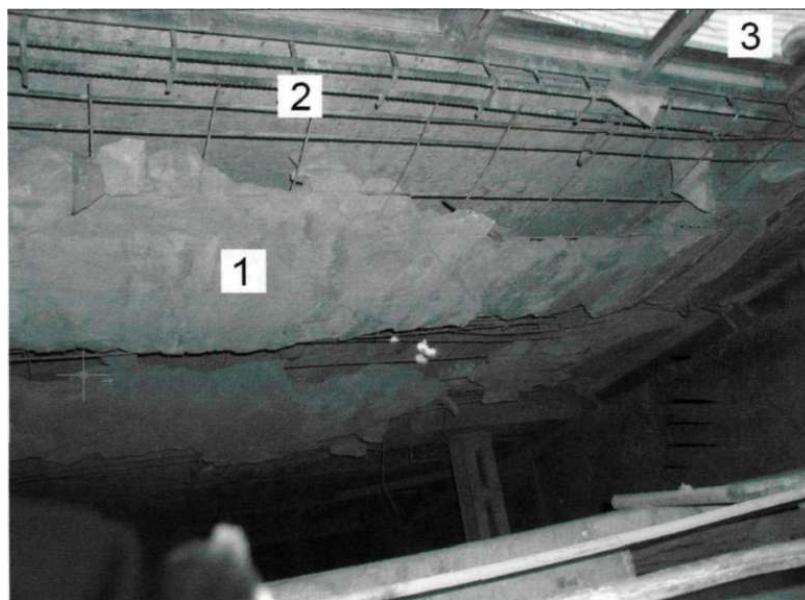


Рисунок 1.9 - Аварійний стан стінової панелі:  
1 - внутрішній захисний шар; 2 - руйнування тіла стіновий панелі з оголенням робочої арматури; 3 – віконний блок

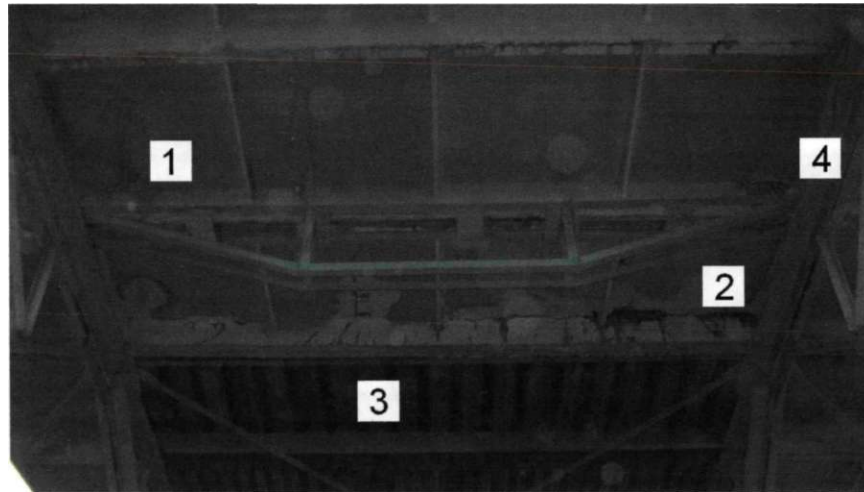


Рисунок 1.10 - Стан плит покриття головного корпусу ТЕС:

1 -незадовільний стан ребристою плити; 2 - аварійна плита з посиленням поздовжніх ребер; 3 - нові конструкції покриття; 4 - кроквяна металева ферма покриття

Основними деструктивними факторами є: виділення при виробничому процесі великої кількості тепла і вологи всередині головного корпусу; температурний градієнт; сезонні зміни вологісного режиму; снігові навантаження; наявність агресивних компонентів, що утворюються при горінні палива. Перераховані фактори не мають постійних характеристик і змінюються в залежності від технологічних процесів і погодних умов [59].

Найчастіше умови експлуатації посилює незадовільний стан скління на верхніх відмітках головного корпусу, неправильна експлуатація ліхтарів котельного відділення, що значно підвищує ступінь залежності температурно-вологісного режиму в розглянутих зонах від зовнішніх погодних умов. Перераховані фактори роблять наступне вплив на конструкції: конденсація парів, що містять сірчисті з'єднання, призводить до хімічної корозії бетону; підвищення пористості бетону знижує його захисні властивості - починається корозія арматури. Метал в процесі корозії збільшується в об'ємі до 3-5 разів і розриває вже ослаблений бетон, викликаючи обвалення захисного шару. Розвиток описаних процесів призводить до зниження показників міцності і жорсткості конструкцій. З'являються розшарування, прогини, тріщини і, в кінцевому підсумку, призводить до



руйнування тіла конструкції і створює можливість обвалення.

Для стінових панелей причинами їх обвалення найчастіше служать "накопичення" прогину в площині стіни, що перевищує допустимі значення і (або) руйнування опорних вузлів.

Для плит покриття причиною обвалення зазвичай є спільна дія корозії бетону та робочої арматури і значне збільшення тимчасового навантаження (сезонні снігові навантаження).

Аварійно небезпечних, слід також вважати конструкції зі значними ушкодженнями зовнішніх шарів, підвищеної піддатливості заставних деталей, що виражається в утворенні тріщин навколо них і щілин між пластиною заставної деталі і тілом бетону. Обвалення пошкодженого захисного шару бетону, можливо під спільним впливом вітрового навантаження і відривається зусилля від розширення продуктів корозії арматури, процесів заморожування-відтавання. "Розхитування" заставних деталей відбувається під впливом динамічного впливу пульсаційної складової активної і пасивної вітрового навантаження.

Аналіз робіт з комплексного технічного обстеження головних корпусів ТЕС побудованих в 1950-1980 роки показує що кількість залізобетонних плит покриття і стінових панелей відповідних 3 і 4-ої категорії становить від 10 до 30% від загальної кількості огорожувальних конструкцій. З урахуванням положень чинних нормативних документів такі пошкодження класифікують будівельні конструкції як непридатні до подальшої безпечної їх експлуатації і вимагає заміни або посилення.

За результатами оцінки ефективності ремонтних заходів встановлено, що капітальний ремонт або посилення з відновленням експлуатаційних характеристик доцільно виконувати для огорожувальних будівельних конструкцій 2 категорії технічного стану та при неможливості заміни конструкції для 3 категорії. Незадовільний або аварійний стан конструкції завжди пов'язане з втратою значної

частки міцності і експлуатаційних характеристик [36]. Відновлення або ремонт таких конструкцій в більшості випадків неефективно і потребують значної трудомісткості і матеріальних витрат, до того ж не дозволяють в достатній мірі відновити втрачені

властивості і продовжити термін експлуатації стіновий панелі або плити покриття на довгостроковий період.

При плануванні та виробництві ремонтно-відновлювальних робіт величезне значення має і той факт, що теплоелектростанція є особливо небезпечним виробничим об'єктом стратегічного значення. Обвалення навіть частини будівельної конструкції з висоти 30 і більше метрів може привести в умовах діючого виробництва до серйозних аварій зі значними наслідками, пошкодження технологічного обладнання та загибеллю людей. У більшості випадків технічні рішення щодо посилення аварійних конструкцій, що застосовуються на інших виробничих будівлях не можуть забезпечити надійної і безпечної експлуатації в довгостроковий період, вимагають постійного нагляду і контролю [42].

Аналіз надійності та ефективності існуючих рішень по тимчасовому посиленню і запобігання аварійним ситуаціям вказує на необхідність демонтажу аварійних конструкцій та заміни їх на аналогічні, або нові будівельні конструкції з сучасних матеріалів.

#### **1.4 Аналіз монтажної-такелажної оснащення яке застосовується при монтажі конструкцій промислових будівель**

Для монтажу стінових панелей і плит покриття при зведенні промислових будівель застосовується такелажна оснащення відповідно до типу, розміром і способом монтажу прийнятої проектом огорожувальної конструкції. Стропування в процесі монтажу здійснюється універсальними і спеціальними (розробленими для конкретної конструкції) стропами і траверсами [50].

Стінові панелі та залізобетонні плити зазвичай строплять за забиті в них петлі або стропувальні отвори. Для монтажу стінових панелей довжиною до 6м застосовують двогілковий стропи типу 2СК. Для стропування ребристих залізобетонних плит покриття і перекриття довжиною до 6м застосовують чотиригілковий стропи типу 4СК. За вантажопідйомності стропи і їх елементи повинні витримувати статичне навантаження, що перевищує не менше ніж на 25% номінальну.

Застосування строп для підйому конструкцій довжиною 12 м і більше не бажано, так як це призводить до втрати потрібних висоти підйому гака, а також викликає (через малі нахилів) значні розтяжні зусилля в самому стропі і стискають напруги в який підіймається елементі. Тому для стропування стінових панелей і плит покриття довжиною 12 м (рідше для конструкцій довжиною 6м) застосовують балкові (рис.1.11) і ґратчасті траверси (рис.1.12). При використанні траверс, висота підйому гака крана зменшується, але, при цьому траверса повинна бути виготовлена з високою точністю для забезпечення розташування в одній вертикальній площині балки і нижніх розкосів з урахуванням її навантаження.

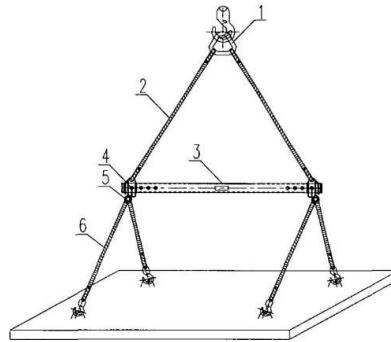


Рисунок 1.11 - Схема стропування за допомогою балочної траверси:  
1,5 роз'ємні підвіски; 2 - канат-розтяжка; 3 - балка; 4 - замок кріплення;  
6 - канатні стропи

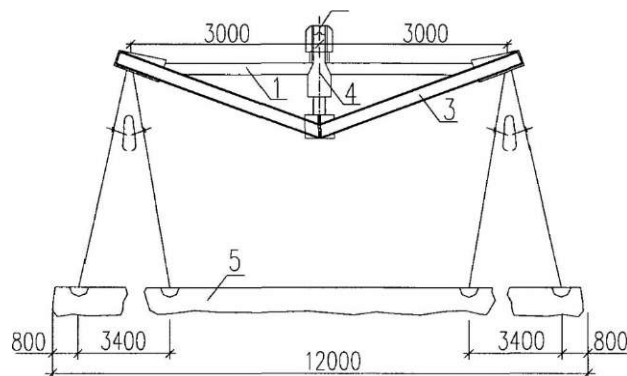


Рисунок 1.12 - Ґратчаста траверса:  
1 - зв'язок; 2 - підвіска; 3 - балка; 4 - стійка; 5 - панель

Для підйому стінових панелей і плит покриття і перекриття ЦНІИОМТПП розроблені траверси вантажопідйомністю Юті вершиною ферми, зверненої вниз. Балка траверси зроблена з швелера №14, нижні розкоси з двох швелерів №10. Маса траверси при довжині 6 і 10 метрів відповідно 412 і 460кг. Загальна висота траверси близько 1,5 [64].

В даний час відсутні типові конструкції монтажно такелажного оснащення і технологічні рішення для стропування аварійних стінових панелей і залізобетонних ребристих плит покриття, а в разі необхідності проведення робіт по заміні таких конструкцій застосовується оснащення з деяким удосконаленням для кожного конкретного випадку [19].

Таким чином, виникає гостра необхідність в розробці технологічної оснастки, що забезпечує строповку і утримання в процесі переміщення огорожувальних будівельних конструкцій, знаходяться в аварійному або незадовільному стані.

### **1.5 Аналіз існуючих технологій монтажу та демонтажу огорожувальних конструкцій при реконструкції ТЕС**

**Технологія демонтажу конструкцій вручну** є найбільш простим і дешевим способом демонтажу окремих аварійних будівельних конструкцій з використанням відбійних молотків і Електроперфоратор з подальшим переміщенням їх з небезпечної зони різними типовими монтажними механізмами (стріловий кран, автокран і ін.) [55].

Однак при демонтажі будівельних конструкцій в умовах виробництва робіт на головному корпусі діючої теплоелектростанції виникають необхідність у вирішенні ряду питань:

- забезпечення безпечного доступу до місця проведення робіт;
- знаходження робітників у небезпечній зоні і на висоті до 50м при виконанні робіт з розбирання та демонтажу конструкцій;

- необхідність влаштування підвісних майданчиків, інвентарних лісів, ходових сходів і ін., наявність яких, в свою чергу, серйозно ускладнить роботу монтажних механізмів в процесі демонтажу, значно збільшить часові та фінансові витрати;

- в процесі розбирання конструкцій, передбачені проектом точки кріплення втрачаються, що веде до втрати жорсткості і при масі конструкції 2-8 т і площі 9-22м<sup>2</sup> створюються умови обвалення. Отже, для забезпечення безпечного проведення робіт необхідно розробка спеціального оснащення, при використанні якого обвалення стало б неможливим.

При оцінці варіантів виконання робіт необхідно також враховувати великі обсяги ручної праці і, як наслідок, низьку продуктивність, а також необхідність виконання верхолазних робіт, що вимагають високої кваліфікації, спеціальної підготовки виконавців.

Наявний досвід застосування технології демонтажу конструкцій вручну підтверджує труднощі при застосування даного способу: при проведенні робіт восени 2002р. на Київській ТЕС-2 по заміні аварійної стіновий панелі по ряду Д сталося обвалення частково розібраної конструкції. В ході розслідування було виявлено порушення в організації та технології виробництва робіт будівельною організацією.

Технологія демонтажу конструкцій вручну має такі переваги:

- можливість заміни окремої аварійної конструкції;
- застосування стандартного монтажно-транспортного обладнання;
- незначні фінансові витрати на забезпечення матеріально технічної бази.

Недоліки технології демонтажу конструкцій вручну:

- можливість обвалення окремих елементів конструкції, що обгороджує;
- маса окремих частин розбираємо конструкцій не повинна перевищує 500 кг, що не дозволяє проводити заміни на конструкції, аналогічні демонтується;
- великі трудовитрати;
- низька продуктивність праці;

- велика кошторисна вартість на одиницю демонтується конструкції.

**Технологія заміни огорожувальних конструкцій за допомогою баштового крана** з пристроєм підкранових колій на прилеглий території [29]. Технологія передбачає установку баштового крана вздовж зовнішніх стін реконструюється промислової будівлі та заміною огорожувальних конструкцій в зоні дії крана. Виконання даного методу, який отримав застосування при реконструкції промислових будівель різного призначення, проте даний метод в умовах діючої теплоелектростанції технічно складний, як у проектному, так і виконавчому плані.

Установка баштового крана в умови діючого виробничого процесу можлива тільки з боку димососним відділення на існуючі підкранові шляхи мостового або козлового крана. При цьому на етапі виконання підготовчих робіт необхідно вирішити серйозні інженерні питання по влаштуванню підкранових колій на висоті і монтажу баштового крана на змонтовані шляхи. Проектом виробництва робіт повинні бути висунуті жорсткі вимоги щодо якості виконання підкранової естакади, т. К. Навіть незначні зміщення рейки в просторі може привести до обвалення баштового крана. На позначку 12м баштовий кран подається стріловим самохідним краном окремими частинами і збирається на місці. Важливим недоліком цього методу є використання підкранових колій існуючого мостового крана. Мостовий кран, встановлений в димососним відділенні, служить для аварійного ремонту димососів, відвідних димові газу від котлів. При зупиненні димососа необхідно протягом мінімального часу провести заміну вийшли з ладу механізмів. Затримка або поломка баштового крана на шляхах обмежить в пересуванні мостовий кран, що в свою чергу призведе до зупинки котла і турбіни.

Як приклад можна привести використання даної технології при капітальному ремонті головного корпусу Заїнська ТЕС в 90-і роки минулого століття. На рис.1.13, представлена схема установки баштового крана. Будівля головного корпусу побудовано в дві черги, каркас залізобетонний з кроком основних колон

6м. В якості стінових огорожувальних конструкцій застосовані стінові тришарові панелі розміром 1,8 х 6м; 1,2 х 6м. Загальні габаритні розміри будівлі в плані 528 х 78м, максимальна висота в котельному відділенні 47м.

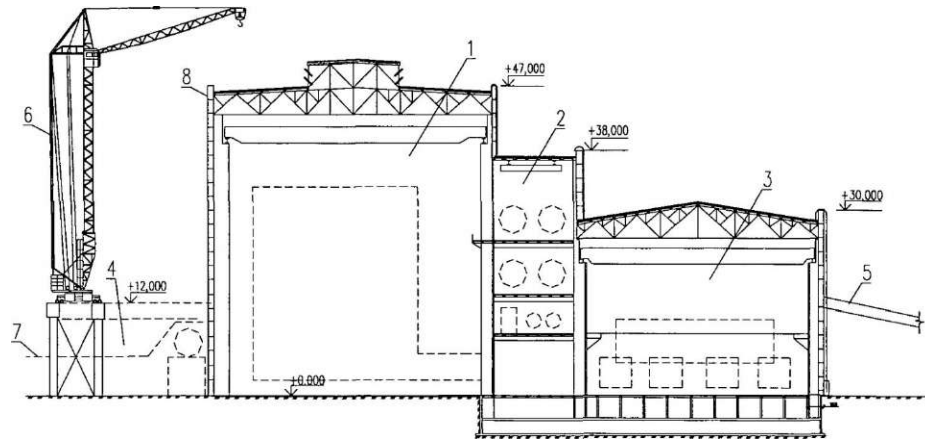


Рисунок 1.13 - Технологія заміни огорожувальних конструкцій за допомогою баштового крана:

1 - котельне відділення; 2 - деаераторне відділення; 3 - турбінне відділення; 4 - димососним відділення; 5 - виводять струмопроводи; 6 - баштовий кран; 7 - димоходи; 8 - замінний ряд стінових панелей

Заміні підлягали стінові панелі першої черги будівництва по ряду Г і, прилеглі до даної осі залізобетонні ребристі плити. Замінено було близько 400 стінових панелей і 40 плит покриття. Для вирішення поставленого завдання в димососним відділенні було встановлено баштовий кран КБ-403Б з введенням додаткових підкранових колій на висоті 12 м і використанням існуючих шляхів мостового крана вантажопідйомністю 30т. Тривалість виконання підготовчих робіт склав понад 2 роки.

Переваги технології заміни огорожувальних конструкцій за допомогою баштового крана:

- можливість заміни великої кількості конструкцій;
- застосування стандартного монтажного обладнання;
- висока продуктивність праці на етапі виробництва монтажних робіт;

Недоліки технології:

- обмеженість застосування (тільки крайня вісь і торці будівлі);
- велика кошторисна вартість підготовчих робіт;
- незручності для виконання основного технологічного процесу.

**Технологія заміни огорожувальних конструкцій за допомогою дахового кранових установок** передбачає установку на покрівлю промислової будівлі спеціальних дахових установок або стандартних монтажних кранів, із забезпеченням можливості переміщення по покрівлі будинку, в рамках необхідної робочої зони [45], [50]. Метод застосуємо при реконструкції всіх прольотів і відділень головного корпусу ТЕС . Використання цього методу виробництва робіт дозволяє монтувати і демонтувати стінові панелі та плити покриття без зупинки технологічного процесу. При цьому способі заміни конструкцій найбільший ефект досягається тільки в тих випадках, коли об'ємно планувальне і конструктивне рішення будівлі, а також стан несучих конструкцій дозволяє можливість установки кранів без посилення існуючих конструкцій. Як монтажних механізмів використовуються баштові, стріляв і козлові крани. З метою підвищення інтенсивності демонтажно-монтажного процесу доцільно використовувати комплект з двох дахове кранових установок: першим краном виконується демонтаж конструкції, а другим, що пересуваються з мінімальним технологічним розривом - монтаж.

Прикладом використання технології заміни огорожувальних конструкцій за допомогою дахового кранових установок може служити заміна стінових панелей і плит покриття на кількох підприємствах «Волиньенерго», в тому числі Волинській ТЕС-2. Роботи виконувалися по осях турбінного і котельного відділень головного корпусу першої і другої черги головного корпусу (рис.1.14).

Як монтажного і транспортного механізму використовувалися козлові крани з консоллю, вантажопідйомністю 8 т. На етапі підготовчих робіт подача підкранових конструкцій і елементів козлового крана здійснювалася краном



типу «Піонер». Для забезпечення пересування по покрівлі будівлі були змонтовані підкранові шляхи, як підкранових несучих конструкцій використовувалися зварні металеві балки з прокатного профілю. Підкранові балки кріпилися до кроквяних ферм покриття в швах між плитами.

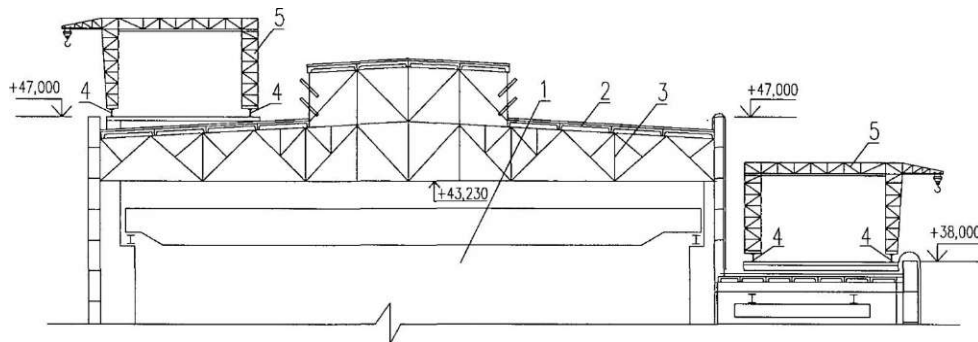


Рисунок 1.14 - Технологія заміни огорожувальних конструкцій за допомогою козлових кранів:

1- котельне відділення; 2 - покриття головного корпусу; 3 - кроквяна несуча ферма; 4 - підкранові шляхи козловогокрана; 5 - козловий кран

Для сприйняття навантажень від крана кроквяні ферми були частково посилені. Заміна проводилася з верхньої панелі на всю висоту стінового огороження в межах однієї захватки. Після підйому конструкції до позначки покрівлі козловий кран разом зі стіновий панеллю переміщався по покрівлі головного корпусу до постійного торця будівлі, де і перебувала зона тимчасового складування. Роботи проводилися в літній період, в зв'язку з тим, що металеві кроквяні ферми не були розраховані на сукупність снігового навантаження і навантаження від крана. У 2004 році сталося обвалення двох прольотів турбінного відділення з подальшою пожежею. Однією з причин аварії стало неправильне кріплення опірної частини підкранових конструкцій козлового крана до елементів несучої кроквяної ферми покриття.

Переваги технології заміни огорожувальних конструкцій за допомогою дахового кранових установок:

- можливість заміни огорожувальних конструкцій по будь-яким осях і прольотах будівлі головного корпусу;
  - застосування стандартного монтажного обладнання;
  - висока продуктивність праці на етапі виконання заміни конструкцій;
- Недоліками цієї технології є:
- Чи не розрахункові перевищують навантаження на несучий каркас будівлі;
  - велика кошторисна вартість підготовчих робіт;
  - великий термін виконання робіт;
  - потреба у посиленні існуючих конструкцій.

**Технологія заміни огорожувальних конструкцій за допомогою автомобільного або стрілового крана** великої вантажопідйомності останнім часом набув найбільш широкого застосування (рис. 1.15) [63]. Доступ до головного корпусу для виконання будівельно-монтажних робіт в період експлуатації можливий з боку димососним відділення і тимчасовому та постійному торцях. У зв'язку з наявністю в димососним відділенні уздовж всієї будівлі підкранових колій мостового або козлового кранів висотою від 10 до 20м, димоходів і димарів і при висоті приміщень головного корпусу в котельному відділенні від 45м до 55м і більше, монтажний кран повинен мати можливість піднімати конструкції масою 3-7т, плюс маса такелажного оснащення на висоту підйому гака 5-70м при забезпеченні вильоту стріли крана 30-70м.

Таким характеристикам відповідає дуже обмежений перелік монтажних машин, що випускаються в Україні на сьогоднішній день з такими параметрами крани практично відсутні. Відповідають даним вимогам стріляв автомобільні крани з вантажопідйомністю 400 т в основному зарубіжного виробництва, проте необхідність влаштування майданчика для укрупненого основної стріли довжиною 70м і більше в робочій зоні крана, в умовах діючих ТЕС істотно ускладнюють організацію та проведення робіт з монтажу і демонтажу.

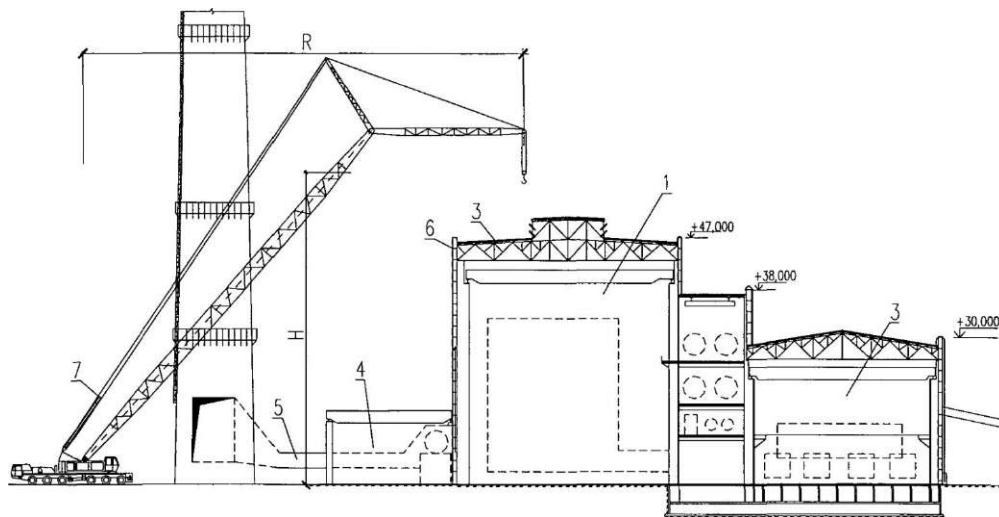


Рисунок 1.15 - Технологія заміни огорожувальних конструкцій за допомогою автокраном великої вантажопідйомності: 1 котельне відділення; 2 - турбінне відділення; 3 - покриття головного корпусу; 4 - димососним відділення; 5 - димоходи; 6 - заменяемое стеновое огорожу; 7 - стріловий автокран; Н - необхідна висота підйому стріли; R - необхідний виліт стріли

Несприятливим фактором для використання даного методу є значна вартість машиносмени, при невисокій зайнятості крана в загальному процесі.

Як приклад можна навести досвід виконання робіт по заміні стінових панелей постійного торця і частини котельного відділення на Криворізькій ТЕС-2. Заміна аварійних конструкцій проводилася за допомогою автокрана вантажопідйомністю 400т. Було замінено 34 стінових панелей довжиною 12м, при масі близько 8т. На попередньому етапі були виконані роботи з розчищення території і підготовки майданчика для укрупненого стріли, а також пристрій спеціального покриття для установки автокрана ІЕВНЕЯЛ. В якості тимчасового покриття використовувалися залізобетонні дорожні плити з укладанням на щебенчатой підставу. Основний монтажний кран збирався на місці за допомогою автомобільного стрілового крана вантажопідйомністю 25т.

Перевагами технології заміни огорожувальних конструкцій за допомогою автокранів великої вантажопідйомності є:

- невелика тривалість виконання монтажних робіт;
- використання типового монтажного обладнання;
- висока продуктивність праці на етапі виконання робіт по заміні огорожувальних конструкцій.

Недоліками цієї технології є:

- велика кошторисна вартість підготовчих робіт;
- велика вартість монтажного механізму;
- можливість заміни обмеженої кількості конструкцій.

**Технологія заміни огорожувальних конструкцій за допомогою стаціонарних і самохідних кабельних кранів [45].** Кабельні (хитні стаціонарні і самохідні) крани, в силу своїх конструктивних особливостей, можуть бути застосовані для монтажу і демонтажу конструкцій прогонів промислових будівель практично всіх типів, різної зовнішньої і внутрішньої обмеженості майданчика.

За допомогою стаціонарних кабельних кранів можна поелементно демонтувати і встановлювати конструкції практично в будь-якій точці покриття. Однак, на сьогоднішній день кабельні крани обмежені вантажопідйомністю 2т. Застосування стаціонарних кабельних кранів при реконструкції підприємств найбільш ефективно при заміні конструкцій ліхтарів. Несприятливим фактором застосування даної технології є досить обмежена в площині зона дії цих кранів і, при необхідності вибіркової заміни конструкцій в різних точках зовнішнього огороження будівлі, вимагає значних фінансових і трудових витрат на переустановку несучих опор і монтажу кабельної системи. Більш раціонально в умовах реконструкції на великих енергопідприємств використовувати пересувний кабельний кран. Можливість використання цього методу для енергетики обмежується великими габаритами головного корпусу, значною масою старих конструкцій і неможливістю проїзду уздовж крайніх осей будівлі, що реконструюється в умовах діючого виробничого процесу.

Як приклад можна привести використання кабельного пересувного крана прольотом 160м, з висотою підйому 30м, вантажопідйомністю 2т на базі двох кранів-екскаваторів Е-2508 (рис. 1.16).

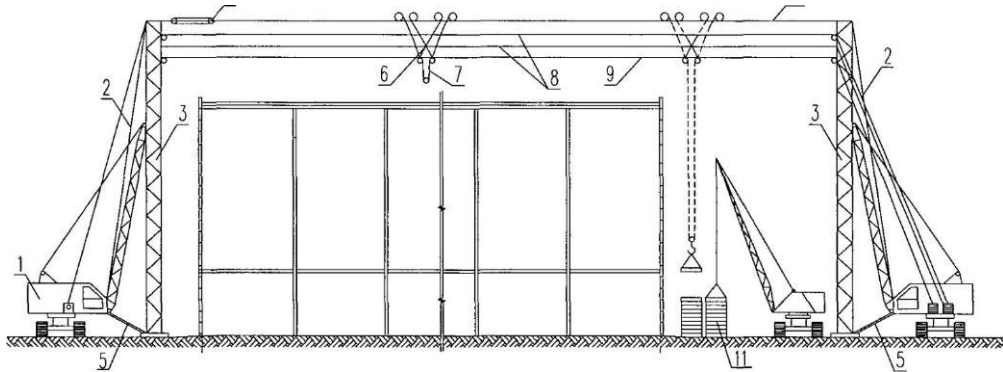


Рисунок 1.16 - Технологія заміни огорожувальних конструкцій за допомогою стаціонарних і самохідних кабельних кранів: 1 - стріловий кран; 2 - ванти; 3 - А-образні пілони; 4 - поліспасти; 5 - розпірки; 6 - вантажний візок; 7 - підвіска крюка; 8 - тягові канати; 9 - вантажні канати; 10 - несучий канат; 11 -монтіруєміє конструкції

На етапі підготовчих робіт за цією технологією влаштовувалася під'їзна дорога і майданчики для складування конструкцій, що обгороджують зона виконання робіт і монтувався кран. Для забезпечення безпеки виробництва монтажних робіт над технологічним обладнанням на мостових кранах влаштовувався захисний настил, переміщуваний слідом за фронтом робіт. Послідовно виконувався монтаж і демонтаж конструкцій на захватці, після чого кабельний кран переміщався на іншу стоянку. Для надійного зв'язку і безпечної роботи машиністів кранів та монтажників використовувалися малопотужні радіостанції.

Перевагами технології заміни огорожувальних конструкцій за допомогою стаціонарних і самохідних кабельних кранів є:

- невелика тривалість виконання монтажних робіт;
- застосування типового монтажного обладнання,
- висока продуктивність праці на етапі виконання робіт по заміні огорожувальних конструкцій.

Недоліками є:

- велика кошторисна вартість підготовчих робіт;
- необхідність пересування крана вздовж крайніх осей;
- можливість заміни обмеженої кількості конструкції;
- незначна вантажопідйомність існуючих кранів.

На етапі проектування і будівництва ТЕС прогнозований термін експлуатації основного технологічного обладнання становив 25-30 років, після чого передбачалося виводити теплоелектростанції з експлуатації з зупинкою технологічного процесу і виконання капітального ремонту із заміною чи модернізацією всього обладнання. До виведення з експлуатації, в рамках планування модернізації та капітального ремонту ТЕС, здійснювалося комплексне технічне обстеження технологічного обладнання та головного корпусу з детальною оцінкою всіх будівельних конструкцій. Роботи з модернізації передбачалося проводити з використанням стрілових або баштових кранів великої вантажопідйомності, встановленими всередині головного корпусу, в турбінному і котельному відділеннях. При цьому планувалося виконання робіт по заміні технологічного обладнання та заміні всіх аварійних і знаходяться в незадовільному стані будівельних конструкцій головного корпусу вести одночасно [62].

Відмова від планової економіки СРСР, відсутність нововведених великих ТЕС, постійний ежемоментно попит на теплову і електричну енергію, не дозволяє в більшості випадків вивести діючі генеруючі підприємства на тривалий період реконструкції з зупинкою технологічного процесу. Основне технологічне обладнання електростанції проходить відповідно до технологічного регламенту і приписів органів технічного нагляду планові обстеження з визначенням і продовженням ресурсу, виконанням ремонтних заходів для забезпечення нормальної експлуатації. Це здійснюється висновком окремих технологічних установок і обладнання, при роботі основного виробництва в штатному режимі.

В умовах невинного чинного виробничого процесу гостро постало питання в необхідності проведення робіт по заміні аварійних і відпрацьованим свій ресурс будівельних конструкцій.

На підставі виконаного аналізу існуючих технологій заміни аварійних конструкцій можна визнати що, більшість способів застосовуваних при реконструкції виробничих будівель інших галузей промисловості малоефективні і часто не стосуються умов діючих ТЕС .

Основною проблемою при виборі тієї або іншої технології виробництва робіт є вимоги щодо вибору монтажного крана. Для виконання робіт по заміні огорожуючих конструкцій на основних поздовжніх осях головного корпусу необхідний виліт стріли повинен становити 50-70м, при висоті підйому гака 35-55м. Виліт стріли і висота підйому гака можуть бути ще більшими, так як на величину цих параметрів вплине наявність великої кількості технологічних трубопроводів, інженерних комунікацій, які зажадають істотно збільшити можливості крана.

Серйозні вимоги по вильоту і висоті підйому стріли вимагають в свою чергу таких монтажних кранів, для яких необхідний пристрій додаткових транспортувальних шляхів і монтажного обладнання при цьому чимало часу крани повинні простоювати, т. к. основний обсяг робіт виконується вручну, без допомоги крана, що в результаті значно збільшить кошторисну вартість робіт.

На підставі виконаного аналізу генеральних планів, конструктивних рішень ТЕС , даних по експлуатації і результатів обстеження теплоелектростанцій, а також огляду існуючих технологій по заміні аварійних конструкцій і використуваних комплектів монтажних машин і транспортного устаткування сформульовані цілі і завдання дослідження.

Метою магістерської роботи є розробка науково-технічних основ технології безкранових монтажу і демонтажу конструкцій головних корпусів теплоелектростанцій в умовах діючого виробництва з розробкою практичних рекомендацій щодо використання запропонованої технології при реконструкції або капітального ремонту головних корпусів ТЕС .

Відповідно до поставленої мети були сформульовані наступні завдання досліджень:

- на основі збору і систематизації даних про теплоелектростанціях, зіставлення і узагальнення існуючих технологій монтажу та демонтажу конструкцій головних корпусів ТЕС , необхідно провести аналіз умов виробництва робіт на діючих теплоелектростанціях і визначити основні параметри монтажно демонтажного процесу;

- розробити нові технологічні рішення заміни огорожувальних конструкцій головного корпусу ТЕС в умовах діючого виробництва, що забезпечують можливість виконання робіт по заміні конструкцій будь-якої частини будівлі;

- розробити розрахункові схеми монтажних систем, виконати математичне моделювання та розрахунок основних елементів оснащення за запропонованою технологією монтажу і демонтажу будівельних конструкцій для різних умов і параметрів будівельного майданчика;

- виявити технологічні можливості і області застосування монтажних систем технології безкранових монтажу в умовах діючих виробництв.



## РОЗДІЛ 2

### ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕОРЕТИЧНИХ ОСНОВ ТЕХНОЛОГІЇ БЕЗКРАНОВИХ МОНТАЖУ

#### **2.1 Аналіз складу технологічних процесів демонтажу і монтажу аварійних конструкцій в умовах діючих теплоелектростанцій**

Процес демонтажу конструкцій в умовах діючого виробництва при реконструкції або капітального ремонту промислової будівлі є найбільш складним, відповідальним і мало розробленим. Він включає в себе виконання складних і нетрадиційних операцій, таких як: розбирання стиків на значній висоті, розчищення заставних деталей і їх роз'єднання, оброблення горизонтальних і вертикальних швів, відрив конструкцій з їх подальшим виведенням з проектного положення і переміщенням з робочого місця [18]. При цьому демонтажний процес зазвичай супроводжується виконанням допоміжних операцій зі стропування конструкцій, їх тимчасовим кріпленням в роз'єданому стані із суміжними конструкціями, зняттям конструкцій з проектного положення і переміщення їх на приоб'єктний склад [28].

Технологія демонтажних робіт повинна включати в себе вирішення наступних завдань:

- забезпечення можливості виконання робіт в умовах існуючого підприємства;
- забезпечення доступу робочих до демонтується будівельної конструкції; можливість проведення демонтажу наявним монтажним механізмом;
- забезпечення технічної можливості демонтажу конструкцій, що знаходиться в незадовільному, або аварійному стані;
- забезпечення безпеки виконуваних робіт;
- забезпечення раціональних, щодо невисоких трудовитрат для виконання демонтажних робіт;

- застосування найбільш поширених вантажопідйомних машин і засобів механізації;

Демонтажний процес конструкцій при капітальному ремонті або реконструкції виробничих будівель ідентичний більшістю операцій з монтажними процесами огорожувальних конструкцій виконуються на етапі будівництва. Монтажний процес це установка конструкцій і елементів в проектне положення, а демонтажний - процес зворотний монтажу. Ці процеси мають як схожі технологічні операції, так і відмінні операції, що вимагають розробки певних технологічних і організаційних рішень щодо їх виконання, на підставі наявного досвіду проектно-будівельних організацій [52].

Аналіз існуючих технологій монтажу та демонтажу конструкцій при реконструкції ТЕС показав, що існує досить багато досліджень і типових рішень по монтажу і демонтажу різних будівельних конструкцій виробничих будівель з використанням різних методів, машин і механізмів. Однак проблеми вибіркового демонтажу і монтажу будівельних конструкцій в умовах діючого виробництва до теперішнього часу практично не приділялося уваги і в нормативній і технічній літературі ці питання недостатньо висвітлені.

Для порівняння та аналізу процесів демонтажу і монтажу будівельних конструкцій, розглянемо їх склад на прикладі заміни стінових панелей типового промислового будівлі [56]. Операції демонтажного процесу представлені на основі проведених автором досліджень по заміні зовнішніх стінових панелей головних корпусів ТЕС (рис. 2.1).

Порівняльний аналіз операцій процесів монтажу і демонтажу конструкцій дозволяє зробити висновок про їх істотне розходження, як за складом, так і черговості їх виконання. Демонтажний процес містить деякі операції схожі з операціями в монтажному процесі щодо їх виконання. При цьому в монтажному процесі відсутні такі небезпечні і відповідальні операції як забезпечення доступу до змонтованих конструкціям і їх закладних деталей, оброблення швів і стиків аварійних конструкцій та ін.



Рисунок 2.1 - Склад технологічних процесів монтажу і демонтажу конструкцій

При аналізі складу описаних вище процесів видно, що демонтажний процес не є повністю зворотним послідовності монтажного процесу і відрізняється по декількох позиціях. В результаті порівняння складу технологічних процесів монтажу і демонтажу конструкцій в умовах діючого виробництва теплоелектростанцій було виявлено, що:

- стріляв і баштові крани, що застосовуються для монтажу конструкцій, часто не можуть бути використані для виконання демонтажного процесу, т. К. Мають обмежений виліт і висоту підйому стріли при установці конструкцій від середини будівлі до периферії. Для здійснення демонтажу конструкцій цими кранами необхідно здійснити розбирання крайніх прольотів будівлі, т. К. Використання стрілових кранів в умовах діючого виробництва без розбирання крайніх прольотів неможливо;

- при демонтажі конструкцій строповка зношених, пошкоджених елементів за монтажні петлі не доцільна, а найчастіше неможлива з міркувань безпеки виробництва робіт. В умовах функціонуючого основного виробництва ТЕС відрив і падіння незначного фрагмента демонтується конструкції може привести в аварійній ситуації;

- при вибіркового демонтажі конструкцій з'являється проблема в забезпеченні доступу до закладних деталей кріплення, навіть за умови повної оброблення швів;

- при вибіркового демонтажі будівельних конструкцій виникають додаткові операції, пов'язані зі звільненням конструкції і виведенням її з проектної позначки. Найбільш відповідальними операціями в контексті безпечного виконання робіт стають: «натяжка» демонтажної системи і тимчасове «вивішування» демонтується конструкції і зрізка елементів кріплення. При цьому для виключення перевантаження вантажопідйомного механізму і небажаної динаміки системи «видаляється елемент - демонтажна система» посилення «на гаку» має гранично точно відповідати масі демонтується конструкції.

При виробництві демонтажних робіт необхідно комплексно вирішувати питання безпеки ведення демонтажних робіт при раціональній організації праці [60]. На відміну від технології монтажних робіт, використовуваної при зведенні великопрольотних виробничих корпусів, технологія демонтажних робіт не може бути типовою, оскільки її зміст багато в чому залежить від необхідності заміни кожної окремої будівельної конструкції, її положення і технічного стану. Але в

загальному випадку можуть бути виділені загальні принципи технологічних рішень для демонтажу типових конструкцій: огорожувальні конструкції зовнішніх крайніх осей, конструкції внутрішніх осей, прольотів і торцевих стін. У разі більш складною і радикальної модернізації або реконструкції головного корпусу може виникнути необхідність демонтажу значного обсягу будівельних конструкцій кількох рядів, конструкцій зовнішніх стін, прольотів або будівлі в цілому.

Таким чином, демонтажний процес огорожувальних конструкцій в умовах діючих теплоелектростанцій не можна розглядати, як просто зворотний послідовність монтажного процесу, необхідно враховувати перераховані вище особливості.

Необхідна розробка організаційно-технологічних рішень виробництва робіт, нових технологій і нової або вдосконаленої існуючої технологічної оснастки і обладнання. Більшість необхідних для монтажно-демонтажних робіт механізмів, устаткування та інструментів існує і застосовується повсюдно. До них відносяться монтажні крани, лебідки, стропи й поліспасти, газові різачки, кутові шліфовані машини, електричні і пневматичні молотки, алмазний інструмент.

Необхідна розробка нових методів і способів застосування існуючих машин і механізмів, різного устаткування, що забезпечують можливість виконання робіт, в умовах діючого енергопідприємства з максимально можливою робочою зоною охоплення. У зв'язку з незадовільним станом огорожувальних конструкцій, необхідна розробка нових такелажних пристроїв, траверс, демонтажних касет для забезпечення конструкційної цілісності демонтованих конструкцій та тимчасових кріплень аварійних конструкцій, що забезпечують безпеку проведення підготовчих робіт.

## 2.2 Особливості проектування монтажних-демонтажних робіт в умовах діючих ТЕС

Монтажні роботи будівельних конструкцій в умовах реконструкції діючого підприємства є провідним процесом, який визначає можливість початку і закінчення наступних робіт і впливає як на тривалість зупинкового періоду діючого підприємства, так і на загальну тривалість реконструкції [29]. Основними документами визначальними, виробництво монтажних робіт, є ПНР і технологічні карти [30]. Структура і зміст визначаються ДСТУ та іншими регламентуючими документами [31].

Аналіз вихідних даних, умов виробництва робіт і завдань, що виникають при проектуванні та організації монтажних робіт при реконструкції головних корпусів ТЕС, дозволив визначити два найбільш поширених варіанти:

- виконання реконструкції з зупинкою технологічних процесів і виведенням за все головного корпусу або виробничої черги з експлуатації;
- виконання реконструкції без зупинки виробничого процесу.

При варіанті реконструкції головного корпусу ТЕС з зупинкою виробничого процесу, можливе виконання будівельних робіт із застосуванням типових технологій, технічних рішень і варіантів організації монтажних робіт. Однак, це призводить, в умовах непланової економіки, до величезних виробничим і енергетичним втрат, вимагає значного вкладення коштів. Даний варіант можливий тільки при необхідності модернізації основного виробничого процесу з заміною технологічного обладнання, що відпрацювало свій ресурс.

У разі виконання заміни будівельних конструкцій головного корпусу ТЕС без зупинки виробничого процесу виникає необхідність в розробці індивідуальних і не типових проектних рішень по технології і організації монтажних робіт.

На сьогоднішній момент питання, що виникають при проектуванні монтажних-демонтажних робіт при реконструкції головного корпусу, в умовах діючого

енергопідприємства не розглянуті в необхідному обсязі. У діючих нормативних і регламентуючих документах відображені лише загальні вимоги щодо організації та ведення монтажних робіт, що не враховують особливості об'єкта реконструкції та існуючих умов проведення будівельно-монтажних робіт.

На етапі проектування монтажно-демонтажного процесу важлива детальне опрацювання технічного завдання на проектування, яке повинно містити вимоги щодо організації реконструкції, її черговості за умови поєднання з основною виробничою діяльністю, конкретними умовами її здійснення і передбачуваними методами будівельно-монтажних робіт [49]. Важливим є ув'язка конструктивно технологічних і організаційно-технологічних рішень, що проводиться на стадії розробки проектних рішень і проектів організації будівництва (ПОС) і повинна гарантувати їх проектну здійсненність, реальне виконання робіт у визначені терміни. Зазвичай перелік документів, що входять в проект виробництва робіт (ПНР) по монтажу - демонтажу будівельних конструкцій, визначається з урахуванням ступеня складності об'єктів реконструкції, умовами обмеженості і можливістю поєднання робіт, числа будівель і споруд, що входить до його складу, рівня уніфікації, типізації та стандартизації проектних рішень, необхідності використання допоміжних споруд, пристроїв і установок. Проектом виробництва робіт повинні бути передбачені прогресивні методи, що забезпечують високу продуктивність праці, зниження собівартості і терміну монтажних робіт при високій якості їх виконання в тому числі: необхідну міцність, надійність і стійкість монтируемой (демонтуються) конструкції під час виконання робіт з урахуванням дії на них монтажних навантажень і реакції від монтажних машин і механізмів і пристосувань; безаварійність і створення безпечних і комфортних умов праці; низькі витрати праці і зайнятості монтажних засобів за рахунок застосування комплексної механізації і раціональних рішень; можливість застосування поточкового виробництва з максимальним охопленням всього фронту, рівномірну зайнятість робітників і монтажних засобів; виконання монтажних і демонтажних робіт і робіт з монтажу технологічного устаткування по суміщеному графіку, що

дозволяє швидко організувати передачу монтованих об'єктів або їх частин під виконання наступних робіт.

При цьому повинні бути враховані особливості конкретної монтажного майданчика, включаючи такі вихідні дані як: внутрішню і зовнішню скрутність; особливості чинного підприємства; конструктивні особливості об'єкта реконструкції; можливості будівельної організації, що виробляє роботи (наявність машин, механізмів, устаткування, кваліфікація робітників і т.п.); досвід виконання подібних робіт, використання типової або повторно застосовуваної проектної документації по організації і виробництву СМР.

Весь процес проектування монтажно-демонтажного процесу при заміні огорожуючих конструкцій головних корпусів ТЕС автором запропоновано розбити на наступні етапи:

- проведення комплексного обстеження будівлі та складання висновку про технічний стан окремих конструкцій і всієї будівлі в цілому, згідно з діючими регламентуючими документами;

- детальне обстеження технічного стану зовнішніх стінових панелей і плит покриття;

- відбір для заміни через їх аварійності, незадовільного. технічного стану, невідповідності теплотехнічним нормам і т.д.

- на підставі робочих креслень конструкції і конструктивної схеми будівлі, визначення місць розташування закладних деталей і в'язевих елементів;

- розробка технологічних рішень демонтажу зовнішніх стінових панелей або плит покриття з їх проектного положення з визначенням необхідного технологічного та монтажного обладнання та пристроїв для виконання даних робіт;

- можливість виконання робіт по монтажу нової конструкції замість демонтується з використанням запропонованих технологічних рішень;

- проектування і комплектація технологічної оснастки для проведення робіт для конкретних умов виконання будівельних робіт;



- розробка такелажне оснащення для безпечного демонтажу будівельної конструкції знаходиться в незадовільному стані;

На підставі виконаного аналізу основних характеристик і параметрів «об'єкта реконструкції» - головного корпусу ТЕС і «умов виконання робіт» - діючих теплоелекторостанцій автором були виявлені основні обов'язкові до виконання вимоги, що висуваються на стадії проектування монтажно-демонтажних робіт і вибору технології виробництва робіт в умовах діючого виробництва:

- забезпечення виконання монтажних робіт в умовах існуючої будівельного майданчика ТЕС без зупинки основного технологічного процесу;
- можливість заміни захисної конструкції обраним методом з будь-якої точки головного корпусу ТЕС ;
- забезпечення конструктивної цілісності і працездатності демонтованих конструкцій, які перебувають в різному технічному стані;
- можливість демонтажу окремої аварійної конструкції;
- мінімальний вплив обраної технології монтажних робіт на основний виробничий процес енергопідприємства;
- ефективні трудовитрати і фінансові витрати на виконання монтажних робіт;
- використання стандартних (поширених) машин, механізмів і такелажного оснащення;

З аналізу існуючих методів монтажно-демонтажних робіт огорожувальних конструкцій при реконструкції ТЕС виконаного в першому розділі можна зробити висновок, що більшість способів і технологій виробництва монтажних робіт не відповідають даним вимогам. Виникає необхідність у розробці нових технологічних рішень заміни огорожувальних конструкцій, що дозволяють здійснювати роботи без зупинки основного технологічного процесу, що забезпечує збереження їх залишкової конструктивної цілісності на етапі виконання робіт при дотриманні вимог техніки безпеки.

### **2.3 Обґрунтування технології безкранових монтажу огорожувальних конструкцій при реконструкції діючих ТЕС**

На підставі аналізу виконаного в першому розділі, можна зробити висновок, що, абсолютна більшість діючих на сьогоднішній день ТЕС мають типові за складом і розташуванням будівель і споруд генплани, що безпосередньо пов'язано з протікають в них технологічними процесами.

Кожна теплоелектростанція для відведення димових газів має в своєму складі димові труби, розташовані в безпосередній близькості від головного корпусу. Димові труби всіх сучасних ТЕС - це складні інженерні споруди висотою від 100 до 250м і більше [45]. Більшість з них мають в якості несучого елемента монолітні і залізобетонні оболонки конічної форми. Від несприятливого впливу димових газів, зсередини труби захищені футерування різних типів і конструкцій. Димові труби на етапі проектування розраховуються на одночасний вплив максимальних вітрових, сейсмічних та інших навантажень, при цьому при розрахунку закладався значний запас по несучої здатності [54]. За чинним вимогам Ростехнагляду димові промислові труби на діючих електростанціях підлягають обов'язковому періодичному обстеженню [21]. Експлуатація можливо тільки при задовільному стані основних елементів димаря [19].

Автором сформульовано поняття технології безкранових монтажу - як можливість виконання монтажних-демонтажних робіт за допомогою різної компоновки монтажних-транспортних обладнання і оснастки, без використання стандартних монтажних кранів. В основу теоретичних досліджень технології безкранових монтажу огорожувальних конструкцій при реконструкції головних корпусів ТЕС лягло наявність димових труб в складі теплоелектростанцій. Автором запропоновано їх використання в якості опорного елемента, для кріплення частини монтажних-такелажних оснащень. Попередньо можна припустити, що димова труба зможе винести додаткове навантаження від дії монтажної системи, такелажного оснащення і демонтується конструкції.

На підставі проведеного аналізу генеральних планів та конструктивно-технологічних особливостей будівель головних корпусів ТЕС, в рамках вирішення поставлених завдань проектується монтажний демонтажний процес в умовах діючої теплоелектростанції. В першому варіанті компоновання монтажна система являє собою вантажопідйомне пристрій, що складається з несучої і вантажопідйомної тросо- блокових систем, і називається монтажна система «Квадро-1» (авторська назва) (рис. 2.2).

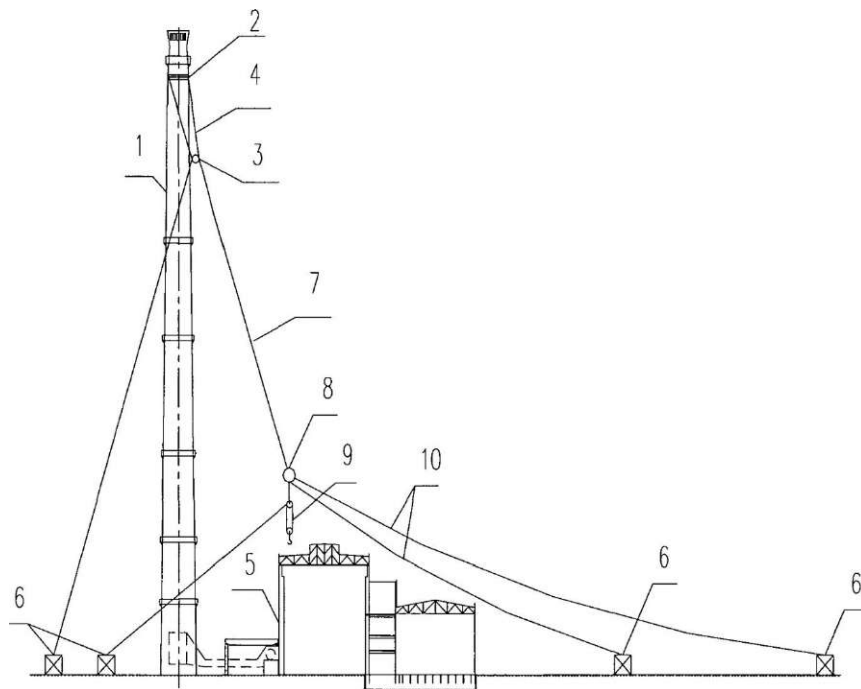


Рисунок 2.2 -:

- 1 - димова труба; 2 обвідний трос;  
 3 - монтажний блок; 4 - петля; 5 - головний корпус; 6 - електролебідки;  
 7 - основний трос несучої системи; 8 - кроквяної кільце;  
 9 - вантажопідйомний поліспаст; 10 - відтяжні троси несучої системи

Несуча система складається з трьох канатних віток. Одна з яких кріпиться у верхній частині на димарі, за допомогою обвідного троса, є основним тросом несучої системи. Дві інших гілки кріпляться на землі в максимальному віддаленні один від одного і використовуються в якості відтяжок.

Місця кріплення відтяжок на землі несучої системи повинні вписуватися в генеральний план ТЕС залежать від існуючих умов будівельного майданчика і розташування конструкцій будівлі, які потребують заміни. Кожна гілка несучої системи для забезпечення необхідного тягового зусилля може бути забезпечена додатково поліспасти.

Вільні кінці трьох гілок несучої системи сходяться на кроквяної кільці, розташованому в зоні роботи монтажної системи (рис. 2.7).

Кроквяної кільце є центром монтажної системи і служить для кріплення елементів несучої і вантажопідіймальних систем. Переміщення кроквяної кільця в просторі здійснюється зменшенням або подовженням гілок несучої системи. Підйом конструкції здійснюється за допомогою вантажопідійомної системи, до складу якої входить монтажний блок або поліспаст, закріплений на кроквяної кільці.

Таким чином, формується канатно-блокова система, теоретично забезпечує монтаж, демонтаж і переміщення конструкцій знаходяться в трикутнику, утвореному з'єднанням точок кріплення гілок несучої системи. Як тягових механізмів пропонується використовувати монтажні електричні лебідки необхідної вантажопідійомності, що розміщуються на рівні землі поза робочої зони монтажної системи.

Технологія безкранових монтажу при реконструкції головних корпусів ТЕС передбачає наступні операції при виробництві демонтажних робіт:

- вивішування кроквяної кільця над передбачуваної до демонтажу конструкцією;
- кріплення такелажного оснащення на демонтується конструкції;
- натяжка канатної системи для компенсації маси демонтується конструкції;
- звільнення заставних деталей і елементів кріплення;
- підйом конструкції на необхідну висоту за допомогою вантажопідійомної системи;

Склад операцій при монтажі будівельних конструкцій за допомогою монтажно-ї системи «Квадро-1» аналогічний стандартному складу при монтажі на етапі будівництва.

На рис. 2.3 представлена принципова схема спільної стропування канатів, набір машин і механізмів та такелажне оснащення для комплектації монтажно-ї системи «Квадро-1» технології безкранових монтажу для заміни стінових панелей і плит покриття головного корпусу ТЕС .

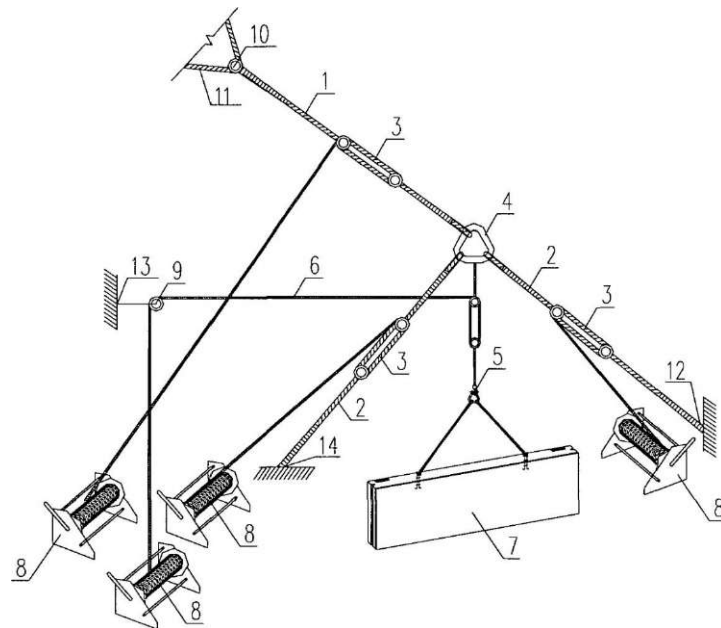


Рисунок 2.3 - Принципова схема монтажно-ї системи «Квадро-1»:

1 - основний канат несучої системи; 2 - відтяжка; 3 - поліспасти гілок несучої системи; 4 - кроквяної кільце; 5 - рузозахвативающее пристрій; 6 - вантажопідйомна система; 7 - піднімається конструкція; 8 - електрична лебідка; 9 - відвідний монтажний блок; 10 - монтажний блок; 11 - обвідний трос; 12 - кріплення кінців відтяжок на рівні землі; 13 - кріплення монтажного блоку на димарі

До складу несучої системи входять: основний канат несучої системи і дві відтяжки; постійні або тимчасові якоря для кріплення кінців відтяжок на рівні

землі; кроквяної кільце; поліспасти і монтажні блоки необхідної вантажопідйомності; три монтажні електричні лебідки; троса кріплення основних елементів і канатів системи. Вантажопідйомна система включає в себе: вантажопідйомний трос, скомплектований при необхідності поліспасти; відвідної монтажний блок; вантажозахватний пристрій.

На рис.2.4 представлений макет монтажної системи «Квадро-1» технології безкранових монтажу огорожувальних конструкцій у масштабі 1: 200, виконаний в існуючих умовах генерального плану, габаритними розмірами і положенням будівлі головного корпусу і димової труби, яка існує електростанції Одеська ТЕС-3.



Рисунок 2.4 - Макет монтажної системи Квадро-1 для умов Одеської ТЕЦ-3 в масштабі 1: 200

Макет був виконаний для наочного вивчення запропонованих рішень технології безкранових монтажу та визначення основних технологічних факторів, що впливають на працездатність монтажної системи «Квадро-1».

В рамках розвитку технології безкранових монтажу при реконструкції діючих ТЕС, в разі необхідності заміни тільки стінових панелей при капітальному ремонті або реконструкції головного корпусу, пропонується більш спрощена

комплектація і запасовка елементів канатно- блокової системи - монтажна система «Квадро-2».

У монтажній системі «Квадро-2» (рис. 2.5), що несе і вантажопідйомна системи суміщені в одну монтажну, що складається з двох канатних віток.

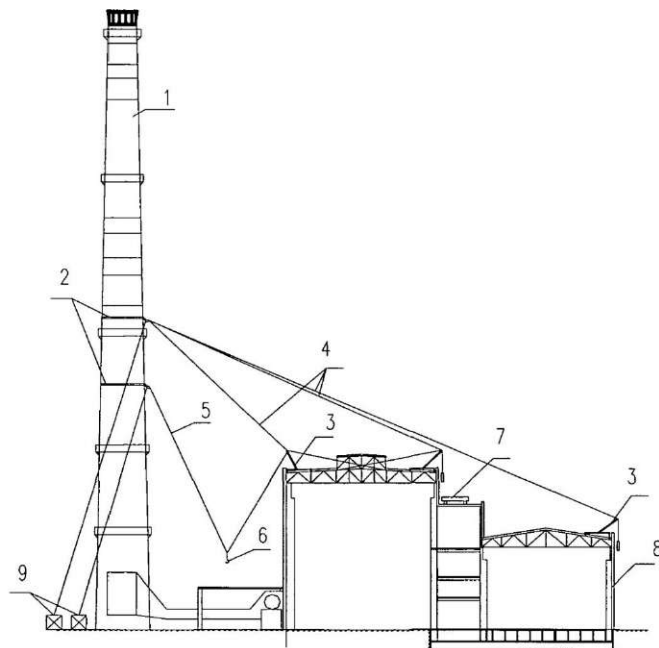


Рисунок 2.5 - Монтажна система "Квадро-2":

1 - димова труба; 2 - обвідний трос; 3 - стріла; 4 - основний трос системи; 5 - відтяжної трос; 6 - вантажозахватний пристрій; 7 - транспортна візок; 8 - головний корпус; 9 - електролебідки; 10 - відтяжка стріли

При роботі на найближчих осях до димаря, одна гілка є відтягненням, яка проходить через монтажний блок, закріплений на димарі, і кріпиться вище вантажозахоплювального устрою. Друга гілка є вантажопідйомної, запасована через блоки на димарі і на металевій стрілі, встановленої на даху будівлі, над передбачуваної до заміни конструкцією. Вона укомплектована вантажозахоплювальним пристроєм для стропування стінових панелей. Для запобігання перевантаженості плит покриття виробничого корпусу, стріла має ширину в опорній частині рівній

ширині кроку колон каркаса будівлі і спирається на несучі металеві ферми. Передача і розподіл зусиль на вузли ферми здійснюється через металеві балки, які є підставою стріли. Для забезпечення стійкості і компенсацію дії моменту на етапі виконання робіт, стріла расчалівається тросами до кінців металевих балок. Для підйому і переміщення вантажу обидві гілки монтажної системи забезпечені монтажними електричними лебідками.

Вивішування, відрив і переміщення стіновий панелі до місця тимчасового складування здійснюється змінним подовженням або зменшенням гілок монтажної системи.

При необхідності заміни стінових панелей на середніх і далекої від димової труби осях головного корпусу, монтажна система «Квадро-2» перетворюється в монтажну систему, що складається з однієї канатної гілки, що проходить через монтажний блок, закріплений на димарі і, що приходить до монтажної стріли, встановленої над передбачуваної до заміни конструкції. При такій організації робіт монтажна система здійснює лише монтаж і демонтаж конструкцій з проектного положення. Транспортування демонтованих стінових панелей на приоб'єктний склад для середніх осей здійснюється по змонтованим на покрівлі будинку тимчасовим шляхах. Переміщення виконується за допомогою візків, обладнаних механічною або електричною тягою, до постійного торця головного корпусу, звідки опускається до рівня землі за допомогою монтажного крана. При виконанні робіт на далекій від димової труби осі стінна панель відразу переміщається монтажною системою на рівень землі.

На рис. 2.6 показана принципова схема монтажної системи «Квадро- 2» для заміни стінових панелей найближчих до димаря осей (Д і Г) головного корпусу ТЕС.

Перелік технологічних операцій при виробництві робіт з допомогою монтажної системи «Квадро-2» ідентичні описаним вище операціям застосування монтажної системи «Квадро-1» технології безкранових монтажу.



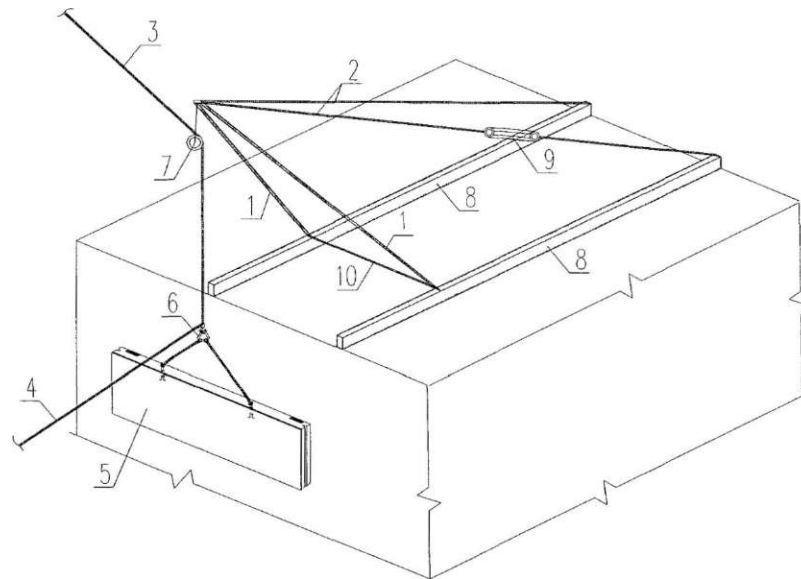


Рисунок 2.6 - Принципова схема монтажної системи «Квадро -2»:  
 1 - монтажна стріла; 2 - відтяжка стріли; 3 - основний трос; 4 - відтяжної трос; 5 - демонтується стінна панель; 6 - вантажозахватне пристрій; 7 - монтажний блок скомплектований динамометром; 8 - опорні балки стріли; 9 - поліспаст відтягнення; 10 - затяжка стріли

## 2.4 Визначення основних технологічних параметрів монтажних систем технології безкранових монтажу при реконструкції діючих ТЕС

В рамках запропонованої технологічної схеми монтажної системи «Квадро-1» технології безкранових монтажу формується трехветвевая канатна система, теоретично забезпечує монтаж, демонтаж і переміщення конструкцій в зоні знаходиться в трикутнику, утвореному з'єднанням точок в плані кріплення гілок несучої системи.

На рис. 2.7 показана зона дії або робоча зона монтажної системи при стандартному положенні задіяних у реконструкції будівель і споруд - головний корпус теплоелектростанції як об'єкт реконструкції, і димова труба як елемент монтажної системи нової технології безкранових монтажу.

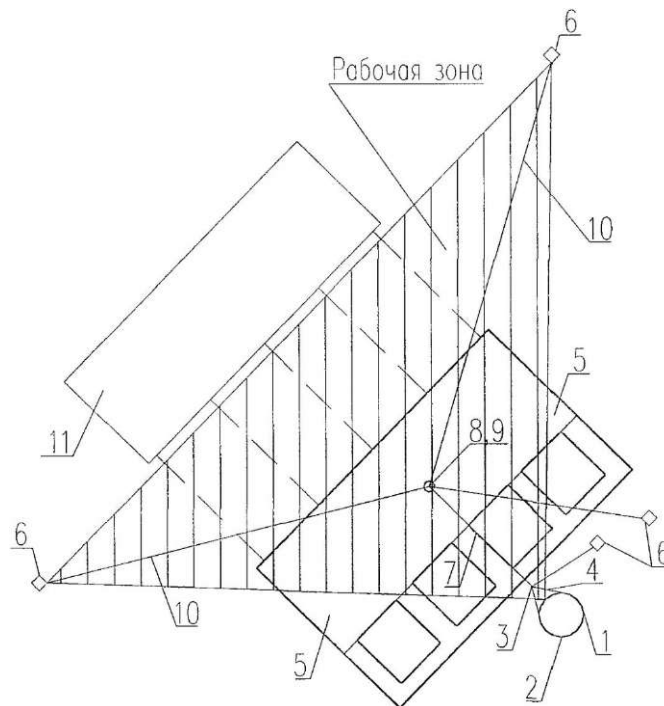


Рисунок 2.7 - Зона дії монтажної системи «Квадро-1»:

1 - димова труба; 2 - обвідний трос; 3 - монтажний блок; 4 - петля; 5 - головний корпус; 6 - електролебідки; 7 - основний трос несучої системи; 8 - кроквяної кільце; 9 - вантажопідйомний поліспаст; 10 - відтяжні троси несучої системи; 11 - відкритий розподільчий пристрій

На рис. 2.8 представлена зона дії монтажної системи «Квадро-2». Областю можливого застосування монтажної системи при різних варіантах компонування, є проведення робіт з монтажу і демонтажу стінових панелей всіх осей головного корпусу електростанції.

На підставі аналізу принципів і технологічних схем монтажних систем «Квадро-1» і «Квадро-2» технології безкранових монтажу будівельних конструкцій за основний технологічний параметр автором запропоновано прийняти зону дії або робочу зону монтажних систем.

Основними факторами, що впливають на певний технологічний параметр для монтажної системи «Квадро-1» є:

- стан димової труби;
- висота димової труби;

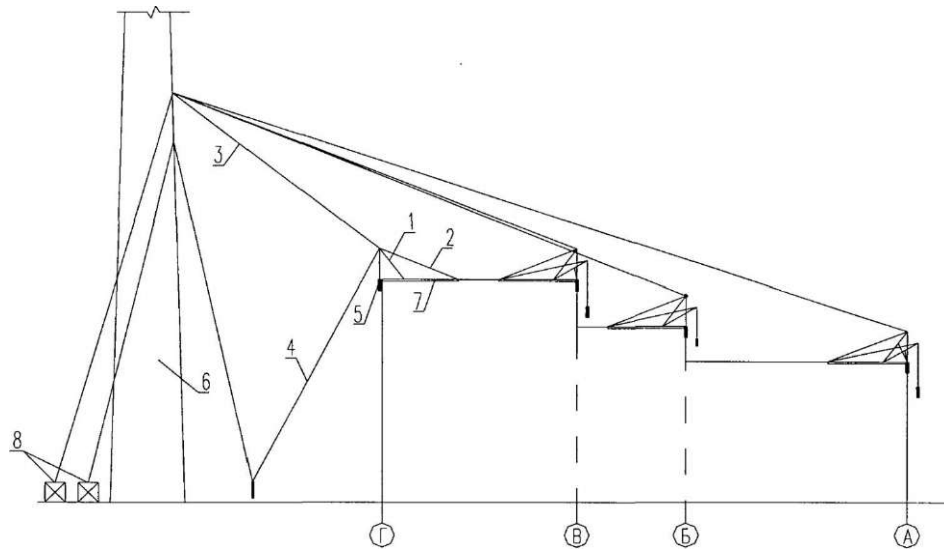


Рисунок 2.8 - Зона дії монтажної системи «Квадро-2»:

1 - монтажна стріла; 2 - відтяжка стріли; 3 - основний трос; 4 - відтяжної трос;  
5 - демонтована станова панель; 6 - димова труба; 7 - опорні балки стріли

- висота кріплення основного троса на димарі;
- положення точок кріплення відтяжних тросів несучої системи на будівельному майданчику;
- положення кроквяної кільця в момент відриву демонтується конструкції для різних конструкцій;
- маса жене конструкції.

Основними факторами що впливають на технологічний параметр для монтажної системи «Квадро-2» є:

- крок колон основного каркаса;
- стан несучих конструкцій покриття виробничого корпусу;
- місце розташування і маса демонтується конструкції;
- відстань між димарем і зоною дії монтажної системи;
- маса жене конструкції;
- стан димової труби.

Можна припустити, що в залежності від змін, виявлених чинників будуть змінюватися і розрахункові параметри в основних елементах монтажних систем

нової технології для кожного конкретного випадку. Це дозволить в залежності від застосовуваного монтажного обладнання та висоти димової труби визначати можливі зони дії монтажних систем «Квадро-1» і «Квадро-2» з урахуванням реальних умов виробництва робіт.

При проектуванні монтажно-демонтажного процесу із застосуванням технології безкранових монтажу огорожувальних конструкцій необхідно враховувати технічні характеристики і можливості, найбільш поширених на сьогоднішній день передбачуваних до використання засобів малої механізації і монтажного оснащення.

Визначальними параметрами для комплектації монтажних систем автором пропонується вжити необхідних тягові зусилля в основному тросі і відтягненнях несучої системи, а також напруження розтягу в канатах різних елементів всієї монтажної системи.

Для аналізу працездатності запропонованих монтажних систем технології безкранових монтажу огорожувальних конструкцій, необхідно виконати математичне моделювання монтажних систем з визначенням навантажень на основні елементи монтажних систем для різних умов виробництва робіт зі зміною виявлених чинників і параметрів монтажно-демонтажного процесу [63].

На підставі отриманих результатів математичного моделювання монтажних систем необхідно дати оцінку міцності і деформативних властивостей димової труби від дій монтажних системи в поєднанні зі статистичними вітровими і сейсмічними впливами.

## **2.5 Моделювання та аналіз навантажень в елементах монтажних систем для різних умов виробництва робіт**

Для дослідження запропонованих технологічних рішень було виконано математичне моделювання монтажних систем «Квадро-1» і «Квадро-2» з визначенням основних конструктивних і розрахункових характеристик і зміною вихідних

розрахункових параметрів. Для математичних досліджень, обчислення зусиль в елементах систем і визначення можливих положень в межах робочих зон за основу прийнятий метод скінченних елементів (МСЕ), який здійснювався на діалоговому розрахунковому комплексі ПК «ЛІРА». Вибір даного розрахункового комплексу обумовлений можливістю виконати математичне моделювання з урахуванням гнучкості канатів монтажних систем [44].

Теоретичною основою ПК ЛІРА є метод скінченних елементів (МСЕ), реалізований у формі переміщень. Вибір саме цієї форми пояснюється простотою її алгоритмізації і фізичної інтерпретації, наявністю єдиних методів побудови матриць жорсткості і векторів навантажень для різних типів кінцевих елементів, можливістю обліку довільних граничних умов і складної геометрії розраховується конструкції. Бібліотека кінцевих елементів (БКЕ) ПК «Ліра» містить елементи, що моделюють роботу різних типів конструкцій:

- елементи стрижнів;
- чотирикутні і трикутні елементи плоскої задачі, плити, оболонки;
- елементи просторової задачі - тетраедр, паралелепіпед, тригранна призма.

Крім того, в бібліотеці є різні спеціальні елементи, що моделюють зв'язок кінцевої жорсткості, пружну податливість між вузлами, елементи, що задаються чисельною матрицею жорсткості. Всі кінцеві елементи, включені в бібліотеку, теоретично обґрунтовані, для них отримані оцінки похибки по енергії і по переміщеннях. Для коректного розрахунку виникають зусиль в тросах при математичному моделюванні монтажних систем технології безкранових монтажу використовуємо кінцеві елементи для вирішення геометрично нелінійних задач. Моделювання геометричної нелінійності проводиться за допомогою кінцевих елементів, що враховують зміна геометрії конструкції і роботу мембранної групи напружень (зусиль) на нових переміщеннях, що дозволяє розраховувати мембранні і вантові конструкції [33].

### 2.5.1 Методика і результати математичного моделювання монтажної системи «Квадро-1»

В рамках формування розрахункової схеми монтажної системи «Квадро-1» розглянемо геометричне положення точок несучої системи канатів в просторі. Відрізок, що з'єднує точку підстави димової труби і опорну точку несучого каната на осі труби, і відрізок, що з'єднує опорні точки відтяжних канатів, утворюють в просторі протилежні ребра тетраедра. Таким чином, точка відповідна несе кільцю, геометрично повинна знаходитися всередині цього тетраедра. Загальний вигляд розрахункової схеми для аналізу зусиль і напружень в елементах несучої системи та димової труби для монтажної системи «Квадро-1» представлено на рис. 2.9.

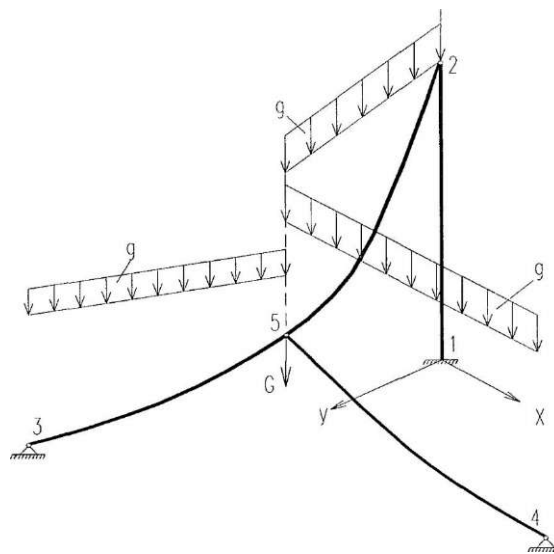


Рисунок 2.9 - Розрахункова схема монтажної системи «Квадро-1»:

1-центр системи координат; 2 - точка підвісу основного троса несучої системи; 3,4 - точки кріплення відтяжок; 5 - точка докладання монтажної навантаження;  $G$  - монтажна навантаження;  $g$  - розосереджена навантаження гілок несучої системи

Основні допущення, прийняті для розрахунку:

- вага канатів з поліспастами вважаємо розподіленим рівномірно по довжині їх проекцій на горизонтальну площину;
- перетин окремого каната вважається постійним по довжині;
- нехтуємо горизонтальними зміщеннями точок канатів;
- в точці перетину гілок системи прикладаємо навантаження від умовної конструкції
- всі вузли кріплення елементів системи приймаємо шарнірними, мають два ступені свободи.

В якості вихідних даних для математичного моделювання монтажної системи «Квадро-1» і визначення навантажень на елементи несучої системи тросів прийнята теоретична модель комплектації і розстановки елементів оснастки в рамках існуючих умов теплоелектростанції Київської ТЕС-3 (рис.2.10).

При моделюванні монтажної системи вага основного каната несучої системи і відтяжок прийнятий як металевий трос діаметром 40 мм, рівномірно розподіленим по довжині.

Вага вантажу, що піднімається або необхідну вантажопідйомність монтажної системи приймаємо для всіх численних експериментів 4 і 8 т, що відповідає сумарній масі найбільш важкої конструкції, що обгороджує і такелажне оснащення для 6 і 12 метрового кроку колон основного каркаса головного корпусу ТЕС .

З урахуванням існуючих умов генерального плану для формування численних експериментів головний корпус розділений на дві захватки, а так само попередньо визначені точки можливого тимчасового складування, позначені на схемі А \ - Л4. Можливі положення кроквяної кільця робочої зони монтажної системи першої захватки позначені точками В \ - В] , другий захватки позначені точками С \ - Св. Положення точки кріплення основного троса несучої системи на димарі позначено цифрою 1. Для забезпечення можливого положення кроквяної кільця на рівні землі показано розташування двох опорної точок кріплення відтяжних

тросів несучої системи в першій захватці - точки 2 і 3, в другій захватці - точки 3 і 4.

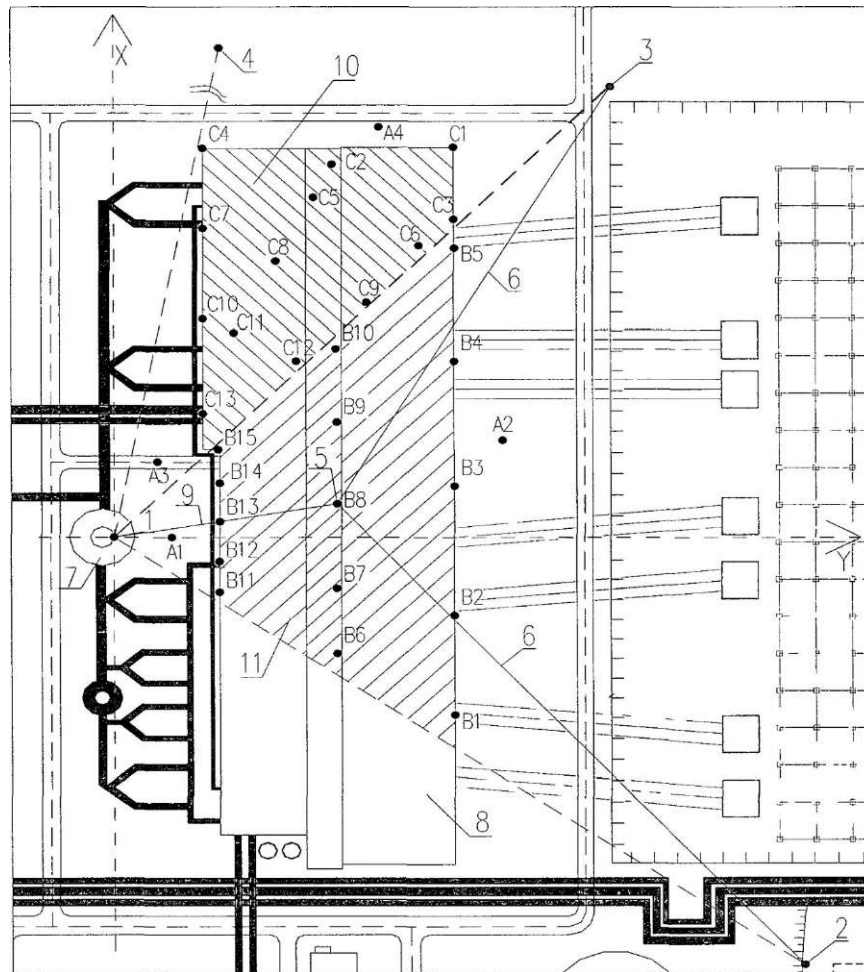


Рисунок 2.10 - Схема розташування точок численних експериментів для розрахунку моделі монтажної системи «Квадро-1»:

1 - точка кріплення основного троса на димарі; 2, 3, 4 - точки кріплення моделі при різних чисельних експериментах; 5 - кроквяної кільце; 6 - відтягнення несучої системи; 7 - димова труба; 8 - головний корпус; 9 - основний трос несучої системи; 10 - робоча зона монтажної системи на другий захватці; 11 - робоча зона монтажної системи на першій захватці;  $A_1$ - $A_3$ ,  $B_1$ - $B_{15}$ ,  $C_1$ - $C_{13}$  - положення кроквяної кільця для різних чисельних експериментів



На рис.2.11 представлена схема визначення координат положення кроквяної кільця в робочій зоні для створення вихідних даних численних експериментів для розрахунку моделі монтажної системи «Квадро-1».

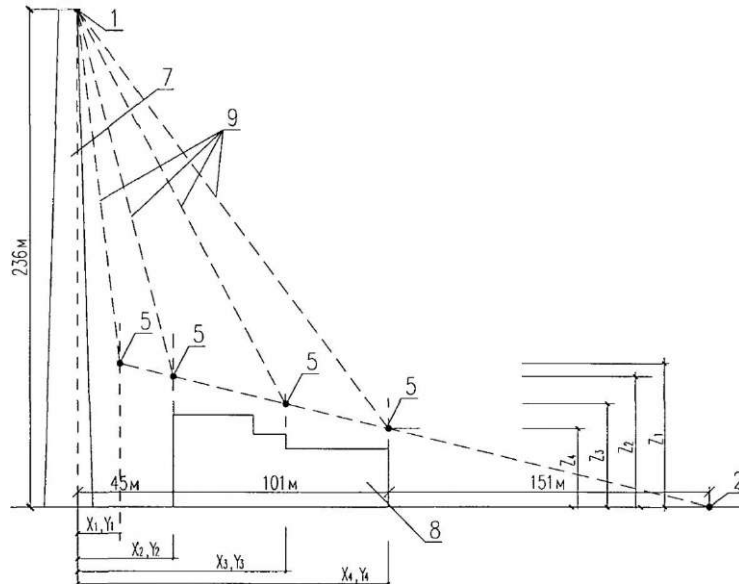


Рисунок 2.11 - Схема визначення координат точок численних експериментів для розрахунку моделі монтажної системи «Квадро-1»:

1 - точка кріплення основного троса на димарі; 2 - точки кріплення моделі при різних чисельних експериментах; 5 - кроквяної кільце; 6 - відтяжка несучої системи; 7 - димова труба; 8 - головний корпус; 9 - положення основного троса несучої системи; 10 –  $X_1 - X_4$ ;  $Y_1 - Y_4$ ;  $Z_1 - Z_4$  - координати положення кроквяної кільця для різних чисельних експериментів

Для оцінки можливості демонтажу і монтажу різних конструкцій крайніх і середніх осей будівлі, положення точок кроквяної кільця розподілені на обох захватках по всій площі головного корпусу. Координати положення точок для різних умов приймаються в метрах.

Як приклад на рис. 2.12 показана приклад розрахункової схеми монтажної системи для визначення зусиль і напружень в основних елементах монтажної си-

стеми, зусиль і моментів у димовій трубі, позначені вводяться значення і координати для одного з численних експериментів - положення кроквяної кільця в точці В 8.

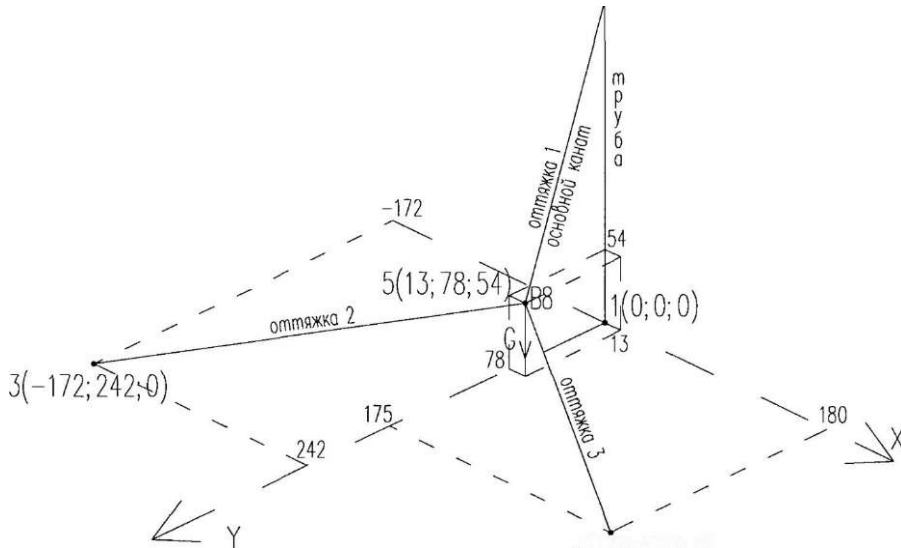


Рисунок 2.12 - Розрахункова модель монтажної системи «Квадро-1» для положення кроквяної кільця в точці В8

На рис. 2.13-2.15 представлені приклади графічних файлів ПК «Ліра», що відображають результати розрахунків згинальних моментів, зусиль і напружень для положення кроквяної кільця в точки

В ході проведення моделювання різних умов будівельного майданчика і вантажопідйомності монтажної системи визначені виникають розтягують зусилля в гілках несучої системи і згинальні моменти, а також зусилля в димовій трубі від дії монтажної системи.

Результати проведених всіх численних досліджень зведені в табл. 2.1 для розрахунку елементів несучої системи монтажної системи «Квадро-1» при масі вантажу, що піднімається на гаку  $G = 4$  т, в табл. 2.2 при масі вантажу, що піднімається на гаку  $G = 8$  т.

Таблиця 2.1 - Зведена таблиця результатів розрахунку монтажної системи «Квадро-1» при масі вантажу, що піднімається на гаку  $G = 4$  тонн

ПОЛОЖЕННЯ КРОКВЯНОГО КІЛЬЦЯ З КООРДИНАТАМИ НАВАНТАЖЕННЯ	ЗУСИЛЛЯ В ОСНОВНОМУ КАНАТІ № 1 N (Т)	ЗУСИЛЛЯ В ВІДТЯГНЕННІ №2 N (Т)	ЗУСИЛЛЯ В ВІДТЯГНЕННІ №3 N (Т)	МОМЕНТ В ТРУБІ M <sub>x</sub> Т*М	МОМЕНТ В ТРУБІ M <sub>y</sub> Т*М	ЗУСИЛЛЯ В ТРУБІ N В ТОННАХ
ПЕРША ЗАХВАТКА						
B1(-71;120;30)	10.88	6.32	1.37	9.06	23.4	-9.3
B2(-31;120;30)	10.75	6.49	3.82	3.49	9.31	-9.44
B3(20;120;30)	11.15	6.20	6.47	-2.14	-5.78	-9.81
B4(70;120;30)	12.44	4.83	8.57	-7.92	-19.80	-10.60
B5(115;120;30)	14.42	1.49	9.79	-15.22	-36.06	-11.67
B6(-46;78;53)	10.05	4.72	1.06	7.65	15.35	-9.11
B7(-20;78;54)	10.03	4.35	2.37	3.18	5.97	-9.22
B8(13;78;54)	10.31	3.66	3.92	-2.58	4.92	-9.48
B9(46;78;55)	10.84	2.51	5.26	-8.45	15.89	-9.80
B10(75;78;55)	11.61	1.01	6.35	-13.53	26.96	-10.19
B11(-22;37;61)	8.82	2.57	0.81	4.30	7.01	-8.52
B12(-10;37;66)	8.90	2.40	1.36	1.82	2.03	-8.62
B13(6;37;71)	9.065	2.06	2.09	-1.9	-4.50	-8.76
B14(22;37;76)	9.32	1.61	2.87	-5.94	-11.06	-8.95
B15(35;36;81)	9.59	1.08	3.52	-9.42	-16.67	-9.12
A1(0;20;81)	8.66	1.73	1.41	-0.34	-2.65	-8.53
A2(39;136;30)	13.32	9.29	10.75	-3.30	-10.61	-11.26
ДРУГА ЗАХВАТКА						
C1(156;119;30)	19.4	6.6	12.98	1.17	-31.02	-14.62
C2(149;76;37)	13.28	6.19	5.19	0.42	-26.26	-10.60
C3(127;119;30)	13.41	0.76	8.61	3.79	-21.86	-10.72
C4(155;31;49)	12.79	8.37	0.48	-2.52	-26.99	-10.19
C5(136;70;43)	12.73	5.42	4.70	0.66	-20.89	-10.35
C6(116;107;37)	12.75	0.88	7.78	4.28	-17.24	-10.39
C7(123;31;58)	11.54	6.46	1.16	-2.28	-14.39	-9.66
C8(110;56;55)	11.59	4.31	3.75	1.10	-9.99	-9.81
C9(94;88;49)	11.61	0.73	6.54	5.36	-7.85	-9.85
C10(87;31;67)	10.35	4.27	1.83	-0.72	0.46	-9.16
C11(82;46;66)	10.58	3.09	3.32	2.10	1.86	-9.35
C12(71;64;64)	10.62	1.02	5.07	5.63	3.84	-9.4
C13(49;31;80)	9.52	2.05	2.65	2.56	17.23	-8.86
A3(30;15;92)	8.93	2.05	1.66	0.76	27.77	-8.59
A4(164;93;27)	14.18	7.11	6.98	0.47	-33.36	-11.06

Таблиця 2.2 - Зведена таблиця результатів розрахунку монтажної системи «Квадро-1» при масі вантажу, що піднімається на гаку  $G = 8$  тонн

ПОЛОЖЕННЯ КРОКВЯНОГО КІЛЬЦЯ З КООРДИНАТАМИ НАВАНТАЖЕННЯ	ЗУСИЛЛЯ В ОСНОВНОМУ КАНАТІ № 1 N (Т)	ЗУСИЛЛЯ В ВІДТЯГНЕННІ №2 N (Т)	ЗУСИЛЛЯ В ВІДТЯГНЕННІ №3 N (Т)	МОМЕНТ В ТРУБИ M <sub>x</sub> Т*М	МОМЕНТ В ТРУБИ M <sub>y</sub> Т*М	ЗУСИЛЛЯ В ТРУБИ N В ТОННАХ
ПЕРША ЗАХВАТКА						
B1(-71;120;30)	16.57	9.79	1.93	9.05	23.44	-14.04
B2(-31;120;30)	16.41	10.07	5.85	3.49	9.31	-14.28
B3(20;120;30)	17.04	9.59	10.05	-2.14	-5.78	-14.88
B4(70;120;30)	18.93	7.32	13.21	-7.92	-19.80	-15.98
B5(115;120;30)	21.84	2.04	14.97	-15.22	-36.06	-17.44
B6(-46;78;53)	15.26	7.16	1.35	7.65	15.35	-13.78
B7(-20;78;54)	15.23	6.55	3.44	3.18	5.97	-13.98
B8(13;78;54)	15.66	5.43	5.89	-2.58	-4.92	-14.39
B9(46;78;55)	16.61	3.62	8.13	-8.50	-15.84	-14.95
B10(75;78;55)	17.73	1.21	9.76	-13.53	-26.97	-15.45
B11(-22;37;61)	13.22	3.65	0.91	4.30	7.01	-12.8
B12(-10;37;66)	13.35	3.35	1.76	1.82	2.03	-12.96
B13(6;37;71)	13.60	2.77	2.91	-1.89	-4.504	-13.19
B14(22;37;76)	14.01	2.00	4.11	-5.94	-11.06	-13.48
B15(35;36;81)	14.44	1.14	5.13	-9.42	-16.67	-13.74
A1(0;20;81)	12.95	2.16	1.76	-0.34	2.65	-12.76
A2(39;136;30)	20.42	14.45	16.76	-3.3	-10.61	-17.14
ДРУГА ЗАХВАТКА						
C1(156;119;30)	30.71	10.51	20.71	1.17	-31.02	-22.79
C2(149;76;37)	21.11	9.95	8.33	0.42	-26.26	-16.59
C3(127;119;30)	21.22	1.09	13.88	3.79	-21.86	-16.68
C4(155;31;49)	20.32	13.48	0.61	-2.52	-26.99	-15.94
C5(136;70;43)	20.20	8.66	7.51	0.66	-20.89	-16.2
C6(116;107;37)	20.20	1.26	12.57	4.28	-17.24	-16.23
C7(123;31;58)	18.18	10.27	1.65	-2.28	-14.39	-15.07
C8(110;56;55)	18.25	6.75	5.89	1.10	-9.99	-15.31
C9(94;88;49)	18.32	0.92	10.52	5.36	-7.85	-15.37
C10(87;31;67)	16.07	6.55	2.69	-0.72	0.46	-14.18
C11(82;46;66)	16.46	4.64	5.16	2.10	1.86	-14.49
C12(71;64;64)	16.55	1.27	8.00	5.63	3.84	-14.59
C13(49;31;80)	14.55	2.78	3.92	2.57	17.23	-13.57
A3(30;15;92)	13.47	2.66	2.21	0.76	27.77	-12.99
A4(164;93;27)	22.48	11.45	11.23	0.47	-33.36	-17.22

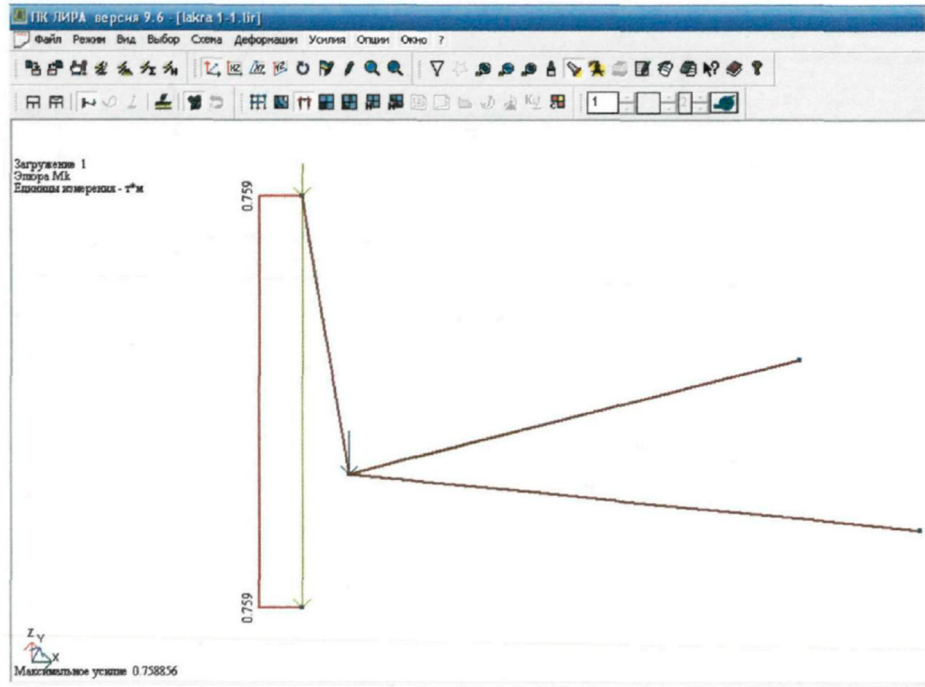


Рисунок 2.13 - Епюра згинальних моментів  $M_z$  основних елементів несучої системи для завантажених в точці В8

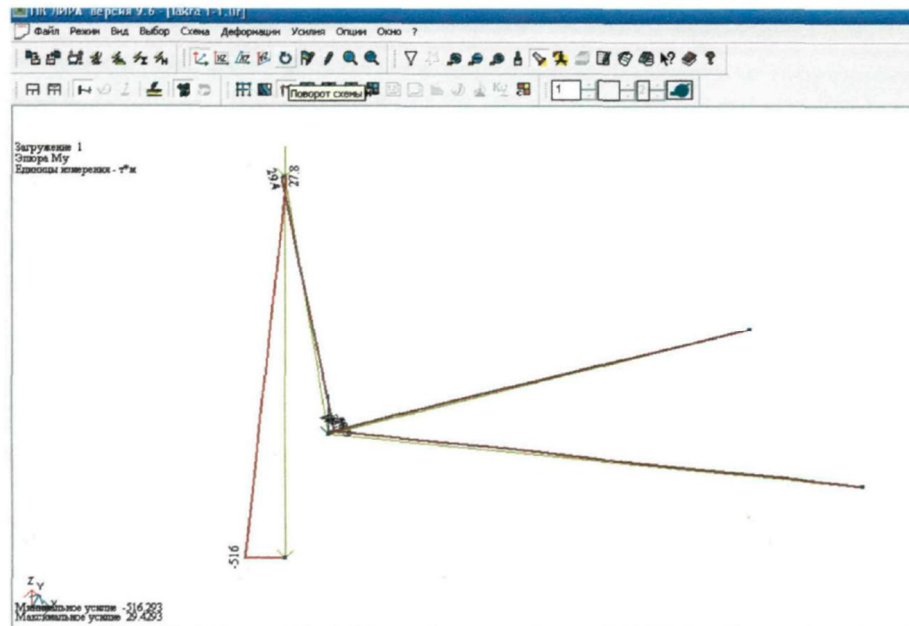


Рисунок 2.14 - Епюра згинальних моментів  $M_y$  основних елементів несучої системи для завантажених в точці В8

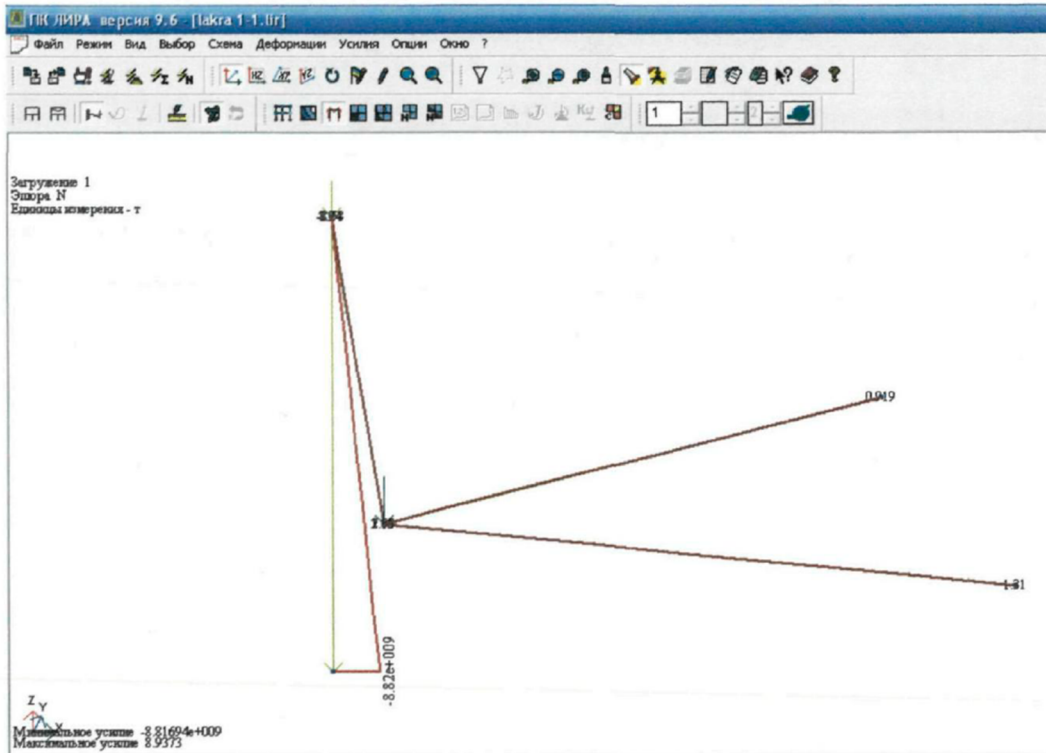


Рисунок 2.15 - Епюра зусиль N основних елементів несучої системи для завантажених в точці В8

На рис. 2.16 представлені графіки зміни зусиль в гілках несучої системи для різних технологічних параметрів, а саме зміни положень і маси умовно замінної конструкції в робочій зоні першої захватки.

На рис. 2.17, 2.18 представлені графіки залежностей зусиль в основному тросі монтажної системи від кута між основним тросом і димарем і від висоти кріплення несучої системи на димарі для положення конструкції в точці В8. Графіки представлені для вантажопідйомності монтажної системи 2т, 4т, 8т.

На рис.2.19 представлені графіки зміни зусиль і максимальних згинальних моментів димової труби від монтажної системи «Квадро-1» для різних положень і маси умовно замінної конструкції в робочій зоні першої захватки.

На рис. 2.20 представлені графіки зміни зусиль в гілках несучої системи, монтажної системи «Квадро-1» для різних положень і маси умовно замінної конструкції в робочій зоні другої захватки.

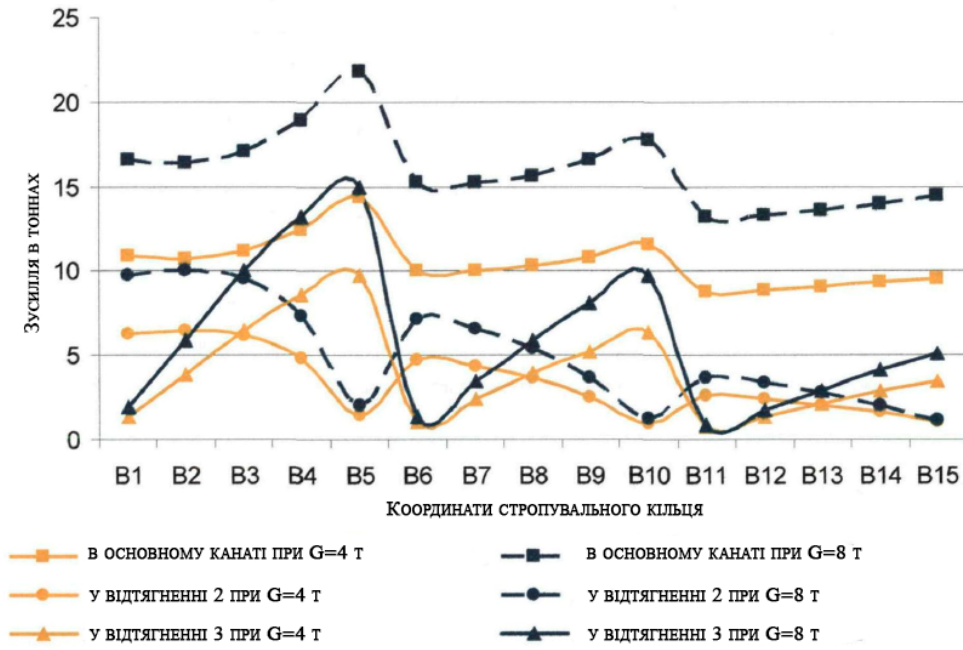


Рисунок 2.16 - Графіки зміни зусиль в гілках несучої системи для різних технологічних параметрів

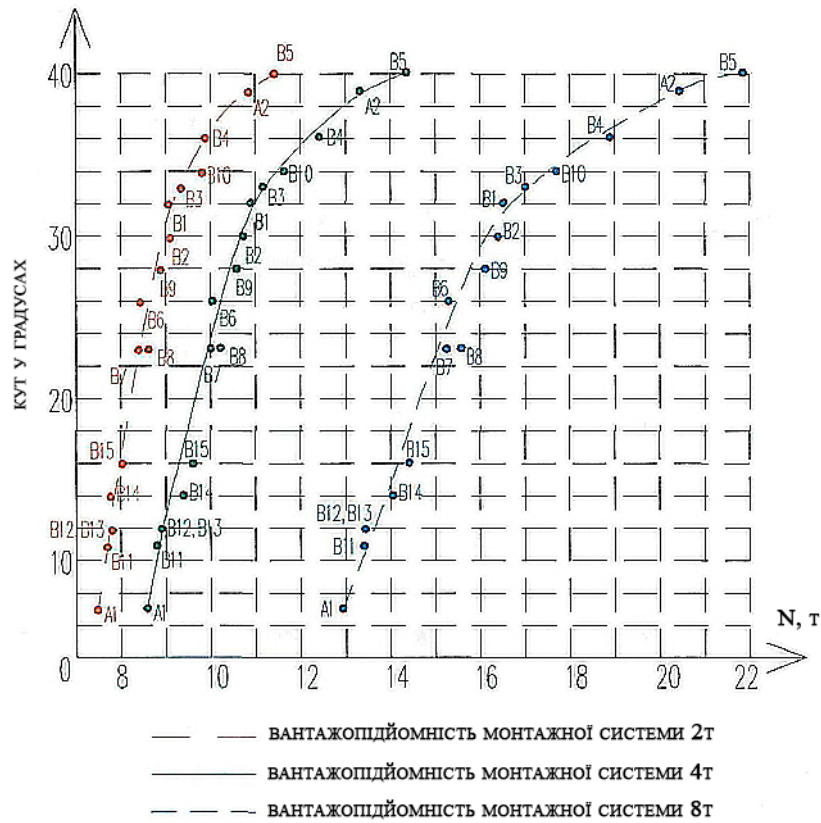


Рисунок 2.17 - Графік залежності зусиль в основному тросі монтажної системи від кута між основним тросом і димарем

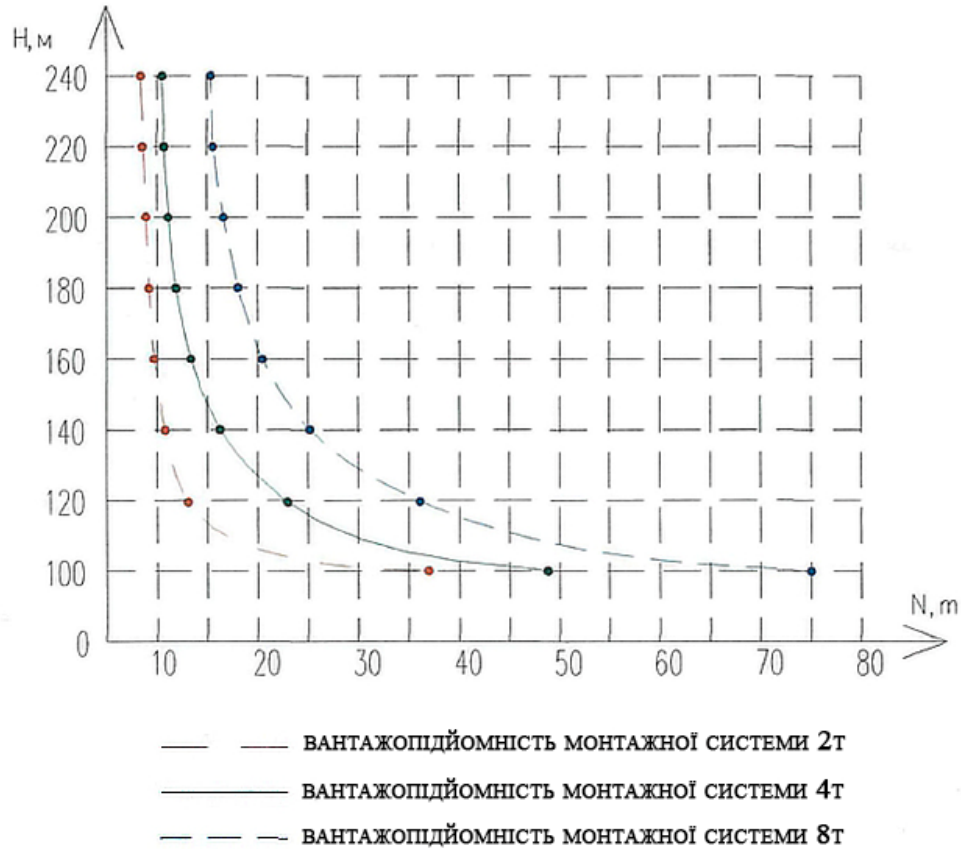


Рисунок 2.18 - Графік залежності зусиль в основному тросі монтажної системи від висоти кріплення несучої системи на димарі для положення конструкції в точці В8

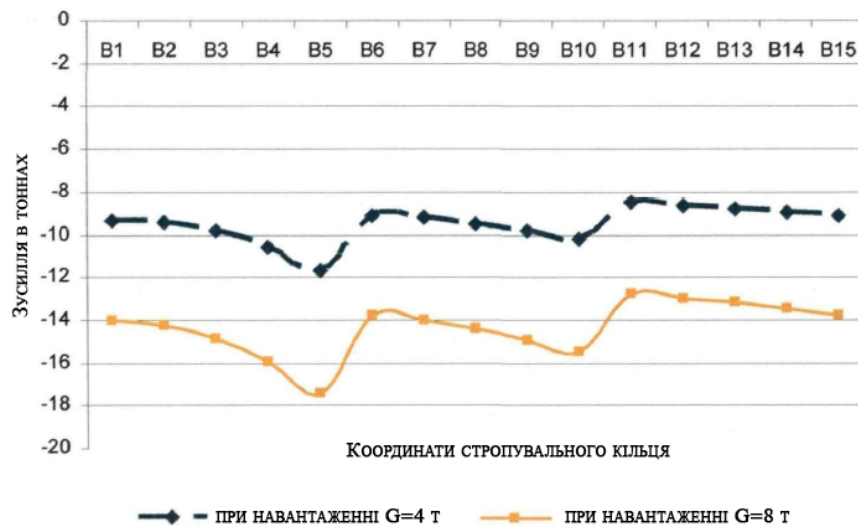


Рисунок 2.19 - Графіки зміни зусиль в трубі для різних технологічних параметрів



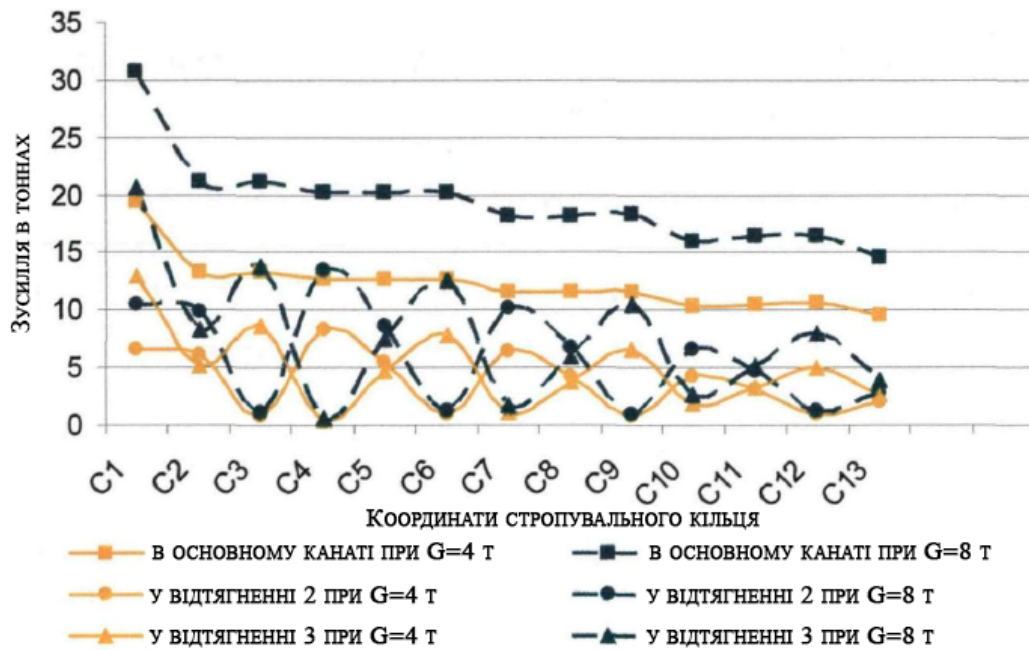


Рисунок 2.20 - Графіки зміни зусиль в гілках несучої системи для різних технологічних параметрів

На рис. 2.21 представлені графіки зміни зусиль у димовій трубі від монтажної системи «Квадро-1» для різних положень і маси умовно замінної конструкції в робочій зоні другої захватки.

На рис. 2.22 представлена поєднана діаграма зміни напруги в канатах монтажної системи «Квадро-1», в залежності від положення основного кільця, при зміні технологічних параметрів заміни умовної конструкції для першої захватки.

З діаграми видно, що зміна навантажень в гілках несучої системи при однаковому положенні кроквяної кільця в робочій зоні прямо пропорційно збільшенню маси жене умовної конструкції.

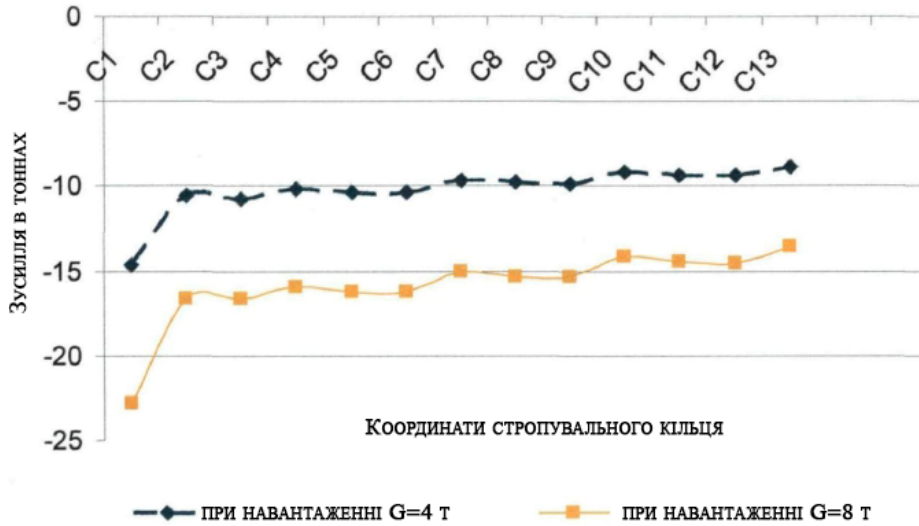


Рисунок 2.21 - Графіки зміни зусиль в трубі для різних технологічних параметрів

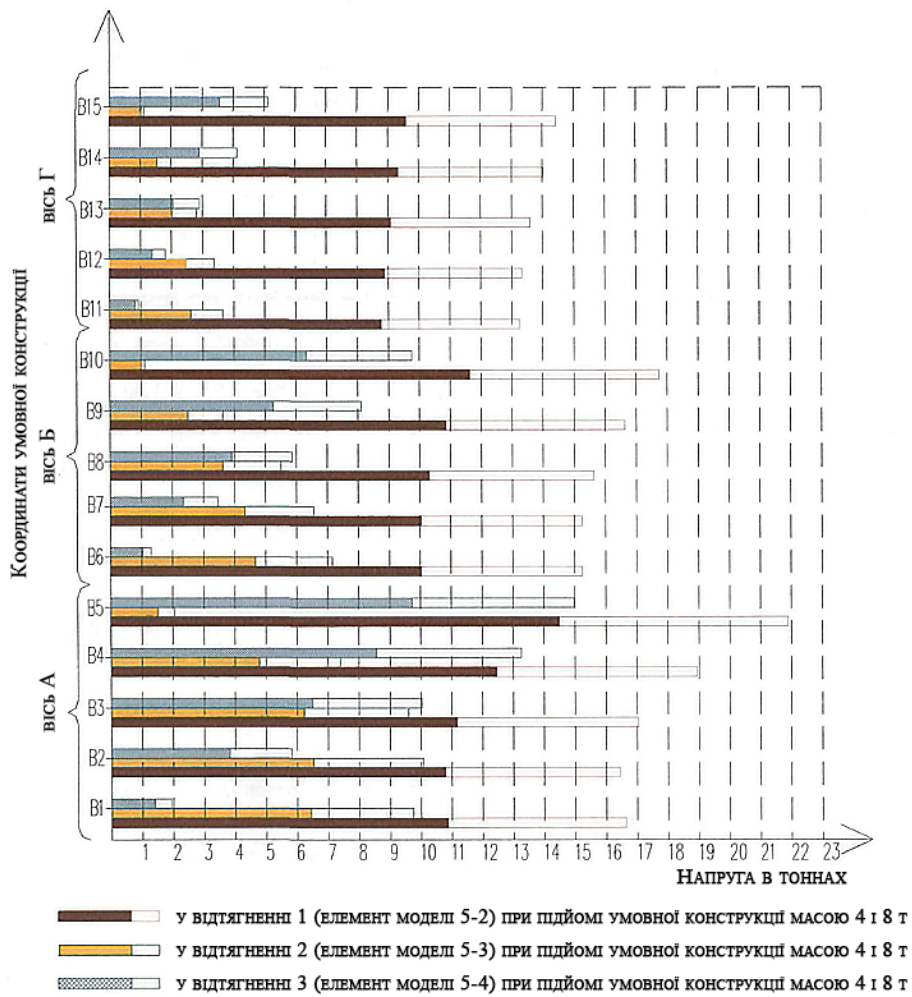


Рисунок 2.22 - Діаграма напруг В канатах монтажної системи "Квадро 1" для різних вихідних даних математичного моделювання

### 2.5.2 Методика і результати математичного моделювання монтажної системи «Квадро-2»

Основні допущення, прийняті для моделювання та розрахунку відповідають вимогам розрахункового комплексу ПК «Ліра» [64]. Для запобігання можливо виникає моменту в монтажній стрілі від дії троса монтажної системи, основний трос проводили через підвішений на гнучкій зв'язку монтажний блок. Загальна схема положення варіантів моделювання монтажної системи «Квадро-2» прийнята згідно з поданою на рис. 2.8. У ході моделювання кожного чисельного експерименту змінювалися такі параметри: стан стріли і точки кріплення відтяжок, маса і положення умовної конструкції підлягає демонтажу, переміщення умовної конструкції і розташування тимчасового складування.

На підставі попереднього аналізу принципової схеми монтажної системи «Квадро-2», навантаження, що виникають в тросах, будуть прямо залежати від ваги жене будівельної конструкції, і будуть розподілятися між основним тросом і відтягненням для довколишніх осей головного корпусу, пропорційно кутку між ними. Навантаження в тросі під час виконання робіт на далеких осях (А, В, С) буде дорівнює масі вантажу, що піднімається. Максимальне навантаження на димову трубу без урахування коефіцієнта тертя в елементах і механізмах монтажної системи буде діяти на ближніх осях (7 "і Д) і не буде перевищувати подвійної монтажної навантаженні від маси жене будівельної конструкції і такелажного оснащення.

В якості вихідних даних для математичного моделювання монтажної системи «Квадро-2» і визначення навантажень на елементи системи прийнята теоретична модель комплектації і розстановки елементів оснастки в рамках існуючих умов теплоелектростанції. Вага вантажу, що піднімається приймаємо для всіх численних експериментів 4 і 8 т, що відповідає сумарній масі найбільш важкої конструкції, що обгороджує і такелажної оснащення для 6 і 12 метрового кроку колон основного каркаса головного корпусу ТЕС . У кожному чисельному

експерименті розглядалися навантаження, що виникають в двох операційних діях при виконанні монтажних робіт, перше в момент відриву будівельної конструкції - «вивішування», друге на етапі опускання будівельної конструкції - «переміщення». Спирається розподільних балок монтажної стріли здійснюється в місцях вузлів кроквяних ферм покриття.

На рис. 2.23, 2.24 представлені розрахункові схеми відповідають положенням монтажної системи «Квадро-2» під час виконання робіт на різних осях головного корпусу.

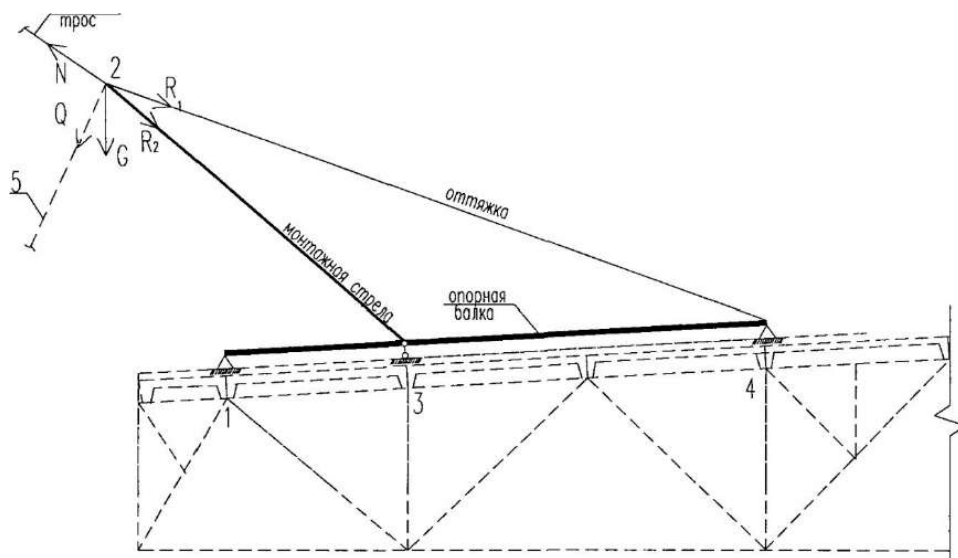


Рисунок 2.23 - Розрахункова модель монтажної системи «Квадро-2» для найближчих осей (осі Г і Д) до головного корпусу:

1, 3, 4 - опорні точки розподільчої балки; 1 - точка кріплення відтяжки на розподільній балці; 2 - оголовок монтажної стріли, точка докладання монтажної навантаження; 3 точка кріплення монтажної стріли на розподільних балках; 5 - положення основного троса для розрахунку навантажень технологічної операції «переміщення»;  $R_1$ - зусилля виникають з глибини;  $R_2$  - зусилля виникають в монтажній стрілі;  $G$  - вага умовної конструкції

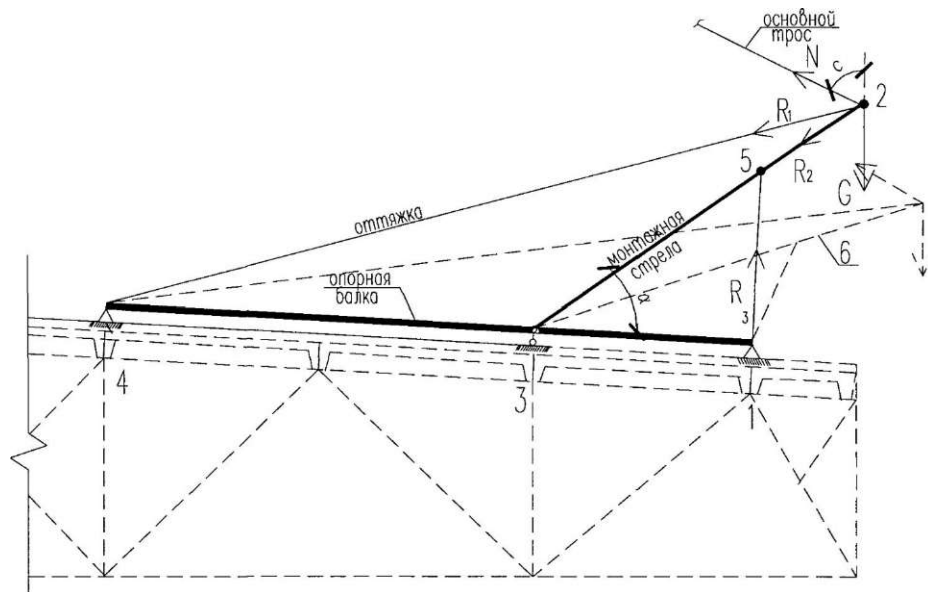


Рисунок 2.24 - Розрахункова модель монтажної системи «Квадро-2» для далеких від димової труби осей (осі А, Б і С):

1, 3, 4 - опорні точки розподільчої балки; 1 точка кріплення відтяжки 2 на розподільній балці; 2 - оголовок монтажної стріли, точка докладання монтажної навантаження від умовної конструкції; 3 - точка кріплення монтажної стріли на розподільних балках; 5 - точка кріплення відтяжки 1 на монтажній стрілі; 6 - положення монтажної стріли для розрахунку навантажень технологічної операції «переміщення»;  $R_1$  - зусилля, що виникають з відтяжки 1;  $R_2$  - зусилля, що виникають в монтажній стрілі;  $R_3$  - зусилля, що виникають в відтягненні 2;  $G$  - місце додаток умовної конструкції

На рис.2.25, 2.26 представлені приклади графічних файлів ПК «Ліра» відображають результати розрахунків зусиль і напружень для положення монтажної стріли на осі У, середніх рядів стінових панелей головного корпусу, в момент «відриву» або «вивішування» умовної конструкції масою 8т.

У таблиці 2.3 представлені результати розрахунку монтажної системи «Квадро-2» при масі вантажу, що піднімається на гаку  $v = 8$  тонн для всіх осей головного корпусу ТЕС .

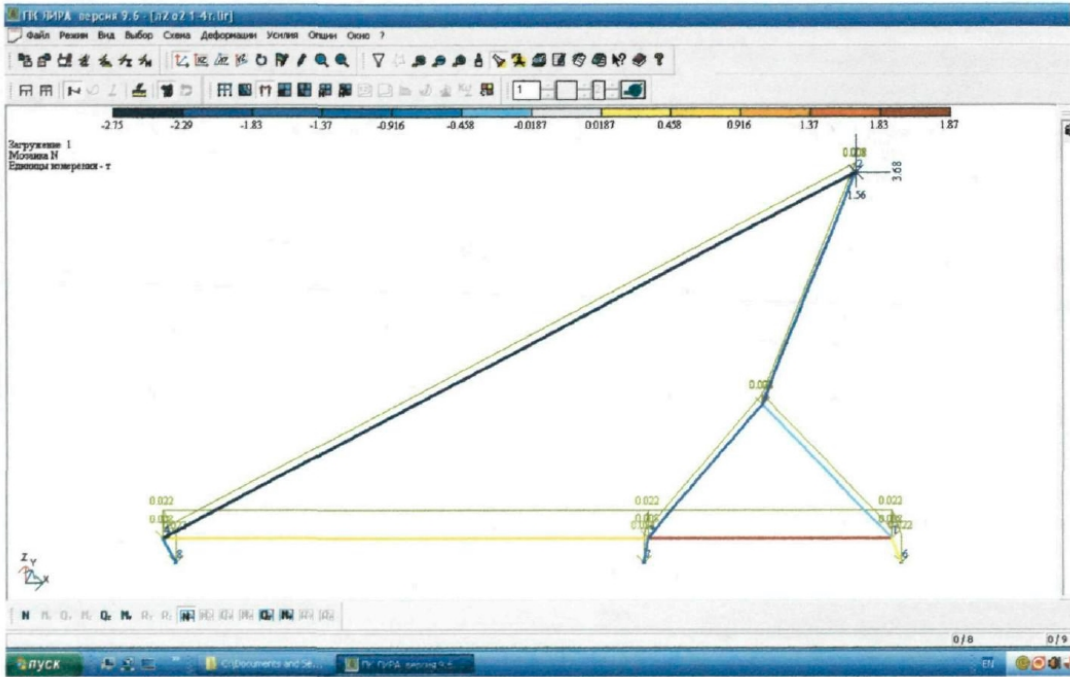


Рисунок 2.25 - Епюри поздовжніх сил основних елементів монтажної системи «Квадро-2» при заміні стіновий панелі на осі В, «Вивішування»

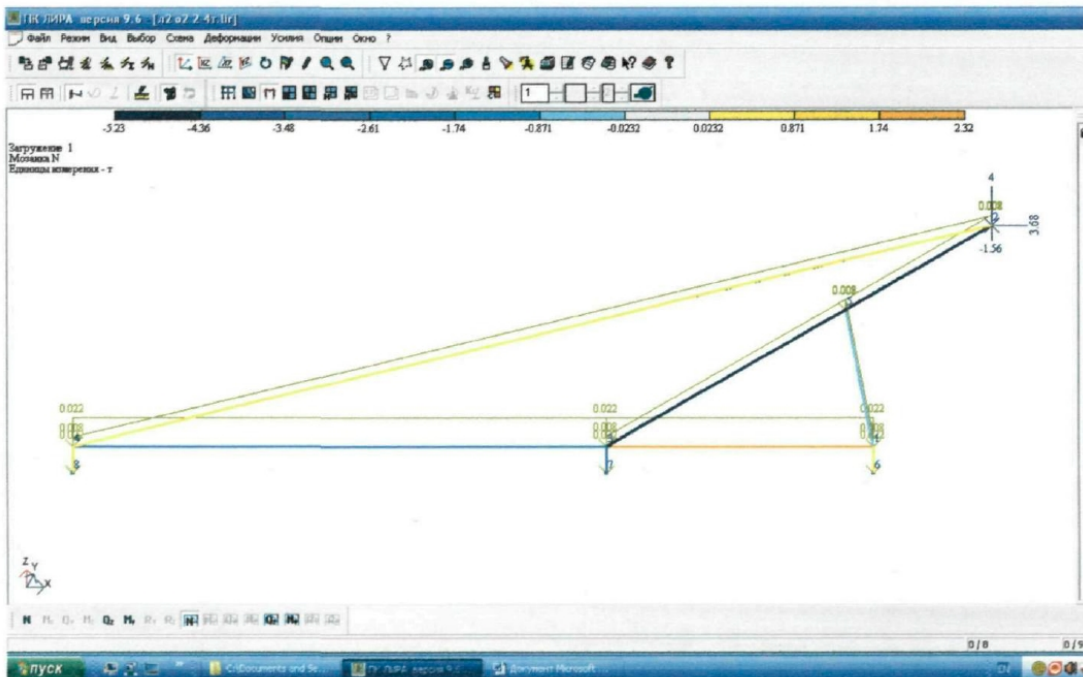


Рисунок 2.26 - Епюри поздовжніх сил основних елементів монтажної системи «Квадро-2» при заміні стіновий панелі на осі В, «Вивішування»

Таблиця 2.3 - Зведена таблиця результатів розрахунку монтажної системи "Квадро-2" при масі вантажу, що піднімається на гаку 8 т

*	РЕАКЦІЯ НА ОПОРАХ (Т)			ЗУСИЛЛЯ В ВІДТЯГНЕННІ № 1 R1 (Т)	ЗУСИЛЛЯ В МОНТАЖНІЙ СТРИПІ R2	ЗУСИЛЛЯ В ВІДТЯГНЕННІ № 2 R3 (Т)	ЗУСИЛЛЯ В БАЛЦІ N1 і N2 (Т)			МОМЕНТ В СТРИПІ Му Т*М	
	т.1	т.3	т.4	4-2	2-5	5-3	1-5	4-3	3-1	2-5	5-3
ЕЛЕМЕНТ РОЗРАХУНКОВОЇ СХЕМИ											
МОНТАЖ НА ОСІ Г, МОНТАЖНЕ НАВАНТАЖЕННЯ 8Т											
1	-0.33	-3.54	2.39	6.15	-4.62	**	-5.61	-2.83	0.05		
2	-0.19	-1.07	2.04	4.99	-1.2	**	-3.44	-0.8	0.05		
МОНТАЖ НА ОСІ В МОНТАЖНЕ НАВАНТАЖЕННЯ 8Т											
1	2.55	-5.24	-0.02	**	-4.26	-4.74	3.67	-1.22	-0.02	-3.7	-1.74
2	0.28	-2.36	-0.14	0.8	-5.23	-5.18	-0.17	-4.47	0.03	0.86	0.05
МОНТАЖ НА ОСІ Б, МОНТАЖНЕ НАВАНТАЖЕННЯ 8Т											
1	2.47	-4.9	-0.2	-0.37	-4.1	-5.66	3.2	-3.65	-1.33	2.83	-5.66
2	-0.26	-2.18	-0.2	0.52	-4.83	-4.8	-0.16	-4.14	0.03	-0,08	0,04
МОНТАЖ НА ОСІ А, МОНТАЖНЕ НАВАНТАЖЕННЯ 8Т											
1	-2.31	-5.04	-0.24	-0.32	-4.44	-5.9	3.0	-3.78	-1.25	-2.66	-1.27
2	-0.3	-2.73	-0.01	1.38	-5.98	-5.94	-0.19	-5.13	0.04	-0.1	0.06

\* - номер чисельного експерименту при розрахунку оснащення монтажної системи при виробничій операції 1 «вивішування» або «відрив»; 2 «переміщення»;

## 2.6 Перевірочні розрахунки димових труб на дію навантажень від монтажних систем «Квадро-1» і «Квадро-2»

Можливість застосування технології безкранових монтажу при реконструкції та капітальному ремонті головних корпусів діючих ТЕС, розроблених монтажних систем «Квадро-1» і «Квадро-2» залежать від можливості використання, параметрів і технічного стану димових труб, задіяних в якості опорних конструкцій.

Для аналізу виникаючих зусиль і згинальних моментів в димовій трубі від дії монтажної системи виконані збір навантажень і перевірочні розрахунки монолітної, залізобетонної димової труби Київської ТЕС-3 висотою 240 метрів, використаної в численних експериментах при моделюванні монтажної системи «Квадро-1». Базові розміри для розрахунку димової труби представлені на рис.2.27.

Основним завданням розрахунків димової труби була оцінка її напружено-деформованого стану під впливом зовнішніх факторів, в тому числі демонтажних впливів. Розрахунки проводилися спільно з галузевою науково-дослідною лабораторією автоматизованих систем проектування і розрахунку на витривалість просторових конструкцій (Казанський державний архітектурно-будівельний університет), з використанням методу скінченних елементів, реалізованого в розрахунковому комплексі «Сутінок» [50].

При розрахунку димової труби розглядалися три випадки навантаження: дія повною вітрового навантаження; дію сейсмічних сил; випадок дії неповної вітрового навантаження і додаткового навантаження від монтажної системи.

Основні характеристики димаря представлені в табл.2.4. Матеріали: важкий бетон М300; поздовжня і поперечна арматура класу АІІІ.

Умови майданчики: вітрової район ІІ, тип місцевості А, категорія ґрунту ІІ, сейсмічність майданчика будівництва 7 балів



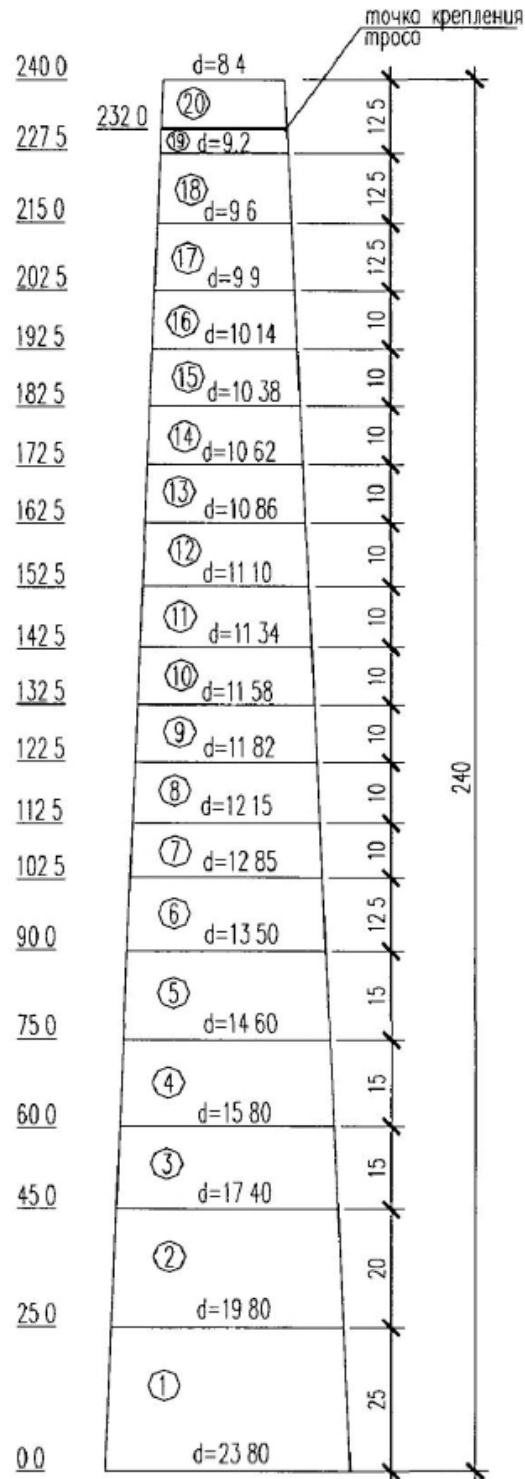


Рисунок 2.27 - Базові розміри для розрахунку димової труби

Обсяг залізобетонної оболонки: 4116.72 м<sup>3</sup> (без урахування консолей). Обсяг притискної кладки: 1253.59м.

Основні характеристики димаря

Обсяг футерування: 1859.05 м<sup>3</sup> (без урахування технологічних отворів).

Розрахункова схема димової труби приймається у вигляді защемленого в підставі, консольного стрижня-оболонки, умовно розбитого на ділянки. У межах кожної ділянки перетин вважається постійним.

Таблиця 2.4 – Основні характеристики димової труби

№ ЛАНКИ	ВІДМІТКА НИЗУ ЛАНКИ (М)	РАДІУС R, м	ЗАЛІЗ-ТОННА ОБОЛОНКА		ПРИТІСКНА КЛАДКА		РОЗМІР ЗАЗОРУ м	ФУТЕРУВАННЯ	
			ТОВЩИНА	Об'єм	ТОВЩИНА	Об'єм		ТОВЩИНА	Об'єм
			T, м	V, м <sup>3</sup>	T, м	V, м <sup>3</sup>		T, м	V, м <sup>3</sup>
1	0.0	11.9	0.8	1204.1	0.25	302.2	0.0	0.00	155.8
2	25.0	9.9	0.64	691.7	0.12	130.	0.4	0.23	233.3
3	45.0	8.7	0.58	417.0	0.12	86.9	0.365	0.23	155.2
4	60.0	7.9	0.52	340.4	0.12	79.7	0.34	0.23	141.9
5	75.0	7.3	0.46	276.7	0.12	73.9	0.31	0.23	131.4
6	90.0	6.75	0.4	185.7	0.12	57.7	0.285	0.23	102.6
7	102.5	6.37	0.34	118.4	0.12	44.1	0.265	0.23	78.3
8	112.5	6.07	0.28	99.4	0.12	42.6	0.245	0.23	75.8
9	122.5	5.91	0.26	89.9	0.12	41.7	0.23	0.23	74.3
10	132.5	5.79	0.24	81.1	0.12	41.0	0.21	0.23	73.1
11	142.5	5.67	0.22	72.6	0.12	40.2	0.195	0.23	71.9
12	152.5	5.55	0.2	67.7	0.12	39.4	0.175	0.23	70.6
13	162.5	5.43	0.2	66.2	0.12	38.5	0.16	0.23	69.1
14	172.5	5.31	0.2	64.7	0.12	37.6	0.14	0.23	67.6
15	182.5	5.19	0.2	63.2	0.12	36.7	0.125	0.23	66.1
16	192.5	5.07	0.2	61.7	0.12	35.8	0.105	0.23	64.7
17	202.5	4.95	0.2	75.0	0.12	43.4	0.09	0.23	78.8
18	215.0	4.8	0.2	72.2	0.12	41.8	0.065	0.23	76.0
19	227.5	4.6	0.2	25.1	0.12	14.5	0.05	0.23	26.4
20	232.0	4.49	0.2	42.6	0.12	24.6	0.04	0.23	44.7

### 2.6.1 Розрахунок димової труби на вітрові навантаження

Згідно [28] вітрове навантаження визначається як сума статичної та динамічної складових. Нормативне значення статичної складової, яка додається до середини  $k$ -го ділянки труби, визначається за формулою:

$$W_{sk}^n = w_0 k(z_k) c_{sk} h_k d_k, \quad (2.1)$$

де  $w_0$  - нормативне значення вітрового тиску;  $k(z_k)$  - коефіцієнт, що враховує зміну вітрового тиску по висоті;  $c_{sk}$  - коефіцієнт лобового опору;  $h_k$  та  $d_k$  - висота і середній діаметр, розглянутого ділянки.

Розрахункове значення статичного складової вітрового навантаження:

$$W_{sk} = W_{sk}^n \gamma_f, \quad (2.2)$$

де  $\gamma_f$  - коефіцієнт надійності за навантаженням.

Під час визначення динамічної складової вітрового навантаження розрахункова схема димової труби приймається у вигляді затисненої біля основи консольної балки, з масами зосередженими в середині ділянок, на які умовно розбита труба [30]. Динамічна складова вітрового навантаження являє собою інерційні сили, прикладені до мас системи, які визначаються для кожної форми вимушених коливань. Інерційна сила, прикладена до  $k$ -му ділянці при коливаннях по  $i$ -ої формі, визначається за формулою:

$$W_{d,ik}^n = M_k \xi_i \eta_{ik} v, \quad (2.3)$$

де  $M_k$  - маса до одного місця, зосереджена в його середині,

$$M_k = P_k / g, \quad (2.4)$$

де  $P_k$  - вага  $k$ -го ділянки труби;  $g$  - прискорення вільного падіння;

$\xi_i$  - коефіцієнт динамічності;  $\eta_{ik}$  - наведене прискорення маси до-г ділянки;

$\nu$  - коефіцієнт просторової кореляції пульсацій тиску вітру.

Кількість, які враховуються при розрахунку форм вимушених коливань  $m$  оцінюється виходячи з умови:

$$f_{m-1} < f_m < f_{m+i}, \quad (2.5)$$

де  $f_m$  - частота останньої форми, яка обліковується в розрахунку;  $f_i$  - гранична частота власних коливань, при якій допускається не враховувати інерційні сили.

Розрахункове значення динамічної складової:

$$W_{d,ik} = W_{d,ik}^n \gamma_f, \quad (2.6)$$

### 2.6.2 Розрахунок димової труби на дію сейсмічних сил

Розрахункова схема труби приймається у вигляді консольної балки, затисненої біля основи, з масами зосередженими в середині ділянок, на які умовно розбита труба [30]. Сейсмічні сили представляються у вигляді сил інерції, прикладених до мас. У розрахунку враховуються не менше 3-х форм власних коливань труби [15].

Розрахункова сейсмічна сила, прикладена до маси з номером  $i$ , що відповідає 1-му тону власних коливань труби визначається за формулою:

$$S_{ik} = k_1 k_2 S_{oik}, \quad (2.7)$$

де  $k_1$  - коефіцієнт, що враховує допустимі пошкодження споруди;  $k_2$  - коефіцієнт, що враховує особливості конструктивного рішення будівель і споруд;

$$S_{oik} = Q_k A \beta_i k_{\psi} \eta_{ik}, \quad (2.8)$$

де  $Q_k$  - вага  $k$ -го ділянки труби;  $A$  - коефіцієнт сейсмічності;  $\beta_i$  - коефіцієнт динамічності по  $i$ -му тону власних коливань труби;  $\eta_{ik}$  - коефіцієнт, що залежить від форми власних коливань труби.

### **2.6.3 Розрахунок димової труби на вітрові впливи і додаткове навантаження від канатної системи**

У період застосування монтажних систем технології безкранових монтажу на димову трубу впливають навантаження від вітрового тиску і елементів оснащення монтажної системи.

За результатами математичного моделювання максимальні значення тягових зусиль на димову трубу склали від монтажної системи «Квадро-1» 30, 71 тонн (відповідні положення змінної конструкції в точці С), для монтажної системи «Квадро-2» 16,5 тонн (при заміні стіновий панелі по осі А). Для аналізу напружено-деформаційного стану димаря приймаємо найбільші значення тягових навантажень. Горизонтальна і вертикальна складові вектора навантаження від монтажної системи «Квадро- 1» для точки С \ складуть 21,9 і 22,4 тонн. Розрахункові значення з урахуванням коефіцієнта надійності за навантаженням у  $\gamma = 1,4$  вони становлять 30,7 і 31,4 тонн відповідно.

Нормативне значення вітрового тиску обчислюється за формулою:

$$w_0 = 0,61v_0^2, \quad (2.9)$$

де  $v_0$  - швидкість вітру на рівні 10 метрів над поверхнею землі. При  $v_0 = 5$  м / с, що відповідає граничній швидкості вітру при проведенні монтажних робіт,  $m > 0$   $w_0$  становить 0,015 т / м<sup>2</sup> [46].

В результаті проведених розрахунків отримані дані про переміщення і моменти в розрахункових точках димової труби при впливах розглянутих факторів. Отримані результати по переміщенням зіставлені з нормованими величинами гранично-допустимих деформацій, а за значеннями зусиль і згинальних моментів виконано оцінку несучої здатності перетинів труби. У таблиці 2.5 представлено діючі максимальні моменти для різних умов розрахунку.

Таблиця 2.5 – Максимальні моменти

ВІДМІТКА ПЕРЕТИНУ ДИМАРЯ, М	ПОВНЕ ВІТРОВЕ НАВАНТАЖЕННЯ		СЕЙСМІЧНЕ НАВАНТАЖЕННЯ		МОНТАЖНЕ НАВАНТАЖЕННЯ		ВІТРОВЕ ТА МОНТАЖНЕ НАВАНТАЖЕННЯ	
	М <sub>изг.</sub> , Т*М	Δ, м	М <sub>изг.</sub> , Т*М	Δ, м	М <sub>изг.</sub> , Т*М	М <sub>изг.</sub> , Т*М	Δ, м	
0,00	35164,4	0,0000	30869,0	0,0000	7368,1	27486,8	0,0000	
25,00	28779,7	0,0030	25700,3	0,0025	6600,2	23250,3	0,0023	
60,00	20758,2	0,0192	19235,8	0,0168	5526	17774,2	0,0153	
90,00	14867,5	0,0516	14483,5	0,0462	4605,7	13566,3	0,0424	
112,50	10294,5	0,1043	11234,2	0,0843	3914,3	10714,9	0,0780	
132,50	8129,0	0,1454	8557,5	0,1343	3300,2	8393,9	0,1255	
152,50	5593,8	0,2142	6175,2	0,2009	2686,3	6270,8	0,1898	
172,50	3472,0	0,2973	4138,6	0,2828	2072,2	4348,8	0,2703	
192,50	2394,8	0,3905	2392,8	0,3761	1458,3	2642,1	0,3640	
215,00	1218,4	0,5024	798,4	0,4893	767,5	1015,5	0,4802	
240,00	0,0	0,6295	0,0	0,6186	0,0	0,0	0,6150	

На підставі виконаних розрахунків визначено максимальний момент, при якому можливе руйнування димаря. З представленої на рис. 2.28 діаграми діючих моментів для різних умов навантаження димової труби, видно, що згинальні моменти від монтажної системи «Квадро-1», сумарного навантаження від монтажної системи і вітрової при швидкості вітру 5 м / с значно менше від повної вітрової навантаження, і в кілька разів менше щодо максимального моменту руйнування для всіх розрахункових перетинів димової труби [49]. По результатами перевірочних розрахунків доведено, що димова труба має великий запас по несучій здатності і використання її в якості опорної конструкції для монтажних систем можливо при задовільному стані залізобетонного стовбура.

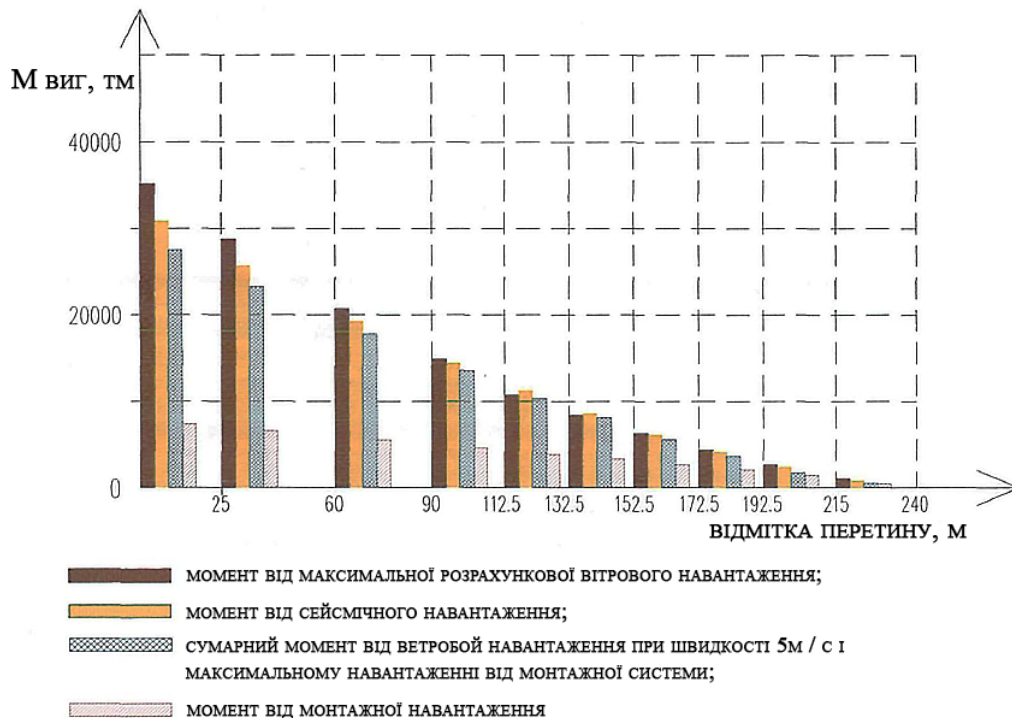


Рисунок 2.28 - Зведена діаграма моментів для різних умов розрахунку димової труби

Проведено перевірочні розрахунки стовбура димаря на вітрові, сейсмічні і монтажні навантаження методом кінцевих елементів в лінійній постановці. Відзначено, що величини зусиль в перетинах і переміщень не перевищують допустимих величин, визначених з урахуванням фактичних характеристик матеріалів.

## РОЗДІЛ 3

### УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ БЕЗКРАНОВОГО МОНТАЖУ

#### **3.1 Визначення технологічних можливостей і області раціонального застосування монтажних систем «Квадро-1» і «Квадро-2»**

Для визначення технологічних можливостей монтажних систем і оцінки областей раціонального використання технології безкранових монтажу, приймаємо методику визначення можливих зон дії (робочих зон) та необхідні вантажопідйомності монтажних систем для різних умов діючих теплоелектростанцій описаної у другому розділі. Виявлено, що технологічні можливості монтажних систем залежать від декількох технологічних критеріїв об'єкта реконструкції та умов будівельного майданчика: маси вантажу, що піднімається, висоти кріплення монтажної системи на димарі, місця розміщення відтяжок на будівельному майданчику, положення огорожувальної конструкції в плані головного корпусу і т.д.

Застосування технології безкранових монтажу при реконструкції та капітальному ремонті головних корпусів діючих ТЕС, розроблених монтажних систем «Квадро-1» і «Квадро-2» безпосередньо залежать від параметрів і технічного стану димових труб, задіяних в якості опорних конструкцій. Визначальним фактором так само є, можливість розміщення монтажно-транспортного обладнання та вантажопідйомних механізмів на будівельному майданчику в місцях необхідних робочих зон монтажних систем з урахуванням обмежених умов існуючого генерального плану діючого виробництва.

З огляду на високий ступінь відповідальності при прийнятті рішень про можливість використання димових труб в якості опорних конструкцій, на підставі результатів математичного моделювання технологічного оснащення монтажних систем «Квадро-1» і «Квадро-2», повірочних розрахунків димових труб і,



результатів експериментальних досліджень автором визначено оптимальні і раціональні технологічні параметри для виконання робіт за технологією безкранових монтажу.

В основу оцінки, області раціонального використання технології безкранових монтажу для різних умов діючої теплоелектростанції прийняті зусилля, що виникають в основному тросі несучої системи і як наслідок згинальні моменти в димовій трубі від дії монтажних систем. Зусилля в основному тросі монтажної системи залежать від трьох технологічних параметрів об'єкта реконструкції та умов будівельного майданчика: маси вантажу, що піднімається, висоти кріплення монтажної системи на димарі і положення огорожувальної конструкції в плані будівлі головного корпусу.

Висота кріплення основного троса на димарі за результатами математичного моделювання і результатів експериментальних досліджень для монтажної системи «Квадро-1», визначає навантаження у всіх елементах несучої системи.

Для монтажної системи «Квадро-1» кріплення у верхній точці димаря основного троса є найбільш оптимальним і ефективним тому в цьому випадку в елементах несучої системи виникають найменші зусилля, і як наслідок збільшується вантажопідйомність монтажної системи. Максимально можлива по висоті точка кріплення призводить до зменшення кута між основним тросом і димарем, що в свою чергу зменшує згинальні моменти в димовій трубі від дій монтажної системи.

Для монтажної системи «Квадро-2» зусилля в тросах не суттєво змінюються в залежності від висоти кріплення відтяжного блоку вантажопідйомного каната. Оптимальним і ефективним, для зниження трудовитрат і обсягу верхолазних робіт, може бути кріплення в районі найближчої світлофорної майданчики (площадки обслуговування) димової труби, що знаходиться вище верхньої точки будівлі головного корпусу.

На підставі аналізу генеральних планів теплоелектростанцій і конструктивних особливостей головних корпусів ТЕС можна зробити висновок, що становище огорожувальних конструкцій будівлі щодо точки кріплення основного кільця на димарі для більшості ТЕС знаходяться однотипно, і залежить від розташування даної конструкції в плані будівлі.

Для визначення області раціонального використання монтажних систем і безпечних умов використання димових труб в якості опори, для монтажних систем «Квадро-1» і «Квадро-2» технології безкранових монтажу виконані збір навантажень і перевірочні розрахунки для димових залізобетонних труб найбільш поширених на сьогоднішній день типорозмірів . Перевірочні розрахунки виконувалися відповідно до методики, описаної в розділі 2 для максимально віддаленого положення демонтується конструкції, при масі вантажу, що піднімається 2, 4, 8 т.

У зведеній таблиці 3.1 представлені області раціонального застосування технології безкранових монтажу при реконструкції головних корпусів ТЕС для монтажних систем «Квадро-1» і «Квадро-2».

При зіставленні результатів розрахунків на дії неповної вітрової і додаткового навантаження від монтажної системи, дія повною вітрового навантаження і сейсмічних сил отримані граничні умови безпечного використання димових залізобетонних труб в залежності від висоти труби і маси вантажу, що піднімається. У зв'язку різними значеннями вітрових і сейсмічних навантажень в залежності від місця розташування димової труби розрахунки виконувалися для найбільш поширених умов України, а саме І вітрового району [13] і 6 балів за сейсмічною навантаженні [27].

Таблиця 3.1 - Область раціонального застосування технології безкранових монтажу при реконструкції головних корпусів ТЕС

Висота димової труби	Можливість застосування					
	Монтажна система «Квадро-1»			Монтажна система «Квадро-2»		
	2 т	4 т	8 т	2 т	4 т	8 т
100 м	-/+	-/+	-	+	-/+	+
120 м	+	-/+	-	+	-/+	+
150 м	+	-/+	-/+	+	+	+
180 м	+	+	-/+	+	+	-
240 м і більше	+	+	+	+	+	+

«-» - застосування монтажної системи не можливо;

«- / +» - можливість застосування монтажної системи залежить від умов об'єкта і положення замінної конструкції; «+» - застосування монтажної системи можливо.

### 3.2 Застосування димових труб в якості опори для монтажних систем

Димові труби на діючих теплоелектростанціях підпадають під дію ПБ 03-445-02 «Правил безпеки при експлуатації димових та вентиляційних промислових труб». В рамках перевірки, отриманих параметрів можливості застосування димової труби в якості опорної конструкції, виконаний комплекс заходів відповідно до вимог діючих правил промислової безпеки. Відповідно до вимог нормативних документів [19] монтаж будь-яких пристроїв на димову трубу можливий тільки після узгодження технічних рішень про тимчасове використання димаря в якості опори з проектувальником.

Для перевірки отриманих результатів спільно з генеральним проектувальником ВАТ "Теплопроект" був виконаний комплекс теплотехнічних, аеродинамічних, статичних і динамічних розрахунків димової труби. З метою оцінки можливості використання димових труб в якості опорних конструкцій для монтажних систем «Квадро» виконано моделювання напружено-деформованого стану залізобетонної монолітної димової труби Київської ТЕС-3 висотою 240 м. Розрахунки проводилися з введенням понижуючих коефіцієнтом, що враховує фактичного стану димаря. У складі робіт за погодженням використання димаря в якості опорної конструкції для визначення фактичного стану димаря №2, Н = 240м Київської ТЕС-3, було виконано комплексне технічне обстеження димової труби з видачею висновку промислової безпеки [46]. Результати комплексного технічного обстеження, робочий проект розміщення монтажної системи «Квадро», результати математичного моделювання були представлені генеральному проектувальнику ВАТ "Теплопроект", м.Харків. Для проведення статичних і динамічних розрахунків залізобетонного стовбура труби застосовувалася програма "Ствол 1", що враховує технічний стан труби. Розрахунковий апарат реалізує фізично нелінійну модель залізобетону, яка на відміну від зазвичай використовуються жорсткопластической, дозволяє оцінювати не тільки граничний стан, а й реально реалізовується для будь-якого рівня впливів на димову трубу.

Проведено наступні розрахунки стовбура димаря:

1. розрахунок на вихідні проектні дані при  $УРП = 0,85$ , проектної вітрового навантаження -  $0,30 \text{ кН} / \text{м}^2$  з проектними прорізами без урахування ушкоджень;
2. розрахунок за попереднім варіантом з урахуванням середньоінтегральної ослаблення стовбура труби -  $0,1$  при середньоКвадротичному відхиленні  $0,05$ ;
3. розрахунок за варіантом 1 з вітрової навантаженням  $0,05 \text{ кН} / \text{м}^2$  з урахуванням додаткових моментів від підвіски канатної системи на відм. 235 м;
4. розрахунок за варіантом 3 з урахуванням ослаблення за варіантом 2.

У першій-ліпшій нагоді поряд з перерахованими видами впливів враховувався температурний перепад від нагрівання ствола труби димовими газами.

Проведено розрахунки стовбура димаря на вітрові, сейсмічні і монтажні навантаження методом кінцевих елементів в лінійній постановці. Відзначено, що величини зусиль в перетинах і переміщень не перевищують допустимих величин, визначених з урахуванням фактичних характеристик матеріалів. В результаті проведених розрахунків отримані дані про переміщення і зусилля в розрахункових точках розрахункової схеми труби при впливах розглянутих факторів. Отримані результати по переміщенням зіставлені з нормованими величинами гранично допустимих деформацій, а за значеннями зусиль виконано оцінку несучої здатності перетинів труби.

У таблиці 3.2 наведені результати зіставлення даних, отриманих з використанням програм "Сутінок" і "Ствол 1" для 1-го і 3-го варіанту розрахунків. За даними, наведеними в таблиці 13 видно, що результати розрахунків димової труби методом кінцевих елементів в лінійній постановці істотно відрізняються від отриманих, із застосуванням фізично нелінійної моделі залізобетону. Різниця в величинах згинальних моментів досягає 1,83 рази, переміщень до 3-х разів. Очевидно, що облік нелінійності процесів деформування бетону та залізобетону стовбура труби дозволяє з більшою часткою вірогідності оцінювати її напружено-деформований стан.

За результатами розрахунків з використанням програми "Ствол 1" з урахуванням виявлених пошкоджень встановлено, що величини напружень  $<7\text{Б}$  і на не перевищують допустимих значень, за винятком випадку одночасного впливу сейсмічних і монтажних навантажень, що малоймовірно. При інтегральному обліку пошкоджень відмічено, що не перевищує допустимий, збільшення напруги.

З питання використання димаря в якості опорної конструкції для монтажної системи «Квадро» генеральним проектувальником ВАТ «Теплопроект» зроблено висновок, що це можливо при дотриманні проектних вимог до експлуатації

і обмеження на етапі виробництва монтажних робіт вітрових навантажень до 0,5 кН / м<sup>2</sup>, що відповідає приблизно 10 м / с.

Таблиця 3.2 - Зіставлення результатів розрахунків розрахункових комплексів «Сутінок» і «СТОВБУР-1»

№ варіанту розрахунку	Вілмітки, м	Момент і коефіцієнт		Переміщення	
		M <sub>изг</sub> <sup>ствол</sup> , т*м	M <sub>изг</sub> <sup>Сумрак</sup>	Δ <sub>ствол</sub> , м	Δ <sub>Сумрак</sub>
			M <sub>изг</sub> <sup>Ствол</sup>		Δ <sub>ствол</sub>
Повне вітрове наванта- ження	0,00	27471,4	1,28	0	-
	90,0	11262,1	1,32	0,29	0,18
	172,5	2590,8	1,34	0,74	0,40
	215,0	840,1	1,45	1,05	0,48
	240	0	-	1,24	0,51
Сейсмічне наванта- ження	0,00	21757,8	1,42	0	-
	90,0	8940,6	1,62	0,36	0,13
	172,5	2894,9	1,43	1,05	0,27
	215,0	768,9	1,03	1,58	0,31
	240	0	-	1,94	0,32
Вітрове та монтажне наванта- ження	0,00	15018,8	1,83	0	-
	90,0	8640,1	1,57	0,36	0,12
	172,5	3507,2	1,24	1,01	0,27
	215,0	946,8	1,07	1,51	0,31
	240	0	-	1,85	0,33

На підставі отриманих результатів розрахунків, комплексного обстеження димової труби і аналізу запропонованої технічних рішень технології безкранових монтажу головний експертною організацією в енергетиці ВАТ «ОРГРЕС» зроблено висновок про можливість використання димової труби в якості опорної конструкції для системи «Квадро».

На підставі вищевикладеного можна зробити висновок, що використання димових труб в якості опорної конструкції в межах певних параметрів (згідно з таблицею 3.2) можливо.

На рис.3.1 представлені графіки згинальних моментів в залежності від виду навантажень діючих на димову трубу і руйнує момент перетину відповідно до результатів розрахунків генерального проектувальника ВАТ «Теплопроект».

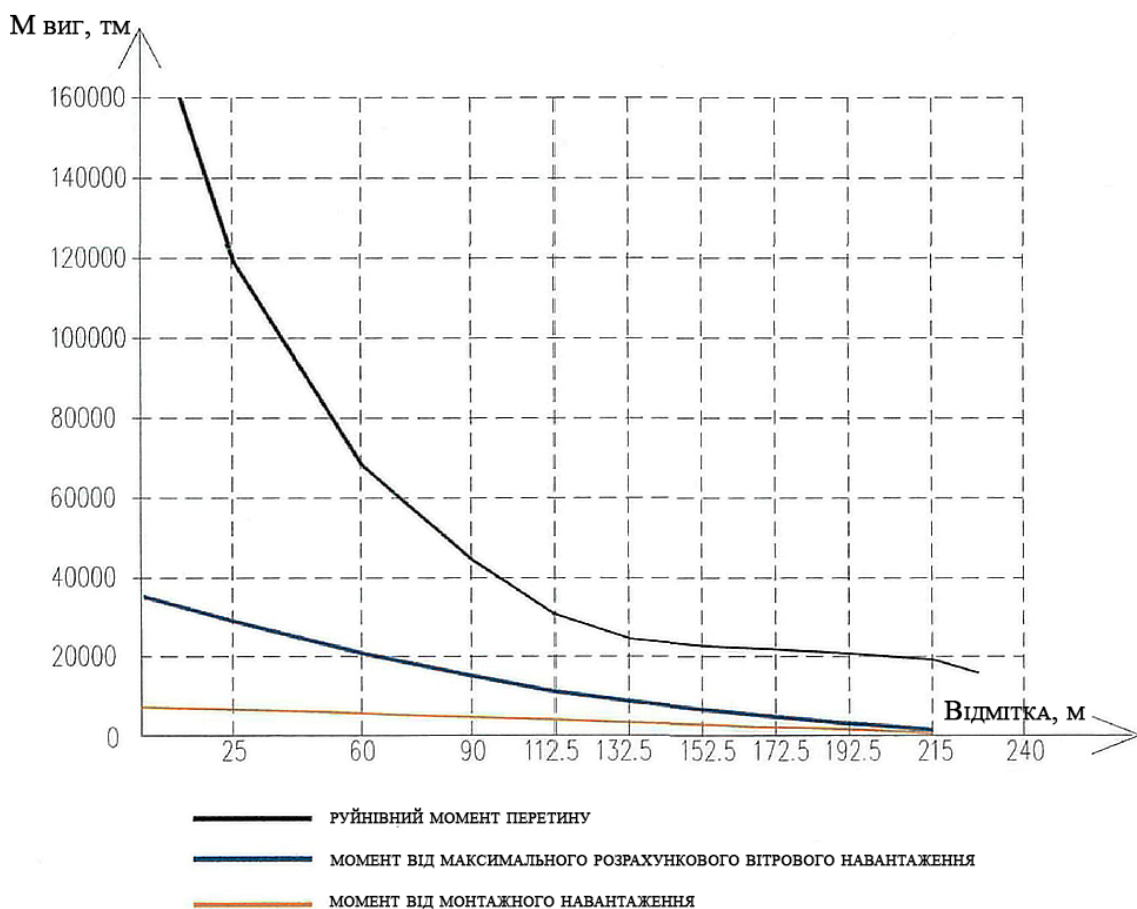


Рисунок 3.1 - Графік згинальних моментів в залежності від виду навантажень діючих на димову трубу і руйнівний момент перетину

Як необхідного і достатнього умови застосування монтажних систем «Квадро-1» і «Квадро-2» технології безкранових монтажу в рамках певних критеріїв застосовності при реконструкції головних корпусів теплоелектростанцій є задовільний технічний стан залізобетонного стовбура димаря.

### 3.3 Використання несучих конструкцій головного корпусу для монтажної системи «Квадро-2»

Умовою застосування монтажної системи «Квадро-2» технології безкранових монтажу є необхідність розміщення на покрівлі головного корпусу ТЕС елементів монтажної системи.

Для підтвердження можливості використання несучих конструкцій для кріплення монтажної системи будівлі головного корпусу в рамках технології безкранових монтажу, виконано порівняльний аналіз навантажень від монтажної системи «Квадро-2» на несучі конструкції покриття головного корпусу і діючих навантажень в процесі експлуатації і передбачених на етапі проектування [23]. Для аналізу і розрахунку були прийняті кроквяні металеві ферми покриття будівлі головного корпусу Харківської ТЕС [13].

Передумовами для вибору об'єкта послужили такі умови:

- крок колон і кроквяних сталевих ферм корпусу - 12,0м, і як наслідок маса можливого жене конструкції максимальна - 8т для всіх варіантів розрахунку;
- прольоти покриття котельного та турбінного відділення - 30м і 39м, що є максимальним для більшості головного корпусу ТЕС ;

З метою оцінки несучої здатності стропильних ферм котельного та турбінного відділення будівлі головного корпусу Харківської ТЕС-1 виконані перевірені розрахунки шляхом порівняння складових значень снігового навантаження і навантажень від монтажної системи «Квадро-2» в вузлах стропильних ферм. Для цього виконано збір навантажень на дії монтажної системи «Квадро-2» на несучі конструкції головного корпусу

теплоелектростанції складової навантаження від монтажної стріли, розподільних балок і вантажу, що піднімається [49].

Значення розрахункової снігового навантаження для даного району (IV сніговий район) становить 240 кг / м<sup>2</sup> згідно [12].



Навантаження на вузли ферм від снігового навантаження для ферм визначаємо за формулою:

$$S_i = S \times L_i \times B \times \gamma_n, \quad (3.1)$$

де  $S = 240$  кг / м<sup>2</sup> - розрахункове значення снігового навантаження;  $L_i$  - довжина ділянки між вузлами верхнього пояса;  $B = 12$  м - крок кроквяних ферм;  $\gamma_n = 0,95$  - коефіцієнт надійності за призначенням будівлі, прийнятого як для промислового об'єкта з важливим народногосподарським значенням.

Розрахунок навантажень від дії монтажної системи «Квадро-2» проведено відповідно до методики, описаної в розділі 2 за допомогою розрахункового комплексу ПК «Ліра». В результаті розрахунків отримані максимальні значення вузлових навантажень. Розрахункова схема розташування монтажної системи «Квадро-2» наведені на рис. 2.23, 3.1. Максимальні зусилля в вузлах ферм виникають при «вивішуванні» умовної конструкції масою 8т (вони вказані в лівій частині нерівності, результати дії від снігового навантаження в правій).

Вузлова навантаження по осі Г:

- на вузол ферми 1-  $G_1 = -0,33$  т < -5,82 т,
- на вузол ферми 3 -  $G_2 = -3,54$  т < -8,21 т,
- на вузол ферми 4 -  $G_3 = -2,4$  т < -6 ^ НБ т.

Вузлова навантаження, по осі В:

- на вузол ферми 1 -  $G_3 = 0,07$  т < -6,156 т,
- на вузол ферми 3 -  $G_2 = -2,88$  т < -8,21 т,
- на вузол ферми 4 -  $G_1 = -1,26$  т < -5,82 т.

Вузлова навантаження, по осі А:

- на вузол ферми 1-  $G_1 = -2,31$  т < -5,82 т,
- на вузол ферми 3 -  $G_2 = -5,04$ т < -8,21 т,
- на вузол ферми 4 -  $G_3 = -0,24$  т < -6,156 т.

У разі виникнення в опорному вузлі розподільної балки перекидаючий зусиль, вони компенсується вагою покриття або при необхідності додаткових «привантаженням».

На підстави виконаного збору навантажень і перевірочних розрахунків можна зробити висновок, що при виконанні робіт в теплу пору року, коли відсутня снігове навантаження, несуча здатність елементів ферми котельного та турбінного відділення при навантаженні їх елементами монтажної системи «Квадро-2» технології безкранових монтажу забезпечена. При необхідності виконання робіт в зимовий час досить не допускати скупчення снігу в робочій зоні монтажної системи.

Рішення про використання несучих конструкцій покриття в якості опори для елементів монтажної системи «Квадро-2» має прийматися за результатами комплексного обстеження. З урахуванням отриманих результатів можна зробити висновок, що для використання монтажної системи «Квадро-2» при реконструкції та капітальному ремонті головного корпусу ТЕС досить задовільний технічний стан несучих конструкцій покриття будівлі, що реконструюється в зоні планування виробництва робіт.

## ВИСНОВКИ

1. Досліджено умови виконання робіт при заміні огорожуючих конструкцій головних корпусів діючих теплоелектростанцій. Виділено основні фактори характеризують об'єкт реконструкції: однотипність і стисненість генеральних планів ТЕЦ; наявність димових труб в складі теплоелектростанції; однотипність конструктивних рішень головних корпусів; умови чинного енергопідприємства. В умовах генерального плану діючих ТЕЦ для заміни огорожувальних характерні конструкцій головного корпусу, при роботі з землі, за допомогою крана, необхідний виліт стріли повинен становити 40-60 м, при висоті підйому 35-70 м і вантажопідйомності 3-10 т.

2. Аналіз існуючих технологій заміни огорожувальних конструкцій виробничих будівель показав, що в умовах реконструкції або капітального ремонту головних корпусів діючих теплоелектростанцій вони мають ряд серйозних недоліків: обмеженість застосування, велика кошторисна вартість, значна трудомісткість, незручності для основного технологічного процесу теплоелектростанцій.

3. Запропоновано удосконалену технологію безкранового монтажу огорожувальних конструкцій виробничих будівель ТЕЦ і, що дозволяє виконувати роботи по заміні огорожуючих конструкцій в умовах обмеженого простору існуючого генерального плану і без зупинки виробничого процесу теплоелектростанції. В рамках нової технології досліджені монтажні системи «Квадро-1» і «Квадро-2», що використовуються для різних конструктивно-технологічних рішень головних корпусів теплоелектростанцій, а також застосовні для інших промислових підприємств мають в своєму складі димову трубу.

4. Досліджено технологічні можливості монтажних систем і визначено області раціонального використання технології безкранових монтажу будівельних конструкцій при капітальному ремонті та реконструкції головних корпусів ТЕС.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Абрамов Л.И., Манаенкова Э.Ф. Организация и планирование строительного производства. Управление строительной организацией: учеб. для вузов. Москва, 1990. 400 с.
2. Абелев М.Ю. Аварии фундаментов сооружений: учеб. пособие. Москва, 1975. 85 с.
3. Альбом усовершенствованных железобетонных конструкций для капитального ремонта жилых домов. Москва, 1988. 100 с.
4. Андрушкявичюс А. З. Методы комплексной реконструкции исторического центра старого города: дис. ... канд. техн. наук: 05.23.08 / Вильнюс, 1984. 212 с.
5. Андре К. Досвід реконструкції центрів: довідник. Харків, 2000, 44 с.
6. Атаєв С.С., Данилов М.М., Прикіна Б.В. Технологія будівельного виробництва: навч. посіб. Київ: Недра, 2001. 599 с.
7. Афанасьев А.А. Возведение зданий и сооружений из монолитного железобетона: учеб. пособие. Москва: СИ, 1990. 376 с.
8. Бешелев С.Д., Гуревич Ф.Г. Математико-статистические методы экспертных оценок: учеб. пособие. Москва: Статистика, 1980. 163 с.
9. Борисов В.І. Проблеми векторної оптимізації. *Дослідження операцій*. Київ: Наука, 2005. С. 72-91.
10. Брахман Т.Р. Багатокритеріальної і вибір альтернативи в техніці: навч. посіб. Харків: Радио и связь, 2001. 288 с.
11. Брук Б.Н., Бурков В.Н. Методы экспертных оценок в задачах упорядочения объектов. *Изв. АН СССР*, 1972. № 3. С. 29-39.
12. Бубес Е.Я., Попов Г.Т., Шарлигіна К.А. Оптимальне перспективне планування капітального ремонту та реконструкції житлового фонду: навч. посіб. Київ: КНУБА, 2008. 190 с.

13. Булгаков С.Н. Технологичность бетонных конструкций и проектных решений: учеб. пособие Москва: СИ, 2005. 303 с.
14. Вилкас Э. Теория полезности и принятие решений. *Математические методы в социальных науках*. Вильнюс, 2001. Вып.1. С.13-60.
15. Вилкас Э. Многоцелевая оптимизация. *Математические методы в социальных науках*. Вильнюс, 2002. Вып.7. С.17—67.
16. Глотов В.А., Гречко В.М., Павельев В.В. Экспериментальное сравнение некоторых методов определения коэффициентов относительной важности. *Многокритериальные задачи принятия решений*. Киев: Машиностроение, 2005. С.156-168.
17. Гусаков А.А. Організаційно-технологічна надійність будівельного виробництва: навч. посіб. Київ, КНУБА, 2010. 254 с.
18. Гусаков А.А. Основи проектування організації будівельного виробництва (в умовах АСУ) : навч. посіб. Київ, КНУБА, 2009. 288 с.
19. Гусаков А.А. Системотехніка в будівництві: навч. посіб. Київ: Недра, 2010. 440 с.
20. Де Гроот М. Оптимальные статистические решения: пер. с англ. Москва: Мир, 2003. 491 с.
21. Євланов Л.Г. Теорія і практика прийняття рішень: навч. посіб. Харків: Економіка, 1984. 176 с.
22. Євланов Л.Г., Кутузов В.А. Експертні оцінки в управлінні: навч. посіб. Київ: Економіка, 2002. 133 с.
23. Емельянов С.В., Ларичев О.И. Многокритериальные методы принятия решений: метод.ук. Москва:Знание, 1985. 32 с.
24. Завадскас Э.К. Комплексная оценка и выбор ресурсосберегающих решений в строительстве: уч. пособие. Вильнюс: Мокслас, 2010. 210 с.
25. Завадскас Э.К. Основы оптимизации строительного производства. - Вильнюс, 1979. - 76 с.

26. Інструкція по розробці проектів організації і проектів виробництва робіт з капітального ремонту житлових будинків. Київ, 1995. 19 с.
28. Колотілкін Б.М. Долговечность житлових будинків: навч. посібник. Київ: СІ, 2003. 254 с.
29. Краснекер А.С. Задачи и методы векторной оптимизации. *Измерения, контроль, автоматизация*. 1975. №1, вып.3. С.51-53
30. Кутуков В.Н. Реконструкція будівель: навч. посібник. Київ.: ВШ, 2008. 263 с.
31. Макаров И.М., Виноградская Т.М. Теория выбора и принятия решения: уч. пособие. М.: Наука, 1982. 327 с.
32. Матвеев Е.П. Технологія реконструкції житлових будівель методом вбудованих будівельних систем: дис...канд.техн.наук: 05.23.08 / Одеса:ОДАБА, 2005. 286 с.
33. Мешічек В.В., Ройтман А.Г. Капітальний ремонт, модернізація та реконструкція житлових будинків: навч. посібник. Київ: СІ, 2005.241 с.
34. Миловидов Н.Н., Осин В.А., Шумилов М.С. Реконструкція житлової забудови. Київ, 2000. 240 с.
35. Михалко В.Р. Ремонт конструкцій великопанельних будинків. Київ.: СІ, 2000. 311 с.
36. Монфред Ю.Б., Финельд В.П. Рекомендації з аналізу технологічності серій типових проектів будівель ТЕС. Харків: 1995. 89 с.
37. Нейман Д. фон, Моргенштерн О. Теория игр и экономическое поведение : Пер. с англ. Москва:Наука, 1970. 707 с.
38. Ніколаєв С. В. Збірний залізобетон: вибір технологічних рішень. Дніпро, 1999. 240 с.
39. Олейник П.П., Фомиль Л.Ш. Інженерна підготовка території будівельного майданчика промислового підприємства: навч. Посібник. Київ. :СІ, 2006. 240 с.
40. Олейник П.П. Удосконалення організації будівельного виробництва.

*Промислове будівництво*. Харків: 1999. № 9 с. 14 - 15.

41. Олійник П.П. Вибір раціональних організаційних рішень для реконструкції підприємств. *Економіка будівництва*. Київ: 1993. № 3. с.20 - 25.

42. Онуфриев Н.М. Посилення залізобетонних конструкцій промислових будівель і споруд. Львів, 1998. 342 с.

43. Организация, планирование и управление строительством / Под ред. А. К. Шрейбера. Москва:ВШ, 1977. 352 С.

44. Подиновский В.В., Ногин В.Д. Парето-оптимальні рішення багатокритеріальних задач. Київ.:Наука, 2003. 254 с.

45. Подиновский В. В. Об относительной важности критериев в многокритериальных задачах принятия решений. *Многокритериальные задачи принятия решений*. Москва:Машиностроение, 1978. С. 48-82.

46. Поляков Е.В. Реконструкція та ремонт житлових будинків: навч. посібник. Київ: НЕДРА, 1997. 192 с.

47. Попов Г.Т., Бурак Л.Я. Технічна експертиза житлових будинків старої споруди. Львів: СІ, 2003. 254 с.

48. Проблемы социально-экономической эффективности реконструкции кварталов и микрорайонов в больших городах / Е.М.Блех, А.Ю.Жданькова, Е.Я. Сокова. Москва: МГЦНТ, 1982. 23 с.

49. Б. Гольдин, В.Л.Вольфсон, А. И. Папков. Виробництво ремонтно-будівельних робіт: довідник. Львів:СІ, 2010. 238 с.

50. Рекомендации по рациональному применению железобетонных конструкций при капитальном ремонте жилых зданий. Москва :СИ, 1989.

51. Ройтман А.Г., Смоленська Н.М. Ремонт і реконструкція житлових і громадських будівель. Харків, 2003. 317 с.

52. Ройтман А.Г. Надійність конструкцій експлуатованих будівель. Харків.:СИ, 2003. 176 с.

53. Ройтман А.Г. Оптимизация технических решений ремонта конструкций эксплуатируемых жилых зданий : Консп.лекций /ЦМИПКС. Москва: 1999.29 с.

54. Соколов В.К. Реконструкція будівель ТЕС: навч. посібник. Київ, 2003. 204 с.
55. Тимохов Г.Ф. Модернізація житлових будинків. К.: СІ, 2000. 191 с.
56. Вказівки по технології ремонтно-будівельного виробництва. Кн.1: Загальнобудівельні роботи / Під общ.ред. С.Д.Хі- Мунін. Київ: СІ, 2005. 432 с.
57. Швець В.Б., Фёклін В.І., Гінзбург Л.К. Посилення і реконструкція фундаментів. Харків: СІ, 2002. 203 с.
58. Шрейбер А.К. и др. Организация и планирование строительного производства. Москва :ВШ, 1987. 368 С.
59. Шрейбер К.А. Многокритериальная оценка проектов реконструкции жилых зданий. *Передовой опыт в строительстве Москвы*, No 6. Москва: 1986.
60. Шрейбер К.А. Варіантне проектування при реконструкції будівель ТЕС. Харків.:СІ, 2006. 232 с.
61. Шумилов М.С. Будівлі ТЕС та їх технічна експлуатація. К: ВШ, 2005. 376 с.
62. Яворский В.Г. Монтаж строительных конструкций при реконструкции зданий: уч.пос. Киев.: Будівельник, 2001. 233 с.
63. Bernoulli D.Specimen theoriae novae de mensura sortis. *Comentarii Academiae Scientiarum Imperialis Petropolitanae*, 1738, 5, pp. 175-192.
64. Mesarovic M.D. Multilevel concept for systems engineering, Proc.Systems End.Conf., Chicago, 111, 1965.
65. Oxley R., Poskitt J. Management techniques applied to the construction industry. London, Toronto, New York : Crosby Lockwood Staples Grande Pubb. 1979.