

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ
ІМ. Ю.М. ПОТЕБНІ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Кафедра промислового та цивільного будівництва

Кваліфікаційна робота

другий (магістерський)


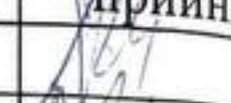
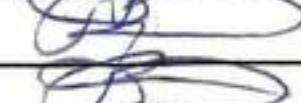

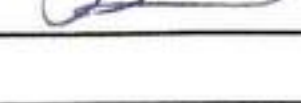
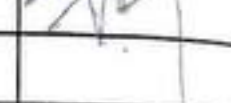
на тему: «Технологія зведення баштових опор антенних споруд»

Виконав: студент 2 курсу, групи 8.1922-пшб-1
спеціальності 192 «Будівництво та цивільна
інженерія»
освітньої програми «Промислове і цивільне
будівництво»
Хангелдян Д.Г.
Керівник доц., к.т.н. Самченко Р.В.
Рецензент проф., д.т.н. Банах В.А.

Запоріжжя
2023 рік

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	Самченко Р.В., доц.		
Розділ 2	Самченко Р.В., доц.		
Розділ 3	Самченко Р.В., доц.		

7 Дата видачі завдання 19.05.2023 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітки
1	Розділ 1 Сучасний стан питання монтажу баштових опор	28 вересня	
2	Розділ 2 Параметри технологічних процесів монтажу баштових споруд в повнозбірному вигляді	27 жовтня	
3	Розділ 3 Експериментальні дослідження споруди та монтажньо-такелажного оснащення	27 листопада	

Студент


(підпис)

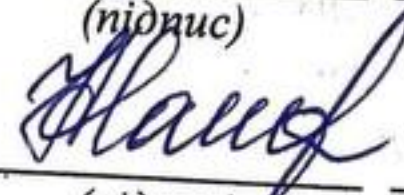
Д.Г. Хангелдян
(ініціали та прізвище)

Керівник роботи


(підпис)

Р.В. Самченко
(ініціали та прізвище)

Нормоконтроль пройдено


(підпис)

Н.О. Данкевич
(ініціали та прізвище)

АНОТАЦІЯ

Хангелдян Д.Г. Технологія зведення баштових опор антенних споруд.

Кваліфікаційна випускна робота для здобуття ступеня вищої освіти магістра за спеціальністю 192 – Будівництво та цивільна інженерія, науковий керівник Р.В. Самченко. Запорізький національний університет. Інженерний навчально-науковий інститут імені Ю.М. Потебні, кафедра промислового та цивільного будівництва, 2023.

Найбільшого поширення в якості антенних споруд отримали трьохчотиригранні вежі з трубчастими конструктивними елементами. Вибір оптимального методу монтажу антенних споруд з точки зору економічної доцільності залежить від їх конструктивних форм, їх кількості, характеру будівельно-монтажного майданчика, наявності матеріально-технічних ресурсів, кваліфікації техперсоналу. Застосування на монтажі антенних висотних споруд уніфікованої монтажно-такелажного оснащення дозволяє значно скоротити, збільшити їх оборотність, відповідно, підвищити продуктивність праці і скоротити термін зведення споруд. Теоретично підтверджено доцільність застосування методу монтажу «падаючим порталом баштових антенних споруд висотою до 120 м.

Ключові слова: технологія монтажу, баштові опори, антенні споруди, конструктивно-технологічні рішення, падаючий портал.

Список публікацій магістранта:

Хангелдян Д.Г., Самченко Р.В. Технологія зведення баштових опор антенних споруд. Матеріали III Всеукраїнської науково-практичної конференції за участю молодих науковців «Актуальні питання сталого науково-технічного та соціально-економічного розвитку регіонів України» (17-20 жовтня 2023 р., м. Запоріжжя). Запоріжжя: ІННІ ім. Ю.М. Потебні ЗНУ, 2023. С. 402-404.

ABSTRAKT

Khangeldyan D.G. Technology of erecting tower supports of antenna structures.

Qualifying thesis for obtaining a master's degree of higher education in specialty 192 - Construction and civil engineering, supervisor R.V. Samchenko. Engineering Educational and Scientific Institute named after Yu.M. Potebni Zaporizhzhia National University. Department of Industrial and Civil Engineering, 2023

Three- and four-sided towers with tubular structural elements have become the most widespread as antenna structures. The choice of the optimal method of installation of antenna structures from the point of view of economic feasibility depends on their structural forms, their number, the nature of the construction and installation site, the availability of material and technical resources, and the qualifications of technical personnel. The use of unified assembly and rigging equipment for the installation of aerial high-rise structures allows to significantly reduce and increase their turnover, respectively, to increase labor productivity and shorten the construction period. The expediency of using the "falling portal" method of installation of tower antenna structures with a height of up to 120 m has been theoretically confirmed.

Keywords: installation technology, tower supports, antenna structures, structural and technological solutions, falling portal.

List of publications of the master's student:

Khangeldyan D.G., Samchenko R.V. Technology of erecting tower supports of antenna structures. Materials of the III All-Ukrainian scientific and practical conference with the participation of young scientists "Current issues of sustainable scientific, technical and socio-economic development of the regions of Ukraine" (October 17-20, 2023, Zaporizhzhia). Zaporizhzhia: INNI named after Yu.M. Potebni ZNU, 2023. C. 402-404.

ЗМІСТ:

ВСТУП	8
1 СУЧАСНИЙ СТАН ПИТАННЯ МОНТАЖУ БАШТОВИХ ОПОР	10
1.1 Тенденції розвитку антенних споруд зв'язку	10
1.2 Вітчизняний і зарубіжний досвід проектування і зведення антенних споруд зв'язку	15
1.3 Основні напрямки розвитку технології монтажу опор антенних споруд в залежності від їх конструктивних рішень	21
1.4 Ступінь впливу технології монтажу на конструктивну форму споруди	35
1.5 Основні завдання дослідження технології монтажу баштових опор антенних споруд	40
2 ПАРАМЕТРИ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ МОНТАЖУ БАШТОВИХ СПОРУД В ПОВНОЗБІРНОМУ ВИГЛЯДІ	46
2.1 Стандартизація технологічних процесів монтажу висотних споруд	46
2.2 Вплив конструктивних рішень антенних споруд на вибір технології їх монтажу	51
2.3 Транспортування конструкцій - технологічний етап процесу зведення споруди	56
2.4 Забезпечення міцності та незмінності конструктивної форми баштового споруди в процесі монтажу	62
2.5 Обґрунтування кінематичної схеми монтажу баштової споруди «падаючим» порталом	64
2.6 Алгоритм визначення параметрів монтажньо-такелажного оснащення, виконаний на основі математичного моделювання	66
3 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ СПОРУДИ ТА МОНТАЖНО-ТАКЕЛАЖНОГО ОСНАЩЕННЯ	73
3.1 Інженерне моделювання роботи конструкцій на монтажні навантаження	73

3.2	Методика експериментальних досліджень моделі баштового антенного споруди на монтажні навантаження	78
3.3	Результати експериментальних досліджень роботи монтажно-такелажного оснащення	84
3.4	Порівняльний аналіз даних математичного моделювання та експериментальних досліджень	88
	ВИСНОВКИ	94
	СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	95

ВСТУП

Актуальність теми. Інтенсивний розвиток в даний час інформаційної та телекомунікаційної технологій, вимагає зведення спеціальних будівельних споруд, основними з яких є різні за своїм конструктивним рішенням металеві опори висотою до 120м.

Підвищені вимоги до надійності роботи і безпеки монтажу цих конструкцій, диктують рішення інженерних задач, пов'язаних з розробкою їх конструктивних форм, які враховують технологічні вимоги виготовлення і монтажу.

Метою **магістерської роботи** є удосконалення технології монтажу баштових опор антенних споруд зв'язку, що забезпечує високу продуктивність праці і безпеку ведення робіт при мінімально необхідному рівні матеріально-технічні витрат.

Для досягнення даної мети були додатково поставлені і вирішені наступні **завдання**:

Для цього потрібно було вирішити такі **завдання**:

- систематизувати існуючі методи монтажу антенних баштових споруд;
- розробити кінематичну схему монтажу баштового споруди «падаючим» порталом;
- підібрати алгоритм вибору оптимальних параметрів необхідної монтажно-такелажне оснащення для монтажу баштових споруд зв'язку;
- скласти заходи щодо вибору раціонального способу транспортування баштових антенних споруд;

Об'єкт дослідження — технологія монтажу баштових опор.

Предмет дослідження — конструктивно-технологічні рішення при зведенні баштових опор.

Методи досліджень включали узагальнення і аналіз вітчизняного і зарубіжного досвіду монтажу баштових опор, сучасного стану теорії і практики

організаційно-технологічної підготовки ремонтно-будівельного виробництва, аналіз технологічних рішень, що застосовуються в ремонтно-будівельному виробництві, теоретичних досліджень, аналіз отриманих результатів.

Наукова новизна роботи полягає в тому, що:

- визначена оптимальна розрахункова кінематична схема монтажу баштового споруди «падаючим» порталом;
- визначені розрахункові параметри вибору монтажно-такелажне оснащення для технології монтажу баштових споруд «падаючим» порталом.

Апробація роботи. Основні положення роботи опубліковані на III Всеукраїнській науково-практичній конференції за участю молодих науковців «Актуальні питання сталого науково-технічного та соціально-економічного розвитку регіонів України» у секції «Промислове та цивільне будівництво» (2023, м. Запоріжжя).

Структура роботи. Структурно робота складається з вступу, трьох розділів, висновків. Загальний обсяг 96 сторінок. Включає 22 рисунк, 42таблиці, список використаних джерел з 25 пунктів.

1 СУЧАСНИЙ СТАН ПИТАННЯ МОНТАЖУ БАШТОВИХ ОПОР

1.1 Тенденції розвитку антенних споруд зв'язку

Найбільш складні інженерні проблеми завжди виникали і вирішувалися при зведенні висотних споруд, до яких відносяться антенні споруди зв'язку. Відображення функціональної діяльності людства і досягнутого їм виробничо-технологічного рівня незмінно супроводжувалося завжди будівництвом різних висотних споруд. Це простежується на прикладах зведення Ейфелевої вежі в Парижі висотою 300м та вежі на Шаболовці в Москві висотою 148.3м, Токійської вежі висотою 333м та вежі в Мілуокі (США) висотою 329м, веж телецентрів у Вітебську висотою 244.5м і в Алма-Аті висотою 372м, в Ташкенті висотою 375м і в Останкіно в Москві висотою 533м.

В даний час в Китаї за 15 років планується побудувати башню-будівлю на 100 тис. Осіб за проектом іспанських архітекторів. Це 300етажне висотна споруда з металевим каркасом заввишки 1228м і загальною площею 2 млн. М, а у Франкфурті-на-Майні в Німеччині вже зводиться будівля у вигляді вежі висотою 100 м загальною площею 212800м .

Природно, що зазначені будівлі будуть служити і для різних потреб систем зв'язку.

З розвитком металургії в якості основного матеріалу для виготовлення висотних споруд віддається перевага металу. Переважна більшість висотних споруд у вигляді щогл і веж зводиться для задоволення інформаційних потреб засобів зв'язку. З цією обставиною пов'язане те, що вдосконалення проектування і будівництва антенних споруд відбувалося в період бурхливого розвитку засобів масової інформації. В цей час технічний прогрес в області металобудівництва розвивається як в напрямку вдосконалення теорії

формоутворення конструкцій з метою підвищення ефективності, надійності і довговічності зводяться споруд, так і в частині впровадження в будівельно-монтажне виробництво найбільш прогресивної технології їх зведення.

Що стосується історичних тенденцій, то досягнення вітчизняного будівництва значної кількості будівель та інженерних споруд у багатьох своїх проявах перевершують зарубіжні. Це в першу чергу відноситься до вітчизняного металобудівництва споруд, що бере свій початок від засновника ЦНДІ «Проектстальконструкція»

В. Г.Шухова, до якого сходять вітчизняна інженерна та конструкторська школа практично з усіх питань проектування, а також технології виготовлення і монтажу будівельних конструкцій.

У подальший розвиток будівництва висотних споруд, свій гідний внесок вніс чудовий теоретик і практик А.Г.Соколов, який підтвердив ефективність проектування антенних споруд на основі аеродинамічного підходу до їх проектування [9]. Далі, основи теорії формоутворення інженерних споруд і їх будівельних металоконструкцій були розвинені Н.П.Мельніковим [14], а роботи по ймовірно-чисельних методів розрахунку споруд на вітрові навантаження А.А.Петрова отримали міжнародне визнання. В області розвитку конструктивних форм антенних башенно-щоглових споруд з'являються фундаментальні роботи Н.В.Карнаухова, Е.В.Котляра, А.Р.Ржаніціна, Г.А.Савіцького, С. П. Тимошенка [6, 8].

В подальшому, також проводилися дослідження конструктивних форм башенно-щоглових споруд. Так, В.І.Трофімовим було проведено дослідження стійкості тригранних наскрізних стрижнів, а питаннями стійкості щогл на відтягненнях займалися А.Я.Дрвінг і С. Д.Лейтес [11].

Необхідність таких досліджень була викликана розширенням областей радіо і електроніки, яка спричинила за собою розвиток антеною техніки і відповідної їй області металевих конструкцій башенно-щоглових споруд.

Вимоги до антенних пристроїв малих відхилень від теоретичної форми в умовах експлуатаційного режиму спричинили за собою і дослідження в області надійності і довговічності висотних антенних споруд.

Нарешті, вчені та інженери: Н.Н.Аістов, Е.С.Балінській, А.Д.Попов, Н.С.Стрелецькій, М.М.Шуберт, А.С.Чесноков, Б.П.Калінін відображають в своїх роботах результати комплексних досліджень металевих конструкцій подібних споруд [23].

Після створення в країні промисловості сталевих конструкцій з організацією спеціальних заводів і вмонтовують організацій, почалося широке будівництво радіомовних станцій, основними спорудами яких були різноманітні за формою і різні по висоті металеві щогли і вежі. Відповідно, в ряді міст будується велика кількість телевізійних центрів, пов'язаних між собою системами радіорелейних ліній прямої видимості.

Все це вимагало розробки технології і організації спорудження цих споруд, результатом якої з'явилися різноманітні методи монтажу в залежності від їх конструктивних рішень.

Великий внесок у створення і вдосконалення технології монтажу антенних висотних споруд внесли А.Д.Соколова, Г.Б.Броверман, Е.Н.Селезнева [9]. Так, «Керівництво з монтажу сталевих конструкцій висотних веж і щогл», складене Г.Б.Броверманом, стало фактично першим практичним настановою в цій спеціалізованій виробничій галузі [10].

Слід відзначити значну роль Перельмутера А.В. в створенні ряду унікальних проектів висотних споруд і програмних засобів для виконання прочностного аналізу несучих конструкцій і знайшли широке застосування в інженерній практиці [7].

В результаті наукових і інженерних розробок поряд з типовими проектами антенних висотних споруд були також розроблені типові способи монтажу їх.

Але використання більш широкого діапазону радіохвиль від декількох міліметрів до декількох десятків кілометрів, збільшення потужності радіостанцій, розвиток гостронаправлених поворотних і багатофункціональних антенних систем, призначених для радіомовлення, телебачення, релейного зв'язку, навігації, локації, телеметрії та ін. Зажадав зведення в найкоротші терміни найрізноманітніших за конструктивним рішенням висотних антенних споруд.

З цією метою була розроблена технологічна лінія автоматизованого проектування (ТИП) антенних споруд, що представляє собою взаємопов'язаний комплекс технічних засобів, методик, програм та інформаційного забезпечення, доповнень необхідними організаційними заходами і забезпечує на базі засобів обчислювальної техніки комплексну автоматизацію проектування металоконструкцій, від ескізної компоновки споруди до випуску проектно-кошторисної документації.

Практичним результатом розробки ТЛП з'явилася можливість здійснити 2-х стадійну систему проектування з виключенням стадії розробки типових проектів споруд та заміною етапу прив'язки типових проектів на етап індивідуального автоматизованого проектування на ТЛП конкретного об'єкта з урахуванням реальних умов експлуатації.

Зазначена ТЛП містить ряд принципово нових (порівняно з розробками, що автоматизують проектування каркасів будівель) методів отримання і обробки інформації: автоматичного збору навантажень і побудови розрахункової схеми споруди; оптимізації його параметрів; комплексного розрахунку з урахуванням нормативних вимог; автоматичного складання і видачі на зовнішніх пристроях ЕОМ проектно-кошторисної документації; модель процесу проектування споруд з типових і уніфікованих елементів.

ТЛП передбачала проте, практично роботу споруд тільки в умовах експлуатації, без достатнього врахування досягнутого рівня технології виготовлення і їх зведення [20].

Процеси проектування і зведення таких споруд при сучасній концепції будівництва, повинні, як правило, виконуватися практично паралельно, що визначає необхідність інтенсивного обміну результатами роботи між проектними і будівельно-монтажними організаціями, ефективність якого базується на єдиній інформаційній моделі об'єкта.

Але кожне виготовлене, доставлене на майданчик і змонтоване спорудження, незважаючи на його певну типізацію, є по-своєму індивідуальним. Індивідуальність його визначається осначеністю технологічним обладнанням, геологічним та географічним характером місцевості, кліматичними умовами будівництва, використовуваними марками сталей, технічними можливостями виготовлення конструкцій, технологією і організацією будівельно-монтажних робіт [24].

Що лежать в основі будівельного мистецтва закони гармонії сприяють його постійного вдосконалення, і в практичних результатах будівництва концентруються закономірності, спрямовані на поліпшення конструктивних, експлуатаційних, і інших властивостей споруд, які закладаються при проектуванні.

Ось чому актуальним був і залишається, особливо в даний час (коли утворився ринок проектів антенних висотних споруд, розроблених різними, часом неспеціалізованими відомствами), питання вивчення закономірностей, що зв'язують відповідні технологічні вимоги щодо їх виготовлення і монтажу з конструктивною формою споруд.

1.2 Вітчизняний і зарубіжний досвід проектування і зведення антенних споруд зв'язку

Залежно від експлуатаційних, технологічних, інженерних і економічних вимог, а також від стану науково-технічного прогресу в області будівельно-монтажного виробництва в даний час створено безліч типів антенних споруд зв'язку. Необхідність зведення їх диктується все зростаючим обсягом інформації в усіх галузях народного господарства. Наприклад, впровадження стільникових систем зв'язку в багато галузей дозволяє різко підвищити продуктивність праці, особливо на рухомих об'єктах, домогтися економії матеріально-трудових ресурсів, забезпечити автоматизований контроль технологічних процесів.

Основу будь-яких систем зв'язку складають висотні антенні споруди різноманітні за конструктивними формами і функціональним призначенням [5].

Конструктивні форми антенних споруд зв'язку пройшли великий шлях розвитку і вдосконалення, а сучасний стан будівельно техніки дозволяє зводити механічно міцні і стійкі опори, значно вище вже побудованих. Постійне збільшення висоти споруд викликано тим, що ефективність і дальність дії передавачів і приймачів в великій мірі залежить від висоти їх розташування над рівнем землі.

Основним матеріалом, службовцям для виготовлення антенних споруд зв'язку є метал, але унікальні споруди виконуються і в залізобетоні, або комбіновано - в залізобетоні і металі, що природно відбивається на вартості їх.

Однак вартість опори не завжди є основним критерієм вибору її конструктивної форми і тут, найчастіше має більше значення технологічні та архітектурні вимоги. Всім цим вимогам в найбільшій мірі задовольняють металеві ґратчасті баштові і щоглові опори. Вибір того чи іншого типу опор

залежить від конкретних умов вимог експлуатації в кожному окремому випадку.

З розвитком антенних систем питома вага постійних і технологічних навантажень зростає, тому виникає необхідність перегляду конструктивних форм опор з точки зору зниження «парусність» їх від технологічних пристроїв і обладнання.

Як і будь-які інженерні споруди вежі і щогли повинні бути надійні в роботі, довговічні, а також технологічні у виготовленні та монтажі. Цим вимогам відповідають, розроблені ЦНДІ

«Проектстальконструкція» ім. Н.П.Мельнікова елементи стовбурів найбільш поширених веж Н-180м, у яких пірамідальна частина виготовляється у вигляді окремих марок (розсипом), а елементи призматической етажерки вище отм.155м - у вигляді просторових секцій довжиною по 5м.

Щогли в основному виготовляються у вигляді просторових секцій довжиною до 9м, з урахуванням технології монтажу цих споруд нарощуванням самопідйомної повзучим краном. При цьому спостерігається тенденція збільшення довжини секцій з метою скорочення числа перестановок підвісного повзучого крана при монтажі. У той же час дуже довгі секції, що вимагають для монтажу їх більш важкий кран, більшої вантажопідйомності, не зменшують в цілому трудомісткості монтажу.

Були також розроблені уніфіковані елементи металоконструкцій антенних опор висотою 100м і більше, на основі яких виконуються різні проекти будівництва баштових споруд. Параметри веж в процесі проектування як це буде визначено за своїм функціональним призначенням залежно від розміщується на них технологічного обладнання і можливої перспективу встановлення додаткового. Крім того, на основі уніфікованих конструкцій розроблені вежі для розміщення і функціонування антенного обладнання багатоканальній цифровійрадіорелейного зв'язку висотою до 120м. Параметри цих веж визначені на основі теоретичних досліджень міцності і

деформативності опор різної висоти з урахуванням необхідної стабільності кутового положення посадочних місць антен [69]. Вежі компонуються з укрупнених монтажних секцій, що включають різні складальні конструкції і їх елементи. Основні несучі елементи веж - стійки і розкоси - виконані із сталевих труб і забезпечені деталями для взаємного з'єднання їх на місці зведення.

Спираючись на вищеназвані принципи, в країні був побудований і продовжує будуватися ряд металевих антенних баштових споруд висотою 50, 75, 100, 150, 160, 180, 205, 310, 325м різних форм за обрисами і виконаних в основному, з прокатних профілів, або з труб і круглих стрижнів.

Будівництво щоглових споруд різної висоти, виготовлених переважно з прокатних профілів тригранного або чотиригранного перетину, також ведеться в широкому масштабі.

Одним з важливих чинників, що враховуються при зведенні щоглових споруд, є допустиме відхилення їх від вертикалі, залежне в основному від величин попереднього (початкового) натягу відтяжок.

У практиці будівництва цього питання в країні і за кордоном приділяють велику увагу, причому пошуки йдуть в двох напрямках. У вітчизняному досвіді використовуються найбільш дешеві канати для відстрочок, але вимагають для їх натягу спеціальних натяжних пристроїв, а за кордоном застосовуються більш дорогі канати з паралельними дротами без плетення, які мало витягуються з часом, тому в процесі експлуатації практично відпадає необхідність в натяжних пристроях.

За кордоном щогли виготовляють розсипом - окремими стрижнями або укрупненими елементами, повністю оцинкованими на заводі виробнику і збираються на монтажні на оцинкованих болтах.

Характерним для багатьох країн, які проектують і будують опори для антенних споруд, є застосування металевих суцільностінчатих трубчастих щогл натомість ґратчастих, завдяки тому, що циліндричний стовбур щогли забезпечує надійний захист від негоди і вітру обслуговуючий персонал. Крім

того, кругла геометрична форма щогли в плані дозволяє будь-яке розташування відтяжок і будь-яку орієнтацію, що дуже важливо з технологічної точки зору. При циліндричній формі щогли також зручніше здійснювати протикорозійний захист, стежити за станом її поверхні, проводити повторне забарвлення тощо.

Як показали закордонні дослідження, кріплення до стовбура циліндричної щогли двох-трьох ниток спіральних ребер зі смугової сталі значно підвищує частоту власних коливань щогли, що перешкоджає виникненню резонансу при імпульсних впливах навантаження. Спочатку вартість зведення циліндричних щогл була трохи вищою вартості ґратчастих, оскільки не було досвіду їх виготовлення і монтажу. Однак з плином часу, завдяки удосконаленню технології заводського виготовлення циліндричних секцій і розробці більш досконалої технології монтажу великими блоками, показники вартості будівництва щогл обох типів стали приблизно однаковими.

Слід зазначити, що конструктивні форми антенних споруд зв'язку пройшли великий шлях розвитку і вдосконалення, як в Росії, так і за кордоном. Так в Росії зведено і продовжують зводитися велика кількість радіотелевізійних опор, споруд радіорелейних ліній, а в останній період часу антенних споруд мобільного стільникового зв'язку з великою різноманітністю їх конструктивних рішень [9].

Зарубіжний досвід в цьому плані демонструє таблиця 1.1

Аналізуючи дані наведеної таблиці, слід зазначити, що до висоти 150м вежі і щогли знаходять приблизно рівне застосування [11]. При великих висотах застосування веж різко скорочується, в зв'язку з тим, що вартість веж в міру збільшення висоти різко зростає в порівнянні з вартістю щогл. Наприклад, відносна вартість веж і щогл висотою до 230м, зведених в Англії, характеризується наступним співвідношенням: якщо прийняти вартість металевої ґратчастої щогли за 100, то вартість металевої вежі складе 300, залізобетонної - 600 і металевої трубчастої щогли - 140. Звідси випливає, що

Таблиця 1.1 – Зарубіжний досвід зведення баштових споруд

№ п/п	Тип споруди та місце її зведення	Висота, м	Форма у плані	Тип конструкції та загальна маса		
				з прокатних профілів, т.е.	з труб та круглих стрижнів, т.	Суцільно-стінчасті, т.
Башти						
1	Кельн (Німеччина)	63	квадрат	30	-	-
2	Пік-дю-Нор (Франція)	85				
3	Рим, Італія)	90		-	20	-
4	Мілан (Італія)	100		-	135	-
5	Мілан (Італія)	110	Шестиугольник	-	159,2	-
6	Нордейх	120	квадрат	64	-	-
7	Ганновер (Німеччина)	120	трикутник	“	35	-
8	Монте - Марне (Італія)	134	квадрат	“	100	-
9	Чаттануга (США)	137	трикутник	“	30	-
10	Відень, Австрія)	150		-	55	-
11	Віллінг (США)	170			730	-
12	Нагоя (Японія)	180	квадрат	920	-	-
13	Анльс-Влессар(Бельгія)	200		-	126	-
14	Кристал палас (Англія)	205		450	-	-
15	Бісмарк США)	213	трикутник	-	75	-
16	Беромюнстер (Швейцарія)	215	квадрат	“	115	-
17	Лондон (Англія)	215		450	-	-
18	Норт-Берген (США)	232		111	-	-
19	Париж, Франція)	300		8500	“	“
20	Мілуокі (США)	329	трикутник	750	“	-
21	Токіо (Японія)	333	квадрат	“	3600	-
22	Париж (Франція) проект	725	трикутник		7500	
Щогли						
1	Вельтен (Бельгія)	100	трикутник	34	-	-
2	Науен	150	квадрат	90	-	-
3	Вовр-Оверіж (Бельгія)	165	трикутник	56	“	-

Продовження таблиці 1.1.

№ п/п	Тип споруди та місце її зведення	Висота, м	Форма у плані	Тип конструкції та загальна маса		
				з прокатних профілів	з труб та круглих стрижнів	Суцільно-стінчасті,
4	Сіндер-Хірупе (Данія)	200		71	-	-
5	Санс (Франція)	200	коло			
6	Науен	210	трикут	100	-	-
7	Балтімор (США)	222		-	500	-
8	Вовр-Оверінс (Бельгія)	245		102	-	-
9	Науен	260		500	-	-
10	Гашвілл (США)	267		180	-	-
11	Штейкімен (Німеччина)	298	коло	-	-	240
12	Суха гора (Чехія)	300		-	-	272
13	Будапешт	318	трикут			
14	Герцберг	325	коло	-	-	700
15	Туле (Гренландія)	366	трикут нік	-	770	-
16	Хаддерсфілд (Англія)	385	коло			
17	Оклахома-Сіті (США)	478	трикут нік	-	650	-
18	Кейп-Джераро (США)	535				
19	Монтгомері (США)	562				
20	Сарго (США)	631				

при висотах більше 100м краще будувати щогли. Вартість же трубчастих і гратчастих щогл висотою 200м однакова.

Для зниження вартості опори іноді приймають комбіновану конструкцію, нарощуючи на залізобетонну частина металевий ствол. Для веж висота нарощування обмежується 60-100м, а для щогл металева частина може досягати 400м.

З аналізу техніко-економічних показників опора у вигляді щогли з металевим стволом з круто поставленими відтягненнями і реями, що дозволяють встановлювати її на обмеженої території, має переваги в порівнянні з найбільш економічними вітчизняними опорами. Крім того, поєднання рей з відтяжками збільшує жорсткість споруди і його вібростійкість.

Вітчизняний і зарубіжний досвід проектування і будівництва башенно-щоглових споруд показує, що розвиток науки і спеціальних галузей техніки і надалі стимулюватиме створення нових типів антенних споруд з такими більш

досконалыми параметрами, як мала деформативність, підвищена аеродинамічної, оптимальні маса, трудомісткість виготовлення і монтажу , а також вартість [7].

В цьому випадку задоволення нормативних вимог, що пред'являються до конструкцій споруд, забезпечується за рахунок лінеаризації умов проектування і цільової функції, в якості якої приймається такий техніко-економічний показник проекту, як технологічність прийнятих конструктивних рішень. Цей показник крім скорочення вартості і витрат матеріалів сприяє прискоренню термінів введення в дію цих споруд при повному задоволенні необхідних експлуатаційних вимог.

1.3 Основні напрямки розвитку технології монтажу опор антенних споруд в залежності від їх конструктивних рішень

У конструктивному відношенні опори антенних споруд є суцільні або просторові наскрізні системи, утворені з кількох вертикальних або злегка похилих плоских ферм і ряду горизонтальних діафрагм. Характерним для цих споруд є значне перевищення їх висоти над розмірами в плані і незначна маса технологічного обладнання в порівнянні з власною масою. Це великий клас споруд різноманітних за призначенням і конструктивній формі. За характером статичної роботи вони поділяються на вежі, що працюють як консолі, затиснені в підставі і на щогли, що представляють собою стовбур, шарнірно або з защемленням спирається на фундамент, підтримуваний відтяжками і працює як балка на пружних опорах.

Вибір раціонального конструктивного рішення опор башенномачтового типу зумовлює ефективне використання металопрокату для додання ними оптимального геометричного обрису конструкцій і можливість здійснення

досягнутого рівня технології виготовлення і монтажу при реалізації будь-якого проекту [14].

Це дозволяє, завдяки використанню просторового ефекту, не тільки збільшити несучу здатність конструкцій і знизити матеріальні витрати, але і надати відповідну красу, відкрити для огляду. Тут важко не погодитися з думкою найбільшого російського металлобудівника Г.Д.Попова: «Красиве споруда - завжди правильно, а правильне - вже красиво».

За своїм специфічним експлуатаційних умов антенні споруди переважно виконуються у вигляді баштових опор внаслідок своєї конструктивної жорсткості і вимагають для зведення меншої площі забудови.

Вежі є просторові ґратчасті конструкції: за кількістю граней - трьох-, чотирьох- і багатогранні; по конфігурації - без переломів граней по висоті і з переломами граней; за схемою решітки - з трикутною, ромбічною, хрестовою і іншими. Поперечний переріз веж здебільшого квадратне або трикутне. Багатогранні вежі поступаються чотиригранним за конструктивними і технологічними показниками, а по витраті стали вони більш економічні лише при великій висоті.

Найбільше застосування в якості антенних споруд отримали чотиригранні вежі [13]. Поширеними типами перерізів елементів таких веж є круглі профілі з труб, поряд з якими застосовують також хрестові або коробчаті профілі. Трубчасті елементи, виконані з стандартних безшовних, електрозварювальних або вальцьованих труб, поряд з високими аеродинамічними показниками мають однакову стійкість в усіх напрямках і хорошою опірністю агресивному середовищі. Однак, істотно поступаючись по аеродинамічних характеристик, корозійної стійкості та деякими іншими показниками, елементи коробчатого перетину, виконані з прокатних куточків або гнутих профілів, мають меншу вартість.

Кілька стримує застосування коробчатих профілів необхідність накладення двох зварних швів по всій довжині елемента з подальшою правкою

його, крім того, в гнутих профілях в місці вигину має місце структурні зміни стали, що негативно позначається на роботі конструкцій, які перебувають в умовах знакозмінних і динамічних дій.

Елементи хрестового перерізу виконують з прокатних куточків або з трьох зварених листів і, незважаючи на невисокі аеродинамічні показники і знижену антикорозійну стійкість, їх досить широко застосовують в баштових конструкціях, в основному через простоту виготовлення і відносно низькій вартості. При цьому перевагу віддають більш простим у виготовленні елементів з прокатних куточків, переходячи на зварні листи лише в тих випадках, коли стає недостатньою необхідна площа поперечного перерізу.

Перетину елементів діафрагм приймають в залежності від характеру і умов роботи елемента Стислі і розкріплювати елементи виконують зазвичай того ж профілю, що і основні елементи. Згинальні елементи здебільшого проектують з прокатних швелерів.

Заводські з'єднання поясів веж виконують тільки зварюванням, монтажні можуть бути фланцеві, звареними по типу заводських стиків або встик за допомогою кутових накладок на високоміцних болтах.

При будівництві веж, особливо радіотелевізійних, знайшли широке застосування вузлові сполучення поясів з ґратами фланцевого типу на болтах, а самі вузли перетину елементів решітки відрізняються різноманіттям конструктивних рішень, оскільки в них можуть сходитися розкоси, розпірки, елементи діафрагм і майданчиків.

Зазвичай на вежах в декількох рівнях передбачаються майданчики для установки антенного технологічного обладнання, для закріплення яких передбачені відповідні столики і фасонки.

Більш високі технологічні вимоги до антенних споруд значно вплинули на конструктивні рішення опор. Так, основним конструктивним елементом для них був прийнятий прямолінійний вертикальний стрижень рівного поперечного перерізу по висоті, на якому закріплюються всі антени, а всередині нього

проходять комунікації зв'язку. Поперечні габарити такого стрижня визначаються параметрами антенних пристроїв і обрані з таким розрахунком, щоб усередині його перетину могли вписатися шахта ліфта, драбина і все живлять проводки. У вежах вертикальний ствол служить опорною стійкою гратчастої несиметричною піраміди, верхня частина якої посилюється шпренгелем.

Раціональність обраної схеми баштового споруди пояснюється тим, що вертикальний ствол зручний як для кріплення обладнання зв'язку, так і для всіх поздовжніх комунікацій, частина яких повинна проходити строго вертикально. Несиметричне розташування опорних ніг по відношенню до вертикального стовбура дає можливість вільного огляду по азимуту (більш 270-300 °), що ефективно для роботи спрямованих антен і одночасно надає вежі оригінальний зовнішній вигляд.

Досвід проектування таких опор показав, що їх конструктивна форма з вертикальним стволом є найбільш економічної та прогресивної, так як вона дозволяє вирішувати питання спільної типізації, як будівельних конструкцій споруд, так і технологічного обладнання, розташованого на них [65, 88].

Крім типових секцій вертикального стрижня, в баштах застосований єдиний тип з'єднання в основних вузлах, що скорочують виготовлення і монтаж, при цьому зменшується число монтованих дрібних деталей, в зв'язку з тим, що секції стовбура виготовляються цілком в кондукторів і надходять на монтажний майданчик об'ємними відправних одиницями.

Таким чином, при визначенні конструктивного рішення опор антенних споруд повинна вирішуватися основне завдання визначення їх найбільш оптимальних розмірів і форми всіх елементів, а також об'єднання їх в єдину конструкцію, що задовольняє вимогам економічності, міцності, стійкості, твердості, довговічності, зручності експлуатації, технологічності виготовлення та монтажу.

У свою чергу, постійно удосконалюються технологічні принципи зведення цих споруд, чому сприяє пошук найбільш раціональних, економічних способів монтажу, що дозволяють в найкоротший термін здавати їх в експлуатацію [92]. У зв'язку з тим, що основними виробничими показниками споруди є маса і кількість елементів конструкцій, від яких залежить трудомісткість виготовлення і монтажу, перенесення частини трудовитрат щодо укрупнення конструкцій з монтажного майданчика на місце їх виготовлення, безумовно раціонально з точки зору зменшення загальних виробничих витрат і скорочення термінів зведення споруди.

Однак, з огляду на, що близько 85% конструкцій баштових споруд поставляються до місця монтажу у вигляді окремих елементів - «Розсіпом», величина будівельного коефіцієнта трудомісткості монтажу споруди € т.м.с. виходить досить високою і перевищує величину відповідного будівельного коефіцієнта маси споруди P В.С. , що, в кінцевому рахунку, підтверджує більш високу трудомісткість його монтажу.

Ця група споруд характеризується рядом специфічних особливостей інженерних рішень і складністю їх зведення. вартість 1т металевих конструкцій їх значно перевищує номінальну вартість конструкцій промислових будівель. При цьому якщо вартість металоконструкцій збільшується в 1,65 рази, то вартість монтажу в 6,15 рази, а трудомісткість монтажу - в 6 разів (рис. 1.1) [3].

Очевидною залишається завдання зниження цієї трудомісткості за рахунок застосування більш ефективних методів зведення споруд. Вибір того чи іншого методу продиктований, насамперед, їх економічною доцільністю, наявністю матеріально-технічних ресурсів монтажною організацією і специфікою будівельно-монтажного майданчика. Але як уже зазначалося, розвиток таких

методів можна розглядати у відриві від закладаються при проектуванні конструктивних рішень споруд. Важливу роль в цьому, може зіграти заміна жорстких монтажних з'єднань секцій споруд шарнірними, завдяки чому вони можуть бути виконані складними або розсувними [16, 18]. Це може дати значний техніко-економічний ефект при транспортуванні і монтажі, коли підняту в складеному вигляді конструкцію доведеться лише розгорнути і «заглушити» шарніри постановкою в стиках невеликої кількості кріпильних деталей. Боязнь порушення в цьому випадку розрахункової і дійсної схеми роботи цих конструкцій відпадає хоча б тому, що «глушіння» шарнірів, якщо це потрібно за умовами роботи конструкції, значно простіше і легше, ніж оформлення на монтажі з початку і до кінця нормальних жорстких зіткнень. Якщо це врахувати в конструктивній формі споруд при їх проектуванні, то монтаж може бути здійснений або методом висунення секцій, або методом розгортання в вертикальній площині.

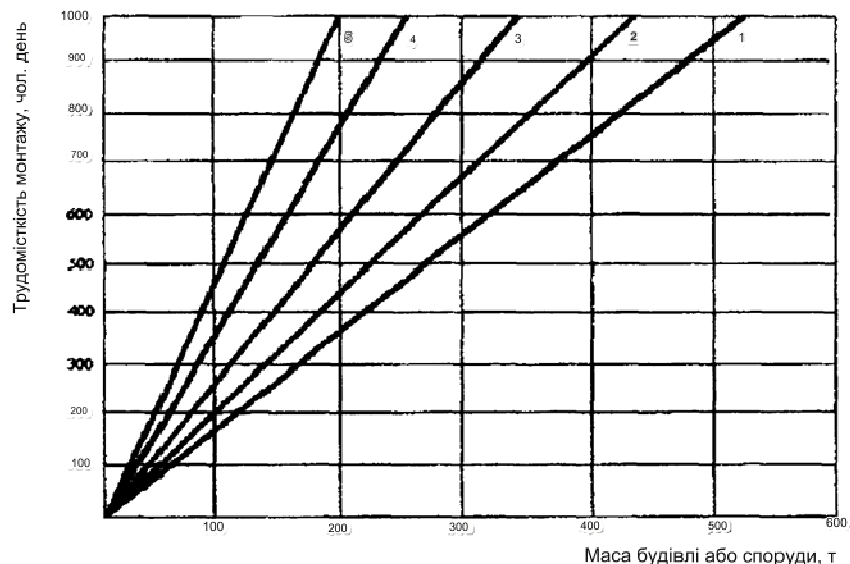


Рисунок 1.1 – Діаграма трудомісткості монтажу будівель і споруд: 1- багатоповерхових промислових будівель; 2-одноповерхових промислових будівель; 3 - резервуарів і газгольдерів; 4 - великопрольотних будівель; 5- баштових висотних споруд

Природно, що для здійснення подібних методів монтажу необхідний додатковий резерв міцності конструкцій, який повинен бути закладений також при проектуванні.

Розвиток галузі зв'язку зажадало вдосконалення і постійного оновлення висотного будівництва, при якому постійно проявляється особливий інтерес до зниження вартості зведення антенних споруд. Кожен введення нового об'єкта зв'язку дає можливість збільшити число абонентів, визначає окупність будівництва, прибуток, а також можливості подальших інвестицій.

Як будь-які інженерні споруди, антенні повинні бути надійні в роботі, довговічні і економічні, а також прості у виготовленні і монтажі. У практиці монтажу таких споруд знайшли застосування в основному такі неодноразово апробовані способи [13], як:

а) нарощування в проектному положенні за допомогою спеціального монтажного вантажопідйомного механізму;

б) поворот навколо монтажних шарнірів цілком зібраного в горизонтальному положенні споруди засобами малої механізації.

Монтаж за першим способом ведеться знизу вгору з послідовною установкою конструктивних елементів в проектне положення і остаточним їх закріпленням. Цей спосіб за своїм технічним виконанням є універсальним і дозволяє монтувати споруди практично будь-якої висоти. Головною перевагою цього способу перед іншими є те, що при монтажі конструкції практично відчують навантаження від власної маси і вітрового впливу того ж характеру та напрямки, що і в період експлуатації. Ніяких інших додаткових навантажень не виникає, за винятком реакцій від вантажопідйомного механізму, за своїми величинам які не є вирішальними у забезпеченні стійкості і загальної несучої здатності конструкцій на весь період монтажу. Підйомне устаткування, що використовується при цьому способі завжди легше і менш потужно в порівнянні з устаткуванням, вживаним при монтажі іншим способом, так як в цьому випадку його вантажопідйомність визначається максимальною масою,

що монтується окремого елемента. У той же час, вимога наявності досвідчених монтажників-верхолазів для виробництва монтажних робіт на великій висоті, забезпечення їх безпеки, а також утруднений контроль за ходом робіт з боку техперсоналу, становить певну складність цього способу.

Не менш широке поширення отримав також спосіб монтажу цілком зібраного в горизонтальному положенні споруди шляхом повороту його навколо монтажних шарнірів. Застосування цього способу залежить, перш за все, від місцевих умов - рельєфу і характеристики будівельно-монтажного майданчика, так як необхідна вільна площа для збирання на землі всієї споруди і розміщення необхідного підйомного обладнання і такелажу. При цьому способі підйомне і тягове обладнання потрібно на відносно короткий час - з моменту закінчення укрупненого до підйому споруди і комплектується воно, в основному з коштів малої механізації, широко застосовуваних у монтажній практиці. Більша частина цього обладнання після підйому може бути використана на інших роботах. Позитивною особливістю цього способу монтажу, незалежно від типу вживаного устаткування, є те, що роботи по збірці споруди на землі не вимагають висококваліфікованих верхолазів-монтажників, контроль за виконанням робіт здійснюється техперсоналом з землі і відповідно, забезпечена більш висока ступінь безпеки робіт. Відповідно, цей спосіб в найбільшій мірі відповідає вимогам Федерального закону РФ «Про основи охорони праці в Російській Федерації» за № 181 - ФЗ від 17.07.1999г.

Застосування цього способу для монтажу споруд з різними параметрами по масі і висоті вимагає підйомного обладнання різного по потужності і геометричних розмірів, але в той же час один комплект обладнання може бути застосований багаторазово для підйому однакових або близьких за своїми характеристиками споруд. В принципі, при уніфікації, як зводяться споруд, так і засобів для їх монтажу, діапазон застосування даного способу може бути значно розширений.

Як технічно можливого способу монтажу опор антенних споруд, що отримав широке поширення при зведенні витяжних веж, є подращивание, при якому конструкції монтується в проектному вертикальному положенні, починаючи з їх верхньої частини.

Цей спосіб дозволяє створити кращі умови для виконання робіт із збирання та закріплення елементів конструкцій, так як ці роботи протягом всього процесу монтажу ведуться на одному і тому ж рівні (порівняно невисоко над землею), що дозволяє організувати постійні робочі місця для робітників, встановити більш складне і продуктивне зварювальне обладнання, огородити місце ведення робіт від атмосферних опадів і т.д. Але ця позитивна сторона способу не компенсує такий недолік, як необхідність пошуку потужного монтажного обладнання, призначеного для утримання навісу маси монтируемого споруди і підйому його в міру підрощування. Крім того, особливу складність представляє забезпечення сприйняття опорних реакцій, що монтується споруди, що виникають при інтенсивному вітрі, що не виключено під час монтажу. У цьому випадку виникають негативні реакції, які сприймаються підйомним пристроєм і вся система разом з монтується спорудою не володіє достатнім запасом стійкості на перекидання. Як показав досвід монтажу значної кількості витяжних веж-труб, висотою 40 ... 280м і масою 200 ... 450т, способом підрощування, в умовах обмеженого простору майданчиків реконструюються, незважаючи на значні витрати на влаштування спеціальних стендів і підйомно-тягової системи, досягалося підвищення продуктивності праці на 35-40% і скорочення тривалості монтажних робіт [25].

Зведення антенних споруд зазначеним методом зважаючи на його велику енергоємності і з економічних міркувань здійснювалося в рідкісних випадках, що носять експериментальний характер [8].

Таким чином, вибір того чи іншого способу монтажу опор антенних споруд залежить від таких численних чинників як, тип, висота і кількість споруд, які належать до монтажу, розташування їх по відношенню один до

одного, місцеві умови, характер будівельного майданчика, наявність матеріально-технічних і трудових ресурсів, кваліфікація техперсоналу. Але над усім цим стоїть економічна доцільність.

Так, методи монтажу баштових опор антенних споруд в залежності від їх конструктивних рішень умовно можна поділити на такі:

- вежі висотою до 80-120м і масою до 60 т доцільно монтувати в повнозбірних вигляді (ковзанням, поворотом навколо монтажних шарнірів, без'якорним і бестросовим способами, вижимання).

З точки зору економічної ефективності, застосування зазначених способів особливо доцільно, коли на одному будівельному майданчику, або на трасі ряду антенних споруд монтажу підлягають кілька однотипних в конструктивному відношенні веж, які можуть бути укрупнені в горизонтальному положенні і послідовно підняті в проектне, вертикальне положення одним і тим же комплектом монтажного обладнання та такелажного оснащення.

- вежі висотою понад 120 м та масою понад 60т монтуються, як правило, в проектному положенні способом нарощування;

Однак слід зазначити, що при зведенні антенних споруд постійно відбувається вдосконалення зазначених методів монтажу їх, у зв'язку з підвищенням рівня механізації та спеціалізації виконання робіт. Відповідно до цього, визначилася нова градація призначення певних методів монтажу таких споруд в залежності від їх конструктивних характеристик і ситуаційних умов місця зведення, що є причиною внесення значних коректив в існуючі рекомендації по вибору методів монтажу антенних висотних споруд.

Поява нових більш прогресивних методів монтажу споруд є наслідком спадкоємності в певній мірі раніше апробованих при зведенні інженерних споруд нафтохімічної промисловості і опор ЛЕП. [15-18]. Таким спадкоємним методом з'явився без'якорний, як найбільш продуктивний, економічний і найбільш безпечний, який вирішує питання зведення споруд значних висот і мас з найменшими витратами матеріально-технічної ресурсів.

Так, значний накопичений досвід монтажу, апаратів колонного типу цим методом дав підставу розглянути його стосовно до зведення баштових опор антенних споруд, що вимагало проведення додаткових, спеціальних як теоретичних, так і експериментальних досліджень з перевірки роботи їх конструкцій на монтажні навантаження.

Щоб уникнути різночитань в найменуваннях одних і тих же методів монтажу антенних баштових споруд в додатку 1 до цієї роботи наведено їх класифікацію, з відображенням необхідних механізмів і оснащення для їх виконання (рис. П. 1.1 .. І.П.. 1.11.).

Нижче приводиться характеристика кожного з них із зазначенням відповідних переваг та недоліків, що впливають на техніко-економічні показники, дозволяє вибрати найбільш раціональний з точки зору монтажного виробництва.

а) Характерні особливості методу монтажу антенних баштових споруд нарощуванням

Монтаж проводиться в проектному положенні послідовно знизу вгору, спочатку за допомогою будь-якого мобільного монтажного крана, а потім спеціальним вантажопідйомним механізмом, закріпленим на частини змонтованих конструкцій і переміщається по ходу монтажу вгору.

При здійсненні цього методу в якості основного вантажопідйомного механізму може бути також використаний приставних баштовий кран, або в поєднанні з вертольотом.

Переваги методу:

- висота споруд, що вмонтовуються цим методом практично необмежена;
- технологія монтажу не залежить від рельєфу місцевості, на якій запроєктовано споруд;
- монтажне обладнання і такелажная оснащення для монтажу розташовується на майданчику постійної експлуатації споруди;
- можливість застосування одного комплекту монтажного

обладнання при монтажі однотипних споруд;

- конструкції в процесі монтажу відчують ідентичне напружений стан від власної маси і вітрового впливу, що і в період експлуатації;

Недоліки методу:

- при монтажі споруд, що зводяться за індивідуальними проектам за допомогою спеціально запроєктованих механізмів може виникнути необхідність в посиленні деяких конструктивних елементів для сприйняття реакції від додаткових монтажних навантажень;
- додатковий витрата металу і додаткові затрати праці при виготовленні споруд на пристрій спеціальних опорних столиків для кріплення до них вантажопідйомних механізмів;
- припинення монтажних робіт по форс-мажорних обставин вимагає проведення спеціальних заходів з консервації змонтованої частини споруди і забезпечення його стійкості, в зв'язку з Позацентрено додатком додаткового навантаження від монтажного механізму, закріпленого до спорудження на висоті;
- обмеженість застосування при зведенні антенних споруд мобільного стільникового зв'язку, що мають малі габарити по перетину, на дахах цивільних і виробничих будівель;
- вимагає для виконання його досвідчених монтажників-верхолазів з оформлення монтажних з'єднань на великих висотах, що представляє найбільшу небезпеку;
- утруднений операційний контроль за ходом робіт з боку техперсоналу в процесі зведення споруди.

б) Характерні особливості методу монтажу антенних баштових споруд підрушуванням

Монтаж споруд проводиться в вертикальному положенні, починаючи з їх верхньої частині. Змонтована частина піднімається за допомогою спеціального

обладнання і до неї навісу підрошують знизу розташована нижче частина. Потім конструкції знову піднімаються і до них підрошують наступні елементи. У такій послідовності роботи тривають до тих пір, поки не буде змонтовано вся споруда.

Переваги методу:

- можливість створити більш безпечні умови для виконання робіт із збирання та закріплення елементів конструкцій на одному монтажному рівні порівняно невисоко над рівнем землі. Це дозволяє влаштувати стаціонарні на період ведення робіт засоби підмоцвання та огородити місце ведення робіт від атмосферних опадів, тобто створити наближені до цеховим умови роботи;
- зручний контроль при здійсненні стикування підрошеною і висунутої секціями;
- можливість виконання всіх монтажних з'єднань на стаціонарній невеликій висоті;
- зменшення обсягу верхолазних робіт.

Недоліки методу:

- необхідність влаштування потужного монтажного обладнання, призначеного для утримання на вазі всієї маси монтируемого споруди і його підйому в процесі підрошування;
- складність забезпечення сприйняття опорних реакцій, що монтується споруди, що виникають при ураганному вітрі;
- обмеженість застосування, зважаючи на використання потужного устаткування, часто рівного по масі самого монтируемого споруди.

в) Характерні особливості методу монтажу антенних баштових споруд поворотом в повнозбірних вигляді

Монтаж проводиться шляхом переказу попередньо укрупненого споруди з горизонтального положення у вертикальне, проектне. Підйом здійснюється поворотом споруди навколо монтажних шарнірів, які влаштовуються у його опорних частин і фундаменту. З цією метою застосовують комплект монтажно-

транспортного обладнання у вигляді лебідок, тягових поліспаствів, монтажних щогл, шеври, порталів, якорів і т.д.

Розрізняють декілька схем цього методу в залежності від розташування в плані опорних вузлів і застосування монтажно-такелажного оснащення, а також конструктивних параметрів піднімається споруди.

Переваги методу:

- роботи по укрупнительной збірці споруд в горизонтальному положенні, такелажу і іншого піднімального встаткування проводяться на землі і легко доступні для огляду і контролю;
- не вимагає висококваліфікованих верхолазів-монтажників;
- зручність проведення операційного контролю за виконанням складальних робіт і перевірки їх якості з боку техперсоналу;
- можливість виконання монтажних робіт одним комплектом устаткування і оснащення, що використовується в подальшому на монтажі аналогічних споруд;
- комплектування підйомного обладнання і оснастки з широко застосовується такелажу і механізмів, які використовуються на інших монтажних роботах. При цьому, в свою чергу, більша частина обладнання та оснащення після застосування може бути використана в подальшому на інших будівельно-монтажних роботах;
- в разі здійснення однієї з найбільш досконалих схем цього методу - за допомогою «падаючого» порталу зводиться до мінімуму пристрій потужних якорів, бічних розчалок і лебідок з великим тяговим зусиллям, що спрощує монтаж і зменшує трудовитрати;
- можливість застосування методу монтажу за допомогою «падаючого» порталу для зведення споруд мобільного стільникового зв'язку на дахах цивільних і виробничих будівель.

Недоліки методу:

- залежність від рельєфу місцевості і необхідність вільної площі для зборки на землі всієї споруди;
- для ряду схем цього методу необхідно пристрій потужних якорів і застосування потужного такелажу і обладнання;
- недостатня уніфікованість обладнання і оснастки: для монтажу споруд різної маси і різної висоти потрібно устаткування і оснащення різної потужності і різних геометричних розмірів.

г) Характерні особливості монтажу антенних баштових споруд комбінованим методом

За умовами рельєфу місцевості, наявності вантажопідйомних механізмів і такелажних засобів окремі частини споруд монтуються або поворотом, або нарощуванням з усіма характерними їм перевагами і недоліками.

1.4 Ступінь впливу технології монтажу на конструктивну формуспоруди

Велика розмаїтість конструктивних форм башенно-щоглових споруд, продиктоване технологічними експлуатаційними вимогами, вимагає в кожному конкретному випадку, рішення їх монтажу.

Призначення способу монтажу баштових і щоглових споруд ведеться в основному, виходячи з міркувань їх технічної доцільності, причому завжди повинен враховуватися той факт, що стан конструкцій споруди при монтажі істотно відрізняється від їх стану під час експлуатації, на яке вони і розраховані, як з точки зору діючих навантажень, так і за умовами їх установки на фундамент, а також рішення монтажних стиків.

Як зазначалося, монтаж баштових і щоглових споруд зв'язку в основному, проводиться двома способами: нарощуванням в проектному положенні

окремих елементів або секцій самопідйомної повзучим краном і підйомом в цілому вигляді, попередньо укрупненого в горизонтальному положенні споруди, поворотом навколо монтажних шарнірів. У зв'язку з цим, при визначенні методу монтажу слід розглядати такі стану конструкцій під час монтажу як:

а) при підйомі, коли окремі елементи або секції підвішені до самопідйомної крана і, після установки їх в проектне положення, але до оформлення проектних кріплень;

б) при кантовке споруди в цілому вигляді, тобто при перекладі з горизонтального положення у вертикальне.

Отже, перш ніж визначити технологію монтажу баштових і щоглових споруд слід перевірити їх міцність і стійкість в заданих умовах, в зв'язку з чим монтаж раціонально проводити з готових заводських або укрупнених на монтажні блоків.

Крім того, будь-який обраний метод монтажу характеризується конструктивною формою споруди, часом і вартістю виконання робіт, ступенем участі робітників і механізмів, організаційними умовами будівельно-монтажного майданчика, в яких знаходяться людські ресурси, машини, механізми, матеріали. Відповідно, критерієм оптимальності обраного рішення є найменший витрата матеріалів і засобів, найменші трудозатрати на виготовлення конструкцій, можливість виконання всіх будівельно-монтажних робіт в стислі терміни при забезпеченні їх повної безпеки.

Таким чином, вже при проектуванні споруди повинні бути враховані виробничі можливості заводу-виготовлювача, терміни отримання матеріалів і обладнання, а також наявні засоби механізації та умови доставки конструкцій на будівельно-монтажний майданчик. З урахуванням зазначеного, постійно удосконалюються «традиційні» методи монтажу антенних споруд, які набувають характеру уніфікованості і економічності по техніко-економічними показниками.

До одного з таких методів монтажу можна віднести зведення баштових споруд безанкерним способом. За пропозицією автора, після деякого вдосконалення зазначеного способу, одним з монтажних управлінь таким методом, згодом отримав назву: «Метод монтажу» падаючим »порталом, була вперше у вітчизняній практиці змонтована телевізійна вежа висотою 50м, масою 25т за допомогою спеціально виготовленого порталу та необхідних засобів такелажного оснащення [12] (рис. 1.2.).

Апробація цього методу для зведення баштових споруд показала його доцільність та ефективність і відкрила ширші можливості його застосування, тобто не тільки для споруд нафтохімічної промисловості або опор ЛЕП, а й для антенних споруд зв'язку.

При цьому способі зводиться до мінімуму, перш за все пристрій якорів, так як відбувається урівноваження всіх виникаючих зусиль від монтажних навантажень, завдяки застосуванню монтажного порталу у відповідній кінематичній схемі підйому споруди. Від відомих способів монтажу баштових споруд в цілому вигляді через монтажний шарнір цей відрізняється тим, що вся силова схема при підйомі башти замикається на її фундаментах. Сам портал забезпечений безмоментного шарніром і встановлюється безпосередньо на ґрунт. До фундаментів вежі з монтажними шарнірами прикріплюються тягові лебідки, а також тяги, які утримують шарнір порталу від зсувних зусиль при його повороті. Верхній ригель порталу розрахований тільки на стискаючі зусилля, так як рухомі блоки поліспаств і підйомні тяги закріплені за оголовки стійок порталу. Рівномірний розподіл зусиль на вузли вежі досягається перепасовкою кожної пари підйомних тяг через ролики на оголовке порталу. Економічна доцільність застосування падаючого порталу зростає пропорційно кількості монтованих споруд одним і тим же комплектом оснащення, для чого конструкції порталу передбачені сборноразборними. Застосування цього способу дозволяє скоротити загальні трудовитрати в порівнянні з

«традиційними» методами в 6,5 раз і досягти значного економічного ефекту [122].

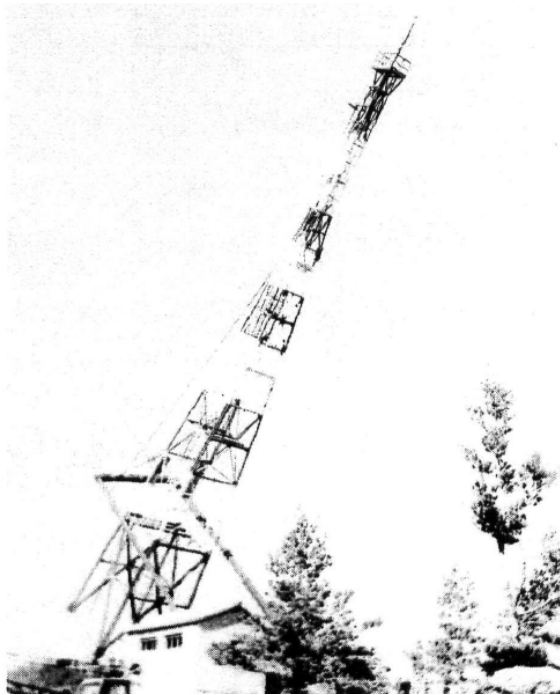


Рисунок 1.2 – Монтаж баштової споруди $H=50\text{м}$ падаючим порталом

Різновидом названого методу може бути спосіб монтажу споруд також в повнозбірних вигляді, попередньо зібраних в горизонтальному положенні за допомогою «ковзаючого» portalу. Спорудження при цьому методі монтажу як би «вичавлюється» з горизонтального положення у вертикальне [26].

Взагалі, появи різноманітних способів монтажу в значній мірі сприяло відставання технічних можливостей вантажопідйомного обладнання і оснастки від зростання монтажних характеристик конструкцій антенних споруд. У свою чергу, монтажні характеристики є прямим наслідком конструктивної форми споруди, оптимальність якої повинна визначатися з наступних критеріїв:

- технологічності;
- мінімальної маси;
- найменшою трудомісткістю виготовлення;
- мінімальною трудомісткістю монтажу;
- найменшою вартістю.

Всім цим вимогам в тій чи іншій мірі відповідають такі конструктивні форми як, решітчасті щогли трикутного перетину, пояса і решітки стовбура якої виконані з труб або круглої сталі [16], чиї переваги зумовили застосування спеціального прокату і гнутих профілів у вигляді кутової сталі і швелерів з полками під кутом 60, а не 90, як в звичайному прокаті; чотиригранні і тригранні конструкції веж з розкосу ґратами, обриси поясів стовбурів яких беруть по параболі або гіперболі, що краще відповідає силових дій вітру, хоч дещо й ускладнює виготовлення і монтаж; щоглові споруди з суцільнозварний труби до 2,3м раціональніше тим, що циліндричний стовбур добре обтекається вітровим потоком і часто має меншу навітряну площа всіх комунікацій, що проходять всередині нього і, крім того, має ряд переваг: можливість модернізації вертикальних провідок, огляду фідерного господарства в будь-яку погоду, безперебійна експлуатація ліфтів. У зв'язку з впливом такого великого числа факторів на величини, що характеризують здатність конструкцій споруди протистояти в процесі експлуатації різних впливів, дати їх якісну оцінку на стадії проектування можна тільки з певною ймовірністю, яка встановлюється діючою системою норм і правил.

В даний час при проектуванні здійснюється принцип «штучного зведення до детермінованої схеми», тобто імовірнісна картина формування потенціалу внутрішнього опору наближено замінюється системою коефіцієнтів, яка призводить до зростання їх величини з одного боку і не усуває повністю можливості проявів небажаних відхилень з іншого.

Реалізація оцінок умов, що забезпечують несучу здатність баштового споруди не тільки від впливу експлуатаційних навантажень, але і від монтажних, може бути здійснена за результатами експериментальних досліджень на математичній та фізичної моделях.

1.5 Основні завдання дослідження технології монтажу баштових опор антенних споруд

Від того, наскільки повно використані в конструктивних рішеннях антенних споруд сучасні технологічні можливості виготовлення і монтажу, залежить рівень організації робіт, якість конструкцій, їх експлуатаційна надійність і відповідно економічні показники. Таким чином, основна вимога до конструктивної форми споруди і до складових його елементів, полягає в технологічності конструктивного рішення, що забезпечує найбільш просте, швидке і економічне виготовлення і монтаж конструкцій з дотриманням умов міцності, стійкості та інших експлуатаційних властивостей споруди.

Грунтуючись на відомих положеннях ведучого теоретика металевих конструкцій проф. Н.С.Стрелецького, які передбачають економію металу і трудових витрат, а також скорочення термінів будівництва при відповідній оптимальної конструктивної форми споруди, можуть бути визначені основні завдання подальшого дослідження конструкцій антенних споруд.

Розвиток науки і спеціальних галузей техніки стимулює створення, поряд з існуючими, нових типів антенних споруд з більш досконалішими експлуатаційними технічними параметрами, підвищеними аеродинамічними властивостями, що володіють оптимальною масою, трудомісткістю і вартістю. Створення таких споруд пов'язано з розвитком теорії формоутворення, пошуками нових рішень і використанням всіх можливостей, що лежать в рішенні задач дослідження конструктивних форм, що відповідають прогресивним технологічним процесам.

Для більшої частини антенних споруд характерні індивідуальні об'ємно-планувальні та конструктивні рішення, продиктовані їх призначенням і місцем розташування, що ускладнює використання типових методів монтажу. У зв'язку з цим, для скорочення тривалості будівництва і зменшення трудовитрат при

виробництві монтажних робіт, обов'язковою умовою стає вибір найбільш ефективних методів монтажу на основі аналізу техніко-економічних показників і оцінки монтажної технологічності споруджуваного споруди. Звідси випливає все зростаюче значення технологічного проектування та інженерної підготовки виробництва [10].

З точки зору монтажу, спорудження великої висоти можна віднести до унікальних, так як вони вимагають найчастіше спеціальної розробки індивідуальних способів зведення, які в свою чергу, теж мають вирішальний вплив на вибір їх конструктивного рішення.

Тут потрібно враховувати, що конструкції висотних антенних споруд при монтажі, крім експлуатаційних навантажень, відчувають монтажні впливи, що виникають внаслідок додаткових навантажень від самопідйомних монтажних механізмів (метод нарощування), або зміни просторових положень конструкцій споруди в процесі монтажу в порівнянні з експлуатаційними (метод повороту навколо шарнірів).

Ось чому, дослідження і проектні розробки, що дозволяють поєднати експлуатаційні і монтажні функції в конструктивнокомпоновочних рішеннях антенних споруд залишаються переважаючими завданнями подальшого вдосконалення цих об'єктів. Успішне вирішення їх дозволить найбільш повно виявити дійсну роботу металоконструкцій, засновану на використанні геометричної та фізичної нелінійності, пластичності, деформативності та інших факторів, що визначають надійну міцність і стійкість споруд.

Практика зведення антенних споруд показує, що прагнення впровадження нових, прогресивних методів монтажу

продиктовано, перш за все, можливістю скорочення трудовитрат, матеріально-технічних ресурсів і найшвидшим введенням в експлуатацію їх. Але «сліпе накладення» нових методів монтажу навіть на традиційну конструктивну форму споруди в очікуванні відчутного економічного ефекту

без проведення ретельних експериментальних лабораторних і натурних випробувань, може нерідко привести до небажаних наслідків.

Причиною цього може бути тільки відсутність необхідних параметрів всіх конструктивних можливостей споруди, що працює в нових умовах, на навантаження, що відрізняються від розрахункових.

У зв'язку з цим актуальним стає розробка таких технічних рішень, які б забезпечували підвищення технологічної надійності будівельно-монтажних процесів.

Постійне вдосконалення технологічних процесів і зниження трудомісткості окремих операцій при монтажі будівельних конструкцій є неодмінною вектором підвищення ефективності монтажних робіт.

Прискорення технічного прогресу в монтажному виробництві в сучасних умовах немислиме без науково-дослідних і експериментальних робіт. Одним з основних напрямків у проведенні таких робіт є комплексне дослідження проблем організації робіт і технології монтажу споруд для поліпшення існуючих і розробки нових прогресивних методів монтажних робіт.

Крім того, важливим є дослідження щодо вдосконалення монтажних з'єднань елементів споруд з метою підвищення їх монтажної технологічності і ступеня заводської готовності, а також зниження витрати металу.

У кожному конкретному випадку повинна бути виявлена якісна взаємозв'язок властивостей конструкції, що впливають на її створення або роботу на кожній з цих стадій. Знаючи цю взаємозв'язок, виконують якісну перевірку відповідності конструкції вимогам технологічності.

Для кількісної оцінки технологічності слід визначити приватні показники, пов'язані з технологією виробництва, що характеризують операції, процеси, витрати праці і матеріально-технічної ресурсів [18].

Таким чином, завдання дослідження технології монтажу підпорядковані реалізації критеріїв монтажної технологічності, в якості яких виступають:

Крв- коефіцієнт рівновесности, що представляє собою відношення середньої маси елементів конструкцій, що монтуються до максимальної масі елементів;

Кр - коефіцієнт розчленованості споруди на монтажні одиниці, як відношення кількості укрупнених монтажних елементів до загальної кількості відправних марок;

КБ - коефіцієнт блочности, як відношення маси конструкцій, зібраних в укрупнені блоки до загальної маси монтируемого споруди.

Найкращим показниками зазначених коефіцієнтів, безумовно, відповідають методи монтажу споруд поворотом через монтажні шарніри в повнозбірних вигляді, так як споруда являє для монтажних операцій після його стовідсоткової укрупненого один монтажний блок.

Комплексне дослідження проблем механізації технологічних операцій монтажного виробництва теж сприяє вдосконаленню технології монтажу. Сучасні тенденції застосування для потреб систем зв'язку великого різноманіття методів зведення баштових споруд з різними конструктивними рішеннями вимагають проведення досліджень щодо вдосконалення параметрів вантажопідйомних механізмів і монтажно-такелажного оснащення.

У нерозривному зв'язку з зазначеним стають дослідження проблем забезпечення безпеки ведення монтажних робіт.

І, нарешті, необхідні дослідження в області організації і управління монтажним виробництвом, де істотним є вдосконалення структури, застосування економіко-математичних методів і моделей в управлінні виробництвом, пошук шляхів впровадження технічних засобів АСУ ТП.

В цьому відношенні важливим стає проведення моніторингу цих інженерних споруд в процесі їх зведення і подальшої експлуатації, що є необхідною складовою створення умов, що забезпечують їх надійність і безпеку [22].

Загальна мета моніторингу - проведення довготривалого контролю навантажень, зусиль, переміщень, деформацій конструкцій, напруг в обраних контрольних перетинах для встановлення відповідності фактичного напружено-деформованого стану (НДС) конструкцій розрахунковими даними і робочого проекту, а також попереджувального виявлення критичних і передаварійних станів спостережуваних споруд.

При створенні системи моніторингу повинні ставитися і вирішуватися такі основні завдання:

- вибір конструктивних елементів (об'єктів контролю), визначення в них основних перетинів і призначення контрольних точок спостереження;
- розробка методів визначення параметрів, що контролюються, вибір серійних або розробка індивідуальних технічних засобів контролю, виготовлення та встановлення їх на об'єкті;
- проведення візуальних та інструментальних спостережень з наступним визначенням фактичних переміщень, деформацій, напружень, зусиль в контрольованих конструктивних елементах;
- оцінка технічного стану конструкцій за даними натурних спостережень і результатів розрахунку.

Спостереження слід проводити з моменту укрупненого споруди, посилення його окремих конструктивних елементів (якщо таке вимагається за умовами роботи), в момент підйому і до повного зведення споруди в проектне положення.

У зв'язку з тим, що всі необхідні вимірювання для визначення ПДВ конструкцій повинні виконуватися в складних умовах будівельно виробництва, що не дозволяють пристрою перерв для установки приладів і проведення вимірювань, а також не гарантують збереження встановлених приладів, слід застосовувати спеціально розроблені (зокрема, ЦНДІ «Проектстальконструкція» м.Москва) прості і надійні вимірювальні системи, що дозволяють зберегти практично неушкодженими вимірювальні пристрої у всіх точках вимірювання і

провести необхідні спостереження аж до закінчення всіх будівельно-монтажних робіт і здачі споруд в експлуатацію.

В результаті використання системи моніторингу можуть бути отримані дані змін в часі напруженого і деформованого стану елементів конструкцій, відповідальних в цілому за несучу здатність і надійність споруди.

2 ПАРАМЕТРИ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ МОНТАЖУ БАШТОВИХ СПОРУД В ПОВНОЗБІРНОМУ ВИГЛЯДІ

2.1 Стандартизація технологічних процесів монтажу висотних споруд

Початковим етапом створення будь-яких будівельних металевих конструкцій є проектування, в якому стадія варіантного проектування займає значне місце.

При порівнянні варіантів, головне - техніко-економічне обґрунтування розглянутих конструкцій або компоновок споруди, для чого необхідно знати основні закономірності зміни маси, трудомісткості виробництва конструкцій в залежності від проектних показників і методу їх визначення в процесі проектування [18].

Основним критерієм при проектуванні споруд є їх граничний стан, при якому несучі конструкції перестають задовольняти заданим експлуатаційним вимогам або вимогам, що пред'являються до них при монтажі. Порушення експлуатаційної надійності не обов'язково пов'язано з руйнуванням конструкцій, воно може бути обумовлено і труднощами в подальшому використанні споруди, що викликають необхідність ремонту, посилення або заміни конструкцій. Тому при аналізі надійності важлива комплексна оцінка таких факторів, як умови експлуатації, її тривалість, відповідальність споруди, тяжкість наслідків виникнення граничного стану, економічні вимоги і т.д.

Таким чином, орієнтуючись на уявлення про граничному стані як про межу експлуатаційної здатності споруди, можна обґрунтовано визначати умови, що забезпечують при проектуванні необхідну надійність конструкцій також в умовах їх транспортування і монтажу.

Разом з тим дослідження монтажно-технологічності антенних споруд показали, що необхідність подальшого зниження трудомісткості і підвищення продуктивності праці пов'язана з вдосконаленням об'ємно-компонувальних і конструктивних рішень самих споруд, в зв'язку з тим, що проекти їх природно, не завжди відповідають сучасним вимогам прогресивних технологій. Причинами такого становища є практика проектування таких споруд і технології їх монтажу організаціями різних, часто неспеціалізованих відомств і відсутність доступної інженерної методики для вибору і подальшої оцінки конструктивно-компонувальних рішень різних варіантів антенних споруд за критерієм трудомісткістю їхнього виготовлення і монтажу.

Цей важливий виробничий параметр є наслідком впровадження прогресивної технології, механізації та автоматизації процесів монтажу і поліпшення при цьому організації праці. Тут важливу роль відіграє стандартизація технологічних процесів монтажу (ТПМ), метою якої є підвищення продуктивності праці, впровадження високопродуктивної монтажного оснащення, інструменту, пристосувань, засобів вимірювань і контролю, вдосконалення організації монтажного виробництва, скорочення тривалості технологічної підготовки монтажного виробництва і, нарешті, спрощення проектування технології робіт [6].

Крім того, на основі узагальнених технологічних рішень процесів монтажу можна монтувати не тільки однотипні, але і різні за конструктивним рішенням споруди.

Але так як монтажне виробництво є в основному одиничним або дрібносерійним, це дозволить отримати значний ефект від стандартизації ТПМ. На основі типових стандартизованих рішень повинні розроблятися робочі ТПМ, що входять до складу проектів виконання робіт стосовно до конкретних умов монтажних робіт і об'єктів монтажу.

Технологічний процес монтажу складається із сукупності послідовних технологічно пов'язаних монтажних операцій (МО), що забезпечують досягнення конструктивних елементів заданого якісного стану.

МО - закінчений, організаційно неподільний і технологічно однорідний елемент ТПМ, що виконується безперервно на одному робочому місці з одним і тим же елементом монтажного виробництва і охоплює дії постійної групи виконавців робіт, об'єднаних єдиною метою і використовують незмінний в процесі виконання операцій кошти монтажу і вивіряння.

Такий монтажної операцією при здійсненні методу монтажу баштового споруди в повнозбірних вигляді «падаючим» порталом є виконання тривалих по тривалості складальних робіт монтируемого споруди в горизонтальному положенні.

Основна ознака МО - її нормування, виділення результатів і їх контроль. При цьому може не створюватися закінчена продукція, а досягатися проміжний результат. Наприклад, виконана укрупнена збірка монтируемого споруди.

МО діляться на основні та допоміжні. У нашому випадку, основні - укрупнена збірка металоконструкцій споруди і власне установка споруди в проектне положення. До допоміжних відносяться операції, службовці для забезпечення основних. Це пристрій шпальних викладок або металевих монтажних опор під укрупнювати спорудою, установка тягових лебідок, виконання вантажно-розвантажувальних робіт, пристрій монтажного шарніра і перевірка його працездатності.

Результатом ТПМ споруди є встановлена в проектне положення опора з оформленням всіх необхідних монтажних вузлів і з'єднань, а основною ознакою - отримання, реєстрація та контроль результатів, що характеризують елемент заданого якісного стану.

Структуру технологічного процесу монтажу баштового споруди і його класифікацію зазначеним методом демонструє рис. 2.1.

Технологічний процес монтажу повинен відповідати таким вимогам:

- бути найбільш прогресивним в конкретних виробничих умовах і придатним для постійного вдосконалення;
- акцентувати тільки принципову технологію монтажу;
- складатися з основних стандартних операцій;
- бути забезпеченими необхідними засобами вимірювальної техніки;
- відповідати нормативним вимогам, що пред'являються до виготовлення конструкцій споруджуваного споруди і монтажних пристосувань;
- передбачати максимальне використання найбільш продуктивною монтажно-такелажного оснащення і засобів механізації;
- забезпечувати високий рівень індустріалізації і якості робіт;
- забезпечувати дотримання правил виробничої санітарії та охорони праці, а також вимог пожежної безпеки.

Відповідно, в ньому повинні знайти відображення технічні вимоги, що пред'являються до монтовані споруди, послідовності його поставки, умовами монтажу, монтажно-такелажної оснащенні і механізмам, засобів вимірювань, вимоги до виконання операцій. Крім того, повинні бути відображені методи контролю результатів монтажних операцій, способи проведення його і посилання на стандарти чи технічні умови, відповідно до яких здійснюється цей контроль, із зазначенням контрольних приладів і інструменту.

Наведені в ньому вимоги, що ставляться до питань забезпечення безпеки та промислової санітарії в процесі виконання робіт з монтажно-такелажної оснащенням і механізмами, також обов'язкові.

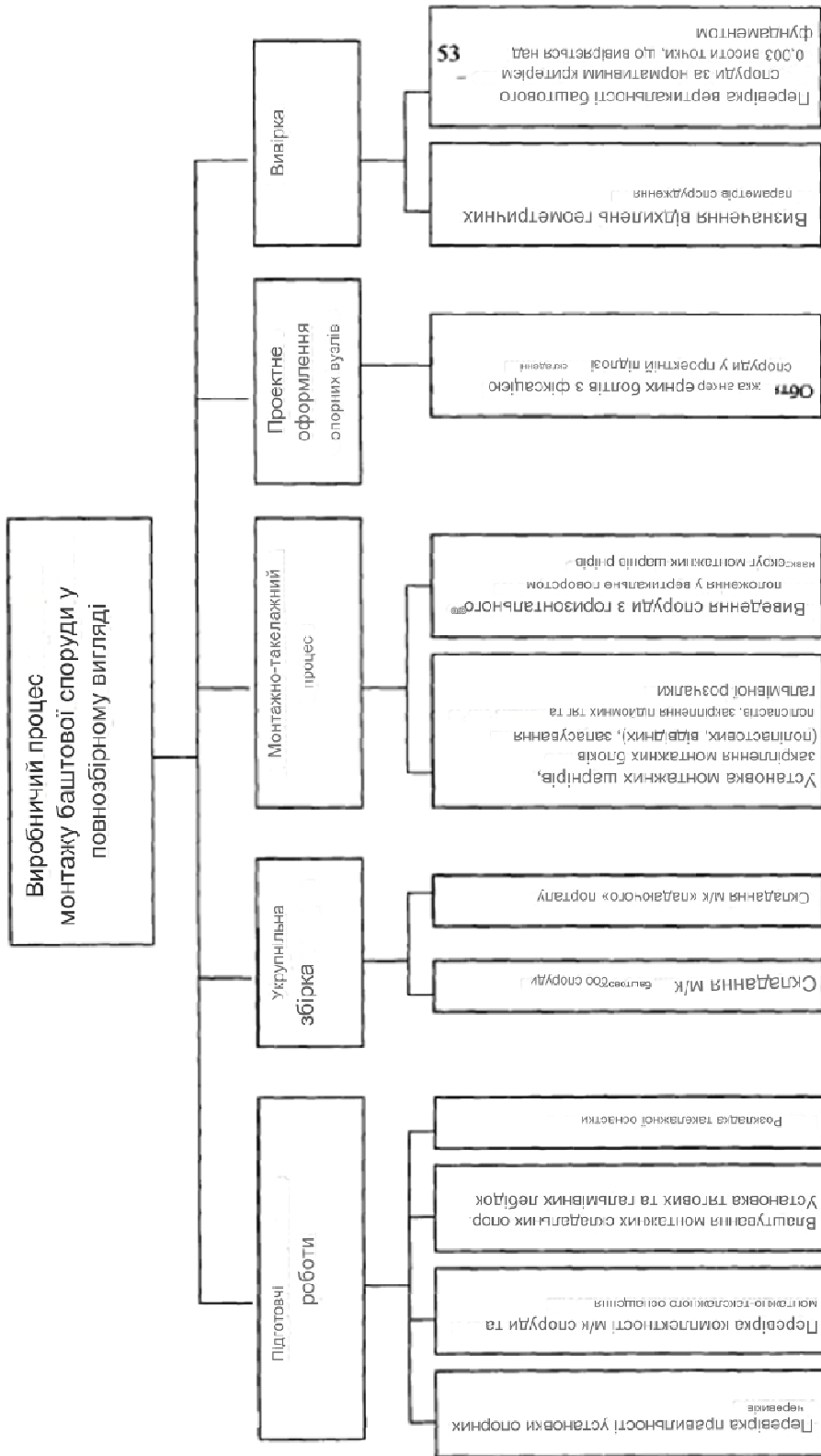


Рисунок 2.1 – Структура технологічних процесів

2.2 Вплив конструктивних рішень антенних споруд на вибір технології їх монтажу

На практиці найчастіше віддається перевага таким спорудам, які в першу чергу відповідають вимогам розрахункових положень і експлуатації, хоча в належній мірі вони часто не задовольняють виробничо-технологічними умовами їх виготовлення і монтажу.

Так, з одного боку, конструкція ствола щогли РРЛ у вигляді суцільнозварний труби раціональна тим, що з одного боку, поєднуючи в собі несуть і захищають функції, вона схильна до мінімального впливу вітрового навантаження, з іншого, зварні стики секцій такої щогли не пристосовані для збирання та зварювання в горизонтальному положенні. Отже, щоб такий тип щогли можна було б змонтувати поворотом навколо монтажних шарнірів, попередньо зібраного в горизонтальному положенні споруди, необхідна інша конструкція стику секцій щогли. Це підтверджує той факт, що назріла необхідність проведення аналізу існуючих конструктивних форм споруд на відповідність їх технологічності монтажу, так як часто втрачається універсальність багатьох прогресивних методів зведення при спробах їх застосування на спорудах неодноразового використання для потреб зв'язку [14].

Дослідженню впливу конструктивних форм споруд на технологічність монтажу передуює вивчення геометричних параметрів їх. Так, розбивка секцій конструкцій баштових споруд проводиться, як правило, через 8м або відповідно до компонованням фідерних-хвилеводних трактів. Елементи поясів, розпірок і розкосів секцій веж передбачаються з урахуванням виготовлення і транспортування з місць виготовлення у вигляді окремих відправних марок (розсипом). Довжина розпірок і розкосів при цьому призначається з умови одиночного підйому їх на монтаж (довжиною не більше 25м і масою не більше 3 т.) Майданчики баштових споруд передбачаються, як правило, укрупненими

відправних марками з розмірами по ширині до 3250мм і по довжині до 13 м. монтовані блоки секцій веж з габаритними розмірами сторони підстави 2200 ... 3250мм проектують плоскими.

Секції щоглових конструкцій в залежності від висоти, технологічних навантажень, району зведення в основному беруть габаритними просторовими трьох або чотиригранними з базами 800 1350 ... 3250мм. Довжина секцій щогл з базою 800мм - 4500мм, з великими розмірами - 6750мм. Маса монтованих секцій щогл, при цьому - до 12т. Збільшення бази секцій такого типу щогл викликано великими висотами і значними експлуатаційними, технологічними навантаженнями.

Діаметри циліндричних щогл приймаються 1600, 2200, 2400 і 3200 мм, а довжина їх секцій - 4500, 6000, 9000мм, що кратно ширині листів стандартних розмірів. Природно, що маса секцій, що залежить від насиченості внутрішніми елементами і розрахункової товщини листів, не повинна перевищувати вантажопідйомності самопідйомної повзучого крана в разі монтажу споруд методом нарощування.

Далеко не повністю відмічені геометричні параметри антенних споруд, продиктовані вимогами нормативних документів, в основі яких закладені два характерних способу монтажу: нарощуванням за допомогою спеціальних самопідйомних повзучих кранів і поворотом зібраного в горизонтальному положенні споруди навколо монтажних шарнірів. Але апробовані при зведенні подібних споруд нові, більш досконалі методи монтажу, завдяки яким досягається значна економія матеріально-трудових ресурсів, дозволяють зробити висновок про необхідність перегляду традиційно застосовуються конструктивних форм споруд.

«Накладення» нових методів монтажу на існуючі традиційні конструктивні форми викликає нерідко виконання у виробничих умовах додаткових заходів, таких як жорсткість окремих елементів конструкцій, пристрій монтажних кріпильних деталей і перегляду монтажних стиків. Щоб

цього уникнути, необхідно відповідні вимоги застосовуваної технології монтажу враховувати ще на стадії проектування споруд.

Відповідно до нормативних вимог, конструктивну форму споруди слід визначати з урахуванням забезпечення економії стали, технологічності виготовлення, умов прийнятого методу монтажу, раціонального розміщення на генплані та зручності експлуатації [3, 5].

Для зниження трудомісткості виготовлення металоконструкцій споруд і прискорення їх зведення також слід враховувати в проектних рішеннях вимоги і можливості найбільш продуктивних технологічних операцій при виготовленні і монтажі, забезпечити зручність і простоту їх виконання, ширше використовувати уніфіковані стандартні елементи і вузли.

Так, ЦНДІ «Проектстальконструкція» свого часу були розроблені типові опори антенних споруд для РРЛ в двох варіантах: з тригранним стволом для проміжних станцій і з чотиригранним - для вузлових. Опори виконані з уніфікованих елементів, секції яких мають розмір 2500x2500x6750мм і виготовляються з труб з безфасоночним з'єднанням.

Економія від застосування розроблених конструкцій склала до 20% по масі металу і до 25% по вартості будівельно-монтажних робіт.

При аналізі конструктивних форм антенних споруд не можна обійти і такий фактор, як облік причин аварій їх при монтажі або в процесі експлуатації. При проектуванні в конструкцію закладаються конкретна проектна надійність і конструкції розраховуються на експлуатаційні навантаження. У процесі ж виготовлення і монтажу конструкції отримують свою фактичну надійність, порушення вимог проекту, норм і правил виконання робіт призводять нерідко до зниження фактичної надійності в порівнянні з проектною, що може з'явитися навіть причиною виникнення аварійних ситуацій (табл. 2.1).

Аналіз характерних аварій антенних споруд показує, що найбільше число аварій доводиться на момент монтажу конструкцій, в основному з причин

низької якості виконання робіт і відступу від розробленої технології в проектах виконання робіт [15].

Не завжди аварія відбувається з самою конструкцією споруджуваного споруди, мають місце випадки, коли це відбувається з самими вантажопідійомними механізмами під час здійснення монтажних робіт методом нарощування.

Слід зазначити, що в основному аварії самих споруд припадають на цей метод, незважаючи на його певні переваги (до недоліків слід віднести одностороннє завантаженість монтируемого споруди масою самопідійомної повзучого крана, а також багатодельні операції по перестановці цього крана і роботи з ним). Отже, при призначенні технології монтажу споруд необхідно передбачати такі методи, які б зводили б до мінімуму виникнення аварійних ситуацій, при цьому забезпечуючи необхідну безпеку ведення робіт.

Як наслідок цього, перевага може бути віддано методам монтажу споруд в повнозбірних вигляді, попередньо зібраних в горизонтальному положенні і встановлених в проектне шляхом повороту навколо монтажних шарнірів. Такі методи не вимагають використання спеціальних вантажопідійомних механізмів, а безпеку всіх робіт досягається завдяки їх виконання на порівняно невеликій висоті і крім того, стійкість споруди в процесі монтажу забезпечується самою кінематичною схемою підйому, при якій відбувається урівноваження виникають зусиль від монтажних навантажень [26].

Таким чином, конструктивна схема споруди повинна відповідати прийнятому методу його монтажу, а одним з головних факторів, що визначають довговічність і експлуатаційну надійність споруджуваних споруд - рівень відповідності технологічних режимів, які виконуються в умовах будівельно-монтажного майданчика, вимогам будівельних норм і правил.

Таблиця 2.1 – Характерні аварії антенних споруд зв'язку

№ п/п	Тип споруди	Висота М	Метод монтажу	Причина аварій
1.	Щогла <i>гратчастого</i> типу тригранної форми перетином 2,2м з поясами з труб	186	нарощуванням, повзучим краном	Під час монтажу. Недостатнє натяг тимчасових розчалок, що стало результатом порушення технології та організації робіт.
2.	Щогла трубчастого типу з суцільностінчастим стволом діаметром 1,6м	76,5	нарощуванням, повзучим краном	Під час монтажу. Порушення технології виконання робіт з перестановки повзучого крана.
3.	Щогла трубчастого типу з суцільностінчастим стволом діаметром 1,6м	180	нарощуванням, повзучим краном	Під час монтажу. Втрата стійкості внаслідок регулювання попередньої напруги у відтяжках.
4.	Щогла трубчастого типу з суцільностінчастим стволом діаметром 2,2м.	252,5	нарощуванням, повзучим краном	Після закінчення монтажу. Втрата місцевої стійкості стовбура та низька якість заводських зварних швів.
5.	Щогла трубчастого типу з суцільностінчастим стволом діаметром 1,6м	117	нарощуванням, повзучим краном	Після закінчення монтажу. Розрив одного з двох стрижнів гвинтів стяжки у відтяжки верхнього ярусу через недосконалість самої конструкції стяжки та низької якості заводського виготовлення.
6.	Щогла гратчастого типу тригранної форми перетином 2,3мм з поясами з труб	252,5	нарощуванням, повзучим краном	Після закінчення монтажу. Розрив відтяжки внаслідок ненадійності застосування конструкцій арматури ізоляторів у відтяжках.
7.	Щогла гратчастого типу чотиригранної форми перетином 2,4м x 2,4м	42,2	поворотом цілої споруди навколо монтажних шарнірів	Під час монтажу. Порушення технології монтажу, передбаченої ПВР.
8.	Щогла гратчастого типу чотиригранної форми перетином 2,4 x 2,4м	73,7	поворотом цілої споруди навколо монтажних шарнірів	Під час монтажу. Низька якість виготовлення металоконструкцій щогли, а також відступ від рішень типового ППР в частині стропування споруди.

Ось чому одним з напрямків наукових досліджень є розробка нових технічних рішень, що забезпечують підвищення технологічної надійності будівельно-монтажних процесів.

Розвиток технологій з високим рівнем надійності систем дозволить не тільки інтенсифікувати будівельне виробництво, але і підвищити надійність споруд.

В цьому відношенні раціональні форми баштових споруд висотою до 120 м з поясами з труб, щоглові споруди гратчастого типу тригранної форми, або комбіновані системи башенномачтового типу, перевірка роботи яких на монтажні навантаження при призначенні нетрадиційних методів монтажу є наслідком виявлення відповідності між конструктивною формою і її монтажною технологічністю .

2.3 Транспортування конструкцій - технологічний етап процесу зведення споруди

З розвитком індустріальних методів будівельного виробництва і перетворення його в комплексно-механізований процес монтажу споруд з уніфікованих елементів заводського виготовлення зростає роль транспорту, особливо автомобільного, що володіє великою маневреністю і здатністю транспортувати будь-який вантаж з високою технічною швидкістю на значні відстані.

Транспортування виготовлених металоконструкцій антенних споруд від місця їх виготовлення до місця монтажу, є одним з важливих етапів технологічного процесу зведення, причому пріоритетним є прискорення доставки їх на будівельно-монтажний майданчик, впровадження комплексної механізації вантажно-розвантажувальних робіт. Дослідження показали, що перевезення конструкцій істотно впливають не тільки на темп і терміни

монтажу споруд, а й на їх вартість, що підтверджується даними витрат на ці цілі, складовими більш 25% від загальної вартості будівельно-монтажних робіт, а витрати праці досягають 40% в загальній трудомісткості зведення споруд [19, 20, 22]. У зв'язку з цим, стають важливими питання подальшого вдосконалення перевезень конструкцій і відповідно, зниження їх вартості.

Розглядаючи транспортно-технологічну схему доставки будівельних конструкцій, зокрема, металоконструкцій баштових споруд до місця призначення, слід зазначити, що вона класифікується за такими ознаками [15]:

а) за кількістю постачальників - один, або більше;

б) за характером доставки - з безпосередньою доставкою на приоб'єктний склад (майданчик укрупненого), з перевантаженням на проміжний склад, або з подачею безпосередньо на місце монтажу;

в) за характером маршруту руху автотранспортних засобів (АТС), які здійснюють доставку конструкцій - з рухом по маятниковому або кільцевому маршруту;

г) за типом організації руху і розвантаження АТС - маятникова, човниково-маятникова і човниково-кільцева.

Традиційно, перевезення конструкцій антенних висотних споруд проводиться в основному в два етапи: на першому, вони вантажаться і доставляються залізничним транспортом від заводу-виготовлювача до станції призначення, на другому, перевантажуються на автомобільний транспорт та перевозяться до місць монтажу. Так як обґрунтованих рекомендацій по організації таких перевезень немає, а в проектах виконання робіт (ППР) вони не відображаються, то при реалізації їх в монтажну практику, перевезення конструкцій супроводжуються часто небажаними наслідками: простоями робітників, зайвими витратами матеріально-технічних ресурсів, недостатнім використанням корисної вантажопідйомності транспортних засобів, особливо залізничних (в межах 36%) [12].

Перевезення ж дрібніших відправних елементів конструкцій з метою більшого завантаження транспортних засобів, призводить до подорожчання в монтажних робіт і суперечить принципам індустріального виготовлення

і монтажу конструкцій. Цим викликається необхідність в критичному аналізі сформованих методів доставки конструкцій, їх оцінки та розробки відповідних пропозицій.

Зокрема, нами рекомендується всі питання перевезень конструкцій відображати в спеціальному проекті транспортування (ПТ), який повинен ^ розроблятися з урахуванням технологічних рішень, передбачених проектом виробництва робіт по монтажу конструкцій (ППР).

В основі проекту транспортування повинно лежати визначення потреби в транспортних засобах, для чого необхідно розрахувати максимально можливу вироблення автомобіля на обраному маршруті (С) тах) і порівняти її з плановою потребою в конструкціях

$$Q_{\max} = q \gamma Z_e, \quad (2.1)$$

де q - вантажопідйомність транспортного засобу; γ - коефіцієнт використання вантажопідйомності транспортного засобу;

Z_c -кількість їздець, що виконується за планове час роботи рухомого складу

$$Z_e = (T/t_0) + Z_e^1, \quad (2.2)$$

де T_c -тривалість роботи постачальника і споживача вантажу;

Z_e -можливість виконання поїздки за залишок часу після ^ виконання цілого числа обертів.

t -Тривалість виконання обороту рухомого складу;

$$t_0 = l_m/V_t + t_{пв}, \quad (2.3)$$

де l_m -довжина маршруту, км; $l_m = 2l_t$, де l_t -відстань транспортування конструкцій від місця виготовлення до місця монтажу; $t_{пв}$ - час простою транспорту під навантаженням і розвантаженням.

На підставі технологічних можливостей і норм безпеки можуть бути визначені наступні транспортні вимоги, які слід відображати в ПТ:

а) проект повинен передбачати попереднє дослідження зручного і найкоротшого шляху слідування, розробку раціонального режиму руху, умов проходження переїздів, крутих поворотів, спусків, підйомів; визначення основних вимог до облаштування доріг; організацію і забезпечення руху засобами регулювання і попередження;

б) розміри відправляються елементів конструкцій повинні вписуватися в габарити транспортних засобів, як на прямих, так і на криволінійних ділянках шляху руху;

в) елементи конструкцій повинні бути пристосовані і зручні для навантаження, кріплення на транспортних засобах, а також для розвантаження на монтажному майданчику;

г) проект повинен передбачати техніко-економічне обґрунтування способу доставки конструкцій, вибір видів транспорту з урахуванням реальних дорожніх умов, наявності необхідних транспортних засобів і вантажно-розвантажувальних механізмів в місцях перевантажень.

При виборі транспортних схем і засобів для перевезення опор антенних споруд від місця виготовлення до місця їх монтажу, слід виходити з умови, щоб вартість доставки (яка складається з вартості навантаження, транспортування, розвантаження і складування) була мінімальною. При цьому переважно складання математичної моделі, що включає в себе всі види витрат (цільова функція) [15].

При визначенні мінімального значення цільової функції, враховують ряд таких обмежень, як наявність конкретних видів вантажних механізмів та транспортних засобів, під'їздів, своєчасність доставки конструкцій до споживачів, трудові витрати.

До числа поставлених завдань відносяться і такі, вирішення яких за допомогою математичних методів засобами комп'ютерних інформаційних

технологій дозволяє значно підвищити ефективність роботи транспортних засобів. До них відносяться: формування кільцевих маршрутів, визначення найкоротших відстаней перевезень і ін.

Способи вирішення в комплексі зазначених факторів дасть можливість врахувати більше точно не тільки обсяги поставок і відстані між постачальником і споживачем, а й вартість виготовлення конструкцій.

Крім того, можуть бути також враховані стан доріг, наявність холостих пробігів, пріоритет поставок на певні об'єкти і т.п.

Обраний варіант доставки конструкцій споруд впливає на обсяг транспортних і вантажно-розвантажувальних робіт, а також собівартість доставки конструкцій, про що, наприклад, свідчать ніжеприводиміе техніко-економічні показники (ТЕП).

Порівняння способів доставки конструкцій в даному випадку показує перевагу автомобільного варіанту. Так, здійснення його дозволяє зменшити витрати на монтаж споруд на 20%. Причому розмір транспортних засобів в основному дозволяє що виконати (рис. 2.2.).

Реалізація на практиці автомобільного варіанту дає можливість скоротити терміни монтажу, що дозволяє організувати ведення монтажних робіт по єдиному комплексному графіку заводу і отовізеля,

автомобільного транспорту та бригади монтажників.

Результати аналізу виконаних в монтажній практиці перевезень металоконструкцій антенних споруд дозволяють зробити висновок про доцільність складання проектів транспортування і використання в них передового досвіду перевезення металоконструкцій висотних споруд не тільки на залізничному транспорті, а й на автомобільному.

Відповідно, проект транспортування конструкцій, взаємопов'язаний з графіком виробництва монтажних робіт повинен включати в себе схеми трас доставки їх до місць монтажу, раціональні способи їх навантаження на транспортні засоби, креслення пристосувань для закріплення конструкцій.

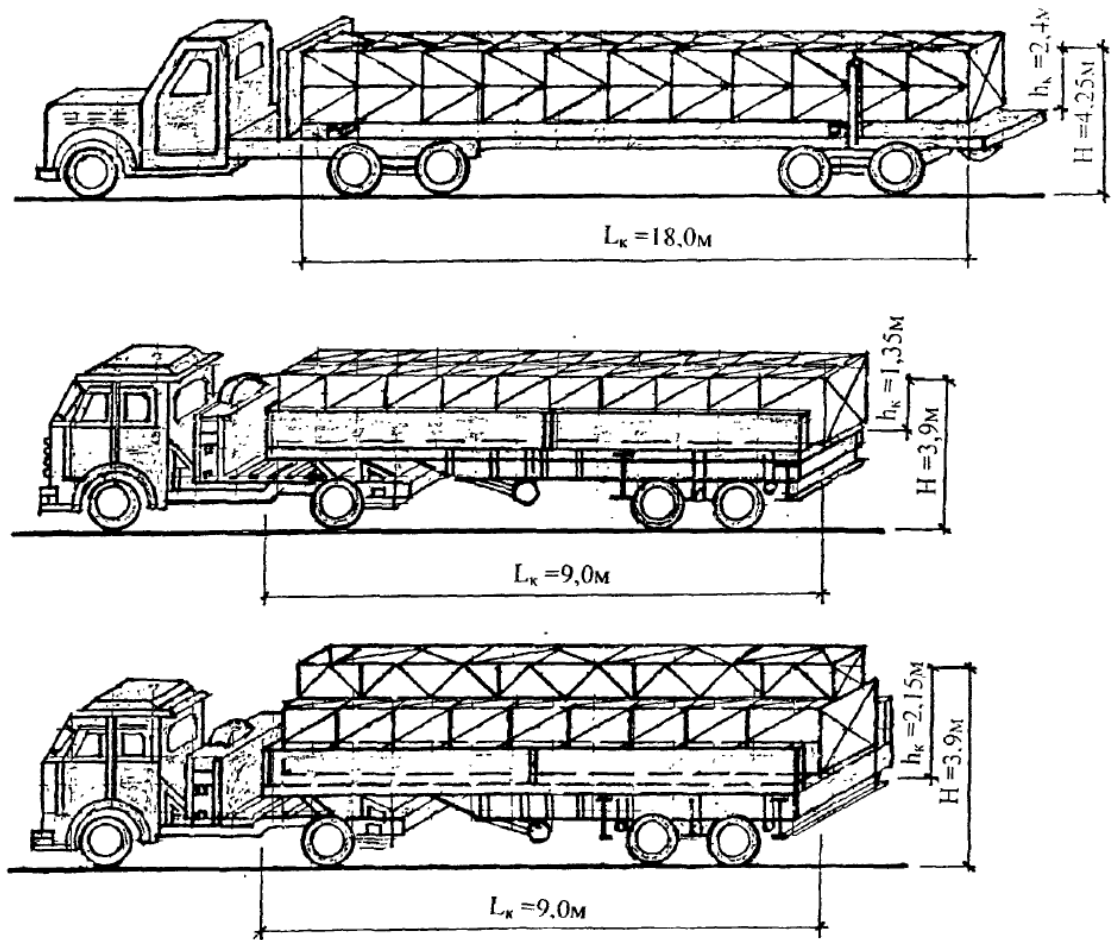


Рисунок 2.2 – Схема транспортування укріпнених блоків антеної споруди

Сам же спосіб перевезення і транспортні засоби слід вибрати в кожному конкретному випадку, виходячи з техніко-економічного аналізу і зіставлення показників продуктивності транспортних засобів і вартості перевезень.

Отже, умови і спосіб транспортування конструкцій, є одним з ланок технологічного процесу виготовлення і монтажу споруд, значно впливають на їх ефективність.

2.4 Забезпечення міцності та незмінності конструктивної форми баштового споруди в процесі монтажу

Забезпечення міцності та геометричної незмінюваності споруд в процесі їх монтажу є невід'ємною частиною комплексу питань безпеки будівельно-монтажних робіт, передбачених нормативними вимогами [15] і розробляються проектами виробництва робіт.

Так, в процесі монтажу конструкцій, незважаючи на короткочасний характер впливу монтажних навантажень і тягне за собою зміну проектної розрахункової схеми споруди, необхідно розглядати два їх стану: при підйомі і після установки на опори. При цьому навантаження і впливу враховуються в найбільш несприятливому, але можливе поєднанні в процесі монтажу.

Відповідно, при перевірці конструкцій на монтажні навантаження враховують першу групу граничного стану, т. Е. Загальну втрату стійкості, руйнування або якісна зміна конфігурації споруди.

Необхідна і достатня умова для цього може бути виражено:

де I -зусилля в елементах конструкцій, як функція монтажних навантажень; R -граничне зусилля, яке сприймає розраховується елементом, тобто несуча здатність його.

При виконанні перевірочних розрахунків елементів баштового споруди на монтажні умови їх роботи при заданій розрахункової кінематичній схемі визначають коефіцієнт запасу

причому $K_3 > K_{3H}$, де $K_{3H} = 1,5$ -мінімальний встановлений коефіцієнт запасу.

Відповідно до нормативних вимог [18] при перевірці працездатності конструкцій на монтажні умови необхідно враховувати постійні навантаження від власної маси споруди, умовно прийняті рівномірно розподіленими по його довжині і тимчасові від монтажних механізмів, обладнання та устаткування, а

також динамічних дій при переміщеннях або стикуванні монтованих елементів в процесі підйому.

Оскільки монтаж споруд в повнозбірних вигляді методом повороту повинен проводитися в безвітряну погоду, навантаженнями від вітру можна знехтувати, тим більше, баштові антенні споруди у вигляді просторових конструкцій мають мінімальну парусність.

Динамічний вплив на конструкції споруди під час підйому враховується збільшенням маси його на 10%.

Так, монтажна стійкість баштового споруди при зведенні його «падаючим» порталом в повнозбірних вигляді характеризується прогином осі стовбура при перекладі його з горизонтального положення у вертикальне, проектне і виникають згинальні моменти при цьому, створюють в кожній його точці напружений стан.

Стислі елементи отримують прогини щодо осі найменшої жорсткості, а подовження розтягнутих елементів змінює геометричні параметри споруди. Ступінь впливу монтажних навантажень на конструкції споруди визначається за розрахунковою схемою підйому із застосуванням розрахункових програмних комплексів і представляється загальна картина розподілу зусиль в конструктивних елементах (рис.2.3.).

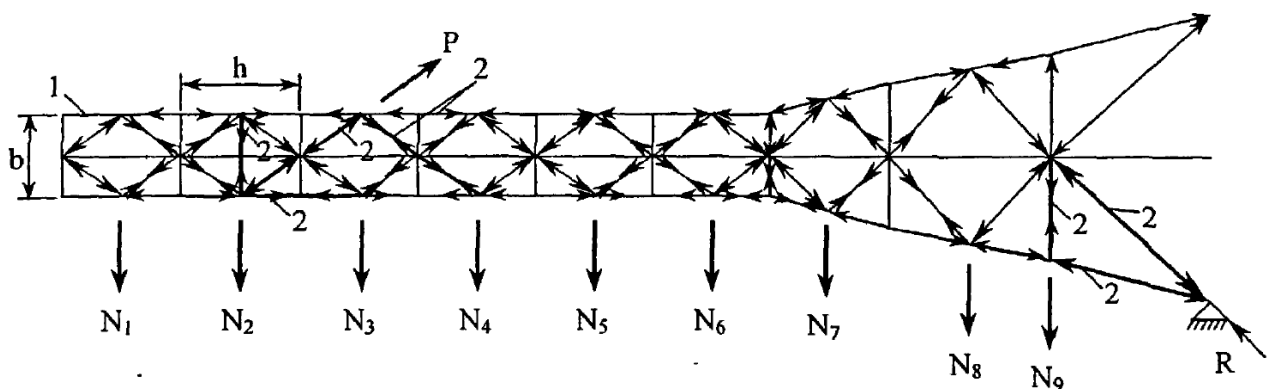


Рисунок 2.3 – Характер розподілу зусиль і елементів посилення баштового споруди (при перекладі з горизонтального положення у вертикальне) 1-монтується спорудження; 2-посилювати елементи; P-тягове зусилля; K-реакція на поворотний шарнір; N1 -сосредоточенние навантаження від власної маси споруди.

Можливість спрогнозувати характер і величину деформацій, як усього стовбура споруди, так і окремих його елементів шляхом реалізації розрахункової схеми, яка враховує дію монтажних навантажень на ЕОМ, дозволяє вже на стадії проектування вирішити питання про забезпечення довготривалої роботи споруди і його надійності в процесі експлуатації [17] .

2.5 Обґрунтування кінематичної схеми монтажу баштового споруди «падаючим» порталом

Будь-яка конструктивна форма споруди визначає в кожному конкретному випадку вибір методу його монтажу. Але вибір оптимального методу монтажу не може бути об'єктивно здійснений без строгого наукового обґрунтування його кінематичної схеми.

Розглядаючи схему монтажу баштового споруди методом «падаючого» порталу з точки зору взаємодії всіх складових її елементів, можна вивести певну залежність між параметрами основних конструкцій: «вежа-портал».

Цей спосіб підйому заснований на роботі чотириланкова механізму з одним змінним за величиною ланкою, при цьому кінематична схема утворює замкнутий контур сил, в якому всі сили внутрішні, за винятком сил в ходових нитках вантажних поліспадах, що йдуть на лебідки [14].

Розроблені на цей момент різні вказівки і рекомендації щодо застосування такого способу монтажу охоплюють лише вузьку сферу можливого його застосування. У цих документах відсутні відомості за основним моменту підйому - від відриву споруди від землі до нестійкої рівноваги його, що призводить до приблизною оцінкою всіх етапів монтажу,

інтуїтивно-безпідставного підбору оптимальних розмірів такелажних засобів і конструктивних характеристик монтажних пристосувань.

Таким чином, ставиться завдання визначення оптимальних параметрів даної системи (рис. 2.4.).

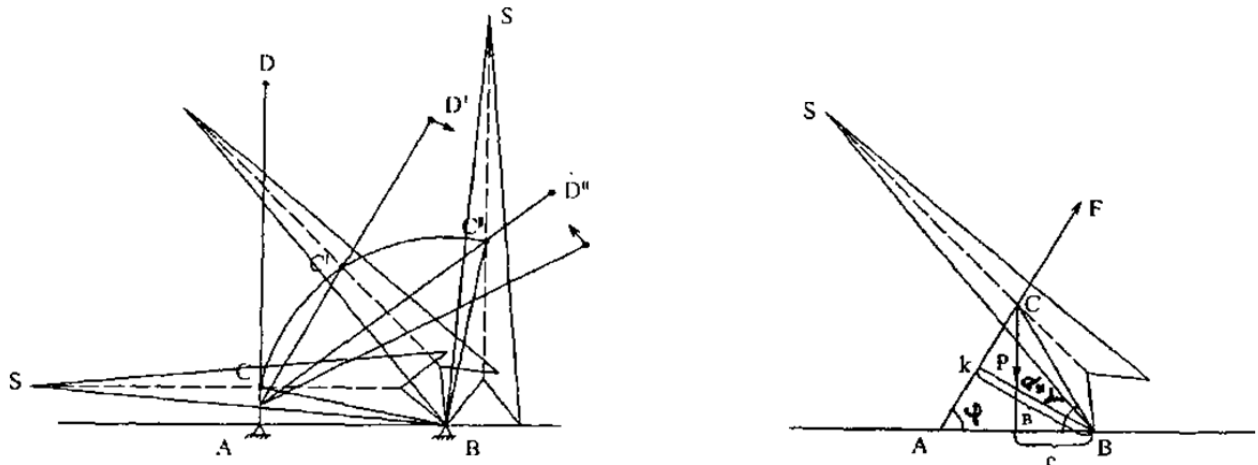


Рисунок 2.4 – Схема роботи чотириланкового механізму

Для визначення шуканих величин BM і AB_1 , розглянемо кінематичну схему підйому в прямокутній системі координат (рис. 2.5).

Згодом, працездатність цієї схеми знайшла своє підтвердження в спеціально виготовленій, діючій моделі (рис.2.6)

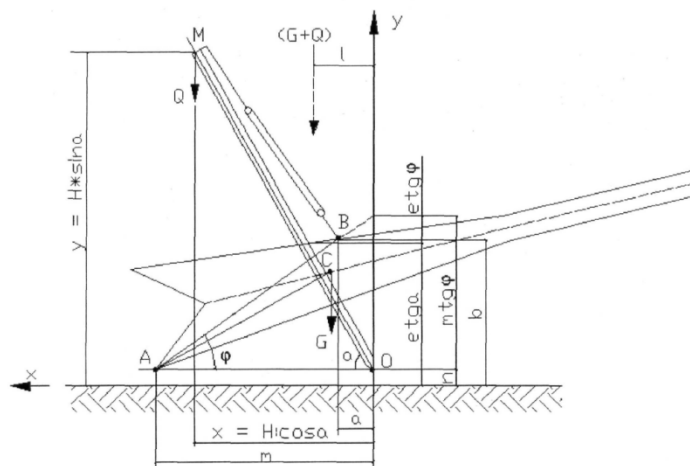


Рис.2.5 - Кінематична схема підйому баштового споруди

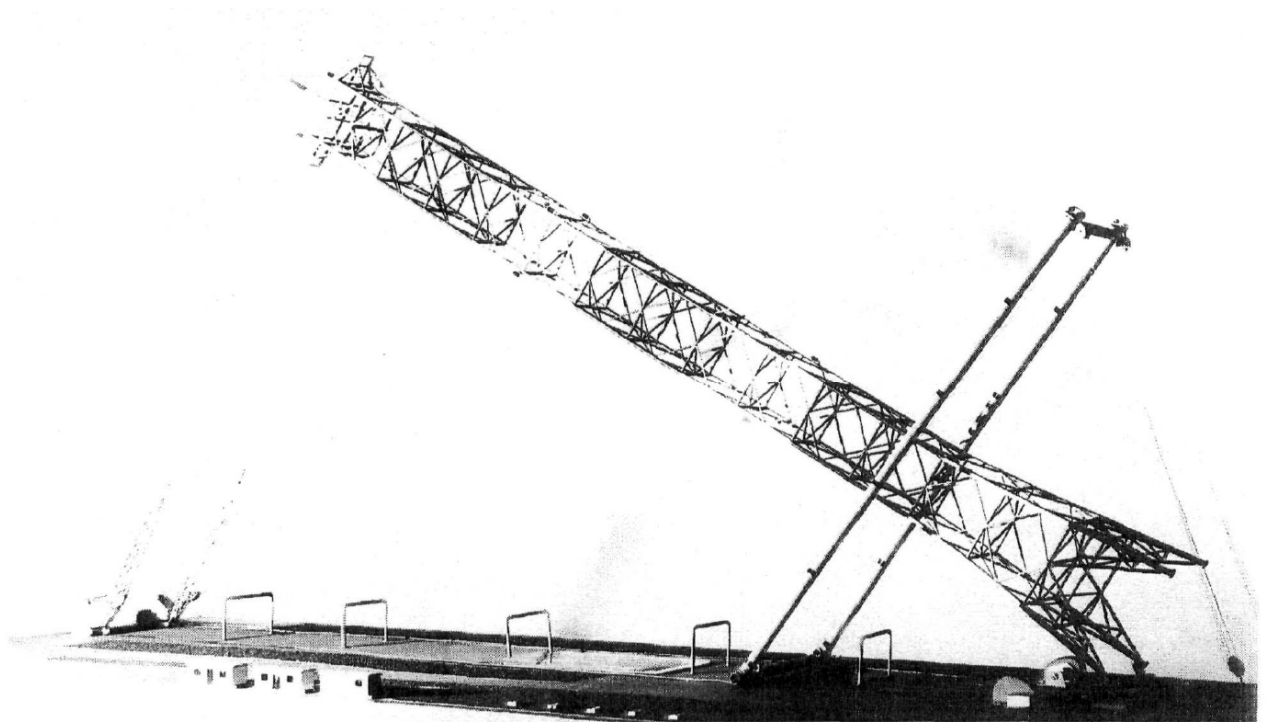


Рисунок 2.6 – Демонстраційна модель кінематичної схеми

2.6 Алгоритм визначення параметрів монтажно-такелажного оснащення, виконаний на основі математичного моделювання

Баштові споруди, що відносяться до розряду висотних вертикальних конструкцій, монтують, як правило, нарощуванням за допомогою самопідйомних вантажопідйомних механізмів, підрощуванням і в повнозбірних вигляді поворотом навколо монтажних шарнірів.

Поряд з певними перевагами кожного з них, слід відзначити такі недоліки, як:

- для способу нарощуванням - значний обсяг малопродуктивних і небезпечних верхолазних робіт;

- метод підрощування вимагає пристрою потужного монтажного обладнання для утримання монтируемого споруди навісу і забезпечення сприйняття вітрових навантажень;

- при методі монтажу в повнозбірних вигляді потрібна значна металоємність монтажно-такелажного оснащення.

Віддаючи перевагу методам монтажу споруд в повнозбірних вигляді, як найбільш безпечним з точки зору значного зниження обсягу верхолазних робіт, незважаючи на наявний практичний досвід їх реалізації, до теперішнього часу відсутня чітка регламентація за вибором схем підйому їх в залежності від конкретних параметрів монтуються. Крім того, відсутня економічно обгрунтоване розмежування областей застосування методів монтажу та рекомендації щодо вибору параметрів монтажно-такелажного оснащення, а також оптимальному розташуванню її для кожного конкретного методу.

Це в повній мірі стосується і методу монтажу баштових споруд в повнозбірних вигляді «падаючим» порталом, що передбачає ресурсосберегаючу технологію ведення будівельно-монтажних робіт.

Обсяг робіт за розрахунком можливих варіантів тільки по одному з методів настільки великий, що виконати його вручну аналітично не представляється можливим [11, 17].

Для вирішення поставленого завдання була складена математична модель підйому споруди, відповідно до прийнятої кінематичною схемою, яка дозволила визначити зусилля в монтажно-такелажної оснащенні в процесі установки конструкції в проектне положення на будь-якому з етапів підйому, отримати вихідні дані для подальшого проведення розрахунків і проведення підбору необхідних конструктивних рішень монтажних пристосувань і такелажу.

Для математичного моделювання була прийнята вежа Н-75,2м, що представляє собою просторову стрижневу конструкцію у вигляді чотиригранної

усіченої піраміди до відм. 56,0м і у вигляді чотиригранної призми між відм. 56,0 і 75,2м.

Базові розміри вежі: на відм. 0,000м - 10000мм, на відм. 56,000м і вище - 2000мм

Всі конструктивні елементи вежі (пояса, розпірки, розкоси, шпренгелів) виконані з труб.

Горизонтальні елементи жорсткості (діафрагми) розташовані на відм. 8,000, 24,000, 38,000, 56,000 і 72,000м також виконані з труб. Крім того, на відм. 65,000 і 72,000м передбачені технологічні майданчики.

З'єднання елементів решітки з поясами і між собою здійснюється на зварюванні. З'єднання поясів вежі між собою - фланцеве на високоміцних болтах.

При розробці математичної моделі підйому була складена методика визначення оптимальних (за умовою мінімізації маси і вартості) параметрів монтажно-такелажного оснащення, розрахованої на різні умови роботи, виявлено функціональні залежності, що дозволяють по розрахунковим значенням площі поперечного перерізу і мінімального радіуса інерції підбирати профілі металоконструкцій по сортаменту. Це дозволило закладати в розрахунок реальні конструкції, що відповідають всім нормативним вимогам.

Крім того, визначені геометричні і силові обмеження, що накладаються на кожен варіант поєднання елементів монтажно-такелажного оснащення, для виключення недоцільних.

Розроблено також алгоритм і програма, що дозволяють визначати параметри необхідної монтажно-такелажного оснащення і оптимальні місця їх установки і закріплення, що складе основу для розробки проекту виконання робіт по монтажу конкретного баштового споруди в повнозбірних вигляді «падаючим» порталом (рис.2.8.).

Вихідними даними для складання блок-схеми алгоритму визначення параметрів монтажно-такелажного оснащення при застосуванні методу

монтажу баштових споруд «падаючим» порталом з'явилася розрахункова схема, що демонструє взаємодію всіх її складових елементів (рис.2.7.).

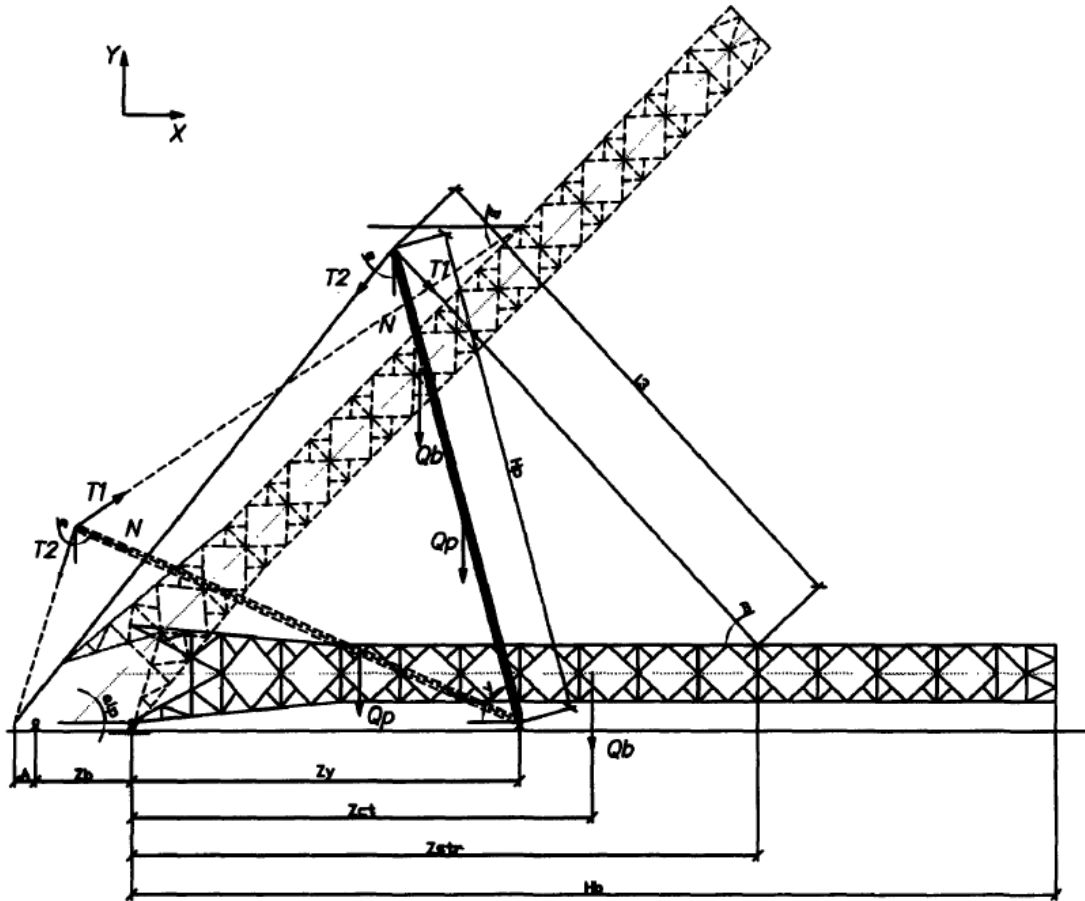


Рисунок 2.7 – Розрахункова схема алгоритму моделювання

Всі пункти блок-схеми відповідають пунктам алгоритму

1. Введення вихідних даних параметрів устаткування, що монтується споруди, де: H_b -висота споруди; G_b -маса споруди; z_{c1} -становище центру ваги споруди; z_B -база споруди; A -величина технологічного запасу для укладання portalу при установці споруди у вертикальне положення (зазвичай $> 2m$); α_1 -кут нахилу споруди до горизонту; K відношення висоти portalу до положення центру ваги споруди.

2. Розрахунок основних параметрів portalу: H_p -висота portalу; Z_y -відстань від шарніра повороту споруди до місця установки portalу; Z_{str} -место положення вузла стропування; B_3 -довжина підйомного поліспада.

3. Висновок даних, отриманих в пункті 2.

4. Підготовка до процедури визначення геометричного положення portalу на площині, з визначенням вихідних даних і точності.

5. Процедура обчислення координат x, y на площині.

6. Перевірка геометричного місця точок положення x, y portalу.

7. Обчислення косинусів і синусів кутів: U -у го л нахилу portalу до горизонту; B - кут між горизонтом і прямої, що проходить через точку стропування споруди і верхню точку portalу; E -кут між вертикаллю і прямої, що утворює тяговий поліспад.

8. Висновок необхідного радіуса інерції, необхідного для прийняття перетину portalу з розрахунку граничної гнучкості ($A = 180$).

9. Введення маси одного погонного метра portalу довільного перетину, що задовольняє вимозі пункту 8.

10. Розрахунок маси portalу і відносини положення по висоті центра ваги portalу

11. Підготовка даних і розрахунок зусилля в підйомній тязі T_1 .

12. Підготовка даних і розрахунок зусилля в тяговому поліспаді T_2 .

13. Розрахунок опорних реакцій в порталі та визначення поздовжньої сили в порталі N .

14. Висновок отриманих зусиль в підйомній тязі T_1 , тяговому поліспаді T_2 , поздовжньої сили в порталі N і маси portalу $Z > p$.

З метою оптимізації визначення зусиль, зазначених у п. 14, були побудовані графіки їх залежності від кута підйому, що монтується споруди (рис. 2.8).

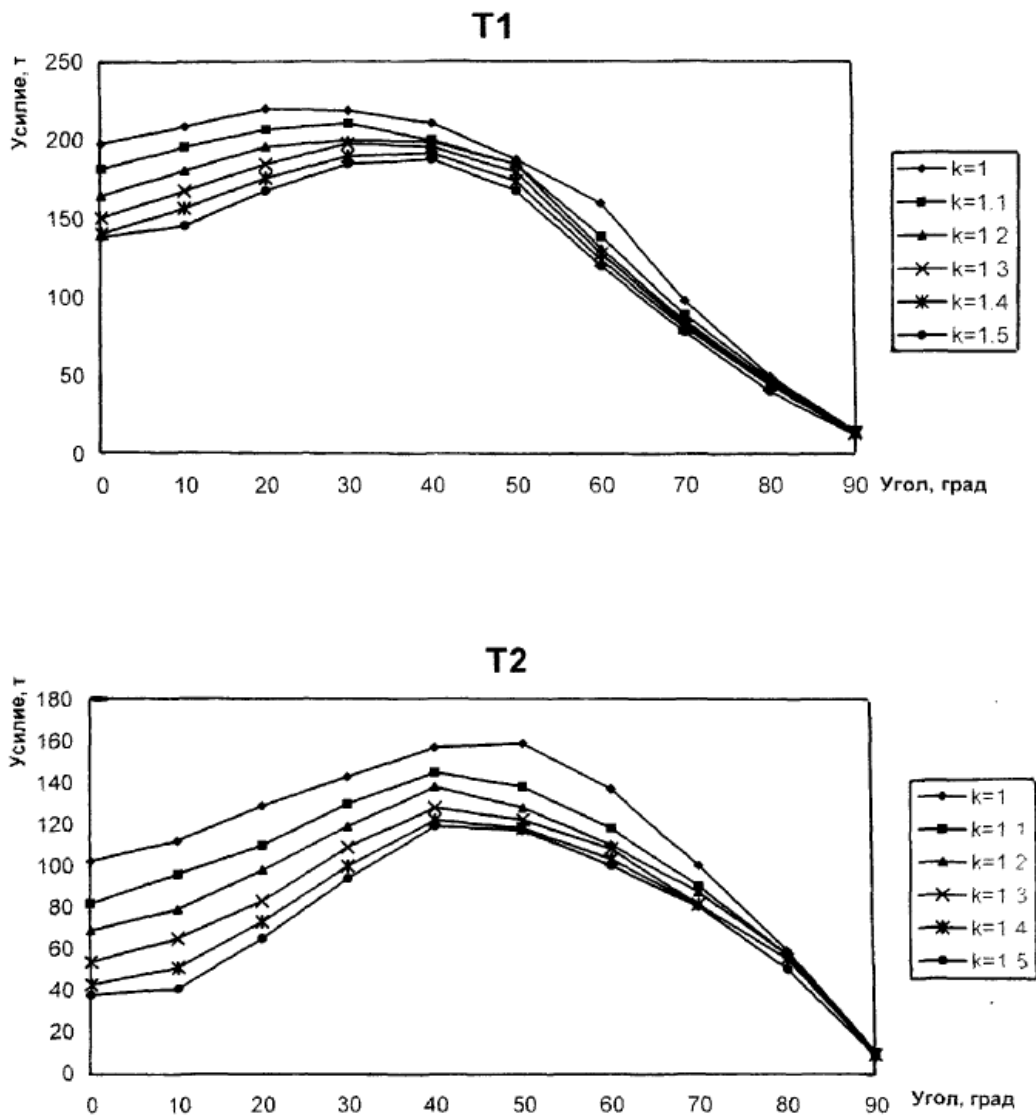


Рисунок 2.8 – Зусилля в монтажно-такелажному оснащенні

Завдяки розробленій програмі з'явилася можливість оперативно визначати зусилля в такелажній оснащенні, за якими підбираються діаметри канатів для підйомних тяг і тягових поліспастів.

Аналіз отриманих даних дозволяє також зробити висновок про досить складній залежності вартості монтажно-такелажного оснащення від технічних характеристик всіх її елементів.

Таким чином, знаючи масу що піднімається споруди, відстань від центру ваги до його заснування (бази) і ширину підстави, можна побудувати

номограми для визначення всіх необхідних параметрів схеми монтажу. Відповідно, оптимізація схеми монтажу тягне за собою і оптимізацію монтажно-такелажного оснащення [5, 8].

Монтажної практикою встановлено [19], що за рахунок раціонально обгрунтованого розташування монтажно-такелажного оснащення і оптимального призначення її параметрів можливе отримання: економії металу і канатної продукції на 15-25%; зниження трудомісткості монтажних робіт на 5-8%; зниження вартості монтажу 1т металоконструкцій зводяться споруд і монтажних пристосувань на 8-10%.

3 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ СПОРУДИ ТА МОНТАЖНО-ТАКЕЛАЖНОГО ОСНАЩЕННЯ

3.1 Інженерне моделювання роботи конструкцій на монтажні навантаження

З огляду на, що для розрахунку стрижневих просторових систем, якими є споруди баштового типу, відсутні досить обгрунтовані теоретичні рішення, особливо з точки зору їх роботи на монтажні навантаження, виникає необхідність проведення цілеспрямованих експериментальних досліджень для визначення напруженого стану конструкцій і відповідно, несучої здатності. Виходячи з технічних і економічних переваг значна кількість подібних досліджень доцільно проводити на моделях, в залежності від конкретного завдання дослідження, виконаних у відповідних масштабах. Такі дослідження дозволяють проводити їх більш глибоко, незалежно від функціональної діяльності будівельно-монтажних виробництва.

Перевагою методу моделювання є також можливість узагальнення дослідів з моделями і поширення отриманих результатів не тільки на один модельований натурний зразок, але і на цілу групу аналогічних споруд. Практика зіставлення даних експериментальних досліджень з результатами теоретичного розрахунку просторових систем, якими є металеві баштові споруди, показує, що ступінь похибки в показаннях становить + 2,5%, що цілком влаштовує інженерну діяльність. Крім того, попереднє вивчення роботи модельованих конструкцій на зовнішні впливи дозволяє вибрати оптимальне рішення і, в кінцевому рахунку, досягти економії в будівництві на 5-10% [19].

Успішне вирішення завдань за допомогою моделювання може бути досягнуто, якщо дослідження будуть поставлені на суворій науковій основі, якою є теорія подібності.

Засновником наукової теорії моделювання по праву можна вважати І. П. Кулібіна, який перший провів випробування моделі конструкцій аروحного моста і цим підтвердив великі можливості дослідної перевірки міцності споруди. Великий внесок у техніку моделювання і відповідно, в теорію подібності внесли вітчизняні вчені, серед яких слід відзначити В.І.Кірпічева, в ряді робіт якого були виведені умови, яким повинні відповідати сили, прикладені до геометрично подібним тілам, щоб внутрішня напруга їх дорівнювали або подібні [26]. Проведені роботи сприяли подальшому проникненню методів моделювання в область будівництва. Так, свого часу експериментальні дослідження на моделях споруд просторових систем були проведені науково-дослідним сектором Санкт-Петербурзького державного архітектурно-будівельного університету на замовлення «Теплоэлектропроект».

У завдання досліджень входило визначення методу розрахунку порталних опор ліній електропередач з просторовими призматическими гратчастими стійками, що мають зміщені на половину панелі вузли решіток в суміжних гранях. Дослідження проводилися на основі зіставлення теоретичних розрахунків з даними експериментів на моделях стійок в 1/4 натуральної величини, в результаті чого були отримані значення коефіцієнтів наведених довжин стрижнів поясів стійок. Ці та дослідження подібні до них проводилися в основному, при впливі на спорудження статичних, або динамічних навантажень.

Дослідженням роботи висотних споруд на монтажні навантаження до теперішнього часу практично не приділялося належної уваги, за винятком проведених робіт [24], в яких знайшло відображення в основному, дослідження роботи конструкцій витяжних веж при зведенні їх методом підрощування.

У зв'язку з цим, становить значний інтерес проведення подібної роботи з антенним баштовим спорудою з метою виявлення відповідності його конструктивної форми прийнятої і апробованої неодноразово на практиці технології монтажу (методом «падаючого» порталу).

В якості досліджуваного споруди була прийнята конструкція телевежі висотою 75м під антену ТРСА-100 (проект Дніпропетровської філії ЦНДІ квадратного перетину з базою біля основи 10х10м, до позначки 57,750м - пірамідальна частина, вище, до позначки 75,000м – призматична частина.

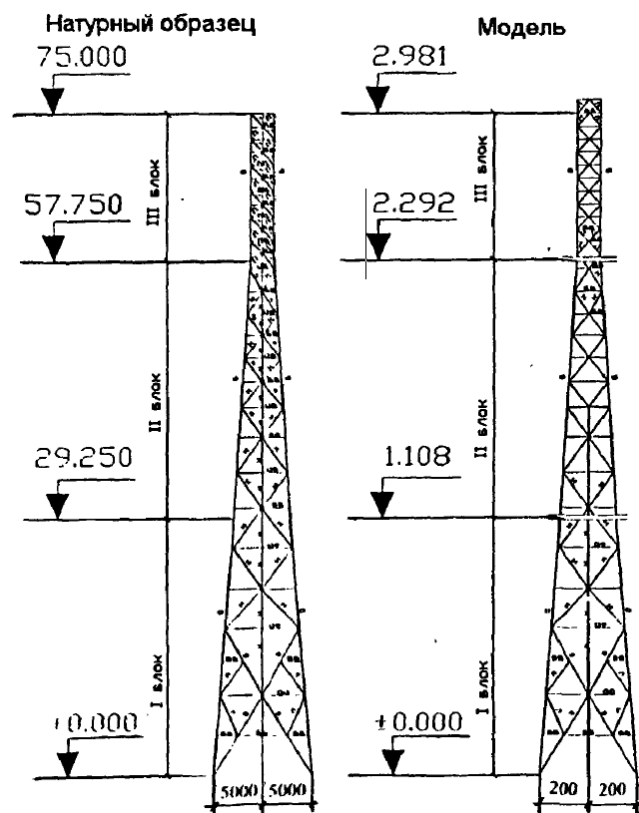


Рисунок 3.1 – Схеми натурального зразка та моделі башти Н=75 м

Для проведення лабораторних досліджень споруди, в заводських умовах була виготовлена модель цієї споруди в геометричному масштабі 1:25 з дотриманням критеріїв механічного подібності (рис. 3.2.).

Вибір геометричного масштабу моделі був продиктований умовою транспортабельності і збірки її вручну на стенді в закритому приміщенні. Беручи до уваги, що матеріал натурального зразка і моделі споруди однаковий, при

зміні геометричних розмірів в $n = 25$ разів, власна маса моделі зменшилася в $P_3 = 15625$ раз, а сумарна площа перетину в $n = 625$ раз, тобто основна умова подібності було витримано [5].

При підборі перетинів елементів моделі було поставлено основна вимога - можливість перекладу зусиль і напружень в моделі на натурний зразок башти за допомогою наступних коефіцієнтів:

$K_s =$

- перекладної коефіцієнт на масу конструкцій натурного

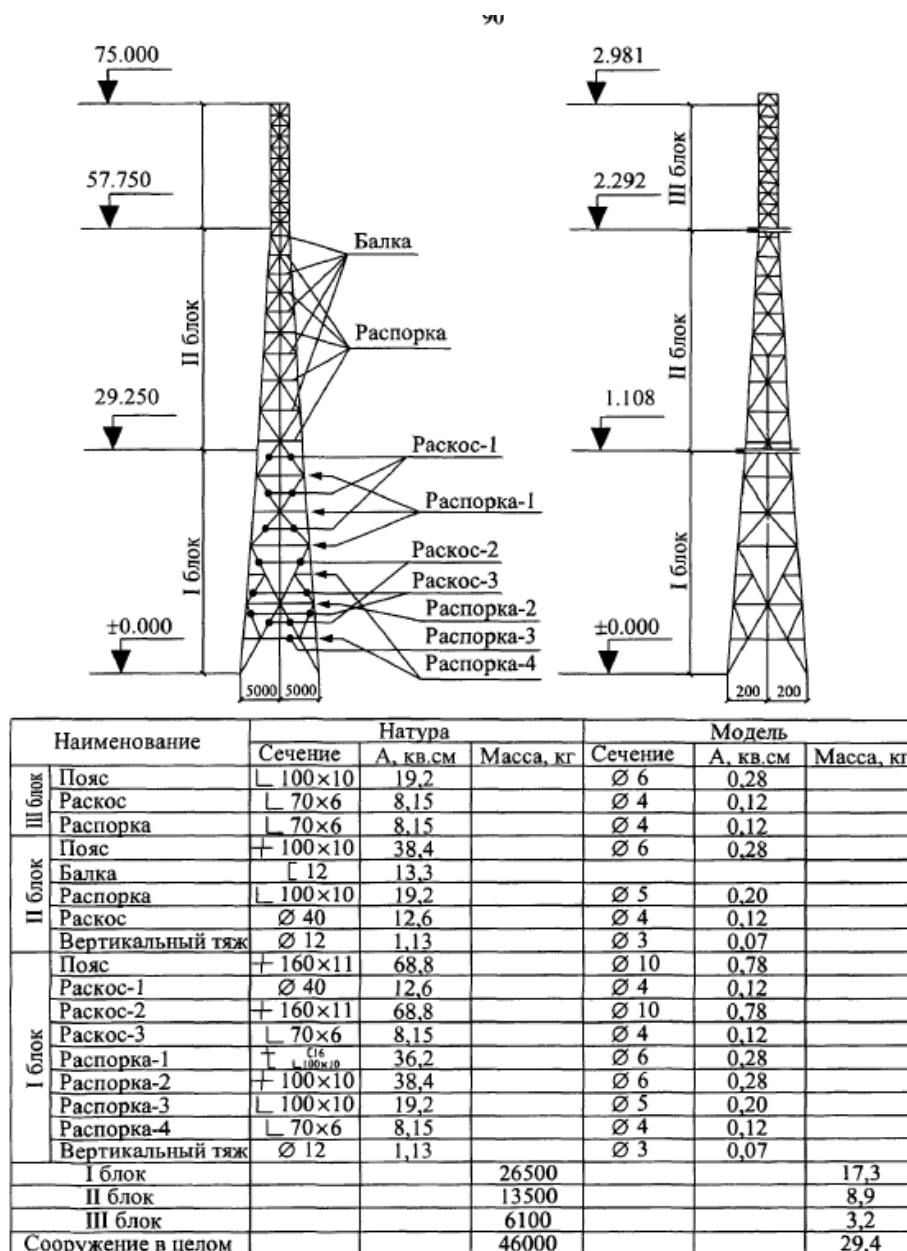


Рисунок 3.2 – Параметри натурного зразка та моделі

зразка і моделі, де $<3N$ і $<3M$ - відповідно, маса їх конструкцій;

$K_2 =$

перекладної коефіцієнт на жорсткість конструкцій натурального

зразка і моделі, де f_n і f_m - відповідно, їх наведені коефіцієнти подовжнього вигину;

- перекладної коефіцієнт на площу перетинів елементів

натурного зразка і моделі, де B_n і B_m - відповідно, їх площі перетинів.

Дані коефіцієнти дієві за умови дотримання масштабності в геометричній схемою натурі і моделі, розташування їх центрів тяжкості і масштабності в схеми завантаження монтажними навантаженнями (при дотриманні принципу кінематичного подоби). Останній фактор передбачає пропорційність швидкостей рухомих точок в кінематичній схемі підйому натурального зразка і моделі.

У тому ж геометричному масштабі був виконаний і монтажний портал (як основне монтажне засіб).

Вирішуючи питання моделювання елементів такелажного оснащення (канати,

блоки, лебідки), переслідувалася мета збереження необхідних механічних властивостей, що забезпечують збереження характеру розподілу зусиль і деформацій в модельованих елементах, подібних натурних зразків.

Таким чином, як сама модель вежі, так і в цілому принципова схема підйому її здійснені на основі основних принципів подібності, що дає можливість визначити зусилля у відповідному елементі натурального зразка від впливу монтажних навантажень при відомому зусиллі в тому ж елементі моделі на певному етапі монтажу.

В основі вирішення конкретного завдання визначення напруженого стану моделі вежі від дії монтажних навантажень лежать принципи і \wedge положення загальної теорії подібності, а також приватні умови, що визначають

подобу окремих конструктивних елементів [21].

Дві системи називають подібними, якщо їх будь-які дві відповідні узагальнені координати для будь-яких подібних моментів часу (подібних точок простору) пропорційні, тобто, дві системи подібні, якщо $q_n^1 = g C_i q_n^m$ (q_n^1 , де $\wedge = \text{сопз1}$; $1: " = \text{ім}$,

$= \text{Сопз1} \therefore \wedge I 1: m$ - подібні моменти часу (точки простору)

Таким чином, знаючи поведінку однієї системи (моделі), можна знати і \wedge то, як буде вести себе інша система (натурний зразок).

Згідно з теоремою Кирпичева-Гухман визначальними критеріями подібності є критерії, складені з величин, що входять в умови однозначності розглянутої задачі (з визначальних параметрів) [16].

Вхідні в критерії подібності (3.1) величини являють собою відповідні параметри конструкції моделі та природи.

Отримані критерії подібності дозволяють встановити зв'язок між коефіцієнтами подібності (масштабами) величин, що характеризують досліджувану конструкцію.

При цьому якщо забезпечено числове рівність у природі і моделі відповідних визначальних критеріїв подібності, тобто витримані співвідношення між масштабами (в нашому випадку, як це було зазначено

вище, такий факт має місце), шукані величини моделюються в наступних масштабах:

3.2 Методика експериментальних досліджень моделі баштового антенного споруди на монтажні навантаження

Одним з ефективних шляхів подальшого вдосконалення методики і техніки моделювання є поєднання фізичного і математичного моделювання з

застосуванням інформаційних комп'ютерних технологій. Умовою для досягнення основної мети моделювання, поставленої в даній роботі, є обґрунтування кінематичної схеми підйому споруди, представленої в розділі 2.

Проведення досліджень передбачає виконання завдань, які передбачають визначення раціональної кінематичної схеми> підйому і напруженого стану споруди від дії монтажних

навантажень, підтвердження розрахункових передумов працездатності монтажних пристроїв та такелажного оснащення, перевірка розрахункового алгоритму і виконання техніко-економічного аналізу конструктивнокомпоновочного рішення, відповідного методу його монтажу.

Безпосередньо для можливості проведення експериментальних м досліджень була проведена підготовча робота, в яку входила

наклейка тензорезисторів на конструкції моделей випробуваного антенного баштового споруди та порталу (основного монтажного пристосування) відповідно до прийнятих схемами випробувальних установок і з дотриманням певної технології, установка прогиномірів, закріплення механічних тензометрів, запасовка поліспасти і, нарешті, ^ попереднє випробування всієї системи підйому моделі (рис.3.3.).

З огляду на те, що значний інтерес на всіх етапах монтажу баштового споруди являє собою розподіл зусиль в канаті, що є сполучною ланкою для «вежі-порталу», було приділено особливу увагу призначенням каната для модельованої схеми монтажу. Завданням пошуку був прийнятий сталевий канат діаметром 2 мм хрестової звивання $6 \times 7 + 1$, подібний натурному сталевому канату діаметром 21,5мм типу ТЛК- 0 конструкції $6 \times 37 + 1$. Для визначення розривного зусилля модельованих

і, канат піддався випробуванню на розривній машині Р-5, вантажопідйомністю 5Н, причому середнє значення зусилля, при якому стався розрив каната, склало 280кг.

З огляду на, що розривне зусилля каната Y одно $0,83Y$, (сумарного розривного зусилля всіх дротів каната), розрахунковий межа міцності дроту, з яких складається канат, при розтягуванні складає 80 кг / мм .

Таким чином, отримуємо механічні характеристики змодельованого каната в зіставленні з аналогічними натурального каната, відмічені в табл. 3.1

Так як ставилося завдання визначення натягу каната на всіх етапах підйому змодельованої вежі індикатором натягу ІН-11, була проведена його тарировка шляхом послідовного навантаження каната діаметром 2 мм еталонними вантажами, в результаті чого була виконана тарировочная діаграма.

Для дотримання одного з принципів теорії подібності, що стосується певного співвідношення маси моделі і натурі вежі і з огляду на те, що при виготовленні була в цілому зменшена маса моделі, для можливості витримки зазначеного співвідношення, до початку проведення експериментальних досліджень був проведений додатковий привантажувач (до, пропорційно розподілений по центрам тяжкості окремих частин моделі споруди. Відповідно, привантажувач для Б1 склав $s_1 = 5,5 \text{ кг}$, для Б2 - $s_2 = 2,8 \text{ кг}$, для Б3 - $s_3 = 1,2 \text{ кг}$.

Одним з важливих етапів підготовчої роботи перед початком проведення досліджень з'явився збір і отримання вихідних параметрів всіх складових елементів, що входять в кінематичну схему підйому.

Для дослідження напружено-деформованого стану моделі вежі та порталу була проведена робота по встановленню дротяних датчиків опору (тензодатчики). Всього було наклеєно 108 тензодатчиків типу 2ПКБ-5-50ГВ т.ч. 84 - на моделі вежі і 24 - на моделі порталу.

Зняття показань деформацій в цікавляться точках проводилося за допомогою автоматичного вимірювача АІ-1.

Крім дротяних датчиків опору для контролю і зіставлення окремих величин деформацій на підставі прийнятої> схеми випробувальної установки

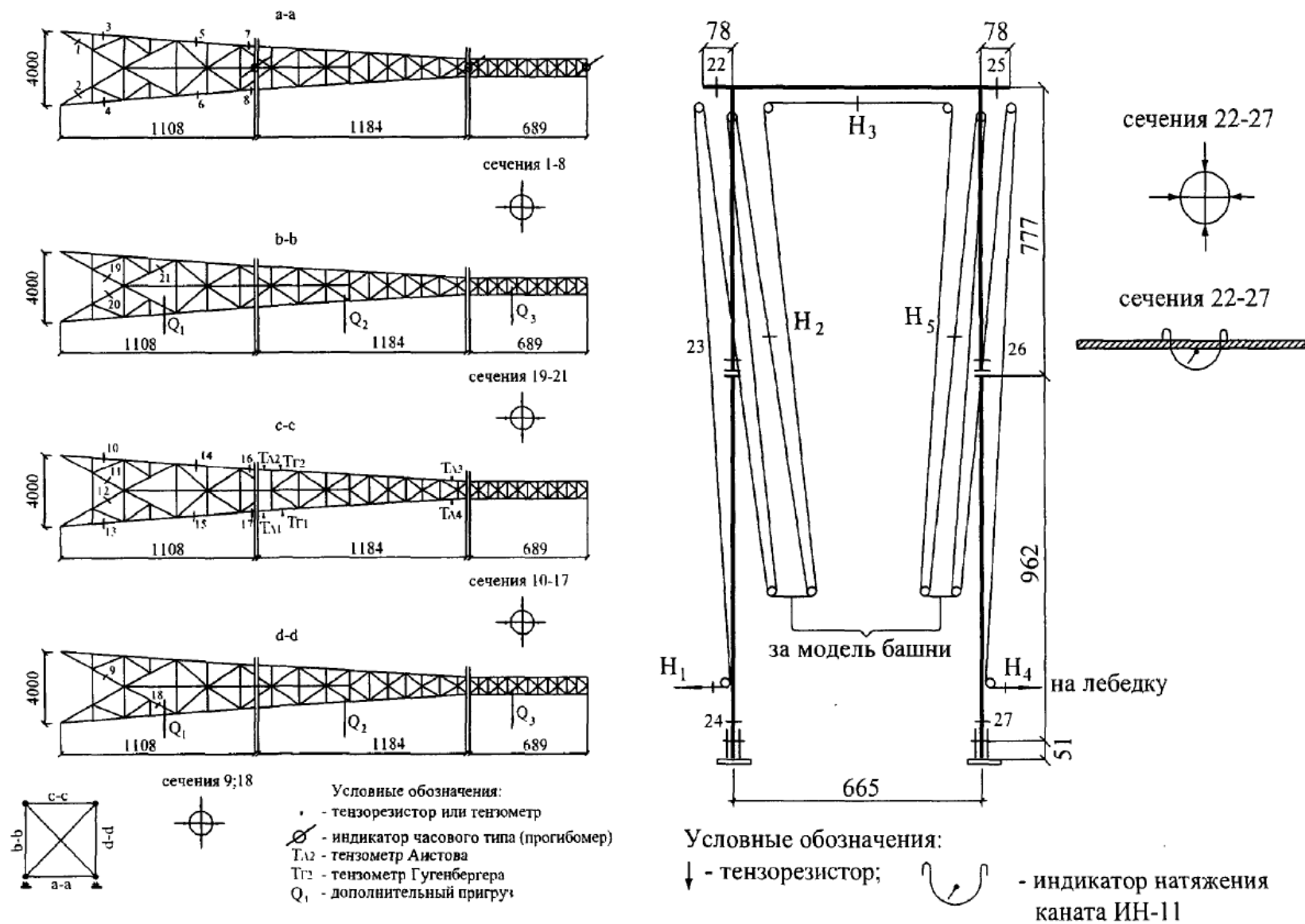


Рисунок 3.3 – Схемы установок моделей башни та порталу

моделі вежі були встановлені і механічні тензометри системи Аїстова і системи Гугенбергера /

Для визначення прогинів моделі вежі в початковий момент підйому були встановлені індикатори годинникового типу (прогиноміри) у оголовка башти і під стиком між другим і третім блоком.

Таким чином, відповідно до поставленої мети дослідження було здійснено:

- а) вимір деформацій моделей вежі та порталу;
- б) визначення кутів підйому моделі вежі та порталу на всіх етапах монтажу;
- в) визначення прогинів моделі вежі;
- г) визначення натягів каната на всіх етапах монтажу.

Визначення зазначених параметрів проводилось за наступними етапами:

- 1 етап - стан спокою;
- * 2 етап - відрив порталу;
- 3 етап - відрив вежі;
- 4 етап - проміжне положення підйому вежі;
- 5 етап - положення нестійкої рівноваги.

Для імітації зростання зусиль в елементах моделі вежі та порталу здійснювався додатковий привантажувач 2 ($\sim \text{£ } \{$, потім 3 ($\}$); також пропорційно розподілений по центрам тяжкості складових частин моделі вежі.

У процесі проведення експерименту проводилося регулярне вимірювання зусиль в змодельованій канаті залежно від кута нахилу порталу, а також перевірялася рівномірність натягу його в поліспастової системі (рис.3.4.)

Основні моменти проведення випробування на моделі демонструють рис.3.5. ... 3.10.

Крім вищевідзначене моделі, для подальшого опрацювання технології монтажу та визначення характеру роботи необхідної монтажно-такелажного

оснащення було проведено також випробування крупноразмерной моделі чотиригранної вежі висотою 120 м.

Вежа має перелом поясів на відм. 44.7м, з розмірами бази 18x18м., На рівні перелому-5,5x5,5м. Решітка опори ромбическая з додатковими шпренгелів. Перетину елементів опори - трубчасті, пару стрижнів решітки з поясами на фасонки. Монтажні з'єднання - фланцеві на болтах.

Масштаб геометричної подоби моделі натурному зразку спорудження був прийнятий 1:10.

Геометрична подібність поперечних перерізів елементів моделі відповідних елементів натурального споруди дотримано по гнучкості стрижнів

Програмою випробувань передбачалося дослідження моделі в процесі підйому, контроль рівномірності роботи поліспастів, а в цілому, перевірка працездатності всіх складових елементів кінематичної схеми монтажу споруди «падаючим» порталом.

Вимірювання напруг (деформацій) в стрижнях опори проводилося тензорезисторами опору типу ПКБ-20x200 тензочувствительності $\delta = 2,0$. Тензорезистори наклеювалися клеєм БФ-2 на ретельно очищену і знежирену поверхню металу і збиралися групами (не більше 16 штук) в коси і кабелями приєднувалися до комутуючого пристрою. Рівномірність завантаження поліспастів, зусилля в тросах контролювалося індикатором натягу ІН-11. Як реєструє апаратури застосовувався електронний вимірювач деформацій з автоматичною балансуванням АІ-2 і комутатор на 100 точок (рис. 3.12. І 3.13.).

Випробування моделі вежі після її монтажу, настройки всієї необхідної монтажно-такелажного оснащення, передбаченої методом монтажу «падаючим» порталом і випробування механізму підйому було проведено при кутах нахилу жене змодельованої опори $\alpha = 0^\circ, 30^\circ, 45^\circ, 60^\circ$ і 90° .

3.3. Результати експериментальних досліджень роботи монтажньо-такелажного оснащення

Ефективність проведених досліджень тим вище, тим точніше отримані результати від дозволу поставлених завдань в зіставленні з теоретичними даними. Можливістю оцінити ефективність моделювання будівельних конструкцій залишається оцінка відносної точності результатів шляхом зіставлення даних, отриманих методом моделювання і теоретичним шляхом, відповідно до розрахункової схемою (рис. 3.16.). Результати випробувань базової моделі вежі Н-75м представлені в табл. 3.2 і 3.3.

За результатами випробувань моделі вежі Н-120м порівняння результатів напруженого стану теоретичних і фактичних в більшості випадків показало, що нормальні напруження близькі до розрахункових. При цьому конструктивний коефіцієнт в переважній більшості близький до одиниці (табл. 3.4). Але для деяких стрижнів відхилення його від одиниці все-таки істотно, так для стержня №1 ферми Ф-1 коефіцієнт $K = 1,08 \dots 1,49$. Це могло бути наслідком того, що в деяких стержнях абсолютні значення напружень (деформацій) малі, тобто близькі до точності реєструє апаратури, а також через те, що при підйомі моделі відбувалося деяке перерозподіл зусиль між несучими фермами споруди (в аналогічному стержні ферми Ф-2 конструктивний коефіцієнт $K = 0,71 \dots 1,1$).

Статистична обробка значень конструктивного коефіцієнта для розглянутих стрижнів дала середнє його значення $K_{CP} = 1,1015$. Середнє квадратичне відхилення величини K , що характеризує її розкид одно $0,244$. З надійністю $p = 0,99$, довірча оцінка дорівнює $0,077$, тобто справжнє значення конструктивного коефіцієнта лежить в межах $1,024 \dots 1,178$.

На особливу увагу заслуговує напружений стан опорних стрижнів (№1,2), для яких характерна нерівномірність розподілу напружень по перерізу. У цих

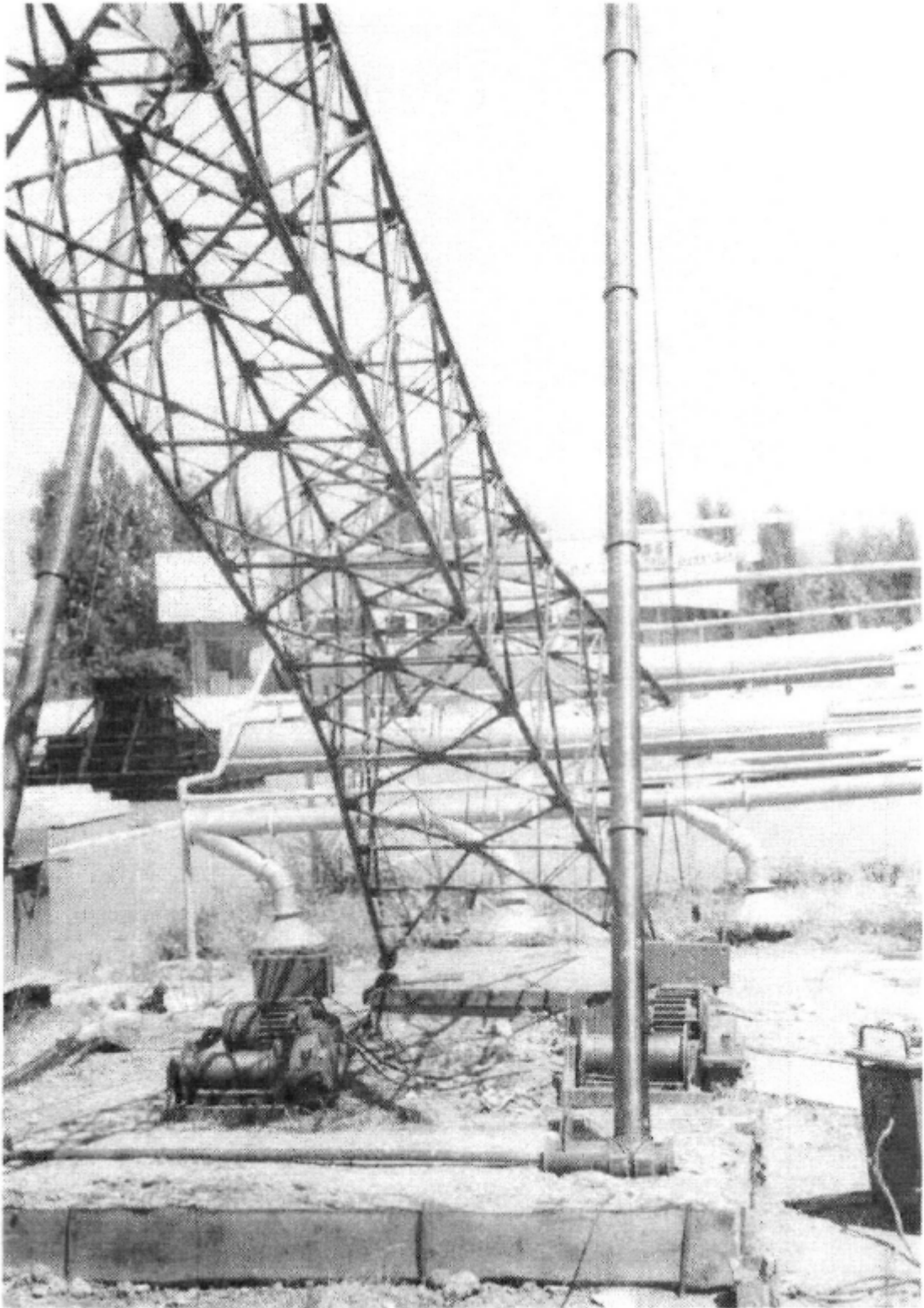


Рисунок 3.5 – Модель башти Н-120 м у процесі дослідження

Визначення зусиль в нитках поліспастів і підйомних тязі при підйомі башти показало, що їх розподіл дуже нерівномірний, що пояснюється

елементах поряд з нормальними напруженнями він від поздовжніх сил виникають нормальні напруження му від згинальних моментів. Поява останніх пояснюється тим, що опорні реакції в опорному вузлі при підйомі башти прикладаються з деяким ексцентриситетом, тому, що поворотні шарніри зміщені з осі опорних вузлів вежі.

недосконалістю виготовлених роликів блоків поліспаств (звідси вплив сил тертя в блоках) і малими величинами зусиль. В подальшому, для збільшення зусиль в тяговій системі випробування проводилося з додатковим додатком вантажу масою 50кг до кінця стовбура баштовій опори, що сприяло рівномірному розподілу зусиль в гнучких нитках такелажної системи.

На основі численних експериментальних досліджень на зазначених моделях, був проведений аналіз кінематики монтажу методом «падаючого» порталу та відповідності їй конструктивної форми баштових споруд.

Вибір кінематичної схеми монтажу споруди методом «падаючого» порталу визначив його порівняння з такими апробованими у виробничій практиці методами, як без'якорний з дотяжки і метод вичавлювання, які передбачають зведення споруд в цілому вигляді поворотом, попередньо зібраних в горизонтальному положенні. При цьому враховувалося ту обставину, що основним монтажним пристосуванням при цьому методі є «падаючий» портал, який визначає зусилля у всій монтажно-такелажної оснащенні. Це знайшло відображення в питанні вибору установки порталу в напрямку перекидального зусилля головних поліспаств, заанкерених за фундамент монтируемого баштового споруди.

Практична доцільність застосування зазначеного методу була підтверджена також при монтажі натурних зразків баштових споруд Н-50м., 82м., 88,7м., Фрагменти якого демонструють рис.3.14. ... 3.19.

3.4 Порівняльний аналіз даних математичного моделювання та експериментальних досліджень

Зіставлення величин напруженого стану в елементах конструкцій баштового споруди при його монтажі методом «падаючого» порталю, отриманих математичним моделюванням підтвердило адекватність їх з даними фізичного моделювання.

Це дає підставу стверджувати про цілком коректних даних, які стали результатом правильно обраної розрахункової схеми роботи конструкцій баштового споруди на монтажні навантаження.

Аналізуючи результати проведеної роботи, слід зазначити:

- максимальні зусилля на портал і вежу діють в початковий момент підйому споруди ($\phi = 0-15^\circ$);

- порівнюючи результати статичного розрахунку і зусилля від монтажної навантаження в поясах вежі (в розкосах і розпідках виникають незначні зусилля), приходимо до висновку, що їх несуча здатність не перевищує граничних значень, і конструкція вежі в основному в посиленні не потребує;

моделі вежі Н-120м

I. T_1, T_2, T_3 -усілія, в тяговому поліспасти, відповідно при

без'якорном методі з дотяжки, при методі «падаючим» порталом і методі вичавлювання.

I. T_4, T_5 -усілія в підйомних тязі, відповідно, при методі

вичавлювання і методі «падаючим» порталом.

III. T_6, T_7, T_8 -усілія в порталі, відповідно, при без'якорном методі з дотяжки, при методі «падаючим» порталом і методі вичавлювання

- місце стропування вежі підйомними тягами (поліспасти) вибираються з умови рівності кутів між напрямком тягових поліспаств і напрямком рівнодіюча від підйомних тяз до очі порталю при установки його в робоче положення;

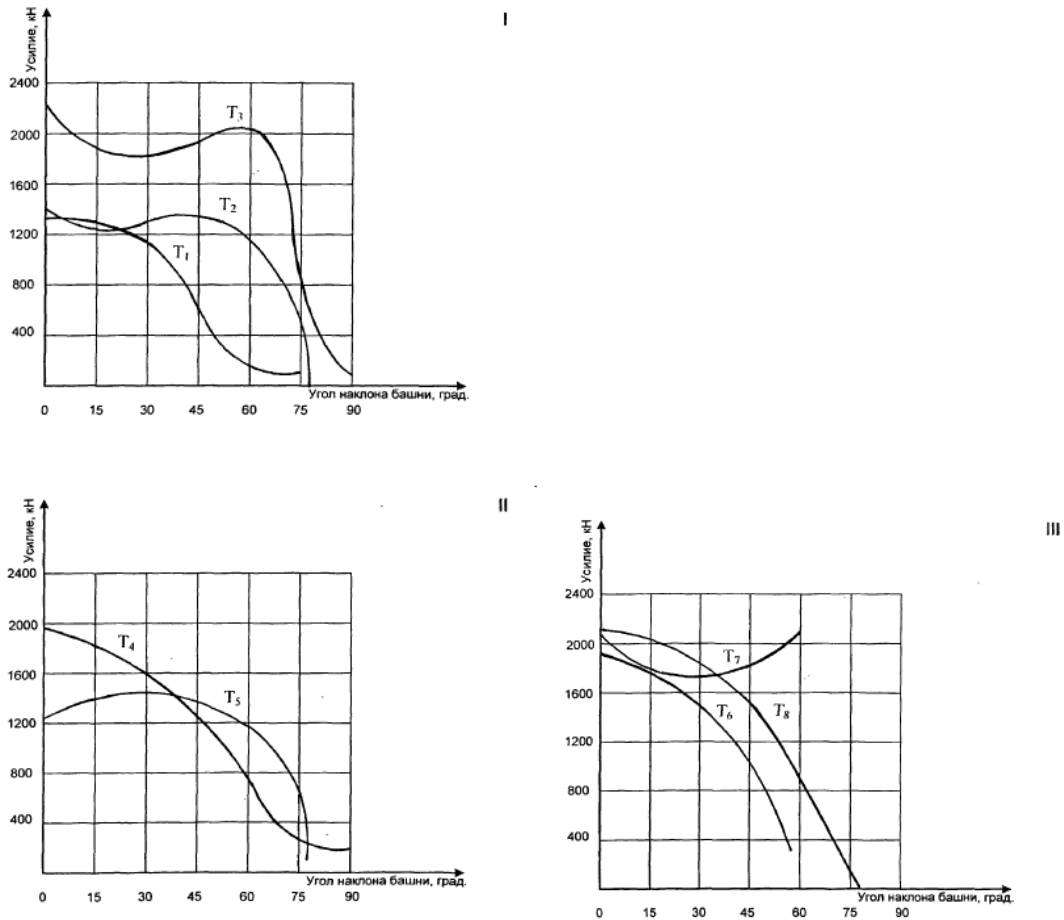


Рисунок 3.6 – Графіки зусиль в монтажній оснастці при монтажі

- у міру наближення вежі до області нестійкої рівноваги зусилля в підйомних тягах і поліспадах різко зменшуються, в цей момент включається в роботу поліспаст гальмівної тяги і вежа встановлюється в проектне положення;

- відмінною рисою методу є те, що силова схема монтажних зусиль замикається на фундаментах вежі, що дозволяє обійтися без спеціальних якорів для тягових поліспастів і електролебідок;

- горизонтальні реакції в шарнірах порталу сприймаються за допомогою гнучких тяг, закріплених до гальмівного Поліспасти при підйомі порталу і до фундаменту вежі при підйомі власне вежі;

- при початковому моменті підйому споруди діє приблизно рівний розподіл зсувних зусиль на обидві пари фундаментів вежі;

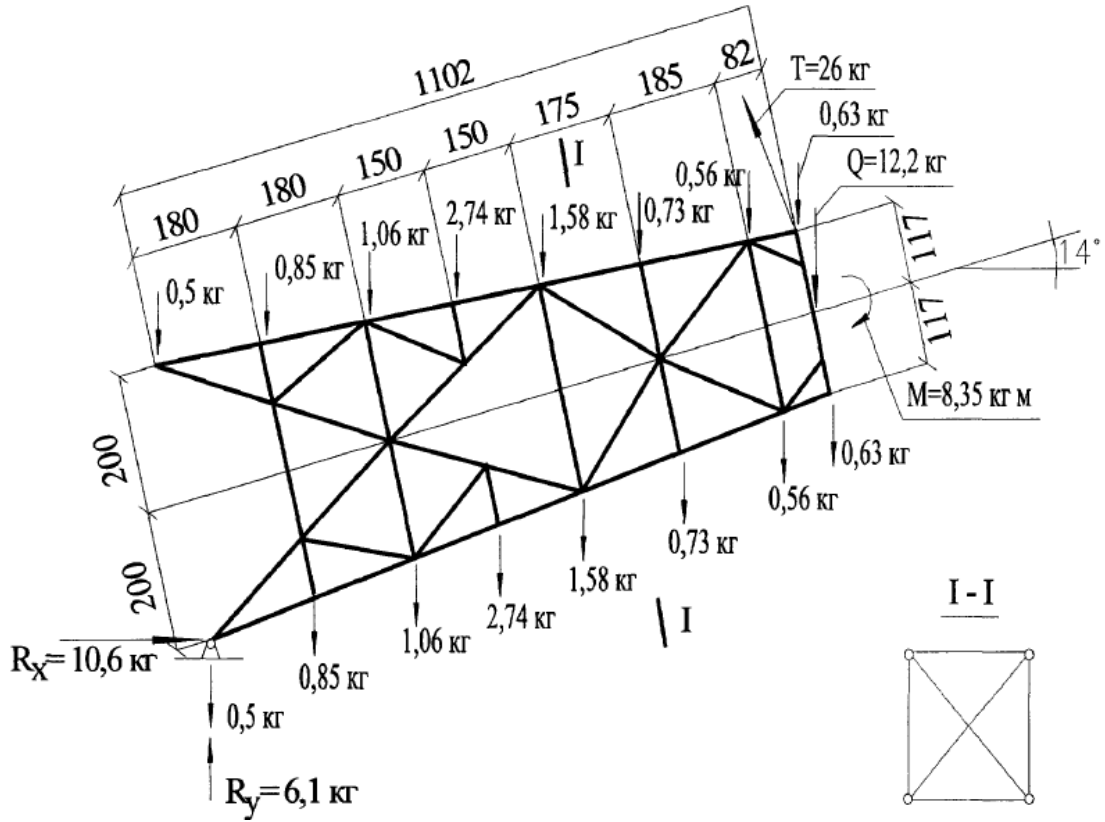


Рисунок 3.7 – Розрахункова схема моделі башти Н=75 м

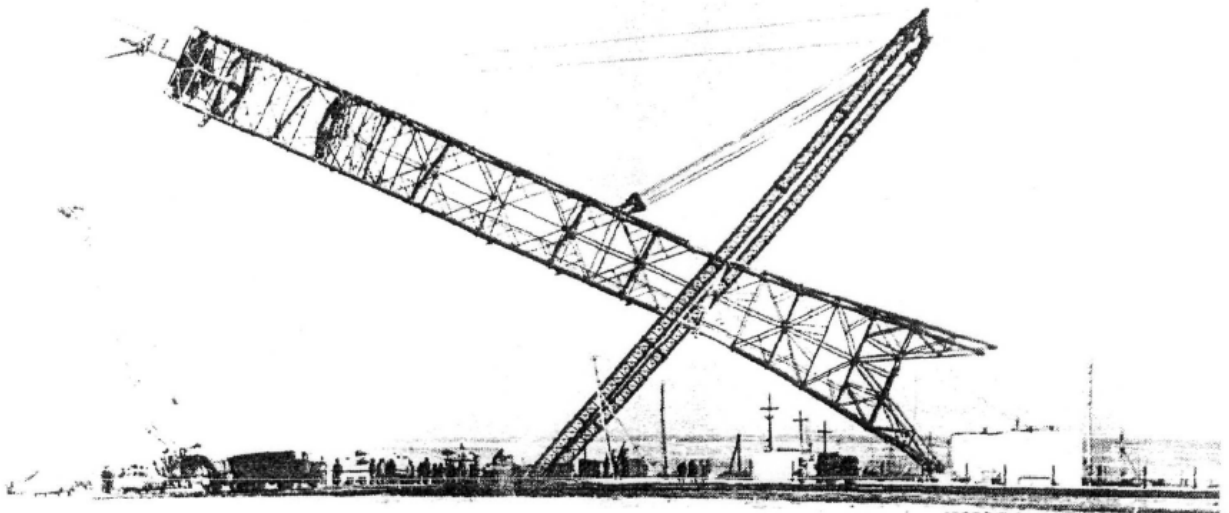


Рисунок 3.8 – Монтаж телевежі Н=88.7 м методом падаючого порталу

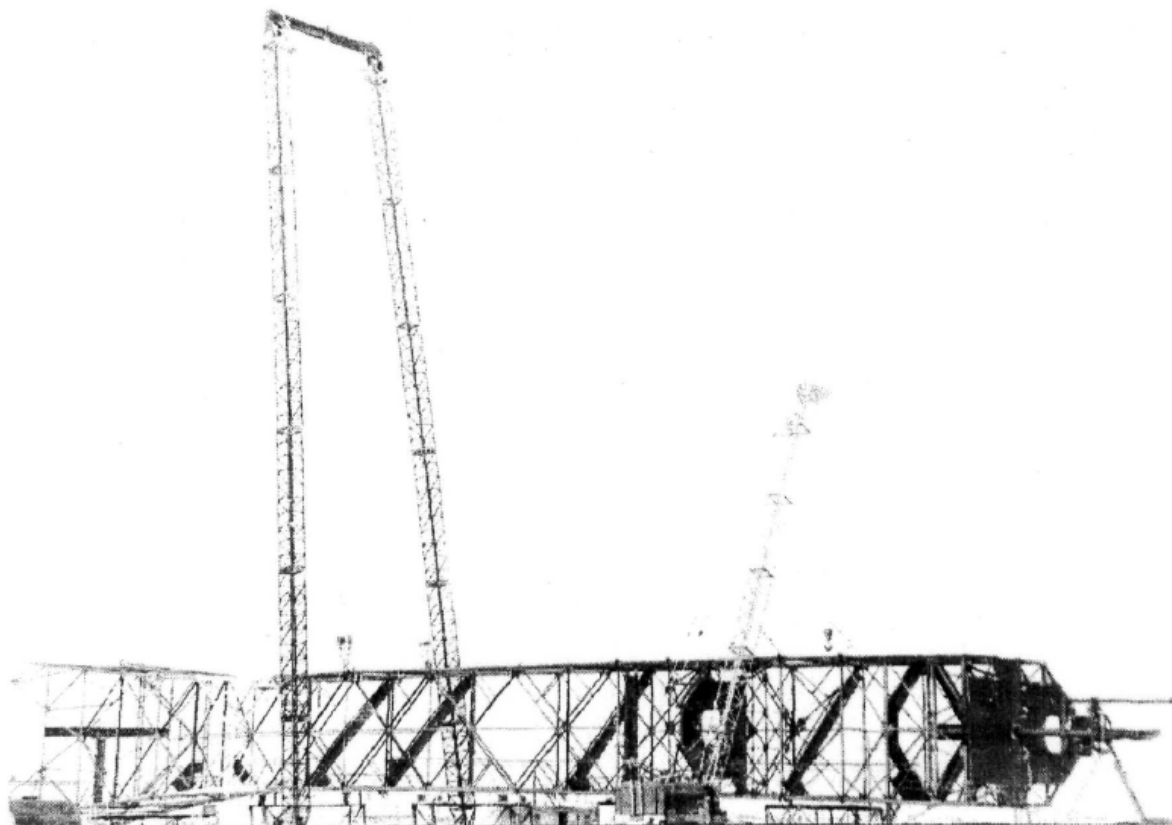


Рисунок 3.9 – Портал в ісходному робочому положенні

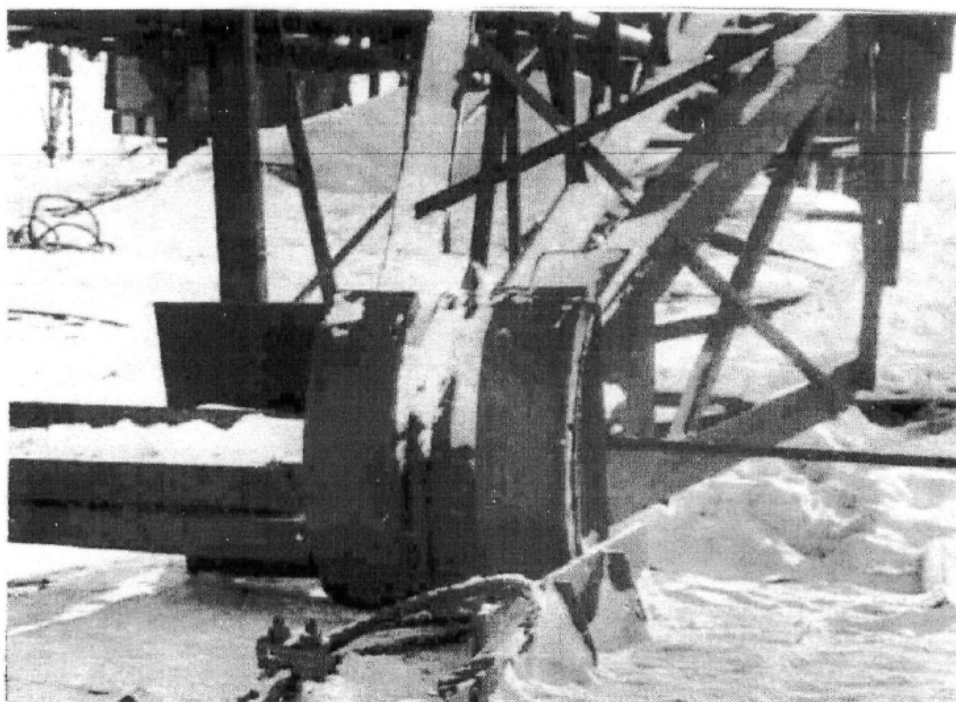


Рисунок 3.10 – Опорна частина порталу

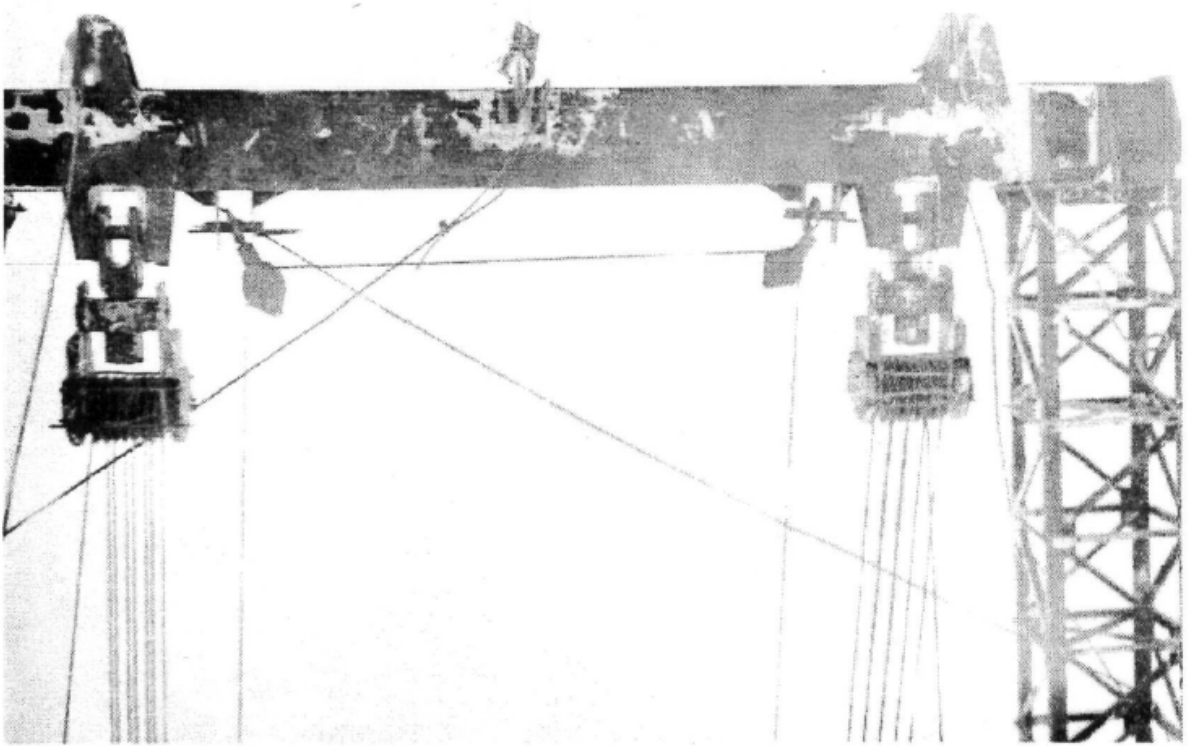


Рисунок 3.11 – Фрагмент ригелю порталу

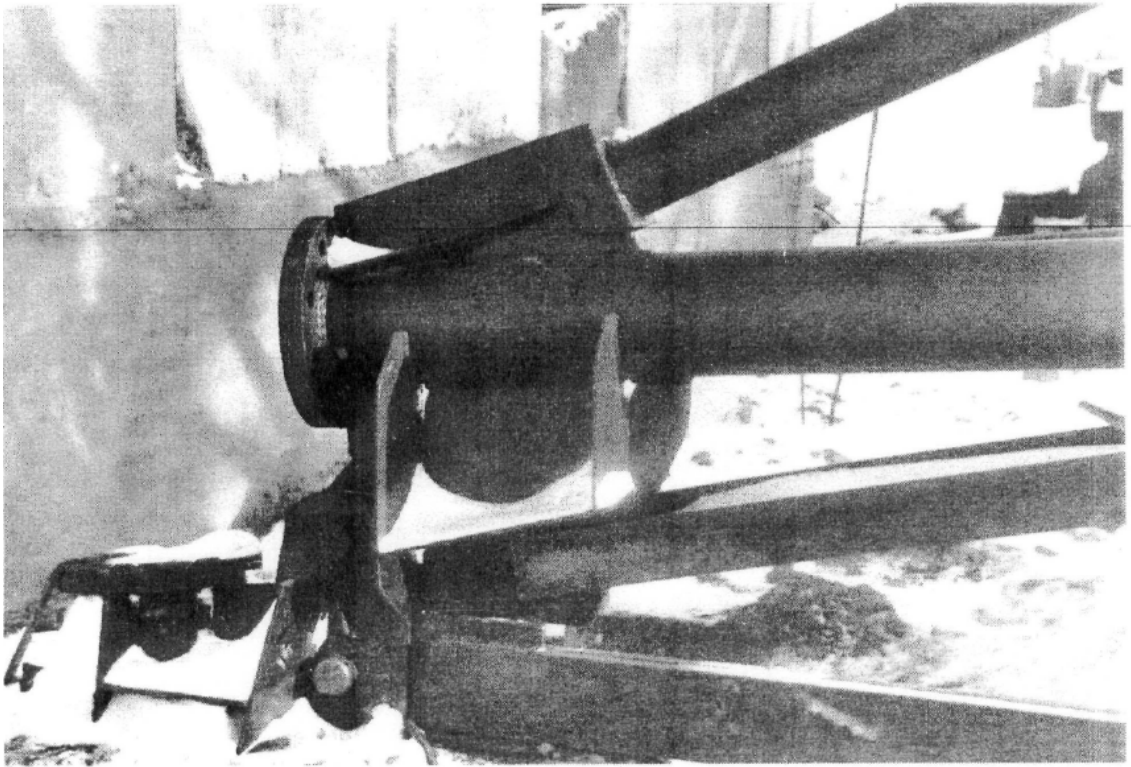


Рисунок 3.12 – Влаштування поворотного шарніру

- для зниження величини місцевих згинальних моментів в стрижнях баштового споруди, що примикають до монтажного шарниру можлива установка двох підкосів, зосереджених на вісь шарніра і на опорний вузол пояса вежі;

- порівняння даних математичного моделювання з експериментальними дослідженнями показало, що в більшості випадків заміряні граничні деформації близькі до розрахункових;

- міцність і стійкість баштового споруди забезпечується з високим коефіцієнтом запасу.

Проведений аналіз кінематики монтажу споруд зазначеним методом, як на моделях, так і на натурних зразках, а також результати випробувань підтвердили його достатню простоту, надійність і практичну доцільність застосування при зведенні антенних баштових споруд висотою до 120 м.

ВИСНОВКИ

1. Найбільшого поширення в якості антенних споруд отримали трьох-чотиригранні вежі з трубчастими конструктивними елементами.

2. Вибір оптимального методу монтажу антенних споруд з точки зору економічної доцільності залежить від їх конструктивних форм, їх кількості, характеру будівельно-монтажного майданчика, наявності матеріально-технічних ресурсів, кваліфікації техперсоналу.

3. Застосування на монтажі антенних висотних споруд уніфікованої монтажно-такелажного оснащення дозволяє значно скоротити, збільшити їх оборотність, відповідно, підвищити продуктивність праці і скоротити термін зведення споруд.

4. Теоретично підтверджено доцільність застосування методу монтажу «падаючим порталом» баштових антенних споруд висотою до 120 м.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Бубес Е.Я., Попов Г.Т., Шарлигіна К.А. Про подальший розвиток металевих конструкцій : навч. посіб. Київ : КНУБА, 2008. 190 с.
2. Булгаков С.Н. Попередня напруга сталевих баштових споруд, що здійснюється в процесі монтажу. Київ : СИ, 2005. 303 с.
3. Кутуков В.Н. Реконструкція будівель: навч. посібник. Київ : ВШ, 2008. 263 с.
4. Матвєєв Е.П. Розрахунок стрижневих систем: дис...канд.техн.наук : 05.23.08 /Одеса:ОДАБА, 2005. 286 с
5. Мешічек В.В., Ройтман А.Г. Капітальний ремонт, модернізація та реконструкція житлових будинків: навч. посібник. Київ : СІ, 2005.241 с.
6. Миловидов Н.Н., Осин В.А., Шумилов М.С. Ефективні способи монтажу будівельних конструкцій. Київ,2000. 240 с.
7. Михалко В.Р. Монтаж сталевих та залізобетонних конструкцій. Київ.: СІ, 2000. 311 с.
8. Олейник П.П., Фомиль Л.Ш. Інженерна підготовка території будівельного майданчика промислового підприємства : навч. посібник. Київ. :СІ, 2006. 240 с.
9. Подиновский В.В., Ногин В.Д. Розрахунок металевих конструкцій та пристроїв при виконанні монтажних робіт. Київ : Наука, 2003. 254 с.
10. Поляков Е.В. Реконструкція та ремонт житлових будинків: навч. посібник. Київ : НЕДРА, 1997. 192 с.
11. Попов Г.Т., Бурак Л.Я. Технічна експертиза житлових будинків старої споруди. Львів : СІ, 2003. 254 с.
12. Ройтман А.Г. Технологія монтажу металевих конструкцій. Харків : СИ, 2003. 176 с.
13. Соколов В.К. Аварії металевих конструкцій будівель та споруд: навч.

посібник. Київ, 2003. 204 с.

14. Швець В.Б., Фёклін В.І., Гінзбург Л.К. Посилення і реконструкція фундаментів. Харків : СІ, 2002. 203 с.

15. Шумилов М.С. Будівлі ТЕС та їх технічна експлуатація. К: ВІШ, 2005. 376 с.

16. Яворский В.Г. Монтаж строительных конструкций при реконструкции зданий: уч.пос. Киев : Будівельник, 2001. 233 с.

17. Бакалін Ю. І. Енергозбереження та енергетичний менеджмент: навч. посіб. для студ. ВНЗ . 3-тє вид., доп. та перероб. Харків, 2006. 319 с

18. Мещеряков, Г.Н., 2012. Исследование и моделирование процессов взаимодействия шпунтовых свай, погружаемых вдавливанием. *Наук. -тех. журн.НДІБВ: Нові технології в будівництві* . Вип. No 1-2 (23-24), Україна, С. 27.

19. Gillingham K., Palmer R. Bridging the energy efficiency gap: Policy insights from economic theory and empirical evidence. *Review of Environmental Economics and Policy*. 2014. Vol. 8, P. 18-38.

20. Hamilton G. The challenges of capacity building in PPP in Central Asia: speech on the III Astans Economic Forum, Kazakhstan, 1-2 July, 2010

21. Andrea Chegut, Piet Eichholtz, Rogier Holtermans Energy efficiency and economic value in affordable housing. *Energy Policy*. 2016. Vol. 97, P. 39-49.

22. Kayakutu G., Mercier-Laurent E. *Intelligence in Energy* (1st ed.). 2016.

23. Medrano-Gomez L.E., Izquierdo A.E. Social housing retrofit: Improving energy efficiency and thermal comfort for the housing stock recovery in Mexico. *Energy Procedia*. 2017. Vol. 121, P. 41-48.

24. Jian Zuo, Zhen-Yu Zhao Green building research – current status and future agenda: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2014. Vol. 30, P. 271-281.

25. Miller W, Liu L.A, Amin Z., Gray M. Involving occupants in net-zero-energy solar housing retrofits: An Australian sub-tropical case study. *Solar Energy*. 2018. Vol. 159, P. 390-404.