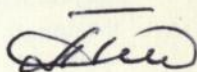


ХАРКІВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ

На правах рукопису

ФЕДОРЕНКО Петро Петрович



УДК 693.814.057 (043.3)

ТЕОРЕТИЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ І РОЗРОБКА
ОСНОВ ТЕХНОЛОГІЇ МОНТАЖУ ЛЕГКИХ
МЕТАЛЕВИХ КОНСТРУКЦІЙ З ЗАСТОСУВАННЯМ
СИСТЕМИ НАПІВАВТОМАТИЧНИХ ПРИСТРОЇВ

05.23.08 — ТЕХНОЛОГІЯ І ОРГАНІЗАЦІЯ ПРОМИСЛОВОГО ТА
ЦИВІЛЬНОГО БУДІВНИЦТВА

Автореферат
дисертації на здобуття вченого ступеня
доктора технічних наук

Х А Р К І В 1 9 9 4

ДВ 37.057
Робота виконана в Науково-дослідному інституті будівельного виробництва Державного комітету у справах містобудування і архітектури України

Офіційні опоненти:

доктор технічних наук, професор В.І.ТОРКАТЮК

доктор технічних наук, професор Ю.І.БЕЛЯКОВ

доктор технічних наук, професор М.Ф.Друкований

Провідна організація - Український державний проектний і конструкторсько-технологічний інститут Укрспецмонтажпроект корпорації Укрмонтаж-спецбуду.

Захист відбудеться 22. II 1994 р. о 14 годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д.02.07.02 при Харківському державному технічному університеті будівництва і архітектури за адресою 310002, м.Харків, вул.Сумська, 40.

З дисертацією можна ознайомитися в бібліотеці Харківського державного технічного університета будівництва і архітектури.

Автореферат розісланий "20" IO 1994 р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради,
канд.техн.наук, доцент

Кутовой Е.М.Кутовой

ЛНБ ім. В. Стефаника
АМ України

ЛНБ України ім.В.Стефаника



00777086 (Z)

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

На сучасному стані створення ринкової економіки умов зростання ефективності інвестицій в різні галузі промисловості і сільського господарства являється високий рівень індустріалізації будівництва.

Подальший розвиток індустріалізації будівельного виробництва в значній мірі пов'язаний з рішенням задач по механізації і автоматизації технологічних процесів монтажу будівельних конструкцій і особливо легких металевих. Зниження маси легких металевих конструкцій /ЛМК/ в 4-5 разів в порівнянні із збірними залізобетонними безумовно сприяє суттєвому зменшенню транспортних і монтажних витрат, що скорочує строки будівництва.

В 1991 р. обсяг випуску ЛМК складав біля 1 млн.м² будинків для потреб виробництва, по прогнозу в 1995 р. Їх буде виготовлено 2 млн.м²; до 2000 р. Їх випуск врісте до 3,0 млн.м², що становить 35% площі будинків, що споруджуються.

На протязі останніх двох десятиліть на Україні і за кордоном отримав розвиток метод блочного монтажу ЛМК і його різні способи застосування: конвеєрно-блочний, поточно-стендовий, експедиційно-блочний та інші.

Метод блочного монтажу забезпечив ріст продуктивності праці на 120-150% на роботах, що виконуються в більш безпечних і зручних для людини умовах - площадках попереднього збирання, постах конвеєрної лінії, стендах і т.інше.

Поряд з тим, як вважав пошукач, виникла необхідність розробки технології монтажу ЛМК з застосуванням напівавтоматичних і автоматичних пристроїв, що дозволить механізувати цілий ряд монтажних операцій, особливо тих, що виконуються на висоті.

Робота присвячена вирішенню важливої народногосподарської проблеми - індустріалізації монтажних процесів на основі їх механізації і автоматизації, рішення якої забезпечить суттєвий вклад в підвищення продуктивності праці монтажників, культури виробництва, якості роботи і безпеки.

Складні умови будівельної площадки і особливості технологічних процесів монтажу обумовили висунення принципіально нової ідеї по механізації монтажних операцій, що заключається в використанні потенціальної енергії піднятої краном на монтажну висоту будівель-

ної конструкції. До робочої гіпотези задіяно припущення про можливість здійснення монтажних операцій наведення, посадки і закріплення вузлів конструкцій та роз'єднання ванталозахватних пристроїв без ручної праці на висоті, використавши потенціальну енергію піднятої кранової конструкції і застосувавши спеціальні напівавтоматичні пристрої. В цьому і полягає наукова новизна роботи.

Новов технологією монтажу передбачається закріплення в вузлах конструкцій, до їх підйому елементів напівавтоматичних пристроїв - монтажних фіксаторів, потім підйом і орієнтування конструкції на висоті краном, наведення, посадки, з'єднання в проектному положенні монтажними фіксаторами та автоматичне роз'єднання ванталозахватних пристроїв і змонтованих конструкцій.

Концепція створення нової технології монтажу ЛМК оснований на використанні широко застосовуваних мобільних кранів з гнучким підвісом, при цьому на 30-40% повинна бути зменшена енергомісткість монтажу в порівнянні з базовою технологією за рахунок скорочення зайнятості крану на монтажних операціях. Створювані нові типи з'єднань - монтажні фіксатори повинні бути рівноцінними традиційним зварним і болтовим з'єднанням. Розроблявана технологія повинна виключати можливість створення попередніх зусиль розпору /натягу/ в конструкціях при монтажу.

Створення системи пристроїв повинно забезпечити формування комплектів ванталозахватних пристроїв і монтажних фіксаторів для монтажу різних типів однопверхових одно- і багатопрольотних будинків і уніфікованих будинків-модулів.

Наукові результати викладені в дисертації отримані автором на протязі ряду років завдяки:

проведеному аналізу технічного рівня монтажу ЛМК в вітчизняному і закордонному будівництві та визначення найбільш перспективного напрямку в індустріалізації монтажу ЛМК;

розробці методів моделювання переміщень монтажних елементів /МЕ/ від кранової і вітрової дії, дослідженнями характеру дії і просторових коливань;

побудові математичної моделі системи "людина-машини" по наведенню монтажних елементів з використанням системи стохастичних диференціальних рівнянь;

розробці способів оптимального управління процесами наведення з використанням методу Ейлера-Лагранжа;

розробці методики вибору оптимальних технологічних параметрів

посадки монтажного елемента на вловлювач на основі виконаних статистичних досліджень;

побудові залежностей експериментально отриманих при спрацюванні монтажних фіксаторів і фіксації монтажного елемента;

проектуванню комплектів автоматичних пристроїв для монтажу легких металевих конструкцій різних типів будинків;

розробці нормативно-технологічних документів /посібників, методичних рекомендацій/ по застосуванню автоматичних пристроїв при монтажі ЛМК різних типів будинків, в т.ч. будинків з покриттям типу "Москва", "Литомир", будинків-модулів "Кисловодськ", "Орськ", "Камськ" та інших;

розробці нових проектів будинків серії "Либідь" із ЛМК, в вузлах котрих застосовуються монтажні фіксатори.

Метов досліджень являється підвищення продуктивності монтажних робіт, підвищення їх безпеки і культури виробництва за рахунок автоматизації операцій наведення, посадки, закріплення монтажного елемента і розстроповки захватних пристроїв.

Об'єктами досліджень являються математичні моделі переміщення монтажного елемента, процесів наведення, параметри та умови посадки, фіксації вузлів і розстроповка вантажозахватних пристроїв, взаємодія елементів системи напівавтоматичних пристроїв.

На захист виносяться положення про використання потенціальної енергії монтуємої конструкції на висотних монтажних операціях.

Методи досліджень: теоретичний, з використанням методів математичного моделювання динамічних систем, описаних диференціальними рівняннями нелінійного і дискретного програмування, теорії оптимального управління, зокрема, методу Ейлера-Лагранжа; експериментальний і статистичний в лабораторних і монтажних умовах; при математичному моделюванні і розрахунку оптимальних параметрів монтажу застосовані числові методи з використанням ЕВМ.

Наукові результати роботи:

розроблена математична модель швидкості вітру на короткому проміжку часу і досліджено дію вітру на монтажний елемент для визначення параметрів маятникових коливань /амплітуди, періоду, швидкості, прискорення та інших/;

досліджено і експериментально встановлено характер просторових коливань монтажного елемента в процесі наведення і запропоновані більш точні математичні моделі маятникових і обертових коли-

вань в вигляді систем диференціальних рівнянь;

визначені оптимальні способи стабілізації просторових коливань монтажного елемента при наведенні з допомогою крану і монтажних ґалів, що характеризуються релейним управлінням з допомогою частих але малих управляючих дій;

створена математична модель "людина-машинно!" системи управління наведенням, котра використовується при розрахунку часу необхідного для подачі команд машиністу з урахуванням динаміки монтажного елемента, реакції машиніста і швидкості його дії на команду;

розроблено метод оцінки точності і стійкості системи управління наведенням по вихідним координатам об'єкту управління;

виконані обґрунтування для вибору оптимальних варіацій насадки на вловлювачі і посадки монтажного елемента на фіксатори;

ідентифіковані при випробуваннях параметри опрацювання монтажних фіксаторів різних типів від монтажного навантаження;

виконані експериментальні дослідження фіксації і податливості нових типів вузлів монтажних з'єднань - монтажних фіксаторів і отримані графіки їх роботи, установлені графічні навантаження на захвати і фіксатори;

досліджено збуджений просторовий стан опорних конструкцій при автоматичній посадці монтажного елемента і установлено характер затухання збудження в прольотах будинку;

виявлені закономірності функціонування системи напівавтоматичних пристроїв і її структурних елементів в детермінованій і стохастичній постановці на етапах посадки, фіксації МЕ і розстроювки захватного пристрою;

розроблена методика вибору комплектів автоматичних пристроїв по критерію загальносистемних затрат на побудову об'єкту;

розроблено пакет програм розрахунку оптимальних параметрів технології монтажу і комплектів напівавтоматичних пристроїв.

Наукове значення роботи визначається установленням закономірностей і методами реалізації потенціальної енергії при механізації операцій наведення, посадки та фіксації конструкції в проектному положенні.

Практичне значення дисертації заключається в тому, що розроблені та впроваджені нова високоіндустріальна технологія монтажу МЕ і монтажні фіксатори /рівномірні зварним і болтовим вузлам з'єднань/, автоматичні захвати і пристрої наведення для різних

типів серійно випускаємих легких металевих конструкцій.

Ефективність роботи обумовлюється до 75% економією трудових ресурсів на монтажних висотних операціях, до 25% підвищенням продуктивності праці в цілому, до 30% скороченням часу монтажу, а також підвищенням безпеки робіт і культури виробництва.

Одержані в дисертації наукові і практичні результати пройшли широку апробацію і впровадження. Результати досліджень найшли відображення в шести нормативно-технічних документах, затверджених НВО Укрстальмонтаж [39-43] і впроваджені при проектуванні і будівництві по одинадцяти типовим проектам.

В монтажних організаціях НВО Укрстальмонтаж впроваджені науково-технічні і методичні розробки при будівництві 60 будинків-модулів, що дало економічний ефект в сумі 1,8 млн.руб. /по рівню цін в грудні 1991 р/.

Результати, висновки і рекомендації базуються на принципових положеннях фундаментальних наук - теорії звичайних диференціальних рівнянь і їх додатків, теорії оптимального управління, методів нелінійного програмування.

Результати роботи теоретично обґрунтовані і перевірені в лабораторних і виробничих умовах з широким використанням методів математичної статистики.

Публікації і апробація одержаних результатів. Теоретичні положення і практичні результати дисертаційної роботи висвітлені в 115 публікаціях загальним обсягом 138,0 друк.листів, в тому числі: 3-х державних будівельних нормах, 6 державних нормативно-методичних документах, 4 монографіях, 25 винаходах.

Результати роботи доповідались на науково-практичній конференції в КІБІ "Будівельна наука України: перспективи розвитку в нових економічних умовах", на НТР "Укрмонтажспецбуду" в період 1987-1992 рр., науково-технічному семінарі в НРБ "Прогресивні технології, матеріали і високопродуктивні засоби механізації при монтажі, облицювальних, покрівельних і герметизаційних роботах в будівництві" в 1990 р., НТР Мінмонтажспецбуду в 1990 р., на Вчених радах інститутів РосНДПромстальконструкція, РосНДПроектстальконструкція, РосНДІБК, Укрстальпроект, на семінарах в КІБІ в 1989-1991 рр.

Робота виконувалась по договорам з Державною корпорацією "Укрмонтажспецбуд" і Держбудом України в 1987-1992 рр., входила в Науково-технічні програми РН.55.01 "Індустріально-системні методи

будівництва" і РН 55.003 "Зниження матеріаломісткості обладнання і споруд, підвищення їх надійності і довговічності /матеріаломісткість/", передбачена планом підвищення технічного рівня монтажних робіт на 1991-1995 рр. корпорацією Укрмонтажспецбуд. Тема роботи входить в державну програму ДДНТ України на 1993-94 рр. Результати роботи використовуються в навчальних процесах в КІБІ та ДБІ.

Структура і обсяг роботи. Дисертація складається із вступу, шести розділів загальних висновків і рекомендацій, списку літератури, трьох додатків загальним обсягом 377 сторінок, в тому числі основного тексту 234 сторінок, малюнків 65, таблиць 24, бібліографії із 142 найменувань.

ЗМІСТ РОБОТИ

Монтаж будівельних конструкцій являється одним з головних технологічних процесів, які визначають працездатність і тривалість будівництва об'єктів. Індустриалізація монтажних робіт на основі механізації і автоматизації технологічних операцій являється ще більш актуальною при ринкових відносинах.

Проблеми механізації монтажних робіт розглянуті в роботах В.І.Амур'єва, М.П.Александрова, І.І.Абрамовича, А.А.Вайсона, Н.Г.Домбровського, М.С.Канюки, Н.Ф.Руденко, В.Ф.Семенюка, О.А.Світнова, В.К.Черненко та інш.вчених.

Проблемам оптимальної організації монтажу конструкцій, економічної ефективності, монтажної технологічності і організаційно-технологічної надійності проектних рішень присвячені роботи С.С.Атасва, В.А.Афанасьєва, Н.Н.Данілова, Г.І.Евстратова, П.А.Зіміна, В.І.Торкатюка, Д.Б.Моїфреда, Т.Н.Цая, В.А.Пшчалецька, Р.Б.Тян, В.І.Швиденка, Р.І.Фокова та інш. українських і закордонних вчених.

Проблеми обґрунтування і оцінки ефективності технологічних рішень, їх оптимізації і застосування засобів механізації розглянуті в працях С.Е.Канторера, Б.В.Прикіна, В.І.Рибальського, М.Д.Спектора, Д.Ф.Гончаренка, О.П.Гасєвого, Г.С.Нижниковського та інш.

Рядом науково-дослідних і проектно-технологічних інститутів в 80-х роках були розпочаті пошуки резервів по монтажу ЛМК в напрямку удосконалення стиків і з'єднань, підвищення заводської готовності конструкцій, комплексно-блокового монтажу складних конструкцій фонарів, стін і секцій будинків. З'являлися ідеї про

необхідність роботизації монтажу, пропонувалися на рівні винаходів технічні рішення вузлів конструкцій, що з'єднуються з допомогов роботів і маніпуляторів, проте реального втілення в практику монтажу ці ідеї на протязі останніх 5-8 років не отримали.

Разом з тим досвід ліквідації наслідків Чорнобильської катастрофи показав, що виникла необхідність в теоретичному обґрунтуванні і розробці технології автоматизованого монтажу, котра дозволить механізувати процеси монтажу всіх основних монтажних елементів - колон, блоків покриття, підстропильних і стропильних ферм, стоек фахверка, стінових картин та інші.

Після позитивних результатів під керівництвом покупача піонерного монтажу всіх основних типів легких металевих конструкцій в 1988 р. в м.Миколаєві НВО "Укрстальмонт" ухвалило рішення про реалізацію програми НДР и ДКР, яка виконувалась в НДІБВ під науковим керівництвом покупача.

Однако розробці технології і обладнання автоматизованого монтажу повинні передувати теоретичні обґрунтування і рішення цілого ряду задач по наведенню, посадці і фіксації монтажного елемента.

Для опису динамічної системи "монтажний елемент" введені одна геоцентрична і 8 прямокутних рухомих і нерухомих систем координат, 8 узагальнених координат і 8 узагальнених швидкостей /мал.1/.

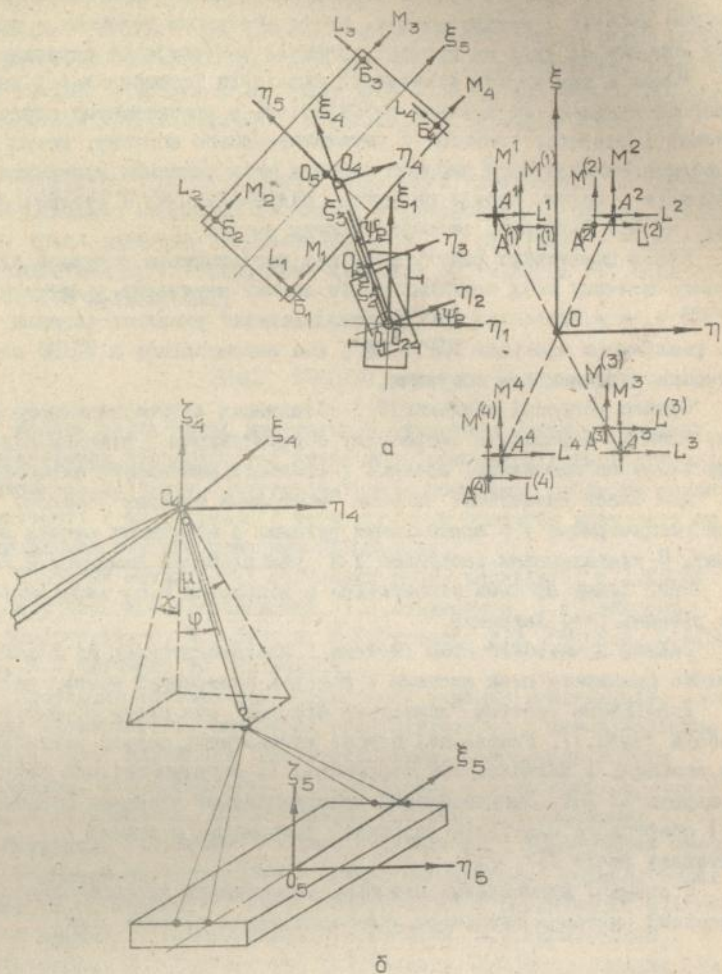
Опис стану системи виконується з допомогою 8-ми диференціальних рівнянь руху Лагранжа.

Знаючи початковий стан системи і проінтегрувавши ці рівняння, можливо визначити стан системи в наперед визначений момент часу.

Досліджена система "монтажний елемент" має вісім ступенів свободи /табл.1/. Розглянуті відомі математичні моделі маятникових коливань і коливань при обертанні. Їх погрішності при описі складають 13-18%. Запропоновано диференціальні рівняння фізичного і обертового маятників доповнити рівняннями з описом дії монтажних фалів /1/, /2/.

В площині маятникових коливань переміщення запропоновано описувати системою звичайних диференціальних рівнянь /ЗДР/

$$\left. \begin{aligned} m_3 \ddot{\varphi} + k_{\text{TP}} \dot{\varphi} + g \sin \varphi &= 0 \\ m_3 \ddot{\xi}_3 + k_{\text{HP}} \xi_3 \cos \varphi &= 0 \end{aligned} \right\} /1/$$



Мал. . Кран, монтажний елемент та опорні вузли в системах координат:

а - в плані; б - фрагмент в аксонометрії

Таблиця І

Операції, дії і переміщення МЕ в системах координат

Система координат	Операції управління		Випадкові дії	Поступові переміщення			Кольовальні переміщення				
	Кранові	Монтажні		Вертикальні	Горизонтальні		Малтикові		Обертові	Екваторіальні	
				по осі ζ	по осі ξ	по осі η	по осі ξ	по осі η	навколо $O_5 O_4$	по осі $O_5 \xi_5$	по осі $O_5 \eta_5$
$O \xi_7 \zeta$	Установка крану на монтажну стовпку	Укрупнення та підготовка до підйому МЕ	-	ζ_3^y	ξ_3^y	η_3^y	-	-	-	-	-
$O_1 \xi_7 \eta_1 \zeta_1$	Поворот стріли в платформовий	-	-	-	ξ_3^n	η_3^n	χ_3^n	-	-	-	-
$O_2 \xi_2 \eta_2 \zeta_2$	Підйом /опускання/ крока	-	-	ζ_3^x	-	-	-	-	-	-	-
$O_3 \xi_3 \eta_3 \zeta_3$	Підйом /опускання/ стріли	-	-	ζ_3^c	ξ_3^c	-	-	-	-	-	II
$O_4 \xi_4 \eta_4 \zeta_4$	-	Обертання МЕ монтажними фалами	Вітрові рівноважантани нерівноважантани причальні затримки	ξ_3^b	ξ_3^b	η_3^b	M_3^b	ψ_3^b	φ_2^b	φ_7^b	φ_7^b
$O_5 \xi_5 \eta_5 \zeta_5$	-	-	Перекос МЕ із-за зміщення центру мас	ξ_3^{np}	ξ_3^{np}	η_3^{np}	M_3^{np}	ψ_3^{np}	φ_2^{np}	φ_7^{np}	φ_7^{np}
$O_2 M^i L^i K^i$	Посадка	-	-	$\Delta \zeta_2^i$ ζ_3^n	$\Delta \xi_2^i$ ξ_3^b	$\Delta \eta_2^i$ η_3^b	-	-	-	-	-

перше з котрих описує фізичний маятник, а друге дію монтажних фалів, де m_3 - маса МЕ; φ - кут відхилення підвісу від вертикалі; $k_{\text{тр}}$ - коефіцієнт лінійного тертя МЕ по повітря; g - прискорення вільного падіння; ζ_3 - горизонтальне переміщення центру мас МЕ; $k_{\text{пр}}$ - коефіцієнт жорсткості натягнутого монтажного фалу до горизонту /мал.2/.

Для опису обертових коливань МЕ запропонована система рівнянь із двох ЗДР

$$\left. \begin{aligned} \mathcal{I}_5 \ddot{\varphi}_\beta + k_{\text{тр}} \dot{\varphi}_\beta + \beta_0 \varphi_\beta &= 0, \\ \mathcal{I}_5 \ddot{\varphi}_\beta + \mathcal{M}_\varphi &= 0, \end{aligned} \right\} \quad /2/$$

перше із котрих описує обертовий маятник, а друге - дію монтажних фалів, де \mathcal{I}_5 - момент інерції МЕ по осі; φ_β - кут обертових коливань МЕ; β_0 - обертова жорсткість вантажного поліспаду крану; \mathcal{M}_φ - момент від дії монтажних фалів.

Із експериментальних досліджень установлено, що маятникові і обертові коливання МЕ відносяться до класу малих коливань. ($\sin \varphi \approx \varphi$, $\sin \varphi \approx \varphi$, у котрих період не залежить від величини початкового збудження.

Моделювання і встановлений характер коливань використані при розрахунку силового впливу на вловлювачі і фіксатори, для вибору діаметрів отворів посадки в монтажному елементі, в виборі режимів гасіння коливань.

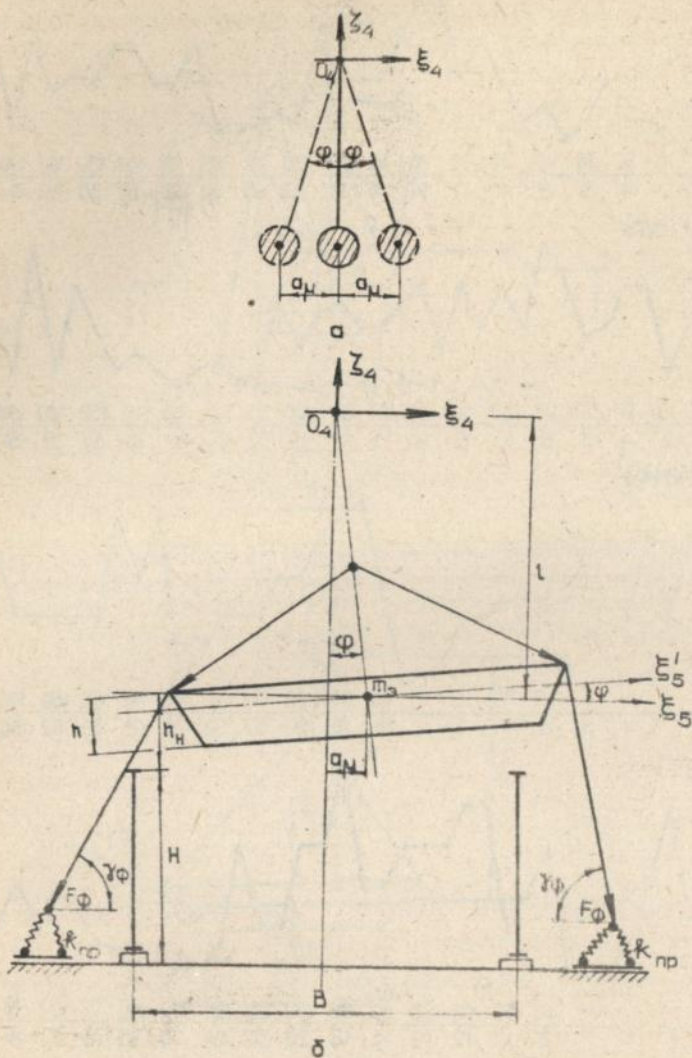
Із аналізу експериментальних записів швидкості вітру виконаних на монтажній висоті побудована хвильова модель швидкості вітру в вигляді диференціального рівняння другого порядку, в правій частині котрого знаходиться зовнішня змущена функція Дірака

$$\ddot{v}_\beta + k_{\text{уп}} \dot{v}_\beta = \delta_i, \quad /3/$$

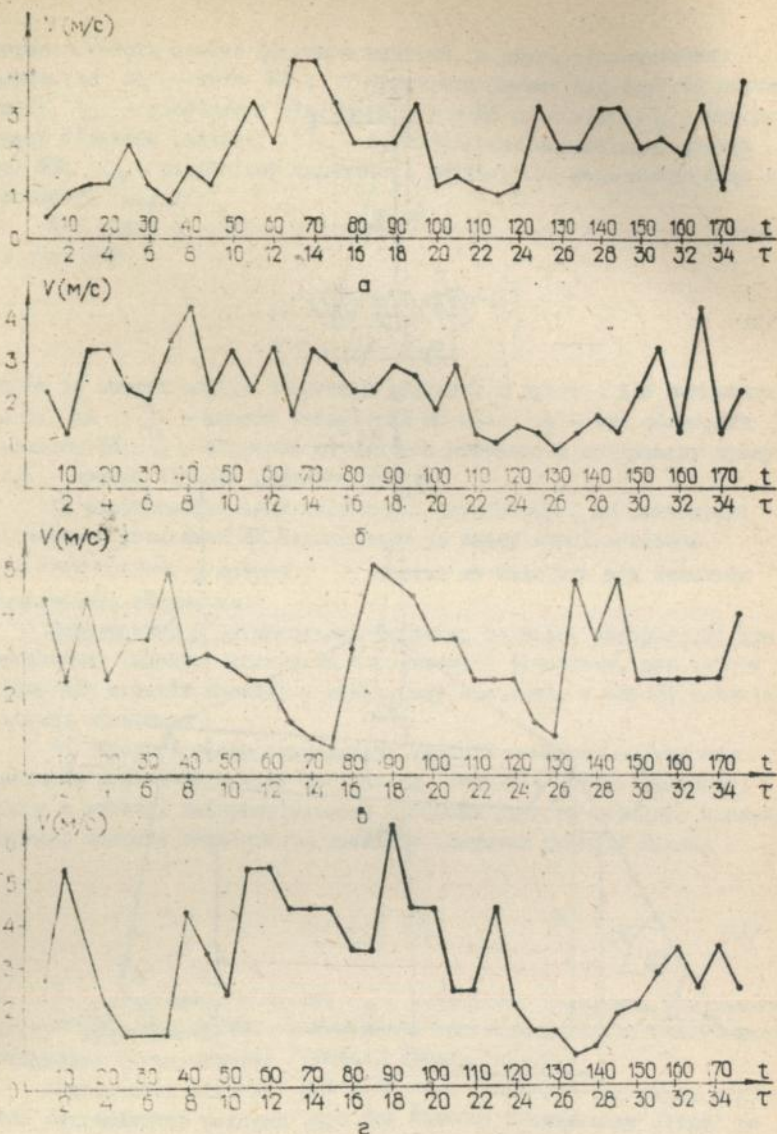
де v_β - швидкість вітру; $k_{\text{уп}}$ - коефіцієнт посилення /затухання/ вітру; δ_i - послідовність випадково виникаючих імпульсних функцій випадкової інтенсивності /функція Дірака/ /мал.3./.

Моделювання вітрової дії дозволило визначити амплітуду коливань /математичне чекання/ при так званому "монтажному вітрі" до 12 м/с /мал.4/.

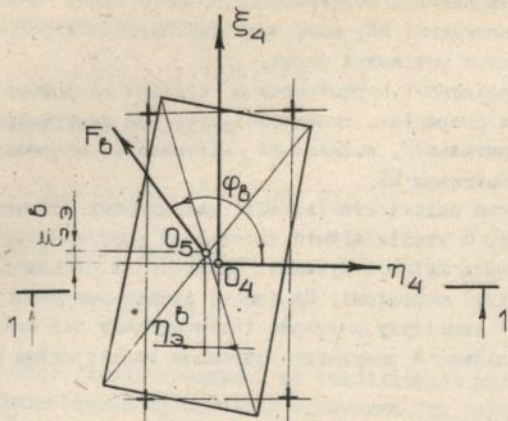
При опису дії крану вибрані математичні моделі, які враховують



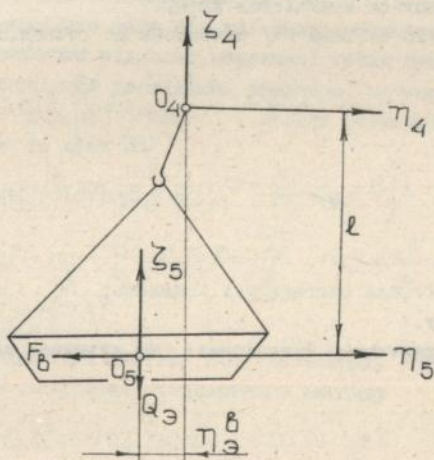
Мал. 2. Схема маятникових коливань в вертикальній площині
 а - математичного маятника; б - монтажного блока



Мал.3. Записи швидкості вітру на монтажній висоті:
а, б, в, г - на різних проміжках часу



1-1



Мал.4. Схема переміщень M_3 при вітрозній дії

податлявість башні і стріли крану, роботу крану "з ваги" при орієнтуванні і наведенні МЕ, малі кути маятникових і обертових коливань при загрузених монтажних фалах.

Ідентифіковані переміщення в системах координат при краювих і монтажних операціях, випадкових діях. Це поступальні /вертикальні і горизонтальні/, коливальні /маятникові, обертові і екваторіальні/ переміщення МЕ.

Вирішена задача стабілізації маятникових коливань МЕ в допомогому крану. В квазілінійній постановці розглядаються плоскі коливання маятника змінної довжини. Записуються рівняння руху і вводяться безрозмірні перемінні. На основі експериментальних досліджень системи /I/ амплітуду коливань і кінематичну дію крану /управління/ приймачи малими. В результаті одержана квазілінійна модель коливання

$$\ddot{\varphi} + \frac{g}{\ell} \sin \varphi = \frac{1}{\ell} (\omega_x \cos \varphi + \omega_z \sin \varphi) - 2 \frac{\dot{\ell}}{\ell} \dot{\varphi}; \quad /4/$$

$$\dot{\nu}_x = \omega_x, \quad \dot{\nu}_z = \omega_z.$$

де ℓ - довжина підвісу; ω_x, ω_z - дії управління кінематичного типу, які виконуються машиністом крану.

Рядом змін система /4/ приведена до стандартного вигляду ЗДР

$$\dot{\alpha} = -\varepsilon \left[U - \frac{1}{\sigma} \alpha^3 \sin^3 \varphi + \frac{3}{2} \frac{\sigma^{-1}}{\sigma^{1/2}} \cos \varphi \right] \frac{1}{\sigma^{1/2}} \cos \varphi, \quad /5/$$

$$\dot{\Phi} = \frac{1}{\sigma^{1/2}} + \varepsilon \left[U - \frac{1}{\sigma} \alpha^3 \sin^3 \varphi + \frac{3}{2} \frac{\sigma^{-1}}{\sigma^{1/2}} \cos \varphi \right] \frac{1}{\sigma^{1/2}} \sin \varphi,$$

де $N_x|_T = (a - \alpha)_T = 0, \quad U_1 \leq U \leq U_2,$
 α, φ - амплітуда і фаза маятникових коливань; N_x - силова дія кінематичного типу.

При квадратичному функціоналі, що визначає витрати енергії на управління

$$J = \int_0^{\alpha^*} U_p^2 d\tau = \nu (2\nu)^{1/2} (\alpha^* - \alpha^0), \quad /6/$$

Використавши метод оптимізації Ейлера-Лагранжа одержано оптимальне управління першого наближення

$$U = \frac{1}{2}(U_1 + U_2) + \frac{1}{2}(U_2 - U_1)v, \quad v \leq 1 \quad /7/$$

як програмне управління швидкістю

$$v_p = -\text{sign}[(Z^0 - Z^*) \cos \varphi(t, \varepsilon)], \quad /8/$$

так і управління в формі синтезу

$$v_s = -\text{sign}[(Z - Z^*) \dot{\varphi}]. \quad /9/$$

Вирішення цієї задачі показало, що стабілізація маятникових коливань монтажного елемента найбільш ефективна при релейному управлінні - частини, але короткими вклученнями повороту стріли в напрямку зворотному коливанню МЕ.

Вирішена задача про гасіння обертових коливань з допомогою малих дій управління. Розглянуто декілька варіантів дій на монтажний елемент з допомогою монтажних фалів.

Обертання монтажного фала від дії фалів запропоновано описувати векторними рівняннями відносно нерухомої точки центру мас /мал.5/.

Із експериментальних досліджень знаходимо, що момент управління малий, так як $\frac{1}{2}(L^0 \omega^0) \gg N_0$. Вводимо безрозмірні перемінні і одержуємо систему із двох ЗДР

$$\dot{w}_{1,2} \pm (d-1)w_3 w_{2,1} = \varepsilon U_{1,2}, \quad \dot{w}_3 = \varepsilon d^{-1} U_3 \quad /10/$$

$$(t_* = w_0 t; w_* = \frac{w}{w_0}, \quad d = \frac{J_3}{J_{1,2}}, \quad U = \frac{M}{N_0},$$

$$\varepsilon = \frac{N_0}{J_3(\omega_0)^2} \ll 1).$$

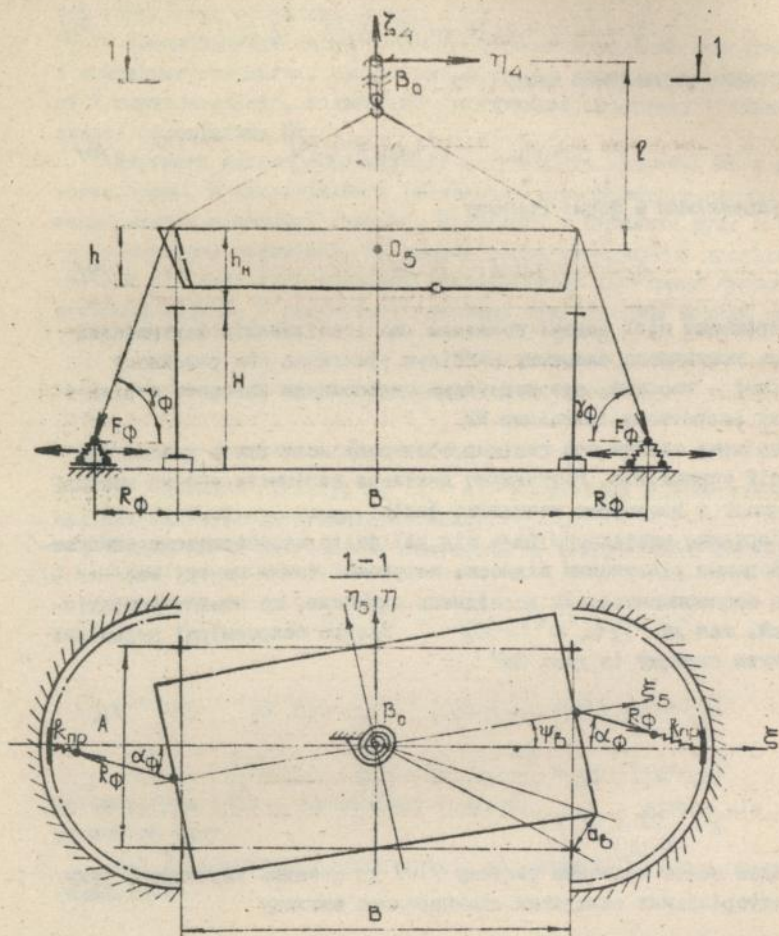
Рядом заміни приводимо систему /10/ до рівнянь керованого руху для екваторіальних складових стандартного вигляду

$$\dot{\Omega} = \varepsilon(U_1 \sin \varphi + U_2 \cos \varphi) \quad /11/$$

$$\dot{\varphi} = \nu(\tau) + \varepsilon \Omega^{-1}(U_2 \cos \varphi + U_1 \sin \varphi),$$

де $\nu(\tau)$ - векторна частота обертових коливань

Як критерій оптимізації використовується час швидкої дії гасіння.



Мал. 5. Схема гасіння оберткових коливань
МОНТАЖНОГО БЛОКА

Використовуючи стандартний метод оптимізації Ейлера-Лагранжа знаходимо програми управління

$$U_{1p} = U_1^0 \operatorname{sign} \cos(\varphi_1 + \nu), \quad /12/$$

$$U_{2p} = U_2^0 \operatorname{sign} \sin(\varphi_2 + \nu).$$

Після усереднення по φ синтез управління має вигляд

$$U_{1s} = -U_1^0 \operatorname{sign} w_1, \quad /13/$$

$$U_{2s} = -U_2^0 \operatorname{sign} w_2.$$

Вирішення приведеної задачі дозволяє за самий короткий проміжок часу монтажникам здійснити необхідне управління монтажним елементом. Оптимальними являються більш часті але малі дії управління в напрямку зворотному обертанню МЕ.

Виконані статистичні дослідження технологічних параметрів насадок посадочних отворів на вловлювачі. Розглянуто 5 варіацій насадки і вибрано оптимальну з них, при котрій вловлювач прикріплюється до нижньої опорної конструкції /до її монтажу/, а в монтажному елементі при його виготовленні утворено отвір, діаметр котрого рівний амплітуді маятникових коливань / $d_0 = \alpha_H$ / мал.6. Обробка на персональному комп'ютері експериментальних даних показала, що залежність між імовірністю насадки отвору на вловлювач може бути виражена в вигляді степінної функції

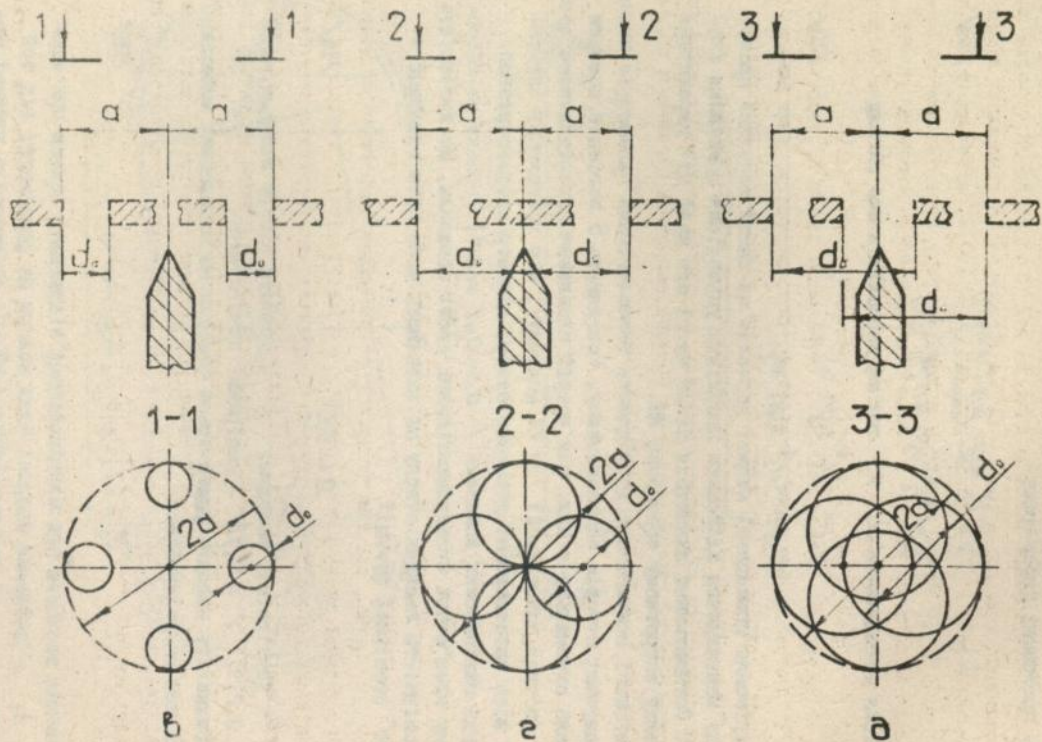
$$P = \beta d_0^x, \quad /14/$$

де P - імовірність насадки; d_0 - діаметр отвору насадки, мм;
 $\beta = 0,017$, $x = 0,931$ - емпіричні коефіцієнти.

Можливість насадки реанти трьох отворів на вловлювачі забезпечується при співвідношенні

$$d_0 \geq (2|\Delta_\beta| + 2|\Delta_c| + \Delta_U)k_n, \quad /15/$$

де Δ_β - зміщення оголовка при вертикальному відхиленні колон при монтажу; Δ_c - зміщення опорної бази колон на фундаменті від осі розбивки; Δ_U - відхилення довжини МЕ від проекції в процесі виготовлення; k_n - коефіцієнт, що враховує просторове розташування посадочних отворів в МЕ.



Мал.6. Схеми насадки посадочного отвору:
 а, б, в, - по третьому, четвертому і п'ятому варіантах відповідно

Як показав експериментальний монтаж блоків покриття типу "Москва" розмірами 12x24 м імовірність насадки трьох отворів на вловлювачі при $d_0 = a_n = 60$ мм і реальних відхиленнях колон від вертикалі $\Delta\theta \approx 15$ мм складає $P = 0,9$, а чотирьох отворів - $P = 0,8$. В таких випадках в ході монтажу коректується вертикальне положення колони з допомогою кияного домкрата [40-44].

При відхиленнях колон від вертикалі в межах допущеного нормами / $\Delta\theta \leq 15$ мм/ імовірність насадки $P \approx 1,0$.

Побудовані функціональна і структурні моделі "людина-машинної" системи управління наведенням. Використовуючи передавальні функції оператора, об'єкту управління, візуального зворотного зв'язку, рівняння сигналу на виході ключа з амплітуднов і частотнов модуляцією дискретного сигналу, одержуєм систему із двох диференціальних рівнянь, перше із котрих являється рівнянням об'єкту управління, а друге - оператора /мал.7/.

$$\begin{aligned} \dot{y}_1 &= k_2 y_2(t), \\ \dot{y}_2(t) &= -\frac{1}{T} y_2(t) + \frac{k_1}{T} u(t) \delta(u,t) - \frac{k_1}{T} y_1(t) \delta(u,t), \end{aligned} \quad /16/$$

де y_1 - вихідна координата МЕ; y_2 - вихідний сигнал оператора; k_1, k_2 - коефіцієнти підсилення оператора, об'єкту управління; $\delta(u,t)$ - випадкова послідовність дельта-імпульсів з інтенсивністю рівною γ /мал.8/.

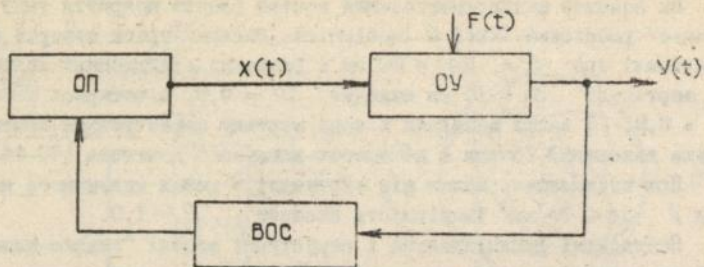
Як видно, система управління наведенням наближено моделюється дискретними системами з випадковим квантуванням і частотним модуляциєм одночасно і її робота описується стохастичною системою диференціальних рівнянь складених по їх передавальним функціям.

Рішення стохастичних диференціальних рівнянь зводиться до знаходження закону розподілу фазових координат або їх імовірносних моментів. Вихідними даними для рівняння системи являються початкові умови у вигляді щільностей імовірності початкового розподілу фазових координат.

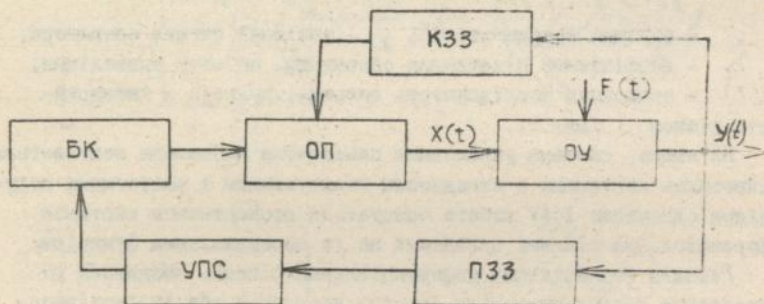
$$W(Y, t=0) = W_0(Y). \quad /17/$$

При роботі системи щільність імовірностей мінється і стає функцією часу t .

Рішення системи рівнянь /16/ дозволяє розрахувати швидкодію системи і використовувати для випередження при подачі команд машиністу крана. Як показали розрахунки і експериментальний монтаж /мал.9/



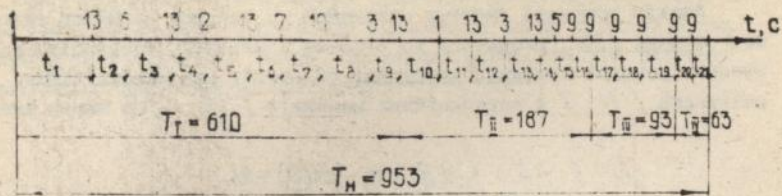
а/



б/

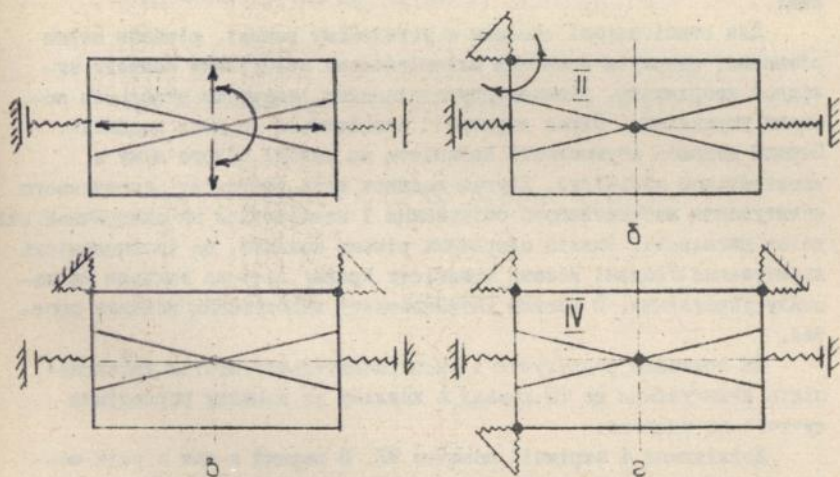
Мад.7. Функціональна схема системи управління наведенням:
а - традиційна, б - автоматизована

БК - бортовий комп'ютер; ОП - оператор; ОУ - об'єкт управління; УПС - устрій перевірки сигналів; ПЗЗ - прибогний зворотній зв'язок; КЗЗ - контрольний зворотній зв'язок.



Мал. 8. Експериментальні записи сигналів управління наведенням

T_I - проміжок часу наведення і насадки посадочного отвору на перший лобик; T_{II} - також на другий T_{III} - також на третій T_{IV} - також на четвертий $t_i \div t_{2i}$ - проміжки часу між сигналами



Мал. 9. Схема стану монтажної блоку в процесі наведення а, б, в, г - з двома, з трьома, з чотирма, з п'ятьма пружинними зв'язками відповідно

швидкодія системи наведення "людина-кран" складає 2,16 с.

Аналіз точності системи наведення що описана лінійною системою рівнянь /16/, зводиться до рішення звичайних диференціальних рівнянь помилок вихідних координат складених для математичних очікувань / M / і кореляційних моментів / θ /, що мають вигляд

$$\begin{aligned} \dot{M} &= Z - (A + \sum_{j=1}^n v_i B_j) M, \quad M(0) = M_0, \\ \dot{\theta} &= - (A + \sum_{j=1}^n v_i B_j) \theta - \theta (A + \sum_{j=1}^n v_i B_j)^T + \sum_{j=1}^n v_i B_j \theta B_j^T + \\ &+ C S C^T + \sum_{j=1}^n v_i (B_j M) (B_j M)^T, \quad \theta(0) = \theta_0, \end{aligned} \quad /18/$$

де A, B, C - постійні коефіцієнти залежні від параметрів системи;

v - постійна інтенсивність пуассонівського квантування.

Ці рівняння рішення числовим методом з використанням ЕВМ, проте при деяких спрощених задачі рішення одержується в явному вигляді.

Для стаціонарної системи в усталеному режимі, рішення перше рівняння, одержує значення математичного очікування помилки вихідної координати, рішення друге рівняння, одержує дисперсію помилки управління. Вираз дисперсії складається із двох доданків. Перший доданок обумовлений наявністю на виході білого шуму з спектральною щільністю. Другий доданок є результатом випадкового квантування математичного очікування і називається параметричною складовою дисперсії. Аналіз одержаних рішень показав, що інтенсивність квантування /подачі команд машиністу крана/ суттєво впливає на помилку управління. З ростом інтенсивності квантування помилка зростає.

Як показали розрахунки і експериментальний монтаж інтенсивність квантування до 10 команд в хвилину на помилку управління суттєво не впливає.

Досліджені 4 варіації посадки МЕ. В першій з них в усіх чотирьох вузлах з'єднання блока з колонами використано пристрій симетричного типу. В третій - один пристрій симетричного і три несиметричного типу. В четвертій - по одній діагоналі - два пристрої симетричного, а по другій - несиметричного типів.

При виборі варіацій основним критерієм являється точність посадки блоку на колонки. Положення одичного блоку в плані після посадки в ортогональній системі координат можна описати системою стохастичних тригонометричних рівнянь /мал.10/.

$$\Delta_2 \sin \alpha_2 + \varepsilon_2 \sin \beta_2 - \Delta_1 \sin \alpha_1 - \varepsilon_1 \sin \beta_1 = 0,$$

$$\Delta_3 \cos \alpha_3 + \varepsilon_3 \cos \beta_3 - \Delta_2 \cos \alpha_2 - \varepsilon_2 \cos \beta_2 = 0,$$

$$\Delta_3 \sin \alpha_3 + \varepsilon_3 \sin \beta_3 - \Delta_4 \sin \alpha_4 - \varepsilon_4 \sin \beta_4 = 0,$$

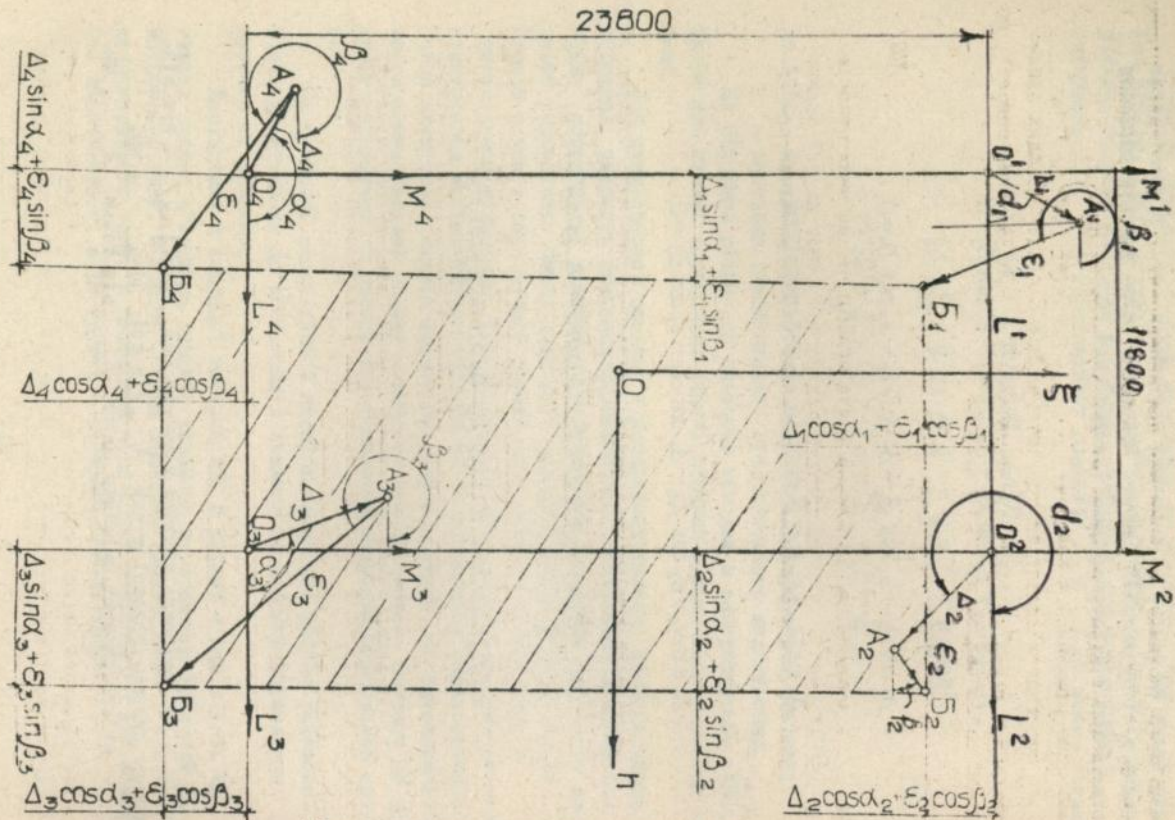
$$\Delta_4 \cos \alpha_4 + \varepsilon_4 \cos \beta_4 - \Delta_1 \cos \alpha_1 - \varepsilon_1 \cos \beta_1 = 0,$$

$$(\delta_1 \delta_2 + \Delta_2 \sin \alpha_2 + \varepsilon_2 \sin \beta_2 - \Delta_1 \sin \alpha_1 - \varepsilon_1 \sin \beta_1)^2 - \quad /19/$$

$$+ (\delta_1 \delta_4 + \Delta_3 \cos \alpha_3 + \varepsilon_3 \cos \beta_3 - \Delta_2 \cos \alpha_2 - \varepsilon_2 \cos \beta_2)^2 -$$

$$- (\delta_1 \delta_2^2 + \delta_1 \delta_4^2) = 0,$$

де β_i - кут зміщення вектора відносно осі, град.; α_i - кут відхилення опорно-вузлової точки A_i від осі $O_i L_i$, мм;
 ε_i - ексцентриситет зміщення точки B_i від точки A_i , мм



Мал. 10. Схема посадки монтажного блока

Проведений аналіз цієї системи нелінійних рівнянь з вісьмама невідомими ε_i , β_i , $i = 4$ після рішення на персональному комп'ютері показав, що вона має при випадкових α_i , Δ_i безліч рішень, при чому $\varepsilon_1 \neq \varepsilon_2 \neq \varepsilon_3 \neq \varepsilon_4$, тобто ексцентриситети зміщення на кожній опорі різні; не мають ні жодного рішення при $\varepsilon_1 = \varepsilon_2 = \varepsilon_3 = \varepsilon_4$, має одне рішення при заданому ε_1 , при чому $\varepsilon_2 \neq \varepsilon_3 \neq \varepsilon_4$.

Постановка задачі вибору оптимальної варіації посадки заключається в мінімізації деякої функції Φ_T - показника точності, що являє собою квадратичний функціонал

$$\Phi_T = \sum_{i=1}^n \sqrt{(\xi_i^2 + \eta_i^2)}, \quad /20/$$

де ξ_i - координати відхилення точок центрів посадочних отворів b_i по осі абсцис; η - координати відхилення точок по осі ординат.

Координати відхилення ξ_i , η точок b_i визначаються по формулам

$$\begin{aligned} \xi_i &= \Delta_i \cos \alpha_i + \varepsilon_i \cos \beta_i, \\ \eta_i &= \Delta_i \sin \alpha_i + \varepsilon_i \sin \beta_i. \end{aligned} \quad /21/$$

Як показав комплексний аналіз техніко-економічних показників оптимальною являється варіація 2, при котрій в усіх чотирьох вузлах блока покриття з колонами застосованій монтажний фіксатор симетричного типу.

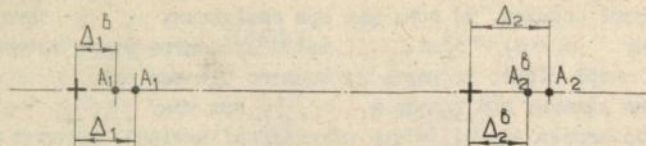
Розглянуті умови мінімального збудженого просторового стану опорних конструкцій. Досліджені границі рівнянь збудженого стану опорних конструкцій при посадці лінійних і просторових монтажних елементів /мал. II/.

Для багатопрольотного будинку другий блок другого прольоту являється рядовим і самим масовим. Для таких блоків збуджений стан колон можна записати залежністю

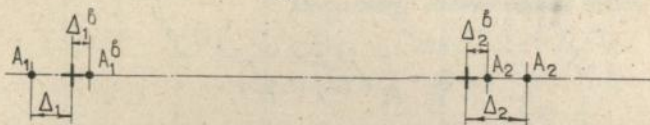
$$\begin{aligned} n_{ijs}^b &= \frac{\Delta_{ijs} \sin \alpha_{ijs} + j \Delta_{(i-1)j(s+1)} \sin \alpha_{(i-1)j(s+1)}}{j+1}, \\ \xi_{ijs}^b &= \frac{\Delta_{ijs} \sin \alpha_{ijs} + i \xi_{(i-1)js}}{i+1}, \end{aligned} \quad /22/$$

де i - номер прольоту будинку починаючи з крайнього; j - номер блоку від торця будинку; s - номер не зв'язаної блоками колонія.

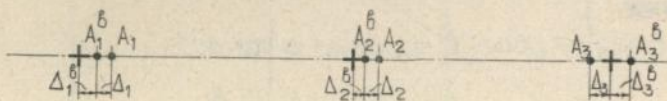
Дослідження границі рівнянь /22/ показало, що при монтажі безмежно великого числа прольотів / $i \rightarrow \infty$ / і безмежно великого числа блоків в прольоті / $i \rightarrow \infty$, $j \rightarrow \infty$ / границі рівнянь



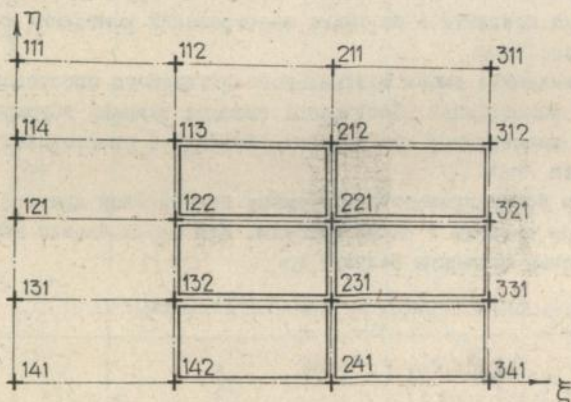
а



б



в



г

Мал. II. Схема посадки монтажных элементов:
 а, б, в - для линейных конструкций;
 г - для просторового блока.

/22/ сходяться до нуля, що можна інтерпретувати як поліпшення вертикальності колон.

Рівнена задача про мінімізацію дії на опорні конструкції при посадці МЕ для запобігання чи значного зменшення розпіру /натягу/. Визначені умови запобігання натягу які описуються системою несуворок нерівностей.

$$\begin{aligned} \Pi &\leq W \\ W &\leq \frac{H \cdot z}{2d} \\ \Pi &\leq \frac{d_0}{2} + \Delta_s, \end{aligned} \quad /23/$$

де Π - вільне переміщення головки колони при посадці блоків, мм;
 W - зміщення головки колони, мм; z - шаг різьби анкера, мм.

Для запобігання зусиль натягу пропонується при монтажі колон зтяжку гайок на анкерах фундаментів виконувати в два прийоми.

В процесі монтажу і вивірки колон гайки анкерних болтів недогвинчують на чверть обороту для швидкої установки блоків покриття. Тільки після цього гайки загвинчують до кінця, піддивають плити колон бетоном, монтуєть вертикальні зв'язки і розпорки в даній чарунці.

Експериментальні зразки монтажних фіксаторів, випробувані на дію вертикальних і горизонтальних навантажень, на зусилля спрацювання при монтажі.

Побудовані графіки податливості вузлів при розрахункових експлуатаційних навантаженнях.

Випробування монтажних фіксаторів і автоматичних захватів проводились на випробувальній машині СД-100. Завантаження дослідних зразків здійснювалось ступенями. Величина ступені завантаження приймалась рівною 0,1 від розрахункового навантаження. В залежності від конструкції монтажних фіксаторів заміри взаємних зміцнень їх елементів здійснювалися з допомогою індикаторів годинникового типу з ціною поділки 0,001 мм і 0,01 мм.

Випробування показали, що запропоновані монтажні фіксатори спрацьовують від сили тяжіння монтажної конструкції, а по міцності по роботі на зріз, вигиб і розтяг вони не поступають традиційним болтовим з'єднанням.

На основі проведених теоретичних і експериментальних досліджень дисертантом розроблена система напівавтоматичних пристроїв /СНП/ працюючих під дією сили тяжіння. СНП складається із наступних структурних елементів:

захватні пристрої /ЗП/;
 монтажні фіксатори /МФ/;
 пристрої наведення /ПН/.

Досліджені характер і умови взаємодії елементів системи, запропоновані диференціальні рівняння для опису процесів насадки монтажного елемента на вловлювачі, посадки в проектне положення, повернення металоконструкцій крану в початковий стан, позиціонування захватних пристроїв.

Швидкодії СНП в детермінованій постановці запропоновано розраховувати як багатолінійно-багатофазну систему.

$$\theta_{спу} = \max \left\{ \begin{array}{l} \theta_{11} + \theta_{21} + t_3 + \theta_{41} \\ \theta_{12} + \theta_{22} + t_3 + \theta_{42} \\ \theta_{13} + \theta_{23} + t_3 + \theta_{43} \\ \theta_{1m} + \theta_{2m} + t_3 + \theta_{41} \end{array} \right\}$$

де $\theta_{11} - \theta_{1m}$ швидкодія посадки опорного вузла на вловлювач, с;
 $\theta_{21} - \theta_{2m}$ тех посадки в проектне положення, с; t_3 - тривалість повернення металоконструкцій крану в вихідне положення, с; $\theta_{41} - \theta_{4m}$ - швидкодія розструповки автоматичних захватів, с.

В стохастичній постановці швидкодія СНП розраховується по результатам статистичних досліджень швидкодії елементів як системи масового обслуговування.

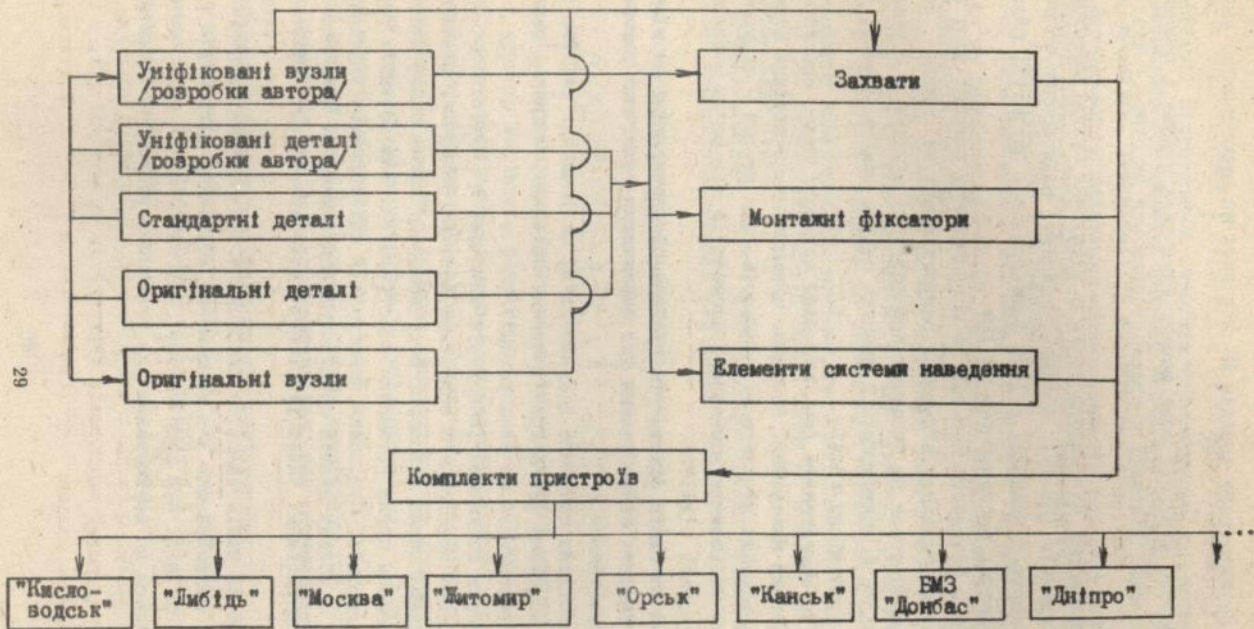
Під науковим керівництвом і з безпосередньої участю покупача розроблена система пристроїв, до складу якої входять 20 типів монтажних фіксаторів, 9 типів автоматичних захватів і 3 типи вловлювачів.

Розроблено метод проектування системи напівавтоматичних пристроїв на основі уніфікації деталей і вузлів, що дозволяє з мінімальними затратами формувати комплекти пристроїв для різних типів будинків /мал. 12/.

Роботи по уніфікації проводилися в напрямку використання в нових розробках пристроїв раніше спроектованих, освоєних в виробництві вузлів і деталей.

В результаті одержана раціональна номенклатура деталей і вузлів, що дозволило скоротити строки розробок, підготовки виробництва, виготовлення, проведення технічного обслуговування і ремонту /в експлуатації/ наряду з високою якістю.

Монтажний фіксатор /МФ/ - пристрій що забезпечує під дією сили тяжіння разову посадку і постійну силову фіксацію монтажного елемента в проектному положенні. Елементи фіксатора кріпляться перед монтажом до опорних будівельних конструкцій і до монтажного



Мал. 12. Схема створення комплектів напівавтоматичних пристроїв для монтажу різних типів ЛМК

елементу. По характеру посадки МФ діляться на симетричні і несиметричні.

По способу фіксації вони можуть бути дискретними і континуальними. По степені фіксації в просторі діляться на одну, - двох - і трьохмірні.

МФ призначені для використання в наступних вузлах металоконструкцій будинків [36-47]: колона-фундамент; надколонник-колона; стійка фахверка-фундамент; стійка фахверка-блок покриття; ригель-стійка фахверка; прогон-ферма та інші.

Монтажні фіксатори при тих же розрахованих силових діях в 1,2 рази легші болтових з'єднань. Затрати праці на монтаж конструкцій зменшуються на висотних операціях як мінімум в 2 рази, так як замість 6 монтажників в процесі беруть участь 3 чол., практично без підйому до вузлів.

Один із монтажників /як зворотний зв'язок/ веде спостереження за процесами наведення, посадки, спрацювання монтажних фіксаторів і розстроповки автоматичних захватів, два других - керують просторовим положенням монтажного елемента з допомогою монтажних фалів з нульової відмітки.

Кожний із типів фіксаторів пройшов багаточисленні на міцність і технологічність випробування для визначення технічних параметрів і умов застосування.

Підготовлена технічна документація, що дозволяє серійно виготовляти монтажні фіксатори /технічні завдання, технічні умови, паспорти, інструкції по експлуатації/.

Комплекти монтажних фіксаторів показані в [23].

Строповка конструкцій захватами напівавтоматична, розстроповка автоматична через фіксоване безупинне опускання кінця вантажного поліспасти після установки конструкції і лише повного розслаблення стропів. Строповка конструкцій здійснюється через отвори $\varnothing 60$ мм чи в обхват вузлів підстропником довжиною до 3 м. Особливості в використанні захватів різних типів конструкцій показані в [21].

Кожний із типів захватів пройшов багаточисленні на міцність і монтажні випробування для визначення технічних параметрів і умов застосування. При виготовленні чергової партії один екземпляр випробується до зруйнування для уточнення міцносних характеристик,

перевірки марок сталей і параметрів термічної обробки, що вказані в сертифікаті. Підготовлена технічна документація, що дозволяє серійно виготовляти автоматичні захвати /технічні завдання, технічні умови, паспорти, інструкції по експлуатації/.

Автоматичними захватами можна облаштувати як траверси, так і багатогілкові стропи. Захват може розструлюватися як автоматично, так і дистанційно з допомогою фалу.

Всі типи захватів і монтажних фіксаторів що серійно виготовляються по документації НДПБВ узгоджено з Міськдержтехнадзором і Держстандартом України.

Розроблена методика вибору комплекту автоматичних пристроїв із системи для монтажу конкретного типу будинку. Постановка задачі про вибір комплекту зведена до наступного. Нехай маються на увазі два варіанти комплекту для монтажу, наприклад, блоку покриття. Позначивши X_1, X_2 , кількість блоків змонтованих по першому чи другому варіантам відповідно.

Витрати монтажу H при кожному варіанті залежать від кількості змонтованих блоків наступним чином

$$H_1(X_1) = a_0 + a_1 X_1 + a_2 [f_1(X_1)], \quad a_1, a_2 > 0,$$

$$H_2(X_2) = b_0 + b_1 X_2 + b_2 [f_2(X_2)], \quad b_1, b_2 > 0,$$

де a_0, b_0 - одночасні витрати на напівавтоматичні пристрої по першому і другому варіантам відповідно; a_1, b_1 - витрати коштів на кожний змонтований блок по першому і другому варіантам відповідно; a_2, b_2 - заробітна плата за монтаж одного блоку по першому і другому варіантам; $f_1(X_1)$ - деяка функція працевитрат при монтажі блоків по першому варіанту /представлена в табличній формі/; $f_2(X_2)$ - теж саме по другому варіанту.

За деякий проміжок часу необхідно змонтувати $(X_1 + X_2 = c)$ блоків, розподіливши їх між двома варіантами так, щоб мінімізувати загальні витрати.

Складається функція Лагранжа для цієї задачі

$$L_1(X_1, X_2, \lambda) = a_0 + a_1 X_1 + a_2 [f_1(X_1)] + b_0 + b_1 X_2 + b_2 [f_2(X_2)] + \lambda(c - X_1 - X_2),$$

де λ - множник Лагранжа.

Взявши часткові похідні функції Лагранжа по X_1, X_2, λ і, прирівнявши їх до нуля, одержим систему рівнянь:

$$L_{X_1} = a_1 + \{a_2 [f_1(X_1)]\}' - \lambda = 0,$$

$$L_{X_2} = b_1 + \{b_2 [f_2(X_2)]\}' - \lambda = 0,$$

$$L_\lambda = c - X_1 - X_2 = 0.$$

Рішивши цю систему з використанням числового диференціювання функцій $f_1(X_1), f_2(X_2)$, даних в табличній формі, знаходимо відшукані кількості X_1^0, X_2^0 .

Запропонована методика дозволяє розробнику із багатьох варіантів комплектів напівавтоматичних пристроїв вибрати найбільш ефективні.

По результатам досліджень складено пакет програм для рішення ряду задач:

- розрахунок параметрів вітрової дії на МЕ;
- розрахунок параметрів маятникових коливань МЕ;
- розрахунок параметрів обертових коливань МЕ;
- розрахунок і вибір оптимальних технологічних параметрів при наведенні і посадці МЕ на вловлювачі;
- розрахунок і вибір оптимального комплекту обладнання для автоматизованого монтажу.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ І РЕКОМЕНДАЦІЇ

1. Теоретично обґрунтовано і практично підтверджено положення про використання потенціальної енергії монтажного елемента при виконанні висотних операцій наведення, посадки і закріплення конструкцій.

2. Розроблені наукові основи високоіндустріальної технології монтажу включно з методами розрахунку переміщень динамічної системи "монтажний елемент", методи розрахунку і моделювання "людина-машини" системи управління наведенням, методики вибору оптимальних

варіацій насадки на вловлявачі і посадки монтажних елементів на опори. Визначені оптимальні способи стабілізації маятникових і обертових коливань з допомогою крану. Експериментально проведена ідентифікація зусиль спрацювання монтажних фіксаторів, побудовані графіки /зусилля – переміщення/ і установлені закономірності збудженого просторового стану опорних конструкцій. Розроблена методика вибору комплектів обладнання по критерію загальносистемних затрат і пакет програм розрахунку технологічних параметрів.

3. Створена високоіндустріальна технологія монтажу легких металевих конструкцій для різних типів будинків масового застосування, в т.ч. будинків модульного типу.

4. Створена система обладнання /автоматичні захвати, монтажні фіксатори, вловлявачі/, що дозволяє реалізувати нову технологію монтажу конструкцій. Монтажні фіксатори і автоматичні захвати поставлені на серійне виробництво. Їх номенклатура дозволяє монтувати практично всі типи легких металевих конструкцій.

5. Працездатні і небезпечні для здоров'я і життя монтажників операції, що раніше виконувалися на висоті – наведення, посадка, фіксація конструкції в проектному положенні і її розстроповка здійснюється без використання ручної праці і енергоносіїв екологічно чистим і безпечним методом, що значно підвищує культуру виробництва і безпеку робіт.

6. Занятість крана на монтажних операціях і відповідно енергоємність монтажу зменшується до 20%, працездатність монтажних верхозаїзних робіт зменшується до 75%, а строки монтажу в цілому скорочуються до 30%.

7. Під авторським наглядом дисертанта в монтажних організаціях НВО Укрстальмонтаж державної корпорації "Укрмонтажспецбуд" в 1989-93 рр. по запропонованій технології змонтовано 60 будинків-модулів типу "Москва", "Орськ", "Кисловодськ" та інш. загальною площею 107 тис.м² з економічним ефектом 1,8 млн.крб. /по рівню цін грудня 1991 року/.

8. Наукові результати роботи можуть бути використані для будівництва багатопверхових будинків-модулів, висотних споруд /башень і щогл/, реконструкції виробничих будинків, при створенні кранів-маніпуляторів для монтажних робіт та в інших областях народного господарства.

Основні положення дисертації опубліковані в роботах:

1. П.П.Федоренко, В.П.Ткаченко. Монтаж покриття промислових споруд. К.: "Будівельник", - 1980, - 158 с.
2. П.П.Федоренко, Ю.І.Зибін. Ефективність зборочно-монтажного конвеєру. - К.: "Будівельник", - 1983, - 94 с.
3. Ю.І.Зибін, П.П.Федоренко. Ефективні способи монтажу будівельних конструкцій. - К.: "Будівельник", - 1986, - 62 с.
4. П.П.Федоренко, А.А.Шкромача. Індустріальні методи будівництва промислових підприємств. - К.: "Будівельник", - 1988, - 197 с.
5. П.П.Федоренко, Ю.Д.Обламієв, В.І.Самоїд. Повнозбірний монтаж виробничих будинків із легких металевих конструкцій комплектної поставки. - К., - 1988 - /буд-во: оглядінформ/ УкрНДІНТІ. Сер. Технологія організація і управління будівництва. Вип.4, - 36 с.
6. П.П.Федоренко. Ширше впроваджувати повнозбірні будинки із ЛМК комплектної поставки. Промислове будівництво і інженерні споруди. - 1986, №3, - с.14-15.
7. П.П.Федоренко. Індустріально-системні методи монтажу легких металевих конструкцій. Промислове будівництво. №6 - 1986, - с.11-12.
8. П.П.Федоренко, Ю.Д.Обламієв. На шляху до безлюдної технології монтажу ЛМК. Промислове будівництво і інженерні споруди, - №2, - 1989.
9. П.П.Федоренко. АСУ монтажу великих блоків і конструкцій. Промислове будівництво, - №9, - 1990.
10. П.П.Федоренко. Монтаж ЛМК з використанням автоматичних пристроїв. Промислове будівництво. - №12, - 1990.
11. П.П.Федоренко, К.Медіна Гарсія. Високоіндустріальна технологія монтажу легких металевих конструкцій. Промислове будівництво і інженерні споруди. - №1, - 1991.
12. П.П.Федоренко. Маятникові коливання монтажного блоку. 30-а збірка НДІЕВ Держбуду УРСР. - Будівельне виробництво. - 1991.
13. П.П.Федоренко. Математична модель дії вітру на монтажний елемент. 31-а збірка НДІЕВ Держбуду УРСР. - Будівельне виробництво. - 1992.
14. П.П.Федоренко. Монтаж збірних будинків-модулів з використанням автоматичних пристроїв. УкрНДІНТІ, - 1990, 2 с.

15. П.П.Федоренко. Математична модель обертових коливань монтажного елемента. Промислове будівництво і інженерні споруди. - №2, - 1991, с.28-29

16. П.П.Федоренко. Ефективність самофіксуючих монтажних пристроїв в умовах ринку. Промислове будівництво. - №8, - 1991, - с.3-4.

17. П.П.Федоренко. Вибір способу посадки монтажного блоку. Будівництво і архітектура. - №8, - 1991, -с.70-72.

18. П.П.Федоренко. Вибір комплексу автоматичних пристроїв. Промислове будівництво. - №9, - 1991, - с.20-21

19. П.П.Федоренко. Монтаж легких металевих конструкцій з використанням самофіксуючих монтажних з'єднань і автоматичних захватів. УкрНДІНГІ, - 1991, 2 с.

20. П.П.Федоренко. Вибір варіації посадки монтажного блоку. Промислове будівництво і інженерні споруди. - №1, - 1991.

21. П.П.Федоренко. Автоматичні захвати для монтажу будівельних конструкцій. Промислове будівництво і інженерні споруди. - №3, 1991, с.32-33.

22. П.П.Федоренко. НТП і безпека праці. Промислове будівництво і інженерні споруди. - №3, - 1991, - 6 с.

23. П.П.Федоренко, А.Й.Бреусенко. Створення системи автоматичних пристроїв для монтажу ЛМК різних типів будинків-модулів. Промислове будівництво і інженерні споруди, №2, - 1992, с.22-24

24. П.П.Федоренко. Самофіксуючі монтажні з'єднання для монтажу ЛМК. Промислове будівництво. №5, - 1992.

25. П.П.Федоренко. Технологічні параметри насадки монтажного елемента на вловлювачі. Промислове будівництво і інженерні споруди, - 1992, - №3, с.23-24

26. П.П.Федоренко. Стабілізація маятникових коливань монтажного блоку з допомогою крану. Збірка "Будівельне виробництво" ОП НДІЕВ, 1992.

27. П.П.Федоренко. Дія елементів системи автоматичних параметрів. Збірка наукових праць ОП НДІЕВ "Основи, фундаменти, монтажні і бетонні роботи", 1992.

28. Дія на опорні конструкції при посадці монтажного елемента. Будівництво України, №1, - 1993.

29. Гасіння обертових коливань монтажного елемента монтажними фалами. Будівництво України, №2, - 1994.

30. А.с. №1486460. Захватний пристрій для порожнистих виробів. /Федоренко П.П., Палалуца А.В./.
31. А.с. №1574750. Вузол з'єднання стінової панелі з колоном /Харченко Д.А., Федоренко П.П./.
32. А.с. №1636535. Вузол з'єднання блока покриття з колоном /Федоренко П.П., Клименюк Е.Л./.
33. А.с. №1622544I. Вузол з'єднання структурного блоку покриття з колоном /Федоренко П.П., Щербальський А.Л./.
34. А.с. №1629430. Стінові з'єднання блоку покриття з колоном /Федоренко П.П., Клименюк Е.Л./.
35. А.с. №1654232. Захватні пристрої для виробів з отворами /Федоренко П.П., Палалуца А.В./.
36. Патент №1654230. Захватний пристрій для виробів з отворами /Федоренко П.П., Палалуца А.В./.
37. А.с. №1636636. Пристрій для з'єднання /Федоренко П.П., Клименюк Е.Л./.
38. А.с. №170185I. Пристрій для з'єднання /Федоренко П.П./.
39. А.с. №1693212. Вузол з'єднання металевих конструкцій /Федоренко П.П./.
40. А.с. №1629430. Стикові з'єднання блоку покриття з колоном /Федоренко П.П./.
41. А.с. №1742429. Вузол кріплення елемента факверку до несучого елемента будинку /Федоренко П.П., Клименюк Е.Л., Палалуца А.В./.
42. Рекомендації по використанню самофіксувальних монтажних з'єднань. Стальні конструкції одноповерхових промислових будинків з покриттям типу "Москва" /шифр 774 КМ/. ЦНДПроектлегконструкція, НДІЕВ Держбуду УРСР, 1991, с.15.
43. Посібник по використанню самофіксувальних монтажних з'єднань і стропових пристроїв. Стальні конструкції одноповерхових промислових будинків з покриттям типу "Житомир", НДІЕВ Держбуду УРСР, - 1991, с.38.
44. Посібник по використанню самофіксувальних монтажних з'єднань і автоматичних захватів. Стальні конструкції будинків-модулів типу "Кисловодськ", ОП НДІЕВ Держбуду України, - 1992, с.29.
45. Посібник по використанню монтажних фіксаторів і автоматичних захватів при монтажі ЛМК уніфікованих швидкомонтуємих будинків /ШМЕ/, ОП НДІЕВ Держбуду України, 1992, с.27.

46. Посібник по використанню монтажних фіксаторів і автоматичних захватів при монтажі будинків-модулів типу "Орск", ОП НДІБВ Держбуду України, - 1992. с.18.

47. Посібник по використанню монтажних фіксаторів і автоматичних захватів при монтажі будинків із ЛМК серії "Либідь", - 1993. с.13

48. ТІР 2010КМ "Уніфікований будинок /модуль/ із легких металевих конструкцій. Будинок з використанням конструкцій покриття типу "Москва" /24x72 м/, УДПТКІ "Укрстальпроект", - 1990. с.31

49. Шифр П-1609 "Уніфіковані сталеві конструкції комплектної поставки для одноповерхових виробничих будинків з прольотами 18, 24 і 40 м", ЦНДІ Проектстальконструкція ім.Мельникова, Москва, - 1990. с.49.

50. Типові конструкції, виробі і вузли будинків і споруд. Шифр 774 КМ "Сталеві конструкції одноповерхових промислових будинків з покриттям типу "Москва", ЦНДІ Проектлегконструкція, - 1991. с.40.

51. Будинок-модуль 30x30 з покриттям структурного типу із плоских ферм. Шифр І87-36-КМ, УкрНДІ Проектстальконструкція, - 1992.

52. Будинок-модуль із легких металевих конструкцій типу "Либідь", ОП НДІБВ, - 1992. с.39.

53. Посібник по використанню монтажних фіксаторів і автоматичних захватів при монтажі будинків-модулів системи "Квадрат" с.20.

AB 31.051

AB 31.051