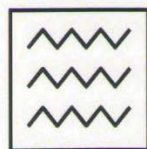


НУВГП

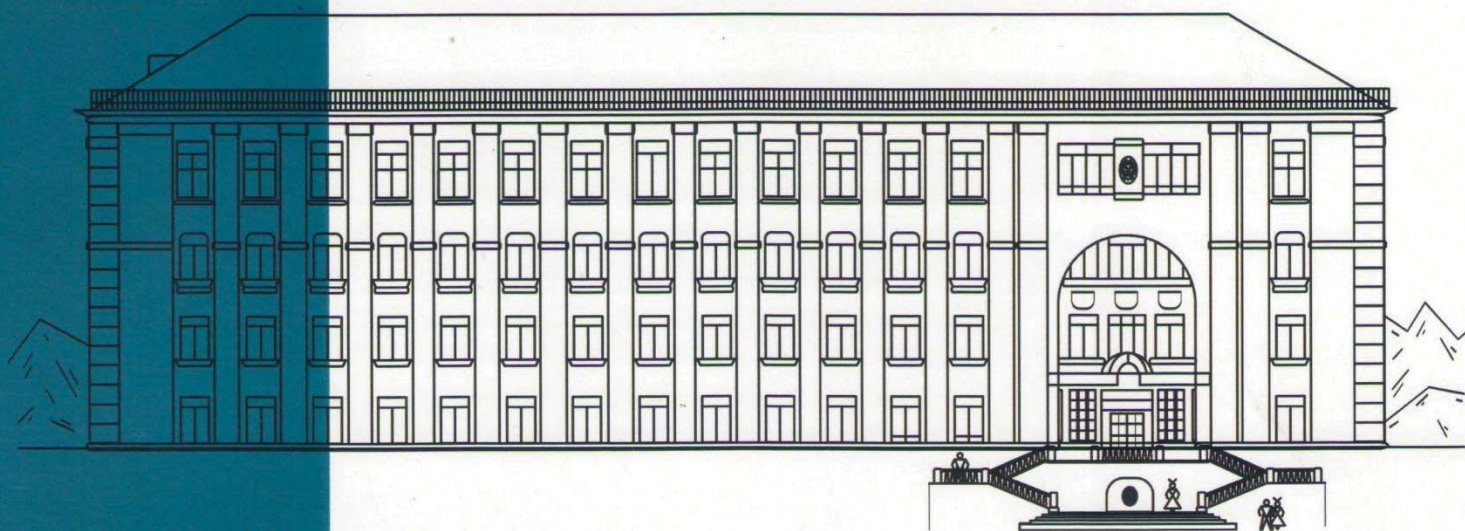


Національний університет
водного господарства
та природокористування

ЗБІРНИК МАТЕРІАЛІВ КОНФЕРЕНЦІЇ

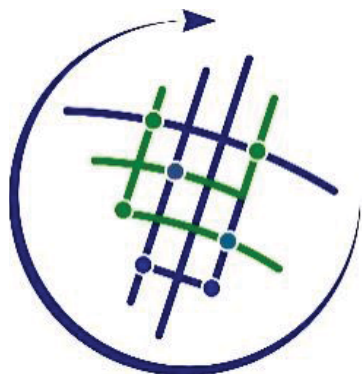
ТРЕТЯ
МІЖНАРОДНА НАУКОВО-ТЕХНІЧНА
ІНТЕРНЕТ-КОНФЕРЕНЦІЯ
«ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ РОЗВИТКУ
МАШИНОБУДУВАННЯ ТА ЕФЕКТИВНОГО
ФУНКЦІОНУВАННЯ ТРАНСПОРТНИХ
СИСТЕМ»

19-20 ЖОВТНЯ 2022 року



Рівне 2022

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ВОДНОГО ГОСПОДАРСТВА ТА
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ
КАФЕДРА ТРАНСПОРТНИХ ТЕХНОЛОГІЙ І ТЕХНІЧНОГО СЕРВІСУ**



INTERMARIUM
FUNDACJA

ТРЕТЯ

**МІЖНАРОДНА НАУКОВО-ТЕХНІЧНА ІНТЕРНЕТ-КОНФЕРЕНЦІЯ
У СПІВПРАЦІ З ФОНДОМ INTERMARIUM**

**«ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ РОЗВИТКУ МАШИНОБУДУВАННЯ ТА
ЕФЕКТИВНОГО ФУНКЦІОНУВАННЯ ТРАНСПОРТНИХ СИСТЕМ»**

19-20 ЖОВТНЯ 2022р.

РІВНЕ – 2022

*Рекомендовано науково-методичною радою з якості
навчально-наукового механічного інституту
Національного університету водного господарства та природокористування
(протокол №2 від 25 жовтня 2022 року)*

Рецензенти:

Савіна Н.Б., проректорка з наукової роботи та міжнародних зв'язків Національного університету водного господарства та природокористування, д.е.н., професорка;

Сорока В.С., проректор з науково-педагогічної та навчальної роботи Національного університету водного господарства та природокористування, к.с.-г.н., доцент;

Марчук М.М., директор навчально-наукового механічного інституту Національного університету водного господарства та природокористування, к.т.н., професор;

Кравець С.В., д.т.н., професор кафедри будівельних, дорожніх, меліоративних, сільськогосподарських машин і обладнання Національного університету водного господарства та природокористування;

Кристончук М.Є., к.т.н., доцент кафедри транспортних технологій і технічного сервісу Національного університету водного господарства та природокористування;

Козяр М.М., д.п.н., професор, завідувач кафедри теоретичної механіки, інженерної графіки та машинознавства Національного університету водного господарства та природокористування.

Відповідальний за випуск:

Никончук В.М., д.е.н., в.о. завідувача кафедри транспортних технологій і технічного сервісу Національного університету водного господарства та природокористування.

Тези доповідей друкуються в авторській редакції.

Редакційна колегія не несе відповідальності за достовірність інформації, поданої в роботах, та залишає за собою право не погоджуватися з думкою авторів на викладені проблеми.

Інноваційні технології розвитку машинобудування та ефективного функціонування транспортних систем: матеріали III Міжнародної науково-технічної інтернет-конференції 19-20 жовтня 2022р. Рівне : НУВГП, 2022. 301с. Електронне видання.

У збірнику представлені теоретичні та практичні результати напрацювань в царині інноваційних технологій в будівельному, дорожньому і сільськогосподарському машинобудуванні, ефективного функціонування транспортних систем, логістичного забезпечення транспортних процесів, конструювання, технічної експлуатації і ремонту транспортних засобів, а також вітчизняного та зарубіжного досвіду підготовки фахівців у закладах вищої освіти, виконаних науково-педагогічними та науковими працівниками, докторантами, аспірантами та студентами закладів освіти, науки та інших організацій.

Посвідчення УкрІНТЕІ № 410 від 15.09.2022р.

© Національний університет водного
господарства та природокористування, 2022

ЗМІСТ

СЕКЦІЯ 1 ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ В БУДІВЕЛЬНОМУ, ДОРОЖНЬОМУ І СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОМУ МАШИНОБУДУВАННІ

Галицький Олег	Удосконалення гідромеханічного приводу машин для будівництва та ремонту автомобільних і залізничних шляхів	11
Голотюк Микола Могілевець Сергій Забродоцька Людмила	Машини для подрібнення матеріалів	13
Голотюк Микола Налобіна Олена Бундза Олег	Мехатронні системи в управлінні сільськогосподарською технікою	15
Дейнека Катерина Науменко Юрій Матеюк Сергій	Експериментальне вивчення умов утворення пристінкового шару зв'язного зернистого завантаження обертового барабана	17
Дейнека Катерина Науменко Юрій Мушик Дмитро	Експериментальне вивчення умов утворення пристінкового шару рідкого та незв'язного зернистого завантаження обертового барабана	22
Дейнека Катерина Науменко Юрій Степанюк Богдан	Експериментальне вивчення прояву ефекту реологічного гістерезису руху зв'язного зернистого завантаження обертового барабана	28
Забіяка Наталія Пироженко Євгенія Себко Вадим	Сумісний вимірювальний контроль фізико-механічних параметрів виробів обладнання переробних і харчових виробництв	33
Захаров Андрій Рибалко Іван	Підвищення ресурсу деталей робочих органів сільськогосподарської техніки при абразивному зношуванні	37
Кебко Олександр Чмуж Ярослав	Визначення стану машин для земляних робіт за величиною загального коефіцієнта корисної дії	39
Кондратюк Олександр Кобиліус Олександр Голоюх Сергій	Енергетичне дослідження технологічного процесу вібраційно-відцентрової обробки деталей машин	41
Лузан Сергій Ситников Павло	Підвищення ресурсу деталей машин з високовуглецевих сталей за рахунок газополуменевого напилення композиційних матеріалів	45
Мохрик Олександр Нечидюк Анатолій Бундза Олег	Вдосконалення видаткових бункерів дозуючого комплексу з виробництва бетону	47
Налобіна Олена Заборовська Софія	Технології та технічні засоби для збирання технічних конопель	50

Нечидюк Анатолій Холошенко Роман	Сторічний ювілей випуску першого українського трактора	52
Паламарчук Дмитро Санкін Ілля	Система керування механізмом повороту крана	58
Пуць Віталій Мартинюк Віктор	Задача оптимізації енерговитрат на виконання технологічного процесу у сільському господарстві	62
Пшеничний Андрій Рижий Олександр Серілко Леонід	Дослідження кінематики коромисло-повзункового механізму поршневих двигунів внутрішнього згоряння	64
Рибалко Іван Доценко Олександр	Застосування зносостійких термооброблених сталей у заміну металокерамічних твердих сплавів	67
Рибалко Іван Міранович Едуард	Дослідження відновлення шліцьових поверхонь карбохромуманням	69
Серілко Леонід Сасюк Зоя Серілко Дмитро	Дослідження нових конструкцій інерційних конвеєрів для транспортування сипких матеріалів	72
Тіхонов Олександр Дашутін Андрій	Технологія зміцнення методом нанесення технічної кераміки дискових робочих органів борін	74
Тіхонов Олександр Крамська Лариса	Визначення температури в тілі деталі при відновленні рельєфних поверхонь деталей електроконтактним зварюванням з одночасним осаджуванням	77
Чмуж Ярослав Галицький Олег Кебко Олександр	Низькообертотий високомоментний гідромотор з розміщенням циліндрів по колу в одній площині	80
Шимко Андрій	Аналіз зміни компонентів напружень у ґрунті від дії пруткової сепарувальної поверхні робочого органу картоплезбиральної машини	82

СЕКЦІЯ 2 ТРАНСПОРТНІ СИСТЕМИ І ЛОГІСТИКА

Hukaliuk Nadiia Savchenko Lidiia	Importance of risk management tools application for supply chain	84
Nerubatskyi Volodymyr Hordiienko Denys	Increasing the energy efficiency of the charging station for electric vehicles with single-stage conversion of electric energy	87
Nerubatskyi Volodymyr Hordiienko Denys	System of electromechanical energy conversion of the electric drive of the rolling stock with inertial energy accumulator	90
Pashkevych Svetlana Nykonchuk Viktoriia Tkachuk Dmytro	Logistics concepts in the strategic management system	93
Puzikova Valentyna	Railway reform in Ukraine and the role of the public-private partnership in it	97

Puzikova Valentyna	The advantages of the Railway transport and its infrastructure in Ukraine before War 2022	99
Боцман Анастасія	Перспективи розвитку мікромобільності у містах України	101
Вовк Ярослав Ляшук Олег Вовк Юрій	Мікроперевезення в контексті сталого розвитку транспорту	105
Волошин Дмитро Волошина Людмила	Підвищення ефективності виробничих процесів ремонту вагонів методами виробничої логістики	107
Голотюк Вікторія Пахаренко Володимир	Впровадження мікрологістичної системи «Kanban» на підприємствах легкої промисловості	110
Голуб Дмитро Аулін Віктор Замуренко Артем	Удосконалення управління транспортними потоками застосуванням оптимізаційних моделей	113
Городецька Тетяна	Перспективи розвитку транспортної системи України в умовах євроінтеграції	115
Дорошук Вікторія Дорошук Мирослав Коваль Анатолій	Логістичні процеси в лісовому господарстві	117
Запара Віктор	Зміна порядку визначення часу використання власного вагона перевізника: забаганка АТ «Укрзалізниця» чи нагальна необхідність?	119
Запара Ярослав	Встановлення обґрунтованих тарифів на залізничні вантажні перевезення як вимога часу	123
Кириченко Костянтин	Дослідження морехідних якостей судна з використанням комп'ютерних технологій і систем	126
Лифенко Сергій Понкратов Денис, Севідова Юлія	Умови забезпечення ефективності функціонування транспортної системи міста	129
Никончук Вікторія Буткевич Олександр	Інтелектуальні системи управління транспортом	131
Остроушко Валерія Савченко Лідія	Управління ланцюгом постачань у режимі реального часу	134
Павленко Олексій Приходько Андрій	Визначення сучасного стану щодо формування раціональних схем доставки швидкопсувних вантажів на маршруті Україна - Польща	136
Пестременко-Скрипка Оксана Левчук Олександр Левчук Тетяна	Інформаційні технології та системи автоматизованого управління на залізничному транспорті України та Європи	139
Пестременко-Скрипка Оксана Нестьоркіна Діана	Розробка теоретичних основ для підвищення ефективності обслуговування пасажирів в умовах впровадження швидкісного руху	141

Плекан Уляна Рожко Наталя	Бенчмаркінг транспортно-експедиторських компаній	143
Прусов Дмитро Дубова Світлана	Методи підвищення пропускної здатності вулично-дорожньої мережі міста	145
Пузир Володимир Дацун Юрій Козленко Віталій	Аналіз ризиків діяльності машиністів тягового рухомого складу	148
Сорока Валерій Дорошук Вікторія	Структура управління автотранспортним підприємством	151
Сорока Валерій Козак Світлана Ткачук Дмитро	Система ризик-менеджменту на автотранспортному підприємстві	153
Шапатіна Ольга Тіхня Марія Гнилицька Юлія	Підвищення ефективності роботи транспорту при здійсненні мультимодальних перевезень	156
Швець Микола Вознюк Максим	Методи транспортного забезпечення лісового господарства	159

СЕКЦІЯ 3 МОДЕЛЮВАННЯ ТРАНСПОРТНИХ ТА ЛОГІСТИЧНИХ ПРОЦЕСІВ

Великодний Денис Сальніков Артем Босенко Аліна Водолєй Артем	Підвищення ефективності доставки вантажів в міжнародному сполученні	161
Воронков Олексій	Критерії оцінення ефективності транспортних і технологічних операцій перевезення збіжжя продукції рослинництва	163
Горбачов Петро Макаричев Олександр Федоров Віктор	Оцінка пропускної здатності смуги руху автомобільної дороги при русі без обгонів	165
Івахнік Владислав	Особливості генерації транспортної матриці відповідності в умовах наявності певної кількості обмежень	168
Кінзельській Сергій Ляхова Анастасія Стиш Діана Лашуніна Марія	Оцінка ефективності оперативного планування доставки вантажів	170
Линник Ірина Завальний Олександр	Аналіз обстеження інтенсивності транспортних потоків у місті Харкові	172
Оліскевич Мирослав	Маршрутизація транспортних засобів при зборі твердих побутових відходів в мегаполісі при фіксації рівня заповнення контейнерів	176
Очеретенко Сергій	Управління складськими запасами на підприємствах по ремонту автомобілів	180

Птиця Наталія Ковцур Катерина	Логістичне управління складською системою перевізників сегменту B2C	183
Тхорук Євген Кисіль Володимир	Моделювання процесів удосконалення митних операцій при виконанні міжнародних перевезень	188
Ужвієва Олена Сорочук Наталія Сорочук Юрій	Дослідження транспортних потоків за допомогою географічних інформаційних систем градуєваних мереж	191
Хітров Ігор	До питання побудови виробничої системи на автомобільному транспорті	193
Швець Микола Садовчук Олена	Особливості моделювання часових характеристик вантажних перевезень у міжнародному сполученні	194

СЕКЦІЯ 4 БЕЗПЕКА ДОРОЖНЬОГО РУХУ

Арабаджи Анжеліка Хітров Ігор	Реалізовані заходи безпеки дорожнього руху міста Дубно	196
Ватуля Гліб Ловська Альона Краснокутський Євген	Особливості моделювання вертикальної навантаженості контейнера типу хопер, розміщеного на довгобазній конструкції вагона-платформи	198
Ватуля Гліб Ловська Альона Павлюченков Михайло	Дослідження навантаженості концепту зйомного модуля для перевезень довгомірних вантажів	200
Кашканова Анастасія Кашканов Андрій Біліченко Віктор	Інтелектуальні транспортні технології як засіб покращення безпеки дорожнього руху	202
Кравченко Олександр Чуйко Сергій Проходчук Марина	Планування безпечної інфраструктури велосипедного руху	205
Ловська Альона Равлюк Василь Рибін Андрій	Аналіз причин виникнення пошкоджень коліс вантажних візків, обладнаних композиційними гальмовими колодками	208
Пашкевич Світлана Никончук Вікторія	Організація дорожнього руху на основі оцінки транспортного попиту до центрів масового тяжіння за параметрами їх розміщення на урбанізованих територіях	210
Птиця Геннадій Явтушенко Дмитро	Розвиток індивідуальної мобільності населення, як елемент забезпечення ефективного транспортного планування міста	214
Хітров Ігор Левкович Андрій	Громадський транспорт та його безпечність	217
Чеберячко Сергій Дерюгін Олег Третяк Олена	Особливості оцінки професійних ризиків водіїв кар'єрного автомобільного технологічного транспорту	220

СЕКЦІЯ 5
АВТОМОБІЛЬНИЙ ТРАНСПОРТ: КОНСТРУЮВАННЯ, ЕКСПЛУАТАЦІЯ ТА РЕМОНТ

Барабаш Руслан Шарибура Андрій Рис Василь	Методика і результати обґрунтування вибору ремонтно-технологічного обладнання для пунктів технічного обслуговування автомобілів	227
Бур'ян Михайло Ланець Олена	Мобільність руху автомобіля бездоріжжям з умов комфортності перевезень	232
Гора Микола	Поліпшення енергетичних показників двигуна з іскровим запалюванням в режимах повних навантажень додаванням кисневмісного газу	234
Гутаревич Юрій Ричок Сергій	Вплив способу реалізації комбінованого методу регулювання потужності двигуна з іскровим запалюванням на механічні втрати та паливну економічність	238
Дзюра Володимир Семеген Володимир	Аналіз причин утворення дефектів на поверхнях деталей автомобільних варіаторів	241
Дудукалов Юрій	Особливості інжинірингу технологій ремонту і модернізації засобів автомобільного транспорту в умовах інформаційно орієнтованого виробництва	243
Захарчук Віктор Свинарчук Олександр Мордас Ілля	Проблема вибору оптимального виду моторного палива для автомобіля	245
Ігнатюк Роман Корж Ілля Мінькевич Ігор	Дослідження енергоефективності експлуатації електромобілів	247
Ільченко Андрій Поліщук Денис	Зменшення похибки виміру витрат палив тепловим витратоміром вибором його конструктивних параметрів	249
Кіхтан Андрій Крайник Любомир	Формування ємності батарей тягового електроприводу та запасу ходу автомобіля для бездоріжжя	252
Коваленко Віталій Клименко Олександр Крамчанін Ірина	Підвищення надійності гальмівних компресорів типу ЗИЛ 130	254
Кохан Василь	Тенденції розвитку парку позашляхових автомобілів підвищеної і високої прохідності в США і країнах ЄС	256
Крайник Любомир Сивулька Петро	Вдосконалення типажу сільськогосподарських автомобілів і тракторів з умов ефективності та агроекології	259

Ляшук Олег Гевко Іван Рогатинський Роман Левкович Михайло Хорошун Роман	Дослідження напружено-деформованого стану металоконструкції автомобільних кузовів	262
Макруха Тетяна	Оцінка можливості виготовлення ресор підвісок вантажівок комбінованим деформуванням	264
Марчук Микола Сахно Володимир Марчук Назар Бецко Рувим	Експлуатаційні властивості автопоїзда з причепом категорії О1	267
Морозов Юрій Лактіонов Олександр Лук'янчук Іванна	Приклад використання лінійних рівнянь нормалізованої регресії для оцінки цін вживаних автомобілів	271
Пікула Микола Матюх Вадим Лисанець Михайло	Застосування низькотемпературної нітроцементації для поверхневого зміцнення сталевих деталей	275
Рис Василь Левчук Олександр Барабаш Руслан	Вплив величини натягу в спряженні підшипник-вал на зміну радіального та осьового зазорів у підшипнику	277
Роговський Іван	Вагомість параметрів технічного стану автомобілів в процесі випробування	279
Сахно Володимир Поляков Віктор Марчук Роман Ільчук Руслан	До визначення маневреності і стійкості руху причіпного автопоїзда	282
Стадник Олександр Кнап Євгеній	Обґрунтування параметрів вихрострумової сепарації для технології утилізації автомобілів	286
Хаврук Володимир	Аналіз системи експлуатації автотransпортних засобів	289
Хітров Ігор	Значення технічного діагностування в оцінці технічного стану транспортних засобів	294
Хітров Ігор	Конструктивна досконалість транспортного засобу	297
Худавердян Георгій Хома Віталій	Технологічні процеси обробітку ґрунту: комп'ютерне моделювання	299

УДК 621.87

CONTROL SYSTEM OF THE CRANE ROTATION MECHANISM**СИСТЕМА КЕРУВАННЯ МЕХАНІЗМОМ ПОВОРОТУ КРАНА****Паламарчук Дмитро, Санкін Ілля***Київський національний університет будівництва і архітектури,
просп. Повітрофлотський, 31, м. Київ, 03037*

Загальновідомо, що затримка суден в портах є небажаним явищем, оскільки це призводить до значних фінансових затрат, як для перевізника, так і для замовника вантажу. Тому, зменшення тривалості завантаження та вивантаження суховантажів є актуальною задачею. Особливо гостро це питання постає при вивантаженні сипучих вантажів у портах призначення. Це пов'язано з тим, що паралельно з розвантаженням судна відбувається навантаження цих вантажів у залізничні вагони чи автомобілі-самоскиди [1].

Найчастіше використовують дві схеми вивантаження сипких вантажів із суден та завантаження у вагони:

- судно, грейфер крана, тимчасовий перевантажувальний борт, грейфер крана, вагон (або ж кузов автомобіля-самоскида);
- судно, грейфер крана, вагон (або ж кузов автомобіля-самоскида).

Кожна з описаних систем має свої недоліки та переваги. І в обох випадках виникає потреба у суміщенні кількох рухів порталного крана одночасно. Найчастіше суміщення застосовується при роботі механізмів зміни вильоту стрілової системи та повороту крана.

Горизонтальне переміщення вантажу за допомогою механізму зміни вильоту є окремим робочим рухом кранів з шарнірно-зчленованою стріловою системою (ШЗСС) [2]. Цей робочий рух може виконуватись самостійно або шляхом суміщення з іншими робочими рухами, в залежності від технологічних потреб під час роботи крана.

Важливими проблемами при використанні кранів під час перевантажувальних робіт є скорочення тривалості робочого циклу перевантаження, а також збільшення міжремонтного циклу металоконструкції стрілової системи та крана в цілому. Поставлені питання можна вирішити шляхом мінімізації розгойдувань вантажу на гнучкому канатному підвісі. Найбільші розгойдування вантажу на гнучкому підвісі спостерігаються під час роботи електродвигуна механізму повороту крана на перехідних режимах роботи [1, 2].

Розгойдування вантажу на канатному підвісі призводить до збільшення динамічних навантажень на ланки ШЗСС, привід механізму зміни вильоту, і на конструкцію крана взагалі [2, 3]. Крім того, розгойдування вантажу є однією з причин суттєвого зниження показників ефективності крана таких як: продуктивність, економічність, надійність, маневреність тощо.

В зв'язку з цим, виникає потреба оптимізації режиму руху стрілової системи при суміщеній роботі механізму повороту та механізму зміни вильоту. При оптимізації одночасної роботи двох механізмів, рух механізму зміни вильоту розглядається в усталеному режимі, а механізму повороту – в перехідному режимі руху [4]. Для проведення дослідження запропоновано динамічну модель стрілової системи із зубчастим секторним приводом механізму зміни вильоту вантажу та планетарним приводом механізму повороту. (рис. 1).

В поданій динамічній моделі, стрілова система крана представлена у вигляді механічної системи з трьома ступенями вільності. За узагальнені координати прийнято кутову координату стріли в площині зміни вильоту α та кутові координати повороту стріли φ та вантажу ψ в горизонтальній площині. Оскільки, прийнято, що при повороті стріли вона рухається з постійною швидкістю $\dot{\alpha} = \alpha_0 = const$, то система з трьома ступенями вільності перетворюється на систему з двома ступенями вільності, в якій узагальненими координатами будуть

координати φ та ψ . При цьому кутова координата стріли α змінюється за лінійним законом $\alpha = \alpha_0 + \omega_0 t$, де t – час, α_0 – початкове положення стріли, а ω_0 – кутова швидкість її повороту в площині зміни вильоту.

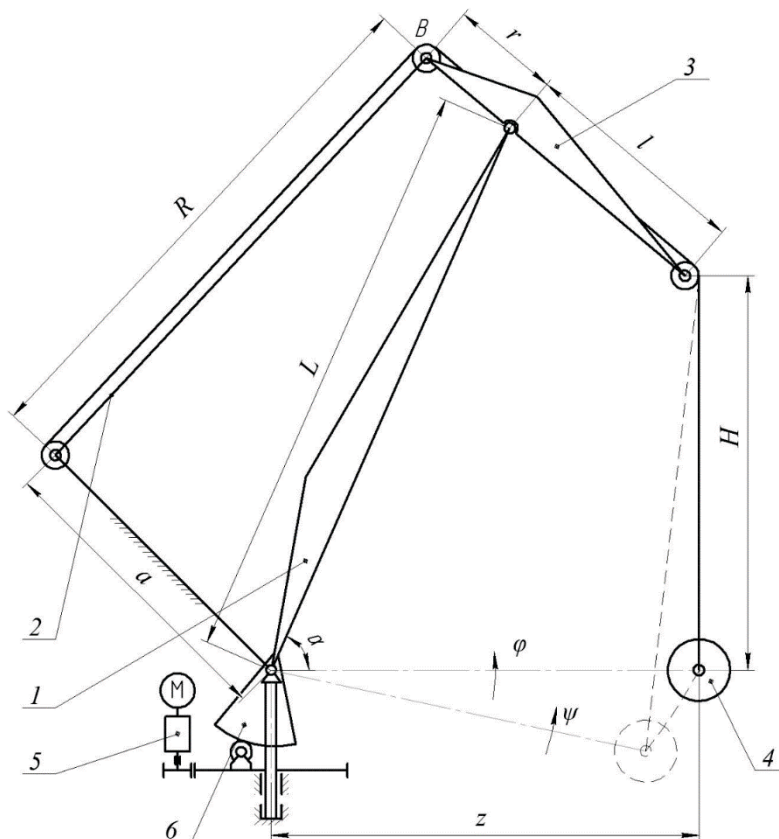


Рис. 1. Кінематична схема стрілової системи: 1. стріла; 2. жорстка відтяжка; 3. хобот; 4. вантаж; 5. механізм повороту; 6. секторний механізм зміни вильоту

Для такої динамічної моделі руху шарнірно-зчленованої стрілової системи складемо диференціальні рівняння руху шляхом використання рівнянь Лагранжа другого роду:

$$\begin{cases} \frac{d}{dt} \frac{\partial T}{\partial \dot{\varphi}} - \frac{\partial T}{\partial \varphi} = Q_{\varphi} - \frac{\partial \Pi}{\partial \varphi}; \\ \frac{d}{dt} \frac{\partial T}{\partial \dot{\psi}} - \frac{\partial T}{\partial \psi} = -\frac{\partial \Pi}{\partial \psi}, \end{cases} \quad (1)$$

де T, Π – відповідно кінетична та потенціальна енергія системи;

Q_{φ} – узагальнена складова непотенціальних сил, зведених до координати φ .

В системі рівнянь (1) кінетична енергія стрілової системи крана визначається як сума кінетичних енергій всіх ланок при сумісному русі механізмів зміни вильоту та повороту крана.

Потенціальна енергія стрілової системи з урахуванням її повного врівноваження визначається потенціальною енергією вантажу

$$\Pi = mgy = mgH \left(1 - \cos \frac{z(\varphi - \psi)}{H} \right), \quad (2)$$

де g – прискорення вільного падіння;

H – висота підвісу вантажу відносно нижнього шарніру стріли;

y – вертикальна координата центру мас вантажу.

Непотенціальна складова узагальненої сили механізму повороту визначається наступною залежністю

$$Q_\varphi = M = M_p u \eta, \quad (3)$$

де M – зведений до осі повороту крана рушійний момент механізму повороту ;

M_p - рушійний момент на валу електродвигуна механізму повороту крана;

u – передаточне число приводу механізму повороту;

η – ККД приводу механізму повороту.

За критерій режиму руху механізму повороту при сумісному усталеному русі з механізмом зміни вильоту оберемо середньоквадратичне значення рушійного моменту приводу, зведеного до осі повороту крана

$$M_{СК} = \left[\frac{1}{t_1} \int_0^{t_1} M^2 dt \right]^{1/2} \rightarrow \min, \quad (4)$$

де t – час; t_1 – тривалість процесу пуску.

Використовуючи систему рівнянь (1), знайдено вираз координати основного руху механізму повороту φ через функцію ψ та її похідні за часом

$$\varphi = \psi + \frac{H}{g} \left(\ddot{\psi} + 2 \frac{\dot{z}}{z} \dot{\psi} \right). \quad (5)$$

При оптимізації режиму руху механізму повороту під час усталеного режиму зміни вильоту стрілової системи сформульовано оптимізаційну задачу [5], яка включає критерій (4) у вигляді інтегрального функціоналу.

В результаті проведеної оптимізації суміщеного руху двох механізмів, отримано графіки зміни кутових координат повороту стріли φ , вантажу ψ в горизонтальній площині та їх різницевого відхилення $\varphi - \psi$ (рис. 2).

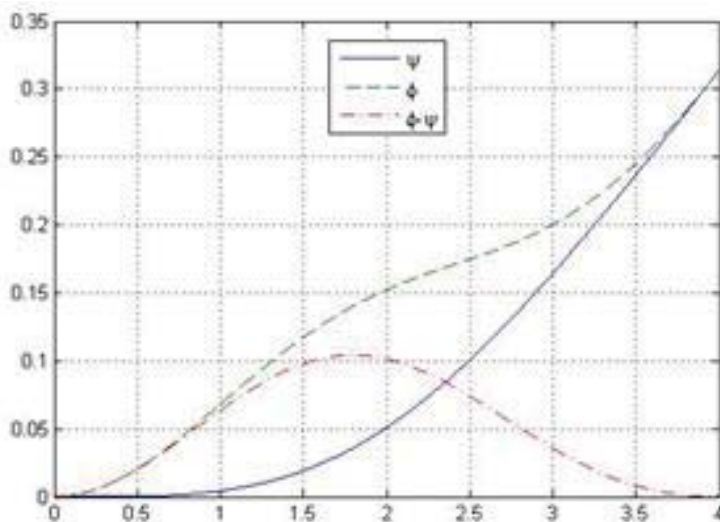


Рис. 2. Графік зміни координат

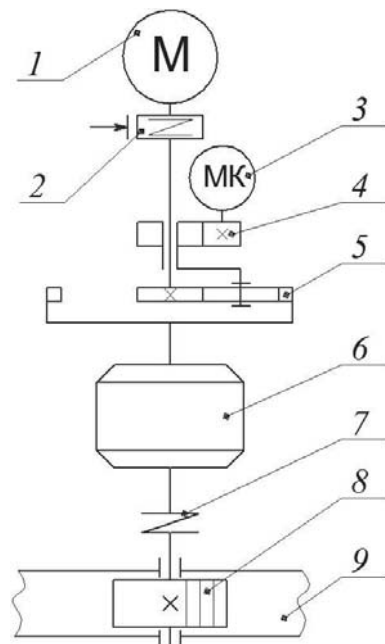


Рис. 3 Механізм повороту крана з електромеханічною системою керування

Аналізуючи отримані графіки видно, що кутові координати мають плавний характер зміни. Але, при цьому, існує відхилення координат стрілової системи та вантажу, яке до завершення процесу пуску усувається, і при виході електродвигуна на усталений режим руху координати повністю співпадають.

Для реалізації встановлених законів руху стрілової системи пропонується електромеханічна система керування механізмом повороту крана (рис. 3). Запропонована конструкція складається з: основного електродвигуна приводу 1, муфти з електромеханічним гальмом 2, керуючого крокового електродвигуна 3, циліндричної зубчастої передачі 4, диференціального редуктора 5, понижувального планетарного редуктора 6, муфти 7, та приводної шестерні 8 із зубчастим вінцем механізму повороту 9.

При вмиканні механізму повороту ротор привідного кранового електродвигуна 1 постійно обертається з номінальною частотою обертання. Це дозволяє забезпечити оптимальний режим роботи електродвигуна з постійним коефіцієнтом корисної дії [2, 3]. Для керування механізмом повороту крана у відповідності до встановлених законів руху (рис. 2) використовується кроковий електродвигун 3, що керує кутовою швидкістю водила, а відповідно і сателітів диференціального редуктора 5. Оскільки, диференціальний редуктор має два ступені вільності, то обертання водила зі змінною кутовою швидкістю забезпечує зміну кутової швидкості коронної шестерні, а відповідно і ведучого валу планетарного редуктора 6. Використання крокового двигуна у такій системі керування має наступні переваги: можливість швидкого розгону, гальмування і зміни напрямку руху; залежність обертів двигуна від дискретних імпульсів дозволяє керувати двигуном без зворотного зв'язку; можливість досягнення дуже низьких швидкостей обертання з навантаженням; широкий діапазон швидкостей обертання отримуваний завдяки тому, що швидкість пропорційна частоті вхідних імпульсів.

1. Паламарчук Д. А., Кім А.О., Сисолятіна Л.Д. Використання кранів з шарнірно-зчленованою стріловою системою у перевантажувальних комплексах 14-й Міжнародний симпозіум українських інженерів-механіків у Львові : матеріали симпозіуму. – Львів : КІНПАТРИ ЛТД, 2019. С. 114–115.

2. Ловейкін В. С., Паламарчук Д. А. Оптимізація режимів руху шарнірно-зчленованої стрілової системи крана. Монографія. Київ. ЦП „КОМПРИНТ”, 2015. 224 с.

3. Паламарчук Д. А. Кроковий двигун у системі керування механізмом зміни вильоту. Матеріали II Всеукраїнської науково-технічної інтернет-конференції «Інноваційні технології розвитку машинобудування та ефективного функціонування транспортних систем» 9-11 листопада 2020 р. – Рівне : НУВГП, 2020. С. 20-21.

4. Loveikin V. S., Palamarchuk D. A., Romasevych Yu. O., Loveykin A. V. Optimization of rotate mode at constant change of departure in the level-luffing crane with geared sector. *Опир матеріалів і теорія споруд.* – К.: КНУБА, 2021. – Вип. 106. – С. 221-235. <https://doi.org/10.32347/2410-2547.2021.106.221-235>. Web of science.

5. Keqin LI, Cuxiang Jiang Inverse design of a new double-link luffing mechanism and realization on MATLAB. *Proceedings of the 3rd ICMEM International conference on mechanical engineering and mechanics.* October 21–23, 2009. Beijing, P. R. China. pp. 301-304.

НАУКОВЕ ЕЛЕКТРОННЕ ВИДАННЯ

ЗБІРНИК МАТЕРІАЛІВ

III Міжнародної науково-технічної інтернет-конференції
«ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ РОЗВИТКУ МАШИНОБУДУВАННЯ
ТА ЕФЕКТИВНОГО ФУНКЦІОНУВАННЯ ТРАНСПОРТНИХ
СИСТЕМ»

19-20 жовтня 2022р.
Рівне : НУВГП

Відповідальний за випуск

Никончук В. М.

Комп'ютерне верстання

Хітров І. О.