

**Міністерство України
з питань надзвичайних ситуацій
та у справах захисту населення від наслідків
Чорнобильської катастрофи**

**Львівський державний університет
безпеки життєдіяльності**

**Український науково-дослідний
інститут пожежної безпеки**

ПОЖЕЖНА БЕЗПЕКА

**збірник
наукових праць**



№13, 2008



МАТЕРІАЛИ ДРУКУЮТЬСЯ УКРАЇНСЬКОЮ,
РОСІЙСЬКОЮ, ПОЛЬСЬКОЮ, НІМЕЦЬКОЮ
ТА АНГЛІЙСЬКОЮ МОВАМИ

ЗБІРНИК НАУКОВИХ ПРАЦЬ

**ПОЖЕЖНА
БЕЗПЕКА**
ЛДУ БЖД, УкрНДПБ
МНС України

№ 13, 2008

заснований у 2002 році

РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ:

канд. техн. наук **Ковалишин В.В.** - головний редактор

канд. техн. наук **Антонов А.В.** - заступник головного редактора

д-р техн. наук **Семерак М.М.** - науковий редактор

канд. фіз.-мат. наук **Кузик А.Д.** - заступник наукового редактора

д-р техн. наук **Гудим В.І.**

д-р техн. наук **Гуліда Е.М.**

д-р техн. наук **Гивлюд М.М.**

д-р техн. наук **Жартовський В.М.**

д-р пед. наук **Козяр М.М.**

канд. пед. наук **Коваль М.С.**

д-р техн. наук **Кузьо І.В.**

д-р техн. наук **Мартин Є.В.**

д-р хім. наук **Михалічко Б.М.**

д-р техн. наук **Мичко А.А.**

канд. техн. наук **Откідач М.Я.**

д-р техн. наук **Пашковський П.С.**

д-р техн. наук **Рак Ю.П.**

д-р техн. наук **Сидорчук О.В.**

д-р хім. наук **Сушко В.О.**

д-р фіз.-мат. наук **Тацій Р.М.**

д-р фіз.-мат. наук **Юзевич В.М.**

канд. техн. наук **Юзыків Т.Б.**

ЗАСНОВНИК ТА ВИКОНАВЕЦЬ Львівський державний університет безпеки життєдіяльності (ЛДУ БЖД),
УкрНДПБ МНС України

ЗАРЕЄСТРОВАНО Міністерством юстиції України 26.06.2008 р. Серія КВ №14342-3313ПР

ВКЛЮЧЕНО ВАК ДО ПЕРЕЛІКУ ФАХОВИХ ВИДАНЬ В ГАЛУЗІ ТЕХНІЧНИХ НАУК,
в яких можуть публікуватись результати дисертаційних робіт на здобуття наукових ступенів доктора
і кандидата наук (Постанова ВАК від 12 червня 2002 року № 1-05/6)

ПОШТОВИЙ ІНДЕКС 94657

РЕКОМЕНДОВАНО ДО ВИДАННЯ рішенням Вченої ради ЛДУ БЖД
(Протокол № 3 від 29.10.2008 р.)

Літературний редактор Падик Г.М.

Редактор англійської мови Іванів О.В.

Технічний редактор Сорочич М.П.

Комп'ютерна верстка та
відповідальний за друк Фльорко М.Я.

АДРЕСА РЕДАКЦІЇ: ЛДУ БЖД, вул. Клепарівська, 35, м. Львів, 79007

Контактні телефони: (032) 233-24-79, 233-14-97, тел/факс 233-00-88

E-mail: mail@ubgd.lviv.ua, ndr@ubgd.lviv.ua

Інформуємо Вас, що збірник наукових праць „Пожежна безпека” з 2006 року став
передплатним виданням. Його поштовий індекс 94657, ціна одного примірника 52,02 грн;
річна передплата – 104,04 грн.

„Пожежна безпека” видається з 2002 року у Львівському державному університеті
безпеки життєдіяльності двічі на рік. Збірник внесено ВАК до переліку фахових видань
в галузі технічних наук. У ньому публікуються статті, які є актуальними для працівників
МНС і стосуються безпеки життєдіяльності людини.

Передплатити названий збірник можна у будь-якому поштовому відділенні України.

З повагою
проректор з науково-дослідної роботи
полковник служби цивільного захисту

В.В.Ковалишин

Здано в набір 14.11.2008. Підписано до друку 28.11.2008.

Формат 60x84^{1/1}. Папір офсетний. Ум. друк. арк. 15,4

Гарнітура Times New Roman. Різографічний друк.

Наклад: 270

Друк: ЛДУ БЖД

вул. Клепарівська, 35, м. Львів, 79007.

ЗМІСТ

CONTENTS

С.В. Стась

ПРО СТВОРЕННЯ УСТАНОВКИ
ДОСЛІДЖЕННЯ ВОДЯНИХ СТРУМЕНІВ

П.С. Пашковський, В.О. Положій

ПРОЦЕСИ ТЕПЛООБМІНУ У ХІМІЧНОМУ
ОХОЛОДЖУЮЧОМУ ПАКЕТІ

М.М. Семерак, Ю.Д. Димитрова

ТЕМПЕРАТУРНІ НАПРУЖЕННЯ І
ПЕРЕМІЩЕННЯ В КОАКСІАЛЬНИХ
ПЛАСТИНЧАСТИХ КОНСТРУКЦІЯХ
ПРИ ЗМІНІ ТЕМПЕРАТУРИ

*А.А. Мичко, А.С. Лин, Вол.В. Ковалишин,
Р.Я. Лозинський*

РЕЗУЛЬТАТИ ПОЛІГОННИХ ВИПРОБУВАНЬ З
ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ НЕБЕЗПЕЧНИХ
ФАКТОРІВ ВІДКРИТОГО ПОЛУМ'Я, ЩО
ДІЮТЬ НА ЗАХИСНИЙ ОДЯГ ПОЖЕЖНИХ

М.М. Клим'юк, А.А. Мичко

ХАРАКТЕРИСТИКА СПЕЦІАЛЬНИХ
МАТЕРІАЛІВ ВЕРХУ ЗАХИСНОГО ВЗУТТЯ
ПОЖЕЖНИКІВ-РЯТУВАЛЬНИКІВ

*В.І. Гудим, Б.М. Кінаш, Б.М. Юрків,
А.Я. Постолюк*

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕлювання
ГРОЗОВИХ РОЗРЯДІВ

О.А. Крюковська

АНАЛІЗ ВПЛИВУ НАДЗВИЧАЙНИХ
СИТУАЦІЙ ТЕХНОГЕННОГО ХАРАКТЕРУ
НА СТАН БЕЗПЕКИ ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ
НАСЕЛЕННЯ УКРАЇНИ

*Л.О. Яришкіна, Х.О. Кузьмич, Л.Д. Тарасова,
Л.В. Шевченко*

ФІЗИКО-ХІМІЧНІ ОСНОВИ ЛІКВІДАЦІЇ
НАСЛІДКІВ АВАРІЙ ПРИ ПЕРЕВЕЗЕННІ
ГІДРОГЕНФТОРИДУ

Н.М. Гринчішин, О.Ф. Бабаджанова

НЕБЕЗПЕКА МІГРАЦІЇ НАФТИ І
НАФТОПРОДУКТІВ У ПОВЕРХНЕВІ
ШАРИ ГРУНТУ ПРИ АВАРІЙНИХ ВИЛИВАХ

М.З. Лаврівський, Р.В. Зінько, І.С. Лозовий
ПРОБЛЕМИ РОЗВИТКУ МАНИПУЛЯТОРІВ
ДЛЯ ГАСІННЯ ПОЖЕЖ ЯК ШАРНІРНО-
ЗЧЛЕНОВАНИХ МЕХАНІЧНИХ СИСТЕМ

S.V. Stas'

ABOUT THE CREATION OF INVESTIGATION
ARRANGEMENT OF THE WATER JETS

13

P.S. Pashkovsky, V.O. Polozhiy

HEAT EXCHANGE PROCESSES IN THE
CHEMICAL COOLING PACKAGE

19

M.M. Semerak, Y.D. Dimitrova

TEMPERATURE EFFORTS AND TRANSFERS IN
THE COAXIAL CYLINDRICAL PLATE
CONSTRUCTIONS BY TEMPERATURE CHANGE

25

*A.A. Mychko, A.S. Lyn, Vol.V. Kovalyshyn,
R.Ya. Lozynskiy*

THE RESULTS OF POLYGON TESTS TO
RECOGNIZE DANGEROUS FACTORS'
PARAMETERS WHICH INFLUENCE ON
PROTECTIVE CLOTHES OF FIREFIGHTERS

30

M.M. Klymiuk, A.A. Mychko

THE SPECIAL MATERIALS CHARACTERISTICS
OF PROTECTIVE SHOES COVER OF FIRE-
FIGHTERS – RESCUERS

35

*V.I. Hudym, B.M. Kinash, B.M. Jurkiv,
A.Ja. Postolyuk*

THE MATHEMATIC MODELING
OF THE THUNDER DISCHARGE

42

O.A. Kryukovska

THE ANALYSIS OF INFLUENCE OF EMERGENCY
SITUATIONS OF ANTHROPOGENIC CHARACTER
ON THE VITAL ACTIVITY SAFETY STATE OF
UKRAINIAN POPULATION

47

*L.A. Yaryshkina, K.A. Kuzmich, L.D. Tarasova,
L.V. Shevchenko*

PHYSICOCHMICAL FOUNDATION OF
CONSEQUENCES DESTRUCTION OF
TRANSPORTATION HYDROFLUORIC

52

N.M. Grinchishin, O.F. Babadzhanova

DANGER OF MIGRATION OF OIL AND OIL
PRODUCTS TO THE SUPERFICIAL LAYERS OF
SOIL AT EMERGENCY SPILL

58

M.Z. Lavrivskyj, R.V. Zinko, I.S. Lozoviy

THE PROBLEMS OF HANDLING MECHANISMS
DEVELOPMENT FOR FIRE EXTINGUISHING AS
THE ARTICULATED MECHANICAL SYSTEMS

*М.З. Лаврівський (Львівський державний університет безпеки життедіяльності),
Р.В. Зінько, к.т.н., доцент, І.С. Лозовий, к.т.н., доцент (Національний університет
“Львівська політехніка”)*

ПРОБЛЕМИ РОЗВИТКУ МАНІПУЛЯТОРІВ ДЛЯ ГАСІННЯ ПОЖЕЖ ЯК ШАРНІРНО-ЗЧЛЕНОВАНИХ МЕХАНІЧНИХ СИСТЕМ

Проведено аналіз досліджень маніпуляторів як шарнірно-зчленованих механічних систем. Основна увага надавалася теоретичним та експериментальним дослідженням їх динаміки. Основні напрямки досліджень полягають у визначення динамічних навантажень, що діють в ланках маніпулятора під час його роботи; підвищення точності відстеження заданої траєкторії та позиціювання робочим органом машини. Подальші задачі досліджень полягають у створенні методики дослідження динаміки шарнірно - зчленованих систем загального виду з пружними і жорсткими ланками, яка була б придатна для автоматизованого розрахунку.

Вступ. Серед нових зразків аварійно-рятувальної техніки, що застосовується при ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій, все ширше використовуються підйомно-транспортні, вантажно-розвантажувальні машини та механізми. Тому, покращення існуючих і створення нових високопродуктивних конструкцій вантажопідйомних кранів і маніпуляційних роботів вимагає подальшого дослідження динаміки багатоланкових механізмів з багатьма ступенями вільності. При розробці нових машин та механізмів необхідно проводити дослідження з метою дотримання законів руху і мінімізації навантаження в ланках механізму, необхідно враховувати все більше число факторів в тому числі і таких, які раніше не бралися до уваги: податливість ланок, тертя в кінематичних парах, характер зміни параметрів і структури динамічної системи. Зараз спостерігається тенденція, що якщо для вирішення деякої задачі існує або може бути побудовано послідовне, оглядове і чітке аналітичне або числове рішення, то ним необхідно скористатися незалежно від об'єму обчислень. Вимога якісного виконання розрахунку нової машини, який включає її всесторонню розрахункову перевірку, підтверджує такий підхід, а існуючий рівень забезпеченості і досконалості електронно-обчислювальних машин дозволяє його реалізацію. Важливо, щоб розроблені чисельні методи були доступні для повсякденної практики проектування.

Серед перспективних напрямків створення нових зразків аварійно-рятувальної, підйомно-транспортної техніки є розробка роботизованих маніпуляторів. Робототехніка – відносно новий, напрямок науки і техніки, який швидко розвивається, пов’язаний зі створенням та використанням роботів і робото-технічних систем. Робототехніка, як самостійний науковий напрямок, виникла на основі механіки і кібернетики. В той же час розвиток робототехніки стимулювало розвиток суміжних наук.

Серед роботів важливим класом є маніпуляційні роботи. Специфіка маніпуляційних роботів пов’язана з наявністю складного механізму його виконавчого органу – маніпулятора.

Значення маніпуляційних роботів не можна зводити лише до можливості розв’язку на їх основі задач комплексної автоматизації промислового виробництва. Вони знайшли застосування і в інших областях господарства: в транспорті, в сільському господарстві, на будівництві, під час виконання робіт, пов’язаних з ліквідацією надзвичайних ситуацій.

Науково-методичні підстави дослідження. Матеріалами досліджень були публікації в техніко-економічних, періодичних вітчизняних та закордонних виданнях. Методика досліджень містить два критерії оцінки їх змісту:

- важливість розвитку методів аналізу та синтезу, дослідження маніпуляційних роботів;
- складність алгоритмів дослідження.

Результати досліджень. Створенню маніпуляційних роботів передували великі наукові дослідження, в які внесли значний вклад академік І.І.Артоболевський, член кореспонденти АН СРСР І.М.Макаров, Д.Е.Охочимський, Е.П.Попов та інші вчені.

Перші взірці маніпуляційних роботів в СРСР з'явилися в 1971 р. Вони були створені під керівництвом члена-кореспондента АН СРСР П.Р.Беляніна і Б.Н.Сурніна. На кінець вісімдесятих років було створено понад 250 моделей маніпуляційних роботів, з яких понад 50 виготовлялися серійно.

Різноманітним аспектам конструкції та роботи маніпуляційних роботів присвячена значна кількість робіт. Так в роботах [1-3] викладені питання кінематики, динаміки і керування маніпуляційних роботів. Конструкція та їх застосування в сучасних виробництвах описані в книгах [4, 5].

Маніпуляційний робот являє собою єдину динамічну систему що включає дві органічно пов'язані частини: пристрій керування і маніпулятор. Маніпулятор з точки зору механіки і теорії механізмів – це складний просторовий керований механізм з кількома ступенями вільності, який включає жорсткі та пружні ланки, приводи, передачі. Через складність цієї системи в існуючих дослідженнях виділяють і розглядають окремо механізми, приводи та системи керування. Рух ланок маніпулятора відбувається за допомогою приводів, які можуть бути розташовані на рухомих ланках або на нерухомій основі. Число приводних двигунів, як завжди, дорівнює числу ступенів вільності маніпулятора. Передача руху від двигуна до ланки механізму відбувається за допомогою передаточних механізмів різноманітних конструкцій. Система передаточних механізмів може бути достатньо складною.

Дослідження динаміки маніпуляторів різноманітних видів присвячені роботи А.Р.Верещагіна, Є.І.Зенкевича, А.Є.Кобрінського, А.Г.Овакімова, М.М.Полякова, Є.П.Попова, Ю.А.Степаненка, Є.І.Юревича і інших авторів.

Найбільш повно методи дослідження руху маніпуляційних систем, як складних багатоланкових механічних об'єктів з довільною кінематичною конфігурацією і з довільним числом ступенів рухомості викладені в роботі [2].

Складність розрахунку маніпуляторів обумовила розвиток методів, орієнтованих на застосування ЕОМ. Досить зручним з цієї точки зору є метод матриць. Застосування методу матриць до кінематики маніпуляторів вперше подано в роботі [6].

В роботах [2, 7, 8] описуються методи і алгоритми, які дозволяють досліджувати динаміку багатоланкових просторових механізмів з розімкнутим ланцюгом, базовані на формальному отриманні руху за допомогою блочних матриць. В цих роботах ланки маніпулятора представляються вигляді жорстких однорідних стержнів, характеристики яких наперед відомі. Однак, при очевидній зручності запису рівнянь руху ланок маніпулятора в матричній формі виникають значні труднощі при формуванні матриць інерції, жорсткості, матриці переходу рухомих координатних систем до нерухомої (базової) координатної системи.

В роботі [9] наведено ефективний метод опису кінематики і виведені повні рівняння динаміки маніпуляційного робота з врахуванням просторового руху маніпулятора, розглянуті питання керування роботом. Однак, важко погодитись з правомірністю припущень про абсолютну жорсткість ланок маніпулятора.

Математичні моделі механічних систем, які складаються з рухомої основи і маніпуляторів, розглянуті в роботі [10]. Отримано ряд спрощених моделей вказаних систем.

В роботі [11] представлена математична модель, яка описує рух ланок підвісного вантажопідйомного маніпулятора з просторовим виконавчим механізмом за допомогою якої досліджені його динамічні параметри. Динамічна модель представлена у вигляді тримасової системи, в якій вся металоконструкція вважається абсолютно жорсткою. В роботі також не враховані маси виконуючого механізму та силових гідроциліндрів. Алгоритми моделювання

динаміки керованих маніпуляторів з врахуванням пружності ланок наведені в роботах [12, 13].

Наявність деформації в ланках механізму, суттєво впливає на рух робочих органів, погіршує перехідні процеси, створює умови виникнення нестаціонарних коливань і т.д [14, 15]. Особливо сильно пружні властивості ланок маніпулятора проявляються при експлуатації їх зі значними пришвидшеннями (режим розгону та гальмування).

В роботі [16] отримані диференційні рівняння руху маніпуляційного робота з сервоприводами з врахуванням пружності ланок механізму. Розглядається механічна модель з масами зосередженими в шарнірних вузлах. Рівняння потім лінеаризуються.

Спробою відмовитися від загальноприйнятого припущення про абсолютно жорсткість ланок шарнірно-зчленованих систем є робота [17], в якій за допомогою хвильових рівнянь описана динаміка консольної основи робота який рухається.

В роботах [6, 18] складені рівняння руху з врахуванням пружності тільки однієї ланки для якого-небудь конкретного механізму.

Особливістю задач аналізу динаміки маніпуляторів є значна складність рівнянь руху їх ланок. Це призводить до необхідності розвивати методи автоматизації побудови рівнянь динаміки руху ланок маніпуляторів. Для побудови систем диференційних рівнянь використовуються різноманітні методи аналітичної механіки. Велике число автоматизованого формування рівнянь руху елементів маніпуляторів базується на рівняннях Лагранжа I і II роду. Застосування рівнянь Лагранжа пов'язане з формуванням і диференціюванням виразів для кінетичної і потенціальної енергії кінематичного ланцюга. Р.М. Кулаков показав, що для простих незамкнутих кінематичних ланцюгів можна уникнути числового диференціювання [19]. Рівняння Лагранжа II роду використовувалось у сукупності з методом матриць 4-го порядку [20]. Цей метод отримав застосування також для автоматизованого аналізу просторових механізмів і маніпуляторів. Принципи Даламбера і Даламбера-Лагранжа для автоматизованого формування рівнянь маніпуляторів використовувалися в роботах [21] та інших авторів. В цьому випадку легко враховувати інерційність ланок як основного, так і передаточного механізму.

В роботі [16] показано достатньо значний вплив на динаміку маніпуляторів інерційності ланок приводів які обертаються і запропоновано метод врахування їх інерції. Ефективністю цього методу є простота формування рівнянь руху маніпулятора, яке зводиться до скалярного множення векторів моментів і сил інерції на вектори можливих переміщень точок і тіл. Метод не вимагає складання і диференціювання виразів кінетичної енергії ланок механізму.

Значне розповсюдження отримав метод формування динамічної моделі маніпулятора, побудований на основі рівнянь Ньютона-Ейлера [22]. В цьому методі дляожної ланки використовуються два рівняння руху твердого тіла з врахуванням реакцій зв'язків: рівняння руху центра мас як матеріальної точки і динамічного рівняння Ейлера обертання навколо центру мас. При цьому трудоемність розв'язку прямої задачі динаміки для маніпулятора пропорційна числу ланок.

Алгоритми аналізу динаміки на основі принципу Гауса і рівнянь Апеля приведені в роботах [23, 2, 24]. В них для розрахунку узагальнених пришвидшень використовуються пряма мінімізація функції Гіббса на основі принципу найменшого змішення Гауса. Для незамкнутого кінематичного ланцюга А.Ф.Верещагину вдалось побудувати алгоритм з лінійною залежністю числа операцій від числа ланок. До недоліків алгоритмів, побудованих на основі рівнянь Апеля, слід віднести необхідність розрахунку функції енергії пришвидшення і її диференціювання. Загальні теореми динаміки системи (теорема про рух центру мас, та зміну кінетичного моменту) – використані в роботі [3] для моделювання динаміки. Ці методи застосовувались, в основному, для простих незамкнутих кінематичних ланцюгів.

Виконавчі механізми роботів, як правило, представляють собою замкнуті кінематичні контури. В цьому випадку для автоматизованого топологічного аналізу механізмів використовують методи теорії графів [25].

Експериментальні дослідження динаміки маніпуляційних систем приведені в роботах [26, 27], в яких визначаються динамічні навантаження, діючі в ланках маніпулятора, і точність відстеження робочим органом маніпулятора заданої траєкторії.

В роботі [28] складені рівняння руху ланок маніпуляторів, які потім були дослідженні на ЕОМ. При цьому використовувались моделі, аналогічні зазначенім раніше. Цікавим напрямком в досліджені динаміки механізмів, які відносяться до класу шарнірно-зчленованих систем, є спроби автоматизувати його за допомогою ЕОМ [29, 30]. Це значно полегшило б працю обчислювачів і проектувальників. При розв'язку оберненої задачі про положення маніпулятора самим ефективним є векторний метод. Останнім часом в динаміці маніпуляторів з'явився новий клас задач – обернені задачі динаміки. Під оберненими задачами динаміки маніпуляторів розуміють задачі визначення сил і параметрів руху по заданим умовам руху [31].

Висновки. На основі вивчення наявних публікацій, які досліджують динаміку стрілових гідрокранів, маніпуляторів можна сформулювати основні напрямки досліджень (рисунок 1). В цих дослідженнях вирішуються дві головні задачі:

- 1) визначення динамічних навантажень, які виникають в ланках механізму;
- 2) підвищення точності відстеження робочим органом заданої траєкторії.

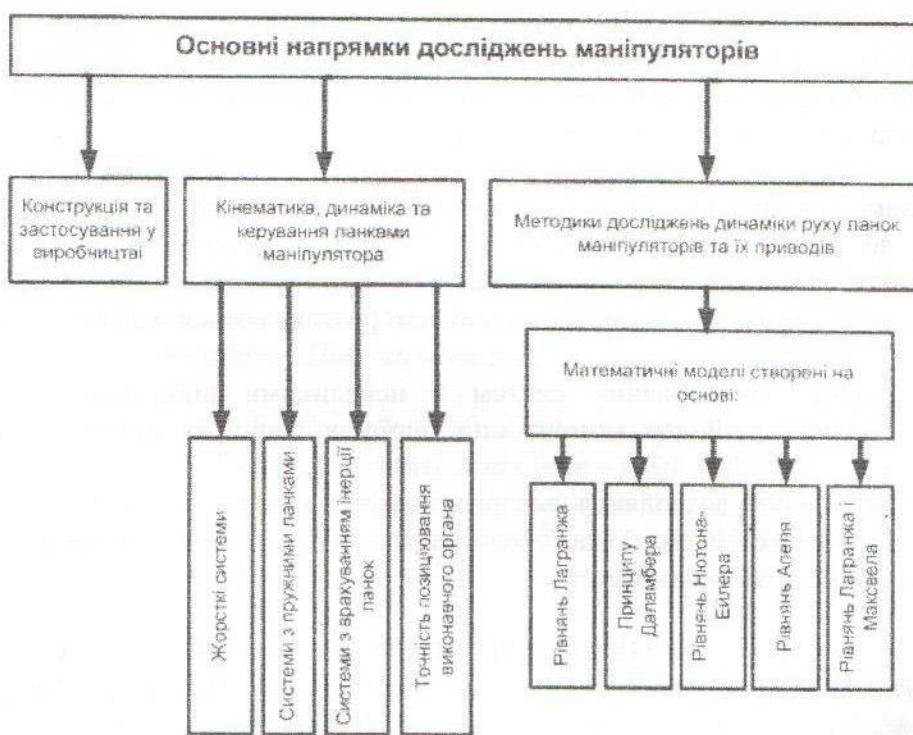


Рис. 1. Основні напрямки досліджень стрілових кранів та маніпуляторів

Перша задача вирішувалась шляхом складання диференціальних рівнянь руху, які потім досліджувались різноманітними методами. Друга задача вирішувалась, в основному, геометричним або алгебраїчним методами.

В той же час проведені дослідження не завжди задовольняють проектувальників, оскільки розглянуті методики не дозволяють створити механізм, який би забезпечував надійність експлуатації вже на етапі проектування.

Таким чином, аналіз наявних досліджень динаміки основних представників шарнірно-зчленованих систем показує, що їх динаміка вивчена недостатньо, а вимоги господарства обумовлюють необхідність подальшого їх дослідження.

Необхідність глибокого і детального дослідження динаміки стрілових гідрокранів, маніпуляторів і інших аналогічних машин, які відносяться до класу шарнірно-зчленованих систем, не один раз відмічалась в ряді робіт [32, 33, 34], присвяченій цій проблемі.

До головних недоліків розглянутих досліджень можна віднести:

- 1) відсутність загальних постановок задач динаміки всього класу шарнірно-зчленованих систем; наявні лише постановки для конкретних представників цього класу, що виключає перенесення результатів їх досліджень на механізми аналогічної структури;
- 2) автори цих робіт розглядають ланки механізмів допускаючи, що вони абсолютно жорсткі і мають постійні січення по всій довжині;
- 3) з розрахункових схем конкретних механізмів в більшості випадків виключені інерційні і пружні параметри проміжних ланок;
- 4) відсутні системи програм, що автоматизують процеси дослідження і динамічні розрахунки на етапі проектування механізмів даного класу.

Тому відсутність загальної методики дослідження класу шарнірно-зчленованих систем, а також недостатнє вивчення динаміки одного з представників цього класу – стрілового гідрокрана визначились наступні задачі дослідження:

- розробити методику дослідження динаміки шарнірно - зчленованих систем загального виду з пружними і жорсткими ланками;
- розробити методику автоматизованого розрахунку шарнірно - зчленованих систем з використанням ЕОМ і на її основі створити систему програм для динамічних розрахунків;
- на основі розроблених методик вивчити динаміку стрілового гідрокрана евакуатора;
- експериментально перевірити результати досліджень на стріловому гідрокрані евакуатора.

При вирішенні поставлених задач, покладаючись на властивості реальних механізмів, які відносяться до класу шарнірно-зчленованих систем, і аналізі наявних публікацій з дослідження таких механізмів, були прийняті наступні припущення:

1. Рух ланок шарнірно-зчленованих систем розглядаються тільки в вертикальній площині.

2. Для шарнірно-зчленованих систем з невеликими відносними швидкостями повороту ланок, можна прийняти момент сил опору в шарнірах лінійно залежним від відносної швидкості.

Прийняті припущення дозволяють все різноманіття механізмів досліджуваного класу привести до розрахункової схеми, яка представляє собою плоску систему з пружними ланками довільного січення по довжині.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ:

1. Юрьевич Е.И. Основы робототехники. – 2-е изд. – СПб.: БХВ-Петербург, 2005. – 416 с.
2. Шахнур М. Курс робототехники: Пер. с англ.- М.: Мир, 1990. - 527с.
3. Вукобратович М., Стокич Д. Управление манипуляционными роботами. – М., 1985.
4. Козырев Ю.Г. Промышленные роботы. Справочник. – М., 1983.
5. Рапопорт Г.Н., Солин Ю.В. Применение промышленных роботов. – М., 1985.
6. Воробьев Е.И. Анализ кинематики пространственных исполнительных механизмов манипуляторов методом матриц // Механика машин. –1970. –Вып. 28-30. – С. 30-37.
7. R. Featherstone, "A Divide-and-Conquer Articulated-Body Algorithm for Parallel O(log(n)) Calculation of Rigid-Body Dynamics. Part I: Basic Algorithm," Int. J. Robotics Research, vol. 18, no. 9, pp. 867-875, 1999.
8. R. Featherstone, D. Orin, Robot Dynamics: Equations and Algorithms, Proceedings of the 2000

- IEEE International Conference on Robotics & Automation, San Francisco, CA, April 2000.*
9. Pshikhopov V. Kh. *New Approach to the Design of the Near Time Optimal Path Following Controller for the Manipulating Robots*. Proceedings CD (without pages numbers, 6 pages) and Abstracts Book (473 p., p. 353) of Int. Conf. «Mathematical Theory of Network and Systems», Perpignan, France, June 19-23, 2000.
 10. Jain, G. Rodriguez, *Computational Robot Dynamics Using Spatial Operators*, Proceedings of the 2000 IEEE International Conference on Robotics & Automation, San Francisco, CA, April 2000.
 11. Гераун В.М. Изыскание и исследование навесного погружочного манипулятора с пространственным исполнительным механизмом. Автореф. канд. дис. – Волгоград, 1979. – 22с.
 12. Черноуско Ф.Л. Динамика управляемых движений упругого манипулятора // Изв. АН СССР. Техническая кибернетика. –1981. – № 5. – С. 142-152.
 13. Слиеде П.Б. Конструкции, кинематика и динамика исполнительных механизмов манипуляционных роботов. - М.: ЦНТО им. С.И. Вавилова. –1986. –59с.
 14. Кобринский А.А. Податливость манипуляторов,, Докл. АН СССР". –1978.– Т.238.– № 5.– С.1071-1074.
 15. Кожевников С.Н., Долгов Н.М. Динамические деформации в звеньях механизмов на неустановившихся режимах работы. – В кн.: Механика машин. Вып.19-20. – М.: Наука.– С. 141-151.
 16. Овакимов А.Г. Задача о движении пространственных механизмов с несколькими степенями свободы и ее решение. – „Машиноведение”, 1970.– № 2.– С.17-24.
 17. Аветиков Б.Г., Корытко О.Б., Юдин В.И. Расчет колебаний консоли перемещающегося робота. – В кн.: Робототехника. – Л.: Машиностроение, 1977. – С.73-80.
 18. Гуляев В.И., Завражина Т.В. Динамическое управление плоскими движениями упругого двузвенного космического робота-манипулятора // Проблемы управления и информатики. – 1998.– С. 140-156
 19. Кулаков Ф.М. Супервизорное управление манипуляторами роботами. – М., 1980.
 20. Уикер И. Динамика пространственных механизмов // Конструирование и технология машиностроения. – М., 1969. – № 1. – С. 264-278.
 21. Корнеев И.Г. Система с переменной структурой для управления манипуляционными роботами в пространстве внешних координат. В сб. трудов научно-технической конференции «Экстремальная робототехника». Под научной ред. проф. Е.И. Юревича. СПб, 2002.– С. 281-288.
 22. Luh J. Y. S. Walker M. W., Paul R. P. C. *Online computational scheme for mechanical manipulators* // Trans. ASME. J. Dyn. Syst. Meas. and Contr. –1980. 102. – No. 2.– P. 69-76.
 23. Верещагин А.Ф. Принцип наименьшего принуждения Гаусса для моделирования на ЭВМ динамики роботов-манипуляторов // Доклады АН СССР. 1975. Т. 220. Вып. № 1 С.51-53
 24. Lilov L., Loren M. *Dynamic Analysis of Multirigid – Body System Based on the Gauss Principle* // ZAMM. –1982. 62. No. 11. – P. 539-545.
 25. Виттенбург И.С. Динамика систем твердых тел. – М., 1980.
 26. Карклиньш А.К., Райнес Я.К. Моделирование на ЭЦВМ и экспериментальное исследование промышленных роботов с пневмоприводом. – В кн.: Экспериментальные исследования и диагностирование роботов. – М.: Наука, 1981– 1984 с.
 27. Нахапетян Е.Г. Экспериментальное исследование динамики механизмов промышленных роботов. – В кн.: Механика машин. Вып.53. – М.. Наука, 1978. – С.110-122.
 28. Соколов А.В. Исследование условий асимптотической устойчивости движения управляемого электромеханического манипулятора / Проблемы механики и процессов управления. Меж. вуз. сб. науч. тр. – Пермь, 2004. – Вып. 36.- С. 212.
 29. Малиновский Е.Ю. Автоматизированная система динамического анализа механизмов. – „Машиноведение”. –1981, № 1. – С.7-11.
 30. Цветкова О.Л. Оптимизация геометрических параметров кинематической структуры

- штукатурного робота [Текст] / О.Л. Цветкова // Электротехника и автоматика в строительстве и на транспорте: межвуз. сб./ РГСУ. – Ростов н/Д, 2005. – 107 с. – С.9-15.
31. Кореняев А.И., Саламандра Б.Л., Тывес Л.И. К решению в явном виде обратной задачи о положениях манипуляторов с шестью степенями подвижности // Машиноведение.–1986. – № 3. – С.10-21.
32. Анимица А.В., Рафиков Г.Ш. Синтез алгоритма управления сварочным промышленным роботом. Наукові праці Донецького державного технічного університету. Серія: Обчислювальна техніка та автоматизація, випуск 118: - Донецьк: ДонДТУ, ТОВ "Лебідь", 2007.- С. 142-145.
33. Зубов В.И. Проблема устойчивости процессов управления. СПб.–СПбГУ, 2001. – 354 с.
34. В.А.Карташев, Оптимизация транспортных перемещений сборочного робота. В сб. Технология, Сер. Гибкие производственные системы и робототехника, Вып. 3-4.– М., ВНИИМИ, 1993.

УДК 614.84:665.6/7

*П.І. Топільницький, к.т.н., доцент, В.В. Романчук (Національний університет
“Львівська політехніка”)*

ПРОБЛЕМИ ТЕХНОГЕННОЇ БЕЗПЕКИ НА ОБ'ЄКТАХ НАФТОГАЗОВОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ УКРАЇНИ

Розглянуті проблеми техногенної безпеки нафто- та газопереробних підприємств України

Постановка проблеми. Розвиток нафтопереробної та нафтохімічної промисловості, висока енергонасиченість підприємств супроводжується зростанням кількості пожеж та об'ємних вогняних вибухів паливно-повітряних сумішей (ППС). Зростають і масштаби катастроф. Тому збільшуються збитки, які наносяться зі сторони відповідних підприємств, населенню, природному середовищу. Це означає, що підвищення пожежової безпеки (ПВБ) нафтопереробних та нафтохімічних комплексів є важливою складовою забезпечення захищеності населення від загроз техногенного та екологічного характеру.

Щорічно у світі на нафтопереробних підприємствах відбувається до 1500 аварій, 4 % яких пов'язані з масовою загибеллю людей; матеріальні збитки в середньому становлять понад 100 млн дол. США на рік. Аварійність підприємств безперервно зростає. Так, в США за тридцять років число аварій в нафтопереробній промисловості збільшилось втричі, кількість людських жертв – майже в 6 разів, матеріальні збитки – в 11 разів.

Основну небезпеку для промислової території об'єктів нафтопереробки становлять аварійна загазованість, пожежі та вибухи. З них пожежі складають 58,5 % від загальної кількості небезпечних ситуацій; загазованість – 17,9 %; вибухи – 15,1 %; інші небезпечні ситуації – 8,5 %.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Головною особливістю підприємств з переробки вуглеводневої сировини є наявність потоків пожежової хонебезпечних продуктів та сировини, які створюють небезпеку виникнення великих аварій. Для оцінки пожежової хонебезпеки технологічних установок потрібен статистичний аналіз крупних аварій, пожеж та вибухів, які виникли на небезпечних підприємствах. Відмітимо, що не зважаючи на вдосконалення систем ПВБ, кількість аварій постійно зростає. В табл. 1 наведені статистичні дані по крупних аваріях в нафтопереробній та нафтохімічній