

Тернопільський державний технічний університет
ім. Івана Пулюя

На правах рукопису

Коляда Олександр Федотович

УДК 631.34:519.216

ПЕРЕТВОРЕННЯ І ФОРМУВАННЯ
ВИПАДКОВИХ ПРОЦЕСІВ
У СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ МАШИНАХ

05.20.04
Спеціальність 05.05.14 -
сільськогосподарські машини

Автореферат
дисертації на здобуття наукового
ступеня доктора технічних наук

Тернопіль 1997

ДВ 30.849

Дисертація в рукопис

Робота виконана в Запорізькому державному технічному університеті
Міністерства освіти України

Науковий консультант - Член-кореспондент УААН,
доктор технічних наук, професор
Кущнарьов Артур Сергійович,
Таврійська агротехнічна академія,
зав.кафедри теоретичної механіки

Офіційні опоненти:

Доктор технічних наук, професор Панченко Анатолій Миколайович,
Дніпропетровський аграрний університет, зав.кафедри сільськогос-
подарських машин

Доктор технічних наук, професор Ройтман Анатолій Євстахійович,
Запорізький державний університет, професор кафедри прикладної
математики

Доктор технічних наук, старший науковий співробітник Хелемендик
Микола Михайлович, Волинська державна сільськогосподарська дос-
лідна станція, зав. лабораторії механізації

Провідна установа

Таврійська державна агротехнічна академія Міністерства сільського
господарства і продовольства України, м.Мелітополь

Захист відбудеться "11" грудня 1997 р о 11 годині на засідан-
ні спеціалізованої вченої ради Д12.02.01 Тернопільського державного
технічного університету ім. І.Пулюя, м.Тернопіль вул.Руська,56

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Тернопільського
державного технічного університету

Автореферат розісланий 10.11.1997р

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради

Мартиненко В.Я.

ЛННБ України ім.В.Стефаника



00738244 (S)

Загальна характеристика роботи

Актуальність. Сучасний рівень створення сільськогосподарських машин, діагностика та прогнозування вимагають наявності методів розрахунку з випадковими збуреннями. Тільки при збуреннях від нерівностей пути можуть бути оцінені навантаженість та коливання причепів, сідалок, верновбиральних комбайнів. Зміна швидкості руху самохідного шасі по ґрунтовій дорозі від 12 до 18 км/год приводить до збільшення навантаження на колеса на 50%, а рух із швидкістю 28 км/год збільшує коефіцієнт динамічності до 2.5-3.5. Оптимальним підбором параметрів ходової частини можна знизити ці величини. При збиранні неаеронової частини урожаю в повністю заповненому причепі ПТО-40, при їзді по нерівностях пути (300-500 м), від ущільнення зменшується об'єм соломи до 60-70%. Примусове ущільнення отруєнем, вібраціями не дає таких результатів. При їзді штангового обприскувача по нерівностям полів виникають випадкові коливання, які приводять до нерівномірності розпилу хімічних речовин. Так, при їзді по полю після другої міжрядної культивування, нерівномірність розпилу обприскувача ОПШ-15 може досягати декілька разів. Збільшення швидкості руху сільськогосподарських машин приводить до відриву колес від дороги, що змінює амплітуду і частоту динамічної складової навантажень.

В машинах, поведінка яких описується комплексними моделями із нестационарним характером протікаючих процесів (навантаження від взаємодії струменю із перешкодою), наявність випадкової складової приводить до суттєвої зміни вихідних процесів: збільшуються максимальні теплові навантаження в 3-4 рази та зменшуються еросія в 2-3 рази. Детерміноване вирішення задач не може виявити такі зміни. Наявність методів розрахунку дозволяє створити практично не руйнівну по еросії конструкцію і прийняти рішення про створення силових руйнівних елементів. Коливання струменю вентиляторного обприскувача, породжене нерівностями доріг і полів і швидкістю вітру, приводить (в залежності від параметрів машини) як до зменшення так і до значного збільшення нерівномірності розпилення.

Існує ряд машин, де виникає стохастичний рух. Такі явища спостерігаються в кулькових запобіжних муфтах при закритичних режимах роботи, взаємодії робочого органу з мамою у вивантажувачах сінажних бєлт. Як наслідок такого руху - понижуються точність роботи муфти і також робота муфти після зняття навантаження. Поява випадкових процесів при взаємодії робочого органу з мамою пояснюється теперішнього часу її не-

однорідність. Проте, як показують експерименти, випадкові процеси можуть виникати в самих системах. Розробка критеріїв випадкового чи детермінованого руху, моделювання виникнення випадкових явищ в машинах дозволяють створювати якісно нову поведінку систем.

При розрахунках випадкових процесів у сільськогосподарських машинах теперішнього часу використовуються методи, запозичені із систем автоматичного керування, де у 60-70 роках вони були розроблені і широко розповсюджені. Їх досягнення пов'язані з іменами Колмогорова А.Н., Вінера Н., Понтрягіна Л.С., Райса С.О. (радіотехніка), Левіна Б.Р., Тихонова В.І., Лівшица Н.А., Пугачева В.С. (автоматичне керування). Введення випадкових процесів у будівельну механіку виконані Болотніним В.В., динаміку транспортних систем машин - Силаєвим А.О., Леванером Я.М., Пархідовським І.Г.. Дослідження випадкових процесів у сільськогосподарських машинах виконані Лур'є А.Б., Аніловичем В.Я., Нагорським І.С., Грошевим М.М., Рибакон Т.І., Спіченковим В.В..

Особливості систем керування, що пов'язані з достатністю оцінок тільки вхідних і вихідних процесів, обмеженим кодом технічних рішень реалізації систем, достатністю використання лінійних і наближених рішень нелінійних моделей систем, стали обмеженням при дослідженні випадкових процесів у сільськогосподарських машинах. Не досліджувались комплексні нестационарні системи при випадкових збуреннях, а також нестійкі системи, де виникають випадкові або детерміновані процеси.

Теоретичні основи появи випадкових процесів надані Колмогоровим А.Н., Арнольдом В.І., Моєром Ю.. Дослідження появи випадкових процесів у системах виконані Сінаєм Я.Г., Заславським Г.М. (теоретична фізика).

Таким чином, актуальність роботи вивчається необхідністю дослідження та створення методів розрахунку широкого класу механічних систем сільськогосподарських машин, в яких переважають випадкові процеси а точки зору їх перетворення та цільового формування.

Дослідження, що оклали основу дисертаційної роботи, виконані у Всеукраїнському інституті сільськогосподарського машинобудування (ВІСХОМ) в період 1967-1971 р.р., Центральному науково-дослідному інституту машинобудування (ЦНДІМАШ) в період 1971-1987 р.р., та Запорізькому державному технічному університеті (ЗДТУ) в період 1987-1996 р.р.

Метою дослідження є розробка методів розрахунку перетворення і формування випадкових процесів у сільськогосподарських машинах. При цьому були поставлені наступні задачі:

- розробка методів моделювання випадкових процесів у механічних

системах сільськогосподарських машин, що включають стаціонарні, нестаціонарні комплексні та нестійкі системи;

- дослідження умов усереднення або рівного збільшення вихідних характеристик при наявності випадкових збурень, умов появи випадкових процесів при відсутності випадкових збурень на систему, та появи детермінованих процесів при наявності випадкових збурень;

- розробка методології створення моделей комплексних механічних систем для моделювання в них випадкових процесів та параметричної оптимізації;

- дослідження якісної зміни коливань у сільськогосподарських машинах при наявності випадкових процесів та формування їх руху.

Основними методами досліджень в роботі були:

- аналітичні, числені та аналогові методи розрахунку систем з урахуванням випадкових процесів на ЕЦОМ та АОМ. Найбільш широко використані методи безпосереднього моделювання на ЕЦОМ;

- експериментальні методи оцінки випадкових процесів, діючих на систему і поведінки системи при випадкових збуреннях (зміри нерівностей доріг і полів, тензосметричні заміри навантажень машин);

Об'єктами досліджень вибрані транспортні системи сільськогосподарських машин (вертобвиральні комбайни, оялки, навантажувачі, причепа, штангові обприскувачі), системи взаємодії струменя з перешкодою, (відбивачі, вентиляторні обприскувачі), приводи сільськогосподарських машин (кулькові запобіжні муфти, підшипникові вузли, шарніри), системи взаємодії робочих органів із суцільною масою (механізми вигрувки сінажних башт, вібраційні ущільнювачі, взаємодія робочого органа з ґрунтом), формування польової дороги колесами сільськогосподарських машин.

Теоретичне значення та наукова новизна роботи.

1. Сформульовано та розвинуто чотири напрямки дослідження, моделювання та розрахунку випадкових процесів в механічних системах:

1. Стаціонарних випадкових процесів у стаціонарних системах з урахуванням рівного рівня опису вихідних характеристик: середнє квадратичне відношення, кореляційні функції, спектральні щільності; для лінійних та нелінійних систем; для рівного розміру моделей. При цьому використані аналітичні, числові методи, та методи безпосереднього моделювання на аналогових і цифрових машинах. Показана можливість виникнення випадкових процесів у нелінійних системах.

2. Випадкових процесів у нестационарних системах в комплексній постановці задач в урахуванням систем механічних, газодинамічних, теплових та керування. Розроблені методи моделювання складних систем з урахуванням аналітичних та чисельних рішень, що дозволило одержати вирішення всієї комплексної задачі на ЕОМ методами статистичного моделювання і статистичної оптимізації з допустимим машинним часом. Виконана оцінка точності моделювання при невеликій кількості експериментів. Доведена неоднозначність впливу випадкових процесів на поведінку механічної системи: можливість як усереднення так і збільшення вихідних характеристик.

3. Системи, в яких виникають випадкові процеси при детермінованому збуренні. Показані причини та умови виникнення випадкових процесів, та можливість управління по імовірним характеристикам.

4. Системи, в яких виникають детерміновані процеси при випадковому збуренні. Описані приклади виникнення такого руху.

II. Кожен напрямок ілюстровано конкретними методами, методиками та програмами розрахунку випадкових процесів у механічних системах.

1. Виконані теоретичні та експериментальні дослідження коливальних процесів у транспортних системах сільськогосподарських машин: сіялок, зернозбиральних комбайнів, причепів, навантажувачів, обприскувачів при руху їх по нерівностям польових доріг і полів.

Показані можливості та умови опрощення моделей механічних систем при розрахунках. При розробці методик доведена можливість ряд операцій (перехід від частотних характеристик до квадрата їх модулів) виконувати на ЕОМ, що дозволяє зняти межі розмірностей лінійних систем при розрахунках випадкових процесів. Подана оцінка впливу на коливання деформації ґрунту доріг і полів та відрив колес від дороги. Показані можливість та умови виникнення випадкових процесів при русі машин по періодичним нерівностям доріг. Виконано порівняння розрахунків та експериментальних досліджень при оцінці навантаження неучих систем при русі по дорогам і полям. Показано хороший збіг результатів розрахунків по лінійним моделям із експериментом при невеликих швидкостях руху. Приведені одержані автором результати досліджень імовірних характеристик нерівностей доріг і полів та показана їх точність.

2. Виконані розрахункові дослідження взаємодії струменя з перешкодою, де показані умови моделювання та оцінки точності переміщення струменя по перешкоді, теплової та ервійної взаємодії з перешкодою при наявності випадкових збурень. Показана можливість усереднення су-

марної ерозії при багаторазовому експерименті, виконана оцінка ресурсу, а також показана можливість суттєвого збільшення теплових навантажень на перешкоду. Виконані розрахунки імовірних характеристик гасдинамічних навантажень конотрукції від струменя при перевищенні допустимих по міцності в декілька разів. Виконані розрахунки рівномірності розпиду вентиляторними обприскувачами при рухові по нерівностям полів. Показана можливість, в залежності від параметрів машини і струменя, уоереднення або збільшення нерівномірності розпилування.

3. Виконані теоретичні та розрахункові дослідження виникнення випадкових або детермінованих процесів в кулькових запобіжних муфтах навантажувачів, механізмах живантажувачів сіяних башт. Розроблені методи були використані також при розрахунках та виборі керування по імовірним характеристикам переміщення електроду. Одержані умови виникнення випадкових чи детермінованих процесів в залежності від характеристик конотрукцій.

4. Досліджені умови появи коливань в пасових передачах кодової частини зернозбирального комбайну, машин кормозбиральної техніки та їх уоунення методами динамічного віброахитоту.

5. Показані можливості і умови появи автоколивань при взаємодії клина з ґрунтом, а також умови отійкості таких коливань при наявності випадкових збурень.

6. Розрахунковими дослідженнями та зіставлення в експериментальними даними показано формування нерівностей польової дороги сільськогосподарськими машинами.

Примітливо зв'язання роботи полягає в тому, що розроблені в ній методи, методики та програми можуть бути використані:

1) для розрахунку коливань транспортних систем сільськогосподарських машин з урахуванням деформації ґрунту та відриву колес від дороги, оптимальному вибору їх параметрів по заданому критерію (навантаженості, прожорунь, переміщень у різних частотах конотрукцій машин, вібродіагноотичі та віброахитоту, виконанні технологічного процесу);

2) для моделювання нестационарних комплексних задач взаємодії струменя з перешкодою (теплове нагрівання, ерозія та силлове навантаження), ровоіювання струменя вітром (у вентиляторних обприскувачах) при наявності випадкових збурень;

3) для розрахунку малих значень імовірних характеристик вихідних процесів, що перевищують допустимі в декілька разів;

4) для розрахунку ресурсу роботи перешкоди при багаторазовому її використанні;

5) для розрахунку технологічного процесу формування окирти та параметрів струменя для її найбільшого ущільнення;

6) для підвищення ресурсу роботи та точності спрацювання кулькових запобіжних муфт при закритичних режимах, також для розрахунку випадкових коливальних процесів при взаємодії робочого органу сільськогосподарських машин з суцільним середовищем і керування випадковими процесами по імовірним характеристикам.

Впровадження результатів роботи.

1) Розроблені методи, методики, алгоритми і програми розрахунку коливань від нерівностей доріг і полів були використані при розрахунках верховирального комбайну на Тульському комбайновому заводі, а також при виборі колес сіданки СЗ-3,8 в 1970 р., навантаженості причепів ТТ-1, навантажувача ПЖ-1,3 у КТІСМі в 1992-1996 роках, рівномірності розпилення штанговим обпилювачем ОПШ-15 і вентиляторним обприкувачем ОП-2000 у ГСКТВ "Сільгоспхімаш" в 1996 р.

2) Результати розрахунків взаємодії струменя з перешкодою були використані у п/я М-5539, Конструкторському бюро машинобудування в 1980-1987 роках при оцінці ресурсу работ відбивачів, стійкості водоохолоджувачів, імовірності зруйнування деталей, що дозволило приймати рішення за раціональною схемою ремонту конотрукцій. Вилучені галузеві стандарти по методиками розрахунку відбивачів, довідникові матеріали з гасдинаміки опоруд використовуються в конотрукторських організаціях. Розрахунки рівномірності розпилення обприкувача ОП-2000 при збуреннях від нерівностей путі і вітру використані у ГСКТВ "Сільгоспхімаш" в 1996 р. Авторське свідоцтво про ущільнення адрибноної соломи використано у Інституті механізації тваринництва УААН при розробці окирдооформлювачів.

3) Результати досліджень кулькової запобіжної муфти були використані у КТІСМі при збільшенні ресурсу роботи навантажувача ПНД-250, підшипникових вузлів насосів високого тиску УМД-20, шарніра різних кутових швидкостей у навантажувача КТН-10 в 1994-1996 роках.

4) Результати досліджень випадкових процесів при взаємодії робочого органу із масою були використані при розробці механізмів вивантажувачів сінажних бант "Vitoovica", вивантажувача-подрібнювача ВИС-Ф30, окирдооформлювача СПУ-30М, вібраційних ущільнювачів "Моноліт" у Інституті механізації тваринництва УААН в 1990-1994 роках і розробці техно-

логічного процесу акустичного руйнування насіння соняшника у Інституті олійникових культур УААН в 1992- 1998 роках.

Апробація роботи. Основні результати роботи докладалися : на республіканських конференціях Інститута проблем міцності НАН України 1989,1992 р.р., міжгалузевих та галузевих конференціях з машинного проектування та прогнозування, 1976 р., 1984 р., науко-технічних конференціях з надійності машин 1988 р., научно-практичній конференції 1989 р. та міжнародному симпозіумі в 1996 р.

В повному обсязі дисертація доповідалась в Конструкторсько-технологічному інституті сільськогосподарського машинобудування, м.Запоріжжя, 1993р., Інституті механізації тваринництва УААН, м.Запоріжжя, 1993 р., Московському авіаційному інституті, 1994 р., розширеному семінарі автомеханічного факультету та бавовій кафедрі з прикладної механіки Запорізького державного технічного університету, 1992 р.,1995 р., на міжнародній конференції в Українському науково-дослідному інституті механізації, 1996р., технічній раді Таврійської агротехнічної академії, 1996 р., науковому семінарі факультету механізації сільського господарства Національного аграрного університету, 1996 р., технічній раді Дніпропетровського аграрного університету, 1997 р..

Публікації. З теми дисертації надрукована монографія "Перетворення і формування випадкових процесів у сільськогосподарських машинах", депонована монографія "Методи розрахунку випадкових процесів у сільськогосподарських машинах", опубліковано 23 роботи, в тому числі 2 авторських свідоцтва, а також 12 науко-технічних звітів.

Структура і об'єм роботи. Робота окладається в вступу, загальної глави, трьох розділів, загальних висновків, описку літератури. В роботі 346 сторінок машинописного тексту, 95 малюнків, 16 таблиць, 267 назв описку літератури.

На замість виводів.

1. Сформульовані та обгрунтовані напрямки досліджень випадкових процесів у механічних системах сільськогосподарських машин: стаціонарних системах при стаціонарних випадкових збуреннях, нестаціонарних комплексних системах при випадкових збуреннях, нестійких системах, де виникають випадкові процеси, та системах, де виникають детерміновані процеси при випадковому збуренні.

2. Методики розрахунків та результати досліджень випадкових процесів у транспортних системах сільськогосподарських машин: аналітичні, чисельні, та безпосереднього моделювання на цифрових обчислювальних машинах з урахуванням деформації ґрунту та відриву колес від дороги.

3. Методики розрахунків випадкових процесів у нестационарних комплексних системах. Доказ як усереднення так і значного збільшення вихідних характеристик при наявності випадкового збурення. Розроблені методики оцінки малих значень імовірних характеристик появи великих величин вихідних процесів, оцінки їх стійкості, та ресурсу роботи елементів машин при багаторазовому їх використанні.

4. Методики розрахунків виникнення як детермінованих так і випадкових процесів у нестійких механічних системах. Доказ умов такої поведінки систем.

5. Результати розрахункових досліджень теплових, ерозійних, силових навантажень перешкоди при наявності випадкових збурень. Обґрунтовані можливості уопення ерозії перешкоди додатковими коливаннями струменю та заміна зруйнованих елементів замість їх посилення.

6. Результати розрахункових досліджень коливань в кульовій запобіжній муфті. Розрахунковий доказ умов нормальної роботи при критичних режимах.

7. Результати експериментальних та розрахункових досліджень коливань у механізмах вантажувача сінажних багт.

8. Результати розрахункових досліджень нерівномірності розпилу штанговими та вентиляторними обприскувачами при рухові по нерівностіх путі.

Зміст роботи

У вступі йде мова про актуальність проблеми дослідження та розробки методів розрахунку випадкових процесів у механічних системах сільськогосподарських машин. Показано, що урахування випадкових процесів дозволяє виконати розрахунки міцності машин, їх надійності, вібраахиоду та стійкості технологічних процесів: навантаження транспортних машин визначається нерівностями доріг, що мають випадковий характер; об'єм навантаженої маси соломки в причепі суттєво змінюється при рухові по дорозі і мало при вібраційному ущільненні; при взаємодії робочого органа із суцільним середовищем виникають випадкові процеси. Виконаний критичний аналіз методів, запозичених із радіотехніки і автоматичного керування. Показано, що в механічних системах сільськогосподарських

машин, у зв'язку з великою різноманітністю фізичних явищ, використання цих методів не дозволяє виконати аналіз і розрахунок різноманітних процесів. Особливо це стосується комплексних нестационарних та нестійких систем. У перших виявляється висока чутливість до випадкових збурень, у других виникають випадкові коливання.

В загальній главі обґрунтовано чотири напрями досліджень та розробки методів розрахунків випадкових процесів у механічних системах:

- лінійні та нелінійні-стационарні системи на які діють стационарні випадкові процеси;
- комплексні нестационарні системи з великою чутливістю до випадкових збурень;
- нестійкі системи в яких виникають випадкові процеси при детермінованому збуренні;
- системи в яких виникають детерміновані процеси при випадковому збуренні.

Оформульовано задачі, критерії вирішення задач, методи та приклади технічних систем на яких найкраще проілюстровані ці напрями, а також проблеми, які виникають при вирішенні задач.

Розділ 1 присвячений експериментальному і теоретичному дослідженню випадкових процесів у стационарних системах на прикладі транспортних систем сільськогосподарських машин (візлок, аеробиральних комбайнів, причепів, навантажувачів, обприскувачів). Стосовно цих машин розроблені аналітичні, чисельні методи і методи прямого моделювання на цифрових ЕОМ. Показана перевага прямого моделювання, де розраховуються самі процеси. В роботі надані кореляційні функції, спектральні щільності, взаємно-кореляційні функції, взаємно-спектральні щільності нерівностей польових доріг і полів, як одержані автором, так і заповнені із літератури. Надані умови спрощення моделей коливань машин.

Аналітичні і чисельні методи добре угадуються в експериментом в лінійній області. Для розширення можливостей чисельних методів розроблений перехід від частотних характеристик до квадратів модулів на ЕОМ, що дозволило взяти обмеження на розмірність моделей.

Приведені результати дослідження машин з урахуванням деформації ґрунту та відриву колес від дороги. Показано, що відрив коліс від дороги проявляється в неоднозначності частотної характеристики системи. Наявність широкого діапазону частот збурень і відрив колес від дороги можуть привести до виникнення випадкових або детермінованих процесів. Безпосереднім моделюванням на ЕОМ виконані розрахунки коливань вітчизняних (СК-4, СК-6, Дон-1500, Дон-1500-Ротор) та закордонних

(Dominator-96, Bison Gigant, White 9700) комбайнів при руху по польовій дорозі і полям. Розрахунки показують, що при руху по розбитій польовій дорозі із швидкістю 10-12 км/год виникає відрив колес від дороги. Наявність відриву колес від дороги приводить до значного збільшення середньоквадратичної величини навантажень (рис.1). При цьому частотна окладова спектральної щільності зменшується у області низьких і збільшується у області високих частот.

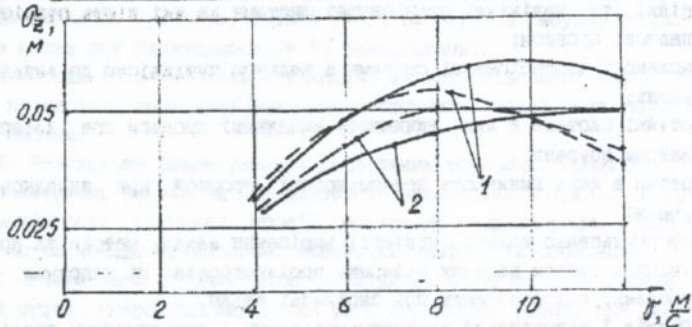


Рис.1. Середньоквадратичне відхилення навантаження на передні колеса комбайнів Доя-Фортор (1) і Dominator-96 (2) без урахування (---) і із урахуванням (—) відриву колес від дороги при їзді по розбитій польовій дорозі.

Виконані розрахункові дослідження деформації ґрунту під колесами показують (рис.2), що польова дорога практично не деформується. Для отерної величина соїдання ґрунту одного порядку з деформацією шини, а для парового поля величина соїдання значно більше деформації шини. Урахування деформації ґрунту під колесами комбайнів при їзді по отерній озимій пшениці дає величини навантажень у 3.5-4.5 рази нижче.

Виконані розрахунки поперечних коливань і рівномірності розпилу штангового обприскувача ОШП-15 при їзді по малоїзженим дорогам і полям (озимій пшениці, кукуруддан, поля піюля другої мікрядної культувації) і штучним перешкодам при випробовуванні машин. Результати показують (рис.3), що наявність випадкових коливань приводить до суттєвої аміни відотані між розпилювачем і ґрунтом. Ця відотань носить випадковий характер і, таким чином, носить випадковий характер рівномірніоть внесення хімічних речовин у ґрунт.

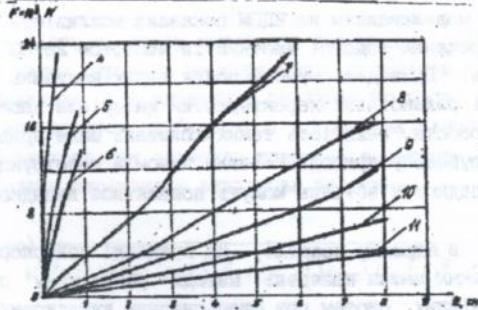


Рис. 2. Соїдання шин:

15-24(4), 8-32(5), 6.5-20(6) на польовій дорозі;
15-24(7), 8-32(8), 6.5-20(9) на стерні; 15-24(10),
8-32(11) на паровому полі.

Порівняння з штучними перешкодами, що використовуються при випробуваннях машин, показує, що вони виявляються "м'якими" в порівнянні з нерівностями доріг і полів, особливо коли появляються величини коливань з малою імовірністю.

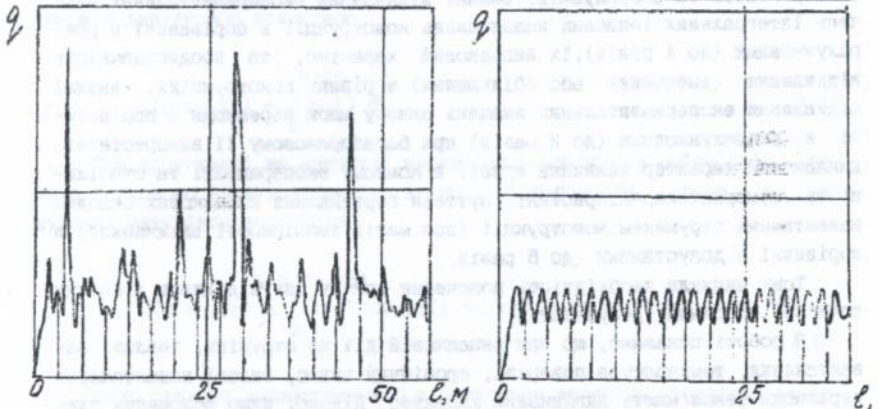


Рис. 3. Нерівномірність розширення обприскувачем ОПШ-15 при їзді по полю після другої культивуації (а) і по штучним перешкодам (б).

Експериментально на конотрукції версабірального комбайна, на установках а також моделюванням на ЕЦОМ показана можливість появи коливань в пасових передачах ходової частини із частотом 26-30 гц при відсутності збурень. Приведені умови появи таких коливань - наявність провисання вітей і редакційних характеристик матеріала паоа. Як показано в розділі 3 роботи, наявність таких коливань може привести до появи випадкових збурень у приводі. Таким чином в конотрукції комбайна крім зовнішніх випадкових збурень можуть появлятися випадкові коливання.

Таким чином, в першому розділі, на прикладі транспортних оіотем оільськогосподарських машин наведені методи розрахунку стаціонарних лінійних і нелінійних оіотем при стаціонарних випадкових збуреннях. Безпосереднім моделюванням на ЕЦОМ показана можливість виникнення детермінованих або випадкових процесів в розглянутих технічних оіотемах в залежності від їх параметрів та режимів роботи.

Розділ 2 присвячений розрахунковим дослідженням нестационарних комплексних оіотем, що зазнали випадкових збурень, в котрих виявляється висока чутливість вихідних параметрів до цих збурень. Вплив випадкових збурень на вихідні процеси розглянуто на прикладах теплового, ервійного та оілового діянь високотемпературних струменів на перешкоду.

Приводом для цих досліджень стади наступні результати окремих експериментів та розрахунків: великі відхилення експериментальних значень інтегральних теплових навантажень конотрукції в порівнянні з розрахунковими (до 4 разів), їх випадковий характер, та неоднозначність відхилення (зменшення або збільшення) в різних конотрукціях; великі відхилення експериментальних значень виносу маои перешкоди в порівнянні з розрахунковими (до 2 разів) при багаторазовому її використанні, випадковий характер величини ервії в кожному експерименті та стабільність оумарних характеристик; суттєве перевищення випадкових оілових навантажень струменем конотрукції (при малій імовірності виникнення) в порівнянні з допустимими (до 5 разів).

Тому виникла необхідність пояснення причин цих відхилень і оцінки точності одержаних результатів.

В роботі показано, що при випадковій дії на струмінь, теплові навантаження, температура поверхні, ервійний винос, оілові навантаження перешкоди також мають випадковий характер. Дійово, якщо подороження плями струменя на перешкоді і відстань еріау оілла від перешкоди описуються виразами

$$x(t) = \bar{x}(t) + \epsilon_x(t); \quad y(t) = \bar{y}(t) + \epsilon_y(t); \quad z(t) = \bar{z}(t) + \epsilon_z(t), \quad (2.1)$$

де $z(t)$ - відстань аризу сопла від перешкоди; $x(t), y(t)$ - координати центра плями струменя на перешкоді; параметри з ризикою зверху - детермінована окладова, ϵ - випадкова окладова процесу, $|\epsilon_z| \ll |\epsilon_y|, |\epsilon_x|$, тоді, якщо всі процеси відбуваються в границях плями струменя на перешкоді, час знаходження елемента поверхні перешкоди в координатах x_0, y_0 в осні плями струменя є випадкова величина

$$t(p, x_0, y_0) < \int_0^t \sqrt{(y \cdot t + \epsilon_y \cdot (p, t))^2 + (x \cdot t + \epsilon_x \cdot (p, t))^2} dt \quad (2.2)$$

Температура поверхні перешкоди $T(x_0, y_0)$ при нульових початкових умовах і постійному тепловому потоку також буде випадковою величиною

$$T(p, x_0, y_0) = \frac{q}{2\sqrt{\pi\lambda\sigma\rho}} \tau(p, x_0, y_0), \quad (2.3)$$

де $\Delta\lambda$, σ , ρ - теплопровідність, теплоємність і густина матеріалу перешкоди.

Теплове навантаження поверхні перешкоди з координатами x_0, y_0 також є випадковою величиною

$$Q(p, x_0, y_0) = \int_0^{\tau(p, x_0, y_0)} q(t) dt \quad (2.4)$$

При досягненні на поверхні перешкоди температури руйнування, частина теплового навантаження йде на прогрів перешкоди, друга - на руйнування матеріалу перешкоди

$$Q(p, x_0, y_0) = \int_0^{\tau(p, x_0, y_0)} (\lambda \frac{dT}{dz_{z=0}}(p, x_0, y_0) + ds/dt(p, x_0, y_0) \rho \Delta Q) dt \quad (2.5)$$

Якщо теплове навантаження Q є випадкова величина, градієнт температур на поверхні перешкоди по глибині $dT/dz_{z=0}$, як і температура на поверхні, з'являються випадковими величинами, то частина теплового потоку, який йде на руйнування перешкоди, при досягненні на поверхні

температури руйнування, є випадкова величина. В зв'язку з цим швидкість руйнування перешкоди ds/dt і величина руйнування

$$\delta(p, x_0, y_0) = \int_0^{\tau(p, x_0, y_0)} ds/dt(p, x_0, y_0) dt \quad (2.6)$$

в'яляються випадковими величинами.

Величина силового навантаження на перешкоду є функція координат положення плями отруєння на останній $M = M(x, y, z)$, а так як координати $x(p, t)$, $y(p, t)$ є випадковими функціями, то величина $M(p)$ також є випадковою і може бути оцінена імовірністю появи величин навантажень, не перевищуючих задані M_* , $P(M < M_*)$. Розрахунок траєкторії руху плями по перешкоді, розрахунок теплових потоків і навантажень, розрахунок ерозії перешкоди, розрахунок силових навантажень є складними, громіздкими і трудомісткими операціями. Тому комплексне статистичне моделювання було виконано на ЕЦМ з оцінкою точності результатів (рис.4).

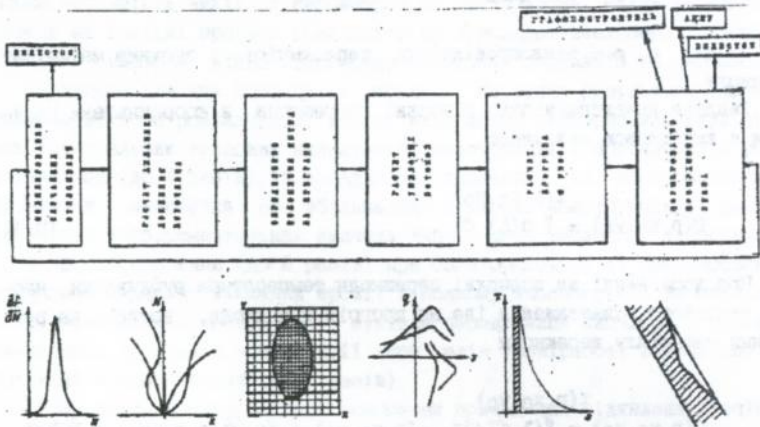


Рис. 4. Структурна схема моделювання теплової ерозії перешкоди

На ЕЦМ були реалізовані моделювання випадкових збурень від отруєння (5 параметрів) і швидкості вітру (2 параметри), модель динаміки збуреного руху отруєння, визначаючи положення плями на перешкоді, мо-

делі розрахунку теплових потоків від струменя до перешкоди, прогріву виносу мами перешкоди а також модель формування поверхні виносу. Для зниження часу розрахунку на ЕЦОМ (практично для забезпечення можливості реалізації моделей) розроблена методика розрахунку прогріву і виносу мами перешкоди, яка дозволяє збільшити швидкість вирішення задачі в 200 разів при незначному зниженні точності. Це дало можливість знизити час вирішення задачі на ЕЦОМ до 1,5 години. В роботі приведена оцінка точності розрахунку прогріву і виносу мами перешкоди за різними методиками. Похибка не перевищує 8-15%.

Особливістю даної методики є те, що використовуються аналітичні (на малому кроці рішення задачі, де більшість параметрів можна прийняти постійними) і чисельні (зміна параметрів і отану між аналітичними рішеннями) методи.

В роботі розглянуто формування поверхні виносу при багаторазовому використанні перешкоди і показано, що поверхня виносу наближається до математичного оподівання при великій кількості експериментів.

Дійсно, для перешкод одноразового використання, вимоги високої надійності $P \rightarrow 1$ визначають необхідність в оцінках брати найбільші можливі поверхні виносу в експерименті $\delta_{\max} = \max \delta(x, y, p=1)$.

Для перешкод багаторазового використання при великій кількості експериментів N

$$\bar{\delta}(x, y, \epsilon) = \int_0^{\epsilon} p/d\delta(\delta, x_0, y_0, \epsilon) \delta d\delta + m(x_0, y_0); \quad \sigma_{\bar{\delta}} = \sigma_{\delta}/\sqrt{N}, \quad (2.7)$$

де ϵ - довірительний інтервал імовірних характеристик, $\bar{\delta}$ - середнє значення глибини виносу, $\sigma_{\bar{\delta}}$ - середньоквадратичне відхилення.

Таким чином, при багаторазовому використанні перешкоди сумарна поверхня виносу суттєво нижче суми максимально можливих поверхонь виносу в кожному експерименті ($\delta \rightarrow m$).

Відхилення середнього значення m для невеликої кількості експериментів (6-10) добре групується навколо математичного оподівання.

Із приведених формул одержана нижня межа допустимої кількості експериментів

$$N(\epsilon) = \frac{\delta_{\text{пр}}}{\max_{\text{по } x_0, y_0} \delta(x_0, y_0, \epsilon)}, \quad \epsilon(N, P_{\text{дов}}), \quad (2.8)$$

де $\delta_{\text{пр}}$ - граничні значення глибини виносу; $P_{\text{дов}}$ - довірительний

інтервал оцінок δ .

Аналогічні явища (усереднення характеристик) опостерігаються в кожному експерименті при дії на систему великого числа незалежних випадкових збурень.

За розробленою методикою і програмою розраховані поверхні виносу сталі перешкоди при багаторазовому використанні ($N=30$) і показано (рис.5) вплив систематичного (програмованого), випадкового (збуреного) і додаткового (введеного в систему) зміщення плями струменя по перешкоді. Урахування в розрахунках систематичних і випадкових зміщень дає результати на 40% нижче, а введення додаткових зміщень за вибраним алгоритмом знижує розрахункові величини ще на 45%.

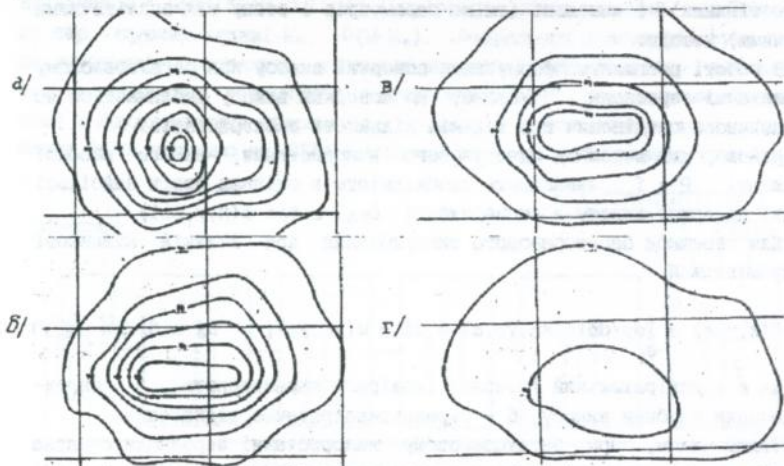


Рис.5. Профіль виносу маси сталі перешкоди при багаторазовому її використанні ($N=30$):

- а- зміщення плями струменя по перешкоді відсутні;
 - б- відбувається систематичний рух плями по перешкоді;
 - в- відбувається систематичний і випадковий рухи;
 - г- відбувається додаткове коливання осі.
- Ізолінії виносу: 20мм (2), 40мм (3), 60мм (4), 80мм (5),
100мм (6), 120мм (7), 130мм (8).

Розраховані щільності імовірності теплових навантажень конструкції. Показано, що введення (урахування) випадкових відхилень приводить до зниження теплових навантажень, що перевищують навантаження при

детермінованому рухові в 3.5 рази.

Урахування випадкових збурень дозволило вирішити задачу оцінки імовірних характеристик силового навантаження конструкції. При малому значенні імовірності появи навантажень вирішення задачі виконувалося методами статистичної оптимізації пошуку максимумів і потім методом статистичних випробувань - в околиці оптимумів.

Використання сумісних методів дозволило оцінити імовірність появи навантажень до значень 0.0006.

Безпосереднім моделюванням на ЕЦОМ виконані розрахунки рівномірності розпилення вентиляторним обприскувачем ОП-2000, що має отрунний довжиною 50 м. При моделюванні виявлені явища усереднення випадкових вихідних характеристик, пов'язане із розпиленням струменю вітром і появи високої чутливості до коливань від нерівності пути внаслідок зміни швидкості вітру по висоті. Найбільш впливовими параметрами є нерівності пути, радіус струменя і швидкість вітру (рис.6).

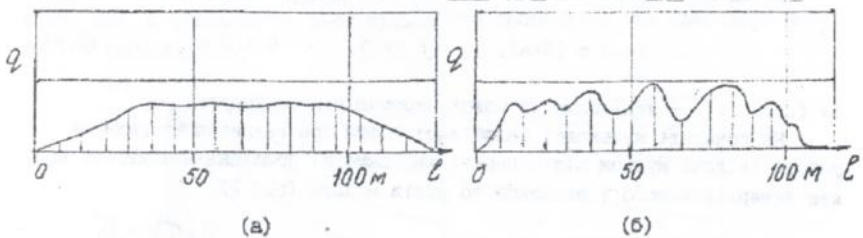


Рис.6. Залежність рівномірності розпилення обприскувачем ОП-2000 від радіуса струменя при їзді по полю озимої пшениці із швидкістю 12 км/год; швидкість вітру 3 м/с; час осідання капель 14 с.
(а - R=5 м; б - R=1,25 м)

Таким чином в другому розділі дані методи урахування випадкових збурень при розрахунках нестационарних складних систем, що мають механічні, газодинамічні, теплові процеси і процеси керування.

Показана можливість усереднення випадкових збурень при розрахунках виносу маси перешкоди і нерівномірності розпилення обприскувачами. Показано, також, що урахування випадкових збурень при розрахунках теплових навантажень, дає значення, які суттєво відрізняються від навантажень при детермінованому збуренні.

Показана можливість оцінки імовірності характеристик при використанні методів оптимізації і статистичних випробувань, до дуже малих значень.

Розділ 3 призначений експериментальному і теоретичному дослідженню механічних систем, в яких при детермінованому збуренні виникають випадкові процеси: кулькові запобіжні муфти при закритичних режимах роботи, механізми звантаження сінажних багт. В роботі розглянуті загальні умови виникнення випадкового руху, критерії стохастичного і періодичного руху в механічних системах, де виникає відрив контактуючих елементів у процесі руху і частота збурення суттєво вища частоти руху.

Для таких систем умовами стохастичності є нестійкість і обмеженість руху

$$|dx_k/dx_{k+1}| \gg 1, \quad x_k \in +\Omega, \quad (3.1)$$

Поведінка параметрів розглянутих систем описується моделлю

$$x_{n+1} = \{Kx_n\}, \quad K \gg 1, \quad 0 < k < 1 \quad (3.2)$$

де $\{.....\}$ - виділення дробової частини від аргументу.

На прикладі кулькової запобіжної муфти при закритичних режимах роботи (відрив кульок від поверхні напівмуфти) показана можливість появи детермінованого і випадкового рухів кульок (рис.7).

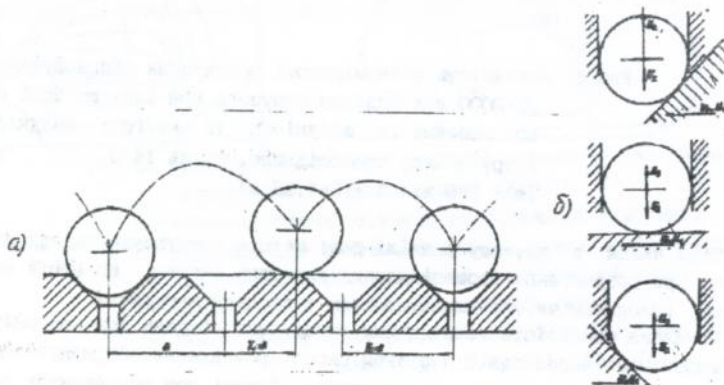


Рис.7. Траєкторія руху кульки при закритичних режимах роботи муфти (а); удари кульки об напівмуфту (б).

Для кулькової запобіжної муфти одержані критерії стохастичного

$$\frac{U_1^2}{P/2m} \frac{1}{1} - (1+k) \frac{dtg(\xi)}{d\xi} \gg 1 \quad (3.3)$$

і періодичного руху кульок

$$n = \frac{2 U_1^2 tg\alpha (1+k)/(1-k)}{P/m l} \quad (3.4)$$

де U_1 - швидкість відносного руху напівмуфти; l - крок періодичної поверхні напівмуфти; k - коефіцієнт відновлення при ударі кульки об напівмуфту; $P/2m$ - відношення сили притиснення напівмуфти до її маси; α - кут періодичної поверхні напівмуфти; n - ціле число.

Модельванням руху муфти на ЕЦОМ показана можливість як періодичного, так і випадкового руху кульок та працездатність одержаних критеріїв (рис.8).

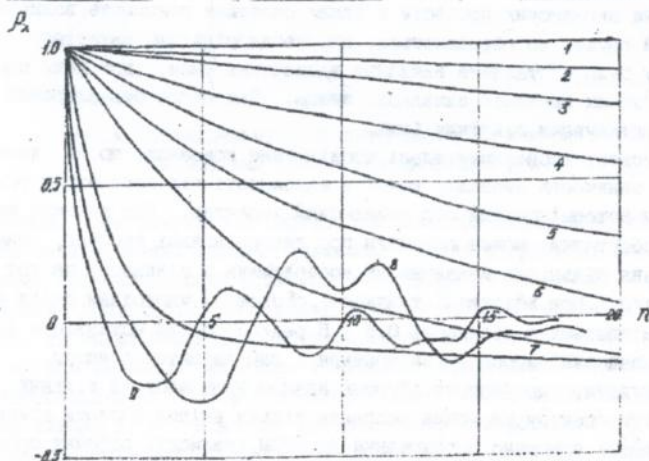


Рис.8. Кореляційні функції фази опівудеру кульки і напівмуфти:

1- при відсутності відриву кульки (докритичний режим роботи), а також виконання умов періодичного руху ;

- 2-7 - зменшення статистичного ав'яку між фазами при ударі (закритичний режим роботи);
- 8,9 - випадкові процеси фази при ударі.

Одержана область параметрів муфти і її руху, при яких виникає періодичний і випадковий рух.

На основі виконаних досліджень одержано пояснення нестійкості опрацювання муфти після зняття навантаження.

Автором, опісля із співробітниками КТІСМ'у (м.Запоріжжя), розроблена кулькова запобіжна муфта для вивантажувачів, що працює у закритичному режимі і має підвищену стабільність опрацювання та підвищену зносостійкість (в 10 разів).

Особливий інтерес, в цьому ав'яку, викликають випадкові процеси в системах, де мають місце розподільні маси (взаємодія робочих органів з ґрунтом, масові кюру і др.) Як показують експериментальні дослідження, в таких механічних системах виникають випадкові процеси і для оцінки параметрів використовують імовірні характеристики. Звичайно, виникнення випадкових процесів у таких системах пояснюють впливом нерівностей ґрунту що обробляється, або неоднорідності матеріалу.

Тому було поставлене завдання визначення умов, при яких можуть в таких системах виникати випадкові явища. Для цього був вибраний механізм вивантажувача сінажних башт.

Проведені експериментальні дослідження показали, що на дисках і променях виникають ауцилла, котрі в залежності від параметрів руху можуть мати детермінований або випадковий характер. При низьких швидкостях обертання можна говорити про детерміновані процеси, так як опектральна щільність навантажень зосереджена у діалавоні частот 0.25 - 1.0 рад/с. При збільшенні швидкості обертання частотний склад навантажень змінюється в діалавоні 0.5 - 5 рад/с, що дає можливість говорити про випадковий процес. Змінюється і сам характер спектру. Якщо урахувати, що частота збурень значно вище частоти вільних коливань, зміну опектру не можна пояснити тільки зміною частоти збурень.

В роботі виконано моделювання на ЕЦСМ взаємодії робочих органів з масою і кочивання в механізмі приводу. Ураховані опір тертя об дно борони $F_T \text{ sign}(\dot{x}+u)$, опір деформації і сколювання $a|u+\dot{x}|/l$, яке відраівняється від куля коли маса в перед диском, $a = 0$ при $u+\dot{x} > u_{\text{max}}$. В такій постановці рух робочого органу зведено до руху по періодичній поверхні

$$x + \frac{F_T}{m} \operatorname{sign}(x + u) + \frac{c}{m} x + \frac{c}{m} \int \frac{u+x}{l} dt = 0, \quad (3.6)$$

де m - маса диска; c - жорсткість кріплення; l - період сили опору деформації і скадування; U_{\max} - максимальне переміщення диска на попереднім коливанні, де проходить деформація шару.

Розрахунками на ЕОМ показано, що існують параметри вивантажувача, при яких можуть виникати стохастичні коливання (рис.9).

В цьому разі амплітуда коливань дисків звичайно складає (2-3)l.

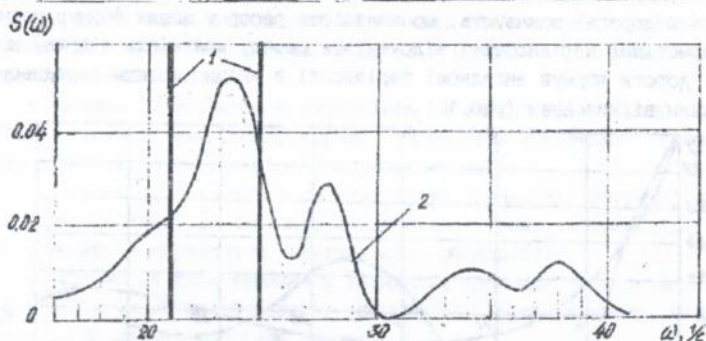


Рис.9. Спектральні щільності коливань диска: 1 - детермінований рух; 2 - випадковий рух.

В роботі розглянуто ряд систем, в яких при випадкових збуреннях виникають детерміновані процеси (взаємодія клина з ґрунтом, формування нерівностей польової дороги сільськогосподарськими машинами).

Виконані дослідження умов появи автоколивань при взаємодії клина з ґрунтом, та вплив випадкових збурень середовища на їх стійкість. Показано, що при наявності лінійних і кутових переміщень клина умовою появи автоколивань є $dc/d\varphi > c(x+\epsilon)$, де c - жорсткість на крутіння кріплення клина; x, ϵ - відстані центрів тиску і жорсткості від центра мас; $dc/d\varphi$ - коефіцієнт вертикальної сили, що діє в центрі тиску.

Модельованням на ЕОМ також показано, що забезпечення нелінійної жорсткості $c \propto \varphi^2$ від кута коливань дозволяє сформувати стійкі періодичні коливання. Наявність випадкових збурень по $dc/d\varphi$ приводить до нестійкості руху. Введенням розсіювання енергії можна забезпечити стійкість коливань.

Фазові траєкторії стійких лінійних та кутових коливань, модельовані на ЕЦМ підтверджують можливість отворення коливального руху при взаємодії клина з ґрунтом і, таким чином, забезпечити зв'язання сил ривання.

Виконані дослідження формування профіля польової дороги сільськогосподарськими машинами. Розглянута напівнавісна машина, що рухається по деформуємі польовій дорозі. Ураховувалась можливість відриву колес від дороги.

Результати моделювання (середнє значення, кореляційні функції нерівностей дороги) показують, що наявність ресор у машині формує практично гармонічні нерівності; відсутність ресор, наявність відриву колес від дороги формує випадкові нерівності з значно меншим середньоквадратичним відхиленням (рис.10).

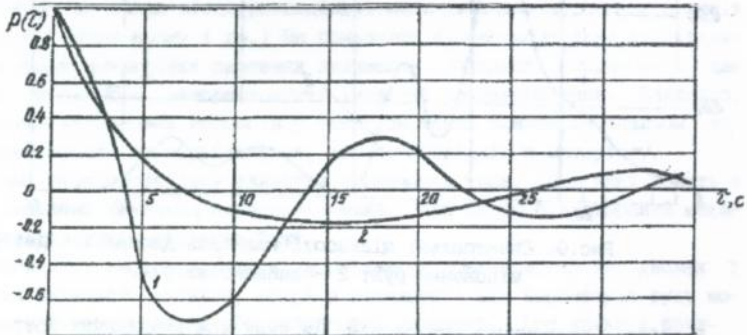


Рис. 10. Кореляційні функції нерівностей польової дороги після 80 проїздів напівнавісної машини при наявності (1) і відсутності (2) в конструкції ресор

Таким чином, у третьому розділі експериментально і моделюванням на ЕЦМ показана можливість виникнення випадкових процесів в механічних системах при періодичному збуренні. Наведені загальні умови виникнення такого руху і критерії детермінованих та випадкових коливань. Показана можливість випадкового руху в механічних системах взаємодіючих із оцильним середовищем. Розглянуті закритичні режими роботи кулькових залобіжних муфт. Показана можливість забезпечення стійких автоколивань при взаємодії клина з ґрунтом. Досліджено вплив пружної підвіски сільськогосподарських машин на деформацію польових доріг.

Основні результати та висновки

В роботі, на основі виконаних теоретичних, експериментальних та розрахункових досліджень перетворення випадкових процесів у механічних системах сільськогосподарських машин одержані наступні основні результати:

1. Показано, що в системах виконується якісно різне перетворення випадкових збурень: система мало змінює випадкові збурення; система згладжує, або різко збільшує випадкові збурення; система створює випадкові процеси при детермінованих збуреннях; система створює детерміновані процеси при випадкових збуреннях. Це дало змогу сформулювати напрямки досліджень випадкових процесів у механічних системах сільськогосподарських машин:

- системи з нормальною чутливістю до випадкових збурень; це стаціонарні системи при стаціонарних випадкових збуреннях, наприклад, транспортні системи сільськогосподарських машин;

- системи з підвищеною чутливістю до випадкових збурень; це нестационарні системи, що зазнають випадкових збурень, наприклад, взаємодія струменя з перешкодою, вентиляторні обшивачі;

- системи, в яких виникають випадкові процеси; це нестійкі системи при детермінованих збуреннях, наприклад, приводи машин, взаємодія робочого органа із суцільною масою;

- системи, в яких виникають детерміновані процеси при випадкових збуреннях; це автоколивальні системи, системи з параметричними коливаннями, наприклад, вібраційне рівання ґрунту, деформація польової дороги сільськогосподарськими машинами.

2. Показано, на основі розгляду існуючих методів розрахунку систем при випадкових збуреннях (в радіотехніці, системах автоматичного керування, транспортних системах, сільськогосподарських машинах), що вони можуть бути використані тільки для першого і частково для другого напрямків, як методи, що працюють із стійкими системами невеликої розмірності. Існуючі методи не ураховують виникнення випадкових процесів у самих системах.

3. Із використанням існуючих методів розрахунку механічних систем при випадкових збуреннях розроблені експериментальні і розрахункові методи досліджень перетворення процесів: аналітичні методи для лінійних систем з урахуванням можливості спрощення моделей механічних систем сільськогосподарських машин; чисельні методи для лінійних систем із відсутністю обмежень на розмірність моделей; методи прямого моделювання на ЕЦМ із можливістю як моделювання комплексних нестационарних

задач, так і моделювання виникнення випадкових процесів у самих системах.

4. При розробленні методів розрахунку та формування випадкових процесів у механічних системах були вирішені наступні задачі:

Для стаціонарних систем при стаціонарних випадкових збуреннях, на прикладах транспортних систем сільськогосподарських машин - сівадок, зернозбиральних комбайнів, причепів, штангових обприскувачів,

- приведені критерії спрощення моделей; показано, що для більшості причепних машин їх коливання можна розглядати незалежно від коливань трактора; використання розроблених критеріїв показує, що спрощення моделей досягається не у всіх випадках при дослідженні коливань навіть рівних моделей зернозбиральних комбайнів - не вдається розділити вертикальні і кутові коливання переднього моста комбайна;

- для лінійних складних моделей, при одержанні на виході випадкових коливань поданих спектральною щільністю, розроблений метод переходу від рівнянь до частотних характеристик, далі від частотних характеристик до квадратів модулів (перетворення із комплексними числами) безпосередньо на ЕЦОМ;

- розроблений метод урахування деформації ґрунту під колесами при рухові машини по нерівностям путі; виконані оцінки показують, що польові дороги практично не деформуються; для отерні, парового поля величина осідання ґрунту під колесами одного порядку із деформацією шин;

- розроблений метод урахування відриву колес від нерівностей дороги; показано, що такі явища настають при швидкості руху машин більше 12-15 км/год., а також суттєвий вплив відриву колес на амплітудні і частотні складові вихідних випадкових процесів;

- показані і обґрунтовані умови появи коливань у двохступеневій пасовій передачі ходової частини зернозбирального комбайна, як наслідок режимів роботи, при яких віти пасової переходять від стану прогнутих до стану натягнутих; розроблена модель таких коливань і їх гасіння.

Нааявність вирішених задач укупі із існуючими методами дозволила створити методи розрахунку коливань сільськогосподарських машин при випадкових збуреннях; були виконані розрахунки коливань сівалки СЗ-3,6, зернозбиральних комбайнів "Дон", "Дон-1500", Dominator-96, Bison Gigant, причепа ТТ-1, навантажувача ІК-1,3, обприскувача ОПШ-15.

Для нестационарних систем при стаціонарних випадкових збуреннях, на прикладах взаємодії струменя із перешкодою, вентиляторних обпилювачах,

- розроблений метод безпосереднього моделювання комплексних задач

для нестационарних систем при випадкових збуреннях на ЕЦОМ з урахуванням моделювання самих збурень, механічних, теплових, газодинамічних, ервійних систем та систем керування і обробки вихідних процесів для одержання імовірних характеристик; наявність метода дозволила показати можливість як усереднення випадкових збурень системою, так і різкого збільшення їх;

- розроблений метод моделювання систем із використанням сполучення аналітичних і числових рішень, що дозволило суттєво скоротити час вирішення комплексної задачі на ЕЦОМ (в 200 разів); це дало можливість використати в комплексній задачі метод статистичних випробувань для оцінки багаторазового використання конструкції і метод статистичної оптимізації при пошуках малих імовірностей найбільших значень навантаження конструкції;

- обґрунтовані причини та умови як усереднення, так і значного збільшення вихідних характеристик; це наявність декількох випадкових збурень, їх рівномірність впливу та багаторазове використання конструкції;

- розроблений метод роздільного моделювання механічних систем і імовірних характеристик при вирішенні комплексних задач; це дало можливість значно скоротити (10 разів) час пошуку на ЕЦОМ малих імовірностей (біля 0,001) появи великих значень вихідних характеристик.

Наявність вирішених задач укупі з існуючими методами дозволило створити методи моделювання комплексних задач при наявності випадкових збурень; були виконані розрахунки теплових, силових, ервійних навантажень перешкоди при дії отруєню, рівномірності розширення вентиляторним обдільвачем ОП-2000.

Для нестійких систем, в яких виникають випадкові процеси, на прикладах кулькових запобіжних муфт при закриттих режимах роботи, механізма вивантажувача оінежних башт,

- пояснені причини і умови появи випадкових процесів в механічних системах - це нестійкість систем і обмеженість руху; розроблені методи розрахунку, дані умови детермінованого і випадкового рухів; показана можливість формування заданого руху;

- безпосереднім моделюванням на ЕЦОМ підтверджена працєвитість критеріїв детермінованого і випадкового рухів.

Наявність вирішених задач дозволила створити методи формування випадкових процесів у механічних системах; на основі розроблених методів був сформований заданий рух кулькової запобіжної муфти навантажувача ПНД-250.

5. Виконане зіставлення результатів розрахунків по розробленим методикам із результатами експериментів.

Для транспортних систем сільськогосподарських машин: точність розрахунків навантажень на колеса сівалки СЗ-3,6 по середньоквадратичному відхиленні при рухові по нерівностям польової дороги в швидкість 20 км/год. складає 6%, для верхообирального комбайну СКП-4 - 15%.

При взаємодії отрумено із перешкодою: показана можливість збільшення теплових навантажень на конструкцію в 3,6 рази, при цьому похибка складає 10%; одержані імовірні характеристики силових навантажень конструкції перешкоди, що перевищують допустимі у 5 разів ($P=0.0015$); зіставлення із розрахунками, одержаними у другій організації (КБМ) показали хорошу збіжність; розрахунки ерозії перешкоди при наявності випадкових збурень показали її зменшення, що підтверджується експериментом.

При моделюванні виникнення випадкових процесів у механічних системах: показана розрахунками і зіставленням із експериментом можливість виникнення випадкових процесів у механізмах вигручування сіяльних башт, кульковій запобіжній муфті привода навантажувача, механізмі переміщення електроду; зіставлення модельованих коливань в механізмі переміщення електроду із експериментом дає хорошу збіжність по спектральній щільності; формування по результатам розрахунків випадкових процесів у кульковій запобіжній муфті дозволило отворити працездатну конструкцію.

Таким чином, методики розрахунку випадкових процесів, появи їх в механічних системах розроблялись і перевірялись на різних механічних системах, де з точне знання моделей, початкових даних, можливість і точність експерименту, а також наявність сьогоденні практичних задач. Це дало змогу виконати дослідження перетворення і формування випадкових процесів у сільськогосподарських машинах.

8. Із використанням методів, розроблених в роботі, були виконані наступні розрахунки, що знайшли упровадження у сільськогосподарських машинах:

- розрахунки навантаження механізму підйома трап-причепа ТП1 розробки КТІСТМ м. Запоріжжя; упровадження результатів дозволило уникнути руйнування його і підвищити надійність усієї машини;

- розрахунки навантаження рами навантажувача ПЗ-1,3 розробки КТІСТМ м. Запоріжжя; упровадження результатів дозволило виявити причину руйнування рами трактора КМЗ; зміна конструкції рами ПЗ-1,3 дозволила забезпечити міцність і надійність усієї машини;

- розрахунки навантаження реми сівалки СЗ-3,6 дозволили вибрати оптимальні характеристики шин колес;
- розрахунки коливань причепа ПТС-40 дозволили вибрати оптимальні характеристики ресор, забезпечити стійкість руху і міцність конструкції;
- розрахунки рівномірності розпилення обприскувачем ОПН-16 розробки ГСКТБ "Сільгоспхімаш" м. Львів дозволили намітити напрямки удосконалення машини та методів випробовування обприскувачів;
- теплові, газодинамічні та ервійні розрахунки відбивачів струменів розробки КБМ дозволили підвищити надійність усіх елементів відбивача, а також забезпечити розробку методів розрахунку механічних систем сільськогосподарських машин; в використанні цих методів були виконані розрахунки обприскувача ОП-2000 розробки ГСКТБ "Сільгоспхімаш" м. Львів, що дозволило оформувати напрямки удосконалення машини;
- розрахунки виведення струменя в відбивачем були використані при розробці струменевого ущільнювача у скірдооформлювачі; це дозволило створити надійну по технологічним параметрам конструкцію СПУ-30М розробки конструкції ІМТ УААН м. Запоріжжя;
- розрахунки кулькової запобіжної муфти у навантажувача ПНД-250 розробки конструкції КТІСТМ м. Запоріжжя дозволили створити надійну і з підвищеною точністю спрацьовування муфту; надійність нової муфти підвищена у 10 разів, а точність спрацьовування по крутільному моменту доведена до 18%;
- розрахунки механізму вивантажувача сінажних башт "Vitoovise" розробки конструкції ІМТ УААН м. Запоріжжя дозволило створити надійну по технологічному процесі конструкцію;
- формування випадкових коливань заданого рівня дозволили розробити надійні конструкції шарнірів рівних кутових швидкостей кормороздатчика КТІ-10, підшипникових вузлів насосів високого тиску УМД-20 розробки конструкції КТІСТМ м. Запоріжжя, привода вивантажувача ВИС-30-Фрезер розробки конструкції ІМТ УААН м. Запоріжжя;
- розрахунки в забезпечення формування стійких детермінованих процесів при випадкових збуреннях використані при розробці віброущільнювача "Моноліт" розробки конструкції ІМТ УААН м. Запоріжжя та механізму акустичних збурень для руйнування насіння соняшника розробки конструкції ІОК УААН м. Запоріжжя при розробці нових технологічних процесів.

8. Подальший розвиток методів розрахунку і формування заданих процесів необхідно спрямувати на розробку нових технологічних процесів. Ці питання частково розроблені у монографії.

9. Наявність виконаних в роботі досліджень, розроблених методів і програм для різних класів механічних систем дає можливість:

- розглядати механічні системи в точки зору формування в них як випадкових так і детермінованих процесів;

- оцінювати поведінку механічних систем при випадкових збуреннях, зменшувати або збільшувати випадкову складову процесів, створювати умови, при яких в системі можуть виникати випадкові або детерміновані процеси.

Основні положення роботи викладені у двох монографіях (надрукованій і депонованій), опубліковані у 23 роботах і викладені у 12 науково-технічних звітах.

1. Коляда О.Ф. Перетворення і формування випадкових процесів у сільськогосподарських машинах: Монографія.- Запоріжжя: РПБ "Видавець", 1997.- 144 с.

2. Коляда А.Ф. Определение нагрузок на осях колес сеялки в эксплуатационных условиях //Тракторы и сельхозмашины.- 1989.- № 3.31-32.

3. Коляда А.Ф. Расчет нагрузок на колеса верхооборочного комбайна с точки зрения оценки вибродиагностики несущей системы:Сб.трудов по вибродиагностике.-М.:ЦИАМ,Запорожье:ЗММ, 1988, с.78-87.

4. Коляда А.Ф., Губанов Э.Ю., Шульпенков В.Г. Влияние натяжения ремня на динамику рабтона двухступенчатой ременной передачи.-Запорожье: ВАСХНИЛ им.В.И.Ленина, ЦНИПТИМЖ,1988 НТБ, №29,С.112-118.

5. Коляда А.Ф., Ткаченко В.А., Хасние Айман. Колебания при разгоне двухступенчатой ременной передачи в кормооборочной технике.- Запорожье: ВАСХНИЛ им. В.И.Ленина, ЦНИПТИМЖ, 1989,НТБ №32,С.140-143.

6. Коляда А.Ф. Нелинейности сил трения и колебания в ременной передаче кормооборочной техники.-Запорожье: ВАСХНИЛ им.В.И.Ленина, ЦНИПТИМЖ, 1989,НТБ №32,С.143-149.

7. Коляда А.Ф., Дмитрахов И.Ф. Комплексный анализ динамики изделий. Сб.статей - п/я М-5539,1973,с.1-5.

8. Коляда А.Ф., Аюпян Ю.А. Вероятностные методы теплового нагружения изделий.- п/я М-5539. Сб.статей, сер.2.,вып.37,1978.с.1-5.

9. Коляда А.Ф., Аюпян Ю.А. Справочные материалы по газодинамике сооружений.- п/я М-5539,1984,с.1-5.

10. ОСТ 92-1758-84 Коляда А.Ф., Аюпян Ю.А. Методика расчета облицовки отражателя.- п/я М-5539. С.1-6.

11. Коляда А.Ф. Расчет вероятностных характеристик тепловой зривин отражателя. п/я М-5539,ОФАП, рег.№2865.1985,с.1-2.

12. Коляда А.Ф., Губанов Э.Ю., Шульпекос А.Г. Влияние нелинейностей сил трения в ремне на колебания в ременной передаче вернуоборочного комбайна // Материалы 15 Республиканской конференции. - К.: ИПН АН УССР, 1992, С.81-85.

13. Ткаченко В.А., Головаха В.П. ЦНИИТИМЕЖ, Коляда А.Ф. ЗМИ. Повышение плотности консервирования корма методом вибрационного уплотнения. Сб. научных тр. - Запорожье: ВАСХНИЛ им.В.И.Ленина. ЦНИИТИМЕЖ, 1989, НТБ №31, С.50-57.

14. Ткаченко В.А., Головаха В.П. ЦНИИТИМЕЖ, Коляда А.Ф. ЗМИ. Экспериментальная характеристика волновых процессов при уплотнении кормов. - Запорожье: ВАСХНИЛ им.В.И.Ленина, ЦНИИТИМЕЖ, 1989, НТБ №31, С.72-77.

15. Коляда А.Ф. Повышение эффективности шариковых предохранительных муфт // Тракторы и сельхозмашины. - 1991. - №10, С.40-46.

16. Tkachenko V.A., Kolyada A.F. The Possibility of Sunflower seed Shelling by Acoustics Method. Symposium on Breeding of Oil and Protein Crops. 5 - 8 August 1986. Zaporozhye, Ukraine. Institute of oilseed Crops of the Ukrainian Academy of Agricultural Sciences, p.316-319.

17. А.с.208448 СССР по заявке 1088183 с приоритетом от 12.04.1968. Устройство для открывания вадного борта самосвального кузова / А.Ф.Коляда, Н.Ф.Ковуб, Н.М.Федотов, А.П.Курилов, В.А.Ивфантов, И.Т.Жильцов, В.П.Богатырев.

18. А.с. 1738136 от 8 февраля 1992 г., заявка 4804324. Сбосоо формирования скирды и устройство для его осуществления / А.Ф.Коляда, В.А.Ткаченко, Ю.Н.Ярмашев, А.Ф.Самойленко, С.З.Потиха.

19. Коляда А.Ф., Шептаев Г.К. Комплексная оптимизация основных характеристик ивделей. Сб.тезисов по машинному проектированию. - п/я М-5539, 1976, с.1-2.

20. Коляда А.Ф., Шептаев Г.К. Методы расчета основных характеристик ивделей, ЦНИИТИ "Тююк". Сб.тезисов конференции по проблемам научно-технического прогнозирования, п/я М-5539, 1976, с.1-2.

21. Коляда А.Ф. Вероятностные характеристики тепловой эрвни элементов сооружений. Тезисы доклада на межотраслевом совещании. п/я М-5539, 1984, с.1-2.

22. Коляда А.Ф. Колебания упругих конструкций при случайных возмущениях и возникновение случайных колебаний. Тезисы доклада III научно-технической конференции "Повышение надежности и долговечности машин и сооружений". - К.: ИПН АН УССР, 1988, с.102-103.

23 Коляда А.Ф. Влияние рассеивания энергии на возникновение случайных процессов в некоторых механических системах. Тезисы доклада 18

конференции по вопросам рассеивания энергии при колебаниях механических систем. - К.: ИПП АН УССР, 1992, с. 19.

24. Коляда О.Ф. Методи розрахунку випадкових процесів у сільськогосподарських машинах. Монографія. Запорізький державний технічний університет. - Запоріжжя, 1996, 68 стор., Укр.- Деп. в УкрІНТЕІ 18.10.96, N 60, Ук.96.

25. Коляда А.Ф. Расчет нагрузок на колеса вернуоборочного комбайна при движении по неровностям полевых дорог. М. ДНУИТЭНТ тракторсельхозмаш, 1988, №76-88, №, 0141.

Коляда О.Ф. Перетворення і формування випадкових процесів у сільськогосподарських машинах. - Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 06.06.11 - сільськогосподарські машини. - Тернопільський державний технічний університет ім. І.Пулія, Тернопіль, 1997.

Дисертація присвячено питанням дослідження і розробці методів розрахунку випадкових процесів у механічних системах сільськогосподарських машин: стаціонарних, комплексних нестационарних та нестійких системах. Встановлено, що системи мають різну чутливість до випадкових вбурень, а у нестійких системах можуть виникати випадкові або детерміновані процеси. Запропоновано методи і умови формування випадкових процесів у сільськогосподарських машинах, що дозволяє одержати нісню нову поведінку систем. Основні результати досліджень знайшли впровадження при розробці машин у організаціях: КТІСМ, ІМЕТ, м.Запоріжжя, ГСКТБ "Сільгоспхіммаш", м.Львів, п/я М-5589, м.Калінінград Московської області.

Ключові слова: випадкові процеси, математичне моделювання, нестационарні системи, нестійкі системи.

Коляда А.Ф. Преобразование и формирование случайных процессов в сельскохозяйственных машинах. - Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 06.06.11 - сельскохозяйственные машины. - Тернопольский государственный технический университет им. И.Пулія. Тернополь, 1997.

Диссертация посвящена вопросам исследования и разработки методов расчета случайных процессов в механических системах сельскохозяйствен-

ных машин: стационарных, комплексных нестационарных и неустойчивых системах. Установлено, что системы имеют разную чувствительность к случайным возмущениям, а в неустойчивых системах могут возникать случайные или детерминированные процессы. Предложены методы и условия формирования случайных процессов в сельскохозяйственных машинах, что позволяет получить качественно новое поведение систем. Основные результаты исследований нашли применение при разработке машин в организациях: КТИСМ, г. Залорожье, ИМЭЖ, г. Залорожье, ГСКТБ "Сельхозмаш", г. Львов, п/я М-5539, г. Калининград Московской области.

Ключевые слова: случайные процессы, математическое моделирование, нестационарные системы, неустойчивые системы.

Kolyada A.F. The transformation and formation of stochastic processes in an agricultural machines.- Manuscript.

Thesis for doctor's degree of technical sciences by speciality 05.05.11- agricultural machines.- Ternopilskv state technical universitv, Ternopil, 1997.

The dissertation is devoted to research of stochastic processes in mechanical systems of agricultural machines: stationary, nonstationary and unsteady systems. There is established that systems have different sensibility to stochastic disturbance. The stochastic processes may arise in unsteady systems. The methods and conditions of processes formation are proposed in agricultural machines that makes possible to obtain new quality of systems movement. The results of researches are used for designing of machines of КТИСМ, ДНІПІТІМЕЖ, ГСКТБ "Сельхозмаш", п/я М-5539.

Key words: stochastic processes, mathematical modeling, unstationary systems, unsteady systems.

Підписано до друку 04.11.97. Формат 60x84 1/16, 2 п.л.
Тираж 110 прим. Зам. №1033

330600 м.Запоріжжя, ЗДТУ, Друкарня, вул.Гоголя, 64

1.31110

AV 38.849